

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE
CBS TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİMİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Deniz AYDIN**

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

TEMMUZ 2007

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın yürütülmesinde emeği geçen başta sayın Prof.Dr. Lütü AKÇA olmak üzere Prof.Dr. Ethem GÖNENÇ ve Prof.Dr. Necati AĞIRALIOĞLU'na, çalıştığım kurum olan İSKİ Genel Müdürlüğü, Planlama ve Proje Daire Başkanlığı, Altyapı Bilgi Sistemleri Teknik Şefliği personeli Çevre Müh. Olcay EBCİN, Çevre Y.Müh. Orhan C.GÖKTAŞ, Çevre Müh. Barış KAPLANKIRAN ve diğer mesai arkadaşlarıma, Su Kalite Kontrol Müdürü sayın Şahin ÖZAYDIN'a yaptıkları önemli katkılardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Deniz AYDIN

Temmuz, 2007

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
2. İÇMESUYU KALİTESİ VE YÖNETİMİ	3
2.1. İçmesuyu Sistemleri	3
2.2. İçmesuyunda Kalite Kavramı	4
2.3. Su Kalitesini Etkileyen Faktörler	6
2.3.1. Su kaynaklarının seçimi ve korunması	7
2.3.2. Arıtma işlem ve prosesleri	9
2.3.2.1. Temel prosesler	9
2.3.2.2. Temel işlemler	9
2.3.2.3. Dezenfeksiyon	11
2.3.3. Arıtma tipi seçimi	12
2.3.4. Su dağıtım şebekeleri	13
2.3.5. Korozyon kontrolü	14
2.4. İçmesuyunda İzlenen Su Kalitesi Parametreleri	14
2.5. İçmesuyu Kalitesi Yönetimi	16
2.5.1. Su kalitesi yönetimi çalışmalarının incelenmesi	17
2.5.1.1. Kanada’da su kalitesi yönetimi çalışmaları	17
2.5.1.2. Avustralya’da içmesuyu kalitesi yönetimi çalışmaları	19
2.5.1.3. Avrupa Birliği’nde içmesuyu kalitesi yönetimi çalışmaları	21
3. BİLGİ TEKNOLOJİLERİNİN İÇMESUYU KALİTESİ YÖNETİMİNDE KULLANIMI	23
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisi	23
3.2. İçmesuyu Dağıtım Sistemi Matematik Modeli	25
3.2.1. Hidrolik ve su kalitesi modelleme	26
3.2.2. Hidrolik şebeke modeli	28
3.2.3. Su kalitesi reaksiyonları	29
3.2.4. Su yaşı ve kaynak izleme	30
3.3. SCADA(Merkezi Kumanda ve Kontrol Sistemi)	30
3.4. Karar-Destek Sistemleri	33

4. CBS TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİMİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR İNCELEMESİ	34
4.1. İçmesuyu Sistemlerinin İşletme ve Yönetimi	34
4.2. İçmesuyu Kalite Parametreleri	36
4.3. İçmesuyu Kalitesi Yönetimi	38
4.4. İçmesuyu Kalitesi İzleme ve Modelleme Çalışmaları	41
4.5. İçmesuyu Dağıtım Sistemleri ve GIS Uygulamaları	46
4.6. Benzer GIS ve Karar Destek Sistemi Çalışmaları	50
4.7. Literatür İncelemesi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	53
5. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİM SİSTEMİ VE UYGULAMASI	56
5.1. Karar Destek Sistemi Tasarımı	56
5.2. İçmesuyu İzleme Bilgi Sistemi Tasarımı	60
5.2.1. Veritabanı (Database) tasarımı	61
5.2.2. Grafik Ortam(Harita) tasarımı	62
5.2.3. Yayınlama ortamı tasarımı	63
5.3. Geliştirilen Karar Destek Sisteminin İstanbul İçmesuyu Sistemi Üzerinde Uygulanması	66
5.4. İstanbul İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi	72
5.4.1. İstanbul içmesuyu sistemi analizi	73
5.4.2. İstanbul su kalitesi izleme bilgi sistemi için coğrafi bilgi sistemi tasarımı	74
5.4.2.1. Veritabanı tasarımı	74
5.4.2.2. Grafik ortam tasarımı	77
5.4.2.3. Yayınlama ortamı tasarımı	79
5.4.2.4. Güncelleme prosedürleri	81
6. KARAR DESTEK ARACI OLARAK SU KALİTESİ İZLEME BİLGİ SİSTEMİ	83
6.1. CAD/CBS Ortamının Analiz ve Değerlendirmede Kullanılması	84
6.2. GeoWEB Ortamının Analiz ve Değerlendirmede Kullanılması	86
6.3. İçmesuyu Sistemi İle İlgili Çeşitli Analiz ve Değerlendirme Çalışmaları	88
6.3.1. İstanbul'da su kaynaklarının analizi ve değerlendirilmesi	88
6.3.2. İstanbul'da içmesuyu arıtma tesisleriyle ilgili analiz ve değerlendirilmeler	90
6.3.2.1. Arıtma tesislerinde üretilen su ve kullanılan kimyasal miktarlarının değişimi	90
6.3.2.2. Arıtma tesisi çıkışlarında bulanıklık parametresinin zamana bağlı değişimi	92
6.3.2.3. Arıtma tesisi çıkışlarında THM parametresinin zamana bağlı değişimi	96
6.3.3. İçmesuyu depolarıyla ilgili analiz ve değerlendirmeler	98
6.3.3.1. Arıtma tesisi kapasitelerinin depo kapasiteleri ile karşılaştırılması	98
6.3.3.2. İçmesuyu depolarındaki su kalitesi değişiminin incelenmesi	99
6.3.4. İçmesuyu şebekesi ile ilgili analiz ve değerlendirmeler	101
6.3.4.1. İçmesuyu şebekesinde ölçülen su kalitesi parametrelerine göre günlük performans değerlendirmesi	101
6.3.4.2. İçmesuyu şebekesinde ölçülen su kalitesi parametrelerine göre yıllık performans değerlendirmeleri	101

6.3.4.3. İçmesuyu şebekesinde boru sonu-bakteriyel kirlilik ilişkisinin analizi	106
6.3.5. Su kalitesi parametrelerinin konumsal değişiminin incelenmesi	108
6.3.6. İstanbul’da içmesuyu ihtiyacı ile tesis kapasitelerinin birlikte değerlendirilmesi	111
6.3.7. İçmesuyu şebekesi ve müşteri bilgi sistemi ile ilgili analiz ve değerlendirmeler	113
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	115
KAYNAKLAR	120
EKLER	127
ÖZGEÇMİŞ	153

KISALTMALAR

CBS(GIS)	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
SAT	: İçmesuyu Arıtma Tesisi
TM	: Terfi Merkezi (Pompa İstasyonu)
THM	: Trihalometan
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyonu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
YBS	: Yönetim Bilgi Sistemi
MBS	: Müşteri Bilgi Sistemi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. İçmesularında Yaygın olarak Rastlanan Hastalıklar ve Sebep Olan Mikroorganizmalar.....	5
Tablo 2.2. Çeşitli Su Kalitesi Parametreleri ve Karşılaştırmalı Standartlar ...	15
Tablo 2.3. Kanada’da Geliştirilen Bir Çoklu Engel Yaklaşımı Örneği	18
Tablo 2.4. Avustralya İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Genel Çerçevesi	20
Tablo 2.5. Avrupa Birliği’nde İçmesuyu Temini Hakkında Özet Bilgi Tablosu (1996-1998)	22
Tablo 5.1. İçmesuyu Sistemlerinde Su Kalitesi Yönetimi Çalışmasında Kullanılması Tasarlanan GIS Altlıkları	63
Tablo 5.2. İstanbul İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Çerçeve Ana Planı	66
Tablo 5.3. İstanbul İçmesuyu Temini ve Dağıtım Sisteminde Takip Edilmesi Gerekli Temel Veriler	68
Tablo 5.4. İstanbul İçmesuyu Sisteminde Potansiyel Tehlike ve Kirlenme Kaynakları	69
Tablo 5.5. İstanbul İçmesuyu Sisteminde Su Kalitesinin Bozulmasını Önleyici Öneriler	71
Tablo 5.6. İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesisleri ve 2004 Yılı Kapasiteleri	74
Tablo 6.1. İçmesuyu Şebekesinde Kritik Noktalarda Su Kalitesi Tarama Sonuçları Örnek Özet Tablosu	102
Tablo 6.2. İçmesuyu Şebekesinde Toplam Kritik Nokta Sayısı ile Bulanıklık, Serbest Klor ve T.Koliform Ölçümü Yüzdelerinin Numune Alma Peryotlarına Göre Değişimi Özet Tablosu.....	106
Tablo A.1. İçmesuyunda izlenen su kalitesi parametrelerinin kaynağı, potansiyel sağlık etkileri ve standartları	128
Tablo B.1. İstanbul İçmesuyu Kalitesinin Ölçümünde Kullanılan Metot ve Standartlar	145
Tablo C.1. İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesislerinde 2004 Yılında Harcanan Kimyasal Madde Miktarları	147
Tablo C.2. 2004 Yılında İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesislerinde Üretilen Su Miktarına Bağlı Olarak Harcanan Kimyasal Madde Miktarları.....	148
Tablo C.3. İstanbul Avrupa Yakası Temizsu İhtiyacı	149
Tablo C.4. İstanbul Avrupa Yakası Hamsu Terfi Merkezleri Kapasitesi	149
Tablo C.5. İstanbul Avrupa Yakası Hamsu İsale Hatları Kapasitesi.....	149
Tablo C.6. İstanbul Avrupa Yakası Enerji Kapasitesi	149
Tablo C.7. İstanbul Avrupa Yakası Arıtma Tesisleri Kapasitesi	150
Tablo C.8. İstanbul Avrupa Yakası Su İsale Hatları Kapasitesi	150
Tablo C.9. İstanbul Avrupa Yakası Depo Kapasiteleri.....	150
Tablo C.10. İstanbul Asya Yakası Temizsu İhtiyacı	151
Tablo C.11. İstanbul Asya Yakası Hamsu Terfi Merkezleri Kapasitesi	151

Tablo C.12.	İstanbul Asya Yakası Hamsu İsale Hatları Kapasitesi	151
Tablo C.13.	İstanbul Asya Yakası Enerji Kapasitesi.....	151
Tablo C.14.	İstanbul Asya Yakası Arıtma Tesisleri Kapasitesi.....	152
Tablo C.15.	İstanbul Asya Yakası Su İsale Hatları Kapasitesi.....	152
Tablo C.16.	İstanbul Asya Yakası Depo Kapasiteleri	152

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : İçmesuyu Temini ve Dağıtım Sistemi Bileşenleri	3
Şekil 2.2 : Sağlıklı İçmesuyu Kullanımı ve Çocuk Ölümlerinin Karşılaştırılması	4
Şekil 2.3 : İçmesuyu Sisteminde Bulunan ve Oluşan Kirleticiler	6
Şekil 2.4 : İçmesuyunda Potansiyel Olarak Bulunabilen Kirleticiler Türleri ...	7
Şekil 2.5 : Kanada’da Uygulanan Çoklu Engel Yaklaşımının Şematik Gösterimi	18
Şekil 2.6 : Avustralya İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Genel Çerçevesinin Şematik Gösterimi	21
Şekil 3.1 : Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları.	24
Şekil 3.2 : İçmesuyu Şebekelerine Ait Kavramsal Model.....	25
Şekil 3.3 : İçmesuyu Şebekesinin Fiziksel Bileşenleri	28
Şekil 3.4 : Boru İçerisindeki Su Kalitesi Reaksiyonları	30
Şekil 3.5 : SCADA Sisteminin Temel Bileşenleri	31
Şekil 5.1 : Su Kalitesi Yönetim Sistemi Genel Çerçevesi.....	56
Şekil 5.2 : Bilgi Sistemleri İçin Genel Akış Şeması.....	57
Şekil 5.3 : İçmesuyu Kalitesi Yönetiminde İzleme Bilgi Sistemine Ait Teknoloji Tasarımı	58
Şekil 5.4 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Yayınlama Tasarımı	59
Şekil 5.5 : Su Kalitesi Yönetim Sisteminin Temel Bileşenleri	60
Şekil 5.6 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Tasarımı.....	61
Şekil 5.7 : WEB Yayıncısı Olarak Kullanılan Bentley Geo Web Publisher Yazılımının Çalışma Yapısı	65
Şekil 5.8 : İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesisi Bazında Ana Besleme Sistemleri	73
Şekil 5.9 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Veritabanı Tasarımında Yer Alan Tablolar	76
Şekil 5.10 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sisteminde Veri Akışı	77
Şekil 5.11 : İstanbul Genelinde Su Kalitesi İzleme Çalışmalarında Numune Alma Noktalarının Arıtma Tesisi Besleme Bölgelerine Göre Coğrafi Dağılımı	78
Şekil 5.12 : Veritabanı Bağlantısı Yapılan Numune Alma Noktalarının Ortofoto Harita Altıkları Üzerinde Gösterimi	79
Şekil 5.13 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Web Sitesi.....	80
Şekil 5.14 : İçmesuyu Arıtma Tesisleri Su Kalite Parametrelerinin Aylık Değişimlerinin WEB Ortamında Değerlendirilmesi	80
Şekil 5.15 : Sabit Numune Alma İstasyonu Örneği	82
Şekil 6.1 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Analiz Diyagramı	83
Şekil 6.2 : Grafik Ortamdan Numune Alınan Noktalara Ait Su Kalitesi Bilgilerine Ulaşılması.....	84

Şekil 6.3	: Su Kalitesi Parametrelerinin Değer Aralıklarına Göre Sorgulanması Kritik Noktaların Harita Üzerinde Görüntülemesi..	85
Şekil 6.4	: MS GeoGraphics Ortamında İçmesuyu Hatları, Kritik Noktalar ve Ortofoto Harita Altlığı ile Klor Parametresine göre Tematik Harita Üretimi	85
Şekil 6.5	: MS GeoGraphics Ortamında Kritik Noktalara ait Su Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Veritabanından Otomatik Yazdırılması (Annotation)	86
Şekil 6.6	: Su Kalite Analiz Sonuçlarının Geo WEB’de Konumsal Sorgulanması	87
Şekil 6.7	: Su Kalite Analiz Sonuçlarının GeoWEB’de Parametre ve Tarih Bazında Sorgulanması	88
Şekil 6.8	: İstanbul’un Su Kaynakları ve Su İhtiyacının Birlikte Değerlendirmesi	89
Şekil 6.9	: İstanbul’da Üretilen Yıllık Su Miktarlarının Arıtma Tesisi Bazında Değişimi	90
Şekil 6.10	: İstanbul’da Üretilen Yıllık Su Miktarına Göre Harcanan Dezenfektan Miktarlarının Değişimi	91
Şekil 6.11	: İkitelli Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	92
Şekil 6.12	: B.Çekmece Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	93
Şekil 6.13	: Ömerli Muradiye-Orhaniye Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	93
Şekil 6.14	: Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	94
Şekil 6.15	: Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında Alüminyum ve Bulanıklık Parametrelerinin Yıl İçinde Değişimi	95
Şekil 6.16	: İkitelli Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	96
Şekil 6.17	: B.Çekmece Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	96
Şekil 6.18	: Ömerli Muradiye-Orhaniye Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi.....	97
Şekil 6.19	: Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi	97
Şekil 6.20	: Arıtma Tesisleri Kapasitelerinin Depo Kapasiteleri ile Karşılaştırılması	98
Şekil 6.21	: Avrupa Yakasındaki 20.000 ton ve Üzeri Kapasiteli Depoların Giriş ve Çıkışlarındaki Su Kalitesi Değişimi(Haziran 2003)	99
Şekil 6.22	: Depo Bazında Giriş ve Çıkışlardaki Su Kalitesi Değişiminin İzlenmesi(K.Çamlıca Deposu).....	100
Şekil 6.23	: İçmesuyu Şebekesinden Alınan Numuneler ve Kirli Çıkan Numune Sayılarının Günlük Olarak Raporlanması	101
Şekil 6.24	: İçmesuyu Şebekesinde Standartları Sağlayan T.Koliform ve Serbest Klor Ölçüm Yüzdelerinin Yıllara Göre Değişimi	102
Şekil 6.25	: İçmesuyu Şebekesinde Standartları Sağlamayan T.Koliform Ölçüm Yüzdelerinin Yıllara Göre Değişimi	103
Şekil 6.26	: İçmesuyu Şebekesinde T.Koliform Parametresine Göre Performans Değerlendirme Grafiği	104

Şekil 6.27 : İçmesuyu Şebekesinde T.Koliform Yüzdelere Eğri Uydurulması	105
Şekil 6.28 : Boru Sonu Sayısı İle Standardı Sağlamayan T.Koliform Sayılarının Karşılaştırması	107
Şekil 6.29 : İçmesuyu Şebekesinde İlçe Bazında Ortalama Kritik Nokta Sayısı – Standartları Sağlamayan T.Koliform Yüzdelere Değişimi	108
Şekil 6.30 : Ömerli Su Arıtma Tesisi, K.Çamlıca İsale Deposu ve Üsküdar İlçesinin Harita Üzerinde Gösterimi	109
Şekil 6.31 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde pH Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi.....	109
Şekil 6.32 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi	110
Şekil 6.33 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde Bakiye Klor Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi	111
Şekil 6.34 : İstanbul Avrupa Yakası Su Arıtma Tesisi Besleme Sistemleri Kapasite Değerlendirmesi	112
Şekil 6.35 : İstanbul Asya Yakası Su Arıtma Tesisi Besleme Sistemleri Kapasite Değerlendirmesi	112
Şekil 6.36 : İçmesuyu Şebekesinde Kritik Noktalardaki Su Kalitesi ve Etkilenen Müşteri Bilgileri	113

İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE CBS TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİMİ

ÖZET

Günümüzde kesintisiz ve sağlıklı içmesuyu temini ile toplam su kalitesi yönetimi öncelikli bir mühendislik uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır. İçmesuyu kalitesi yönetimi için içmesuyu kaynağından tüketicilerin musluğuna kadar bütün süreçlerin bir bütün halinde ele alınması gerekmektedir. Tüm süreçleri yerinde ve bileşenleri ile birlikte izleyebilmek konumsal çalışmayı da beraberinde getirmektedir. Su kalitesi ile ilgili üretilen kararların bilimsel, gerektiğinde yasal olarak savunulabilen, kamuoyu incelemesine açık, iyi belgelendirilmiş ve kaliteli verilere dayanması büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı bir karar destek sistemi oluşturularak “Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi” tasarlanmıştır. “İçmesuyu Kalitesi Yönetim Ana Planı” çerçevesinde oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı izleme sistemi ile sorgulama, bilgiye ulaşma, şebeke analizi, eğilim(trend) analizleri, karar-üretme, modelleme, konulu (tematik) harita üretimi, senaryo üretimi ve yönetimi gibi çalışmalar için oldukça güçlü ve fonksiyonel bir platform oluşturulmuştur. Ortaya konulan genel sistemin uygulaması, İstanbul içmesuyu sisteminde yapılmıştır. Su kalitesi ölçümlerinin sürekli olarak yapıldığı arıtma tesisleri çıkışı, depo giriş ve çıkışları ile şebekede belirlenen kritik noktaların izlenmesi amacıyla bir coğrafi bilgi sistemi tasarlanmış, bu sistemin karar destek aracı olarak kullanılması ve yapılan analizler sonucu işletmenin iyileştirilmesi için içmesuyu havzasının kontrolü ve korunması, arıtma tesislerinin optimizasyonu, ana isale hatlarının periyodik temizliği ve deşarjı, depoların periyodik dezenfeksiyonu ve dış etkilere karşı korunması, dağıtım şebekesinde boru sonu ve ölü noktaların azaltılması, şebekelerdeki kritik noktalardan periyodik deşarjların yapılması, içmesuyu sisteminde çalışanların ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi/bilgilendirilmesi gibi alınabilecek önlemler ve öneriler ortaya konulmuştur.

GIS BASED WATER QUALITY MANAGEMENT IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

SUMMARY

Nowadays continual, healthy water supply and total water quality management have emerged as an important issue of engineering applications.

Monitoring of all processes and their components on site requires to study on spatial base. Therefore in this study a Geographical Information System (GIS) based system was deployed to construct the proposed Drinking Water Quality Monitoring Information System. Decisions about drinking water quality should be based on data of known and documented quality, such that the decisions are scientifically, and where necessary, legally defensible and able to withstand public scrutiny.

Establishing regular monitoring of the quality of drinking water and effective reporting mechanisms to provide relevant and timely information and promoting confidence in the water supply and its management are prior targets of the proposed system. The major purpose of this study was to monitor, evaluate and control of water quality in drinking water distribution system with usage of GIS. Further in the study a different approach is provided for water quality management. Thus an efficient and dynamic management strategy is aimed to comply with drinking water standards.

In this study a powerful and functional platform was projected for query, network and trend analyses, decision support, modeling, thematic re-symbolization, scenario production and management with GIS technology in framework of “The Main Drinking Water Quality Management Plan” Application of this developed system was performed within Istanbul drinking water system. In order to monitor the water quality at influent and effluent of water treatment plants, water service reservoirs and selected critical points in the distribution system, a Geographical Information System was designed. A number of precautions were taken in using of this system as a decision support tool and improvement of operations as a result of analyses.

Besides, spatial variation of water quality is put forward by evaluating the timely data of water treatment plants, tanks and critical points in networks together.

Following some important decisions were derived from the developed system and results of analyses;

- Preparation of land-use plans and pollution inventory, evaluation of possible risks in the catchment area.
- Control and efficiency of treatment processes, design of equipments, utilization of chemicals and monitoring procedure.
- Development of new techniques related to repairment, rehabilitation, renewal of transmission lines, review of speed and quality of repairment / maintenance

operations, management of water pressures in transmission lines, instrumentation and monitoring of the main water system,

- Maintenance, repairment and cleanliness of water service reservoirs periodically, preventing human and animal, bird, vermin access to reservoir areas.
- Water storage for emergency, providing required contact time for disinfection, reduction of dead points and pipe ends, contamination control at cross connections in the water distribution system,
- In addition, all managers and employees involved in a supply of drinking water system are responsible for understanding, implementing, maintaining and continuously improving the Drinking Water Quality Management. Also public involvement and awareness are very important for total water quality management.

As a result, this study aims to put forward the benefits of a proposed Geographical Information System based decision support system which contributes a great deal to drinking water quality management.

1. GİRİŞ

Sağlıklı ve yeterli içmesuyu temini insanlık tarihi boyunca önemli bir mühendislik çalışması olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde yeterli su teminin yanı sıra su kalitesinin su kaynağından tüketicinin musluğuna kadar olan süreçte bir bütün olarak yönetimi büyük önem kazanmaktadır. Bu amaca uygun olarak geliştirilen bütünleşik su kalitesi yönetimi, içmesuyu havzası yönetiminden uygun arıtma sistemi ve dağıtım; organizasyonel kalite yönetim sistemlerinden izleme, raporlama ve denetim; sürekli araştırma/geliştirme çalışmalarından etkili iletişime kadar farklı konuları içermektedir.

Tüm süreçleri yerinde ve bileşenleri ile birlikte izleyebilmek konumsal çalışmayı da beraberinde getirmektedir. Su kalitesi ile ilgili üretilen kararların bilimsel, gerektiğinde yasal olarak savunulabilen, kamuoyu incelemesine açık, iyi belgelenmiş, kaliteli ve kullanıma hazır verilere dayanması büyük önem taşımaktadır. Bu tez kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı “Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi” oluşturularak bir karar destek sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. “İçmesuyu Kalitesi Yönetim Ana Planı” çerçevesinde oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı izleme sistemi ile sorgulama, bilgiye ulaşma, şebeke analizi, eğilim analizleri, karar-üretme, modelleme, tematik harita üretimi, senaryo üretimi/yönetimi gibi çalışmalar için oldukça güçlü ve fonksiyonel bir yapı hedeflenmiştir. Ortaya konulan genel sistemin uygulaması, İstanbul içmesuyu sisteminde yapılmış, su kalitesinin daha iyi yönetilebilmesi için gerekli öneriler ortaya konulmuştur.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, içmesuyu dağıtım sistemlerinde su kalitesinin izlenmesi, değerlendirilmesi, kontrolü, kısaca yönetimi konusunda, coğrafi bilgi sistemi (GIS) teknolojisini kullanarak, su kalitesi yönetimine farklı bir yaklaşım, aynı zamanda teknolojik destek sağlamaktır. Böylelikle içmesuyu kalitesi hedeflerinin sağlanmasında etkin ve dinamik bir yönetim hedeflenmektedir.

“İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Ana Planı” çerçevesinde oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı izleme (monitoring) sistemi sayesinde sorgulama, bilgiye ulaşma, şebeke analizi, eğilim analizleri, karar-üretme, modelleme, tematik (konulu) harita üretimi, senaryo üretimi ve yönetimi gibi yönetsel fonksiyonlar oldukça hızlı ve etkin bir şekilde kullanılabilecektir.

Oluşturulan karar destek sistemi ile sistematik olarak üretilen bilginin kullanıcılara ve karar vericilere belirli yetkilerle ve kolay erişilebilir bir şekilde sunulması, böylelikle bilginin kişilere ait olmaktan kurtarılıp kurumsal hale dönüştürülmesi ve sonuçta emek tekrarı, zaman ve kaynak israfının önüne geçilmesi temel felsefe olarak kabul edilmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada öncelikle “su kalitesi” ve “yönetimi” kavramları çeşitli açılardan irdelenmektedir. Su kalitesinin yönetiminde kullanılabilecek bilgi teknolojileri hakkında bilgi verilmektedir. Dünyada uygulanan çeşitli su kalitesi yönetim uygulamaları incelenmekte, “Su Kalitesi Yönetim Ana Planı” bünyesinde yer alan Coğrafi bilgi sistemi-GIS tabanlı “içmesuyu kalitesi izleme sistemi” genel bir karar destek sistemi ortaya konulmaktadır.

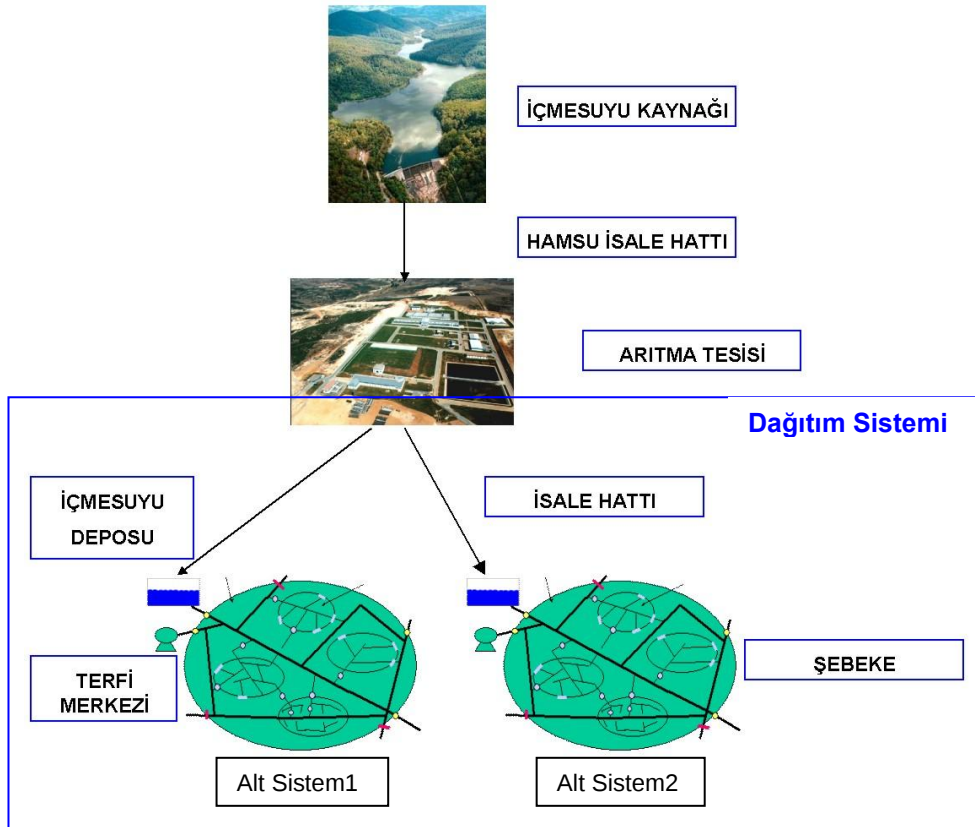
Ortaya konulan genel karar destek sisteminin uygulaması, İstanbul içmesuyu sisteminin tamamında öncelikle “İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Ana Planı” oluşturulması ve bu plan çerçevesinde, GIS tabanlı bir “**İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi**” tasarlanarak yapılmaktadır. Su kalitesi ölçümlerinin sürekli olarak yapıldığı arıtma tesisleri çıkışı, depo giriş ve çıkışları ile şebekede belirlenen kritik noktaların izlenmesi amacıyla bir bilgi sisteminin tasarlanması, bu sistemin karar destek aracı olarak kullanılması ve alınabilecek önlemlerin ortaya konulması bu çalışmanın ana eksenini oluşturmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın kendi alanında, diğer içmesuyu dağıtım sistemlerinde su kalitesi yönetimi açısından güçlü teknolojik araçları olan ve etkin yönetimi sağlayacak bir karar destek sistemi olması amaçlanmaktadır.

2. İÇMESUYU KALİTESİ VE YÖNETİMİ

2.1 İçmesuyu Sistemleri

İçmesuyu temini ve dağıtımını tarih boyunca mühendislik açısından önemli bir uğraş konusu olagelmıştır. Bir yerleşim için yeterli miktarda ve düzenli su temini öncelikli bir altyapı problemidir. İçmesuyu temininde kaynak olarak başlıca yüzeysel sular (akarsu, göl, vb.) ve yeraltı suları kullanılmakta olup, bu sular arıtıldıktan sonra isale hatları ile dağıtım şebekesine veya yerleşim alanına yakın su depolarına iletilmektedir. Depolarda debi salınımları dengelenen içmesuyu, dağıtım şebekesi vasıtasıyla kullanıcılara ulaştırılmakta (Şekil 2.1) ya da isale edilen su pik saatlerde branşmanlarla doğrudan şebekeye verilmekte, sarfiyat düştüğünde depolarda biriktirilmektedir.



Şekil 2.1 : İçmesuyu Temini ve Dağıtım Sistemi Bileşenleri

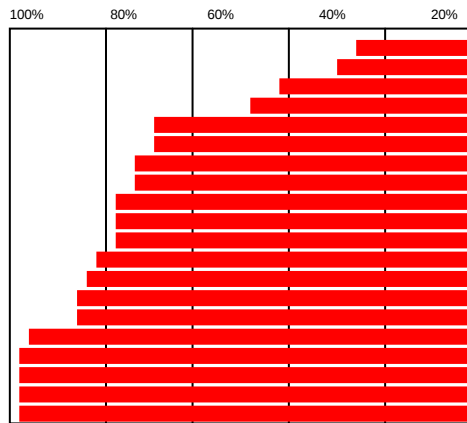
2.2 İçmesuyunda Kalite Kavramı

Yerleşimler için yeterli miktarda su teminiyle birlikte suyun kalitesi de büyük önem taşımaktadır. İçmesuyu olarak kullanılan suyun, insan sağlığı açısından bazı zararlı mikrobiyolojik ve kimyasal maddeleri içermemesi, su kalite standartlarını sağlaması gerekmektedir. Toplum sağlığı açısından “içilebilir” güvenlikte suyun önemi büyüktür. İçmesuyunun genel özellikleri şunlardır:

- Kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- Hastalık yapıcı mikroorganizmaları ihtiva etmemelidir.
- İçinde sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- Agresif olmamalıdır.

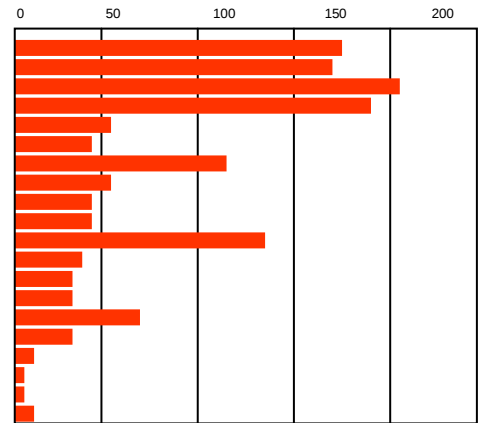
Mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan temiz olmayan içmesuları özellikle bebek ve çocuklarda ölümle sonuçlanabilen değişik hastalıklara sebep olabilmektedir. Farklı ülkelerde gelişmişlik seviyelerine göre beş yaş altı çocuklarda ölüm oranlarının değişimi Şekil 2.2’de görülmektedir. Bu grafikte insanlarına yüksek kalitede ve yaygın olarak içmesuyu sağlayabilen ülkelerde ölüm oranının dramatik bir şekilde düşük olması dikkat çekmektedir.

**Temiz İçmesuyuna Ulaşabilen Nüfus
(Nüfus yüzdesi)**



Kaynak veri : UNICEF, "The State of the World's Children 2000"

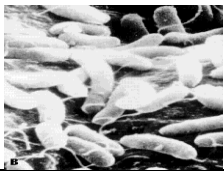
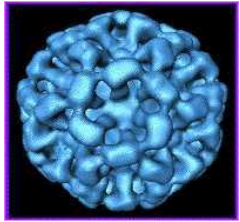
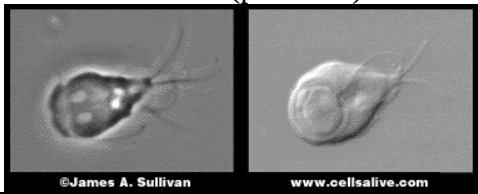
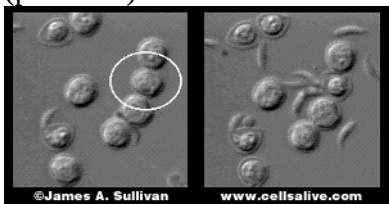
**5 Yaş Altı Çocuk Ölümleri
(Bin çocukta ölüm miktarı)**



Şekil 2.2 : Sağlıklı İçmesuyu Kullanımı ve Çocuk Ölümünün Karşılaştırılması [1]

İçmesularında yaygın olarak bulunan mikroorganizmalar(MO) ve sebep oldukları hastalıklar ise Tablo 2.1’de verilmektedir [2,3].

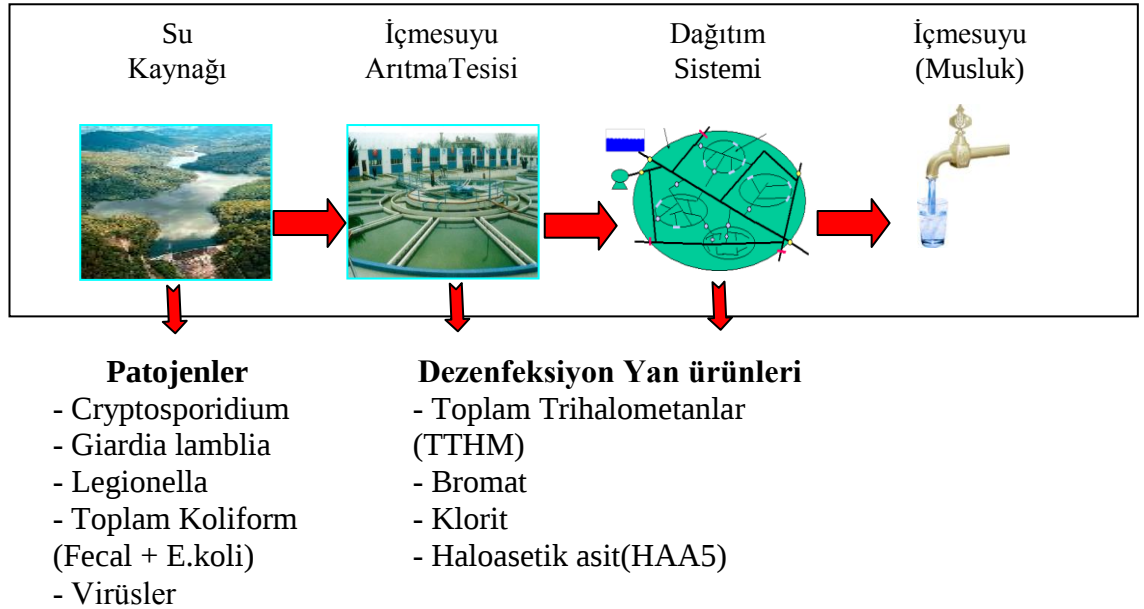
Tablo 2.1 : İçmesularında Yaygın olarak Rastlanan Hastalıklar ve Sebep Olan Mikroorganizmalar

Hastalık	Sebep olan Mikroorganizma	Kaynağı	Belirtiler
Gastro-enteritis	Salmonella (bakteri) 	Hayvan ve insan dışkıları	Akut ishal ve kusma
Tifo	Salmonella typhosa (bakteri)	İnsan dışkısı	Bağırsakta yanma, dalak büyümesi, yüksek ateş; öldürücü olabilir
Dizanteri	Vibrio cholerae, Shigella (bakteri)	İnsan dışkısı	İshal: nadiren öldürücü
Kolera	Vibrio cholerae (bakteri) 	İnsan dışkısı	Kusma, şiddetli ishal, mineral kaybı: genelde öldürücü
Bulaşıcı hepatit	Virus 	İnsan dışkısı, kirli sularda büyüyen kabuklu deniz hayvanı	Derinin sarılaşması, karaciğer büyümesi, karın ağrısı: 4 ay kadar sürebilir, nadiren öldürücü
Amebik dizanteri	Entamoeba histolytica (protozoa) 	İnsan dışkısı	Hafif İshal, kronik dizanteri
Giardiasis	Giardia lamblia (protozoa) 	Hayvan ve insan dışkıları	Ishal , kramp, mide bulantısı ve güçsüzlük; 1 hafta ile 30 hafta arasında sürebilir, öldürücü değil
Ishal	Cryptosporidium (protozoa) 	Hayvan ve insan dışkıları	Ishal, kramp, mide bulantısı ve güçsüzlük

2.3 Su Kalitesini Etkileyen Faktörler

İçmesuyu dağıtım şebekelerinde su kalitesi yönetiminin içmesuyu sistemi bütünlüğü içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Şebekede karşılaşılan herhangi bir kirlilik bizzat şebekeden kaynaklanabileceği gibi, su kaynağından başlayarak, arıtma tesisi, depo, terfi merkezi gibi sistem bileşenlerinden herhangi biri de kirliliğe sebep olabilmektedir. Özellikle su kaynağının seçimi, uygulanacak arıtma prosesleri ve dezenfeksiyon dağıtım şebekelerindeki su kalitesini belirleyici nitelikte olabilmektedir. Bu nedenle su kalitesi yönetimi, bütünleşik (integrated) yaklaşımla ele alınması gerekli bir konudur.

İçmesuyu sisteminde su kaynağında bulunan, içmesuyu arıtma tesisi ve dağıtım sisteminde oluşan kirletici türleri Şekil 2.3’de gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : İçmesuyu Sisteminde Bulunan ve Oluşan Kirleticiler

İçmesuyunda bulunabilecek mikrobiyolojik, organik ve inorganik kimyasal, dezenfektanlar, dezenfeksiyon yan ürünleri ve radyoaktif kirletici türleri Şekil 2.4’de verilmektedir.

İÇMESUYUNDA BULUNAN KİRLETİCİLER

Mikrobiyolojik

- Cryptosporidium
- Giardia lamblia
- Legionella
- Toplam Koliform(Fecal + E.koli)
- Bulanıklık
- Virüsler

Organik Kimyasal

- Akrilamid
- Benzen, Klorobenzen, Etilbenzen
- Diklorometan, Dikloroetilen
- Dioksin, Toluen
- Vinil klorid, Metoksiklor



Radyoaktif

- Alfa Partikülleri
- Beta partikülleri ve foton yayıcılar
- Radyum226 ve Radyum228
- Uranyum

Dezenfeksiyon Yan Ürünü

- Bromat
- Klorit
- Haloasetik asit(HAA5)
- Toplam Trihalometanlar(TTHM)

Dezenfektan

- Kloraminler
- Klor
- Klor dioksit

İnorganik Kimyasal

- Antimon, Arsenik, Asbest
- Bakır, Baryum, Berilyum
- Civa, Florür
- Kadmiyum, Krom, Kurşun
- Nitrat, Nitrit
- Siyanür, Selenyum, Talyum

Şekil 2.4 : İçmesuyunda Potansiyel Olarak Bulunabilen Kirletici Türleri

2.3.1 Su Kaynaklarının Seçimi ve Korunması

İçmesuyu kaynaklarının uygun seçimi ve korunması su kalitesi açısından birinci derecede öneme sahiptir. İçmesuyu kaynağı olarak başlıca yeraltı suyu ve yüzeysel su kaynakları kullanılmaktadır. İçmesuyu temininde yeraltı suyu olarak kaynak suları ve kuyular, yüzeysel kaynak olarak ise dere, nehir ve göller kullanılabilir. İçmesuyu kaynağı seçilirken, ihtiyacı karşılayacak kafi miktarda olup olmadığına ve mevcut su kalitesine dikkat edilmelidir. Kalite ve miktar açısından en uygun kaynağı seçmek maliyet optimizasyonunu da beraberinde getirecektir. Seçilen su kaynağı kirletilmeden önce gerekli koruma tedbirlerinin alınması, kirletildikten sonra uygulanacak arıtma işlemlerinden çok daha faydalı/ekonomik olmaktadır.

İçmesuyu kaynağı seçilirken, ihtiyacı karşılayacak kafi miktarda olup olmadığına ve mevcut su kalitesine dikkat edilmelidir. Kalite ve miktar açısından en uygun kaynağı seçmek maliyet optimizasyonunu da beraberinde getirecektir. Seçilen su kaynağı kirletilmeden önce gerekli koruma tedbirlerinin alınması, kirletildikten sonra uygulanacak arıtma işlemlerinden çok daha faydalı/ekonomik olmaktadır.

Eğer bir su kaynağının faydalı kullanım amacı içmesuyu temini olarak seçilmişse, su kaynağı ve onu çevreleyen havzasında her türlü insani faaliyet sıkı denetim altında tutulmalıdır. İçmesuyu havzalarında katı ve tehlikeli atık depolama, gübre ve pestisit kullanılan tarımsal faaliyetler, madencilik vb. kirlilik oluşturan aktivitelerin önüne geçilmelidir.

Su kaynağının uygun seçimi ve etkili korunması toplam içmesuyu kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir.

Günümüzde içme ve kullanma suyu büyük ölçüde yüzeysel su kaynaklarından temin edilmekte olup, bu kaynakların korunması büyük önem arz etmektedir.

İçmesuyu havzalarında kirlenme noktasal ve yayılı kaynaklı olabilmektedir. Evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan kirlilik noktasal kaynaklı olarak tarif edilirken; gübre ve pestisit kullanılan tarımsal faaliyetler, hayvancılık, katı ve tehlikeli atık depolama, madencilik, atmosferik taşınım, mesire alanı vb. faaliyetler sonucu oluşan kirlilik ise yayılı kaynaklı(noktasal olmayan) kirlilik olarak tarif edilmektedir.

Havzada oluşan kirliliğin su kaynağına ulaşması yatay ve dikey hareketlerle gerçekleşmektedir. Dereler yağışlarla birlikte su kaynağına önemli bir kirlilik yükü taşıyabilmektedir. Ayrıca zemine sızma ve yeraltı suyuna karışma şeklinde dikey bir kirlilik hareketi de söz konusu olabilmektedir.

Göllerde(doğal veya baraj gölü) en önemli problemlerden bir tanesi ötrofikasyon ve buna bağlı olarak görülen alg çoğalmasdır. (Ötrofikasyon, su ortamına aşırı besi maddesi (N, P) girişi nedeniyle su kalitesinin bozulmasını ifade etmektedir.) Algler sularda estetik olarak istenmeyen koku, renk ve bulanıklığa sebep olmaktadır. Ayrıca ilerde arıtma sırasında dezenfeksiyon yan ürünlerinin (THM vb.), hepato ve nötro toksinlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir [4].

Yüzeysel su kaynaklarındaki kirliliğinin önlenmesi amacıyla alınacak başlıca tedbirler şunlardır:

- Evsel ve endüstriyel nokta kaynaklardan oluşacak atıksuyun alıcı ortama verilmeden önce kollektörlerle toplanarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik (N, P giderimi dahil) olarak arıtılması, arıtıldıktan sonra mümkünse havza dışına aktarılması gerekmektedir.
- Arazi kullanım planları gözden geçirilerek özellikle tarım alanlarından meydana gelen yayılı kaynaklardan gelen yükler azaltılabilir. Erozyon kontrolü, gübre kullanmadan önce toprak testlerinin yapılması, kış gübresinin azaltılması ve tampon bölge uygulamaları bu tedbirler arasındadır.
- Alıcı ortamda alınacak tedbirler olarak ise besi maddelerince zengin taban çökeltisinin taranması, hipolimnetik havalandırma ve besi elementlerinin kimyasal yollarla çökertilmesi sayılabilmektedir [5].

Yeraltı sularının evsel ve endüstriyel nokta kaynaklı kirliliğe daha az maruz kalması sebebiyle içmesuyu kalitesi genellikle daha iyidir. Yeraltı suyu kalitesi zamanla büyük değişiklikler göstermez. Fiziksel özellikleri daha iyi ve bulanıklıkları düşüktür. Ancak fazla miktarda çözünmüş madde ihtiva ederler.

2.3.2 Arıtma İşlem ve Prosesleri

İçmesuyu kalite standartlarını sağlayabilmek için seçilecek arıtma proseslerine, su kaynağının mevcut fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri dikkate alınarak karar verilmektedir. Yapılacak arıtmanın derecesi, su kaynağının kirlilik derecesine göre ayarlanmaktadır.

Su arıtmanın temel amacı tüketicileri patojenlere ve suda bulunan insan sağlığına zararlı diğer kirleticilere karşı korumaktır. Tipik bir su arıtmada su rezervuarında depolama ve ön dezenfeksiyon, pıhtılaştırma, yumaklaştırma ve çöktürme(veya yüzdürme), filtrasyon ve dezenfeksiyon kademeleri bulunmaktadır. Standartları sağlamak için ilave bazı prosesler de kullanılabilir. Dezenfeksiyon aşaması içmesuyu şebekeye verilmeden önceki son emniyet tedbiri olup, ayrıca arıtılan suyun dağıtım şebekesinde dış kaynaklı kirleticilere karşı korunmasını sağlamaktadır. Tüm arıtma aşamaları aslında verimli ve güvenli bir dezenfeksiyon yapabilmek amacıyla suyun hazırlanmasından ibarettir. Yani suyun mikrobiyolojik kirlilikten arındırılması asıl amaçtır.

2.3.2.1 Temel Prosesler

İçmesuyu arıtımında kullanılan temel prosesler;

Renk ve Bulanıklık Kontrolü, Tad ve Koku Giderme, Demir ve Mangan Giderme, Korozyon Kontrolü, Dezenfeksiyon, Sertlik Giderme-Rekarbonasyon, Suyun Stabilizasyonu, Flor Giderme-Florlama gibi işlemlerdir.

2.3.2.2 Temel İşlemler

İçmesuyu arıtımında kullanılan temel işlemler [6, 9]; aşağıda sıralanmıştır :

Havalandırma-Gaz Transferi: Suya oksijen veya CO₂ kazandırmak veya CO₂, H₂S, CH₄ gibi gazları sudan gidermek için uygulanır.

Izgaralardan Geçirme: Yüzücü ve kaba maddeleri tutmak için kullanılır.

Mikro elekten Geçirme: Süspansiyon halindeki maddeleri veya algleri tutmak için uygulanır.

Biriktirme: Su kalitesini iyileştirmek, konsantrasyondaki salınımları dengelemek için kullanılır.

Çökeltme: Çökebilen katıları gidermek için yapılır.

Yüzdürme: Sulardaki yağları ve sudan hafif yüzücü maddeleri sudan ayırmak için kullanılır.

Suyun Dengelenmesi (pH' sını ayarlamak): Suyu asit veya baz ilave edilerek; suyun pH' sini istenilen değere getirmek için uygulanır.

Pıhtılaştırma (Koagülasyon)-Yumaklaştırma (Flokülasyon): Alüminyum ve demir tuzları gibi yumaklaştırıcı (pıhtılaştırıcı) maddeleri ham suya ilave etmek suretiyle çökemeyen ve koloidal maddeleri, çökebilen yumaklar haline getirerek sudan ayırmak gayesiyle yapılır.

Filtrasyon: Suyu, taneli malzeme ile teçhiz edilmiş filtrelerden geçirmek suretiyle sudaki koloidal ve süspansiyon maddelerin tutulması işlemi için kullanılır.

Dezenfeksiyon: Suda bulunan zararlı mikroorganizmaları yok etmek için uygulanır.

Kimyasal Stabilizasyon: İstenmeyen maddelerin zararsız hale getirilmesi işlemidir.

Adsorbsiyon: Aktif karbon gibi maddelerle sudaki koku ve tat veren maddelerin tutulması için yapılır.

İyon Değiştirme : Suyun iyon değiştiricilerden geçirilmesi suretiyle istenmeyen iyonların bir başka iyonla yer değiştirilmesi işlemidir.

Kimyasal Çöktürme : Suda bulunan çözünmüş maddelerin (Fe^{+2} , Mn^{+2} formundaki), oksidasyonla suda çözünmeyen bileşikler (Fe^{+3} , Mn^{+4} formundaki) haline getirilerek çöktürme işlemi ile sudan giderilmesi işlemidir.

Ayrıca; Kaynatma, Koku ve Tat Kontrolü, Renk Kontrolü, Sertlik Giderme, Ters Osmoz gibi prosesler de içme sularında kullanılmaktadır.

Hızlı ve Yavaş Kum Filtreleri :

Filtrasyon, suyun içindeki çöktilemeyen maddelerin gözenekli ortam tarafından tutulması işlemidir. Hızlı filtrelerdeki tanecik büyüklüğü ve eşdeğerlik faktörü

önemlidir. Büyük miktarda yumaklaştırılmış maddeleri tutabilmek için oldukça kaba, askıdaki maddelerin geçişini engellemek için oldukça sıkı, uzun işletme için oldukça derin ve geri yıkamayla temizlik için belirli granülometrede olması gerekmektedir.

Filtre malzemesi içinde yaşayan mikroorganizmalar su içinde bulunan amonyak ve besi maddeleri ile beslenirler. Bu sebeple filtre edilmiş sularda amonyak ve besi maddeleri miktarında önemli düşüşler gözlenmektedir. Filtrasyon işlemi ile mikroorganizmalar da nispeten sudan uzaklaştırılırlar.

Filtrasyon işleminde yer alan mekanizmalar,

Mekanik Süzme : Askıdaki maddeler kum tarafından tutularak, bulanıklık düşürülür.

Çökeltme : Filtre üzerindeki durgun suyun içinde bulunan askıdaki maddelerin filtre malzemesi üzerine çökmesidir.

Adsorbsiyon(Tutunma) : Suyun içinde askıda bulunan taneciklerin aktif karbon gibi yüzey alanı çok geniş olan maddeler üzerine fiziksel ve kimyasal olarak tutunmasıdır.

Kimyasal Reaksiyon : Suda çözünmüş halde bulunan kirleticiler(organik maddeler, demir ve mangan) oksitlenerek daha az zararlı hale getirilir veya çözünmeyen maddelere dönüştürülerek çökeltme ve adsorbsiyon ile sudan uzaklaştırılır. Kirleticilerin oksitlenerek sudan uzaklaştırma işleminin verimini artırmak için filtre malzemesi granülometrisi iyi ayarlanmalıdır.

2.3.2.3 Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyon, patojenik mikroorganizmaların yok edilmesi işlemidir. Klorlama, ozonlama ve ultraviyole (UV) başlıca dezenfeksiyon işlemleridir.

Klorlama: Klorlama düşük konsantrasyonlarda etkili olma, ucuzluğu ve yeterli dozlandığında suda etkili kalması sebebiyle en çok kullanılan dezenfeksiyon yöntemidir. Gaz olarak yada sıvı hipoklorit olarak uygulanır. Temas süresi çok önemli olup, yeterli dozajlarda temas süresi arttıkça organizmaları öldürme oranı da artmaktadır.

Ozonlama: Ozon güçlü bir oksidant olup, klor türevlerinden daha kuvvetlidir. Ozon, klor gibi depolanmadığı için yerinde üretilir, bu da klor gibi tehlike yaratmadığı için daha avantajlıdır. Ayrıca yeterli dozaj sağlandığında sudaki virüsleri öldürebilir

olması da diğer bir üstünlüğüdür. En olumsuz yönü ise suda bakiye kalmadığı için, iletim hatlarındaki enfeksiyon tehlikesidir.

Ultraviyole Dezenfeksiyonu: Dezenfeksiyon UV ampüllerinin suya sokulması ile sağlanır. En olumsuz yönü, boru hatlarında dezenfeksiyon sağlamamasıdır. Ayrıca ampüller üzerinde zamanla sümüksü katmanın oluşması da diğer bir olumsuz tarafıdır. Böyle durumlarda UV lambalarının 2-3 haftada bir temizlenmesi gereklidir.

2.3.3 Arıtma Tipi Seçimi

Kırsal küçük yerleşimlerde su kaynağını korumak başlıca arıtma şeklidir. Büyük yerleşimlerde ise su ihtiyacı fazla ve bu ihtiyacı karşılamak için bulunan ilave su kaynaklarının mikrobiyolojik özellikleri genellikle zayıftır. Bunun için ilave su arıtma prosesleri gerekli hale gelmektedir.

Derinden ve iyi korunmuş akiferlerden çıkarılan yeraltı suları genelde patojenik mikroorganizmalar açısından temizdir ve arıtılmadan dağıtım şebekesine verilmesi yaygın bir uygulamadır. Eğer kaynaktan kullanıcıya kadar güvenli bir koruma yoksa, dezenfeksiyon açısından uygun konsantrasyonlarda bakiye klor gereklidir.

Yüzeysel su kaynakları genelde tam arıtma gerektirmektedir. Uygun bir tasarım ve işletme sonucu yavaş kum filtreleri ile mikroorganizma giderimi, pıhtılaştırma (koagülasyon), yumaklaştırma(flokülasyon), çöktürme ve hızlı filtrasyonla yapılan arıtmadakinine eşittir.

İlave arıtma olarak kullanılan aktif karbonla arıtmayı takiben yapılan ozonlama, çözülmüş organik karbon giderimi ve dağıtım şebekelerindeki bakterilerden kaynaklanan çoğalma potansiyelini azaltmaktadır. Ozonlama aşaması patojenlerin azaltılmasında çok önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek kaliteli, kirlenmemiş kaynaklardan da elde edilse yüzeysel su kaynaklarının kullanıldığı dağıtım şebekelerinde dezenfeksiyon zorunlu bir uygulamadır. Böylelikle büyük su sistemlerinde E.Koli ve koliform bakterisi bulunmama şartı kolaylıkla sağlanabilmektedir. Günümüzde, arıtmada kullanılan klor gibi kimyasallar ve pıhtılaştırıcı(koagülant) kullanımının optimize edilmesi, yani kimyasal madde miktarının azaltılarak dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumunun azaltılması için kimyasal arıtma yerine fiziksel ve biyolojik arıtma metotlarının kullanılması yaygınlaşmaktadır.

2.3.4 Su Dağıtım Şebekeleri

Dağıtım şebekeleri suyu arıtma tesisinden alıp tüketicilere ulaştırırlar. Dağıtım şebekelerinin tasarımı ve boyutlandırılması topografya, yerleşim ve nüfus gibi faktörlere bağlıdır. Asıl amaç kullanıcılara kirlenmeye maruz kalmadan kesintisiz ve yeterli miktarda suyu ulaştırmaktır.

Dağıtım şebekeleri özellikle su kesilmesi ve basınç düşmesi durumunda oluşan ters basınçlar sebebiyle kirlenmeye açık hale gelmektedir.

Suyun bakteriyolojik kalitesi de dağıtım esnasında bozulabilmektedir. Eğer su önemli miktarda çözünmüş organik madde veya amonyak içeriyorsa şebekede bulunması gereken bakiye dezenfektan miktarları sağlanamayabilmektedir. Ayrıca su ana boruları yeterli sıklıkta temizlenip boşaltılmıyorsa zararlı bakteri ve diğer organizmaların üremesi söz konusu olmaktadır. Su kayda değer miktarda çözünmüş organik karbon içeriyorsa (>0.25 mg/l) ve su sıcaklığı 20°C 'yi aşıyorsa, aeromonas ve diğer zararlı bakterilerin çoğalmasını önlemek için serbest bakiye klor konsantrasyonunun 0.25 mg/l olması gerekmektedir. Bazı mikroorganizmalar bakiye klor bulunan ortamlarda dahi büyümelerini sürdürebilmektedir. Dağıtım şebekelerinde mikrobiyolojik çoğalmadan kaynaklanan problemleri önlemek için, oldukça düşük seviyede organik bileşenler ve amonyak içeren, biyolojik açıdan kararlı su üretilmelidir [7].

Gömme su depolarında ve servis rezervuarlarında su kalitesinde bozulma ve yüzeysel-yeraltı sularından sızma olup olmadığı kontrol edilmelidir. Özellikle gömme su depoları çitle çevrelenerek, insan ve hayvanların bu yapılara erişimi engellenmelidir.

Dağıtım borularındaki tamir çalışmaları kirlenmeye sebep olabilmektedir. Yersel basınç düşmesi kirlenmiş suların ters sifonlanmasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple şebekenin hassas noktalarına mutlaka klape(check valve) yerleştirilerek bu durumun önüne geçilmelidir. İçmesuyu ana boruları zarar görmüş bir bölgede ve kırılmış atıksu veya drenaj borularının kirli sularının temiz suya karışma olasılığı oldukça ciddi bir problem meydana getirecektir. Bu durumlara karşı tedbirler mutlaka düşünülmelidir. Mikrobiyal kirlenme aynı zamanda suyla temas eden inşaat malzemelerinden de kaynaklanabilmektedir.

2.3.5 Korozyon Kontrolü

İçmesuyu sistemini oluşturan arıtma tesisi, depo, terfi merkezi, borular, vanalar gibi bileşenlere ait malzemelerin kısmi çözünabilirliği korozyon olarak karşımıza çıkabilmektedir. Korozyon yapısal arızalara, kaçaklara, kapasite kaybına ve su kalitesinin kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan bozulmasına sebebiyet verebilmektedir.

Borularda ve bağlantı elemanlarında meydana gelen iç korozyon, kadmiyum, bakır, demir, kurşun ve çinko gibi insan sağlığına zararlı olabilecek elementleri açığa çıkararak su kalitesini bozucu yönde etki gösterebilmektedir. Bu yüzden içmesuyu sisteminin yönetiminde korozyon kontrolü çok önemli bir konu olarak ele alınmaktadır. Korozyon kontrolünde kalsiyum, bikarbonat, karbonat, ve çözünmüş oksijen konsantrasyonları ile pH başlıca takip edilen parametrelerdir.

2.4 İçmesuyunda İzlenen Su Kalitesi Parametreleri

İçmesuyu kalitesi yönetiminde izlenen parametrelerin kaynakları, potansiyel sağlık etkileri, TSE266 ve AB standartları EK A’da detaylı olarak açıklanmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266), WHO (Dünya Sağlık Teşkilatı), AB(Avrupa Birliği) ve EPA (Amerikan Çevre Koruma Ajansı) İçmesuyu kalitesi standartlarının ayrıntılı karşılaştırması Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2 : Çeşitli Su Kalitesi Parametreleri ve Karşılaştırmalı Standartlar [9]

PARAMETRE	Türk Standartları TSE 266	Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)	ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)	Avrupa Birliği (AB) 1998
BİRİNCİL STANDARTLAR (BERRAKLIK), NTU				
Bulanıklık	25,0	5,0	5,0	5
BİRİNCİL STANDARTLAR (MİKROBİYOLOJİK), EMS/100 ml				
Koliform Bakteri	<1	0	<1	0
BİRİNCİL STANDARTLAR (ORGANİK KİMYASALLAR), µ g/1				
Toplam Trihalometanlar	--	460	100	100
BİRİNCİL STANDARTLAR (İNORGANİK KİMYASALLAR), mg/1				
Alüminyum	0,2	0,2	1	0,2
Arsenik	0,05	0,05	0,05	0,01
Baryum	0,3	--	1	--
Kadmiyum	0,005	0,005	0,01	0,005
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,05	0,05
Florür	1,5	1,5	0,7-2,4	1,5
Kurşun	0,05	0,05	0,05	0,01
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Nitrat (NO3)	50	50	45	50
Selenyum	0,01	--	0,01	0,01
Gümüş	0,01	--	0,05	--
Antimon	0,01	--	0,006	0,005
Berilyum	--	--	0,004	--
Asbest (10 mikrodan büyük rapcacık)	--	--	7 milyon Lif/I	--
BİRİNCİL STANDARTLAR (RADYOLOJİK), pCi/l				
Gross Alfa	--	--	15	--
Gross Beta	--	--	50	--
İKİNCİL STANDARTLAR (ESTETİK), mg/I				
Klorür	600	250	250	250
Renk (birim)	20	15	15	--
Bakır	3	--	1	2
Deterjanlar	0,2	--	0,5	--
Demir	0,2	--	0,3	0,2
Mangan	0,05	0,5	0,05	0,05
Koku Eşik Değeri (birim)	--	zararı hissedilmeyecek	3	zararı hissedilmeyecek
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	250	250	250	250
Toplam Çözünmüş Madde	1500	1000	500	--
Çinko	5	--	5	--
İLAVE PARAMETRELER, mg/I				
Kalsiyum	200	--	--	--
Sertlik (CaCO3)	--	500	--	--
Magnezyum	50	--	--	--
Potasyum	12	--	--	--
Sodyum	175	200	--	200
Bakiye Klor	0,1-0,5	5	--	--
Amonyum	0,05-0,5	1,5	--	0,5

2.5 İçmesuyu Kalitesi Yönetimi

İçmesuyu kalitesi yönetiminin tanımı yapılmadan önce kalite, yönetim, kalite yönetimi, toplam kalite yönetimi gibi kavramların iyi anlaşılması gerekmektedir.

Kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya gelecekte ortaya çıkabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetini içeren özelliklerin bütünü olarak ifade edilebilir. Her türlü kullanıma veya şartlara uygunluk olarak da tanımlanabilir.

Yönetim (management) kavramı, mevcut bir yapının korunması, geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için oluşturulan mekanizmayı ifade etmektedir. Yönetim mekanizması genel itibariyle ekonomik, sosyal, idari, teknik ve teknolojik boyutları olan sistemli bir yapılanmayı anlatmaktadır.

Kalite yönetimi, bir organizasyonun kalite açısından idare ve kontrolü için düzenlenmiş prosedürler, prosesler ve koordine edilmiş faaliyetlerin tamamına denir (ISO 8402:1994). Kalite yönetim sistemi ise, sürekli kalite için politika ve hedefleri oluşturma ve bu hedeflere ulaşmak için tasarlanan sisteme denir.

Toplam kalite yönetimi, müşteri odaklı, grup etkinliğini esas alan, hataları önleme ve kaliteye ulaşmada, üst yönetimden, işçilere, tedarikçilerden üretim sürecinde görev alan tüm çalışanlara kadar herkesin sorumluluğunun bulunduğu, işletme kültürünü oluşturan tam bir yönetim sistemidir.

Tüm bu temel kavramların açıklanmasından sonra Su kalitesi yönetimi, kullanıcılara sürekli ve sağlıklı bir şekilde su temin etmek amacıyla su kalitesinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrol önlemlerinin belirlenmesinde kullanılan organizasyonel yapı, prosesler ve kaynakların bütünü olarak tarif edilebilir. İçmesuyu temini ve dağıtım sisteminde kirlilik oluşturan kaynaklar, taşınım mekanizmaları ve bunların kontrol stratejileri su kalitesi yönetimin teknik boyutunu oluşturmaktadır.

İçmesuyu kalitesi yönetimi, temiz su kaynaklarına kirlilik deşarjının kontrolü, suyun standartlara uygun şekilde arıtımı, içmesuyu sisteminin kalifiye elemanlar tarafından işletilmesi, su dağıtım sisteminin fonksiyonunu uygun şekilde yerine getirmesi ve kamuoyunun su kalitesi hakkında şeffaf ve sürekli bir şekilde bilgilendirilmesi gibi hususları içeren ve tüm bu hususların eşzamanlı olarak uygulanması ile başarılı olunabilen bir konudur.

İçmesuyu kalitesi yönetimi ile ilgili dünyada yapılan bazı önemli çalışmalar aşağıda özetlenerek, gelinen en son nokta incelenmeye çalışılmıştır.

2.5.1 Su Kalitesi Yönetimi Çalışmalarının İncelenmesi

Su kalitesi yönetimi konusunda dünyada çok farklı uygulamalar bulunmakla birlikte Avustralya, Kanada ve Avrupa Birliği'ndeki uygulamalar bazı yönleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu uygulamalara ait özet incelemeler aşağıda verilmektedir.

2.5.1.1 Kanada'da Su Kalitesi Yönetimi Çalışmaları

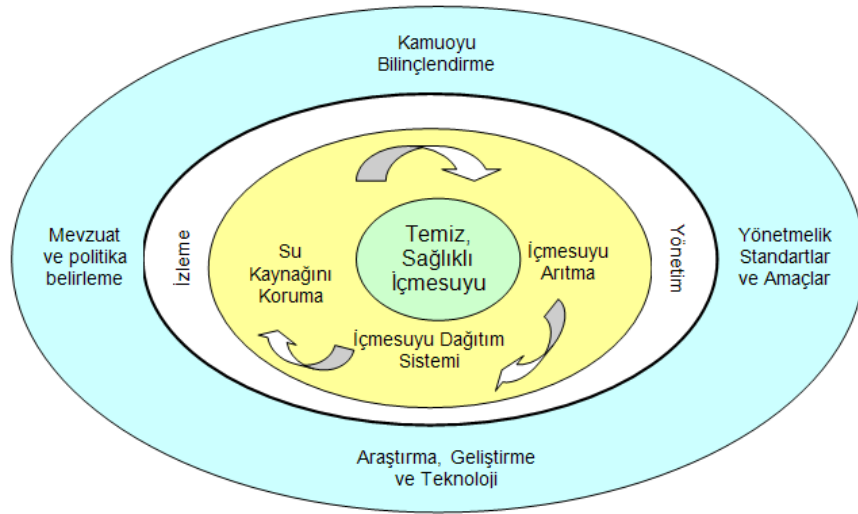
Kanada'da tüm ülke genelinde içmesuyu kalitesinin belirli standartları sağlaması için stratejik bir yönetim planı geliştirilmiştir. Geliştirilen Su kalitesi yönetim sisteminin temel prensipleri aşağıda verilmektedir:

- İçmesuyu kaynaklarının koruması yasal zorunluluk haline getirilmeli,
- Kuyu alanlarının ve havzaların korunması ile ilgili detaylı bir yasa çıkarılmalı,
- Kanada İçmesuyu Kalitesi Kılavuzu hazırlanarak tüm ülkede kullanılmalı,
- İçmesuyu tesislerinin işletilmesinde çalışacak operatörler eğitimden geçirilmeli ve bu kişilere sertifika verilmeli.
- Su kalite standartlarının sağlanmaması durumunda vatandaşlara dava açma hakkı sağlanmalı,
- İçmesuyu arıtma ve dağıtım tesislerinin yapılması veya yenilenmesine daha fazla federal fon ayrılmalı.

Kanada'da su kalitesini korumak için birçok ülkede farklı çeşitlemeleri kullanılan "Çoklu Engel Sistemi" uygulanmıştır [9].

- Birinci engel : Su Kaynaklarının Korunması
- İkinci engel : Suların Uygun Teknolojilerle Arıtılması
- Üçüncü engel : Sağlıklı ve Temiz Bir Dağıtım Sistemi
- Dördüncü engel : Kapsamlı Ölçümlerle Su Kalitesinin İzlenmesi

Temel prensipleri açıklanan çoklu engel sistemi ile su kalitesi yönetimi Şekil 2.5'de şematik olarak gösterilmektedir:



Şekil 2.5: Kanada'da Uygulanan Çoklu Engel Yaklaşımının Şematik Gösterimi [11]

Kanada'da çoklu engel sistemi ile farklı yaklaşımlar da ortaya konulmuş olup, Tablo 2.3'de O'Connor (2002) yaklaşımı ortaya konulmaktadır [11].

Tablo 2.3 : Kanada'da Geliştirilen Bir Çoklu Engel Yaklaşımı Örneği

Risk/Tehlike	Engel	Risk Yönetimi Yaklaşımı
Patojenler, kimyasallar, radyoaktif maddeler	Kaynak Koruma	Havza Koruma planı vb.
Patojenler, kimyasallar, dezenfeksiyon ürünleri	Arıtma	Kimyasal/UV/diğer, dezenfeksiyon, filtrasyon
İnfiltrasyon, patojen üremesi	Dağıtım Sistemi	Bakiye klor, sistem basıncı vb.
Belirlenemeyen Sistem Arızası	İzleme	Otomatik monitörler, alarmlar, kapama vanaları vb.
Acil Durum Arızaları	Tepki	Acil Durum Planı

Toplam kalite yönetimi prensipleri su kalitesi yönetimine de uygulanarak oldukça verimli sonuçlar alınabilmektedir. Tüm bu kalite sistemlerinin temelde amaçladığı sağlıklı ve güvenilir içmesuyu üretimi ve dağıtımı için önemli görülen prensipler şöyle tespit edilmiştir :

- Standartlar ve yasal zorunluluklar
- En iyi su kaynağı seçimi ve kaynak koruma
- Uygun teknolojiler

- En iyi dezenfeksiyon stratejisi
- Dağıtım
- Kalite İşlemleri (ISO 9002, ISO 14001, ISO/TS/P 194, AWWA QualServe ve HACCP)
- İzleme
- Araştırma ve geliştirme

Kanada’da mevcut uygulamalar üzerinde uzmanların yorumları ve diğer başarılı olmuş uygulamaların incelenmesi ile entegre içmesuyu yönetim yaklaşımı ortaya konulmuştur. Buna göre ideal bir su kalitesi yönetim sisteminin ana bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır [12]:

- Havza yönetimi.
- Arıtma ve dağıtım.
- Organizasyonel kalite yönetim sistemleri.
- İzleme, raporlama ve denetim.
- Yönetim.
- İletişim.
- Araştırma ve geliştirme.
- Ortak çalışmalar yürütme.

2.5.1.2 Avustralya’da İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Çalışmaları

Avustralya’daki içmesuyu idareleri sağlıklı içmesuyu temininde, kalite yönetimi ve risk yönetimi prensiplerini uygulamaktadır. Avustralya su endüstrisi başlangıçta toplam kalite çalışmasını yürüten kuruluşlardan hizmet alımı şeklinde, içmesuyu yönetmelikleri, müşteri anlaşmaları, lisanslar ile yasal denetimler ve su kalitesi denetimlerini içeren uygun kalite yönetim sistemini talep etmiştir. Özellikle AS/NZS 4360 (Risk Yönetimi) ve gıda endüstrisi için geliştirilen Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) standartları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kalite yönetim sistemlerini içmesuyu yönetim sistemlerine uygularken dikkat edilmesi gereken önemli hususlar dikkatle değerlendirilmiştir. Ayrıca su idarelerinin Risk Yönetimi Sistemleri ile İş Yönetimi Sistemlerini en iyi ne şekilde entegre edecekleri konusunda anahtar hususlar da ortaya koyulmuştur. İçmesuyu kalitesi yönetimi sistemlerine en uygun sistem olarak olarak görülen ISO9002 ve HACCP standartları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Su idarelerince halihazırda kullanılan yönetim

sistemlerinin ne şekilde değerlendirileceği ve iyileştirileceği de ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Su idarelerinin mevcut İş Yönetimi Sistemleri, ISO9001, HACCP ve AS360 ilkeleri ve Avustralya İçmesuyu Yönetmeliği ile uyumlu Su kalitesi yönetim sistemleri geliştirilmiştir.

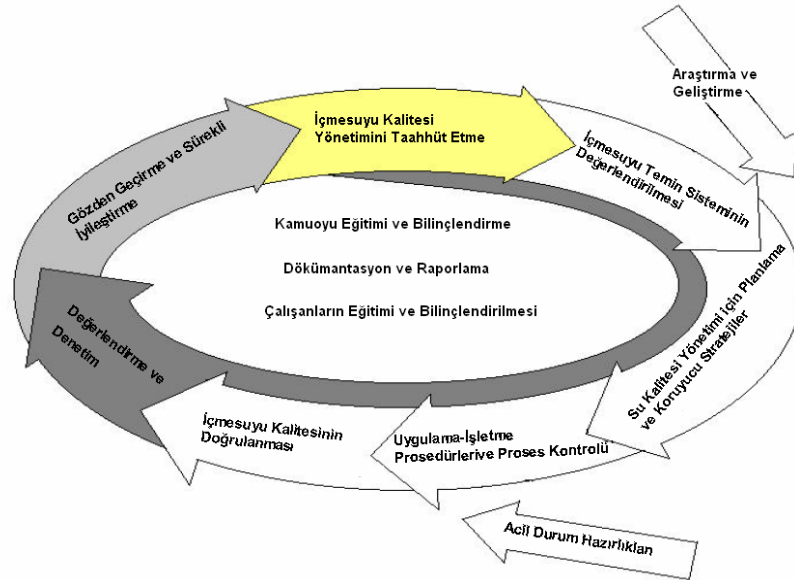
Avustralya içmesuyu kalitesi yönetiminin genel çerçevesi Tablo 2.4’de verilmektedir.

Tablo 2.4 : Avustralya İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Genel Çerçevesi [11]

İÇMESUYU KALİTESİ YÖNETİMİNİ TAAHHÜT ETME	
Element 1	İçmesuyu Kalitesi Yönetimini Taahhüt Etme <i>İçmesuyu Kalitesi Politikası</i> <i>Düzenleyici ve Resmi Gereklilikler</i> <i>Karar Organının Teşviki</i>
SİSTEM ANALİZİ VE YÖNETİM	
Element 2	İçmesuyu Temin Sisteminin Değerlendirilmesi <i>İçmesuyu Temini Sistemi Analizi</i> <i>Su Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi</i> <i>Tehlike Tanımı ve Risk Değerlendirmesi</i>
Element 3	İçmesuyu Kalitesi Yönetimi için Önleyici Ölçümler <i>Önleyici Ölçümler Çoklu Bariyerler</i> <i>Kritik Kontrol Noktaları</i>
Element 4	İşletme Prosedürleri ve Proses Kontrolü <i>İşletme Prosedürleri</i> <i>Operasyonel İzleme</i> <i>Düzeltilici Çalışmalar</i> <i>Teçhizat Kullanımı ve Bakım</i> <i>Materyaller ve Kimyasallar</i>
Element 5	İçmesuyu Kalitesinin Doğrulanması <i>İçmesuyu Kalitesi İzleme</i> <i>Müşteri Memnuniyeti</i> <i>Sonuçların kısa vadeli Değerlendirilmesi</i> <i>Düzeltilici Çalışmalar</i>
Element 6	Acil Durum ve Afet Yönetimi <i>İletişim</i> <i>Acil durum ve Afet Eylem Protokolü</i>
DESTEKLEME FAALİYETLERİ	
Element 7	Çalışanların Eğitimi ve Bilinçlendirilmesi <i>Çalışanların Bilinçlendirilmesi ve katılımı</i> <i>Çalışan Eğitimi</i>
Element 8	Toplum Eğitimi ve Bilinçlendirilmesi <i>Toplum Danışmanlığı</i> <i>İletişim</i>
Element 9	Araştırma ve Geliştirme <i>Araştırma Çalışmaları ve Araştırmaları İzleme</i> <i>Proseslerin Onaylanması</i>

	<i>Ekipmanların Tasarımı</i>
Element 10	Dökümantasyon ve Raporlama <i>Dökümantasyon ve Kayıtların Yönetimi</i> <i>Raporlama</i>
GÖZDEN GEÇİRME	
Element 11	Değerlendirme ve Denetim <i>Sonuçların Uzun Vadeli Değerlendirilmesi</i> <i>İçmesuyu Kalitesi Yönetiminin Denetimi</i>
Element 12	Gözden Geçirme ve Sürekli İyileştirme <i>Kıdemli Yöneticilerin Gözden Geçirmeleri</i> <i>İçmesuyu Kalitesi Yönetimi İyileştirme Planı</i>

Avustralya İçmesuyu Kalitesi Yönetimi için geliştirilen genel çerçeve Şekil 2.6'da şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.6 : Avustralya İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Genel Çerçevesinin Şematik Gösterimi [12]

2.5.1.3 Avrupa Birliği'nde İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Çalışmaları

Avrupa Birliği'nde su kalitesi yönetimi 1998 yılında Konsey'de revize edilen İçmesuyu Yönergesi (98/83/EC) ile düzenlenmektedir. Bu yönergede insani tüketim için gerekli su kalitesi yönetimi prensipleri ortaya konulmaktadır.

Bu yönerge üye ülkelerin büyük çoğunluğunda ulusal mevzuata dahil edilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Tüm üye ülkeler ulusal içmesuyu kalitesi standartlarını bu yönergeye göre yeniden düzenlemiştir. Ayrıca su kalitesi raporlarının yıllık periyotlarla hazırlanması ve konsey merkezine gönderilmesi planlanmıştır.

Avrupa Birliği'nde 5000'den fazla nüfusa sahip su temin bölgeleri (günde 1000 m³), üye ülkelerin toplam nüfusları ve su temin edilen yukarıda bahsedilen nüfusun toplam nüfuslara oranları Tablo 2.5'de verilmektedir.

Tablo 2.5 : Avrupa Birliği'nde İçmesuyu Temini Hakkında Özet Bilgi Tablosu (1996-1998) [13]

Üye Devlet	Üye Devletlerin Nüfusları (Milyon kişi)	5000'den Fazla Nüfusa Su Temin Edilen Bölge Sayısı	5000'den Fazla Nüfusa Su temin Edilen Bölgeler İçin Debiler (Milyon m ³ /yıl)	Su Temin Edilen Nüfusun Toplam Nüfusa Oranı (%)
B	10.2	301	718	90
DK	5.3	277	359	74
D	82.7	2664	4306	82
EL	10.6	97	-	69
E	28.4	759	-	73
F	59.7	2179	3703	72.5
IRL	3.6	120	360	75
I	57.6	1656	6237	83
L	0.43	14	38.6	83.4
NL	15.9	250	1250	99.9
Ö	7.8	185	376	60
P	10.0	-	-	-
FIN	5.3	171	324	71
S	8.8	-	-	-
UK	58.1	1919-1824	6570	98

Avrupa Birliği seviyesinde herhangi karar vermeden önce içmesuyu kalitesinin tüm üye ülkeler tarafından ayrıntılı ve düzgün bir şekilde raporlanması gerekmektedir. Üye ülkelerden her biri belirtilen minimum sayıda ve parametre bazında numune alma görevini yerine getirmekle yükümlüdür. 5000'den fazla nüfusa içmesuyu temin edilen bölgelerde su kalitesinin raporlanma zorunluluğu bulunmaktadır.

Birlik genelinde içmesuyu kalitesini iyileştirici eylem planları 10 üye ülkede tamamlanmıştır.

3. BİLGİ TEKNOLOJİLERİNİN İÇMESUYU KALİTESİ YÖNETİMİNDE KULLANIMI

Tüm dünyada hızla gelişen bilgi teknolojisi, geleneksel/klasik yönetim(management) anlayışını da oldukça değiştirmiş, geliştirmiştir. Bilgi sistemleri teknolojisinin, içmesuyu dağıtım sistemlerinde su kalitesi yönetiminde kullanılması; yönetim mekanizmasının hızlı, etkin, bilgiye dayalı karar üreten, objektif, verimli ve ekonomik çalışmasını sağlamaktadır.

Su kalitesi yönetiminde kullanılan

- Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) Teknolojisi
- İçmesuyu Dağıtım Sistemi Matematik (Hidrolik ve Su kalite) Modeli
- SCADA (Merkezi Kumanda ve Kontrol Sistemi)
- Karar Destek Sistemleri

hakkında temel bilgiler aşağıda verilmektedir.

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisi

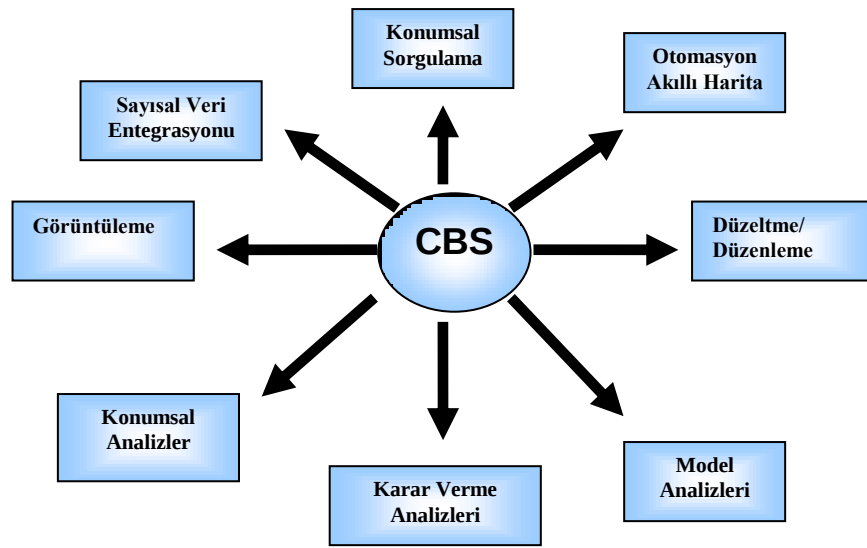
İçmesuyu sistemi ile ilgili bilgilerin toplanıp işlenebilmesi ve kullanılır hale dönüştürülebilmesi belli bir sistemin var olmasını gerekli kılmaktadır. Bu amaç için *Coğrafi Bilgi Sistemleri* etkin bir araç olarak kullanılabilir.

Coğrafi bilgi sistemleri, yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan sistemlerdir.

Coğrafi Bilgi sistemleri, *CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım)* ortamı ve *Veritabanı (Database)* olmak üzere iki temel kısımdan oluşur. CAD ortamında grafik bilgiler tutulurken, veritabanında sözel-tablosal(nongraphic) bilgiler saklanır. CBS, sözel bilgilerle bu bilgilere ait grafik-harita bilgilerinin bağlantılı çalıştığı, akıllı objelerin

oluşturulduğu bir bilgi sistemini ifade eder. CBS aynı zamanda CAD, Database ve Internet ortamlarını içeren bir teknolojiyi de ifade etmektedir.

Coğrafi bilgi sistemi bir üst kavram olup diğer tüm *konumsal* bilgi sistemlerini kendi çatısı altında toplar: Altyapı Bilgi Sistemi, Su kalitesi İzleme Bilgi Sistemi, Kent Bilgi Sistemi vb. Konumsal bilgi sistemlerinde amaç farklı olsa da, bilginin toplanması, saklanması, işlenmesi ve sunulması gibi kademelerde yöntem benzerliği vardır. Coğrafi bilgi sistemi hizmet alanındaki olayların tanımlanması ve ileriye dönük tahminlerin yapılabilmesine imkan tanıyan çeşitli fonksiyonlara sahiptir. Bu fonksiyonları aşağıda Şekil 3.1’de özetlemek mümkündür [14].



Şekil 3.1 : Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları

Akım şeması bu şekilde verilen bir bilgi sisteminin amacı planlama, araştırma ve yönetim işlevlerinde kullanıcının karar verme yeteneğini arttırarak, neden ve niçinler ile en doğru kararı vermesini sağlayabilmektir. Coğrafi bilgi sistemlerinde en önemli nokta kullanıcının bu sistemi hangi amaçlar için kullanacağını önceden belirlenmiş olmasıdır. Çünkü veriler üzerindeki mantıksal işlemler, önceden belirlenen ilkelere göre yapılır.

- Verilerin toplanmasında izlenecek metot
- Veri olarak kullanılacak form, belge vb. materyallerin biçimi, içeriği
- Verilerin hangi ortamda saklanacağı
- Verilere uygulanacak işlemlerin türü ve yöntemleri
- Verilere uygulanacak analiz yöntemleri

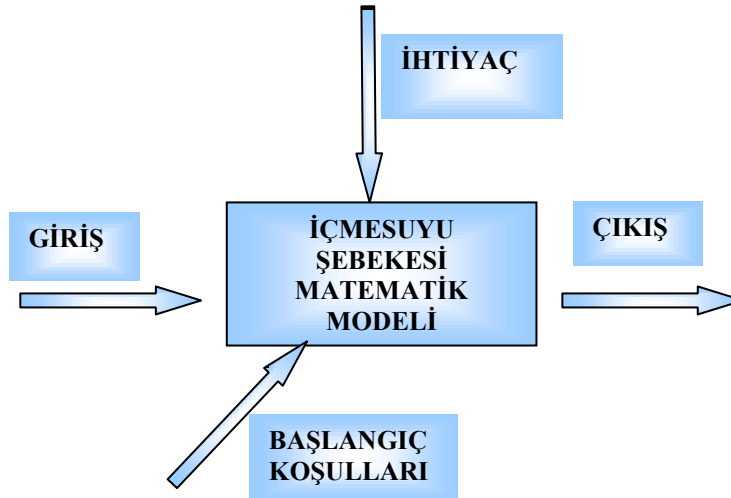
- Analiz sonuçlarının hangi ortamlarda kullanıcıya sunulacağı

önceden belirlenmiş olacaktır.

Bu çalışma kapsamında, içmesuyu sistemi üzerinde belirlenen numune alma noktaları ile ilgili tüm mekansal veriler GIS ortamına girilerek, su kalitesi ile ilgili modellere daha hızlı ve hassas veri üretilebilecektir. Model sonuçlarının analizi ve sunumu ise yine GIS yazılımlarına ait tematik (konulu) görsel harita üretimi vb. araçlarla daha sade, anlaşılır ve görsel bir şekilde yapılacaktır.

3.2 İçmesuyu Dağıtım Sistemi Matematik Modeli

İçmesuyu dağıtım şebekesi matematik modeli, fiziksel sistemin özelliklerini ortaya koyan, fizik kanunlarından türetilen bir takım matematik ifadeler olarak tarif edilebilmektedir. Su şebekelerinin kavramsal modeli Şekil 3.2’de verilen bir giriş-çıkış sistemi olarak ele alınabilir.



Şekil 3.2 : İçmesuyu Şebekelerine Ait Kavramsal Model

Bir su dağıtım şebekesi, borular, noktalar (boru birleşim yerleri), pompalar, vanalar, rezervuar ve depolama yapılarından meydana gelen fiziksel bir sistemdir. İçmesuyu şebekelerinin matematik modellenmesi, hidrolik ve su kalitesi modelleme olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır.

Şebeke modellerinde aranan başlıca özellikler her bir borudaki debi, her bir noktadaki basınç, her bir depodaki su seviyesi ve şebekedeki kimyasal maddelerin konsantrasyonunun tayini gibi özelliklerdir. Bir şebeke modelinde su yaşı ve kaynak tespitinin yapılabilmesi de büyük önem taşımaktadır.

Şebeke modelleri dağıtım sistemindeki içmesuyu bileşenlerinin taşınımı ve reaksiyonlarının daha iyi anlaşılabilmesini sağlayan araçlardır. Şebeke modelleri içmesuyu dağıtım sistemleri analizi ile alakalı birçok uygulamada da kullanılabilmektedir. Bunlardan bazıları, numune alma programlarının tasarlanması, hidrolik modellerin kalibrasyonu, bakiye klor analizleri, kullanıcılarla ilgili değerlendirmelerdir.

Ayrıca sistemdeki su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli alternatif yönetim stratejilerinin değerlendirilmesinde şebeke modellerinden faydalanılabilmektedir. Bazı alternatif yönetim stratejileri aşağıda verilmektedir:

- Birden fazla kaynaktan beslenen sistemlerde kullanılan kaynağı değiştirmek,
- Pompalama ve depoları doldurma/boşaltma periyotlarını değiştirmek,
- Depolarda tekrar klorlama gibi farklı arıtma şekilleri kullanmak,
- Problemlili bazı boruların temizlenmesi veya yenilenmesi.

İçmesuyu şebekelerinin modellenmesinde kullanılan uluslararası standartlarda yazılımlardan bazıları şunlardır: EPANET, MIKENET, WATNET, GINAS, WATER CAD/GEMS, WASMACS, SWS.

3.2.1 Hidrolik ve Su Kalitesi Modellemesi

Verimli bir su kalitesi modellemesi yapabilmenin ön koşulu, çok iyi bir hidrolik modelleme yapabilmektir. Günümüzde hidrolik modellerde standart olarak aranan bazı özellikler aşağıda verilmektedir [15]:

- Şebekenin büyüklüğünden bağımsız olarak analiz yapabilme imkanına sahip olması,
- Sürtünme yük kayıplarını farklı (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach veya Chezy-Manning) formüllerden herhangi birine göre hesaplayabilmesi,
- Dirsek, fittings vb. yersel yük kayıplarını hesaba katması,
- Sabit veya değişken hızlı pompaları modelleyebilmesi,
- Pompajda kullanılan enerjiyi ve maliyeti hesaplayabilmesi,
- Basınç düşürücü vana, klape, basınç ayarlayıcı, debimetre gibi değişik tipteki vanaları modelleyebilmesi,

- Depolama tanklarının herhangi bir geometrik şekilde olmasına imkan vermesi (örn. çap yükseklikle değişebilir),
- Her biri farklı zaman değişimi dağılımlarına sahip noktalarda çoklu ihtiyaç kategorilerine göre çözüm üretebilmesi,
- Basınca bağlı olarak bir kaynaktan yayılan akımları (fiskiye başlıkları) modelleyebilmesi,
- Seviye göstergeli basit tanklar veya zamanlama kontrolleri ile kompleks kural tabanlı kontrollerin işletilmesine taban oluşturabilmesi.

Hidrolik modellemeye ek olarak standart su kalitesi modelleme özellikleri ise:

- Reaktif olmayan iz maddelerinin şebeke boyunca zamana bağlı olarak hareketini modelleyebilmesi,
- Reaktif maddelerinin çoğalması (dezenfeksiyon yan ürünleri) veya ayrışmasının (bakiye klor) zamanla değişimini modelleyebilmesi,
- Şebeke boyunca su yaşını modelleyebilmesi,
- Verilen bir noktadan diğer tüm noktalara akışı zamana bağlı olarak izleyebilmesi,
- Boru içindeki ana akımda ve boru cidarında oluşan reaksiyonları modelleyebilmesi,
- Boruda içindeki akımda oluşan reaksiyonları modellemek için n. derece reaksiyon kinetiği kullanılması,
- Boru cidarındaki reaksiyonları modellemek için 0. veya 1. derece reaksiyon kinetiği kullanılması,
- Boru cidarındaki reaksiyonların modellenmesinde kütle transferi sınırlamaları hesaba katılması,
- Sınırlayıcı konsantrasyona ulaşana kadar çoğalma ve ayrışma reaksiyonlarının kullanımına izin vermesi,
- Boru bazında değiştirilebilen global reaksiyon hızı katsayılarını kullanılabilmesi,
- Boru pürüzlülüğüne bağlı değişen cidar reaksiyon hızı katsayılarının kullanımına imkan tanınması,

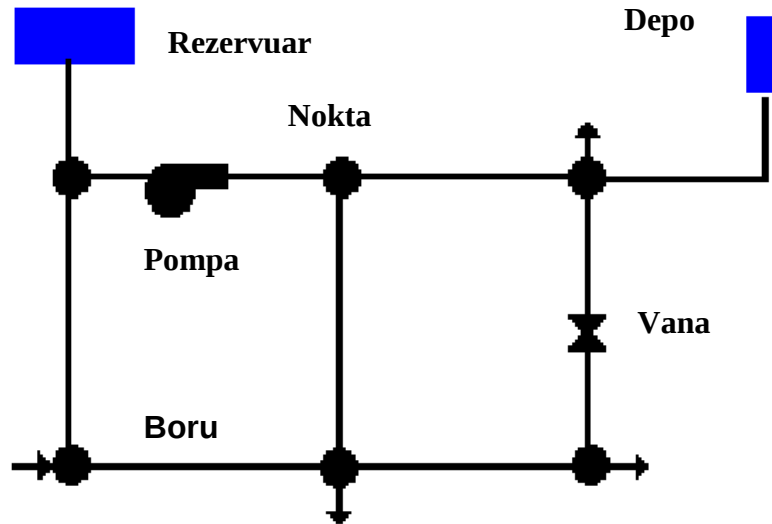
- Şebekede herhangi bir noktadan zamana bağlı olarak kütle veya konsantrasyon girişine izin vermesi,
- Depolama tanklarını ister tam karışımli, piston akımlı, ister iki bölmeli reaktör şeklinde modelleyebilmesi.

Standart bir modelin yukarıda özetlenen özelliklere ek olarak aşağıdaki durumları modelleyebilmesi istenmektedir:

- Farklı kaynaklardan beslenen suların karışımı,
- Şebeke boyunca su yaşının belirlenmesi,
- Bakiye klorun azalması,
- Dezenfeksiyon yan ürünlerinin gelişimi,
- Kirliliğin yayılması olaylarının izlenmesi.

3.2.2 Hidrolik Şebeke Modeli

Su dağıtım sistemleri “Nokta (Node)” ve “Bağlantı (Link)”lardan oluşan bir bütün olarak modellenmektedir. Bağlantı elemanları borular, pompalar ve kontrol vanalarıdır. Noktalar ise düğüm noktaları, rezervuarlar ve depolardır(Şekil 3.3).



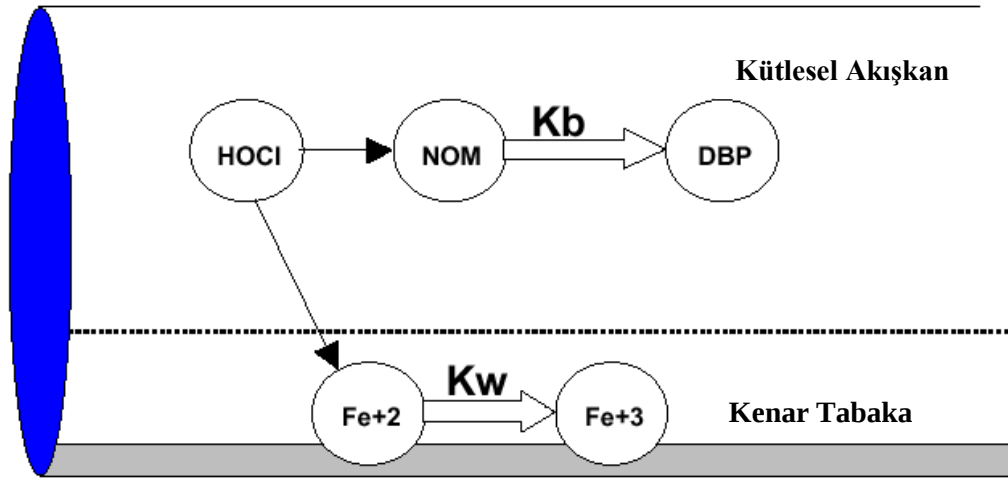
Şekil 3.3 : İçmesuyu Şebekesinin Fiziksel Bileşenleri[15]

Hidrolik şebeke modelinin elemanları topluca aşağıdaki gibidir:

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

3.2.3 Su Kalitesi Reaksiyonları

Standart matematik modelde bir maddenin dağıtım sistemi boyunca bir reaksiyon sonucu büyüme ve çürümesini izlenebilmektedir. Bunu yapmak için maddenin reaksiyon hızı ve bu reaksiyon hızının madde konsantrasyonu üzerine etkisinin bilinmesi gerekmektedir. Reaksiyonlar kütleli akış içinde olabileceği gibi boru cidarı boyunca malzeme ile de olabilmektedir. Bu durum aşağıda *Şekil 3.4*'de gösterilmektedir. Bu örnekte serbest klor (HOCl), doğal organik madde (DOM) ile kütleli akışın olduğu kısımda reaksiyona girmekte ve aynı zamanda boru cidarındaki kenar tabakaya iletilerek korozyon sonucu cidardan ayrılan demir (Fe) ile oksidasyon oluşturmaktadır. Kütleli akışkan reaksiyonları aynı zamanda depolarda da oluşabilmektedir.



Şekil 3.4 : Boru İçerisindeki Su Kalitesi Reaksiyonları [15]

3.2.4 Su Yaşı ve Kaynak İzleme

Kimyasal taşınımın yanısıra dağıtım sistemindeki su yaşı değişimleri de modellenilebilmektedir. Su yaşı, şebekedeki su kütlesinin harcadığı zamandır. Şebekeye depodan veya bir kaynak noktasından giren su sıfır yaşında kabul edilmektedir. Su yaşı sistemde dağıtılan suyun genel kalitesi hakkında gayet basit ve genel bir fikir vermektedir. Su yaşı genelde hız sabiti 1'e eşit olan 0.derece büyüme kinetiğine sabit reaktif bir bileşen olarak kabul etmektedir (Su her geçen saniye, 1 sn daha yaşlı olmaktadır).

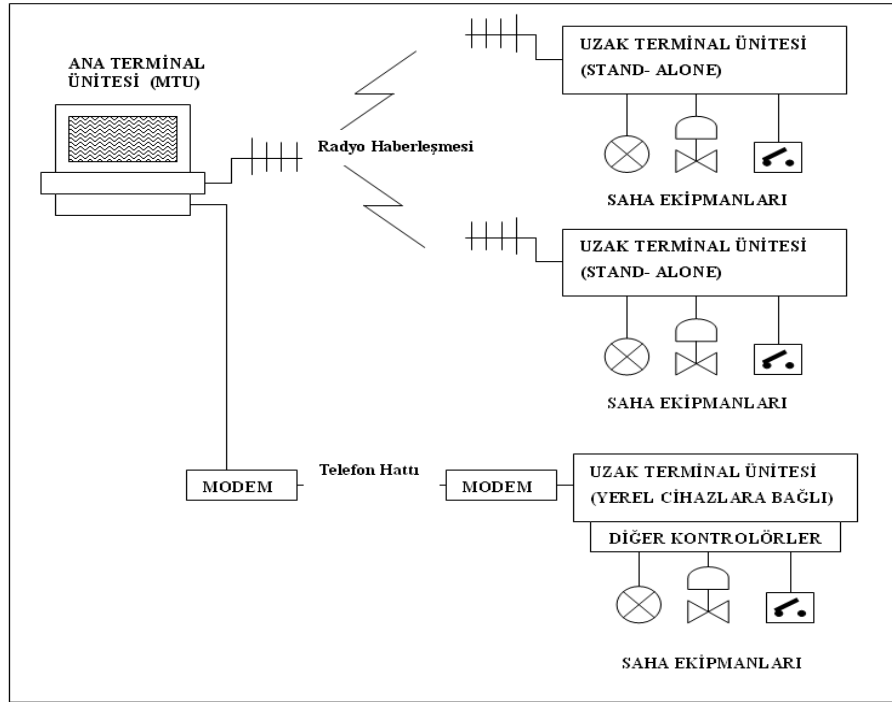
Modellerde kaynak takibi de yapılabilmektedir. Şebeke üzerinde belirli bir noktadan diğer bir noktaya suyun ne kadar yüzdesinin ulaştığı izlenebilmektedir. Kaynak noktası depo ve rezervuarlar da dahil herhangi bir düğüm noktası seçilebilmektedir. Kaynak izleme iki veya daha fazla kaynaktan beslenen dağıtım sistemlerinde analiz açısından oldukça faydalı bir araçtır.

3.3 SCADA(Merkezi Kumanda ve Kontrol Sistemi)

Bir SCADA sistemi tipik olarak uzak bölgelerdeki bilgileri toplayan ve bu bilgileri yine uzak bölgelere gönderen sistem olarak tanımlanır. Genelde kontrollü bir sistemdir; çünkü yalnız öncelikli kontrol sistemlerinden sorumlu değildir. Çoğu durumlarda diğer bir sistem öncelikli kontrolü uygular ve SCADA sistemi basitçe işlemi izler ve kayıt eder.

SCADA fonksiyonları veri toplama, veri transferi, merkezi bir bilgisayara depolama, otomatik alarm gönderme ve uzaktaki faaliyetlerin kontrollünden meydana gelmektedir. SCADA sisteminin bir temel özelliği çok farklı metodları kullanarak iletişim kurabilme yeteneğidir. Bu özellik SCADA'yı uzaktaki sistemlerden ya da diğer dijital sistemlerden bilgi edinmek ve bilgi göndermek konusunda kullanılabilir kılmaktadır. SCADA sistemleri, çok farklı protokolleri kullanarak telefon hatlarıyla, UHF/VHF bantları, mikrodalga sistemleri, uydu sistemleri ve fiber optik kablolar gibi iletişim sistemleri ile haberleşme sağlayabilmektedir.

Tipik bir SCADA sistemi Bir Master Terminal Ünitesi (MTU) ve bir ya da birden fazla uzaktaki terminal unitelerinden (RTU) meydana gelir (Şekil 3.5). MTU grafik işlemciye ve diğer özelliklere sahip bir PC olabilir. MTU ayrıca, başka bir dijital sistem için veri toplayıcısı olarak fonksiyon gören bir donanım modülü olabilir.



Şekil 3.5 : SCADA Sisteminin Temel Bileşenleri [16]

SCADA sisteminin başlıca faydaları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Merkezi PC kontrol istasyonu ve önceden programlanmış ekran ile aşu işlemleri yapılabilmektedir: Alarm uyarıcısı, proses izleme, proses kontrol, Sistem kayıtlama, veri kütüğü, veri izleme.
- Sistemin verimini ve güvenilirliğini artırmaktadır.

- Bir tesiste bilgi toplama işlemleri için personel sayısı ve zaman miktarını azaltmaktadır.
 - Problemin derecesi ve türü hakkında bilgi vermektedir. Diğer taraftan bir problem olduğunda operatörün uzaktan kumanda ile bu probleme müdahale etmesini ve ekipmanın iş saatine kadar görevinin ertelenmesini sağlamaktadır.
 - SCADA alarm sistemi çok güvenli olup proses kontrol odasıyla doğrudan bağlantılıdır.
 - SCADA sisteminin hızı ve kolaylığı çok önemli bir yönüdür.
 - Arazideki ve yerdeki verilerin merkezi kumanda odasındaki operatör tarafından görülmesini sağlamaktadır.
 - Sistemin performansını izlemek mümkün olmaktadır.
 - Gelişmiş işletim ve müşteri hizmet kabiliyeti vardır.
 - İşletme prosesinin standardize edilmesini ve personelin daha iyi kullanılmasını sağlamaktadır.
 - Operatör eğitiminin maliyetini azaltmaktadır.
 - Mevcut otoritelerin ve kanun yapıcıların olay hakkındaki yorum kabiliyetini artırmaktadır.
 - İlk yatırım ve bakım planlaması yapılmasını mümkün kılmaktadır.
 - Diğer şirketler (finans, müşteri, bakım, yönetim, coğrafya) ile ilişkiye girmeyi sağlamaktadır.
 - Teknolojinin gücünü kullanabilecek bilgili ve kapasiteli eleman sağlamaktadır.
- [16]

Özellikle içmesuyu sistemlerinde su kalitesi parametrelerinin SCADA bağlantılı otomatik ölçümlerle izlenmesi oldukça yaygın bir uygulama halini almaktadır. Böylelikle merkezi olarak su kalitesinin izlenmesi mümkün olabilmektedir.

3.4 Karar-Destek Sistemleri

Yönetim mekanizmalarının ürettikleri kararların isabetli, uygulanabilir, ekonomik ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. Bu sebeple üretilen her kararın bir bilgiye, analize dayanması çok büyük önem arz etmektedir.

Karar-Destek Bilgisayar Sistemleri, karar mercilerine su ve doğal kaynakların yönetiminde, büyük miktarda mekansal veriyi(harita) kullanarak, oldukça kapsamlı ve disiplinler arası bir yaklaşım getirme olanağı sağlamaktadır.

Karar-destek sistemleri, ileri mühendislik modelleri, analiz teknikleri, kompleks veriler, Coğrafi bilgi Sistemleri (GIS) ve kullanıcı grafik arayüzlerinin (GUI) birlikte kullanıldığı entegre sistemleri ifade etmektedir.

Karar-destek sistemleri su kalitesi ölçümleri, debi, basınç, konumsal yükseklik, arazi kullanımı, hidrografi, iklim vb. veriler ile çok kriterli analiz, optimizasyon, YAS/yüzeysel suların modellenmesi, içmesuyu şebekelerinin modellenmesini tek bir çatıda birleştirebilen sistemlerdir.

4. CBS TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİMİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR İNCELEMESİ

“İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinde CBS Tabanlı Su Kalitesi Yönetimi” tez çalışmasında aşağıdaki temel başlıklarda literatür araştırması yapılmış ve tezin konusu ile ilgili çalışmalar metodik bir şekilde taranmıştır. Water Science and Technology, Water Supply, Urban Water, Water Research gibi bilimsel dergiler ile ULAKBİM, IWA, AWWA ve diğer veritabanlarında aşağıdaki ana başlıklarda arama yapılmıştır:

- İçmesuyu Sistemi İşletme ve Yönetimi
- İçmesuyu Kalite Parametreleri
- İçmesuyu Kalitesi Yönetimi
- İçmesuyu Kalitesi İzleme ve Modelleme Çalışmaları
- İçmesuyu Dağıtım Sistemleri ve GIS Uygulamaları
- Benzer GIS ve Karar Destek Sistemi Çalışmaları

Bu konu başlıklarını içeren 100’ün üstünde makale, bildiri ve tez araştırılarak, yapılan tez çalışmasının literatürdeki yeri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan literatür araştırması ile ilgili elde edilen sonuçlar bu bölümün sonunda verilmektedir.

4.1 İçmesuyu Sistemlerinin İşletme ve Yönetimi

İçmesuyu sistemlerinin yönetimi konusunda yapılmış olan yayınlar incelendiğinde daha ziyade içmesuyu sistemlerindeki arızalar ve su kaçakları üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. Ulanicki ve arkadaşları [17] şebekelerdeki sızıntı sularının azaltılması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. İngiliz su endüstrisi, içmesuyu temini ve dağıtım sistemlerindeki su kaçaklarının azaltılması konusunda büyük çabalar sarf etmektedir. Kaçakların büyük bir kısmının bağlantı noktalarındaki küçük sızıntılardan kaynaklandığı kabul edilmektedir. İşletmedeki basınç kontrolü bu tip

kaçakları azaltmada oldukça başarılı ve ucuz çözüm sunmaktadır. Bu makalede, çeşitli basınç düşürücü vanalar ile kritik noktaların bulunduğu bölgelerdeki tahmini ve geri bildirimli online kontrol stratejilerinin planlama ve uygulanması çalışmaları araştırılmakta ve formüle edilmektedir. Düşünülen metotlar bir sızıntı modelinde hesaba katılmaktadır. Sonuçlar üç basınç düşürücü vana ve iki kritik nokta bulunan bir alanda test edilmektedir.

Engelhardt ve arkadaşları [18] içmesuyu dağıtım sistemlerinin rehabilitasyonu konusunda İngiliz perspektifi ile literatür araştırması yapmışlardır. Çalışmaya göre, öncelikle rehabilitasyon stratejisi düzenleyici standartları içmesuyu dağıtım sisteminin işletilmesi açısından karşılamayı amaçlamalıdır. Uzun vadede bağlantılı maliyetleri hesaba katan rehabilitasyon stratejisine dayanan verimli şebeke işletimi ekstra ekonomi sağlayabilmektedir. Verimli bir stratejinin parçası olarak ekonomik, hidrolik, güvenlik ve su kalitesi performans kriterleri optimize edilmelidir. Çeşitli rehabilitasyon karar verme yaklaşımları ele alındı. Ancak bazıları kusurlu ekonomik yaklaşımlara ve uygun olmayan performans kriterlerine sahip olduğu için elendi. Birkaç model uzun vadeli planlama yaklaşımı sebebiyle ön plana çıkmıştır. Ancak son zamanlarda geliştirilen uygun ekonomik model ve performans kriterlerine dayanan hayat boyu maliyet modelini de içeren çok hedefli optimizasyon yaklaşımları büyük bir potansiyele sahip görülmektedir.

Cortes ve arkadaşları [19] içmesuyu dağıtım şebekesi, ev bağlantıları, kaçak bağlantılar ve sayaçlardaki su kayıplarının belirlenmesi için bir metot geliştirilmiştir. Bu metot rastgele numune alımı, ev bağlantılarındaki sızıntı sularının ölçümü, aylık tüketimi düşük kullanıcıların gözlenmesi, sayaçların doğruluğunun test edilmesi, hidrometrik bölgelerdeki ölçümlere dayanmaktadır. Sonuçlar şehrin farklı bölgelerindeki su kayıplarının sebepleri ve tanımlanması ile ilave kayıpların önlenmesi için alınması gerekli planlama tedbirlerine olanak tanımaktadır. Bu metot 15 Meksika şehrinin su dağıtım şebekelerinde uygulanmıştır. Şehirlere sağlanan suyun %24.5'i ev bağlantılarındaki kaçaklarda, %10.6'sı isale hattı ve ana borularda ve %1.3'ü kayıt altındaki sayaçlarda kaybolmaktadır.

Moreno [20] tez çalışmasında GIS teknolojisini kullanarak su hatlarındaki sızıntı ve arızaların sebepleri ve etkilerini araştırmıştır. GIS teknolojisinin kullanımı ile geçmişteki tamir/bakım verileri, toprak tipi ve sıcaklık bilgilerine dayanarak yüksek risk potansiyeli taşıyan bölgeler belirlenmiştir. Ayrıca arızaların tesbiti ve önlenmesi

için gerekli metodoloji ortaya konulmuştur. İçmesuyu dağıtım sistemlerindeki kayıpların temel sebepleri eskiyen borular, kusurlu boru birleşimleri ve hatalı ev bağlantılarıdır. Boru arızaları ise daha çok korozyon, boru yataklama malzemesinin erozyonu, aşırı yükler ve sıcaklık etkileridir. Sızıntı ve boru arızaları sonucunda arıtılmış sular kayıp olmakta, hizmet aksamakta, yollar, kaldırımlar ve çeşitli tesisler zarar görmekte, sonuç olarak yüksek tamir ve bakım maliyetleri ortaya çıkmaktadır.

GIS teknolojisi içmesuyu dağıtım sisteminin bir kesitini analiz etmek için kullanılmıştır. GIS modellemesinin sonucunda geçmişte arıza yaşanan noktalarda arızaların gelecekte de yüksek oranda devam ettiğı görölmüştür. Sıcaklığın boru arızalarında önemli bir faktör olmadığı görölmüştür. Korozyon boru arızalarında en belirleyici faktör olarak tesbit edilmiştir.

4.2 İçmesuyu Kalite Parametreleri

Bois ve arkadaşları [21] bakteriyel büyümenin dinamiklerinin anlaşılmasında bilgisayar modellerini oldukça faydalı bulmaktadır. Biyolojik sistemlerin değışkenliğı ve kompleksliğı yeni modellerle ortaya çıkarılmaktadır. Bayesian istatistik yöntemleri bu sistemleri çözmede oldukça faydalı olabilmektedir. Bir örnek olarak bu makalenin yazarları pilot bir içmesuyu şebekesinde biyofilm gelişimini modellediler. Klor dezenfektanı, organik karbon ve bakteri konsantrasyonu arasındaki ilişki differansiyel denklemlerle ifade edildi. Bayesian yaklaşımı kullanılarak deneysel veriler üzerinde model parametreleri için istatistiksel dağılımlar elde edildi. Özellikle klor konsantrasyonlarının 0.1 ve 2 mg/l aralığında modelle uygun sonuçlar elde edildi. Bakterilerin şebekenin farklı bölgelerinde farklı karakteristiklerde bulunduğu göröldü. Oluşturulan model şebekenin girişindeki çeşitli su kalitesi senaryolarının etkilerinin analizinde kullanıldı. Biyofilm tabakasının klora karşı oldukça dirençli olduğı ve sistemde oldukça geniş bir atalet oluşturduğı göröldü. Düşük özünmüş organik karbon konsantrasyonlarında serbest bakteriler klor tarafından kolaylıkla inaktive edilmiştir.

Zacheus ve arkadaşları [22] yaptıkları çalışmada mekanik temizleme esnasında içmesuyu dağıtım şebekelerinden uzaklaştırılan yumuşak teressubatin mikrobiyolojik kalitesini araştırdılar. Finlandiya'nın değışik bölgelerindeki 16 farklı içmesuyu şebekesinden su ve birikinti örnekleri alındı. Yumuşak boru içi birikintileri şebekelerdeki mikrobiyolojik büyüme için önemli yerlerde bulundular. Birikintilerin

olduğu yerlerdeki mikrop sayılarının akan suyun bulunduğu bölgelere göre daha fazla olduğu görüldü. En yüksek mikrop sayısına boru içindeki birikintilerin ilk temizliğini takiben alınan numunelerde ulaşıldı. Birikintilerde yüksek sayılarda hetetrofik bakteri, aktinomisitler ve fungilere rastlandı. Aynı zamanda birikinti numunelerinden sık sık koliform bakteriler izole edildi. Birikintilerdeki mangan ve bakırın hetetrofik bakteri sayısı ile negatif ilişkili olduğu görülmüştür. Bir yıl sonra yeni birikintilerdeki varlığını sürdürebilen bakteri sayısı, mekanik temizleme öncesindeki eski birikintilerdeki bakteri sayısı ile hemen hemen aynıdır. Ayrıca yeni birikintideki bakteriyel biyokütle üretimi eski birikintidekinden yüksek bulunmuştur.

Toroz. ve Uyak [23] tarafından İstanbul şehri Büyükçekmece Su Arıtma tesisi dağıtım sistemindeki mevsimsel trihalometan(THM) değişimleri üzerine bir araştırma yapılmıştır. Araştırma 2003 yılı ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde 30 haftalık numune alma programına göre yapılmıştır. THM ve diğer su kalite ve işletme parametreleri dağıtım sistemi üzerindeki kritik noktalarda izlenmiştir. Sonuçlar THM konsantrasyonlarının arıtılmış sular ve dağıtım sistemindeki sular arasında önemli oranda değiştiğini göstermektedir. Su sıcaklığı yaz aylarında 24°C'yi aştığında, THM seviyeleri arıtılmış sudan 1.2-1.8 kez yüksektir. Su sıcaklığı bahar aylarında 15°C'nin altında iken ölçülen THM konsantrasyonları sistemin son raddesindedir(Nadiren 100 µg/L'den yüksek). Sonuç olarak numune alma noktalarında arıtma tesisinden dağıtım sisteminin uç noktalarına daha büyük seyahat sürelerinde THM seviyeleri ölçülmüştür. Toplam organik karbon, sıcaklık ve klor dozajı parametrelerinden kaynaklanan THM'leri tahmin etmek için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon modeli sonucunda R^2 değeri 0.827 olarak elde edilmiştir.

Brown ve Emmert [24] içmesuyu dağıtım sistemlerinde gaz kromatograf yardımıyla THM konsantrasyonlarının online izlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. THM konsantrasyonları içmesuyu dağıtım sistemlerinde genellikle online takip edilen parametre değildir. Bu durum lazım olduğunda veriye ulaşamama manasına geldiğinden, işletme personeli su kalitesini iyileştirmek için karar vermesi gerektiğinde zorlanabilmektedir. İzleme sistemi verileri, araştırmacıların ve operatörlerin içmesuyundaki dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumu ve bunların dağıtım sistemlerinden uzaklaştırılması konusunu daha iyi anlaması için oldukça faydalı olmaktadır. Bu makalede, su numunesinden doğrudan THM numunesi

alabilen silikon membran kullanan bir kılcal membran örnekleyici(CMS)sayesinde gaz kromatografa direkt tanıtılarak online izleme yapılabilmesine olanak sağlar. Kılcal membranlı gaz kromatograf (CMS-GC)'in kurulması, optimizasyon, işletme ve değerlendirmesi yapılmaktadır. Optimizasyon sonucunda bulma sınırı, hassalık, kesinlik ve doğrusalılık metotları gösterilmiştir. CMS-GC ile USEPA Method 502.2 metodlarından elde edilen sonuçlar yan yana karşılaştırılmıştır. CMS-GC metodunun her ne kadar USEPA metodunun yerini doldurmayacağı görülsede, içmesuyu dağıtım sistemlerinde THM'in online izlenmesinde büyük kolaylıklar sağladığı görülmektedir.

Cangir, B.T. ve arkadaşları [25] Ankara içme suyu dağıtım şebekesinde trihalometanların araştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Ankara içme suyu şebekesindeki trihalometan (THM) oluşumu incelenmiştir. 25 farklı semtten bir yıl boyunca toplanan çeşme suyu örneklerinde ve şehrin yaklaşık %80'ine su sağlayan İvedik İçme Suyu Arıtma Tesisi (İAT) çıkışından yaz mevsiminde alınan örneklerde toplam THM (TTHM) ve toplam organik karbon ölçümleri yapılmıştır. Yaz aylarında, ham sudaki ortalama uçurulamayan organik karbon (UOK) miktarı 4.2 mg/L bulunmuş ve arıtma tesisinde bunun %31'inin giderildiği saptanmıştır. Dağıtım şebekesindeki TTHM seviyesi kış, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde sırasıyla, 25-55 $\mu\text{g/L}$, 25-105 $\mu\text{g/L}$ ve 30-75 $\mu\text{g/L}$ aralıklarında seyretmiştir. Tüm örneklerde kloroform en yüksek seviyede tespit edilirken, bromoforma hemen hemen hiç rastlanmamıştır. Semtlerin hepsinde TTHM miktarları yaz aylarında en yüksek düzeye ulaşmıştır. Dağıtım şebekesindeki altı aylık ortalama değerlere bakıldığında, TTHM konsantrasyonlarının EPA 1. Kademe Limit Değeri (KLD1) olan 80 $\mu\text{g/L}$ 'den düşük olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, semtlerin %64'ünde TTHM seviyesi EPA 2. Kademe Limit Değeri (KLD2) olan 40 $\mu\text{g/L}$ 'nin üstünde seyretmektedir.

4.3 İçmesuyu Kalitesi Yönetimi

Weijun [26] tarafından Yeni Zellanda'nın Hamilton City şehrinin İçmesuyu Dağıtım Sisteminin Stratejik Planlaması yapılmıştır. Hamilton şehrinin mevcut su temin ve dağıtım sistemi 1970'lerin başında planlanmıştır. O zamandan günümüze şehrin su tüketimi yaklaşık iki katına çıkmıştır. Pik ihtiyaç debilerinde sistem buna cevap vermekte zorlanmaktadır. Bu sebeple stratejik plan hazırlanmasına karar verilmiştir.

İçmesuyu sistemin modellenmesinde kullanılan MIKE NET bu çalışma için de uygun görülmüştür. Kapsamlı bir modelleme sonucunda mevcut sistem tamamen değerlendirilmiş, iyileştirme için en gerekli malzemeler belirlenmiştir. Sonuç olarak en düşük maliyete en iyi sistem iyileştirmeleri belirlenmiştir. Tüm planlamalar 2020 yılı hedef seçilerek yapılmıştır. 20 yıllık periyotta 2 yeni rezervuar, 20 km yeni isale hattı ve pompa istasyonları önerilmiştir. Çalışmaların maliyeti 15 milyon Y.Zellanda Doları olarak tahmin edilmiştir. Stratejik olarak planlanan içmesuyu temin sisteminin 2020 proje ihtiyacını rahatlıkla karşılayacağı beklenmektedir.

İçmesuyu şebekelerinin gelecekteki ihtiyaca göre üretim, depolama ve taşıma sistemine adaptasyonu oldukça kompleks bir konudur. Master planın optimizasyonu için Ondeo Teknoloji Hizmetleri ve Araştırma Merkezi adına Odeh ve arkadaşları [27] tarafından uzun vadeli yatırımların maliyet minimizasyonu ve şebekenin işletme güvenliğini iyileştirmek amacıyla genel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu çalışma ile içmesuyu master planının yapılması ve güncellenmesi için çeşitli karar verme araçları önerilmektedir. Ayrıca nicel ve nitel risk indikatörlerinin farklı yatırım senaryoları için sınanması amacıyla geliştirilen yöntemler anlatılmaktadır. Bu makalede içmesuyu temini ve dağıtım sistemlerinin gelecekteki ihtiyacı karşılayabilmesi için Stratejik Gelişim Planlamasına ait karar verme yöntemleri anlatılmaktadır.

Gauthier ve arkadaşları [28] su kalitesinin iyileştirilmesi için su depolarının yönetimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Büyük bir Kuzey Amerika şehrinde içmesuyu dağıtım sisteminin bir bölgesinde bakiye klorun azalmasında oldukça göze çarpan sonuçlara ulaşılmış ve bu azalmanın dinamikleri üzerinde araştırma yapılmıştır. Bu bölgede işletme ile ilgili toplanan verilerden, akım ölçümlerinden ve EPANET hidrolik modelinden elde edilen sonuçlar korozyon partikülleri, boru içerisindeki birikintiler veya biyofilm tabakasının klor miktarının düşmesine sebep olmadığını göstermektedir. Tam aksine, bu dağıtım bölgesinin hidrolik koşulları (depo tasarımı ve pompa devirleri) bir depoda 5.6-7.9 gün arasında bekletme süreleri olduğunu göstermektedir. Bu da düşük bakiye klor miktarlarını açıklamaya tek başına yeterli olmaktadır. Sonuçların ayrıntılı analizleri göstermiştir ki bu bölgedeki hidrolik fonksiyon prensipleri bekletme sürelerini azaltacak şekilde iyi tarif edilmelidir. Bu çözümlerden iki tanesi sahada test edilmiş ve aynı oranda su yaşında azalma tespit

edilmiştir. Sonuç olarak bu bölgede yeniden bakiye klor miktarında artış sağlanmıştır.

Son yıllarda Avustralya'daki içmesuyu idareleri güvenilir ve kabul edilebilir kalitede içmesuyu temininde, kalite yönetimi ve risk yönetimi prensiplerini uygulamaktadır [29]. Bu prensipler kalite düzenleyici kuruluşlarca geliştirilmekte, Avustralya su endüstrisi sadece hazır bir şekilde içmesuyu yönetmelikleri, müşteri anlaşmaları, lisanslar ile yasal ve su kalitesi denetimlerini içeren uygun kalite yönetim sistemini kendi içmesuyu sistemlerine uygulamasını bu kuruluşlardan talep etmektedir. Bu çalışmada özellikle AS/NZS 4360 (Risk Yönetimi) ve gıda endüstrisi için geliştirilen Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) prensiplerinin uygulanması üzerine odaklanılmıştır. Bu makale, kalite yönetim sistemlerini içmesuyu yönetim sistemlerine uygularken dikkat edilmesi gereken önemli hususları değerlendirmektedir. Ayrıca su idarelerinin Risk Yönetimi Sistemleri ile İş Yönetimi Sistemlerini en iyi ne şekilde entegre edecekleri konusunda anahtar hususları da ortaya koymaktadır. İçmesuyu kalitesi yönetimi sistemlerine en uygun sistem olarak olarak görülen ISO9002 ve HACCP standartları açıklanmaktadır. Su idarelerince halihazırda kullanılan yönetim sistemlerinin ne şekilde değerlendirileceği ve iyileştirileceği de bu makalede ele alınmıştır. Sonuç olarak geliştirilecek yönetim sistemlerinin su idarelerinin mevcut İş Yönetimi Sistemleri, ISO9001, HACCP ve AS360 ilkeleri ve Avustralya İçmesuyu Yönetmeliği ile uyumlu olması önerilmektedir.

De Schaetzen ve arkadaşları [30] en kısa yol analizi, genetik ve entropi algoritmalarıyla model kalibrasyonu için optimal numune alma noktaları dizaynı konusunda çalışmışlardır. Hidrolik şebeke modellerinin şebeke hakkında tahminlerde kullanılmadan önce mutlaka sahadan toplanan verilerle kalibre edilmesi gereklidir. Saha testi için dağıtım sistemi üzerinde uygun yerlerin seçimi, numune alma tasarımı, sık sık subjektif kararlara dayanır. Oysa bu noktaların objektif kriterlere göre en uygun yerlerde seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Basınç izleme noktaları seçilerek üç farklı numune alma metodu uygulanmıştır. Böylece boru pürüzlülük katsayıları elde edilmiştir. İlk iki metot numune alma noktalarını en kısa yol algoritması mantığında sıralamaktadır. Üçüncü numune alma tasarım metodu Genetik algoritma kullanarak optimal izleme noktası sayısını bulmaya çalışır. Örnek

bir şebeke üzerinde farklı numune alma tasarım metotlarının uygulama sonuçları ve karşılaştırması makalede belirtilmiştir.

Burrows ve arkadaşları [31] içmesuyu dağıtım sistemlerinin yönetiminde ve işletilmesinde şebeke modellemenin kullanılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bölgesel ölçülen alanlar veya basınç bölgeleri, atıl bölgeler veya sızıntı bölgelerine eşdeğer 1000-5000 bina içeren alanlar oluşturularak dar bölge çalışması yapılmıştır. İngiltere’de bu tür sistemlerde debi girişleri ve basınçlar sürekli ve düzenli olarak izlenmektedir. Böylelikle aktif sızıntılar takip edilebilmektedir. Bu çalışmada veritabanını kullanan şebeke analizi ve raporlama metotları gösterilmekte, coğrafi bilgi sistemleri ile birlikte çalışan klasik şebeke(debi/basınç) modelleme çözümleri kullanılmaktadır. Basınç tahmininde tamamlayıcı regresyon tabanlı etki matrisi yaklaşımının uygulanması ortaya konulmaktadır. İşletme prosedürleri, günden güne içmesuyu dağıtım sistemlerinin operasyonel yönetimine daha büyük destek veren bilgi sistemlerine entegre olabilmesi için iyileştirilmektedir.

4.4 İçmesuyu Kalitesi İzleme ve Modelleme Çalışmaları

Özkoç ve Turan [32] tarafından Samsun içme ve kullanma suyunun arıtma tesisi ve şebeke boyunca kalite değişiminin incelenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla arıtma tesisinden ve yerleşimin yoğun olduğu merkez yerleşim bölgesinden 1998 yılında toplam 15 örnekleme noktası seçilmiştir. Belirlenen bu noktalarda pH, azot türevleri, toplam fosfor, fosfat, kalsiyum, magnezyum, demir analizlerinin yanı sıra, mikrobiyolojik olarak toplam-fekal koliform, fekal streptokok analizleri de yapılmıştır. Elde edilen değerler, ham su için Kıta içi Su Kaynakları Kalite Parametreleri, içme ve kullanma suyu için TS266 ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda arıtma tesisine giren ham suyun arıtım sürecinde ve devamında şebekede kalite değişimine uğradığı gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda kjehdahl azotu ve demir parametreleri standartların üzerinde olduğu bulunmuştur, içme suyundaki bu değişimin nedeni şebekenin yetersizliği, boru bağlantılarının doğru yapılmamış olması ve bu noktalarda borulardan içeriye kirleticilerin sızması ve şebekenin halen bazı caddelerde yenilenmemiş olması olabilir. Bu nedenle, daha geniş ölçekte çalışmalar başlatılması ve Samsun Kenti’nin mevcut altyapısının gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Uçaner ve Özdemir [33] genetik algoritmalar ile içme suyu şebekelerinde ek klorlama optimizasyonu üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. İçme suyu şebekelerinde klorlama genellikle su arıtma tesislerinde yapılmaktadır. Yapılan bu klorlama şebekenin belli bölgeleri veya uzak noktaları için yeterli olmayabilmektedir. Böyle durumlarda şebekeye bir veya birkaç ilave klorlama istasyonu kurulması ihtiyacı doğabilmektedir. Su ihtiyacı gün içerisinde devamlı, değişiklik gösterdiği için şebekenin hidrolik değerleri, tank su seviyeleri ve klor konsantrasyonları sürekli değişir. Bu nedenle klorlama istasyonu yer seçimi, klor dozlama ve düzeni eş zamanlı analiz edilmelidir. Bu çalışmada, ek klorlamanın yapılacağı yerler, klor miktarı ve düzeninin bulunmasında Genetik Algoritmalar kullanılmıştır. Şebekedeki hidrolik çözümler ve klor dağılımları EPANET hazır yazılımı ile elde edilmiştir. Problemin çözümü aşamasında Genetik Algoritmalar ile EPANET etkileşimli olarak çalıştırılmıştır. Geliştirilen algoritma, literatürdeki bir şebeke için kullanılmış, elde edilen sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırılmıştır.

Montiel ve Coutelan [34] Paris şehrinin içmesuyu dağıtım sisteminde izleme sistemi yardımıyla acil durum ve afet yönetimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Su idareleri için acil durumların yönetimi ve bunların gerçek zamanlı izlenmesi çok önemli bir konudur. İzleme sonucunda elde edilen bilgilerin uygun şekilde yönetimi hem bu bilgilerin optimizasyonunu hem de içmesuyu temini sistemini ilgilendiren oldukça fazla sayıda problemden kaçınmayı sağlar. 1992’de Sagep kurumuna Paris şehrinin gerçek zamanlı izleme sistemi ile donatılmış içmesuyu temini sisteminin işletme sorumluluğu verilmiştir. Bu sistem başlangıçta 1600 km içmesuyu hattı üzerinde günlük 650.000 m³ içmesuyunun gerçek zamanlı olarak izlemesinden oluşan 5000 adet izleme verisini işlemekteydi. 1996’da bilgi ve izleme sistemleri ile ölçüm cihazlarındaki hızlı gelişmeler bu projeye de yansıtıldı ve Sagep Scada sistemi modernize edildi. Bu durum Paris şehri su temini sistemi için, tesis yenileme, yeni algılayıcılar(sensor), süreçlerin izlenebilirliği ve su kalitesi ölçümündeki diğer gelişmelerin de zorunlu kıldığı anlık bilgi ile çalışmayı mümkün hale getirmiştir. Tüm bu gelişmeler gerçek zamanlı 17.500 bilgi ile entegrasyon ve yönetime imkan sağlamıştır. Optimal olarak işlenebilen bu büyüklükteki bir veri takımı acil durum yönetiminde de oldukça büyük kolaylık sağlamıştır. Acil durum yönetimi tanımlama, kalitelendirme ve işleme adımlarını içermektedir.

Lee ve Deininger [35] içmesuyu dağıtım sistemlerindeki izleme istasyonlarının optimal yerleşimi üzerine çalışma yapmışlardır. Güvenli İçmesuyu Kanununda içmesuyu dağıtım sistemlerindeki su kalitesi, sistemi temsil edecek noktalardan alınacak numunelerle tespit edilir denmesine rağmen numunenin nasıl alınacağı belirtilmemiştir. Bu araştırmada, genel bir konsept tanımı yapılarak, şebeke üzerinde izleme istasyonlarının nasıl yerleştirileceği tarif edilmiştir. İstasyonların en iyi yerleşimi kapsama alanını maksimize edecek şekilde olmasıdır. Bu problem tamsayı programlama şeklinde formüle edilmiş, kodları yazılarak çözülmüştür. Gerçek sistem üzerinde iki örnek gösterilmiştir.

Obradović [36] içmesuyu dağıtım sistemlerindeki su ihtiyacı ve kayıpları üzerine bir çalışma yapmıştır. Su endüstrisinde modelleme metotlarındaki hızlı gelişime rağmen, su dağıtım şebekelerinin modellenmesindeki gerçek ihtiyaçlar ve kayıpların nasıl belirleneceği gibi problemler hala çözülememiştir. Bu iki parametre de sistemdeki basınca bağlı olup, aralarındaki ilişki henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu makalede farklı öneriler tartışılmakta ve modelleme işlemlerinin nasıl iyileştirilebileceği gösterilmektedir. Pratik uygulamalardan bir örnek incelenmektedir. Bu örnekte bir model üzerinde, işletme personelinin yardımı ve geçmiş tecrübeler kullanılarak gerçek acil durum yönetiminin nasıl analiz edileceği tarif edilmektedir. Makalenin sonunda sonraki çalışmalara yol gösterecek birkaç öneri de yer almaktadır.

Munavalli ve Kumar [37] içmesuyu dağıtım sistemlerinde Modifiye Langrangian metodunu su kalitesi modelleme çalışması yapmışlardır. Daha önceki çalışmalar göstermiştir ki Langrangian metotları içmesuyu sisteminde kimyasalların taşınımının modellenmesinde oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Langrangian Zaman Eksenli(TDM) ve Olay Eksenli (EDM) metotları değişen konsantrasyon toleransı ve hesaplamalı su kalitesi zaman adımı açısından karşılaştırıldı. Langrangian metodunun doğruluğunu arttıran yeni karma bir metot geliştirildi. Bahsedilen tüm metotlar mevcut hidrolik simülasyon modelinde birleştirildi. Entegre model değişken şartlar altında farklı şebeke problemlerinde çalışacak hale getirildi. Karma metot noktadaki konsantrasyonları şebekenin max. segmentsasyon sayılarında hassas olarak benzeştirilebilmekte ve diğer Langrangian metotları ile karşılaştırıldığında makul sürelerde hesaplama yapabilmektedir.

Piriou ve arkadaşları [38] içmesuyu dağıtım sistemlerinde bakteriyolojik su kalitesinin modellenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. İçmesuyu dağıtım sistemlerindeki bakteriyel büyümenin modellenmesi sahada yapılan deneysel çalışmalarda karşılaşılan problemlerden dolayı farklı işletme koşulları altında ve pilot bir içmesuyu boru şebekesi kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak deneyler göstermiştir ki giriş bakteri sayısının biyofilm tabakası(organik besin maddeleri içeren) üzerindeki etkisi oldukça azdır. Biyofilm tabakasının uzaklaştırılmasının sudaki zaman içindeki net büyüme ile ilişkili askıdaki bakteri sayısının artmasına etkisi büyüktür. Tüm bu sonuçlar PICCOBIO isimli deterministik modelin geliştirilmesinde ve doğrulanmasında kullanılmıştır. Model simülasyonları kullanılarak bakteriyolojik dengenin sağlanması için bazı öneriler ortaya çıkarılmıştır.

Kastl ve arkadaşları [39] laboratuvar verileriyle içmesuyu sistemlerinde klor ve THM konsantrasyonlarının simülasyonu üzerine çalışmışlardır. İçmesuyu şebeke modellerine ait mevcut su kalitesi modülleri su kalitesini tahmin yetenekleri ve tipik su endüstrisi uygulamalarına uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Bu analizler sonunda uygulamada geniş çaplı, detaylı bir içmesuyu dağıtım sistemi su kalitesi modelinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Mevcut içmesuyu şebeke modelleri daha çok sistemin hidrolik özelliklerini simule etmektedir. Ancak içmesuyu dağıtım sistemlerinin işletilmesinde su kalitesinin öneminin artması ve arıtma tesislerinin belirli bir su kalitesi değerini sağlayabilmesi için gerekli ilk yatırım maliyetinin optimize edebilmesi amacıyla su kalitesinin de modellenmesi ihtiyacı hasıl olmuştur. Son gelişmeler neticesinde laboratuvar verileri ile serbest ve bağlı klorun çürümesi ve TTHMs oluşumu su kalitesi parametreleri olarak modellenabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan EPANET2.0 su kalitesi modeli klorun çürümesi ve TTHM oluşumunu daha gerçekçi ve maliyet açısından uygun modelleyecek şekilde genişletilmiştir.

EPANET2.0'nin bu genişletilmiş versiyonu saha kalibrasyonu gereksizdir sahadan alınmış klor numuneleri ile oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Su kalitesinin saha kalibrasyonu gereksizdir laboratuvar ölçümleri ile tahmin edilebilmesi maliyet açısından büyük faydalar sağlamaktadır. Ayrıca arıtma tesislerinin optimizasyonu vb. yeni uygulamalara imkan sağlamaktadır. Aynı yaklaşımla

planlanan bir su dağıtım sistemi için pilot tesiste karakterize edilen değişik arıtma opsiyonlarına göre su kalitesi tahmini yapmak mümkün olmaktadır.

Dukan ve arkadaşları [40] içmesuyu şebekelerindeki bakteriyolojik büyümenin dinamik modellenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. İçmesuyu dağıtım şebekelerinde organoleptik veya bakteriyolojik özelliklerin değiştirilmesi sonucu çeşitli biyolojik ve fiziko-kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. İçmesuyu artık ayrıştırılabilir çözülmüş organik bileşikler ihtiva edebilir. Bu bileşikler boru içerisinde besi zincirinin oluşmasına sebep olurlar. Bakteriyel biyokütleler klorlamanın etkisine en az maruz kaldıklarından, boruların iç yüzeylerinde gelişirler. Bu biyokütlelerin uzaklaştırılması suda bakteriyolojik çoğalmanın hızlanmasına sebep olur ve ayrıca istenmeyen metazoaların oluşmasına sebep olur.

Bu biyolojik gelişmelerle mücadele önleyici ve iyileştirici arıtmalar ile olur ve tüm bunlar model kullanılarak yapılabilir. Bu makale içmesuyu dağıtım sistemlerinde bakteriyolojik biyokütlelerin davranışlarını araştırmak, onların davranışlarını belirleyen ana parametreleri belirlemek(örn. Çözülmüş Organik Karbon), her bir boru için sıcaklık, bakiye klor, pH ve hidrolik şartları göstermek üzere bir model önerisi yapmaktadır. Model sonuçları, sıcaklık ve BDOC'nun eşik değerlerinin klor kullanımı olmaksızın şebekedeki bakteriyolojik biyokütleri doğal limitlerine ulaştırabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Munavalli ve Kumar [41] içmesuyu dağıtım sistemlerinde dinamik şartlar altında su kalitesi parametreleri üzerine araştırma yapmışlardır. Dağıtım sistemlerinde bakiye klor miktarı önemli bir konudur. Farklı boru geometrileri, dinamik akış şartları ve klorun değişken reaksiyon özellikleri içmesuyu sistemi boyunca klor miktarını tahmin etmeyi zorlaştırır. Boru içerisindeki ana su kütlelerinin bozulması deneysel olarak ölçülebilmeye karşın, cıvardaki biyokütle reaksiyonlarının kompleksliği sebebiyle ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçlarını kıyas etmek oldukça zordur. Bu makalede bahsedilen simülasyon-optimizasyon modeli, klorun bozulma modeli kalibrasyon prosesini oldukça kolaylaştıran bir araç sunmaktadır. Optimizasyon aracı Gauss-Newton tekniğiyle çözülen ağırlıklı en küçük kareler metoduna dayanmaktadır. Modelin gerçek hayattaki sistemler üzerine uygulanması ölçü noktalarının sayısı, kalitesi ve yeri parametrelerin tahmininde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Sadiq ve Rodriguez [42] Dempster-Shafer kanıtlama teorisi ile içmesuyu dağıtım sistemlerindeki su kalitesinin yorumlanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. İçmesuyu dağıtım sistemlerinde rutin olarak üretilen su kalitesi verilerinin kontrol ve izleme amaçları için yorumlanması su idaresi yöneticileri için oldukça karışık bir görevdir. Gerçekte, farklı su kalitesi göstergesi(fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik) verileri dağıtım sisteminin farklı noktalarında ve farklı zamanlarda üretilirler. Su kalitesinin anlaşılması ve yorumlanmasının iyileştirilmesi, verilerin toplanması ve birleştirilmesi metodolojilerinin kolaylaştırılması gereklidir. Bu makalede kanıtlama teorisi olarak da bilinen Dempster-Shafer teorisi su kalitesi verilerini yorumlamada potansiyel bir metodoloji olarak tanıtılmaktadır. Bu metodolojinin kavramsal tabanı ve uygulanma süreci iki uygulama ile anlatılmaktadır. Birinci uygulama konumsal su kalitesi verilerinin birleştirilmesi ile alakalıdır. İkinci uygulama ise izlenen anahtar parametrelere göre su kalitesi indeksinin geliştirilmesi ile alakalıdır. Makalenin yazarları elde edilen sonuçlara göre, kanıtlama teorisinin su kalitesi yönetiminde karar destek aracı olarak kullanılmasına katkısını ortaya koymaktadır.

4.5 İçmesuyu Dağıtım Sistemleri ve GIS Uygulamaları

OVAK a.s. Su İdaresi Ostrava şehri sınırlarındaki içmesuyu ve atıksu tesislerini işletmektedir. Coğrafi Bilgi Sisteminin çatısının oluşturulmasında (GIS) FRAMME, detaylı topolojik tabanlı içmesuyu dağıtım şebekesi modeli kurulmuştur. Gerekli veriler her bir objenin tekrar etmeyen kimlik no'suna sahip olduğu nokta ve boru segmentlerinden oluşan veritabanı tabloları şeklinde düzenlenmiştir. Müşteri bilgi sistemi ve faturalama sistemi STAS, her bir tüketici için su tüketim miktarları ve diğer bilgileri içermektedir. GIS ve Müşteri Bilgi Sistemi(MBS) arasında bir arayüz geliştirmek için, özel bir arayüz geliştirilmiştir. Bu şubeyolu boruları ile müşteri binası arasındaki bağlantıyı sağlar. Binaya ait obje kimlik adresi hem GIS hem de MBS veritabanlarında aynıdır. Projenin ana amacı mevcut bilgi sistemine hidrolik model uygulanması için gerekli teknoloji ve metodolojiyi geliştirmektedir. MIKE NET, GIS ve MBS geliştiricileri arasındaki yakın işbirliği sonucu GIS'ten otomatik veri transferi teknolojisi tasarlandı ve başarıyla test edildi. Böyle bir teknoloji hidrolik modellerin GIS ve MBS verilerini kullanarak hızlı ve kolay bir şekilde tasarımını ve güncellenmesini sağlar. Model sonuçlarının GIS ortamında gösterimi

GIS verilerine daha yüksek mantık eklemekte ve şebekenin davranışının anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır[43].

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde zamana bağlı olarak eskime/bozulma ve yeni rehabilitasyon ihtiyaçları araştırmacıları yeni arayışlara yönlendirmiştir. Bu amaçla performansa bağlı olarak dağıtım şebekesinin bir bölümünün yenilenmesi standart bir yöntem halini almıştır. Fakat gelişen teknoloji ile boruların içinin izlenerek problemler noktaların(korozyon delikleri vb.) tespiti mümkün hale gelmiştir. Poulton [44] makalesinde, dağıtım boru hatlarının içinde online izlemenin ne şekilde yapılabileceğini ve bunun mevcut tahmin modelleri ile nasıl entegre edilebileceğini ortaya koymaktadır. Böylelikle karar-destek sistemlerinin güçlendirilmesi öngörülmektedir. Bahsedilen entegrasyonun sağlanması için, konumsal ve sözel bilgiyi bir araya getirebilen Coğrafi Bilgi Sistemi-GIS teknolojisi kullanımı önerilmektedir.

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde su kalitesindeki bozulmalar gittikçe öncelikli araştırma konusu halini almaktadır. Jaeger ve arkadaşları [45], Caen içmesuyu dağıtım sistemindeki su kalitesi bozulmalarının değerlendirilmesi için entegre/bütünsel bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımın temel faydası, su idarelerinin yersel su kalite problemlerinin kaynaklarını anlama ve bunları dağıtım sisteminden uzaklaştırma noktasında katkıda bulunmaktır.

Garcia [46], karar vericiler için GIS ve uzaktan kontrol sistemlerinin entegrasyonu üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu makalede İtranet teknolojisi değişik tipteki teknik ve yönetsel bilgileri bir araya getiren bir portal olarak sunulmaktadır. Böylelikle mühendisler ve yöneticiler kolaylıkla bu bilgilere ulaşabilmekte ve analiz yapabilme imkanına kavuşmaktadır. Canal de Isabel II, Madrid'in bütün su işlerinden sorumlu şirketi bu yaklaşımla teknik ve yönetim sistemleri ile ilgili bütün kurumsal bilgileri İtranet sitesinde bir araya getirerek kullanıma sunmuştur. Böylelikle verimlilik artışı sağlanmıştır.

Cooper ve arkadaşları [47] tarafından 300 mm'den büyük içmesuyu hatlarının devre dışı kalma riskini tahmin etmek için ihtimal tabanlı model geliştirildi. Geçmişteki arızalardan ve belirli sayıdaki çevresel faktörlerden elde edilen veriler Thames Water'ın Londra Su temin bölgesindeki her bir isale hattı için arıza ihtimalini belirlemek için analiz edildi. Bu model, yardım operasyonları ve planlama

fonksiyonlarının icrası, yatırımların özelleştirilmesi, bakım ve servislerin iyileştirilmesinin optimizasyonu ve arıza frekanslarının azaltılması için proaktif planlamada kullanılabilir.

Adriaens ve arkadaşları [48] sürdürülebilir kullanma suyu temini için akıllı altyapı tesislerinin uluslararası araştırma ve teknoloji geliştirme ihtiyacı ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Problemi şu şekilde tarif etmişlerdir: Evsel ve endüstriyel kirliliğin artması sonucu dere, göl gibi alıcı ortamlardaki su kalitesinde önemli bozulmalar meydana gelmiştir. Dünyadaki her türlü ekonomik gelişmişlik seviyesine göre insan sağlığı üzerine duyulan endişeler ve içmesuyu ihtiyacının karşılanmasının sürdürülebilirliğine bağlı olarak endişeler artmaktadır. Bu durum, değişken özellikteki kirlenici kaynakların ucuz ve yenilikçi çevresel algılanma ve interaktif izleme sistemlerine ihtiyacı artırmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere gelişmeleri tartışmak üzere bir panel(roundtable) düzenlenmiştir. Panel sonuçları olarak: Coğrafi bilgi sistemi tabanlı uzaktan algılama görüntülerinin analizi, yer altı ve yüzeysel suların hidrolojik değişimleri, su temin kaynaklarının değerlendirilmesine olanak sağlayan su kalitesi verileriyle Online veya offline nokta ölçümlerinden elde edilen bilgilerin entegrasyonu bir konudur. Yeni bilgi teknolojisi sayesinde, i) mikrobiyolojik ve kimyasal kirlenmenin yaygın olarak algılanabilmesi ii) geniş alanda uygulamaya özel, altyapı ile uyumlu arıtma sistemlerinin kurulması iii) izleme verileri ile GIS tabakalarının geo istatistiksel entegrasyonu iv) dağıtım sistemlerinde hızlı mikrobiyolojik ve kimyasal büyümenin sistem analizi mümkün olabilmektedir. *Etki:* Bu operasyonel çerçeve ekonomik ve kamu sağlığı faydalarını maksimize ederken teknolojinin de uygulanmasını amaçlamaktadır. Panelin sonucunda bilgi teknolojisi tabanlı altyapı geliştirilmesi, süreçlerin ve konumsal analizlerin entegrasyonu, öğrenciler, işletmeciler ve mevzuat oluşturucular için eğitim platformlarının oluşturulması kararları ön plana çıkmıştır.

Cech ve Montera [49] Coğrafi Bilgi Sistemi ile içmesuyu sistemlerindeki alüminyum konsantrasyonlarının konumsal değişimleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. alüminyum sülfat(alum) su arıtma tesislerinde pıhtılaştırıcı madde(koagülant) olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Alüminyumun bir miktarı filtrasyondan geçse dahi sulara halen varlığını korumaktadır. Ancak kullanıcıların musluğuna ulaşan bakiye alüminyum konsantrasyonlarının miktarını tahmin etmek için güvenilir veriler mevcut değildir. Amerika, Kanada, Avrupa ve Japonya'da yapılan musluk

sularındaki alüminyum üzerine yapılan çalışmalarda sinir sistemi bozuklukları vb. çeşitli sağlık problemler oluşturduğu saptanmıştır. Bu sebeple içmesuyu dağıtım sistemlerinde alüminyum miktarının minimize edilmesi büyük önem taşımaktadır. Teksas'ın Harison kasabasında birden fazla su kaynağı ve arıtma tekniği kullanılmasından dolayı tanımlanan bir bölgede musluk suyundaki alüminyum konsantrasyonlarının konumsal olarak takibi imkanı oluşmuştur. Numune ölçüm sonuçlarının istatistik analizleri, GIS haritalarıyla birleştirilerek 0-530 µg/l toplam alüminyum değişim aralığı gösterilmiştir. Pik konsantrasyonlar alum ile arıtılmış sularda 200 µg/l'yi 2.5 kat aşmaktadır. Alum uygulanmış sularda ortalama konsantrasyonlar ise ham sudaki değerlerin(yüzeysel veya yeraltı suyu olduğuna bakılmaksızın) 5 katına varan oranlarda daha fazladır. Aynı zamanda farklı bir koagülant(demir klorür) kullanılarak arıtılmış sularda da benzer şekilde alüminyum konsantrasyonları yüksek çıkmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda bakiye alüminyum miktarlarını azaltacak çalışmaların yapılmasının gerekliliğine vurgu yapılmaktadır.

Kistemann ve arkadaşları [50] mikrobiyal risk değerlendirmesinde bulunabilmek için içmesuyu tesislerinin GIS tabanlı analizi üzerine çalışmışlardır. Su ile ilgili bulaşıcı hastalıklar tüm dünyada önemli bir sağlık riski oluşturmaktadır. Su kaynaklı hastalıkların Mikrobiyal Risk Değerlendirmesi için birtakım araçlar tüm içmesuyu yönetim sistemini kapsamalı ve tüm içmesuyu sistemini yansıtan özel Kritik Kontrol Noktalarının(CCPs seçimine yardımcı olan) Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) kavramını dikkate almalıdır. Ren-Berg Bölgesinde (Kuzey Ren-Westphalia, Almanya) su temini tesisleri ile ilgili bir Coğrafi Bilgi Sistemi çalışması yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada HYGRIS(Hidroloji Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi) ve TEIS(İçmesuyu kayıt ve bilgi sistemi) su veritabanlarının geliştirilen WSS-GIS modülüne uygunluğu gösterilmektedir. Ham su ve içmesuyu verileri ile ilgili konumsal bazı özellikler, GIS ortamında kolaylıkla gösterilebilmektedir. WSS-GIS uygulaması hızlı bir görselleştirme ve içmesuyu tesislerinin analizine imkan vermekte ve ham su ve içmesuyunda mikrobiyolojik kirlenmenin izlenmesinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca su sisteminde her türlü boru kırılması ve acil durumların anlaşılması ve araştırılmasında büyük kolaylık sağlar. Sağlığın korunması ve bunların raporlanması ile ilgili isteklerin artması, daha iyi acil durum (boru arızası, kırılması) yönetimi isteği ve küresel iklim değişikliklerinin su ile

ilişkili sağlık etkileri gibi konular konumsal analizleri içeren metotlarla çözülebilecek gelecekteki su yönetimi ile ilgili temel konular olacaktır.

İçmesuyu tesisleri (havza, alt havzalar, arıtma, dezenfeksiyon, dağıtım şebekesi), musluk suyunu kullanan nüfus ve yönetim organizasyonu bilgilerini içeren bir takım GIS modülleri MRA, acil durum yönetimi ve salgın hastalıkların önlenmesi yapılan çalışmalar için oldukça faydalı bir taban oluşturur. GIS destekli çalışmalarda çok daha fazla konumsal analiz(toplanma, tampon, katman analizleri) içeren uygulamalar geliştirilebilir.

4.6 Benzer GIS ve Karar Destek Sistemi Çalışmaları

Japonya'nın Hakata körfezi içmesuyu havzasında Eom ve Kusuda [51] tarafından yerleşime açılmış su havzalarındaki su kıtlığı dönemlerinde oluşan zararların azaltılması için çeşitli su temini alternatifleri detayları ile ortaya konulmuş ve konu sırasıyla maliyet, harcanan toplam enerji (LCE) ve zararlar açısından değerlendirilmiştir. Potansiyel su kaynaklarının tahmininde yeni geliştirilen stokastik yağış modeli ve kurulan GIS veritabanları kullanılmıştır. Bu sonuçlara dayalı olarak, yağışın az olması durumunda maliyet, enerji ve zarar parametrelerini minimize etmek için birkaç geri dönüş periyoduna göre havzadaki su temini alternatifleri seçilmiştir. Seçilen su temini alternatifleri evlerde tekrar kullanım, yeraltı suları, geri kazanılan su ve deniz suyunun tuzsuzlaştırılması ile elde edilen sudur. Su temini açısından su kıtlığına sebep olan üç önemli faktör depolardaki su miktarı, yıllık yağış ve yıllık yağış modelleri olarak ortaya konulmaktadır. Sonuç olarak, su kıtlığı çekilen dönemlerde oluşan zararların istatistiksel dağılımına dayalı olarak, su sıkıntısı çekmemek için yeni bir planlama metodu geliştirilmiştir.

Ostfeld ve Pries [52] Kinneret gölü havzasında yüzeysel akış ve kirletici taşınımının tahmininde kullanılan GIS tabanlı hidrolik model geliştirme çalışmaları yürütmektedir. Önerilen model alt havzalarda yağış ve akışa geçen suyun miktarı ve kalitesi hakkında hidrolojik giriş-çıkış üzerine bina edilmiştir. Model aynı zamanda GIS veritabanı kullanılmaktadır.

GIS tabanlı Master Planlar, klasik Su Kaynakları Master Planı ile karşılaştırıldıklarında güncelleme, hesaplama ve konumsal işlemlerdeki esnekliği açısından çok daha yüksek bir performans sunmaktadır. Tunus'ta dinamik bir master

plan, konumsal ve ilişkisel veritabanı kullanarak, mevcut ve gelecekteki su kaynakları ve taleplerini konumsal olarak dağıtılmış su dengeleme modeli vasıtasıyla çözebilmektedir. Dengelemelerle değişik giriş parametrelerine göre su miktarı ve kalitesi değerleri hesaplanabilmektedir. GIS kullanıldığında dengeleme birimleri herhangi büyüklükte ve şekilde olabilmektedir. İstatistiksel metotları kullanarak gelecekteki su miktarı ve su ihtiyacı uzun dönemli planlar şeklinde tahmin edilebilmektedir. Farklı gelişim senaryoları ortaya konulabilmektedir. Ayrıca genel GIS fonksiyonları kullanılarak sonuçlar tematik haritalar ve grafiklerle görselleştirilebilmektedir. Kullanıcılar sunulan farklı planlama alternatifleri ile su kaynakları yönetim sistemi bünyesinde hassas bölgeleri belirleyebilmektedir. Gelecekte su kıtlığı yaşanmaması için değişik su kaynakları yönetim stratejileri geliştirilebilmektedir [53].

Tuthill Jr. ve arkadaşları [54] su kaynaklarının yönetiminde GIS teknolojisinin nasıl kullanılacağını ortaya koymaktadır. Idaho eyaleti birçok havzada yetersiz su kaynaklarına sahiptir. Bu durum su haklarının yönetiminde oldukça karmaşık bir sistem ortaya çıkarmıştır. Su haklarının yönetimi tarihsel olarak kağıt kayıtlarına bağlı olarak yapılmaktaydı. 1970'lerde çeşitli haritalama teknikleri ile çalışan tablosal, tescilli bir veritabanı geliştirildi. İşletme yöneticileri Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (GIS) gelişmesi ile birlikte artık karar verme süreçlerinde konumsal verileri kullanabilmektedir.

Mailhot ve arkadaşları [55] GIBSI, yüzeysel su kalitesinin havza tabanlı entegre yönetim sistemi geliştirmişlerdir. Konumsal tabanlı bu karar-destek sistemi ,su kaynakları profesyonelleri ile karar vericilere uygun olarak tasarlanmıştır. Bu entegre sistem matematik modeller, GIS ve veritabanı yönetim sisteminden oluşmaktadır. Basit bir senaryo yaklaşımı ile alternatif evsel, endüstriyel ve tarımsal yönetim uygulamalarının yüzeysel su kalitesi üzerine etkileri araştırılmaktadır. Sonuçların yorumlanması farklı yönetim senaryolarının kıyaslanması ile yapılmaktadır.

Güney Afrika'da Crocodile nehri havzasında su kalitesi yönetimi, havza için hayati bir kaynak yönetimi stratejisidir. Havza karakteristikleri ve arazi kullanımlarının gösterimi için coğrafi bilgi sistemi-GIS kullanılmıştır. GIS tabaka(overlay) analizleri ile, arazi kullanımının yüzeysel su kaynağı üzerine etkilerini ve kalite yönetimi çalışmalarının kaynaktaki su kalitesini ne şekilde etkileyeceğini ortaya koyabilmektedir. Herbir su kullanıcısı grubun su kalitesi ihtiyaçları, optimizasyon

amacıyla özel su kalitesi problemlerinin rasyonel yönetim çözümlerinin seçimine entegre edilmiştir. Farklı su temini senaryolarının değerlendirilmesi için su kalite verilerinin zaman-serisi ve sebep-sonuç ilişkileri kullanılmıştır. GIS entegre havza yönetimi için gerekli çok sayıda konumsal verinin bir araya toplanması, işlenmesi ve yorumlanmasında kullanılmıştır [56].

Günümüzde bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçları, su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu amaçla son yıllarda dünya çapında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Su kaynakları açısından kritik bir jeopolitik konumda bulunan ve su kaynaklarının geliştirilmesi için gerek orta gerekse büyük çaplı bir çok projenin yürütüldüğü ve geleceğe yönelik olarak planlandığı ülkemizde de bu tür çalışmalarda CBS kullanımı giderek önem kazanmakta ve yaygınlaşmaktadır. Ancak bu çalışmaları destekleyecek ve kolaylaştıracak, yerel koşullara uygun, yüksek nitelikli ve kolay ulaşılabilir hidrolojik veri takımlarının halen mevcut bulunmaması önemli bir eksiklik olarak dikkat çekmektedir. Benzer şekilde böylesi veri takımlarını altlık olarak kullanarak, mevcut su kalitesi, akım gözlem, vb. hidrolojik ve çevresel veriler üzerinde gerek temel gerekse ileri seviyede analiz imkanları sunacak yerel analiz araçları da halihazırda mevcut bulunmamaktadır. Bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) tarafından toplanmakta olan su kalitesi verilerine CBS ortamında ulaşılabilmesini ve bu veriler üzerinde istatistiksel analizler yapılabilmesini sağlayan bir uygulama geliştirilmiştir. ArcView 3.2 ortamında AVENUE programlama dili kullanılarak geliştirilen uygulama mevcut verilerin yapısı ile uyumlu bir veri tabanı, veri tabanındaki verilere kolay ulaşım sağlayan grafik kullanıcı arabirimi, ve coğrafi analiz araçlarından oluşmaktadır. Uygulama sayesinde su kalitesi gözlem istasyonlarına ait genel bilgilere ulaşılabilmekte, aylık su kalitesi ölçümleri gerek tablo gerekse grafik olarak elde edilebilmekte, bu veriler üzerinde istatistiksel analizler yapılabilmekte ve çeşitli kriterlere göre su kalitesine yönelik tematik haritalar oluşturulabilmektedir. Uygulama ayrıca kullanıcı tarafından veri girişini kolaylaştıracak araçlar da içermektedir [57].

Schreiner ve arkadaşları [58] CD üzerinde www linkleri içeren bir bilgi sisteminin modellenmesi üzerine çalışmışlardır. Açık değerlendirmelerin yapılabilmesi ve diğer çalışmalarda kullanılan modeller ve bu modeller hakkında bilgi verebilmek için bir açık modeller kütüphanesi ve entegre model değerlendirme sistemi geliştirilmiştir. (EMD/IMES) Sanal bir kütüphane ortamı oluşturularak, burada modeller ve ilgili dokümanları, bir model seçme sistemi, ve bu modellerin kullanımıyla ilgili bilgiler burada sunulmaktadır. Sanal model kütüphanesinin ve entegre model değerlendirme sisteminin son versiyonları, karma bir CD-ROM ve www linkleri ile yayınlanarak model kodlarının ve dokümanlarının daha kolayca ve etkili bir biçimde yayılmasını ve güncellenmesi sağlanmıştır. Bu CD açık değerlendirme modellerinde kullanılabilecek 100’fazla modeli ihtiva etmektedir. Model alt dosyaları, yazılım kodunu, örnek giriş ve çıkış dosyalarını ve bazı durumlarda elektronik formatla model dokümanlarını tutmaktadır. Bu CD-ROM’da tutulan bütün modeller kamu mülkiyetindedir. CD ayrıca entegre model değerlendirme sistemi ve uygun model seçimiyle ilgili bilgi, destek ve arazi uygulamalarıyla model onaylaması hakkında bilgi vermektedir. MS-DOS ve HTML ara yüzü EMDS ve model dosyalarına daha kolay erişim için dahil edilmiştir. Modellerin çoğu için www linkleri ayrıca verilmiştir.

4.7 Literatür İncelemesi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Literatür incelemesi tez çalışmasının bilimsel çalışmalar arasındaki yerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. İnceleme sonuçlarına göre Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı Su Kalitesi Yönetimi çalışmalarının bilimsel literatüre yeni yeni girmekte olduğu görülmektedir.

İçmesuyu dağıtım sistemlerinin işletilmesi ile ilgili makalelerde araştırmacılar, kayıpların temel sebepleri olarak genelde eskiyen boruları, hatalı boru birleşimlerini ve bina bağlantılarını göstermektedir. Boru kırık ve arızalarının ise daha çok korozyon, boru yataklama malzemesinin erozyonu, aşırı yükler ve sıcaklık etkileri sonucu olduğunu ortaya koymuşlardır. Sızıntı ve boru arızaları sonucunda arıtılmış sular kayıp olmakta, ters basınçtan dolayı su kalitesinde bozulma olmakta, hizmet aksamakta, yollar, kaldırımlar ve çeşitli tesisler zarar görmekte, sonuç olarak yüksek tamir ve bakım maliyetleri ortaya çıkmaktadır. GIS teknolojisi içmesuyu dağıtım sistemini analiz etmede kullanılmaktadır. GIS modellemesinin sonucunda geçmişte

arıza yaşanan noktalarda arızaların gelecekte de yüksek oranda devam ettiği görülmüştür. Sıcaklığın boru arızalarında önemli bir faktör olmadığı görülmüştür. Korozyon boru arızalarında en belirleyici faktör olarak tesbit edilmiştir.

Türkiye’de ULAKBİM veritabanında yapılan taramada dağıtım şebekelerinde su kalitesinin izlenmesi ile ilgili birtakım çalışmalar tespit edilmiştir. Samsun’da arıtma tesisi ve şebeke boyunca kalite değişiminin incelenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla arıtma tesisinden ve yerleşimin yoğun olduğu merkez yerleşim bölgesinde belirlenen noktalarda pH, azot türevleri, toplam fosfor, fosfat, kalsiyum, magnezyum, demir analizlerinin yanı sıra, mikrobiyolojik olarak toplam-fekal koliform, fekal streptokok analizleri yapılmış, sonuçlar değerlendirilmiştir. Yine İstanbul ve Ankara’nın içmesuyu sisteminde THM parametresinin izlenmesi maksadıyla su kalitesi çalışmaları yapılmıştır. Fakat bu çalışmalarda bilgi teknolojisi tabanlı bir sürekli ve düzenli izleme sistemi eksikliği söz konusudur.

Hidrolik modeller, GIS ve Müşteri Bilgi Sistemi(MBS) geliştiricileri arasındaki yakın işbirliği sonucu GIS’ten otomatik veri transferi teknolojisi tasarlanmış ve başarıyla test edilmiştir. Böyle bir teknoloji Hidrolik modellerin GIS ve MBS verilerini kullanarak hızlı ve kolay bir şekilde tasarımını ve güncellenmesini sağlayabilmektedir. Model sonuçlarının GIS ortamında gösterimi GIS verilerine daha yüksek mantık eklemekte ve şebekenin davranışının anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.

İncelenen makalelerde dünyada yapılan içmesuyu kalitesi izleme çalışmalarında GIS teknolojisinin bazı uygulamalarda oldukça etkin olarak kullanıldığını görülmektedir. Thomas Kistemann (Almanya) ve arkadaşları mikrobiyal risk değerlendirmesinde bulunabilmek için içmesuyu tesislerinin GIS tabanlı analizi üzerine çalışmışlardır. Ham su ve içmesuyu verileri ile ilgili konumsal bazı özellikler, GIS ortamında kolaylıkla gösterilebilmektedir. GIS uygulaması hızlı bir görselleştirme ve içmesuyu tesislerinin analizine imkan vermekte ve ham su ve içmesuyunda mikrobiyolojik kirlenmenin izlenmesinde büyük üstünlükler sağlamaktadır. Ayrıca su sisteminde her türlü boru kırılması ve acil durumların anlaşılması ve araştırılmasında büyük kolaylık sağlar. Sağlığın korunması ve bunların raporlanması ile ilgili isteklerin artması, daha iyi acil durum (boru arızası, kırılması) yönetimi isteği ve küresel iklim değişikliklerinin su ile ilişkili sağlık etkileri gibi konular konumsal analizleri içeren metotlarla çözülebilecek gelecekteki su yönetimi ile ilgili temel konular olacaktır.

Son yıllarda Su Kalitesi Yönetiminde Toplam Kalite Yönetimi ilkeleri adaptasyonları oldukça ön plana çıkmaktadır. Bu konuda en ileri mevzuatı geliştiren ülkelerden biri olan Avustralya'daki içmesuyu idareleri güvenilir ve kabul edilebilir kalitede içmesuyu temininde, kalite yönetimi ve risk yönetimi prensiplerini uygulamaktadır. Geliştirilen yönetim sistemleri su idarelerinin mevcut İş Yönetimi Sistemleri, ISO9001, HACCP ve AS360 ilkeleri ve Avustralya İçmesuyu Yönetmeliği ile uyumlu olacak şekilde uyarlamalar yapılmaktadır [29].

İçmesuyu sistemlerinin ve su kalitesinin yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı uygulamalar ve çalışmalar gittikçe daha yaygın hale gelmektedir. Böylelikle konumsal değişimler rahatlıkla izlenebilmekte ve değerlendirilebilmektedir. Konuyla ilgili literatür incelendiğinde CBS, Hidrolik ve Su Kalitesi Modelleri ile Müşteri Bilgi Sistemi entegrasyonunu içeren çalışmaların ön plana çıkacağı öngörülmektedir.

5. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİM SİSTEMİ VE UYGULAMASI

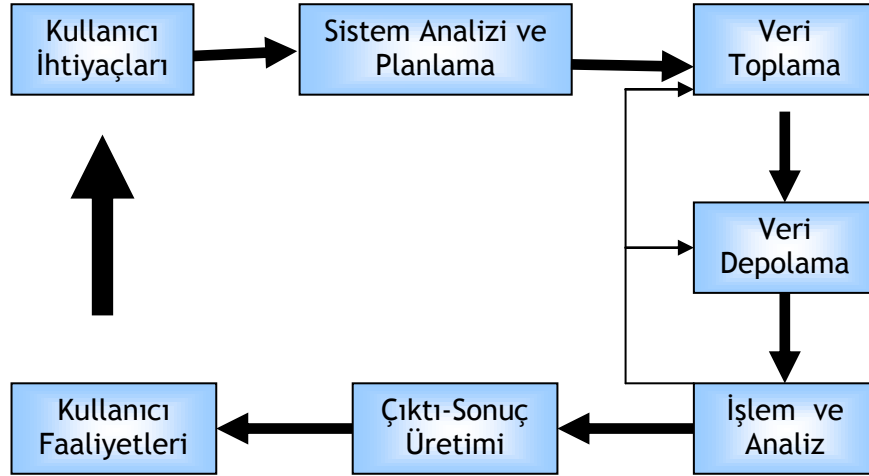
5.1 Karar Destek Sistemi Tasarımı

Su Kalitesi Yönetiminde ideal tasarım, içmesuyu kaynağından musluğa kadar bütün süreçlerin dikkatle izlenmesi (monitoring) ile yapılabilmektedir. Tüm süreçleri izleyebilmek konumsal çalışmayı da beraberinde getirmekte ve sistemin Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı olarak oluşturulması gerekmektedir. Su Kalitesi Yönetim Sisteminin ana omurgasını “Su Kalitesi Yönetimi Ana Planı” oluştururken, CBS tabanlı “Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi” de bu ana planın merkezinde yer almaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Su Kalitesi Yönetim Sistemi Genel Çerçevesi

Bilgi sistemlerinin genel akış şeması Şekil 5.2’de verilmiştir [14]. Bu şemaya göre kullanıcıların ihtiyaçları sistem tasarımında ana belirleyici olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistem analizi ve planlama neticesinde tasarlanacak bilgi sistemine ait harita ve tablosal bilgiler ayrı ayrı toplanmaktadır. Farklı işlem ve analizlere tabi tutulan veriler kullanıcı faaliyetleri için hazır çıktı ve sonuçlar olarak sunulmaktadır.

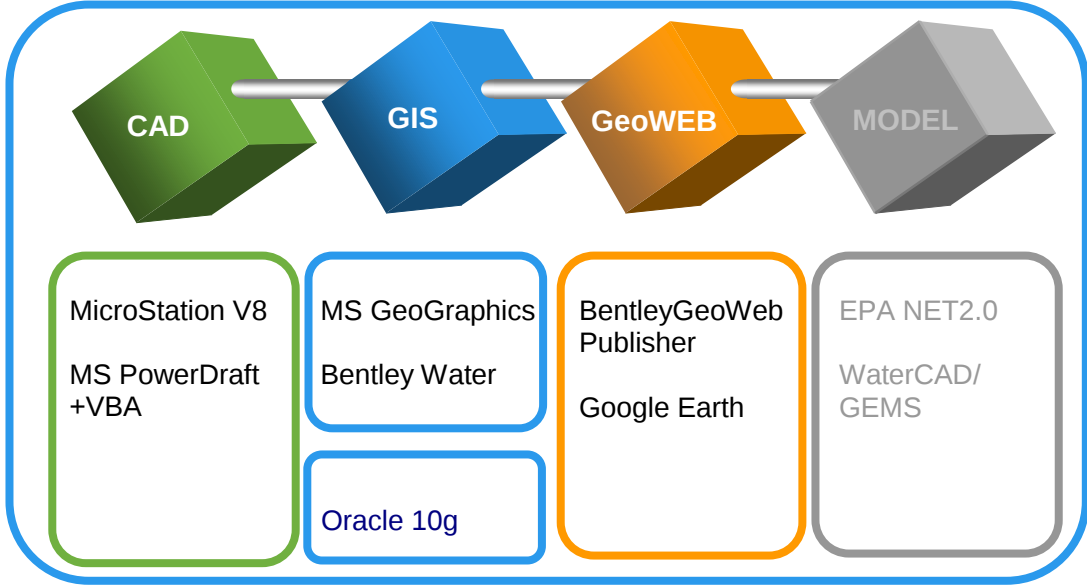


Şekil 5.2 : Bilgi Sistemleri İçin Genel Akış Şeması

Tasarlanan bilgi sisteminde temel hedeflerden bir tanesi kullanıcıların belirli yetkilerle bilgiye erişiminin sağlanmasıdır. Üretilen bilgilerin kişisel bilgi olmaktan çıkarak *kurumun bilgisi* haline dönüştürülmesidir. İlave olarak su kalitesi yönetiminde kamunun bilinçlendirilmesi hedefine uygun olarak internette yayın yapabilecek web tabanlı teknolojilerin kullanılması öngörülmektedir.

Bu tez kapsamında geliştirilen sistem; CAD, GIS ve GeoWEB ortamlarının birlikte çalışabileceği oldukça esnek ve fonksiyonel şekilde tasarlanmıştır. Sistemin ana felsefesi bilgiyi “*Bir kez sistematik şekilde üret, sürekli yayınla, karar verirken kullan*” şeklinde özetlenebilen optimizasyon düşüncesidir. Oluşturulan sistem kurumsal bir çözümü hedeflemekte olup, diğer sistemler ve modüllerle tam entegrasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Geliştirilen sistemin altyapısında kullanılan yazılım teknolojileri Şekil 5.3’te gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : İçmesuyu Kalitesi Yönetiminde İzleme Bilgi Sistemi Teknolojine Ait Tasarımı

Mevcut harita altlıklarının çoğunun CAD ortamında üretilmesi, bu altlıkların pratik ve yaygın kullanım ortamı olarak kullanılması sebebiyle CAD teknolojisinin, oluşturulan sistemde kullanılması tercih edilmiştir. Halihazır haritalar, altyapı tesisleri gibi vektör ve uydu görüntüsü, ortofotolar gibi raster harita altlıklarının sistemi tamamlayıcı olarak kullanılması tasarlanmıştır.

Grafik verilerin veritabanı bağlantılarının yapılabilmesi için CAD tabanlı bir CBS(GIS) yazılımı seçilmiştir. Bu arada içmesuyu sisteminin kural tabanlı olarak harita ortamına aktarılabilirdiği bir CBS yazılımı da sisteme dahil edilmiştir. Veritabanı olarak kurumdaki diğer veritabanları(YBS, MBS gibi) ile uyumlu olan bir yazılım tercih edilmiştir.

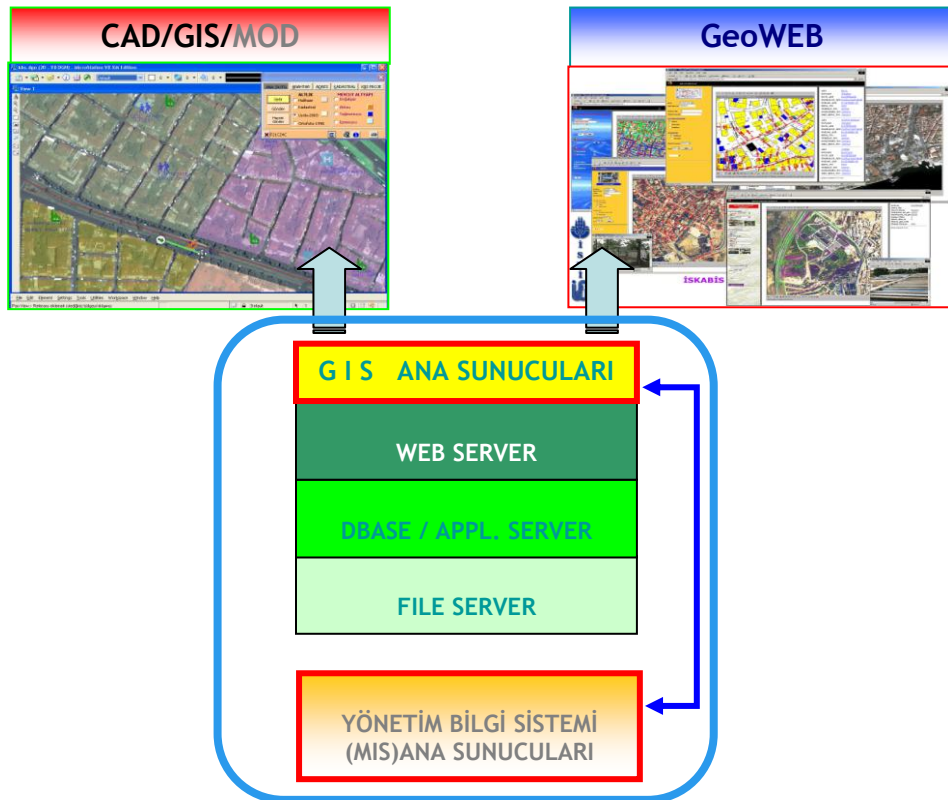
Kullanıcıların üretilen bilgi ve analizlere hızlı erişimi ve kullanım kolaylığı açısından konumsal tabanlı çalışabilen GeoWEB ortamı sisteme entegre edilmiştir.

Günümüzde hidrolik ve su kalitesi modellemeleri ile simülasyonlarını kolaylıkla yapabilen yazılım teknolojileri mevcuttur. Ancak geliştirilen sistemde bu yazılım teknolojileri aktif olarak kullanılmamaktadır. Bu teknolojiler geldiği nokta itibari ile CAD ve GIS teknolojilerini içermekte, dolayısıyla çok daha sade fakat güçlü bir yapı sunmaktadır. Tasarlanan sistemin bu teknolojiye açık (bilgi alışverişi olan) olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Konumsal-grafik bilgileri de kendi içinde tutabilen veritabanlarının (Geodatabase) kullanılması ile üst düzey sistem tasarımı da mümkün olabilmektedir.

Sistem tasarlanırken kurum veya kuruluşun donanım ve yazılım kaynakları altyapısı göz önüne alınmalı, fayda/maliyet analizi yapılarak en uygun sistem tercih edilmelidir. İstenilen küçük ve az kullanıcıli sistemlerde kurumun imkanlarına göre gerektiğinde veritabanı olarak spreadsheet (MS Excel), grafik ortam olarak herhangi bir CAD yazılımı kullanılarak sistem tasarımı yapılabilmektedir. Ancak büyük ve çok kullanıcıli sistemlerde, diğer sistemlerle (Yönetim Bilgi Sistemi) tam otomasyon da söz konusu olduğundan daha gelişmiş tasarımlar gerekli olmaktadır.

Sistem tasarımında kullanıcı sayısının fazlalığı yayınlama ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Sistemin tüm ilgili kullanıcılara belirli yetkilerle açılması önem taşımaktadır. Burada hızlı erişim ve kolay kullanım dikkat edilecek hususlardır. Ana sunucular olarak Dosya Tabanlı Sunucu (File Server) ve Web Sunucusu seçilmiştir. Yönetim Bilgi Sistemi sunucuları da CBS sunucuları ile birlikte çalışan ve su kalitesi ölçüm verileri ve adres bilgilerinin tutulduğu ortam olarak sistem tasarımında yer almaktadır (Şekil 5.4). Kullanıcıların CAD/GIS ve GeoWeb ortamlarından sisteme ulaşmaları ve sistem üzerinde çalışmaları tasarlanmıştır.



Şekil 5.4 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Yayınlama Tasarımı

Kısıtlı analizler ve çıkış almanın yeterli olduğu kullanıcılar için GeoWeb ortamı yeterli olurken, detaylı analizler ve diğer modüllerle entegrasyon isteyen kullanıcıların CAD/GIS ortamını kullanması uygun olacaktır. Sistem yöneticileri sistem altyapısı, güvenlik ve ihtiyaç durumuna göre kullanıcılara bilgilere erişim çözümü önereceklerdir.

Tasarlanan sistemin temel amacı, tanımlanan sisteme tüm “giriş”leri (su kalitesi verileri, konum ve zaman bilgileri gibi) Coğrafi bilgi sistemi platformunda belirli işlemlere ve analizlere tabi tutarak anlamlı “sonuç”lar elde etmektir. Diğer bir deyişle bilgiye dayalı kararların üretildiği Su Kalitesi Yönetim sistemi ortaya koymaktır.

Su kalitesi yönetim sisteminin temel bileşenleri Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5 : Su Kalitesi Yönetim Sisteminin Temel Bileşenleri

5.2 İçmesuyu İzleme Bilgi Sistemi Tasarımı

Su Kalitesi Yönetimi sisteminin merkezinde CBS tabanlı Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi yer almaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Tasarımı

Coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi tasarımında içmesuyu sistem analizini takiben Veritabanı, Grafik Ortam ve Yayınlama tasarımları yapılmaktadır.

İçmesuyu sistem analizi, içmesuyu sistemini meydana getiren su kaynağı, arıtma tesisleri, isale hatları, depo, terfi merkezleri ve dağıtım şebekesi elemanlarının her birinin kapasite, kullanım, kalite vb. parametrelerinin detaylı incelenmesi suretiyle ortaya konulmaktadır.

5.2.1 Veritabanı (Database) Tasarımı

Coğrafi Bilgi Sistemi tasarımında her bir projeye ait veritabanı içinde çok sayıda tablo tanımlanmaktadır. Bu tabloların raporlama vb. bir amaç için bütünleşmeleri zorunlu hale gelmektedir. Bu bütünleşme veritabanının içindeki tablolar arasında kurulan ilişkilerle sağlanmaktadır.

İlişkisel veritabanında tablolar arasında ilişki kurularak anlamlı verilere kolayca erişilmesi hedeflenmiştir. Tablolar arasında verileri bağlamak için üç tür ilişki tasarlanmış olup bu ilişki biçimleri şunlardır:

Bir-e-Bir ilişki, Bir-e-Çok ilişki, Çok-a-Çok İlişki

Aralarında bir-e-çok ilişki bulunan iki tabloda, ana tabloda yer almayan bir kayda (ana anahtara sahip) alt tabloda bilgi girilmesi (yabancı anahtara sahip) alt tablolarda kayıtları (hareketleri) bulunan kaydın ana tablodan silinmesi gibi tutarsız durumlara karşı veritabanının korunması işlemi yine ilişkisel bütünlük sayesinde sağlanmaktadır.

İlişkisel veritabanlarında ana tabloya bağlı alt tablo kayıtlarının yanlışlıkla silinmesi engellenmektedir.

İlişkisel bütünlük içinde veritabanı işlemlerine kısıtlama getirilirken; yine ilişkisel bütünlük içinde basamaklama işlemleri ile ana tablodan ana tabloya ya da alt tablolara doğru değişiklik ve silme işlemlerinin yansıtılması işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Oluşturulan ilişkisel veritabanı yönetimi (RDBMS) modeli ile her bir uygulama projesi için kullanılabilecek standart tablo, sorgu ve raporlar geliştirilmiştir. Böylelikle her yeni projede oluşturulan veritabanı modellerinden faydalanılarak emek ve zaman tasarrufu sağlanması esas alınmıştır.

Veritabanı olarak uygulama geliştirme çalışmalarında MS Access, sistem paylaşımı, yönetimi ve diğer birimler ile entegrasyon için Oracle yazılımı kullanılması tasarlanmıştır.

Veritabanında yer alması planlanan temel verilere ait tablo listesi Tablo 5.1’de ilgili harita altlıkları ile birlikte verilmektedir.

5.2.2 Grafik Ortam (Harita) Tasarımı

Grafik ortamda kullanılacak bütün harita altlıkları (Fotogrametrik Halihazır haritalar, Ortofoto Haritalar, Uydu Görüntüleri, İmar planları, Kadastral Haritalar, Arazi Kullanım Planları, vb.), altyapı tesisleri (içmesuyu hatları) ve üstyapı tesisleri(arıtma tesisleri, depolar, terfi merkezleri vb.) bilgilerinin temini ve standardizasyonu planlanmıştır.

Grafik bilgilerin temini iki şekilde tasarlanmıştır.

- Kağıt paftalar halinde bulunan Verilerin Sayısallaştırılması
- Sahadan jeodezik yöntemlerle Veri toplanması (Yersel Ölçüm, Fotogrametri, GPS, Uydu görüntüleri)

Bu çalışma kapsamında kullanılması tasarlanan bazı Harita Altlıkları da Tablo 5.1’de verilmektedir.

Tablo 5.1 : İçmesuyu Sistemlerinde Su Kalitesi Yönetimi Çalışmasında Kullanılması Tasarlanan GIS Altlıkları

HARİTA	VERİTABANI
- Numune Alma Noktaları(Kritik Nokta) - İçmesuyu Hatları - Üstyapı tesisleri(SAT, depo, TM) - 1/1.000 Fotogrametrik Halihazır H. - 1/5000 Ortofoto H. - 1/5.000 Uydu Görüntüleri - 3D Sayısal Arazi Modelleri - Arazi Kullanım Planları - İmar Planları - Genel Yerleşim Planı	- Su Kalitesi Ölçüm Sonuçları - Su Kaynaklarına Ait Bilgiler - Arıtma Tesislerine Ait Bilgiler - İsale Hatları Bilgileri - Depo ve Terfi Merkezi Bilgileri - Dağıtım Şebekesine Ait Bilgiler - Abone Bilgileri - Kapasite, Debi, Basınç, Su seviyesi Ölçümleri - Nüfus Bilgileri - Yeraltısuyu verileri

Kullanılan bütün grafik (vektör, raster) bilgilerin, Gaus-Krüger projeksiyonu esas alınarak geliştirilen *UTM* (Universal Transvers Mercator)-*Ülke Koordinat Sistemi* 'ne taşıyarak grafik ortam standardizasyonu esas alınmıştır. Özellikle raster(resim) harita altlıkları olarak kullanılan Ortofoto haritalar ve Uydu görüntülerinin dönüştürme, düzenleme ve mozaiklendirme çalışmaları standardize edilmiştir.

Grafik ortam çalışmalarında kullanılan temel CAD yazılımı Microstation V8, GIS yazılımı MS Geographics ve harita üretimi-raster işlemleri yazılımı ise MS Descartes'tır. Bentley Systems ürünü olan bu yazılımlar birbirleriyle tam entegrasyon içinde çalışmaktadır. Ayrıca Bentley GeoWEB Publisher yazılımıyla doğrudan Internet/Intranet ortamında yayınlanabilecek veriler üretilmektedir.

5.2.3 Yayınlama Ortamı Tasarımı

Su Kalitesi İzleme Bilgi Sisteminin ilgili kullanıcılara ulaştırılması için iki farklı ortam ve tasarım kullanılmaktadır. Birincisi GeoWEB tabanlı bir yayınlama teknolojisi, ikincisi CAD/GIS tabanlı bir yayınlama teknolojisidir.

Kullanıcıların bilgiye kolaylıkla erişebilmesi, bu bilgiyi fonksiyonel olarak kullanabilmesi (görüntüleme, sorgulama, analiz), gerekli çıktıları alabilmesi gibi fonksiyonları yerine getirebilecek bir ortamı sunmak amacıyla bir Web sitesi tasarımı

yapılmıştır. Kullanıcılara sade, fonksiyonel ve kolay kullanılabilir bir “bilgiye erişim” ortamı oluşturulması hedeflenmiştir.

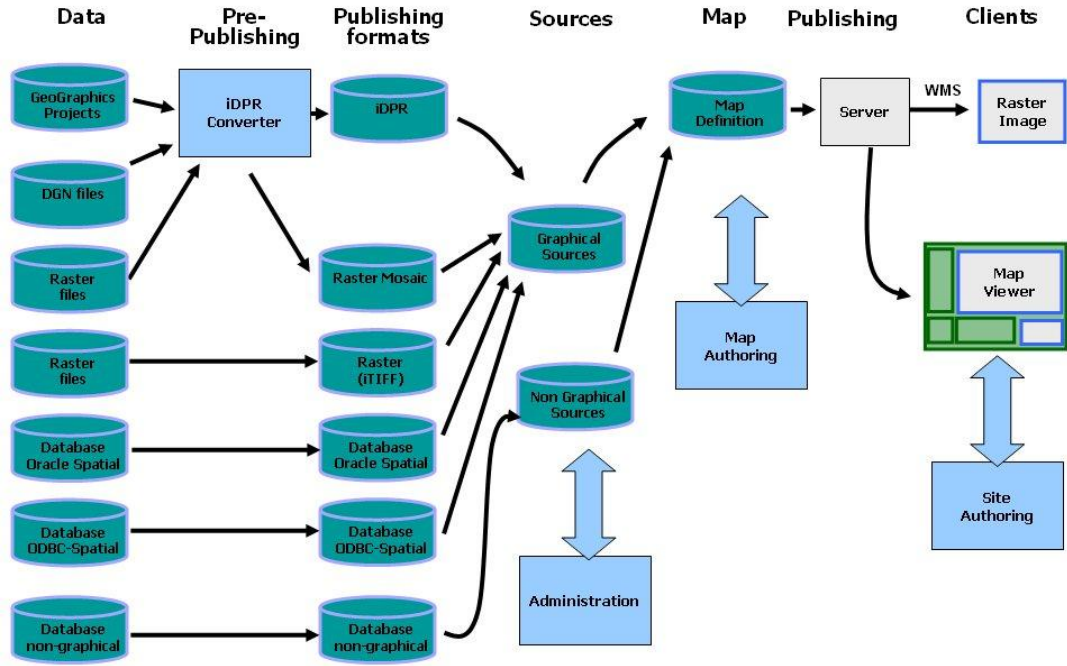
Su Kalitesi İzleme bilgi sisteminin temel stratejilerinden biri, merkezde biriktirilen bütün bilgilerin belirli yetkiler dahilinde uç kullanıcılara sunulmasıdır. Bu amaçla Coğrafi Bilgi Sistemi yapılanması tamamen bu esas üzerine kurulmuştur.

Genel tasarım bünyesinde işleyen yapı şöyledir: Bütün numune alma noktaları koordinatlı olarak harita ortamına işlenmekte ve sözel bilgiler ilgili birimlerce sisteme girilmekte ve güncellenmektedir. Girilen bu rölemler ve konumlandırılan raster dosyalar uygulama geliştirme çalışmaları kapsamında sisteme aktarılmaktadır.

Uygulama geliştirme bölümü, sisteme aktarılan su kalitesi verilerini daha kullanımlı hale getirmek için bir takım sorgulama projeleri geliştirmekte ve bunların Bentley Geo Web Publisher ile yayınlanmasını sağlamaktadır. Yetkili kullanıcılar, konumları harita üzerinde belirli olan su kalitesi ölçümleri sonuçlarına GIS tabanlı çalışan Publisher yazılımları ile kolaylıkla ulaşmaktadır.

Intranet/Internet (web) yayını iki ayrı Server bulunan bir yapıda tasarlanmıştır. Intranet (WEB) Server ve Database Server’ın ayrı ayrı seçilmesi sistemin performansını büyük ölçüde artıran önemli bir etkidir. Ayrıca erişime tamamen kapalı olan Database Server’da (Intranet Server hariç) bütün veritabanı bilgileri tutularak sistem güvenliği sağlanmaktadır. Sorgulama işlemleri hariç bütün işlemler Intranet (WEB) Server üzerinde yürümekte olup, kullanıcının bir GIS sorgulaması yapmak istemesi durumunda Database Server devreye girmektedir. Intranet kullanıcılarının herhangi bir GIS sorgulama işlemi için kendi bilgisayarlarından Intranet Server’a gönderilen bir sorgu, doğrudan Database server’a yönlendirilmektedir. Belirli bir güvenlik duvarı (firewall) aşıldıktan sonra Database Server’dan içeri alınan sorgu Bentley Geo Web Publisher tarafından yorumlanarak Intranet Server’a gönderilmektedir. Intranet Server’a gelen bu bilgiler Web Server yazılımı (IIS-Internet Information Server) tarafından kullanıcının ekranına ulaştırılmaktadır.

GIS Sorgulamaları Bentley Geo Web Publisher Yazılımı üzerinden yapılmaktadır. Database Server’a kurulan bu yazılımın genel çalışma prensibi *Şekil 5.7*’de görülmektedir.



Şekil 5.7 : WEB Yayıncısı Olarak Kullanılan Bentley GeoWEB Publisher Yazılımının Çalışma Yapısı [59]

Alternatif olarak yoğun harita bilgilerinin uzak uçtaki kullanıcılara sunumunda *Thin Client* teknolojisi de kullanılabilir. Bu teknoloji sayesinde kullanıcı merkez sunucu üzerinde kendisine mücade edilen programda (web gözlemcisi veya gis yazılımı) çalışabilmektedir. Hiçbir şekilde merkez sunucudaki (server) verileri kendi bilgisayarına aktaramamakta, sadece çıkış alabilmesine mücade edilmektedir.

GeoWeb teknolojisinden farklı ve alternatif olarak CAD/GIS tabanlı bir yayınlama teknolojisi de tasarlanmıştır. Bu teknolojiye merkez sunucu ve bu sunucu ile verilerin güncellenmesi açısından senkronize çalışan uç sunucular ana omurgayı oluşturmaktadır. Kullanıcıların bilgisayarlarına kurulan CAD/GIS tabanlı yazılımlar ve yüklenen uygulama yazılımları (VBA) sayesinde sunucu-kullanıcı (sever-client) mimarisine uygun yayın yapılmaktadır. Bu mimaride kullanıcı kendi PC'sinde WEB ortamından farklı olarak verilere bizzat ulaşabilmekte, çalışma yapabilmekte ve web'de sunulabilen analiz imkanlarından çok daha fazlasına sahip olmaktadır.

5.3 Geliştirilen Karar Destek Sisteminin İstanbul İçmesuyu Sistemi Üzerinde Uygulanması

İçmesuyu Kalitesi Yönetiminde temel yaklaşım, su kaynağından musluğa kadar tüm süreçlerin planlanması, planlar uygulamaya konulduktan sonra süreçlerin izlenmesi, kontrol edilmesi ve sistem üzerinde sürekli iyileştirmelerin yapılmasıdır. Bu tezin konusunu oluşturan CBS tabanlı bir yönetim anlayışının genel çerçevesini Su Kalitesi Yönetimi Ana Planı oluşturmaktadır. Bu amaçla İstanbul örneğinde etkin izleme ve denetimi esas alan sisteminin genel çerçevesini oluşturan Ana(Master) Plan'ın adımları Tablo 5.2'de verilmektedir.

Tablo 5.2 : İstanbul İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Çerçeve Ana Planı

Plan Adımları	Detaylar	Açıklama
1. Toplam Kalite Yönetimine Uygunluk Kontrolleri	- Standartlara uygunluk Kontrol ve Testleri	Yapılan tüm çalışmaların standartlara uygunluğu test edilecektir.
2. İşletme Prosedürlerinin Detaylı Tarifi	- Arıtma tesisi işletme ve bakımı - İsale ve Dağıtım sisteminin işletme ve bakımı	Arıtma tesisi ve dağıtım sistemi işletme prosedürleri su kalitesinin korunması/iyileştirilmesinde önemli derecede etkilidir. Açık, kolay anlaşılır prosedürler net olarak hazırlanacaktır.
3. İzleme ve Bilgi Yönetimi	- Numune Alma - CBS Tabanlı Rutin İzleme - Raporlama ve Kayıt Saklama - Kamuoyu bilgilendirme	Arıtma tesisleri çıkışı ve şebekede belirli noktalardan otomatik olarak veya elle alınan numunelerle sistem denetim altında tutulacaktır.
4. Eğitim ve Sertifikasyon Çalışmaları	- Arıtma tesisi işletme ve bakımı - İsale ve Dağıtım sisteminin işletme ve bakımı	Arıtma tesisi ve dağıtım sistemi operatörleri su kalitesinin iyileştirilmesinde önemli derecede etkilidir. Düzenli periyotlarla eğitim ve sertifikasyon çalışmaları yapılacaktır.
5. Afet ve Acil Durum Planları	- Boru kırılması, patlaması - Enerji kesilmesi - Kimyasal, biyolojik	Acil durum senaryoları ve alınacak tedbirler açık ve net bir şekilde yazılı hale getirilecektir.

	madde sabotajı - Deprem	
6 . Araştırma-Geliştirme	- Sistemin iyileştirilmesi için yeni teknolojilerin takibi ve kuruma adaptasyonu	İçmesuyu sisteminin işletilmesi ile ilgili yeni teknik, ekipman ve teknolojilerin yakından takibi yapılacak ve kuruma kazandırılacaktır.
7. Kamuoyunun Eğitimi/ Bilgilendirilmesi	- Aylık veya haftalık su kalitesi İnternet Bültenleri - Faaliyetler hakkında bilgilendirme ve bilinçlendirme - Su kaynaklarının korunması hakkında eğitim çalışmaları	Kamuoyu kitle iletişim araçları(internet, bülten, radyo, tv, basın vb.) kullanılarak bilgilendirilecek ve bilinçlendirilecektir.
8. Sistemin Denetlenmesi ve Sürekli İyileştirme	- Dağıtım Sistemi denetlemeleri - Yapım İşleri Denetlemeleri - İşletme İle İlgili Denetlemeler - Standartlarla İlgili Denetlemeler - Arıtma Performansı Denetlemeleri - Yönetimsel Uyumluluk Denetlemeleri - Su kalite Verileri Denetlemeleri	Sistem dışarıdan bağımsız gözlemciler tarafından izlenip denetlendiğinde sistemin eksiklikleri ortaya çıkacak, gelecekte sistem üzerinde yapılacak geliştirmeler ortaya konulacaktır.

Önerilen İstanbul içmesuyu Kalitesi Yönetimi Ana Planı çerçevesinde içmesuyu sisteminin havzadan kullanıcıların musluğuna kadar tüm süreçlerinde izlenmesi gerekli ana karakteristikler genel hatları ile Tablo 5.3’de ortaya konulmuştur. Önerilen ana plan bünyesinde ayrıca potansiyel tehlike ve kirlenme kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır(Tablo 5.4). Böylelikle içmesuyu sistemi için koruyucu/önleyici tedbirlerin belirlenmesi mümkün hale gelmiştir.

İstanbul içmesuyu kalitesi yönetiminin daha sağlıklı sürdürülebilmesi için alınacak koruyucu önlemler ise Tablo 5.5’de verilmektedir [12].

Tablo 5.3 : İstanbul İçmesuyu Temini ve Dağıtım Sisteminde Takip Edilmesi Gerekli Temel Veriler

Havza Özellikleri	Su Kaynağı Özellikleri	Depolama Hazneleri ve Su Alma Yapısı Özellikleri	Arıtma Sistemi Özellikleri	Depo ve Dağıtım Sistemi Özellikleri	Tüketici Özellikleri
+ Jeoloji ve topraklar + Topoğrafi ve drenaj şekilleri (hidroloji) + Dereler ve nehirler + Meteoroloji ve hava şartları (iklimsel ve mevsimsel değişimler) + Kıyı şartları + Bitki örtüsü + Genel havza ve nehir sağlık durumu + Doğa ve imar yoğunluğu /arazi kullanım faaliyetleri: - Tarım, mandıra ve hayvan çiftçiliği - Arazi temizleme - Ormancılık - Madencilik - Endüstriler - Kırsal ve kentsel gelişim / yerleşim - Atıksu arıtma çalışmaları ve foseptikler - Rekreatyon faaliyetleri + Yaban hayatı (örn. evcil ve vahşi hayvanlar) + Arazi sulama çalışmaları - Aralıklı veya mevsimsel çalışmalar - Geçmişte Kirlenmiş sahalar + Planlama çalışmaları - İmar ve planlama kısıtlamaları	+ Yüzeysel sular (nehir, göl, baraj gölü) + Yeraltı suyu + Debi ve kaynak suyunun güvenirliği + Genel ve özel bileşimler (fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik): - Temel iyonlar ve pH - Tuzluluk ve sertlik, - Bulanıklık - Bakteri, virüs ve parazitler - Doğal organik maddeler - Uçucu ve uçucu olmayan sentetik organik maddeler - Metaller - Radyoaktif maddeler + Mevsimlik ve olay değişimleri(Kuraklık ve sel gibi seyrek gelişen olaylar) + Konumsal değişimler Yeraltı suyu sistemi Özellikleri - Jeoloji, homojenlik - Serbest yüzeyli veya basınçlı akifer - Su tablosunun derinliği - Debi ve yönü - Seyrelme özellikleri - Geri besleme alanı - Kuyuların korunması - Koruyucu kaplama derinliği	+ Bekletme süreleri + Depo tasarımı: - boyutlar - malzeme - depo kapasitesi - depo derinliği + Mevsimlik değişimler: - tabakalaşma - alg patlamaları + Arıtma verimliliği (mikrobiyal giderim) + Koruma (örn. kapaklar, çitler, erişim) + Rekreatyone/insan faaliyetleri + Su alma yapısı yeri ve işletilmesi - Suların isalesi - boru malzemesi - boyut - debi ve debideki değişimler - temizleme sistemleri	+ Arıtma prosesleri (opsiyonel prosesler dahil) + Arıtma konfigürasyonu + Ekipman tasarımı : - boyutlar - malzemeler - zayıf debiler - proses değişimi kontrolü - yedekleme sistemleri + Kullanılan su arıtma kimyasalları: - pıhtılaştırıcı - filtrasyon yardımcıları - florür - toz aktif karbon - dezenfektan + İzleme sistemi ve otomasyon + Arıtma verimlilikleri + Patojenlerin giderimi ile ilgili dezenfeksiyon logları + Dezenfeksiyon bakiyeleri /Temas süreleri	+ Depo tasarımı: - boyutlar - malzemeler - depolama kapasitesi - depo derinliği + Bekletme süreleri + Mevsimlik değişimler: - tabakalaşma + Koruma (örn. kapak, çit, erişim) + Dağıtım Sistemi tasarımı: - çap - şebeke - boru malzemesi - boru yaşı + Hidrolik şartlar (örn. bekletme süreleri, debiler) + Su geri tepmesinin önlenmesi + Ara(ikincil) dezenfeksiyon uygulamaları + Dezenfektan bakiyeleri + Dezenfeksiyon yan ürünleri (THM, HAA, vb.)	+ Tüketici dağılımı (endüstri, şirketler, halk) + Su ihtiyacı ve içmesuyu tüketimi birim sarfiyatları (günlük ve mevsimlik değişimler) + Hassas gruplar (hastaneler, sağlık ocakları) + İç tesisat + Bina veya site depolarının olup olmadığı

Tablo 5.4 : İstanbul İçmesuyu Sisteminde Potansiyel Tehlike ve Kirlenme Kaynakları

Havzalar ve Yer altı suyu Sistemleri	Göller ve Su Alma Yapıları	Arıtma Sistemleri	Depolar ve Dağıtım Sistemleri	Depolar ve Dağıtım Sistemleri	Tüketiciler
+ Ham su kalitesinde hızlı değişimler + Atıksu ve fosseptik deşarjları + Endüstriyel deşarjlar + Havza alanında kimyasal madde kullanımı (örn. Gübre ve tarım ilaçları kullanımı) + Döküm alanları / kaza eseri olan dökümler + Kamu yolları + İnsan erişimi(rekreasyon) + Yaban hayatı + Yasaklanmamış çiftlik hayvanları + Uygun olmayan tampon bölgeler + Arazi kullanımı(örn. Hayvan çiftliği, tarım, ormancılık, Endüstriyel alan, atık depolama, madencilik) + Arazi kullanımındaki değişimler + Bitki örtüsü zayıf kıyıları ve sediment tutucuların arızası / toprak erozyonu + Yağmursuyu akışı ve deşarjları + Mevcut veya terkedilmiş depolama ve boşaltma alanları veya taş ocakları/ kirlenmiş alanlar/ Tehlikeli atıklar + Serbest yüzeyli ve sığ	+ Açık rezervuarlar ve su kemerleri/açık depolar + İnsan erişimi + Kuşlar, böcekler ve diğer hayvanların erişimi + Rezervuarın kısa devre yapması + Gölün su seviyesinde ani azalmalar + Alternatif su kaynaklarının olmaması + Uygun olmayan su alma yapısı yerleşimi + Alg patlamaları + Tabakalaşma + Toprak erozyonu + Uygun olmayan tampon bölgeler ve bitki örtüsü + İklimsel ve mevsimsel değişimler (örn. Yoğun yağışlar, kuraklıklar) + Kamu yolları / rastgele döküntüler + Alarmların ve izleme ekipmanlarının arızalanması + Orman yangınları ve doğal afetler + Sabotaj	+ İçmesuyu arıtma sistemlerinde önemli debi değişimleri + Yetersiz malzeme / temel prosesler + Uygun olmayan yedekleme + Uygun olmayan arıtma prosesleri + Proses kontrolünde yetersizlikler / Operasyonel esneklik + Onaylanmamış veya bozuk su arıtma kimyasalları ve malzemelerin kullanımı + Kimyasal dozlama arızaları + Uygun olmayan karıştırma + Dozlama ekipmanının arızalanması + Filtrelerin yanlış işletilmesi ve geri yıkamada + Etkisiz dezenfeksiyon + Ekipman arızaları + Proseslerin güvenilirliğinin zayıf olması + Alarmların ve izleme ekipmanlarının arızalanması + Elektrik kesintileri + Sabotaj ve doğal afetler	+ Açık rezervuarlar ve su kemerleri/açık depolar ve korumasız boru sistemleri + İnsan erişimi + Hayvan, kuş ve böcek erişimi + Rezervuarların kısa devre yapması /ölü bölgeler + Sediment ve balçığın artışı + Uygun olmayan malzemeler ve kaplamalar veya malzeme bozuklukları + Yaşlı borular ve altyapı + Depolar ve boru sisteminin korozyonu + Farklı kaynak sularının karışımı + Boru kesişim yerlerinde sızma, geri akış (toprak ve yer altı suyu) + Biyofilm , bataklık ve asılı hale gelme / tekrar üreme + Boru patlakları ve kırıkları + Uygun olmayan tamir ve onarımlar / uygun olmayan sistem ve depo temizliği	+ Yeni boru hatlarının devreye alınması + Tamir ve bakımlardan sonra uygun olmayan dezenfeksiyon + Değişken debi / uygun olmayan basınçlar + Arıtmada dozlama arızaları +Bakiye klorun muhafaza edilmemesi + Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu + Alarmların ve izleme ekipmanlarının arızalanması + Sabotaj ve doğal afetler	+ Tüketicilerin muhtemel yanlış kullanımları + Uygun olmayan su tesisatı ve inşaat malzemeleri + Metallerin sızması + Bina veya site depoları

akiferler + Yüzeysel suların doğrudan etkisindeki yeraltı suları + Uygun olmayan kuyu koruması ve hijyenik olmayan uygulamalar + Kaplanmamış veya kötü kaplanmış sondajlar + Kıyı akiferlerinde tuzlu su girişi + Kirlenmiş akifer + İklimsel ve mevsimlik değişimler (örn. Yoğun yağışlar, kuraklık) + Orman yangınları, doğal afetler, sabotaj					
---	--	--	--	--	--

Tablo 5.5 İstanbul İçmesuyu Sisteminde Su Kalitesinin Bozulmasını Önleyici Öneriler

Kaynak Suyu + Uygun kaynak suyu kullanımı Havzalar + Havzanın sahiplenilmesi ve kontrolü + Tarif edilmiş ve sınırlı kullanımlar + Havzada kullanılan kimyasalların kayıt altına alınması + Havza sınırlarındaki insan faaliyetlerinin kontrolü + Atıksu deşarjlarının takibi + Arazi kullanım planlarının hazırlanmasında katılımcılık + Havzada yaşayan insanların ve toprak sahiplerinin katılımı + Havza alanında düzenli denetimler + Su yollarının korunması (çiftlik hayvanlarının yaşadığı alanaların çitle çevrelenmesi, koruma kuşakları, kıyı bölgelerinin yönetimi) + Yağış akışının toplanması + Potansiyel su kirlenici gelişmeleri düzenlemek için planlama ve çevresel yönetmeliklerin kullanımı + Uygulamadaki endüstri kodlarının kullanımı Su Arıtma Sistemleri + Pıhtılaştırma/yumaklaştırma ve çöktürme + Alternatif arıtma + Onaylı su arıtma kimyasalları ve malzemelerinin kullanımı + Su arıtma kimyasallarının kontrolü + Tehlikelerin ve risklerin düzenli olarak değerlendirilmesi + Usta ve eğitimli operatörlerin kullanılması + Ekipmanların proseslerinin kontrol edilmesi + Yedekleme sistemlerinin mevcudiyeti + Su arıtma proses optimizasyonu - Kimyasal dozlama - Filtre geri yıkaması - Debi - Küçük altyapı değişiklikleri + Su kalitesinin kötü olduğu periyotlarda depo suyunun kullanılması	İletim Sistemleri + Bakım, yenileme ve onarım + Sahada teşhis araçlarının geliştirilmesi + Kazısız teknolojilerin düşünülmesi (örn. temizleme ve boru döşeme veya yerinde boru onarımı) + Kayıp suyu azaltma stratejileri + Kayıp ve kaçakla mücadele aktif sızıntıların tesbiti, + Tamir-bakım hızı ve kalitesinin gözden geçirilmesi, + Sistemdeki su basınçlarının yönetimi Depolama Sistemleri + Su kaynağı seçiminin değiştirilmesi + Yoğun yağışın olduğu zamanlarda depo suyunun kullanımı + Su alma yerinin doğru yerleşimi ve korunması + Kapalı ve izole su depoları + Yetkisiz kişilerin erişimin engellenmesi + Su depolarında tabakalaşmanın önlenmesi + Yağmursularının uygun şekilde drenajı + Çatılı ve uygun yağmursuyu toplama ve drenajlı depolar. + Depolara hayvanların ulaşımının engellenmesi + Sistem bakım ve onarımı - Düzenli depo temizliği/bakımı - Boru hatlarının basınçlı su ile temizlenmesi - Boru bağlantı parçalarının tamir ve bakımı	İzleme + CBS tabanlı izleme sistemi + Numune alma ve testler için Kalite Güvencesi ve onaylanma prosedürleri + İzleme ekipmanlarının kalibrasyonu ve bakımı + SCADA ile entegrasyon Dağıtım Sistemleri + Boru sonu ve ölü noktaların sayılarının azaltılması + Periyodik boru sonu deşarjları + Ekipmanların düzenli bakım ve onarımları + Yedekleme sistemlerinin mevcudiyeti (enerji temini) + Şebekede sürekli olarak uygun miktarda dezenfektan bakiyesinin muhafazası + Boru kesişim yerleri ve su geri tepmesinin önlenmesi için gerekli teçhizatın sağlanması + Tamamen kapalı-izole dağıtım sistemi + Ara dezenfeksiyon + Su hatlarının dezenfeksiyonunu içeren uygun bakım onarım prosedürleri + Uygun sistem basıncının muhafazası Tüketiciler + Bilgilendirme: - İçmesuyu kalitesiyle ilgili sorumluluklar - Sıhhi tesisat ve malzemeleri - Geri akımın önlenmesi - Bina depolarının periyodik temizliği
--	--	---

5.4 İstanbul İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi

Baraj, göl, kaynak suyu ve kuyu gibi yüzeysel ve yeraltı sularından elde edilen ham suyun gerekli tasfiye işlemlerinden geçirilerek şehir isale hatlarıyla depolara iletilmesi, sağlık şartlarına ve TS-266 İçme ve Kullanma Suyu standartına uygun şekilde içmesuyu şebekesi vasıtasıyla kullanıcılara ulaştırması su idarelerinin sorumluluğu altındadır.

İçmesuyu sistemiyle abonelere su sağlamayı sürdürebilmek ve su kalitesini koruyabilmek için rutin olarak kapsamlı bir ham ve arıtılmış su kalite izleme programının yürütülmesi gerekmektedir.

Dağıtım sistemindeki arıtılmış suyun izlenmesi, bu suyun TS 266 İçmesuyu Standartı ve Sağlık Bakanlığı'nın 2004 yılında Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında çıkarttığı “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği” ile uygunluğunu sağlamak; örnekleme, örnekleme sıklığı ve diğer ilgili Türk Standartları mevzuatında ve yukarıda adı geçen yönetmelikte istenen hususlar İSKİ'nin sorumluluğu altında bulunmaktadır. Türk Standartlar Enstitüsü ISO 5667 temelinde test ve örnekleme standartları geliştirmiştir. Ayrıca “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği”nde içme-kullanma amaçlı sular için minimum numune alma ve analiz sıklığı ile ilgili yükümlülükler yer almaktadır.

İSKİ İstanbul'daki tüm su arıtma tesislerinden ve şebekeden toplam olarak günde yaklaşık 350-400 numune almaktadır [60].

İSKİ'nin içmesuyu numunelerinin ölçümünde Su Kalite Kontrol Müdürlüğü tarafından kullanılan metot ve standartlar Ek B'de verilmektedir.

İstanbul içmesuyu sisteminin büyüklüğü sebebiyle su kalitesinin yönetiminin klasik yöntemlerle yapılması oldukça zordur. Bu sebeple Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tabanlı bilgi sistemlerinin kullanılması zorunluluk halini almıştır. Geliştirilecek bir coğrafi bilgi sistemi uygulaması vasıtasıyla içmesuyu sistemi üzerinde çeşitli noktalardan alınan numunelerle yapılan su kalitesi ölçümlerinin konumsal (spatial) hassasiyeti olan haritalar üzerinde, veritabanı bağlantısı olan “akıllı bilgi” şeklinde depolanması amaçlanmıştır. Böylelikle çeşitli analiz ve değerlendirme çalışmaları için oldukça güçlü ve disiplinli bir platform elde edilmiş olmaktadır.

5.4.1 İstanbul İçmesuyu Sistemi Analizi

“İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi” kapsamında birinci aşamada öncelikle içmesuyu sistemi analizi yapılmıştır. İçmesuyu sistemi *membra-kaynak(source)* mantığıyla alt sistemlere ayrılmıştır. Bir başka deyişle, İçmesuyu sistemi bir kaynaktan(Su Arıtma Tesisi veya Depo) beslenen bölgeler halinde teşkil edilmiştir. İstanbul su arıtma tesislerinin besleme alanlarına göre 5 adet ana besleme sistemine ayrılmıştır. Ömerli, Kağıthane, İkitelli, Büyükçekmece ve Elmalı sistemleri. Alt sistemleri ise genelde depo, TM ve isale branşmanlarından beslenen alt bölgeler şeklinde belirlenmiştir.

Kurum bünyesinde, öncelikle su temin edilen kaynaklar, ham su isale hatları, su arıtma tesisleri, isale hatları, depo-terfi merkezi ve şebekeden oluşan dağıtım sistemi her bir bileşen bazında ve bileşenlerin birbirleri ile ilişkileri gözönüne alınarak incelenmiştir. Bu bileşenlerin herbirine ait sözel bilgi ve harita bilgileri kurum kaynaklarından toparlanmıştır. Böylelikle içmesuyu sisteminin GIS ortamına “akıllı” bir sistem olarak aktarılması mümkün hale gelmiştir.

İçmesuyu sistemi Su kaynağı, Arıtma tesisi, İsale Hatları, Depo ve Şebeke olmak üzere 5 ana bileşene ayrılmıştır. Arıtma tesisi bazında ana besleme sistemleri Şekil 5.8’de gösterilmiştir [67].



Şekil 5.8 : İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesisi Bazında Ana Besleme Sistemleri

İSKİ içmesuyu arıtma tesislerine ait 2004 yılı kapasite bilgileri Tablo 5.6’da verilmiştir [67].

Tablo 5.6 : İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesisleri ve 2004 Yılı Kapasiteleri

	Ortalama Debi	Azami Debi	2004 Yılında Üretilen Temizsu Miktarı	Harcanan Enerji
	(m³/gün)	(m³/gün)	(m³)	(kWsa/ yıl)
Kağıthane	524.187	750.000	191.328.493	21.215.865
Ömerli	819.578	1.100.000	229.145.985	101.521.020
İkitelli FSMH	340.398	800.000	124.245.410	47.055.600
B.Çekmece	229.204	375.000	83.659.700	48.013.208
Elmalı	20.619	50.000	7.526.224	10.781.533
Diğer	8.619	10.000	3.145.939	10.781.533
TOPLAM	1.942.605	3.085.000	639.051.751	230.587.759

İstanbul içmesuyu sistemi için detaylı sistem analizi EK C’de verilmektedir.

5.4.2 İstanbul İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı

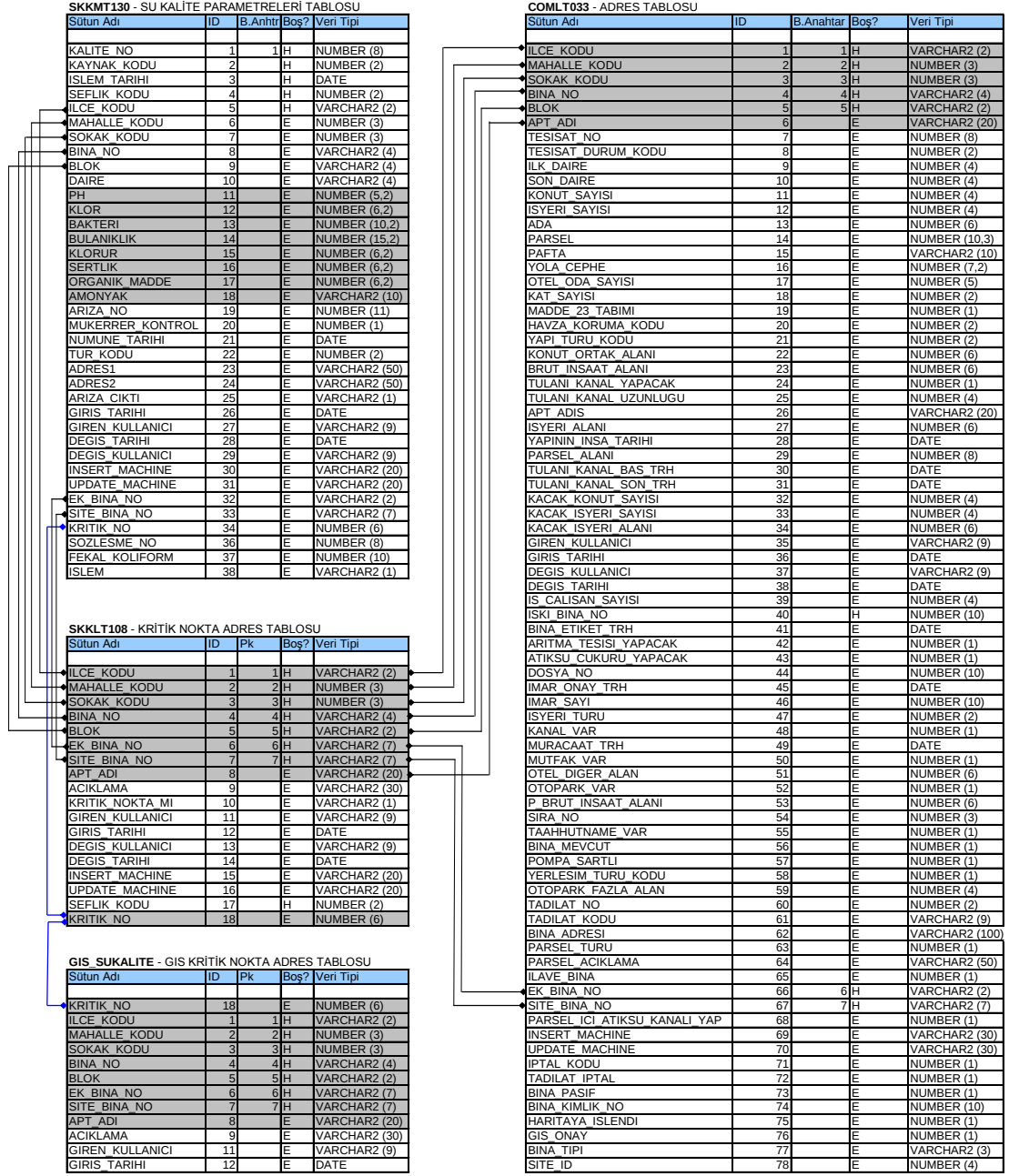
İçmesuyu Sistem analizi çalışmalarını takiben, bir Coğrafi Bilgi Sistemi uygulaması olan “Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi” tasarımına geçilmiştir. Kullanılacak bilgi sistemi teknolojisi olarak, konumsal bir bilgi sistemi olan GIS(Geographical Information System) seçilmiştir. GIS; veritabanı, grafik ortam ve geoweb olmak üzere başlıca üç teknolojiye dayanmakta olup, bu sistemin oluşturulmasında database, grafik ortam ve yayınlama(İnternet/intranet) tasarımları bir bütün halinde GIS teknolojisi altında yapılmıştır.

5.4.2.1 Veritabanı Tasarımı

İstanbul’un içmesuyu baraj gölleri, arıtma tesisleri, depolar ve şebekede düzenli olarak ölçümler yapılmakta ve bu bilgiler merkezi bir veritabanında tablolar halinde depolanmaktadır. Bu durum detaylı bir veritabanı tasarımını beraberinde getirmektedir.

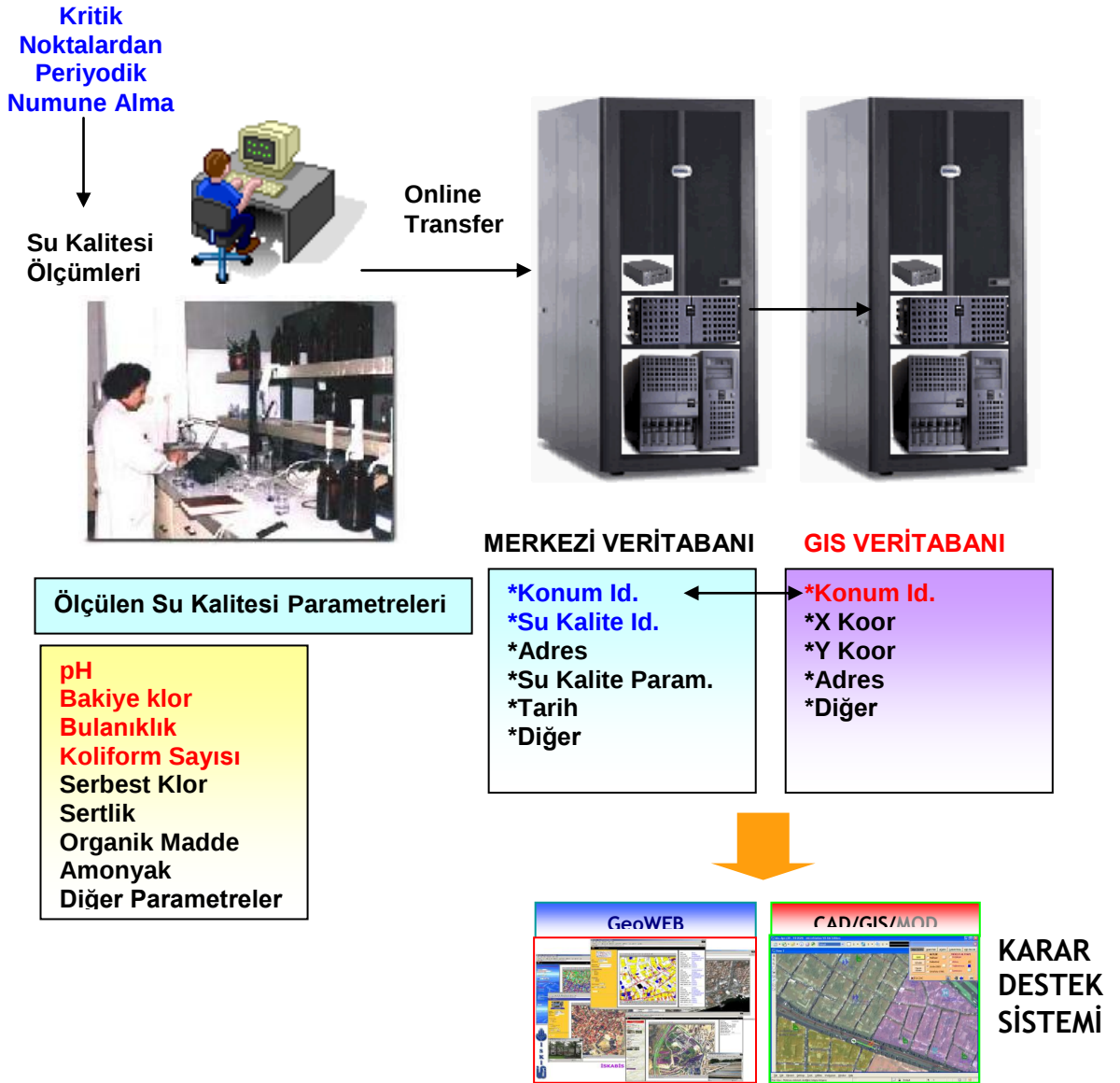
Su arıtma tesisleri ve depolardaki su kalitesi ölçümleri belirli periyotlarla yapılmakta ve veritabanına aktarılmaktadır. Arıtma tesislerinde izlenen parametreler detaylı bir şekilde EK A’da verilmektedir. Depolardan 3 aylık periyotlarla giriş ve çıkışlarından numune alınmakta ve Şekil 5.10’da belirtilen 4 temel parametre incelenmektedir. Şebekenin boru sonları, kritik noktalarından ise 3 aylık periyotlarla veri toplanmaktadır. Ayrıca şebekede ayda bir alınan numunelerde tüm parametreler ölçülmektedir.

Şebekede elle numune alınarak yapılan su kalite ölçümlerinin belirli bir veritabanında depolanması büyük önem arz etmektedir. 20.05.2000 tarihi itibarı ile kritik olarak tanımlanan noktalardan elde edilen ölçüm bilgileri WAN(Wide Area Network)’le İSKİ Bilgi İşlem birimi bünyesinde bulunan Merkezi Oracle veritabanı üzerinde Kritik Nokta tablosunda toplanmaktadır. Kritik Nokta tablosunda ilçe, mahalle, sokak, bina no gibi konumsal bilgilerle birlikte; numune alma tarihi, sisteme giriş tarihi gibi zaman bilgileri ve 8 adet su kalite parametresi yer almaktadır. Veritabanı tasarımında yer alan su kalitesi parametrelerinden 4 adeti (pH, bakiye klor, bulanıklık, koliform sayısı) düzenli olarak ölçülmektedir. Veritabanılarına ait detaylı tasarım tabloları Şekil 5.9’da verilmektedir.



Şekil 5.9 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Veritabanı Tasarımında Yer Alan Tablolar

İSKİ su kalite ölçümü çalışmalarının yürütülmesine ait veri akış şeması Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sisteminde Veri Akışı

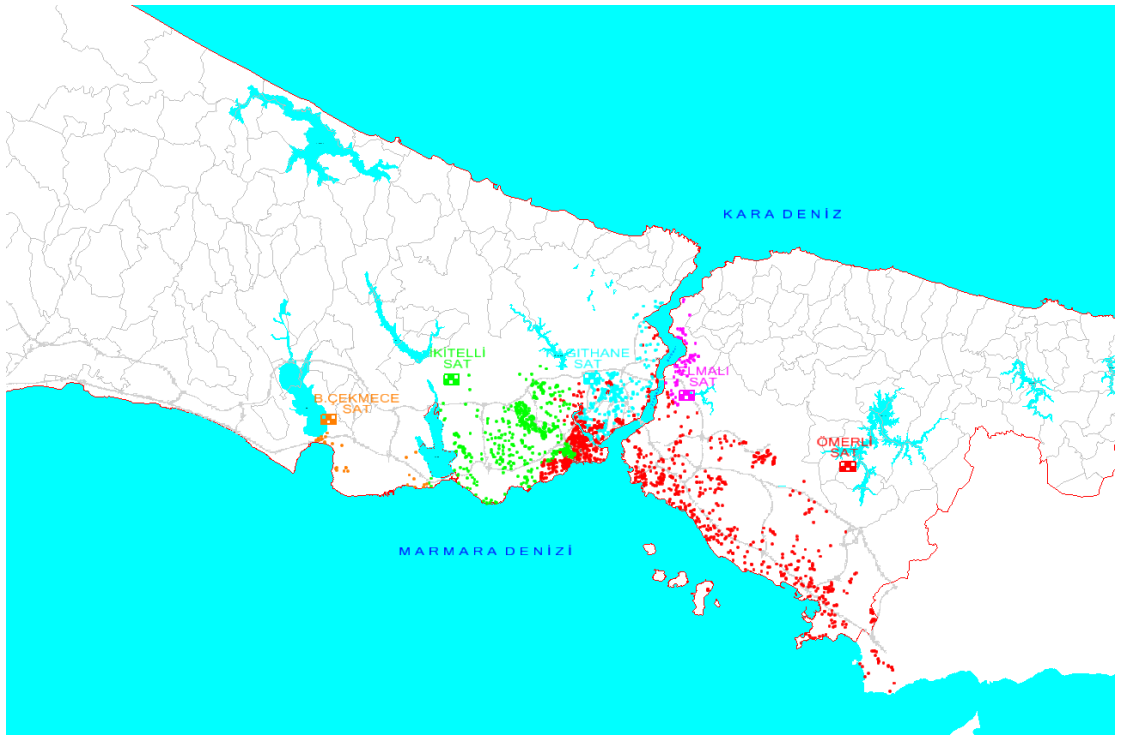
5.4.2.2 Grafik Ortam Tasarımı

Grafik ortamın (harita altlıklarının) düzenlenmesinde CAD yazılımı olarak MicroStationV8, GIS yazılımı olarak MS Geographics kullanılmaktadır.

Sistemde İstanbul'un tamamına ait 1/1.000'lik fotogrametrik halihazır harita, 1/5.000 lik ortofoto harita yer almaktadır. Ayrıca şehrin tamamında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri mevcuttur. Bunların yanısıra tüm içmesuyu isale ve dağıtım hatları arşiv paftalarından vektörize edilerek, UTM koordinatlarına dönüştürülmüş ve BentleyWater yazılımı ile network bütünlüğü olan, database bağlantılı bilgi haline

getirilmiştir. Bu çalışma ile içmesuyu şebekesinin tamamı L/M/H servis bölgelerine ayrılmış ve düğüm noktalarında zemin kotu bilgisi mevcut durumdadır. Bu harita altlıkları sayesinde konum hassasiyeti oldukça yüksek bir çalışma düzlemi oluşturulmuştur.

MS Geographics CAD/GIS yazılımı ile su kalitesi ölçümü yapılan arıtma tesisi, depo ve şebeke üzerindeki kritik noktaların konumları, 1/1000 fotogrametrik harita, ortofoto haritalar, sayısal içmesuyu hatları tabakalar halinde üst üste çakıştırılarak ve sözel adres bilgileri de kullanılarak tesbit edilmiş ve herbirine ayrı(unique) bir numara verilerek grafik ortamda işaretlenmiştir (Şekil 5.11).

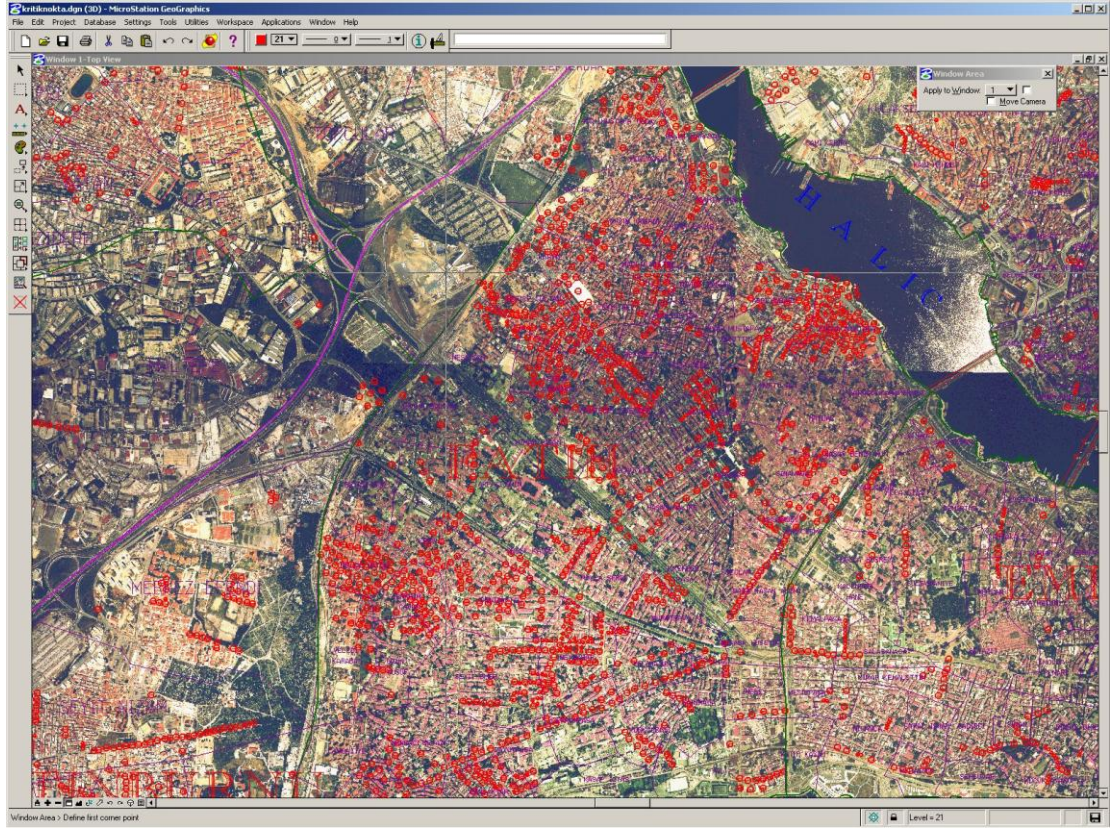


Şekil 5.11 : İstanbul Genelinde Su Kalitesi İzleme Çalışmalarında Numune Alma Noktalarının Arıtma Tesisi Besleme Bölgelerine Göre Coğrafi Dağılımı

Grafik ortamda belirlenen noktalarla, veritabanında bu noktalara karşılık gelen satırlar (adres, tarih ve su kalitesi ölçüm bilgileri) otomatik olarak eşleştirilmektedir. Böylelikle harita üzerindeki her bir kritik nokta, sözel bilgisi de olan “akıllı nokta” haline getirilmiştir (Şekil 5.12).

İSKİ Merkezi veritabanında toplanan Su Kalitesi verilerinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri disiplini içinde konumsal kodlama yapılarak her bir kritik noktaya “*coğrafi nokta kodu*”nun verilmiştir. Ayrıca diğer numune alma noktalarının kritik

noktalardan ayırt edilebilmesi için kodlama kritik noktayı ifade edecek şekilde yapılmıştır.



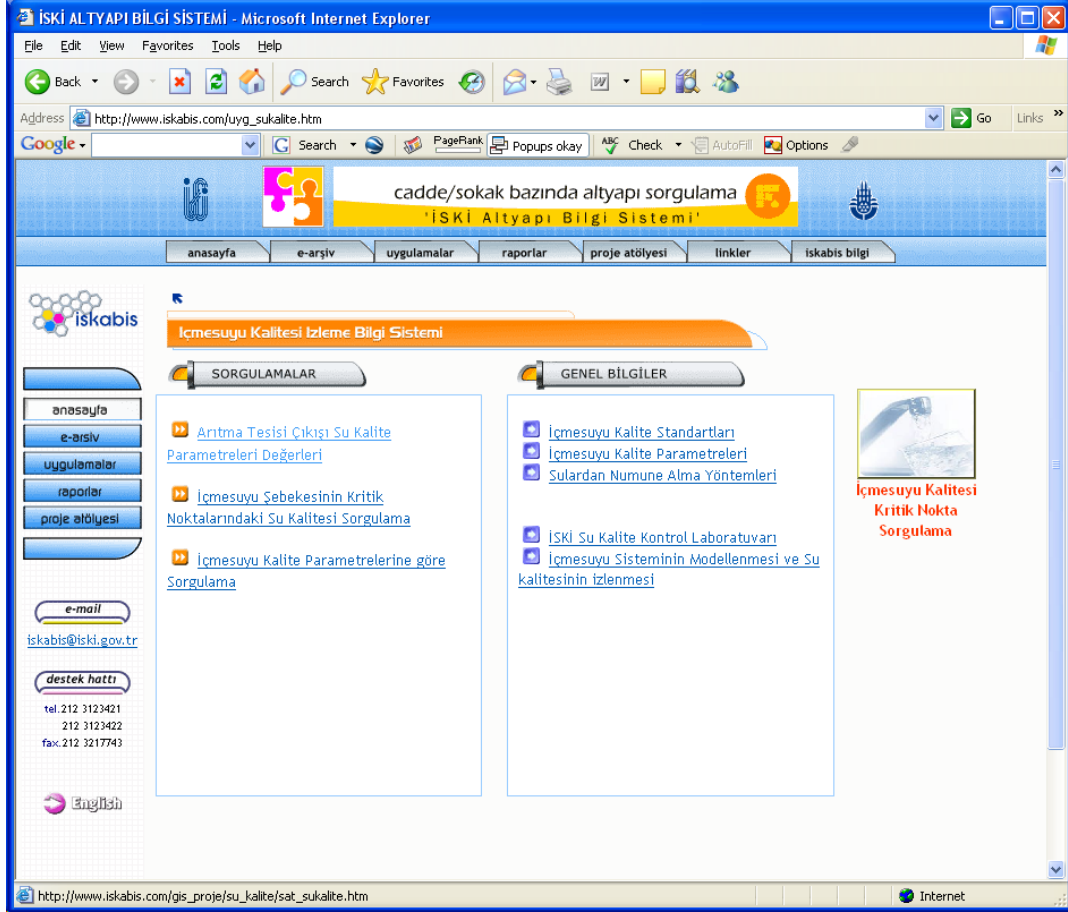
Şekil 5.12 : Veritabanı Bağlantısı Yapılan Numune Alma Noktalarının Ortofoto Harita Altlıkları Üzerinde Gösterimi

5.4.2.3 Yayınlama Ortamı Tasarımı

Su Kalitesi İzleme Bilgi GeoWeb ve CAD/GIS tabanlı iki ayrı platformla kullanıcılara ulaştırılabilmektedir. Her iki platformun birbirlerine göre üstün ve zayıf tarafları bulunmaktadır.

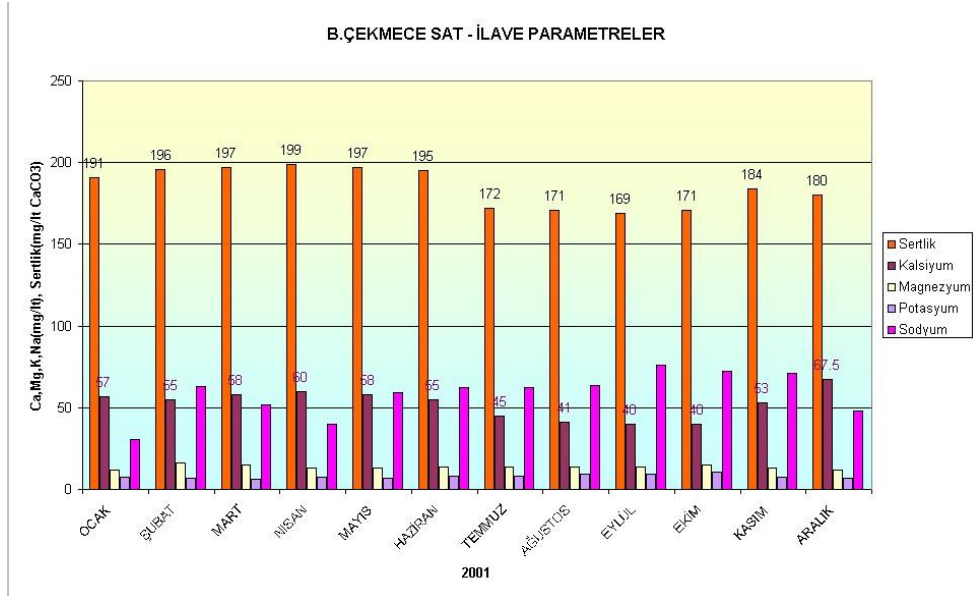
Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi (Şekil 5.13) olarak tasarlanan Web sayfasında Arıtma tesisleri çıkışı ve şebeke üzerinden alınan numunelerin ölçüm sonuçlarına harita altlıkları ile birlikte ulaşılması mümkün olmaktadır.

Intranet ortamında bütün yetkili kullanıcılar Arıtma tesisi çıkışı ve şebekedeki su kalitesi ölçüm sonuçlarına konum hassasiyeti oldukça yüksek harita altlıkları ile ulaşabilmekte, sorgulama yapabilmektedir.



Şekil 5.13 : İçmesuyu Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Web Sitesi

İçmesuyu arıtma tesisleri çıkışında ölçülen tüm parametrelerin yıllık değişimleri web ortamında değerlendirilebilmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 : İçmesuyu Arıtma Tesisleri Su Kalite Parametrelerinin Aylık Değişimlerinin WEB Ortamında Değerlendirilmesi

İçmesuyu Arıtma tesisi çıkışlarında alınan numunelerin ölçüm sonuçlarına tablosal ve grafik formatta ulaşılabilir. Böylelikle dağıtım şebekesi için giriş su kalitesi değerleri de kolaylıkla öğrenilebilmektedir.

Yetkili kullanıcıların ana sunucudaki(server) su kalite bilgilerine kolaylıkla ulaşabilmesi için oluşturulan WEB sayfası, arka planda yapılan işlemleri perdeleyerek kullanıcıya sade ve kolay kullanılabilir bir arayüz şeklinde sunulmaktadır.

Bu uygulamalarda HTML ve Java Script programlama dili ile kullanılmıştır. Veritabanında kritik noktalarla ilgili olarak adres, tarih ve su kalitesi parametreleri ölçüm sonuçları yer almaktadır.

CAD/GIS ortamında kullanıcılara GeoWeb ortamından farklı bir çalışma platformu sunulmaktadır. Her türlü çizim(2d-3d), proje geliştirme imkanı ile diğer projelerle entegre bir şekilde çalışma kolaylığı sağlanmaktadır.

Tablosal olarak veritabanında tutulan bilgilerin harita destekli görsel analiz aracı haline getirilmesinde ana CAD yazılımı olarak MicroStation V8, GIS yazılımı olarak MS Geographics, yayınlama yazılımı olarak Bentley GeoWeb Publisher kullanılmaktadır.

5.4.2.4 Güncelleme Prosedürleri

Laboratuvarlarda yapılan su kalitesi ölçümleri bir kullanıcı arayüzü ile merkezi veritabanına on-line aktarılmaktadır.

Merkezi veritabanı tasarımı başlangıçta bir GIS ile entegrasyon gözönüne alınmadan tasarlandığı için, veritabanı üzerinde bazı modifikasyonlar yapılmış GIS'in bu veritabanını kendi veritabanı olarak kullanması sağlanmıştır. Böylece güncelleştirme problemleri ortadan kaldırılmıştır.

Su kalitesi ölçümleri şebekede abone musluklarından alındığından oldukça dinamik bir yapıda olup, ilave kritik noktalar eklenebilmekte ya da iptal edilebilmektedir. İlave kritik noktalar tesbit edilmesi durumunda bu nokta grafik ortama yerleştirilerek, sözel bilgisi ile bağlantısı yapılması gerekmektedir. Alternatif olarak barkodlu sabit numune alma istasyonlarının tesisi uygun olacaktır (Şekil 5.15).



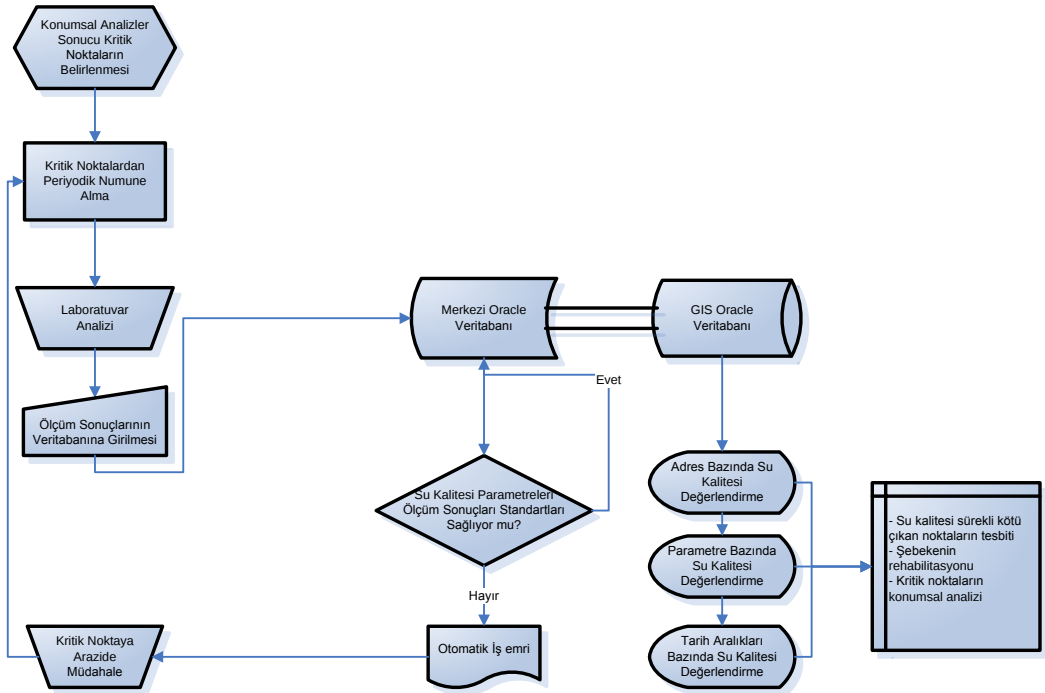
Şekil 5.15 : Sabit Numune Alma İstasyonu Örneği

6. KARAR DESTEK ARACI OLARAK SU KALİTESİ İZLEME BİLGİ SİSTEMİ

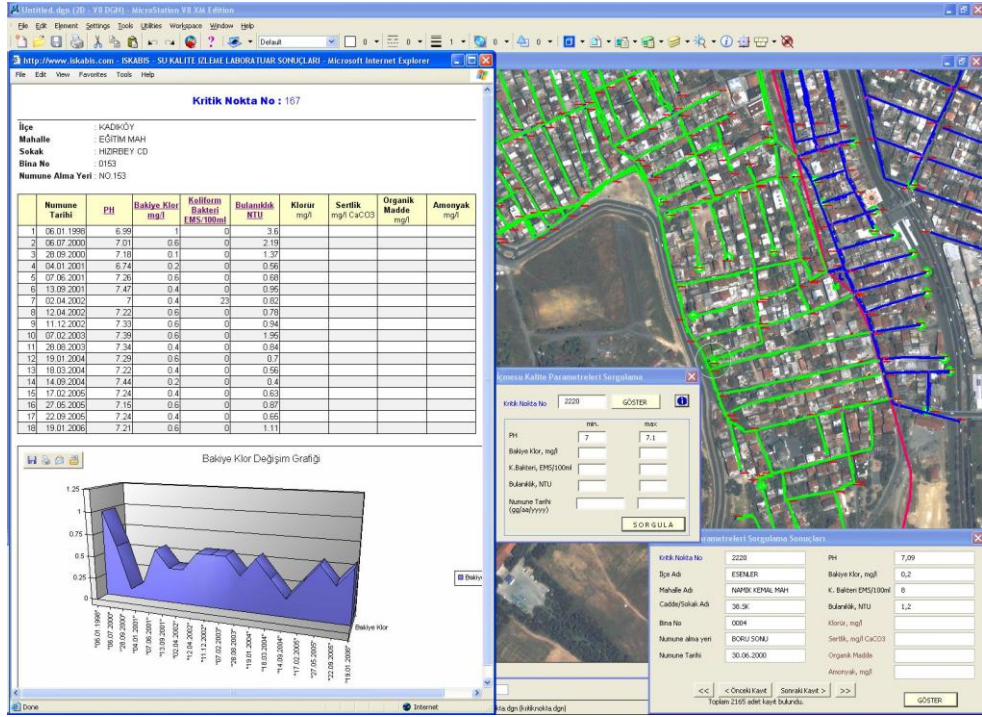
İçmesuyu kalitesi ile ilgili üretilen kararların bilimsel, gerektiğinde yasal olarak savunulabilen, kamuoyu incelemesine açık, iyi belgelenmiş ve kaliteli verilere dayanması büyük önem taşımaktadır.

Su kalitesi ölçüm çalışmaları, konumsal bilgi sistemi bünyesinde toplanarak öncelikle düzenli, konumsal karşılığı olan bir bilgi arşivi oluşturulmaktadır. Böylelikle sadece sözel bilgilere dayalı analizler yerine, coğrafi karşılığı olan bilgilerle son derece güçlü ve görsel analizler yapılabilmektedir.

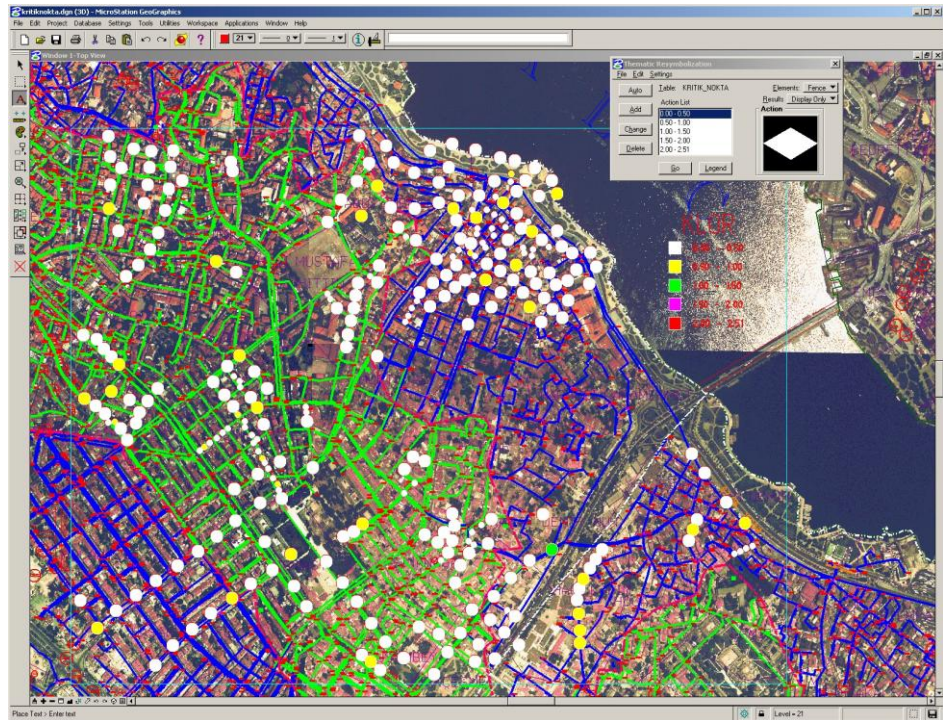
Su kalitesi ölçümlerinde izlenen parametrelerin standart değerlerinin dışında çıkması durumunda sistem kendiliğinden “iş emri” düzenlemekte ve yerinde yapılacak müdahalelerle problem kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Problemin akut veya kronik olmasına bağlı olarak farklı müdahale ve çözüm önerileri geliştirilmektedir(Şekil 6.1).



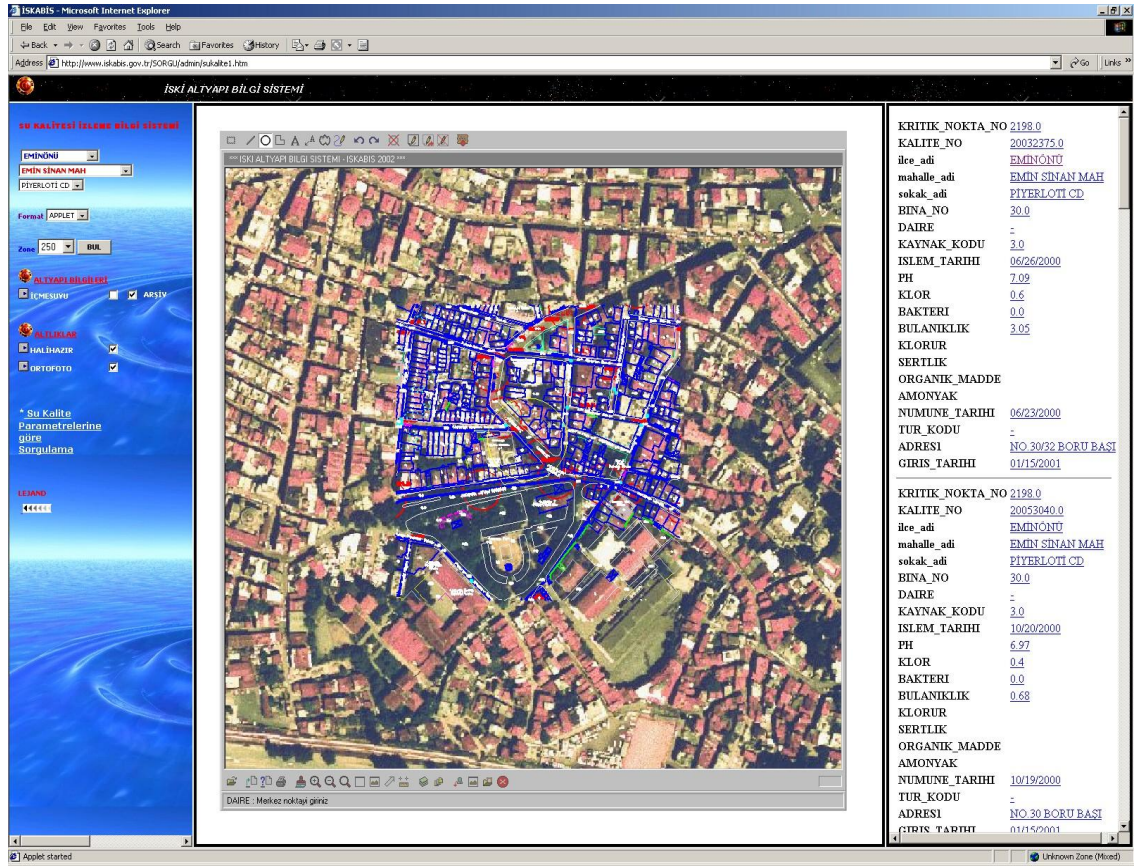
Şekil 6.1 : İSKİ Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi Analiz Diyagramı



**Şekil 6.3 : Su Kalitesi Parametrelerinin Değer Aralıklarına Göre Sorgulanması
Kritik Noktaların Harita Üzerinde Görüntülenmesi**



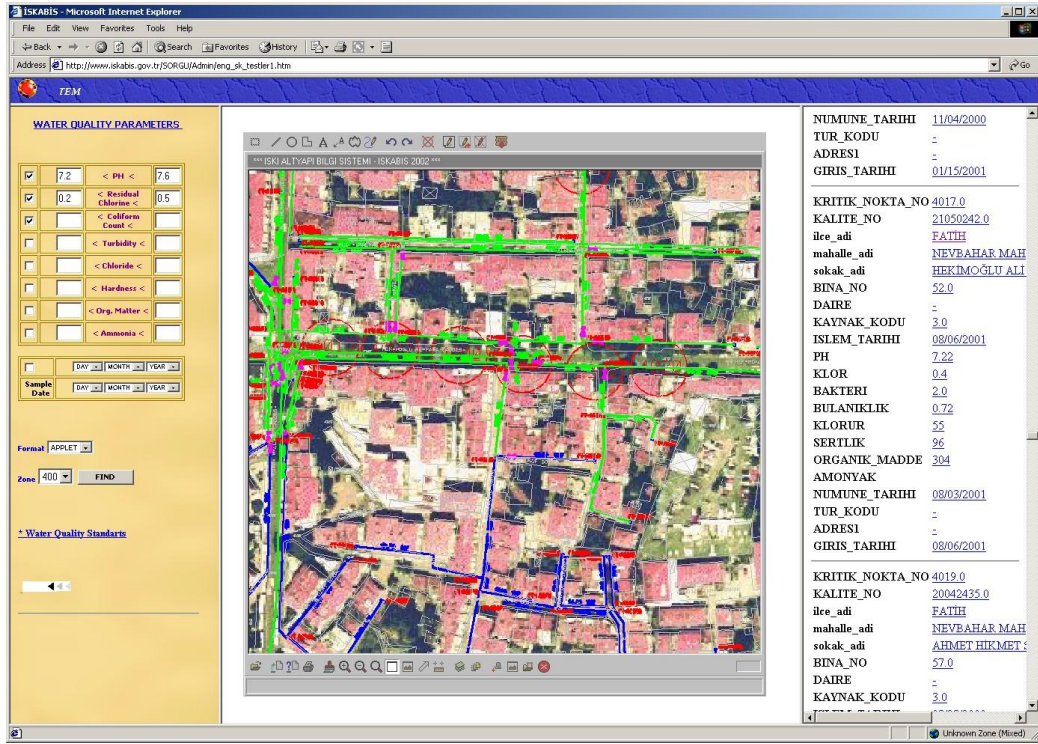
**Şekil 6.4 : MS GeoGraphics Ortamında İçmesuyu Hatları, Kritik Noktalar ve
Ortofoto Harita Altlığı ile Klor Parametresine göre Tematik Harita Üretimi**



Şekil 6.6 : Su Kalite Analiz Sonuçlarının Geo WEB’de Konumsal Sorgulanması

İkinci sorgulama ise veritabanında yer alan bütün su kalitesi ölçüm sonuçlarının su kalitesi parametreleri ve tarih bazında değerlendirilmesi ile yapılan sorgulamadır(Şekil 6.7). Bu sorgulama için de yazılan bir Java Script ile su kalite parametrelerinin (pH, bakiye klor, bulanıklık, koliform bakteri vb.) belirli değer aralıklarına göre numune alma noktaları bilgilerine ulaşılabilir.

Bu sorgulama ile su kalitesi parametreleri ölçüm sonuçları, değer aralıklarına göre şebeke üzerindeki en kritik noktalar görsel analizlerle tespit edilebilmekte ve iyileştirme planları hazırlanabilmektedir.



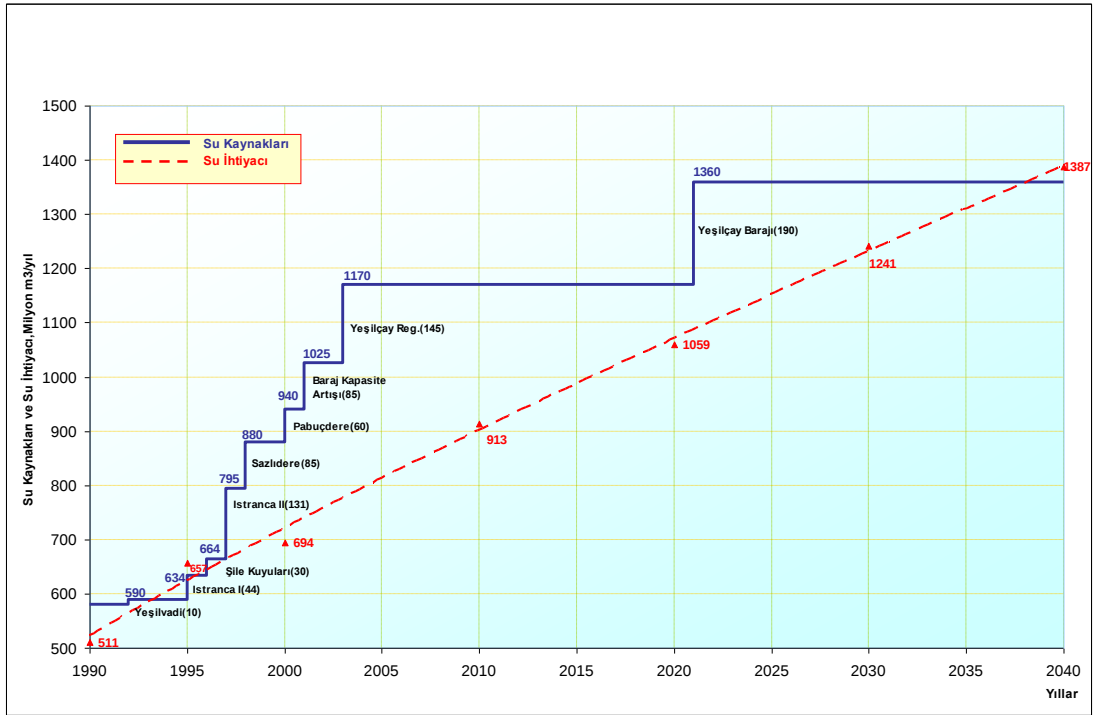
Şekil 6.7 : Su Kalite Analiz Sonuçlarının GeoWEB’de Parametre ve Tarih Bazında Sorgulanması

6.3 İçmesuyu Sistemi İle İlgili Çeşitli Analiz ve Değerlendirme Çalışmaları

İçmesuyu sistemi denildiğinde su kaynağı(göller, baraj, yer altı suları vb.), arıtma tesisleri, isale hatları, depo ve terfi merkezleri, dağıtım şebekesi ve kullanıcılardan oluşan bir bütün anlaşılmaktadır. Su sistemi ile ilgili çeşitli analiz ve karar destek çalışmaları aşağıda bu sırayla detaylı olarak anlatılmaktadır. Yapılan her bir analizde, analiz sonuçlarına göre bir “Tespit” yapılmakta, bu tespite göre “Karar” üretilmektedir. İçmesuyu sisteminin işletilmesinde bilgiye dayalı kararlar üretilmesinin, işletme problemlerinin çözülmesinde büyük önem taşıdığı görülmektedir.

6.3.1 İstanbul’da Su Kaynaklarının Analizi ve Değerlendirilmesi

İstanbul için su kaynakları ve su ihtiyacı değerlendirilmesine ait grafik Şekil 6.8’de verilmektedir:



Şekil 6.8 : İstanbul'un Su Kaynakları ve Su İhtiyacının Birlikte Değerlendirmesi[66]

Tespit :

İstanbul'un su kaynakları ve su ihtiyacı grafiğine göre, 1993-94 yıllarında su kaynakları mevcut ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmıştır. Istranca-I sisteminin devreye girmesiyle (44 M m³) su kaynaklarının yeterli hale geldiği görülmektedir. Sonrasında Şile kuyuları(20 M m³), Istranca-II(131 M m³) sistemi, Sazlıdere(85 M m³), Pabuçdere(60 M m³)'nin devreye girmesiyle su kaynakları-su ihtiyacı aralığı pozitif yönde açılmaktadır. 2037 yılına kadar su kaynaklarının ihtiyacı karşılamada yeterli olduğu görülmektedir.

Üretilen Karar :

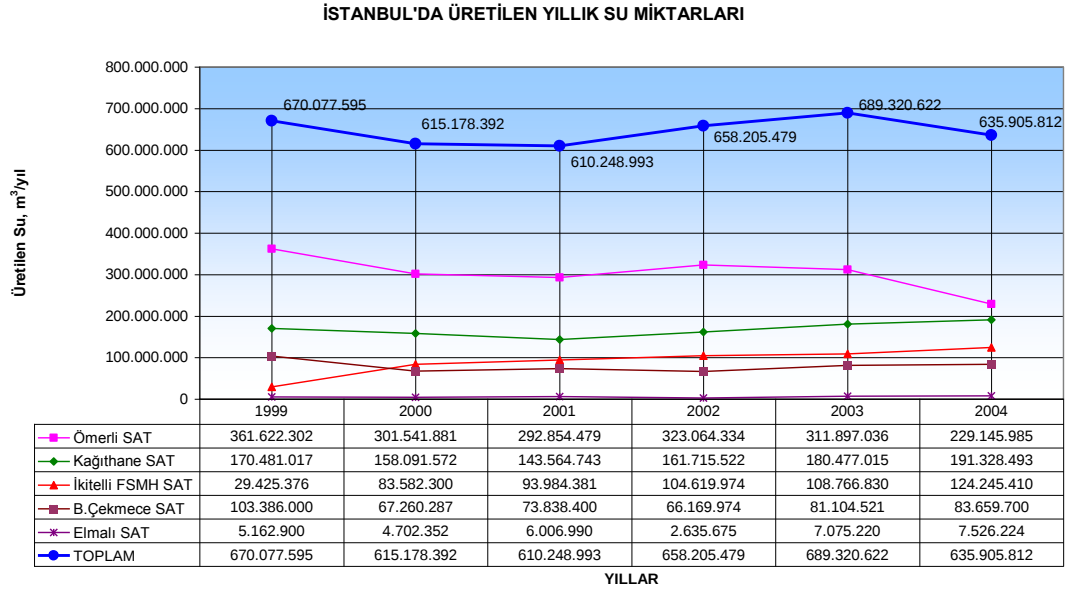
İstanbul'un su kaynaklarının, nüfus projeksiyonunda ve ihtiyaç hesaplamalarında beklenmeyen, öngörülmeleyen değişiklikler olmadığı sürece 2037 yılına kadar ihtiyacı karşılamada yeterli olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının ihtiyacı karşılamadığı dönemlerde kesintiler sebebiyle su kalitesinde büyük ölçüde bozulmalar olmaktadır. Suyun sürekli ve kesintisiz temini istenen su kalitesinin sağlanmasında en önemli hedeflerden biri olmalıdır.

6.3.2 İstanbul'da İçmesuyu Arıtma Tesisleriyle İlgili Analiz ve Değerlendirilmeler

İçmesuyu arıtma tesisleri ile ilgili temel değerlendirmeler üç temel başlıkta incelenmektedir.

6.3.2.1 Arıtma Tesislerinde Üretilen Su ve Kullanılan Kimyasal Miktarlarının Değişimi

İstanbul'un büyük kapasiteli su arıtma tesislerinin her birinde ve toplamda üretilen su miktarlarının yıllara göre değişimi Şekil 6.9'da verilmektedir.



Şekil 6.9 : İstanbul'da Üretilen Yıllık Su Miktarlarının Arıtma Tesisleri Bazında Değişimi

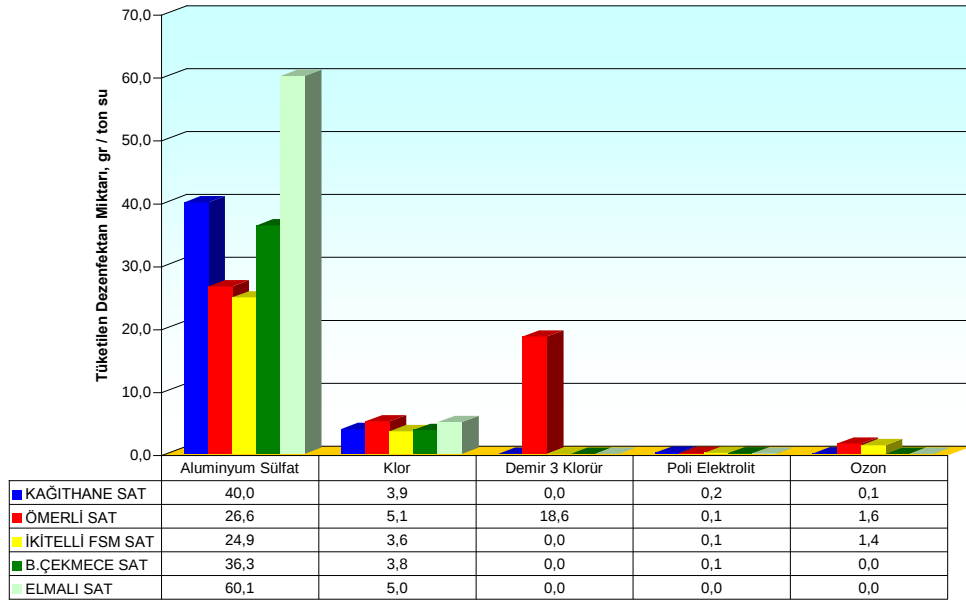
Tespit :

İstanbul içmesuyu arıtma tesislerinde 1999-2004 arasında üretilen ortalama su miktarı yıllık 646,5 Milyon m³ ve günlük 1,77 Milyon m³'tür (Diğer kaynaklar göz önüne alındığında kuyular, bentler gibi bu miktar bir miktar yükselmektedir). 6 yıllık ortalamada Ömerli SAT %47 ile en fazla su üreten tesis olurken, sırasıyla Kağıthane SAT %26, İkitelli SAT %14, B.Çekmece SAT %12 ve Elmalı SAT %1 oranında su üretimine katkıda bulunmaktadır. Kişi başına günlük su tüketiminin (2000 nüfus sayımına göre İstanbul şehir nüfusu 9.085.599 kişi) ortalama (1,77 M m³/gün) / (9.085.599 kişi) = 195 lt/kişi.gün olduğu hesaplanmaktadır.

Üretilen Karar :

Gelecekteki su ihtiyacı göz önüne alınarak arıtma tesisi kapasite artışlarının veya yeni tesislerin planlaması yapılmalıdır. Ömerli arıtma tesisleri İstanbul'un su ihtiyacının yaklaşık yarısını sağlamaktadır. Ömerli sistemi, havza koruma çalışmaları, arıtma optimizasyonu ve şebekenin işletimi açısından su kalitesi hedeflerinin sağlanmasında da büyük önem taşımaktadır.

İstanbul içmesuyu arıtma tesislerinde 2004 kullanılan kimyasal madde miktarlarının değişimi grafiği Şekil 6.10'da verilmektedir.



Şekil 6.10 : İstanbul'da Üretilen Yıllık Su Miktarına Göre Harcanan Dezenfektan Miktarlarının Değişimi(2004)

Tespit :

İstanbul'daki arıtma tesislerinde en fazla kullanılan kimyasal maddeler sırasıyla alüminyum sülfat, klor ve Demir 3 klorür'dür. Üretilen suya göre ortalama alüminyum sülfat kullanımı 37,6 g/ton su, klor kullanımı 4,3 g/ton su, poli elektrolit kullanımı 0,13 g/ton su ve ozon kullanımı 1,03 g/ton sudur(Şekil 6.10).

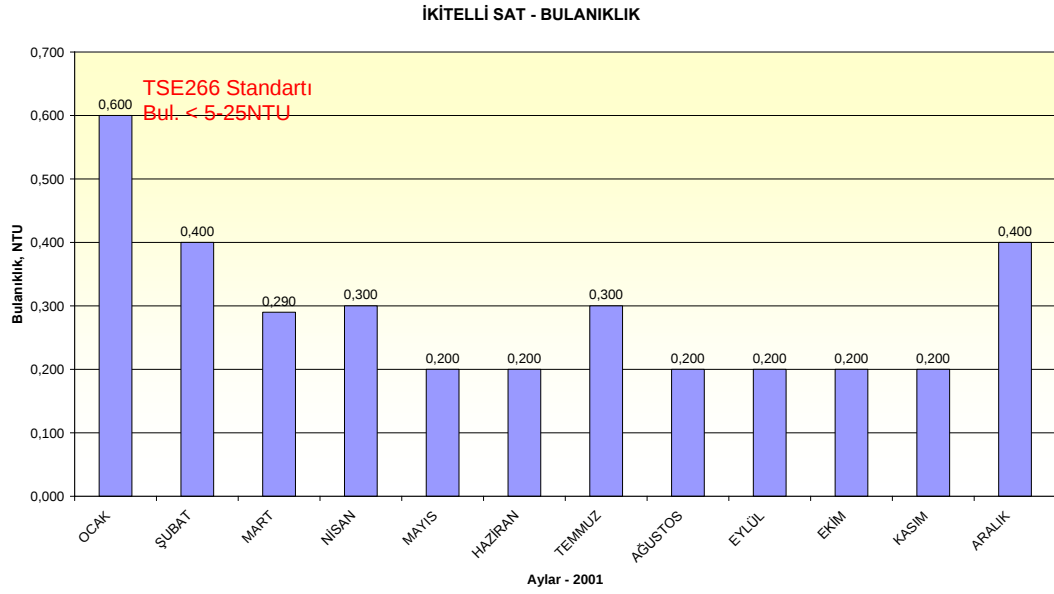
Üretilen Karar :

Arıtma tesislerinde kullanılan dezenfektan türü ve miktarına göre şebekedeki su kalitesi parametrelerinde değişim gözlemlendiği bilinmektedir. Hangi tesiste hangi dezenfektanın, hangi oranda kullanıldığının bilinmesi şebekedeki bazı biyolojik ve

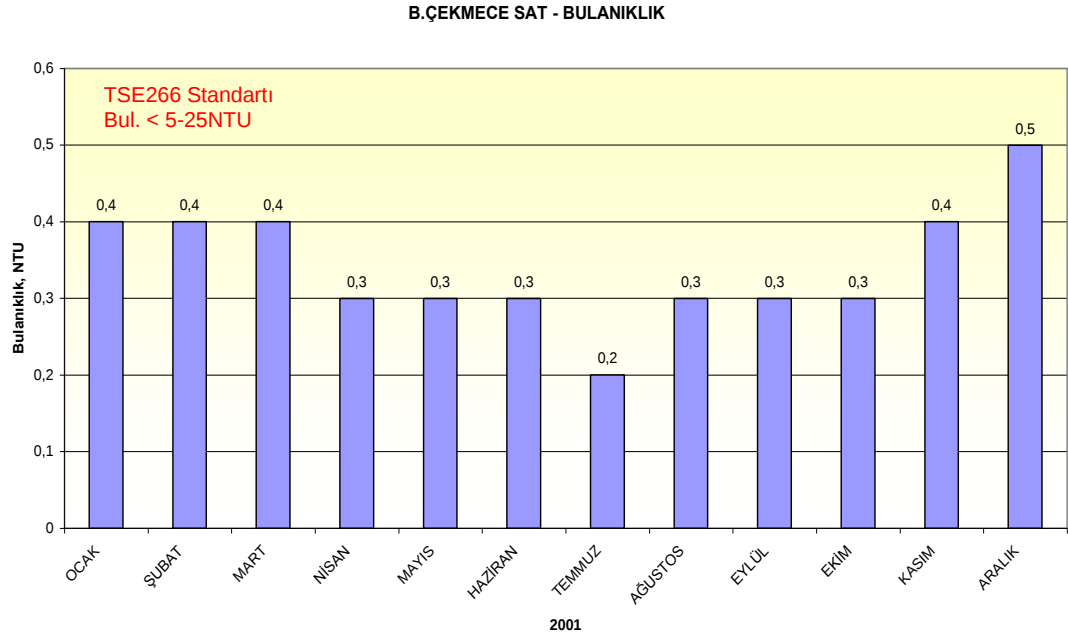
kimyasal reaksiyonları, dolayısıyla su kalitesindeki bozulmayı açıklamakta oldukça faydalı olacaktır.

6.3.2.2 Arıtma Tesisi Çıkışlarında Bulanıklık Parametresinin Zamana Bağlı Değişimi

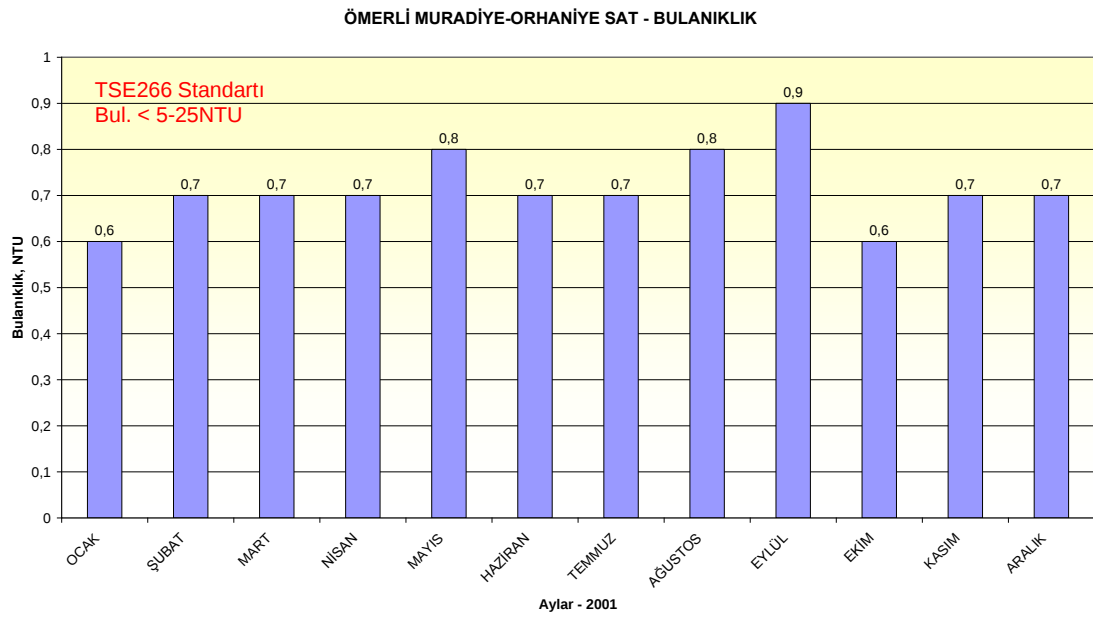
İstanbul içmesuyu arıtma tesisleri çıkışında yapılan düzenli ölçüm sonuçları ile aylara göre bulanıklık-zaman grafikleri elde edilebilmektedir. Bu grafikler Şekil 6.11-15’de verilmektedir.



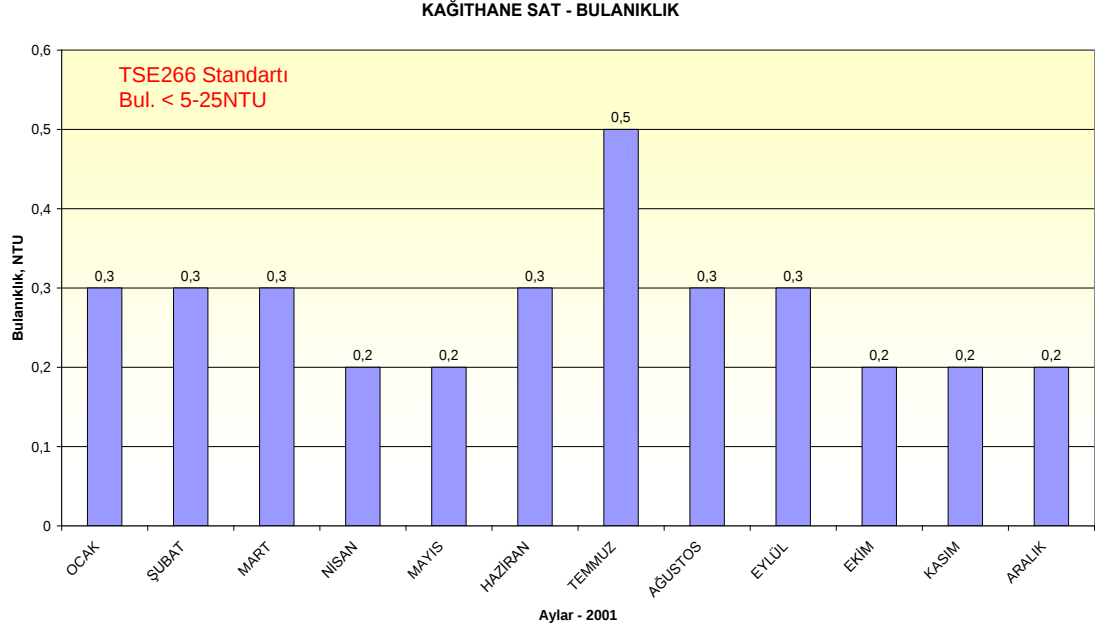
Şekil 6.11 : İkİTELLİ Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.12 : B.Çekmece Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.13 : Ömerli Muradiye-Orhaniye Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.14 : Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Değişimi

Tespit :

TS 266'ya göre Bulanıklık standardı 25 NTU, WHO, AB, EPA standartları ise 5 NTU'dur. Arıtma tesisleri çıkışlarında ölçülen tüm değerlerin standardın oldukça altında olduğu görülmektedir.

İkitelli ve B.Çekmece Su Arıtma tesislerinde 2001 yılı kış aylarındaki Bulanıklık değerlerinin yüksek olduğu gözlenirken(Şekil 6.10-11), Ömerli ve Kağıthane tesislerinde yaz aylarında yüksek değerler ölçülmüştür(Şekil 6.12-13).

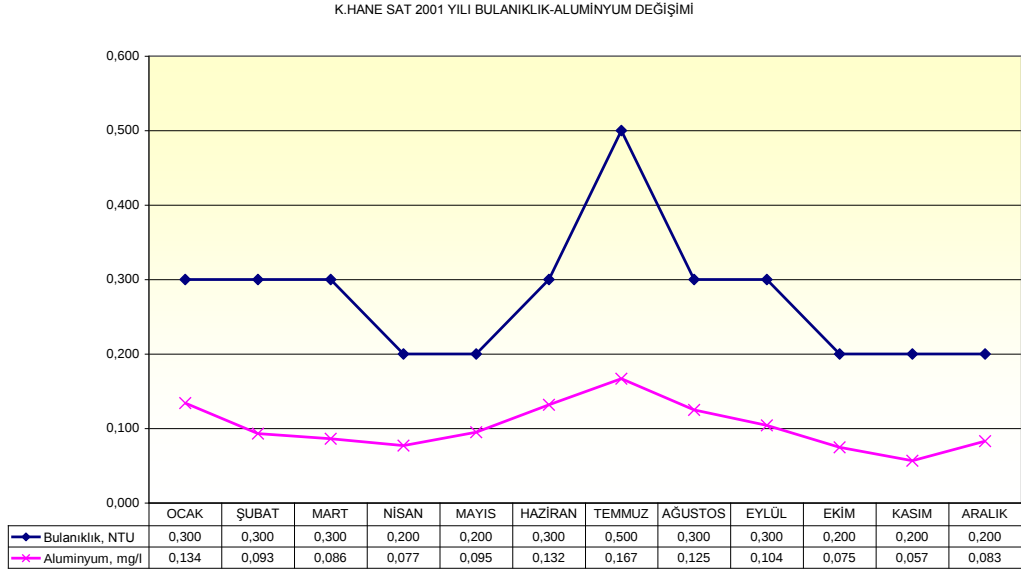
Üretilen Karar :

Bulanıklık parametresi arıtma tesisi performansı ve filtrasyon verimliliği ile yakından alakalıdır. Yüksek bulanıklık seviyelerinde içmesuyunda hastalık yapıcı mikroorganizmalar, virüsler, parazitler ve bazı bakterilerin bulunma ihtimali yüksektir. İstanbul içmesuyu arıtma tesisleri çıkışında suların bulanıklığı oldukça düşük olduğundan bu parametre açısından herhangi bir problem söz konusu değildir. Ancak arıtma tesisi optimizasyonları(pıhtılaştırıcı dozajları, yumaklaştırma işlemi, filtrasyon vb.) bu seviyeleri daha da aşağılara çekecektir.

Arıtma tesislerinin bir kısmında yaz aylarında yüksek bulanıklık değerleri ölçülürken diğerlerinde bulanıklığın düşük çıkması, öncelikle ham su kalitesi(pH

değişiklikleri algler, kısmen içmesuyu havzalarının hidrolojik ve jeolojik yapısıyla) alakalıdır. Sonuçta arıtma tesisi optimizasyonu da oldukça belirleyicidir.

Kağıthane su arıtma tesisi çıkışında pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemleri için kimyasal kullanımı(alüminyum) ve bulanıklık parametrelerinin yıl içindeki değişimi incelenmiş ve Şekil 6.15’de sonuçlar bir grafik halinde verilmiştir.



Şekil 6.15 : Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında Alüminyum ve Bulanıklık Parametrelerinin Yıl İçinde Değişimi

Tespit :

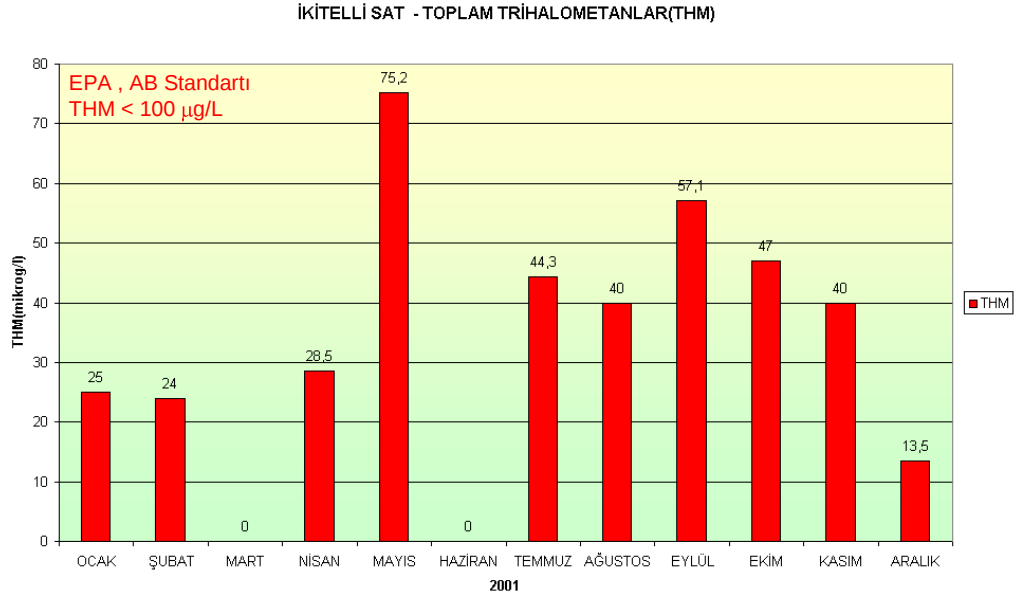
Kağıthane su arıtma tesisinde pıhtılaştırıcı (koagülant) olarak Alüminyum Sülfat kullanılmaktadır. Alum kullanımı ile bulanıklık arasında paralellik görülmektedir. Temmuz ayında bulanıklığın ve alum sarfiyatının arttığı görülmektedir(Şekil 6.15).

Üretilen Karar :

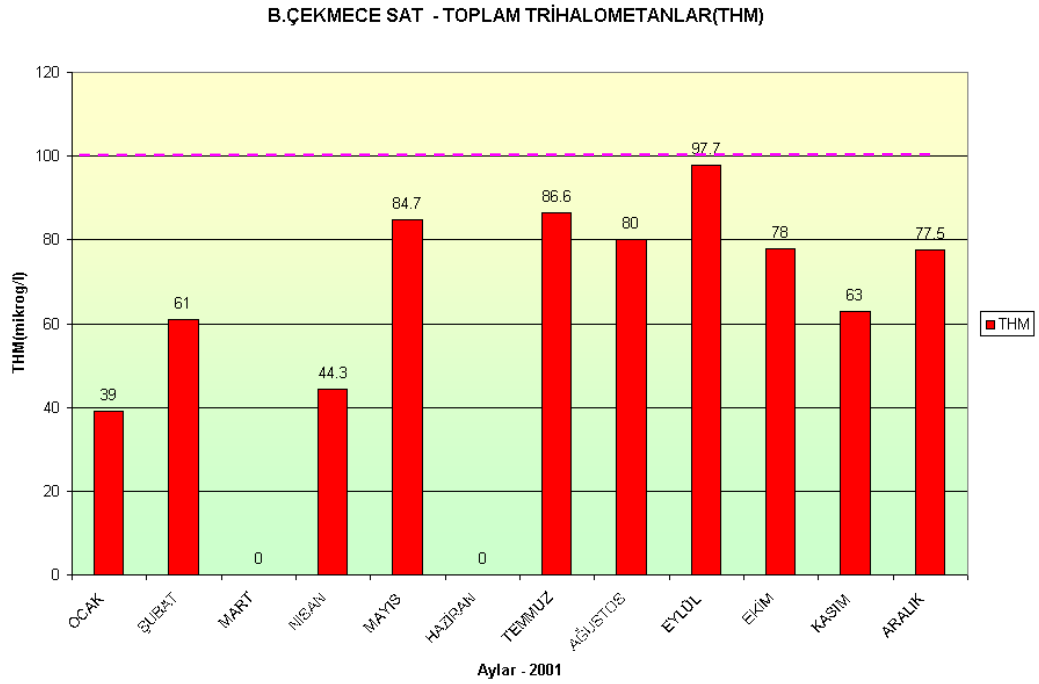
Hamsuyun bulanıklığı arttıkça pıhtılaştırıcı olarak kullanılan Alüminyum Sülfat miktarının arttığı görülmektedir. Temmuz ayında bulanıklıkta artış görüldüğü için(0,5 NTU) arıtma tesisinde uygulanan alum miktarı da(0,167 mg/l) artırılmıştır. Hamsuda, arıtma tesisi çıkışında, depoda ve şebekedeki alüminyum konsantrasyonlarının konumsal olarak incelenmesi optimum alüminyum dozajı hakkında en doğru sonuçları elde etmeye yarayacaktır.

6.3.2.3 Arıtma Tesisi Çıkışlarında THM Parametresinin Zamana Bağlı Değişimi

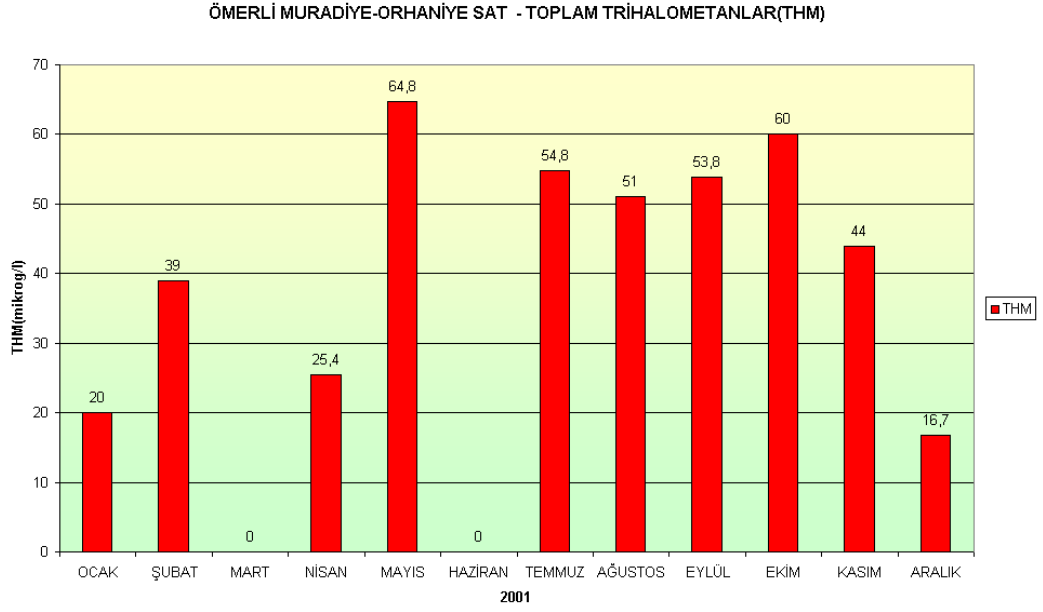
İstanbul içmesuyu arıtma tesisleri çıkışında alınan numune analiz sonuçları ile aylara göre THM-Zaman grafikleri elde edilebilmektedir. Bu grafikler Şekil 6.16-19'da verilmektedir.



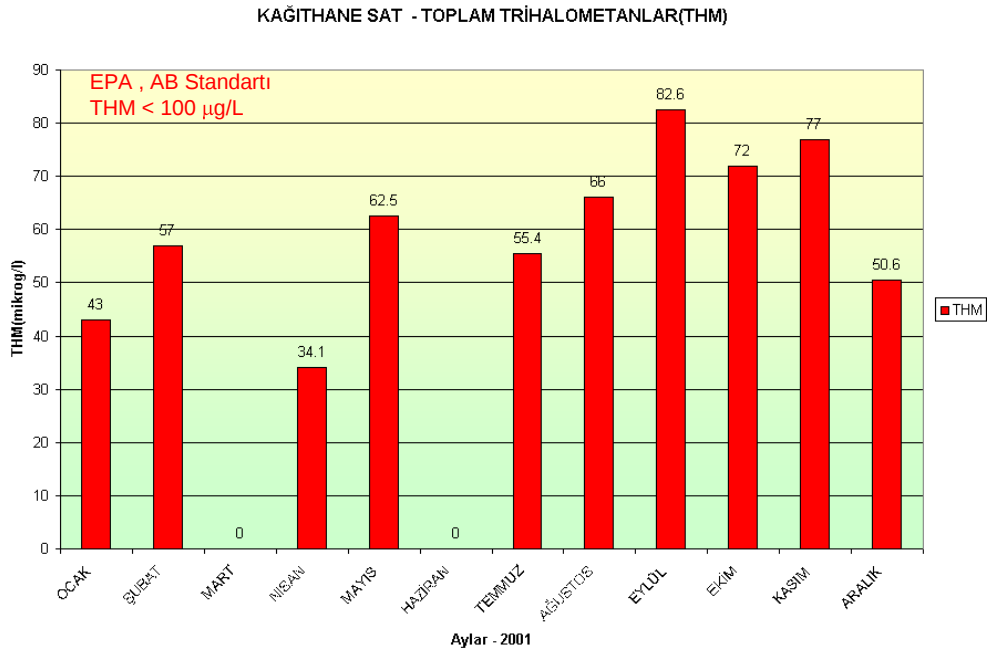
Şekil 6.16 : İkİTELLİ Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.17 : B.Çekmece Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.18 : Ömerli Muradiye-Orhaniye Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi



Şekil 6.19 : Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çıkışında THM Parametresinin Yıl İçinde Değişimi

Tespit :

Tüm su arıtma tesisi çıkışlarında THM standardı (THM < 100 µg/L) sağlanmakla birlikte 2001 yılı yaz ve sonbahar aylarında yüksek kış ve ilkbaharda nispeten düşük THM değerleri gözlenmektedir (Şekil 6.16-19).

Üretilen Karar :

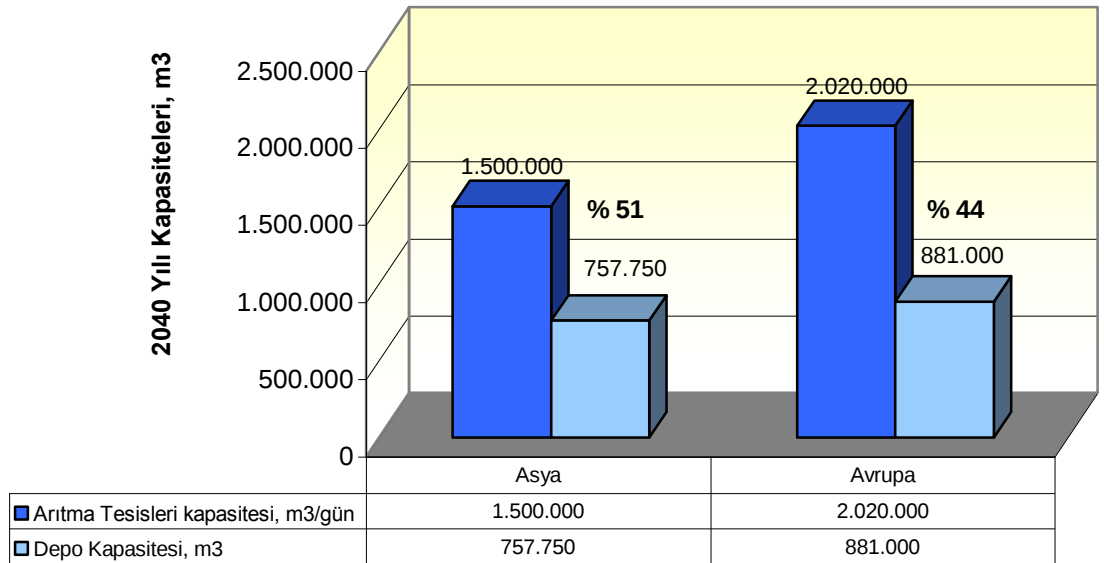
THM oluşumu sıcaklık, pH, organik madde, uygulanan klor miktarı, temas süresi ve ham su kalitesi(Br⁻) ile doğru orantılı olduğundan yaz aylarında THM oluşumu artması normal karşılanmaktadır. THM ile Toplam Organik Karbon(TOC) ölçüm sonuçları arasındaki ilişkinin ile ortaya konulması faydalı olacaktır. Suyun depoda ve şebekede bekleme süresi(su yaşı) arttıkça THM oluşum riski daha fazla artmaktadır.

6.3.3 İçmesuyu Depolarıyla İlgili Analiz ve Değerlendirmeler

İçmesuyu depolarının kapasitelerinin yeterliliği ile depolardaki su kalitesi değişimlerinin incelenmesi aşağıda ayrı ayrı incelenmektedir:

6.3.3.1 Arıtma Tesisleri Kapasitelerinin Depo Kapasitesi ile Karşılaştırılması

İçmesuyu sistemi ile ilgili detaylı sistem analizi EK A-3’de yapılmaktadır. Bu analizden elde edilen verilere göre, mevcut ve gelecekteki arıtma ile depo kapasitelerinin karşılaştırması Şekil 6.20’de verilmektedir.



Şekil 6.20 : Arıtma Tesisleri Kapasitelerinin Depo Kapasiteleri ile Karşılaştırılması

Tespit :

İstanbul’un Asya yakasında günlük olarak arıtılan suyun depolarda tutulma kapasitesi 2040 Yılında $757.750 / 1.500.000 = \% 51$ (mevcut durumda, $582.750 / 840.000 = \% 69$) iken, Avrupa yakasında 2040 Yılında $881.000 / 2.020.000 = \% 44$ (mevcut

durumda, $736.500 / 1.107.000 = \% 67$)’tür.

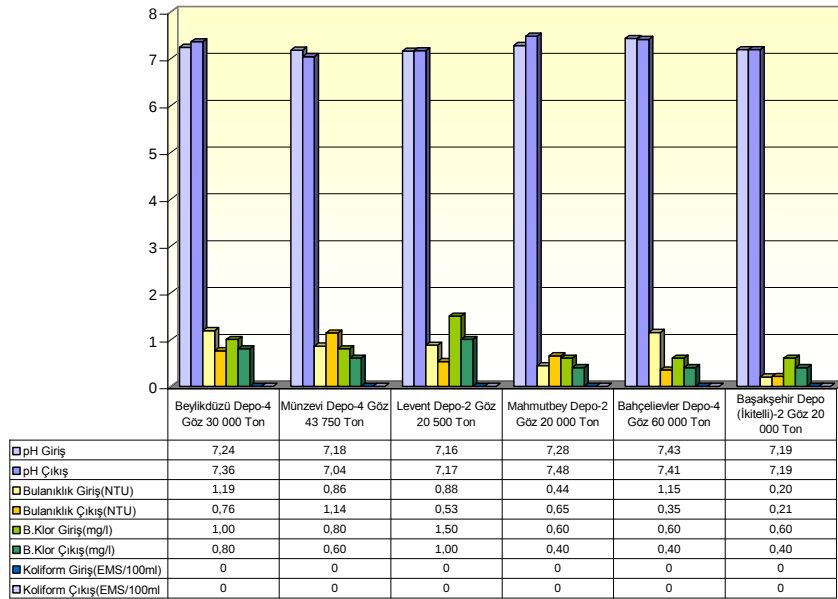
Üretilen Karar :

İstanbul’da günlük arıtılan suyun yarısına yakın kısmı depolanabilmektedir. Bu oranın % 30 civarında olması istenen bir durumdur. % 50 depolama kapasitesi ile şehre sürekli su temininde kısa süreli bir sıkıntı olmayacağı görülmektedir. Ancak bazı depolarda bekletme süresinin yüksek olmasının su kalitesinde bozulmalara yol açacağı göz önünde tutulmalıdır.

6.3.3.2 İçmesuyu Depolarındaki Su Kalitesi Değişiminin İncelenmesi

İstanbul içmesuyu sisteminde yer alan tüm depo giriş ve çıkışlarında belirli periyotlarla numune alımı yapılmaktadır. Böylelikle her bir depodaki su kalitesi değişimi kontrol altında tutulabilmektedir.

İstanbul Avrupa yakasındaki büyük hacimli depoların giriş ve çıkışlarından alınan numunelerle yapılan su kalitesi değişimi grafiği Şekil 6.21’de verilmektedir.



Şekil 6.21 : Avrupa Yakasındaki 20.000 ton ve Üzeri Kapasiteli Depoların Giriş ve Çıkışlarındaki Su Kalitesi Değişimi(Haziran 2003)

Tespit :

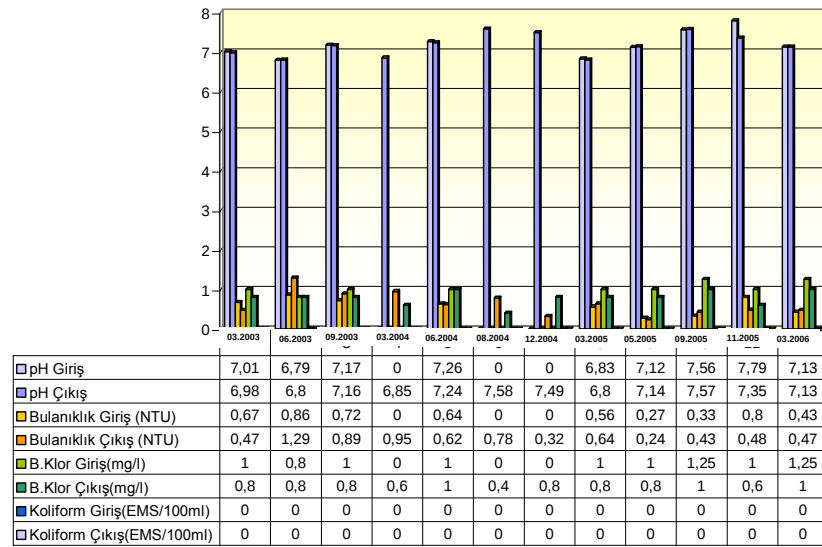
Avrupa yakasındaki büyük hacimli depoların giriş ve çıkışlarında aynı tarih aralığında yapılan ölçümlerde ani değişimler gözlenmemektedir. Ph, bulanıklık ve

T.Koliform parametreleri standartlara uygunluk sağlarken, bakiye klor ölçümleri özellikle depo girişlerinde standartların üzerindedir(Şekil 6.21).

Üretilen Karar :

Depolarda bakiye klor miktarlarının standartların üzerinde olması, şebekede standartların sağlanması açısından normal bir durum olarak karşılanmalıdır. Depoların toplam içmesuyu kalitesi üzerindeki etkisi suyun depoda bekletilme süresine bağlı olarak değişmektedir. Suyun depoda fazla bekletilmesi su yaşını artırmakta dolayısıyla su kalitesini bozucu yönde etki yapmaktadır. Yukarıdaki grafikte incelenen parametreler açısından bir problem olmamakla birlikte, THM parametresinin de izlenmesinde fayda olacaktır.

Depo bazında su kalitesi değişiminin incelenmesine örnek olarak K.Çamlıca deposundaki değerlerin değişimi grafik olarak Şekil 6.22’de verilmektedir.



Şekil 6.22 : Depo Bazında Giriş ve Çıkışlardaki Su Kalitesi Değişiminin İzlenmesi(K.Çamlıca Deposu)

Tespit :

Depo bazında su kalitesi parametreleri deponun giriş ve çıkışlarında pH’ta ortalama % 0.7 azalma, bulanıklıkta %4.8 artma ve bakiye klor %17.8 azalma gözlenmektedir. Koliform bakteriye rastlanmadığından değişim söz konusu değildir. pH ve bulanıklık parametreleri oldukça düşük oranda değişirken, bakiye klordaki değişim dikkat çekicidir.

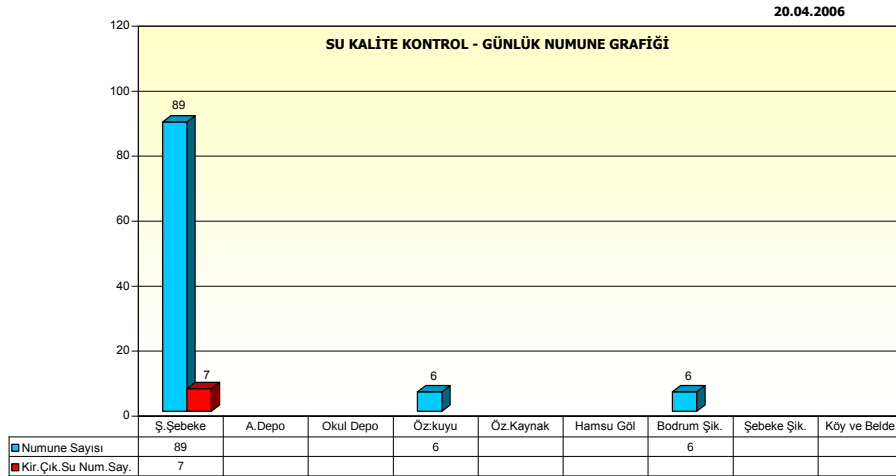
Üretilen Karar :

Bakiye klordaki azalma klorun havaya karışması ve sudaki organik maddelerle reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. Ancak şebeke öncesinde, depoda standartların üzerinde bakiye klor gözlenmesi, bakteriyel kirlenmeye karşı yeterli klorlamanın olduğunu göstermektedir. Depolarda bekletme süresinin artmasına bağlı olarak THM oluşum potansiyelinin artacağı göz önünde tutulmalıdır.

6.3.4 İçmesuyu Şebekesi İle İlgili Analiz ve Değerlendirmeler

6.3.4.1 İçmesuyu Şebekesinde Ölçülen Su Kalitesi Parametrelerine Göre Günlük Performans Değerlendirmesi

İstanbul içmesuyu sisteminden 9 farklı kategoride numune alınmakta ve ölçüm sonuçları günlük olarak raporlanmaktadır(Şekil 6.23).



Şekil 6.23 : İçmesuyu Şebekesinden Alınan Numuneler ve Kirli Çıkan Numune Sayılarının Günlük Olarak Raporlanması

6.3.4.2 İçmesuyu Şebekesinde Ölçülen Su Kalitesi Parametrelerine Göre Yıllık Performans Değerlendirmeleri

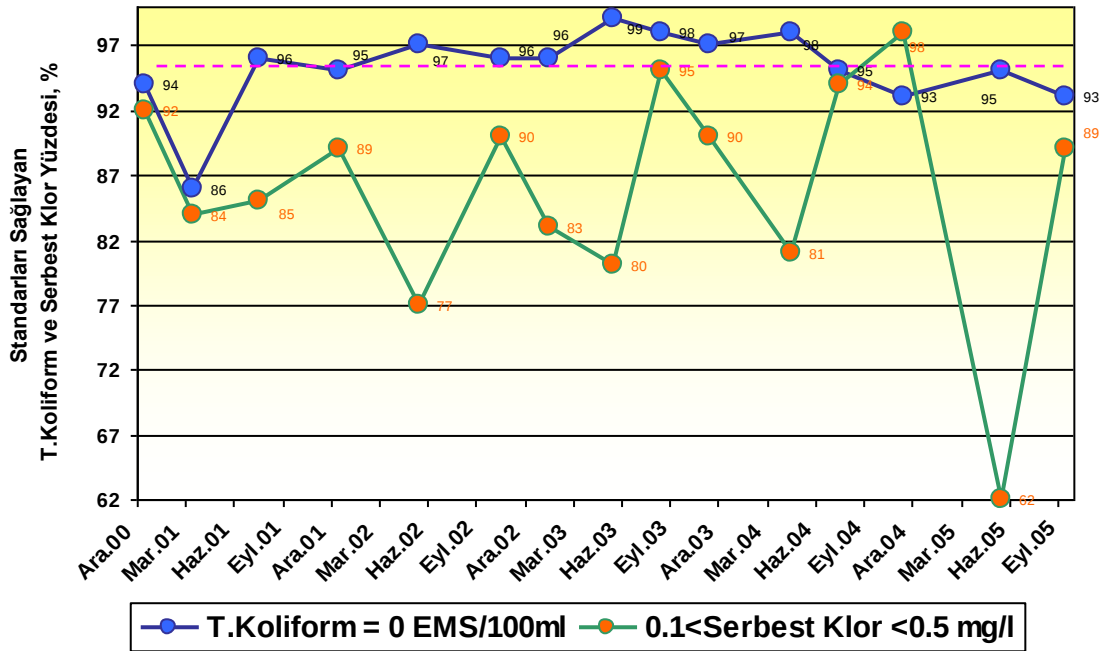
İstanbul içmesuyu şebekesinin tamamında periyodik olarak yürütülen kritik noktalarda su kalitesi tarama sonuçlarına ait örnek özet tablosu Tablo 6.1’de verilmektedir.

Tablo 6.1 : İçmesuyu Şebekesinde Kritik Noktalarda Su Kalitesi Tarama Sonuçları
Örnek Özet Tablosu

22/03/2001 - 25/07/2001 TARİHLERİ ARASI KRİTİK NOKTA 4. TARAMA SONUÇLARI

	TOPLAM KRİTİK N.	BULANIKLIK						SERBEST KLOR						KOLIFORM BAKTERİ EMS/100 ml									
		<5		5-25		>25		<0,1		0,1-0,5		>0,5		0		1-23		24-240		>240			
		Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%	Ad	%		
1. ADALAR	94	94	100	0	0	0	0	0	0	94	100	0	0	91	97	1	1	1	1	1	1		
2. AVCILAR	34	34	100	0	0	0	0	0	0	34	100	0	0	31	91	1	3	2	6	0	0		
3. BAĞCILAR	34	34	100	0	0	0	0	0	0	34	100	0	0	34	100	0	0	0	0	0	0		
4. BAĞÇELİEVLER	45	45	100	0	0	0	0	0	0	45	100	0	0	43	96	2	4	0	0	0	0		
5. BAKIRKÖY	44	44	100	0	0	0	0	0	0	44	100	2	5	44	100	0	0	0	0	0	0		
6. BAYRAMPAŞA	49	49	100	0	0	0	0	0	0	49	100	0	0	47	96	2	4	0	0	0	0		
7. BEŞİKTAŞ	58	58	100	0	0	0	0	0	0	58	100	0	0	53	91	5	9	0	0	0	0		
8. BEYKOZ	103	103	100	0	0	0	0	2	2	101	98	0	0	100	97	2	2	0	0	1	1		
9. BEYOĞLU	121	121	100	0	0	0	0	5	4	107	88	9	7	116	96	5	4	0	0	0	0		
10. B.ÇEKMECE	55	55	100	0	0	0	0	0	0	29	53	26	47	53	96	0	0	2	4	0	0		
11. DARICA	39	39	100	0	0	0	0	0	0	39	100	0	0	39	100	0	0	0	0	0	0		
12. EMINÖNÜ	46	46	100	0	0	0	0	0	0	20	43	26	57	45	98	0	0	1	2	0	0		
13. ESENLER	197	197	100	0	0	0	0	11	6	183	93	3	2	165	84	23	12	4	2	5	3		
14. EYÜP	30	30	100	0	0	0	0	0	0	26	87	4	13	29	97	1	3	0	0	0	0		
15. FATİH	370	370	100	0	0	0	0	0	0	370	100	0	0	361	98	5	1	2	1	2	1		
16. G.O.PAŞA	64	64	100	0	0	0	0	1	2	54	84	9	14	62	97	1	2	1	2	0	0		
17. GÜNGÖREN	18	18	100	0	0	0	0	0	0	18	100	0	0	18	100	0	0	0	0	0	0		
18. KADIKÖY	181	181	100	0	0	0	0	0	0	98	54	83	46	173	96	3	2	0	0	5	3		
19. KAĞITHANE	168	168	100	0	0	0	0	0	0	64	38	104	62	164	98	4	2	0	0	0	0		
20. KARTAL	43	43	100	0	0	0	0	0	0	43	100	0	0	42	98	1	2	0	0	0	0		
21. K.ÇEKMECE	59	59	100	0	0	0	0	0	0	59	100	0	0	58	98	1	2	0	0	0	0		
22. MALTEPE	70	70	100	0	0	0	0	0	0	32	46	38	54	70	100	0	0	0	0	0	0		
23. PENDİK	85	85	100	0	0	0	0	0	0	85	100	0	0	84	99	1	1	0	0	0	0		
24. SARIYER	57	57	100	0	0	0	0	0	0	50	88	7	12	56	98	1	2	0	0	0	0		
25. SULTANBEYLİ	16	16	100	0	0	0	0	0	0	16	100	0	0	16	100	0	0	0	0	0	0		
26. ŞİŞLİ	58	58	100	0	0	0	0	0	0	58	100	0	0	58	100	0	0	0	0	0	0		
27. TUZLA	117	117	100	0	0	0	0	0	0	116	99	1	1	114	97	1	1	1	1	1	1		
28. ÜMRANİYE	113	113	100	0	0	0	0	1	1	106	94	6	5	108	96	2	2	0	0	3	3		
29. ÜSKÜDAR	34	34	100	0	0	0	0	0	0	18	53	16	47	34	100	0	0	0	0	0	0		
30. ZEYTİNBURNU	92	92	100	0	0	0	0	0	0	75	82	17	18	86	93	1	1	3	3	2	2		
GENEL TOPLAM	2494	2494	100	0	0	0	0	20	1	2125	85	351	14	2394	96	63	3	17	1	20	1		

Kritik noktalardaki tarama sonuçlarından elde edilen verilerle çeşitli su kalitesi parametrelerine göre değerlendirmeler yapılabilmektedir. İçmesuyu şebekesinde standartları sağlayan T.Koliform ve Serbest klor ölçüm yüzdelerinin yıllara göre değişimi Şekil 6.24’de gösterilmektedir.



Şekil 6.24 : İçmesuyu Şebekesinde Standartları Sağlayan T.Koliform ve Serbest Klor Ölçüm Yüzdelerinin Yıllara Göre Değişimi

Tespit :

Aralık 2000 - Eylül 2005 arasında beş yıllık periyotta Ort(Top.Koliform) = 94,6, Ort(S.Klor) = 84,6 olduğu görülmektedir.

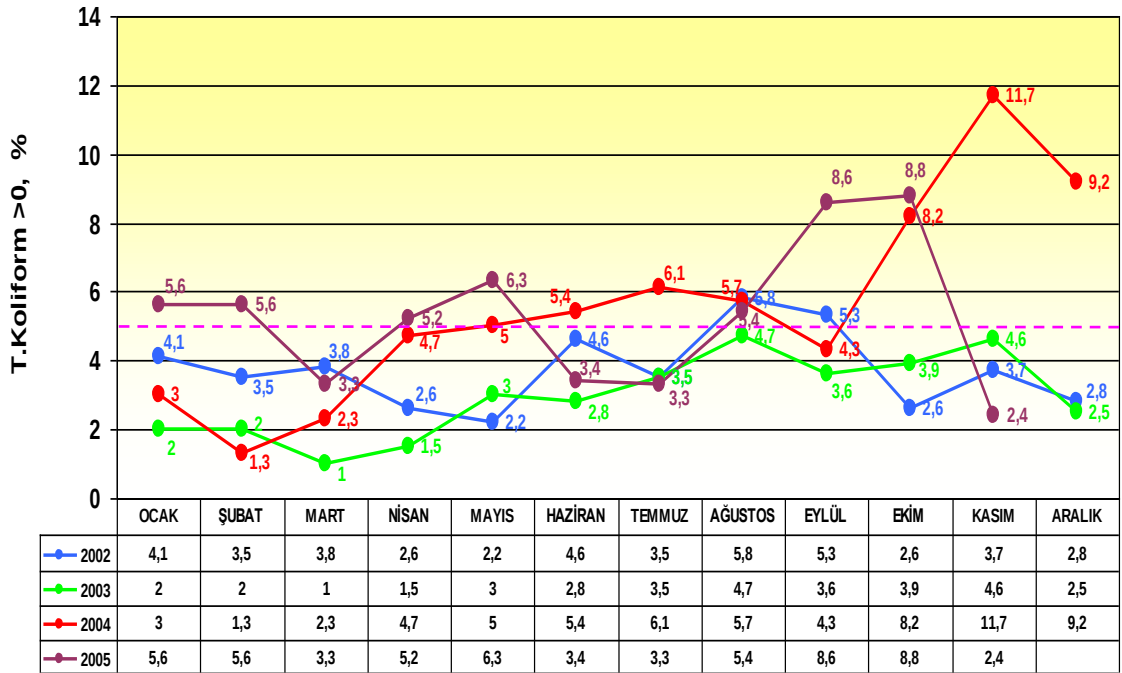
Şebekede standartlara uygun bakiye klor rastlanmasına rağmen, mikrobiyolojik kirliliğin önlenemediği görülmektedir(Mart 2005).

Üretilen Karar :

Şebekedeki su kalitesi performansının T.Koliform parametresine göre standardı en az %95 sağlama hedefine uyduğu söylenebilir.

Şebekede yüksek bakiye klor oranlarında dahi koliform bakteriye rastlanmasının sebebi boru sonu deşarjlarının düzenli yapılmaması ve sistemin izole (boru kırıkları, şube yolu tamiri, su kesintisi vb.) bir sistem olmamasıdır.

İçmesuyu şebekesinde standartları sağlamayan T.koliform ölçüm yüzdelerinin yıllara göre değişimi ise Şekil 6.25’de verilmektedir.



Şekil 6.25 : İçmesuyu Şebekesinde Standartları Sağlamayan T.Koliform Ölçüm Yüzdelerinin Yıllara Göre Değişimi

Tespit :

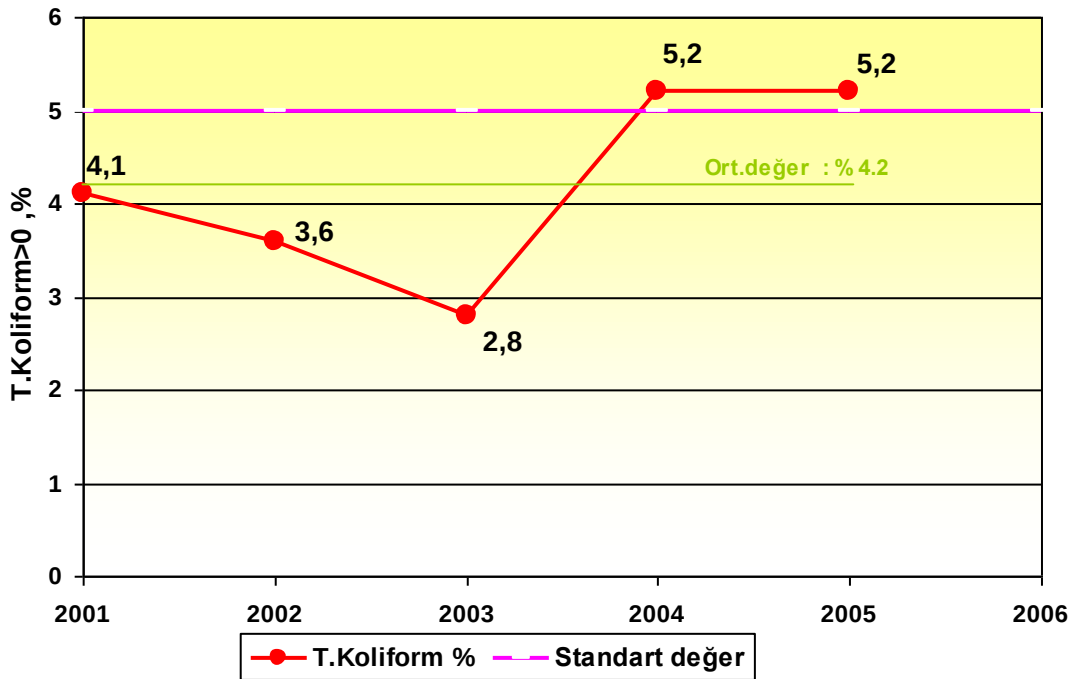
Şebekedeki su kalitesi performansının 2002-2005 arasında dört yıllık zaman diliminde aylık olarak yapılan ölçümlerde, 2002 ve 2003’te T.Koliform parametresine göre ortalama değer olarak standardı %5 sağlamama hedefine

uymaktadır. 2004 ve 2005 yıllarında su kalitesi hedefinin sağlanamadığı görülmektedir. 2003 yılı Mart ayında (%1) en iyi performans gözlenirken, 2004 kasım ayında (%11.7) en kötü performans gözlenmektedir.

Üretilen Karar :

Şebekede işletme performansının genel değerlendirmesine göre işletme önlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Herhangi bir sebeple şebekede kirliliğin en fazla biriktiği ölü noktalar ve boru sonlarının düzenli deşarjı su kalitesini yükseltmekte kullanılan önemli bir önlem olacaktır.

İçmesuyu şebekesinde T.koliform parametresine göre performans değerlendirmesi yapılabilmektedir. Buna ait değerlendirme Şekil 6.26'da yapılmaktadır.



Şekil 6.26 : İçmesuyu Şebekesinde T.Koliform Parametresine Göre Performans Değerlendirme Grafiği

Tespit :

2001-2005 arasında beş yıllık periyotta Toplam koliform parametresinin ortalama değerinin %4.2 olduğu görülmektedir. 2004 ve 2005 yıllarında T.Koliform'da artış meydana geldiği görülmektedir.

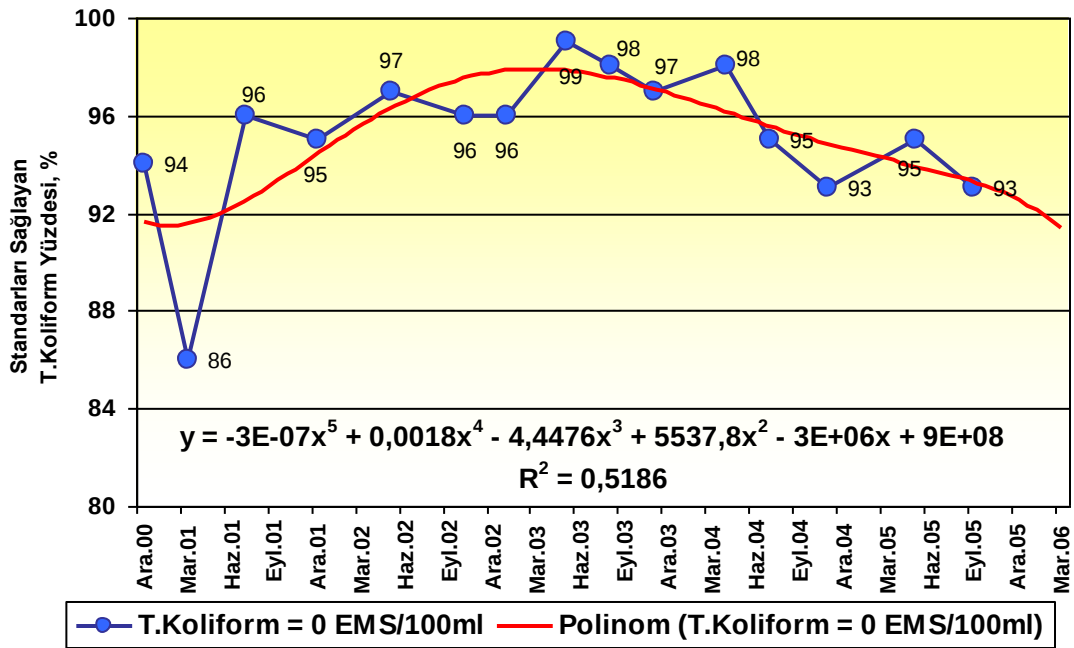
Üretilen Karar :

Şebekedeki su kalitesi performansının T.Koliform parametresine göre ortalama değer olarak standardı %5 sağlamama hedefine uyduğu söylenebilmekle birlikte 2004 ve

2005 yıllarında su kalitesi hedefinin sağlanamadığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi boru sonlarında düzenli olarak yapılması gerekli deşarjların yapılmamasıdır.

Burada dikkat edilmesi gerekli önemli bir nokta, bu değerlerin şebekede su kalitesinin en kötü olduğu kabul edilen boru sonlarından(kritik nokta) alınan numunelere ait olmasıdır. Dolayısıyla tüm şebekeden alınan numunelere göre performansın bir miktar daha yüksek olacağını tahmin etmek zor olmayacaktır.

İçmesuyu şebekesinden alınan numunelerden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre standartları sağlayan T.koliform değerlerinin eğiliminin belirlenmesi amacıyla bir analiz yapılmıştır(Şekil 6.27)



Şekil 6.27 : İçmesuyu Şebekesinde Standartları Sağlayan T.Koliform Yüzdelatine Eğri Uydurulması

Tespit :

İçmesuyu kalitesi standartlarını sağlayan T.koliform yüzdelerinin zamana bağlı değişim grafiğinden 5. dereceden polinomal eğri geçirilmekte, fakat regresyon katsayısının düşük olduğu görülmektedir(Şekil 6.27).

Üretilen Karar :

Regresyon katsayısının 0.52 civarında olması, uydurulan eğrinin gerçek eğriyi temsil etmediğini göstermektedir. Lineer, üssel, polinomal eğri uydurma yöntemlerin

dışında bulanık mantık, yapay zeka gibi yöntemlerle eğrinin formülize edilebilmesi durumunda geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak söz konusu olabilecektir.

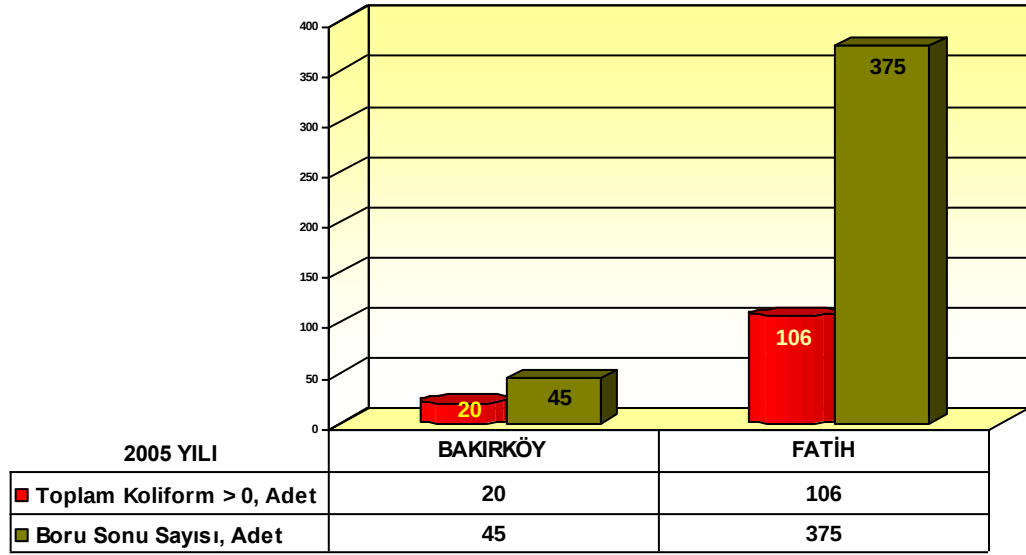
İçmesuyu şebekesinde farklı numune alma periyotlarına ait toplam kritik nokta sayısı ile bulanıklık, serbest klor ve T.koliform ölçümü yüzdelerinin numune alma periyotlarına göre değişimi özet tablosu Tablo 6.2’de verilmektedir.

Tablo 6.2 : İçmesuyu Şebekesinde Toplam Kritik Nokta Sayısı ile Bulanıklık, Serbest Klor ve T.Koliform Ölçümü Yüzdelerinin Numune Alma Peryotlarına Göre Değişimi Özet Tablosu

PERYOT	TARİH ARALIĞI		TOPLAM KRİTİK NOKTA SAYISI	BULANIKLIK						SERBEST Klor						KOLİFORM BAKTERİ EMS / 100 ml							
				<5		5-25		>25		<0,1		0.1-0.5		>0.5		0		1-23		24-240		>240	
				Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%	Ad.	%
1	29.05.00	31.08.00	2540	2477	98	59	2	4	0	98	4	1636	64	806	32	2150	85	202	8	100	4	87	3
2	15.09.00	01.12.00	2566	2538	99	28	1	0	0	7	0	2352	92	207	8	2413	94	91	4	32	1	30	1
3	04.12.01	21.03.01	2550	2525	99	21	1	4	0	74	3	2144	84	335	13	2447	96	62	2	25	1	19	1
4	22.03.01	25.07.01	2494	2494	100	0	0	0	0	20	1	2125	85	351	14	2394	96	63	3	17	1	20	1
5	27.07.01	14.12.01	2461	2455	100	6	0	0	0	27	1	2201	89	233	10	2337	95	63	2	38	2	23	1
6	24.12.01	31.05.02	2551	2551	100	0	0	0	0	2	0	1965	77	584	23	2475	97	57	2	13	1	5	0
7	03.06.02	22.10.02	2566	2563	100	3	0	0	0	13	0	2309	90	244	10	2457	96	74	3	31	1	4	0
8	16.10.02	19.01.03	2456	2040	83	412	17	2	0	2	0	2049	83	405	16	2374	96	63	3	13	1	6	0
9	20.01.03	09.05.03	2716	1772	65	942	35	2	0	0	0	2170	80	536	20	2681	99	24	1	7	0	4	0
10	10.05.03	12.08.03	2532	1923	76	606	24	4	0	0	0	2407	95	125	5	2476	98	30	1	28	1	5	0
11	13.08.03	14.11.03	2544	1891	74	632	25	21	1	0	0	2287	90	257	10	2476	97	29	1	13	1	4	0
12	15.11.03	05.04.04	2639	2089	79	549	21	1	0	0	0	2150	81	489	19	2577	98	49	2	9	0	2	0
13	11.03.03	10.07.04	2637	2124	81	511	19	1	0	0	0	2482	94	155	6	2511	95	88	3	27	2	11	0
14	01.07.04	17.11.04	2631	2080	79	543	21	5	0	0	0	2591	98	41	2	2448	93	130	5	44	2	8	0
15	17.11.04	04.05.05	2600	1983	76	610	23	7	0	0	0	1603	62	1000	38	2464	95	112	4	19	1	0	0
16	02.05.05	20.09.05	2600	2114	81	485	19	1	0	3	0	2313	89	284	11	2424	93	125	5	45	2	0	0

6.3.4.3 İçmesuyu Şebekesinde Boru Sonu-Bakteriyel Kirlilik İlişkisinin Analizi

İçmesuyu şebekelerinde boru sonu, kritik nokta ve ölü alanlarda hız azalmasından dolayı çökeltme işlemi artmaktadır. Ayrıca su kesintisinden sonra boru çeperlerinde bulunan biofilm tabakası da parçalanarak bu noktalarda birikmektedir. Bu durum boru sonu-bakteriyel kirlilik ilişkisinin incelenmesini önemli hale getirmektedir(Şekil 6.28 - 29)



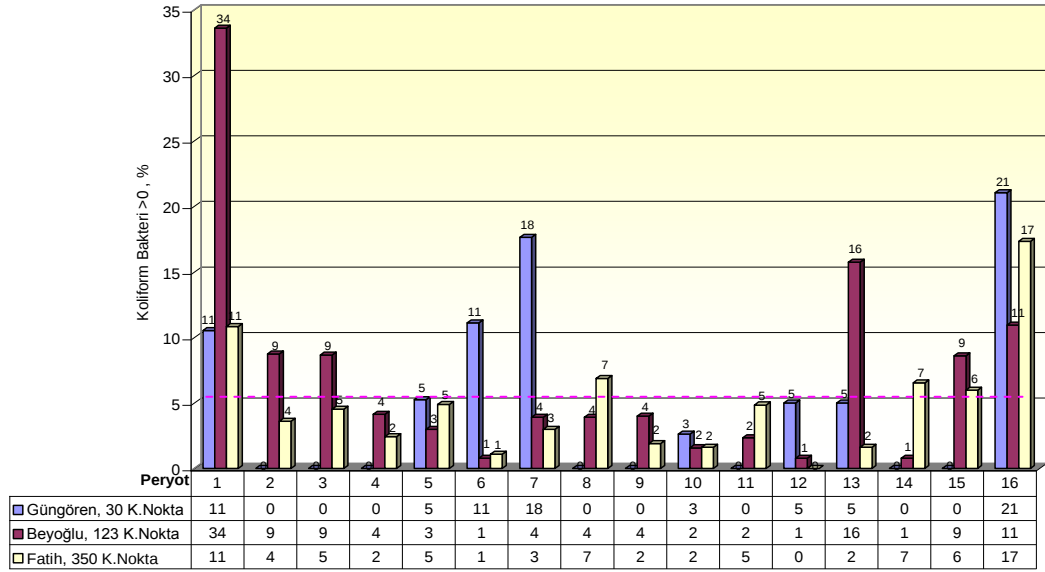
Şekil 6.28 : Boru Sonu Sayısı İle Standardı Sağlamayan T.Koliform Sayılarının Karşılaştırması

Tespit :

İçmesuyu şebekelerinde tüm şebekeden alınan numunelerle boru sonu sayısı farklı ilçelerde mukayese edildiğinde mikrobiyolojik kirlenmenin arttığı görülmektedir (Şekil 6.28).

Üretilen Karar :

Tüm şebekeden alınan numunelerle bölgedeki boru sonu sayıları karşılaştırıldığında mikrobiyolojik kirliliğin arttığı görülmektedir. Boru sonlarında ve şebekede oluşan ölü noktalarda hızın azalması sebebiyle çökelmeler meydana gelmektedir. Ayrıca su kesintisinden sonra boru çeperlerinde bulunan biofilm tabakaları da kısmen parçalanarak bu kritik noktalarda birikmektedir. Boru sonlarında oluşan bu birikintiler arttıkça, suyun ters yönde hareketi ile şebekeye ve kullanıcının musluğuna ulaşmaktadır. Bu sebeple mevcut boru sonlarının periyodik olarak (3 ayda 1 saat gibi) deşarj edilmesi ile bu birikintiler sudan uzaklaştırılacak, su kalitesinde önemli iyileştirmeler sağlanacaktır. Mevcut boru sonu sayısının azaltılması yönünde çalışmalar yapılması önem taşımaktadır. Su kesilmelerinden sonra boru sonlarından deşarj yapılması da su kalitesini olumlu yönde iyileştirecektir. İstanbul'un üç farklı ilçesinde şebekede kritik nokta sayıları ile standartları sağlamayan T.Koliform yüzdelerinin değişimi Şekil 6.29'da verilmektedir.



Şekil 6.29 : İçmesuyu Şebekesinde İlçe Bazında Ortalama Kritik Nokta Sayısı – Standartları Sağlamayan T.Koliform Yüzdelерinin Değişimi

Tespit :

İçmesuyu şebekesinde sadece kritik noktalardan alınan numunelerin ölçüm sonuçlarına göre kritik nokta sayısı daha az olan Güngören’de 1, 6, 7 ve 16. periyotlarda su kalitesinin daha kötü olduğu görülmektedir(Şekil 6.29).

Üretilen Karar :

Boru sonu deşarjlarının düzenli yapılmadığı, işletmede çalışanların boru sonu deşarjları konusunda performanslarının düşük olduğu veya bir takım işletme problemlerinin olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

6.3.5 Su Kalitesi Parametrelerinin Konumsal Değişiminin İncelenmesi

İçmesuyu arıtma tesisi, depo çıkışı ve bu depodan İlçenin su kalitesinin en kritik olduğu(muhtemelen en kirli) noktalardan düzenli olarak yılın farklı aylarında alınan su numuneleri ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre konumsal değişim grafikleri elde edilebilmektedir.

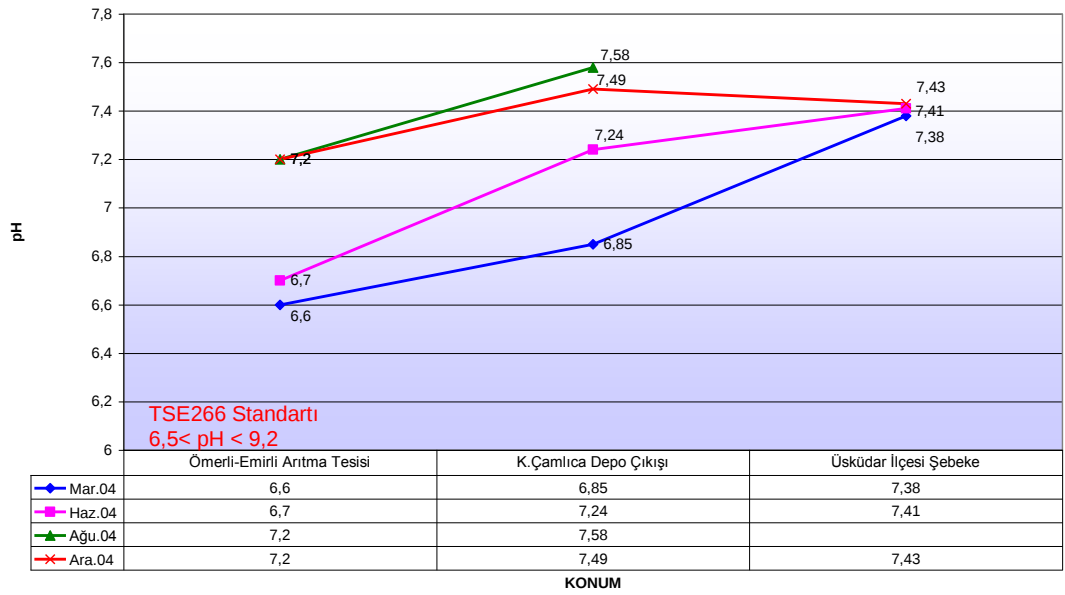
Üsküdar ilçesini besleyen K.Çamlıca deposu ve bu depoyu besleyen Ömerli-Emirli Su Arıtma tesislerinin haritada gösterimi Şekil 6.30’dadır. Bu tesislerden alınan numune sonuçları baz alınarak oluşturulan pH, bulanıklık ve bakiye klor parametrelerinin konumsal değişimi Şekil 6.31-32-33’de görülmektedir. Arıtma ve

depo çıkışlarında yapılan ölçüm sonuçlarına göre koliform bakteriye rastlanmadığından bu parametre için grafik çizilmemiştir.



Şekil 6.30 : Ömerli Su Arıtma Tesisi, K.Çamlıca İsale Deposu ve Üsküdar İlçesinin Harita Üzerinde Gösterimi

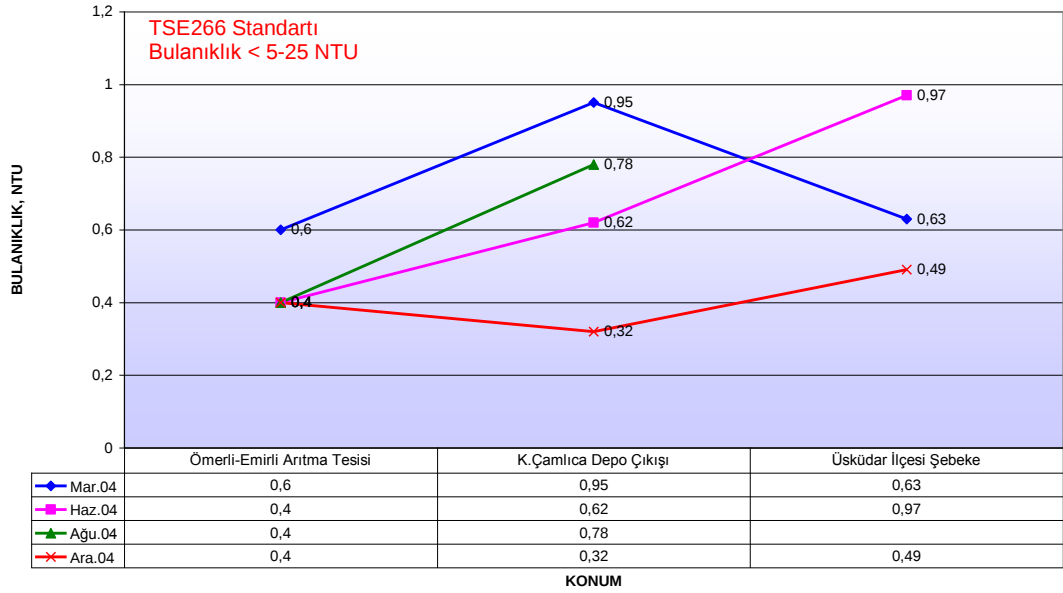
Üsküdar ilçesinde kritik noktalarda ölçülen su kalitesi parametrelerine ait değerler birbirine (+/-) %10 yakınlıkta olduğu için aritmetik ortalama değerleri alınmıştır.



Şekil 6.31 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde pH Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi

Tespit: pH değerlerinin TSE 266(6,5-9,2) standartlarını sağladığı görülmektedir. Arıtma tesisinden şebekeye kadar pH değerinde bir yükselme olduğu görülmektedir.

Üretilen Karar: pH değerleri büyük oranda ham su karakteri ile doğru orantılıdır. Şebekede boru içerisindeki suda zamana bağlı kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar pH değerinin yükselmesine sebep olur.



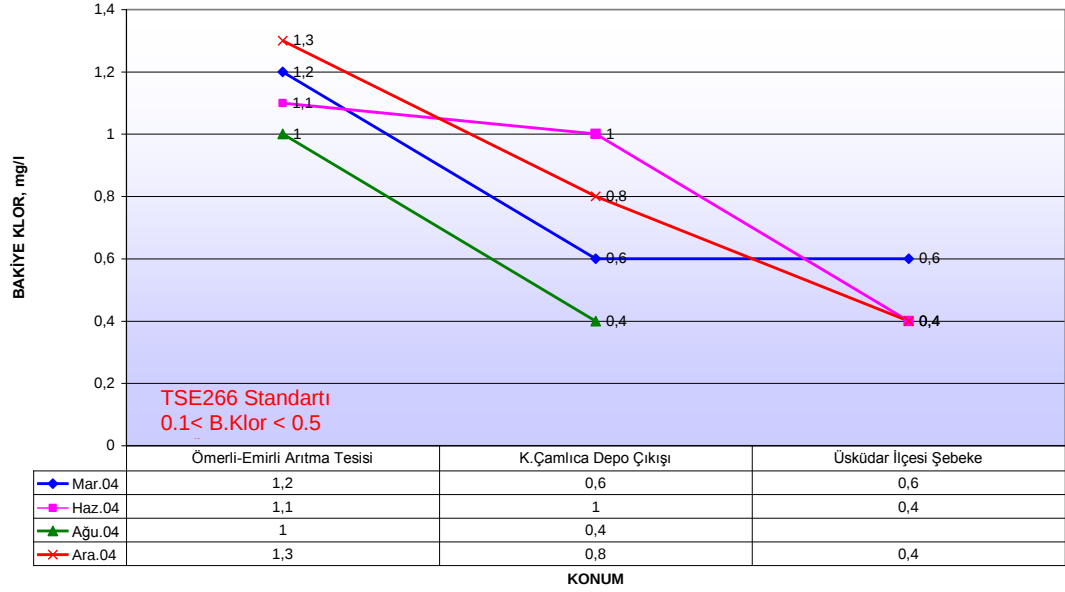
Şekil 6.32 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde Bulanıklık Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi

Tespit:

Tüm içmesuyu sisteminde Bulanıklık değerleri standartların oldukça altındadır. Arıtma çıkışından depoya ve şebekeye gidişte suyun bulanıklık değerlerinde genel bir artış olmasına rağmen, düzgün bir trend gözlenmemektedir.

Üretilen Karar :

Bulanıklık ölçümleri arıtma tesisi çıkışlarında yerinde yapılırken, depo ve şebekeden alınan numunelerde ölçümler yerinde yapılmamaktadır. Bu sebeple ölçümler yerinde yapılarak, taşıma esnasında sonuçların doğruluğunu etkileyecek etkiler devre dışı bırakılmalıdır. Bulanıklığın yüksek olması durumunda, arıtma ve dağıtım tesislerindeki hidrolik ve diğer su kalitesi parametrelerinin değişimi ve işletme problemleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.



Şekil 6.33 : Ömerli İçmesuyu Sisteminde Bakiye Klor Parametresinin Yıl İçinde Konumsal Değişimi

Tespit :

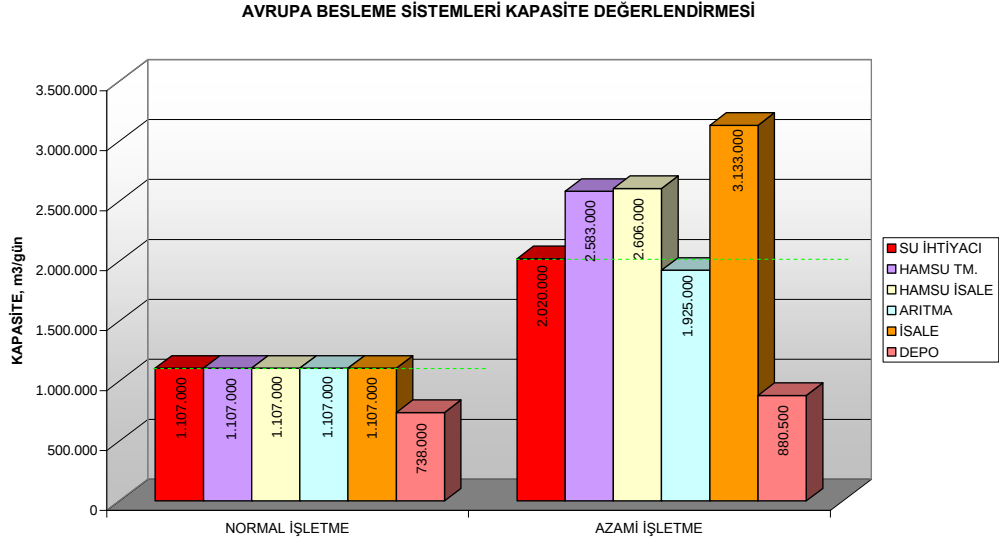
Arıtma tesisi çıkışlarında ve depolarda bakiye klor miktarları standart değerlerin (0.1-0.5 mg/l) üzerindedir. Şebekede bakiye klor miktarlarının azaldığı görülmektedir.

Üretilen Karar :

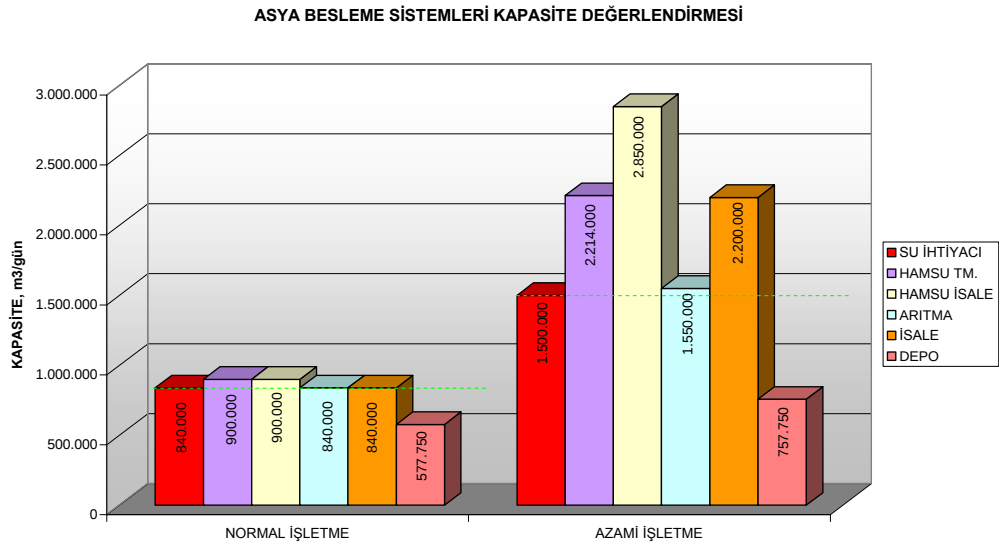
Arıtma ve depolardaki B.Klor miktarlarının yüksekliği şebeke suyundaki standartları sağlamak içindir. Şebekede standartların sağlandığı görülmektedir. Su yaşı arttıkça bakiye klor miktarı da azalmaktadır. Serbest klor miktarındaki azalmanın bir diğer sebebi sıcaklığa bağlı olarak klorun buharlaşmasıdır. Ayrıca verilen miktarlar itibariyle THM oluşumu da kontrol altında tutulmaktadır.

6.3.6 İstanbul'da İçmesuyu İhtiyacı ile Tesis Kapasitelerinin Birlikte Değerlendirilmesi

İstanbul'un içmesuyu sistem analizi EK A-3'de detaylı olarak yapılmış olup, bu analiz sonuçlarına göre değerlendirme grafikleri Şekil 6.34 ve 35'de verilmektedir.



Şekil 6.34 : İstanbul Avrupa Yakası Su Arıtma Tesisi Besleme Sistemleri Kapasite Değerlendirmesi



Şekil 6.35 : İstanbul Asya Yakası Su Arıtma Tesisi Besleme Sistemleri Kapasite Değerlendirmesi

Tespit :

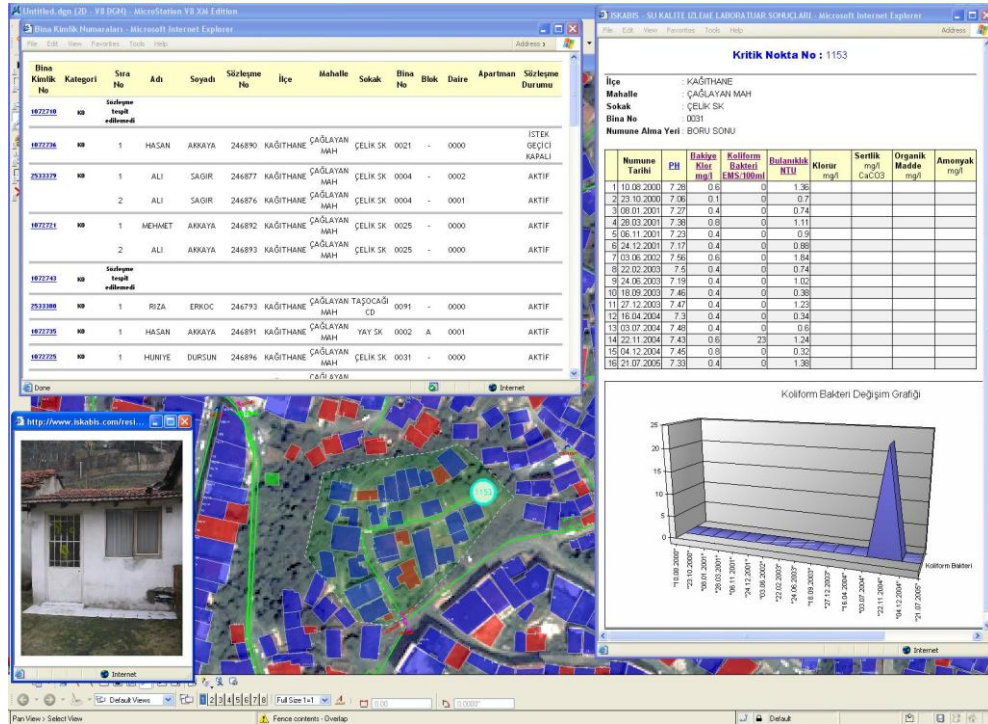
Asya ve Avrupa yakalarında su ihtiyacı ile tesis kapasiteleri (ham su TM, ham su isale hattı, arıtma tesisleri, isale hattı ve depo) karşılaştırıldığında normal işletme koşullarında problem olmadığı görülmektedir. Azami işletme koşullarında Avrupa yakasında arıtma kapasitesinin artırılması gerektiği görülmektedir.

Üretilen Karar :

Asya ve Avrupa yakasının tesis kapasitelerinin kendi su ihtiyaçlarını karşıladığı görülmektedir. Bu durumda normal işletme koşullarında Asya yakasındaki Ömerli Arıtma tesisinin boğaz geçişi ile Avrupa yakasının Baltalimanı'ndan Bahçelievler'e kadar alt servislerini beslemesinin gereksiz olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Böylelikle Asya'dan Avrupa yakasına su transferine gerek kalmayacak ve su yaşının artması dolayısıyla su kalitesinin bozulması önenecektir.

6.3.7 İçmesuyu Şebekesi ve Müşteri Bilgi Sistemi İle İlgili Analiz ve Değerlendirmeler

Coğrafi bilgi sistemi teknolojisi farklı veritabanlarından ve haritalardan(grafik bilgi) faydalanarak çeşitli analizler yapılmasına imkan tanımaktadır. İstanbul'da binalar CBS teknolojisi kullanılarak “akıllı” hale getirilmiş olup, su müşterileri oturdukları binalar bazında takip edilebilmektedir. Aynı şekilde içmesuyu şebeke hatları ve kritik noktalar da “akıllı” hale getirilerek şebekedeki boru bilgileri ve su kalite parametreleri takip edilebilmektedir. Bu “akıllı” tabakaların birbirleriyle etkileşimine örnek bir analiz Şekil 6.36'da gösterilmektedir.



Şekil 6.36 : İçmesuyu Şebekesinde Kritik Noktalardaki Su Kalitesi ve Etkilenen Müşteri Bilgileri

Tespit :

1153 No'lu boru sonunda 5 yıllık periyotta bakiye klor ortalaması 0.47 mg/l (std. 0.1-0.5 mg/l), pH ortalaması 7.35 ve bulanıklık ortalaması 0.92 NTU'dur. 22.11.2004 tarihinde B.klor değeri 0.6 mg/l, bulanıklık değeri 1.24 (ortalamaların üstünde) iken T.Koliform değeri 23 EMS/100ml'dir(Şekil 6.36).

Üretilen Karar :

Boru sonu adresi, Kağıthane arıtma tesisine yakın olması (planda 2.3 km) sebebiyle şebekedeki bakiye klor miktarı standartın üst sınırına yakındır. Bulanıklık parametresinin de ortalamanın üzerinde olması sebebiyle koliform bakteriye rastlanması (23 EMS/100ml) normal sayılmaktadır. Bu borudan su kullanan abonelere ait ad, soyad, adres, sözleşme, su kullanım durumu gibi bilgiler harita ortamında bölge çevrelenerek tespit edilebilmektedir. T.Koliform miktarının yüksek çıkması durumunda etkilencek abonelere yönelik tespitler yapılabilecektir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

İçmesuyu günümüzde oldukça stratejik bir madde haline gelmiş olup, sürdürülebilir içmesuyu temini toplumlar için gittikçe daha büyük önem kazanmaktadır. Yeterli miktarda su temininin yanı sıra, içmesuyunun istenilen kalitede olması ve su kalitesinin yönetimi öncelikli bir mühendislik uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır.

İçmesuyu sisteminin, su kaynağından kullanıcıların musluğuna kadar bir bütün olarak değerlendirilmesi kalite yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Su kalitesindeki değişimler, su havzasındaki herhangi bir faktörden kaynaklanabileceği gibi, arıtma tesisinde kullanılan bir kimyasaldan, şebekedeki boru kırığından ya da kullanıcıya ait temiz olmayan su deposundan da kaynaklanabilmektedir. Bu sebeple ideal bir yönetim için içmesuyu sisteminin tüm bileşenlerinin birlikte izlenmesi gerekmektedir.

İçmesuyu sisteminin suyun kaynağından tüketicilere kadar izlenmesi konumsal çalışmayı da beraberinde getirmektedir. Coğrafi bilgi sistemi yardımıyla harita üzerinde tüm içmesuyu sistemi bileşenlerinin görüntülenmesi ve bunlara ait veritabanı bilgilerine ulaşılması izleme sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Bu doktora tezinde içmesuyu dağıtım sistemlerinde coğrafi bilgi sistemi tabanlı su kalitesi yönetimi için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sisteminin teknoloji tasarımı ile bu sistemin İstanbul içmesuyu sisteminde uygulaması yapılmıştır. Microstation V8, MS GeoGraphics, Bentley GeoWeb Publisher yazılımları ve Oracle veritabanı kullanılarak geliştirilen karar destek sistemi ile “sistemin bir kez tasarlanması, otomatik raporların bir kez oluşturulması, zaman içinde veriler sistemde toplandıkça raporların dinamik olarak güncellenmesi” prensibi esas alınmıştır. Bir sistem dahilinde depolanan bilgiler kişisel bilgi olmaktan çıkarılıp *kuruma ait bilgi* haline dönüştürülmüştür. İlave olarak su kalitesi yönetiminde kamunun bilinçlendirilmesi hedefine imkan sağlayacak ve internette yayın yapılabilecek web tabanlı teknolojiler kullanılmıştır. Oluşturulan sistemle

kurumsal bir çözüm hedeflenmiş, diğer sistemler ve modüllerle tam entegrasyon sağlayacak şekilde tasarım yapılmıştır.

İçmesuyu kalitesi ile ilgili üretilen kararların bilimsel, gerektiğinde yasal olarak savunulabilen, kamuoyu incelemesine açık, iyi dokümente edilmiş ve kaliteli verilere dayanması büyük önem taşımaktadır. Karar üretilirken mutlaka veriye/bilgiye dayalı analizler yapılması, verilerin de karar üretimine her an hazır ve kolay erişilebilir durumda olması gerekmektedir. Bu tezde *kullanıcıların bilgiye kolay erişimi için bilgi(özellikle GIS ve GeoWEB tabanlı konumsal bilgi) yayınlama teknolojilerinin su kalite yönetim sistemine uygulaması* yapılmıştır. Bu yönüyle çalışma, su kalitesi yönetiminde yapılan diğer çalışmalardan farklılık arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında önerilen su kalitesi yönetim karar destek sistemi ile elde edilen sonuçlar CAD/GIS veya GeoWEB tabanlı olarak değerlendirilmiştir. Arıtma tesisi, depo ve şebekedeki su kalitesi değişimleri ayrı ayrı başlıklar altında ele alınmış, her bir içmesuyu sistemi bileşenine ait verilerle yapılan analizlere göre tespitler yapılmıştır. Bulanıklık, THM, Toplam koliform, pH gibi su kalite parametreleri ölçüm sonuçlarına ait veriler yorumlanarak bilgiye dayalı kararlar üretilmiştir. Ayrıca arıtma tesisi, depo ve şebekedeki kritik noktalara ait eş zamanlı veriler birlikte değerlendirilerek su kalitesinin konumsal değişimi ortaya konulmuştur. Su kalitesi ile ilgili diğer bir analiz olarak, şebekenin herhangi bir kritik noktasındaki kirliliğin, bu şebekeden su alan hangi aboneleri etkileyeceğinin belirlenmesi ile ilgili, GIS-Müşteri Bilgi Sistemi bütünleşmesine dayalı tabaka (overlay) analizi yapılmıştır.

Geliştirilen sistemde yapılan analiz sonuçlarına göre etkin bir su kalitesi yönetimi için yapılması gerekli bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir :

- Arıtma tesislerinin işletme optimizasyonunun yapılması,
- Ana isale hatlarının periyodik temizliği ve deşarjı,
- Depoların periyodik dezenfeksiyonu ve dış etkilere karşı korunması,
- Dağıtım şebekesinde boru sonu ve ölü noktaların azaltılması,
- Şebekelerdeki kritik noktalardan periyodik deşarjların yapılması.

Çalışmada, içmesuyu kalitesinin korunması ve yönetimi açısından ön plana çıkan genel hususlar ise aşağıdaki gibi tespit edilmiştir:

- İçmesuyu kaynağı ve havza ile ilgili olarak arazi kullanımı ve kirlilik envanterinin çıkarılması, muhtemel risklerin değerlendirilmesi;
- Arıtma tesisi ile ilgili olarak arıtma prosesleri, ekipman tasarımı, kullanılan kimyasallar, arıtma verimliliği, izleme prosedürleri;
- İsale hatları ile ilgili olarak bakım, yenileme ve onarım, yerinde teşhis araçlarının geliştirilmesi, kazısız teknolojilerin düşünülmesi (yerinde boru onarımı), tamir-bakım hızı ve kalitesinin gözden geçirilmesi, sistemdeki su basınçlarının yönetimi, enstrümantasyon ve izleme;
- Depolarla ilgili olarak düzenli temizlik ve bakımların yapılması, ilgisiz kişilerin ve her türlü hayvanın erişiminin engellenmesi;
- Dağıtım şebekesi ile ilgili olarak acil durumlar için su depolama, dezenfeksiyon için gerekli temas süresinin sağlanması, ölü noktaların, boru sonlarının sayılarının azaltılması, atıksu ve yağmursuyu hatları ile kesişen noktaların kontrolü, içmesuyu boru malzemelerinin seçimi.
- Ayrıca tüm içmesuyu tesislerinin işletilmesinde iyi eğitilmiş ve deneyimli personel bulundurulması, kamuoyunun bilinçlendirilmesi gibi hususlar da su kalitesi yönetiminin diğer önemli unsurları olarak değerlendirilmiştir.

İçmesuyu Kalitesi Yönetim Planı ana bileşenleri ve dünyadaki örnekleri incelenerek İstanbul için genel bir “İçmesuyu Kalitesi Yönetimi Ana Planı” çerçevesi ortaya konulmuştur. Oluşturulan bu plan çerçevesinde Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı bir Su Kalitesi İzleme Bilgi Sistemi tasarımı yapılmıştır. İstanbul için öncelikle içmesuyu sistemi analizi; grafik ortam, veritabanı ve GeoWEB yayını tasarımını içeren bir coğrafi bilgi sistemi tabanlı su kalitesi izleme bilgi sistemi yaklaşımı ortaya konulmuştur.

Tezde elde edilen sonuçlara göre yeni yapılacak çalışmalarda aşağıdaki iyileştirmelerin yapılması önerilmektedir :

- Bu tez kapsamında sadece içmesuyu dağıtım sistemi ve bu sistemden elde edilen veriler üzerine odaklanılmıştır. İçmesuyu sistemi bir bütün olarak ele alınmalı su havzasının kontrolü ve yönetimi, su dağıtım sisteminin yönetiminden ayrı düşünülmemelidir.

- İstanbul’da yapılan mevcut su kalitesi izleme çalışmalarının bu tez kapsamında genel çerçevesi çizilen, detaylı olarak hazırlanacak “Su Kalitesi Yönetimi Ana (Master) Planı” çerçevesinde yürütülmesinin daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.
- İçmesuyu sisteminin kaynak bazında ana ve alt besleme sistemleri şeklinde teşkili yapılmalıdır. Sistemin izlenmesi amacıyla en uygun numune alma noktaları ve numune alma sıklığı istatistiki ve coğrafi analizlerle belirlenmelidir. Gerekirse numune alınan kritik nokta sayısı artırılmalıdır. Böylelikle sistem en doğru şekilde izlenebilecektir.
- İçmesuyu kaynağından kullanıcının musluğuna kadar suyun takip ettiği güzergahlar üzerinde uygun zamanlı numune alınmalıdır. Örneğin arıtma tesisi, isale hattı, depo ve şebekede alınan numuneler birbirleriyle kıyaslanabilecek zaman aralıkları ile alınmalıdır. Böylelikle konuma bağlı su kalitesi değişimi sağlıklı olarak incelenebilecektir.
- Abone musluklarından numune almak yerine barkodlu sabit numune alma istasyonlarının teşkili de önerilmektedir.
- Seyyar(mobil) numune alma araçları ile numunelerin alınması ve bazı analizlerin yerinde yapılması oldukça faydalı ve gerekli olarak değerlendirilmektedir.
- Su kalitesi analizlerinin yapıldığı laboratuvarların standartlarının, güvenilirliğinin ve kalitesinin belgelenmiş olması gerekmektedir.
- Gelişen su kalitesi izleme imkanları, analitik teknikler ve arıtma teknolojilerine bağlı olarak izlenecek parametreler listesi giderek zenginleşmektedir. Bunlar arasında tat ve kokuyu ifade eden Geosmin, MIB gibi parametreler ile halk sağlığını ilgilendiren THM’ler, bromat, doğal organik karbon, çözünmüş organik karbon, asimile edilebilir organik karbon, Giardia, Cryptosporidium gibi parametrelerin periyodik izleme sistemine dahil edilmesi uygun olacaktır[68].
- Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen karar destek sisteminde sadece Coğrafi bilgi sistemi teknolojisi kullanılmış, hidrolik ve su kalitesi modellemeleri ile simulasyonlarını içeren yazılım teknolojileri kullanılmamıştır. Son birkaç yılda CAD, GIS, Hidrolik ve Su kalitesi modelleme teknolojileri bütünleşik çalışır hale gelmiş olup, kullanıcılara çok daha güçlü bir yapı ve analiz ortamı sunulmaktadır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda hidrolik ve su kalitesi modelleme yeteneğine sahip modülleri içeren GIS yazılımlarının kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **UNICEF**, 2000. The State of the World's Children 2000, USA.
- [2] **American Water Works Association**, 1984. *Principles and Practices of Water Supply Operations* in Introduction to Water Treatment. 2, 284, USA.
- [3] İnternet : <http://www.cellsalive.com>, Haziran 2004.
- [4] **Stynberg M.C.A.K. and Pieterse.A.J.H.**, 1998. An algal monitoring protocol : The strategic link between reservoir and treatment processes, *Wat. Sci.E Tech.*, **37(2)**, 153-159.
- [5] **Muslu, Y.**, 2001. Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü, İSKİ Yayınları, 99-101, İstanbul.
- [6] **Eroğlu, V.**, 1991. Su Tasfiyesi, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [7] **World Health Organization**, 1993. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed., 1, 131-143, Geneva.
- [8] **EPA (U.S.Environmental Protection Agency)**, 2002. List of Contaminants & their MCLs, 816-F-02-013, USA.
İnternet : <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html#mcls> , Mayıs 2004.
- [9] **İSKİ**, 2002. İstanbul'un İçmesuyu Kalitesi, *İSKİ Yayınları*, **38**, 21-23,11-113, İstanbul.
- [10] **Christensen, R.**, 2001.Waterproof : Canada's drinking water report card, Sierra Legal Defence Fund, 5,18, Canada.
- [11] **Network For Environmental Risk Assessment And Management(Neram)**, 2002. Drinking Water Safety: A Total Quality Management Approach, *Final Report*,.8,13,14, Nov.27, Canada.
- [12] **Nhmrc/Armcanz Co-ordinating Group**, 2002. Framework for management of drinking water quality. A preventive strategy from catchment to consumer. *Public consultation*, 3,13,17,30, Australia.

- [13] **Kiwa N.V. Water Research**, 2002. Synthesis Report on The Quality of Drinking Water in The Member States of The European Union in The Period 1996-1998, Nieuwegein, The Netherlands.
- [14] **Yomralıoğlu, T.**, 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 37-52, Trabzon.
- [15] **Rossman, L.A.**, 2000. EPANET 2 Users Manual, *National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency*, 27-47, USA.
- [16] **Çakmakçı M.**, 2002. Atıksu Toplama Şebekeleri İçin Otomatik Kontrol Geliştirme Esasları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **Ulanicki, B., Bounds, P. L. M., Rance, J. P. and Reynolds L.**, 2000. Open and closed loop pressure control for leakage reduction, *Urban Water*, **2**, 105-114.
- [18] **Engelhardt, M. O., Skipworth, P. J., Savic, D. A., Saul, A. J. and Walters, G. A.**, 2000. Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective. *Urban Water*, **2**, 153-170.
- [19] **Cortes, F. I. A., and Ochoa-Alejo, L.H.**, 1997. Evaluation of Water Losses in Distribution Networks, *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, **123**, 284-291.
- [20] **Moreno, L.M.**, 2003. Assesment of Water Loss and Pipe Failures in Water Distribution System using GIS Technology, *Master of Science Thesis*, The University of Texas, Arlington, TX.
- [21] **Bois, F.Y., Fahmy, T., Block, J.C. and Gatel, D.**, 1997. Dynamic modeling of bacteria in a pilot drinking-water distribution system, *Water Research*, **31**, 3146-3156.
- [22] **Zacheus, O.M., Lehtola, M.J., Korhonen, L.K. and Martikainen, P.J.**, 2001. Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution Networks, *Water Research*, **35**, 1757-1765.
- [23] **Toroz, I. and Uyak, V.**, 2005. Seasonal variations of trihalomethanes (THMs) in water distribution networks of Istanbul City, *Desalination*, **176**, 127-141.

- [24] **Brown, M.A., Emmert, G.L.**, 2006. On-line monitoring of trihalomethane concentrations in drinking water distribution systems using capillary membrane sampling-gas chromatography, *Analytica Chimica Acta*, **555**, 75–83.
- [25] **Cangir, B. T., Çapar, G., Dilek, F.B., Yetiş, Ü.**, 2003. Ankara içme suyu dağıtım şebekesinde trihalometanlar, *Çevre Bilim ve Teknoloji Teknik Dergi*, **1(3)**, 39-46.
- [26] **Weijun, Z.**, 2001. Hamilton City – Water Distribution System Strategic Planning, Hamilton City Council, Hamilton, New Zealand.
- [27] **Odeh,K., Fotoohi,F., Kora,R.**, 2002. Master Plan for Water Supply network, *Specialised Conference Management of Productivity at Water Utilities*, Prague, Czech Republic, June 12-14, p.31-34.
- [28] **Gauthier, V., Besner, M.C., Barbeau, B., Millette, R. and Prévost, M.**, 2000. Storage Tank Management to Improve Drinking Water Quality: Case Study, *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, **126**, 221-228.
- [29] **Nadebaum, P., Chapman, M., Ortisi, S. and Baker, A.**, 2003. Application of quality management systems for drinking water quality, *Water Supply*, **3**, 359–364.
- [30] **De Schaetzen, W. B. F., Walters, G. A. and Savic, D. A.**, 2000. Optimal sampling design for model calibration using shortest path, genetic and entropy algorithms, *Urban Water*, **2**, 141-152.
- [31] **Burrows, R., Crowder, G. S. and Zhang, J.**, 2000. Utilisation of network modelling in the operational management of water distribution systems, *Urban Water*, **2**, 83-95.
- [32] **Özkoç, H.B. ve Turan, N.A.**, 2001. Samsun kenti içme ve kullanma suyunun arıtma tesisi ve şebeke boyunca kalite değişiminin incelenmesi, *Çevre Bilim ve Teknoloji Teknik Dergi*, **1(2)**, 1-8.
- [33] **Uçaner, M.E., Özdemir, O.N.**, 2002. Genetik algoritmalar ile içme suyu şebekelerinde ek klorlama optimizasyonu, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **17(4)**, 157-170.

- [34] **Montiel, F. and Coutelan, J.**, 2003. Management strategy of emergencies and events in the monitoring of water distribution in Paris, *Water Supply*, **3**, 483–487.
- [35] **Lee, B.H. and Deininger, R. A.**, 1992. Optimal Locations of Monitoring Stations in Water Distribution System, *Journal of Environmental Engineering*, **118**, 4-16.
- [36] **Obradović, D.**, 2000. Modelling of demand and losses in real-life water distribution systems, *Urban Water*, **2**, 131-139.
- [37] **Munavalli, G. R. and Kumar, M. S. M.**, 2004. Modified Lagrangian method for modeling water quality in distribution systems, *Water Research*, **38**, 2973-2988.
- [38] **Piriou, P., Dukan, S. and Kiene, L.**, 1998. Modelling bacteriological water quality in drinking water distribution systems, *Water Science and Technology*, **38**, 299-307.
- [39] **Kastl, G., Fisher, I., Chen, P.**, 2002. A tool for accurate simulation of chlorine and THM concentration profile in drinking water distribution systems for laboratory data, *Specialised Conference Management of Productivity at Water Utilities*, Prague, Czech Republic, June 12-14, p.88-94.
- [40] **Dukan S., Levi Y., Piriou, P., Guyon, F. and Villon, P.**, 1996. Dynamic modelling of bacterial growth in drinking water networks. *Water Research*, **30**, 1991-2002.
- [41] **Munavalli, G.R. and Kumar M.S. M.**, 2005. Water quality parameter estimation in a distribution system under dynamic state, *Water Research*, **39**, 4287-4298.
- [42] **Sadiq, R., Rodriguez, M.J.**, 2005. Interpreting drinking water quality in the distribution system using Dempster–Shafer theory of evidence, *Chemosphere*, **59**, 177–188.
- [43] **Fochtová, L., Ingeduld, P.**, 2001. MIKE NET - GIS Implementation in the City of Ostrava, *Conference Proceedings of the 4th DHI Software Conference & DHI Software Courses*, **15**, Czech Republic.

- [44] **Poulton, M.**, 2003. An integrated approach to water distribution network monitoring and performance prediction using geographical information systems, *Water Supply*, **3**, 307–312.
- [45] **Y. Jaeger, V. Gauthier, M.-C. Besner, B. Viret, R. Toulorge, E. Lemaire, M.-R. de Roubin and J.-L. Gagon**, 2002. An integrated approach to assess the causes of water quality failures in the distribution system of Caen, *Water Supply*, **2**, 243–250.
- [46] **Garcia, A.G.**, 2002. Intranet a new way for Integrating GIS and Telecontrol System Information for Decision-makers, *Specialised Conference Management of Productivity at Water Utilities*, Prague, Czech Republic, June 12-14, p.35-39.
- [47] **Cooper, N.R., Blakey, G., Sherwin, C., Ta,T., Whiter, J.T. and Woodward, C. A.**, 2000. The use of GIS to develop a probability-based trunk mains burst risk model, *Urban Water*, **2**, 97-103.
- [48] **Adriaens, P., Goovaerts, P., Skerlos, S., Edwards, E. and Egli, T.**, 2003. Intelligent infrastructure for sustainable potable water : a roundtable for emerging transnational research and technology development needs, *Biotechnology Advances*, **22**, 119-134.
- [49] **Cech, I. and Montera, J.**, 2000. Spatial variations in total aluminum concentrations in drinking water supplies studied by geographic information system (GIS) methods, *Water Research*, **34**, 2703-2712.
- [50] **Kistemann, T., Herbst, S., Dangendorf, F., Exner, M.**, 2001. GIS-based analysis of drinking-water supply structures: a module for microbial risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health, Int. J. Hyg. Environ. Health*, **203**, 301-310.
- [51] **Eom, D. and Kusuda, T.**, 2003. A new planning method for selecting water supply alternatives in an urbanized watershed with a stochastic approach. *Water Supply*, **3**, 271–279.
- [52] **Ostfeld, A. and Pries, A.**, 2003. Lake Kinneret watershed contamination transports - a GIS based hydrological model, *Water Science & Technology*, **48**, 63-70.

- [53] **Theisen, H.W., Louati, M.E.H.**, 2002. Dynamic Water Master Plan for Tunisia, *Water Intelligence Online*. IWA Publishing, Berlin, Germany.
- [54] **Tuthill Jr., D.R., Ciscell, M.H., Petrich, C.R., Kissinger B. A. and Oakleaf, J.R.**,(2000). Migration from tabular to spatial data analysis techniques for water management in Idaho, *Journal of Hydroinformatics*, **2**, 183-195.
- [55] **Mailhot, A., Rousseau, N., Massicotte, S., Dupont, J. and Villeneuve J.P.**, 1997. A watershed-based system for the integrated management of surface water quality: the GIBSI system. *Water Science and Technology*, **36**, 381–387.
- [56] **Ashton, P.J., van Zyl, F.C. and Heath, R.G.**,1995. Water quality management in the Crocodile River catchment, Eastern Transvaal, South Africa, *Water Science and Technology*, **32**, 201–208.
- [57] **Girgin, S., Akyürek, Z., Usul, N.**, 2004. Türkiye İçin Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Su Kalitesi Veri Analiz Sistemi Geliştirilmesi, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- [58] **Schreiner, S.P., Gaughan, M., Myint, T. and Walentowicz, R.**, 1997. The Exposure Models of library and integrated model evaluation system: A modeling information system on a CD-ROM with Worl-Wide Web Links, *Water Sci.Tech.*, **36**, 243-249.
- [59] **Bentley Systems**, 2006. Bentley Geo Web Publisher Help Notes, Exton, USA.
- [60] **İMC**, 1999. İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma Ve Uzaklaştırma Master Planı, *Final Raporu*, **2**, 8.1.
- [61] **İSKİ Web sitesi**, 2006. <http://www.iski.gov.tr/arasayfalar.php?sayfa=0-1&dosya=labhiz.phtm>, Eylül 2006.
- [62] **İSKİ**, 1999. 1999 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınları*, İstanbul.
- [63] **İSKİ**, 2000. 2000 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınları*, İstanbul.

- [64] **İSKİ**, 2001. 2001 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınları*, İstanbul.
- [65] **İSKİ**, 2002. 2002 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınlar*, İstanbul.
- [66] **İSKİ**, 2003. 2003 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınlar*, İstanbul.
- [67] **İSKİ**, 2004. 2004 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınları*, İstanbul.
- [68] **Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., Karahan-Gül, Ö.**, 2002. Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri, Teknoloji Öngörü Projesi, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma, *Ön Rapor*, İstanbul.

EKLER

EK A: İçmesuyunda izlenen su kalitesi parametrelerinin kaynağı, potansiyel sağlık etkileri ve standartları.

Tablo A.1: İçmesuyunda izlenen su kalitesi parametrelerinin kaynağı, potansiyel sağlık etkileri ve standartları[8, 10].

Mikroorganizmalar			
Kirleticiler	Potansiyel sağlık etkileri	Kaynağı	Standartlar
<i>Crypto sporidium</i>	Gastrointestinal hastalıklar (örn., ishal, kusma, kramp). Dezenfeksiyona karşı dirençlerinin yüksek olması sebebiyle oldukça tehlikelidir. Bu organizmalar sağlıklı insanlarda hafif atlatılabilirken, küçük bebek ve çocuklarda, bağışıklık sistemi zayıflamış insanlarda daha şiddetli etkilere sebep olabilmektedir.	İnsan ve hayvan dışkıları	%99 giderim / pasifleştirme
<i>Giardia lamblia</i>	Gastrointestinal hastalıklar (örn. ishal, kusma, kramplar)	İnsan ve hayvan dışkıları	%99 giderim/ pasifleştirme
Heterotrofik plate sayısı	HPC sağlık üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir sadece suda yaygın olarak bulunan çeşitli bakterileri belirlemek için kullanılan analitik bir metottur. İçmesularındaki bakteri konsantrasyonları ne kadar düşükse, su sistemi o kadar iyi muhafaza edilir.	HPC, çevrede doğal olarak bulunan bakteri sayısını hesaplar.	Mililitre başına 500 bakteriyel koloniden az.
<i>Legionella</i>	Legionnaire hastalığı, zatürrenin bir tipi	Suda doğal olarak bulunur; ısıtma sistemlerinde çoğalırlar.	
Toplam koliform (fekal koliform ve <i>E. Koli</i>)	Tek başına sağlığa zararlı değildir; potansiyel olarak sağlığa zararlı bakterilerin bulunup bulunmadığını belirlemek için kullanılır.	Koliformlar çevrede doğal olarak bulunur; dışkılarda olduğu gibi; F. koliformlar ve <i>E. coli</i> sadece insan veya hayvan dışkılarında.	(TSE : <1 AB : 0) EMS/100ml

Bulanıklık	Su kalitesini ve filtrasyon verimliliğini belirlemek için kullanılır .Yüksek bulanıklık seviyeleri genellikle yüksek seviyedeki hastalık yapıcı mikroorganizmalar, virüsler, parazitler ve bazı bakterileri içerir. Bu organizmalar baş ağrısı ile bağlantılı mide bulantısı, kramplar, ishal gibi belirtilere sebep olabilir.	Toprağın yağışla oluşan yüzeysel akışı	TSE : 5-25 NTU AB : 0.4-4 NTU)
Virüsler (enterik)	Gastrointestinal hastalıklar(örn., mide bulantısı, kusma, kramplar)	İnsan ve Hayvan dışkıları	%99 giderim/ pasifleştirme
Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Dezenfeksiyon amacı ile kullanılan klorun suda bulunan doğal, organik maddelerle (alg, çürümüş bitki) reaksiyonu sonucu oluşan yan ürünlerdir. Başlıca yan ürünler Trihalometanlar (THM), Haloasetik asitler(HAA), Haloasetonitriller(HAN) ve MX.			
Kirleticiler	Potansiyel sağlık etkileri	Kaynağı	
Bromat	Bunların su ile alınması durumunda karaciğer, böbrek, merkezi sinir sistemi tahribi, ayrıca; kanser riski taşıması söz konusudur.	İçmesuyunun ozonla dezenfeksiyonunun yan ürünüdür. Kaynağı; muhtemelen deniz suyundan karışan brom bileşikleridir.	(TSE: - AB: 25 µg/L)
Klorit	Kansızlık; bebek ve çocuklarda sinir sistemini etkiler	İçmesuyunun klorla dezenfeksiyonunun yan ürünü	
Haloasetik asitler (HAA5)	Kanser riskini artırır	İçmesuyunun klorla dezenfeksiyon yan ür.	
Toplam Trihalomethanlar (TTHMs)	İnsanlarda mesane, kolon ve bağırsak kanserinin gelişmesi, sakat ve erken doğum riskini artırmaktadır. Ayrıca yüksek dozajlarda mide, karaciğer, böbrekler ve sinir sistemine zarar verebilmektedir.	Bu maddelerin meydana gelebilmesi için su içinde klor ile reaksiyona girecek organik bileşiklerin mevcut olması gerekir. Mesela; humik asitler, fuluvik asitler, pestisitler gibi.	(TSE: - AB: 100 µg/I)

Dezenfektanlar

Kirleticiler	Potansiyel Sağlık Etkileri	Kaynağı	Standartlar
Kloraminler (Cl_2) olarak	Göz/burun rahatsızlığı; karın ağrısı, kansızlık	Mikroorganizmaları kontrol için suya eklenir.	
Serbest Klor (Cl_2)	Suda sağlıklı bir dezenfeksiyon için katılır. Fazlası tat ve koku problemi meydana getirir. Ayrıca, oluşabilecek yan ürünler suda önemli ölçüde sağlık problemleri oluşturur. Özellikle Trihalometanlar (THM), Klorofenoller, Klorlu organik bileşikler vb. bu sınıfa girer. Kanserojen olabilirler, kötü koku yaparlar, tadı olumsuz etkilerler. Bu sebeple renkli ve bulanık sularda klorlama itina ister. Göz/burun rahatsızlığı; karın ağrısına sebep olur.	Mikroorganizmaları kontrol için suya eklenir.	(TSE: 0.1-0.5 mg/l C AB: -
Klor dioksit (ClO_2) olarak	Kansızlık; bebek & çocuklarda sinir sistemini etkiler	Mikroorganizmaları kontrol için suya eklenir.	

İnorganik Kimyasallar

Kirleticiler	Potansiyel sağlık etkileri	Kaynağı	
Antimon	Kan kolestrolünde artış; kan şekerinde düşüş	Perol rafinerilerinin deşarjları; yangın söndürücüler; seramikler; elektronikler; lehim	(TSE: 10 $\mu\text{g/l}$ Sb AB: 10 $\mu\text{g/l}$ Sb)
Arsenik	Bilinen en klasik zehirlerdendir. Deride hasar veya dolaşım sistemleri problemleri ve	Doğal birikintilerin erozyonu; meyve bahçelerinden yağışla oluşan yüzeyel akış.	(TSE: 50 $\mu\text{g/l}$ As AB: 50 $\mu\text{g/l}$ As)

	kansere yakalanma riskini artırabilir. Fizyolojik olarak protein yapısını bozduğu iddia edilmektedir.	cam ve elektronik üretim tesisi atıklarının yağışla oluşan yüzeysel akışı. Yarı iletkenlerin üretim tesisleri, petrokimya sanayi, metal işleme tesisleri, halı, kauçuk, deri sanayi, kereste koruyucu kullanımı, zirai mücadele ilaçları.	
Asbest (fiber >10 mikrometre)	İyi huylu bağırsak hastalıklarının gelişmesinde riski artırır	Su ana borularındaki asbest çimentonun çürümesi; Doğal birikintilerin erozyonu	
Baryum	Kan basıncında yükselmeye sebep olur. Zehirliliği daha çok kemikler üzerinde etkisini gösterir. Kemiklerde Kalsiyum ile yer değiştirerek önemli deformasyonlara sebep olur. Kan basıncını artırır.	Sondaj atıklarının deşarjı; metal rafinerilerinden deşarj; Doğal birikintilerin erozyonu; Metal saflaştırma	(TSE: 100-300 µg/l Ba AB: 100 µg/l Ba)
Berilyum	Bağırsakta yaralanmalar	Metal rafinerilerinden ve kömür yakan fabrikalardan deşarj; elektrik, uzay ve savunma sanayi tesislerinden deşarjlar	
Kadmiyum	Kadmiyum, vücuttaki bütün hücreleri tahrip eder. Özellikle böbrek ve karaciğerlerde önemli tahribatlar yapar.	Galvanizli boruların korozyonu; Doğal birikintilerin erozyonu; kaplama sanayi, metal rafinerilerinden deşarjlar; atık piller, akü sanayi ve boya sanayi atıkları. Fosforlu gübrelerle toprağa geçerek zamanla konsantrasyonu artar, yer altı sularına karışabilir.	(TSE: 5 µg/l Cd AB: 5 µg/lCd)
Krom (toplam)	Alerjik deri yangısı. Zehirli olan bileşikler daha çok+6 değerli bileşiklerdir.	Deri sanayi atıkları, metal kaplama atıkları, paslanmaz eşya imali atıkları, tekstil atıkları(kromlu	(TSE: 50 µg/l Cr AB: 50 µg/l Cr)

		boyalar), Çelik ve kağıt hamuru değirmenlerinden deşarj; Doğal birikintilerin erozyonu	
Bakır	Kısa süreli etki: Gastrointestinal ağrılar Uzun süreli etki : Karaciğer veya böbrekte hasar	Evsel pompa sistemlerinin korozyonu; Doğal birikintilerin erozyonu	
Siyanür (serbest siyanür)	Sinir sistemi ve tiroid bezi üzerinde önemli problem meydana getirir. Bu da iyi bilinen klasik zehirlerdendir. Sudaki canlı yaşam için de son derece tehlikelidir. pH>8 iseCN" şeklindedir. Düşük pH'larda ise HCN şekline çevrilir. Klorlama ile daha az zararlı olan siyanatlara çevrilir.	Çelik, Metal kaplama, kimya sanayi (akrilonitril plastiklerin imalatı gibi) çelik sanayinde, kuyumculukta, Altın işleme tesislerinde kullanılmaktadır. Bazı meyvelerin çekirdekleri (kayısı çekirdeği, şeftali çekirdeği) siyanür bileşikleri ihtiva etmektedir, bunların bozunma ürünleri de siyanürlü olabilir. Ayrıca petrol rafineri, yangın geciktiriciler, seramikte, elektronik sanayiinde, lehimcilikte, matbaa harfleri yapımında kullanılmaktadır.	(TSE: 50 µg/1 CN- AB: 50 µg/1 CN-)
Florür	Kemik hastalığı (ağrı ve kemiklerde hassaslaşma); çocuklarda benekli dişler görülebilir. Suda aşırı miktarda bulunması kemik ve diş sağlığını bozar. Azlığı da diş sağlığını etkiler. ABD'de suya flor bileşikler katılarak bu etki bertaraf edilir.	Suya florür katılması; Doğal birikintilerin erozyonu; gübre ve alüminyum fabrikalarından deşarj	(TSE: 1500 µg/l AB: 1500 µg/l)
Kurşun	Bebek ve çocuklarda : Fiziksel ve zihinsel gelişimde gerileme; çocuklarda dikkat dağılması ve öğrenme güçlükleri görülebilir. Yetişkinlerde: Böbrek	Evsel pompa sistemlerinin korozyonu; Doğal birikintilerin erozyonu. Kurşun boruların korozyonu, boya sanayi, akü sanayi, seramik, kauçuk böcek ilaçları,	(TSE:50µg/1Pb AB:50µg/1Pb)

	problemleri; Yüksek kan basıncı, dişlerde siyahlaşma, kanda ve idrarda kurşun miktarının yükselmesi. Kurşun kalsiyum ile yer değiştirerek kemiklerde kurşun fosfat şeklinde çökelir. Buradan kana geçmeye devam eder. Dolayısıyla kemik yapısını bozar.	benzin katkı maddesi	
Civa	Çok önemli bir sinir tahrip edici zehirdir. Ağız ve diş etlerinde tipik yaraların meydana gelmesine, böbreklerin tahrip olmasına, vücuttan atılması zor olduğu için de kronik zehirlenmeye sebep olur.	Doğal birikintilerin erozyonu; petrokimya rafinerileri ve metal işleme fabrikalarından deşarj; katı atık depolama alanlarında yağışla oluşan yüzeysel akış. Protez diş imali, boya imali, dezenfektanların imali atıkları.	(TSE: 1 µl Hg AB: 1 µl Hg)
Nitrat (Azot olarak ölçülen)	Aşırı dozda nitrat içeren suyu içen altı ayın altındaki bebekler ciddi şekilde hasta olabilir, tedavi edilmezse ölebilir. Belirtiler nefes kesilmesi ve mavi-çocuk hastalığını içerir. Boğaz hastalıkları, kan hastalıklarına yol açabilir.	Gübre kullanılan alanlarda yağışla oluşan yüzeysel akış; mikroplu depo, kanallardan sızma; Doğal birikintilerin erozyonu; Evsel ve endüstriyel kirlenme	(TSE:25-50 mg/l NO ₃ ⁻ AB: 50 mg/l NO ₃ ⁻)
Nitrit (Azot olarak ölçülen)	Nitratlara benzer etki gösterir ama çok daha tehlikelidir. Kan zehirlenmesine yol açar. Kanda oksijen taşınımını engelleyerek oksijensizlikten boğulmaya sebep olur. Aşırı dozda nitrit içeren suyu içen altı ayın altındaki bebekler ciddi şekilde hasta olabilir, tedavi edilmezse ölebilir. Belirtiler nefes kesilmesi ve mavi-çocuk hastalığını içerir.	Gübre kullanılan alanlarda yağışla oluşan yüzeysel akış; evsel atıklar-mikroplu tank ve kanallardan sızma; Doğal birikintilerin erozyonu	(TSE: 0,1 mg/l NO ₂ - AB: 0,1 mg/l NO ₂ -)
Selenyum	Eser miktarda vücutta olması gerekir. Fazla alınması durumunda	Petrol rafinerilerinden deşarj; Doğal birikintilerin erozyonu;	(TSE: 10 µg/l Se)

	tırnaklarda ve saçlarda dökülmeler, kırılmalar, duygu kaybı şeklinde kendini gösterir, kanserojen etki yapar, diş tahribatlarına sebep olur. Dolaşım sistemi problemlerine sebep olur.	maden ocağı deşarjları AB: 10 µg/l Se)
Talyum	Saç kaybı; kanda değişiklikler; böbrek, bağırsak veya karaciğer problemleri	Cevher işleme alanlarından sızma; elektronik, cam ve ilaç fabrikalarından deşarj

Organik Kimyasallar

Pestisit adı altında çok sayıda madde vardır. İnsektisid (böcek öldürücüler), herbisid (yabani ot öldürücüler), Fungusid (mantar öldürücüler), algisit (alg öldürücüler) gibi. Ayrıca, İnorganik bileşiklerden de girenler vardır. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gözetisi), As_2O_3 (zırnık, sıçan otu,...) DDT, aldirin, dieldirin, lindan, gibi klorlu hidrokarbonlar, paration, malation gibi organofosforlu bileşikler vs. tabiidir, bunların organizmadaki etkileri de çok çeşitlidir.

Sularda öncelikte tat ve koku problemi teşkil eder. Bünyede birikerek karaciğerde, böbreklerde, sinir sisteminde, kan dolaşım sisteminde, beyin'de önemli hasarlar yaparlar.

Kanserojendirler.Kaynağı; Bu ilaçların imalatı ve kullanımlarıdır.

Kirleticiler	Potansiyel sağlık etkileri	Kaynağı	Standartlar
Akrilamid	Sinir sistemi ve kan problemi; kanser riskinin yükselmesi	Atıksu arıtımı esnasında suya eklenir.	
Alachlor	Göz, karaciğer, böbrek veya spleen problemleri; anemi; Kanser riskinde artış	Ham ürünlerde kullanılan bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı	
Atrazine	Kardiyovasküler sistem veya üreme problemleri	Ham ürünlerde kullanılan bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı	
Benzen	Anemi; kan trombositinde azalma; Kanser riskinde artış	Fabrikalardan deşarj; gaz depolama tankları veya katı atık depolama alanlarından sızma	

Benzo(a)piren (PAHs)	Üreme zorlukları; kanser riskinde artış	Su depolarının borularından sızma ve dağıtım hatlarının
Karbofuran	Kan problemleri, sinir sistemi veya üreme zorlukları	Pirinç ve alfa bitkisi üzerinde kullanılan toprak fumigantlarının sızması
Karbon tetraklorid	Karaciğer problemleri; Kanser riskinde artış	Kimyasal tesisler ve diğer endüstriyel aktivitelerden deşarj
Klordane	Karaciğer veya sinir sistemi problemleri; Kanser riskinde artış	Yasaklanmış karınca öldürücülerin kalıntıları
Klorobenzen	Karaciğer veya böbrek problemleri	Kimyasal ve tarım kimyasalları üreten fabrikalardan deşarj
2,4-D	Böbrek, karaciğer veya adrenal bezi problemleri	Ham ürünlerde kullanılan bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Dalapon	Küçük böbrek değişimleri	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
1,2-Dibromo-3-kloropropan (DBCP)	Üreme zorlukları; Kanser riskinde artış	Soya fasülyesi, pamuk, ananas ve meyve bahçelerinden oluşan yağış/akış
o-Diklorobenzen	Karaciğer, böbrek veya dolaşım sistemi problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
p-Diklorobenzen	Anemi; Karaciğer, böbrek veya dalakta hasar; kanda değişimler	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
1,2-Dikloroetan	Kanser riskinde artış	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
1,1-DikloroEtilen	Karaciğer problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
cis-1,2-DikloroEtilen	Karaciğer problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj

trans-1,2-DikloroEtilen	Karaciğer problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
Diklorometan	Karaciğer problemleri; Kanser riskinde artış	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
1,2-Dikloropropan	Kanser riskinde artış	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
Di(2-Etilhexyl) adipate	Kilo kaybı, karaciğer problemleri veya muhtemel üreme zorlukları.	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
Di(2-Etilhexyl) phthalate	Üreme zorlukları; karaciğer problemleri; Kanser riskinde artış	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
Dinoseb	Üreme zorlukları	Soya fasülyesi ve sebzelerde kullanılan bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Dioksin (2,3,7,8-TCDD)	Üreme zorlukları; Kanser riskinde artış	Atık yakma ve diğer yanma emisyonları; Kimyasal fabrikalardan deşarj
Diquat	Kataraktlar	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Endothal	Karın ağrısı ve bağırsak problemleri	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Endrin	Karaciğer problemleri	Yasaklanmış böcek öldürücü ilaçların kalıntıları
Epiklorohidrin	Kanser riskinde artış ve uzun vadede karın ağrısı problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj; bazı su arıtma kimyasallarından meydana gelen kirlilik
Etilbenzen	Karaciğer veya böbreklerde problemler	Petrol rafinerilerinden deşarj
Etilen dibromid	Karaciğer problemleri, karın ağrısı, Üreme zorlukları veya böbreklerde: Kanser	Petrol rafinerilerinden deşarj

	riskinde artış	
Gliphosate	Böbrek problemleri; üreme zorlukları	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Heptaklor	Karaciğer damage; Kanser riskinde artış	Yasaklanmış karınca öldürücü ilaçların kalıntıları
Heptaklor epoxide	Karaciğer damage; Kanser riskinde artış	Heptaklor salgını
Hexaklorobenzen	Karaciğer veya böbrek problemleri; üreme zorlukları; Kanser riskinde artış	Metal rafinerileri ve tarım kimyasalı üreten fabrikalardan deşarj
Hexaklorocyclopetadien	Böbrek veya karın problemleri	Kimya endüstrisi fabrikalarından deşarj
Lindane	Karaciğer veya böbrek problemleri	Sığırlarda ve tarlalarda kullanılan böcek öldürücülerin su kaynaklarına akışı/sızması, sığır, ağaçlar, bahçe.
Metoksiklor	Üreme zorlukları	Meyve, sebze, alfalfa ve çiftlik hayvanları üzerinde kullanılan böcek öldürücülerin su kaynaklarına akışı/sızması
Oksamil (Vydate)	Hafif sinir sistemi etkileri	Elma, patates ve domates üzerinde kullanılan böcek öldürücülerin su kaynaklarına akışı/sızması
Poliklorinli bifeniller (PCBs)	Deride değişmeler; thymus bezi problemleri; bağışıklık zaafiyetleri; Üreme ve sinir sistemi zorlukları; Kanser riskinde artış	Katı atık depolama alanlarından yağışla oluşan yüzeysel akış; Atık kimyasalların deşarjı
Pentaklorofenol	Karaciğer veya böbrek problemleri: kanser	Kereste muhafaza fabrikalarından desari.

riskinde artış		
Pikloram	Karaciğer problemleri	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Simazine	Kan ile ilgili problemler	Bitki öldürücü ilaçların yağışla yüzeysel akışı
Styrene	Karaciğer, böbrek veya dolaşım sistemi problemleri	Lastik ve plastik fabrikalarından sızmalar; Katı atık depolama alanlarından sızmalar
TetrakloroEtilen	Karaciğer problemleri; Kanser riskinde artış	Fabrika ve kuru temizlemecilerden deşarj
Toluen	Sinir sistemi, böbrek, veya karaciğer problemleri	Petrol ve petrol ürünleri fabrikalarından deşarj
Toksafen	Böbrek, karaciğer veya tiroid problemleri; Kanser riskinde artış	Sığır ve pamuk için kullanılan böcek öldürücü ilaçların sızması veya yağışla yüzeysel akışa geçmesi
2,4,5-TP (Silvex)	Karaciğer problemleri	Yasaklı bitki öldürücü ilaçların kalıntıları
1,2,4-Triklorobenzen	Adrenal bezlerindeki değişiklikler	Tekstil fabrikalarından deşarj
1,1,1-Trikloroetan	Karaciğer, sinir veya kan dolaşım sistemi problemleri	Metal yağ temizleme alanları ve diğer fabrikalardan deşarj
1,1,2-Trikloroetan	Karaciğer, böbrek, veya bağışılık sistemi problemleri	
TrikloroEtilen	Karaciğer problemleri; Kanser riskinde artış	Metal yağ temizleme alanları ve diğer fabrikalardan deşarj
Vinil kloride	Kanser riskinde artış	PVC borulardan sızma; plastic fabrikalarından deşarj
Xylenes (toplam)	Sinir sisteminde hasar	Petrol ve petrol ürünleri fabrikalarından deşarj;

Radyoaktif Maddeler

Tabiatta bulunan en belli başlı radyo izotop K40'dur. Ayrıca; eser miktarda radyum ve uranyum da bulunabilir. Özel bir katkı olmadıkça tabii sulara limitlerin altında bulunurlar. Ancak; Maden sularında yüksek miktarda bulunabilirler. Daha yüksek miktarlarda bulunabilmesi için nükleer bir patlamanın olması veya radyoaktif atıkların suya karışması gerekir.

Kozmik ışınlar vasıtasıyla az da olsa radyasyon gelir. Tıpta kullanılan radyonüklidler: Na²⁴, P³², K⁴², I¹³¹(mamografide), As⁷¹, As⁷², Co⁶⁰,Cs¹³⁷dir. Ayrıca paratonerler'de ve yangın ihbar cihazlarında kullanılmaları neticesi radyasyona sebep olurlar. Hemen hemen bütün radyonüklitler hücre yapısını bozarak kanser yapma riskini arttırmırlar. Toryum, Th²³⁰ karaciğer ve dalakta problem doğurur. Plütonyum, Pu²³⁹ Radyum gibi kemik dokusunu etkiler. Yarı ömrü 240.000 yıldır.(En uzun olanı) Fosfor, P³² Kemik iliğini, lenf düğümlerini, karaciğer, dalak hücrelerini bozar. İyot, I¹³¹ Troid bezinde birikir. Çocuklar için çok tehlikelidir. Yarı ömrü en kısa olanıdır. (8 gün) Radyoaktif serpintilerde iyot hapları bunun için kullanılır. Radyasyonu üzerinde toplayıp en kısa zamanda bitmesini sağlar. C¹⁴, Kemiklerde birikir. Stronsiyum, Sr⁸⁹- Sr⁹⁰ Kemiklerde erime ve lösemiye sebep olur.

Kirleticiler	Potansiyel sağlık etkileri	Kaynağı	Standartlar
Alfa partikülleri	Kanser riskinde artış	Doğal ve insan yapımı radyoaktif veya alfa radyasyonu olarak bilinen radyasyon formlarını yayabilen belirli minerallerin kalıntılarının çürümesi	(TSE: α için 1 pCi/1 (0.0377 Bq) AB: -)
Beta partikülleri ve foton yayıcıları	Kanser riskinde artış	Doğal ve insan yapımı radyoaktif veya fotonlar ve beta radyasyonu olarak bilinen radyasyon formlarını yayabilen belirli minerallerin kalıntılarının çürümesi	(TSE: β için 10pCi/1 (0,37 Bq) AB: -)
Radium 226 ve Radium 228 (birleşik) Ra ²²⁶	Kalsiyum gibidir, kemik yapısını bozar, kemik iliğini tahrip eder. Bunun neticesinde kemikteki kalsiyum miktarı azalır, kemik yumuşar ve şekli bozulur. Vücuttaki	Doğal birikintilerin erozyonu	

	Radyum'un bulunması toksiditeye yol açar.		
Uranyum U ²³⁸	Kanser riskinde artış, böbrek hasarları.	Doğal birikintilerin erozyonu	
İkincil Parametreler			
Kirleticiler	Potansiyel Sağlık Etkileri	Kaynağı	Standartlar
Alüminyum	Fazlası suyun rengini bozar. (Bulanık mavimtrak görünüş). Böbreklerde tahribat yapar. Aşırı doza maruz kalındığında Alzheimer hastalığı riski vardır.	Su arıtımında aşırı Alüminyum Sülfat kullanımı, endüstriyel kirlenme, toprak yapısı.	(TSE: 0,05-0,2 mg/l AB :0,05-0,02 mg/l)
Renk	Suda renk fazlalığı istenmez. Çünkü bu; suda çözünmüş olan Fe, Mn, Cr, Ni gibi metal iyonları ile organik bileşiklerin varlığına delalet eder. Estetik açıdan istenmez.	Bitkilerin bozuşması, toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kirlenme.	(TSE: 1-20 birim AB: 1-20 birim)
Bakır	Suda tat problemi yapmakla birlikte uzun süre yüksek miktarda alınması karaciğerlerde ve böbreklerde tahribata yol açar. Hastane ve çamaşırhanelerde de istenmez. Öte yandan diğer metallerin korozyonunu hızlandırır.	Kaplama sanayi atıkları, alg ile mücadele programı çerçevesinde rezervuara CuSO ₄ atılması, zirai mücadele ilaçları	(TSE: 100-3000 µg/l Cu AB: 100 µg/l Cu)
Aşındırıcılık			Aşındırıcı olmayan
Deterjanlar	Suda tat ve koku problemi yanında köpüklenmeye sebep olurlar. Ayrıca uzun süre alımda kanserojen etkileri vardır.	Evsel ve endüstriyel kirlenme.	(TSE : 200 µg/l AB :200µg/l)

Demir	Demirin suda aşırı bulunması suya metalik bir tat verir. Suda renklilik yapar. Bunlar sağlık bakımından bir problem teşkil etmezler. Ancak; çamaşırhaneler, tekstil sanayi, sabun, diş macunu imalatı ve kağıt sanayinde istenmez. Çünkü ürünler üzerinde leke bırakmaktadır. Ayrıca; evlerde de porselenlerin zamanla sararmasına sebep olur.	Toprak yapısı, endüstriyel kirlenme. (TSE : 50-200 µg/1 Fe AB: 50-200 µg/1 Fe)
Manganez	Manganın suda aşırı bulunması suya metalik bir tat verir. Suda renklilik yapar. Bunlar sağlık bakımından bir problem teşkil etmezler. Ancak; çamaşırhaneler, tekstil sanayi, sabun, diş macunu imalatı ve kağıt sanayinde istenmez. Çünkü ürünler üzerinde leke bırakmaktadır. Ayrıca; evlerde de porselenlerin zamanla sararmasına sebep olur.	Toprak yapısı, endüstriyel kirlenme. (TSE: 20-50 µg/l Mn)
Koku	İçmesuyunda kokuya rastlanması su kaynağı veya içmesuyu tesislerinde istenmeyen biyolojik aktivitelerin olduğunu gösterir.	İçmesuyu içerisindeki spesifik kimyasallardan kaynaklanmaktadır. 3 eşik koku değeri
pH	pH < 6.5 ise su koroziftir. Buna bağlı olarak arıtma tesislerinde, şebeke sisteminde ve evlerde metaller üzerinde korozyon etki doğurur. Dolayısıyla ilave olarak metal iyonların yükünü artırır, yani ilave kirlilik yapar. pH>9.5 ise tat problemi vardır, suya sabunumsu bir kayganlık hissi verir. Ayrıca; taş yapma	Suyun pH'sı; içinde çözüldürmüş olduğu CO_3^{2-}, HCO_3^-, CO_2, OH^- iyonlarına bağlıdır. pH'sı düşük olan yani asidik olan sularda CO_2 ve HCO_3^- baskındır. (TSE : 6,5-9,2 AB : 6,5-9,5)

	özelliği olur. Öte yandan iyi bir klorlama için pH < 8.0 tercih edilir. pH'nın düşük veya yüksek olması en başta endüstriyel kirlenmeye bağlıdır. Suyun geçtiği topraklar da pH'nın değişimini etkiler. Ayrıca; organik maddelerin su içinde bozunması sonucu suyun pH'sı değişebilir. NH₃ oluşumunda pH yükselir, CO₂ ve H₂S teşekkülünde (Aneorobik bozunma) pH düşer.	
Gümüş	Fazla miktarda gümüş iyonları alındığında, cilt mavi-gri bir görünüm alır ve zehirlenmeye muhatap kişi hayalet görüntüsünde olur. 0,4-1 mg/l'lık konsantrasyonlar böbrekte, karaciğerde, dalakta, hastalık yapıcı değişikliklere sebep olur.	(TSE: 10 µg/1 Ag AB: 10 µg/1 Ag)
Sülfat	Öncelikle tat ve korozyon etkisi meydana getirir. Fazla sülfatlı sular acıdır, ishale sebep olabilir. Korozyonlu daha çok metal aksam ve beton sistemlerde görülür.	Evsel ve endüstriyel kirlenme. (TSE: 25-250 mg/l SO₄⁼ AB: 25-250 mg/l SO₄⁼)
Toplam Çözünmüş Katılar	Fazla mineralize olan sularda aşırı sertlik, koku, mineral tortuları ve korozyon görülür.	Suda çözünmüş inorganik maddeler. 500 mg/L
Askıda Katı Maddeler	Suda AKM'lerin bulunması tat ve koku problemi oluşturabilir. Yani öncelikle estetik açıdan önemlidir. Öte yandan bunların ne tür maddeler olduğu	Evsel ve endüstriyel atıklar, bitkilerin bozunma ürünleri, yağış. (TSE: 1 mg/l AB: -)

	bilinmediğinden şüpheli bir sudur.		
Kalsiyum	Kalsiyumun doğrudan bünye için zararlı etkisi yoktur. Hatta kemik yapısı açısından faydalı olacağı bile iddia edilmektedir. Ancak; içim bakımından problem teşkil eder. Öte yandan suyun taş yapma potansiyeli de artmaktadır. Sıcak su tesislerinde istenmez çok düşük olması da koroziyeliğe sebep olur.	Suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır.	(TSE: 100-200 mg/l Ca AB: 100 mg/l Ca)
Magnezyum	Fazla olması durumunda gözlerde tahribata yol açar. ishal yapıcı etkisi ortaya çıkar. Suya acılık verir.	Toprağın yapısı.	(TSE: 30-50 mg/l Mg AB: 30-50 mg/l Mg)
Potasyum	Fazlası tat problemi oluşturur. Tuzluluk hissi verir.	Endüstriyel kirlenme, zirai gübreler, toprak yapısı.	(TSE: 10-12 mg/l K AB: 10-12 mg/l K)
Sodyum	Fazlası tat problemi oluşturur. Tuzluluk hissi verir.	Evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı, deniz katkısı.	(TSE: 20-175 mg/l Na AB: 20-175 mg/l Na)
Amonyum	Tat ve koku problemi haricinde insanlar üzerinde çok olumsuz etki göstermemekle birlikte varlığı suya evsel atıkların karıştığı anlamına gelir. Dolayısıyla su potansiyel hastalık yapıcıdır. Ancak, balık hayatı için önemlidir.	Evsel ve endüstriyel kirlenme, gübreleme.	(TSE: 0,05- 0,5 mg/l NH_4^+ AB: 0,05 - 0,5mg/l NH_4^+)
Sıcaklık	Bu parametre tamamen damak tadına hitap etmektedir. En uygun sıcaklık 10-12°C civarında olan su'dur.		(TSE : 12-25°C AB : 12-25°C)

Sertlik	Bazı standartlarda maksimum 500 mg/l CaCO_3 olarak sınır verilmiştir. Sudaki Ca ve Mg'nın bir fonksiyonudur. Çok sert suların içimi hoş olmaz, sabunu köpürtmez veya daha fazla sabun harcar. Ayrıca; taş yapıcı özelliği dolayısıyla sıcak su tesislerinde istenmez. Arıtma tesislerinde köpüklenmeye neden olabilir. Sertliğin düşük olması ise koroziyeliğe yol açabilir.	Toprağın yapısı.
İletkenlik	İletkenlik suda çözünmüş iyonların bir fonksiyonudur. Bu sebeple, izleyici bir parametredir. İletkenliğin artması ya deniz suyu katkısı olduğu veya ek bir kirlenmenin olduğu şüphesini doğurur.	(TSE:400-2000 $\mu\text{mhos/cm}$ AB<400 $\mu\text{mhos/cm}$)
Fenoller	Fenollerin suda varlığı tat ve koku problemine sebep olur. Özellikle; suyun klorlanması ile meydana gelen klorofenol bileşikler çok düşük konsantrasyonlarda bile koku problemi meydana getirir. Literatürde deri ve mukoza tahribatı konusunda bilgiler vardır.	İlaç, petrokimya, plastik sanayi, organik kimya sanayi atıksularının rezervuarlara ulaşmasıdır. Kömür işleme tesislerinin en önde gelen bileşiklerindendir. (TSE : 0,5 $\mu\text{g/l}$ AB: 0,5 $\mu\text{g/l}$)
Fosfor	Taş yapma potansiyeli vardır. Fosforun suda bulunması insan sağlığından çok göl hayatı bakımından önem taşır. Fazlalığı alg problemi doğuracağından istenmez. Aynı zamanda fosforun varlığı, başka parametrelere dikkat çeker. Takip edilmesi	Evsel atıklar, gübreleme, endüstriyel atıklar (TSE: 400-5000 $\mu\text{g/l}$ AB: 400-5000 $\mu\text{g/l}$)

	gereken bir parametredir.	
Çinko	İçme suyunda en fazla bulunabilmesine izin verilen metal iyonudur. İnsan sağlığına önemli bir zararı yoktur. Hatta suda bir miktar olması istenmektedir. Zira çinko vücut sağlığı için önemli bir mineraldir. Özellikle deri ve saç hücreleri bakımından önem arzeder. Suda fazla bulunması halinde suda opalimsi görüntü oluşturur. Yani estetik bakımdan önem taşır.	Metal kaplama sanayi (TSE: 100-5000 µg/l AB: 100 µg/l)

EK B : İstanbul İçmesuyu Kalitesinin Ölçümünde Kullanılan Metot ve Standartlar

Tablo B.1: İstanbul İçmesuyu Kalitesinin Ölçümünde Kullanılan Metot ve Standartlar[61]

ANALİZLER	METOD ve STANDARTLAR
Alg Toksinleri	HPLC Kromatografik Metod
Koliform ve Fecal Koliform	Çok Tüplü Fermantasyon Tekniği En Muhtemel Sayı Yöntemi Standart Metod 9221-B-C 9221-E
Toplam Koliform ve E.Coli Sayımı	Membran Filtre Yöntemi Standart Metod 9222-B, BS EN ISO 9308-1:2000
Toplam Bakteri Sayımı	Dökme Plak Yöntemi - Standart Metod 9215-A-B
pH	Elektrometrik Yöntem - Standart Metod 4500-H ⁺ -B
Bulanıklık	Neflometrik Yöntem - Standart Metod 2130-B
İletkenlik	Elektrometrik Yöntem - Standart Metod 2510-B

Renk	Görsel Karşılaştırma Yöntem - Standart Metod 2120-B
Bikarbonat Alkalinitesi	Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2320-B
T.Sertlik	EDTA-Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2340-C
Sülfat	Türbidimetrik Yöntem - Standart Metod 4500-E
Klorür	Arjentometrik Yöntem - Standart Metod 4500-Cl--B
Amonyak	İyon Selektif Elektrot Yöntem - Standart Metod 4500-NH+3-D
Nitrat	İyon Selektif Elektrot Yöntem - Standart Metod 4500-NO-3-D
Permanganat İndeksi	EDTA-Titrimetrik Yöntem - TS-6288-EN –İSO-8467 NİSAN-1998
Kalsiyum	EDTA-Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2340-C
F.Alkalinitesi	Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2320-B
M.Alkalinitesi	Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2320-B
Magnezyum	Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 2340-C
Serbest Klor	DPD-FAS Titrimetrik Yöntem - Standart Metod 4500-Cl-F
Florür	İyon Selektif Elektrot Yöntem - Standart Metod 4500-F--C
Siyanür	İyon Selektif Elektrot Yöntem - Standart Metod 4500-CN-F
Bromür	İyon Kromatografik Yöntem Standart Metod 4500-Br-C, EPA Metod 300.1
Bromat	İyon Kromatografik Yöntem - EPA Metod 300.1
T.Çözünmüş Madde	Elektrometrik Yöntem - Standart Metod 2510-B YTL
Tat-Koku	CLS-Gaz Kromatografi Yöntemi - Standart Metod 6040-B
TOC	Yüksek Isıda Yakma Yöntemi - Standart Metod 5310-B

THM	Purje And Trup Gaz Kromotografi Yöntemi-Standart Metod 6230-B
Anyon Analiz Metodu	İletkenliğe Göre Tek Kolonlu İyon Kromotografi Yöntemi 4110-C Standart Metod, EPA Metod 300.1
Kasyon Analiz Metodu	İletkenliğe Göre Tek Kolonlu İyon Kromotografi Yöntemi 4110-C Standart Metod, EPA Metod 300.1

EK C: İstanbul İçmesuyu Sistemi Analizi[67]

Tablo C.1: İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesislerinde 2004 Yılında Harcanan Kimyasal Madde Miktarları.

	Aluminyum Sülfat	Klor	Demir Sülfat	Poli elektrolit	Ozon
	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)
Kağıthane	7.647	755	-	36	12
Ömerli	6.098	1.180	4.273	27	371
İkitelli FSMH	3.091	448	-	16	169
B.Çekmece	3.039	317	-	8	-
Elmalı	452	38	-	0,12	-
TOPLAM	20.327	2.738	4.273	87	552

Tablo C.2: 2004 Yılında İstanbul İçmesuyu Arıtma Tesislerinde Üretilen Su Miktarına Bağlı Olarak Harcanan Kimyasal Madde Miktarları

	Aluminyum Sulfat	Klor	Demir Sulfat	Poli elektrolit	Ozon
	(g /ton su)	(g /ton su)	(g /ton su)	(g /ton su)	(g /ton su)
Kağıthane	40,0	3,9	0,0	0,2	0,1
Ömerli	26,6	5,1	18,6	0,1	1,6
İkitelli FSMH	24,9	3,6	0,0	0,1	1,4
B.Çekmece	36,3	3,8	0,0	0,1	0,0
Elmalı	60,1	5,0	0,0	0,0	0,0
TOPLAM	66,29	7,42	5,21	0,19	0,97

İstanbul'un İçmesuyu sistem analizi yapılırken sisteminin tüm bileşenleri su kaynağından musluğa kadar su ihtiyacı ve tesisi kapasiteleri açısından incelenmiştir[62-67]. İstanbul'un Asya ve Avrupa yakalarındaki su ihtiyaçları 2006 ve 2040 yılları için Master Plan'da ayrı ayrı tespit edilmiş olup[60], sırasıyla ham su isale, arıtma, isale, depo ve terfi merkezi kapasitelerinin ihtiyacı karşılayıp karşılamadığı analiz edilmiştir. İsale hatlarında normal işletme işletmede su hızı $v = 1$ m/s, azami işletme durumunda $v = 2$ m/s kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Avrupa Yakası İçmesuyu Sistemi Analizi

Avrupa yakasında Kağıthane, İkitelli ve B.Çekmece su arıtma tesisleri ve kapasitelerine göre sistem analizi aşağıda verilmektedir:

Tablo C.3: İstanbul Avrupa Yakası Temizsu İhtiyacı

	Ortalama İhtiyaç m³/gün	Maksimum İhtiyaç m³/gün
Büyükçekmece Sistemi	211.000	350.000
Terkos – İkitelli Sistemi	360.000	930.000
Terkos – K.hane Sistemi	536.000	740.000
Toplam	1.107.000	2.020.000

Tablo C.4: İstanbul Avrupa Yakası Hamsu Terfi Merkezleri Kapasitesi

	İşletme Debisi m³/gün	Azami Debi m³/gün
Büyükçekmece	211.000	486.000
İkitelli	360.000	771.000
Kağıthane	536.000	1.326.000
Toplam	1.107.000	2.583.000

Tablo C.5: İstanbul Avrupa Yakası Hamsu İsale Hatları Kapasitesi

	İşletme Debisi m³/gün	Azami Debi m³/gün
Büyükçekmece	211.000	486.000
İkitelli	360.000	942.000
Kağıthane	536.000	1.178.000
Toplam	1.107.000	2.606.000

Tablo C.6: İstanbul Avrupa Yakası Enerji Kapasitesi

	İşletme MVA	Maksimum İhtiyaç MVA
Büyükçekmece	7	32
İkitelli	16	32
Kağıthane	22	32
Toplam	45	96

Tablo C.7: İstanbul Avrupa Yakası Arıtma Tesisleri Kapasitesi

	İşletme Debisi m³/gün	Azami Debi m³/gün
Büyükçekmece	211.000	375.000
İkitelli	360.000	800.000
Kağıthane	536.000	750.000
Toplam	1.107.000	1.925.000

Tablo C.8: İstanbul Avrupa Yakası Su İsale Hatları Kapasitesi

	İşletme Debisi m³/gün	Azami Debi m³/gün
Büyükçekmece	211.000	457.000
İkitelli	360.000	785.000
Kağıthane	536.000	1.891.000
Toplam	1.107.000	3.133.000

Tablo C.9: İstanbul Avrupa Yakası Depo Kapasiteleri

	Mevcut Kapasite m³/gün	İnşa Halinde Kapasite m³/gün	Planlanan Kapasite m³/gün
Büyükçekmece	127.500	30.000	40.000
İkitelli	407.000	0	57.500
Kağıthane	202.000	12.000	5.000
Toplam	736.500	42.000	102.500

Depolama kapasitesi mevcut durumda $736.500 / 1.107.000 = \% 67$ iken nihai durumda $881.000 / 2.020.000 = \% 44$ olacaktır.

Asya Yakası İçmesuyu Sistemi Analizi

Avrupa yakasında Kağıthane, İkitelli ve B.Çekmece su arıtma tesisleri ve kapasitelerine göre sistem analizi aşağıda verilmektedir.

İstanbul'un Asya yakası hamsu kaynakları şöyledir :

Ömerli barajı yıllık verimi : 220 milyon m³/yıl

Darlık barajı yıllık verimi : 97 milyon m³/yıl

Tablo C.10: İstanbul Asya Yakası Temizsu İhtiyacı

Otalama İhtiyaç m ³ /gün	Maksimum İhtiyaç m ³ /gün
840 000	1 500 000

Tablo C.11: İstanbul Asya Yakası Hamsu Terfi Merkezleri Kapasitesi

Adı	Normal İşletme m ³ /gün	Azami İşletme m ³ /gün
Ömerli 1	650 000	1 000 000
Ömerli 2	Montaj aşamasında	864 000
Darlık	250 000	350 000
Toplam	900 000	2 214 000

Tablo C.12: İstanbul Asya Yakası Hamsu İsale Hatları Kapasitesi

Adı	Normal İşletme m ³ /gün	Azami İşletme m ³ /gün
2200 Çelik Hat	327 000	650 000
2000 Çelik Hat	323 000	550 000
2200 ÖGB Hat	kullanılmıyor	650 000
Darlık Emirli 3000	250 000	1 000 000
Toplam	900 000	2 850 000

Tablo C.13: İstanbul Asya Yakası Enerji Kapasitesi

Adı	Çekilebilecek Max. Güç MVA	Normal İşletme MVA	Alternatif MVA
Paşaköy Ömerli	32	17	Kurtköy Ömerli (18 MVA)
Tekeköy Darlık	32	10	-

Tablo C.14: İstanbul Asya Yakası Arıtma Tesisleri Kapasitesi

Adı	Normal İşletme m ³ /gün	Azami İşletme m ³ /gün
Orhaniye	320 000	550 000
Osmaniye	150 000	200 000
Muradiye	185 000	300 000
Emirli	185 000	500 000
TOPLAM	840 000	1 550 000

Tablo C.15: İstanbul Asya Yakası Su İsale Hatları Kapasitesi

Adı	Normal İşletme m ³ /gün	Maksimum m ³ /gün
Ömerli – Dudullu (2200 B)	316 000	545 000
Ömerli – Dudullu (2200 Ç)	270 000	545 000
Ömerli – Şeyhli (2200 Ç)	230 000	480.000
Ömerli Şeyhli (1850 B)	-----	405.000
Ömerli S.beyli Güney (1200 Ç)	14 000	160 000
Ömerli Sultanbeyli Kuzey (900 Ç)	10 000	65 000
Toplam	840 000	2.200.000

Tablo C.16: İstanbul Asya Yakası Depo Kapasiteleri

Adı	Mevcut Kapasite m ³	İnşa Halinde Kapasite m ³	Planlanan kapasite m ³
Ömerli Sistemi	582.750	55.000	120.000
Toplam	582.750	55.000	120.000

ÖZGEÇMİŞ

Deniz AYDIN

1973 yılında Ordu'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ordu-Perşembe'de tamamladı. 1990 yılında kazandığı İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 1994 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği A.B.D.'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı, 1997 yılında Çevre Yüksek Mühendisi oldu. 1998 yılında aynı enstitüde Doktora programına başladı. 1995-98 yılları arasında özel sektörde altyapı proje mühendisi olarak çalıştı. 1999 yılından itibaren İSKİ Genel Müdürlüğü Plan Proje Dairesi Başkanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü'nde Uygulama Geliştirme Mühendisi olarak çalışmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.