

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı su kalitesi yönetimi – İstanbul örneği

Deniz AYDIN*, Lütfi AKÇA

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

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 belgelenmiş ve kaliteli verilere dayanması büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) 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 analizleri, karar-üretme, modelleme, tematik(konulu) harita üretimi, senaryo üretimi ve yönetimi gibi çalışmalar için oldukça güçlü ve fonksiyonel bir yapı oluşturulmuştur. Ortaya konulan genel sistemin uygulaması, İstanbul içmesuyu sistemi ele alınarak 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 deşarji, 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.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemi, İstanbul içmesuyu dağıtım sistemi, su kalitesi yönetimi.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Deniz AYDIN. daydin@iski.gov.tr; Tel: (212) 312 34 22.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "İçmesuyu dağıtım sistemlerinde CBS tabanlı su kalitesi yönetimi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 20.07.2007 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 05.12.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.03.2008 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Geographical Information System based water quality management in drinking water distribution systems

Extended abstract

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

Monitoring of all processes and their components at site requires studies on spatial base. Therefore, in this study, a Geographical Information System (GIS) based system was developed to construct the proposed Drinking Water Quality Monitoring Information System in this study for İstanbul.

Establishing regular monitoring the quality of drinking water and effective reporting mechanisms to provide a relevant and timely information as well as to promote 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 the water quality in drinking water distribution system by utilizing 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.

Drinking water quality monitoring is a wide-ranging assessment of the quality of water in the distribution system till it is supplied to the consumer. It includes the regular sampling and testing performed for assessing compliance with guideline values and, where applicable, compliance with regulatory requirements and/or agreed levels of service.

The four main components of designed drinking water quality management system consist of Planning, Implementation, Efficient Monitoring and control and Continuous improvement steps. In this study a powerful and functional platform was projected for query, network and trend analyses, decision support, modelling, thematic re-symbolization, scenario production and management with GIS technology within the framework of "The Main Drinking Water Quality Management Plan" Application of this developed system was performed within İstanbul drinking water system. A Geographical Information 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 was designed.

In this study, variations of water quality of water treatment plants, service reservoirs and distribution systems are evaluated individually. Moreover some inspections are made for each component of drinking water system according to charts based on measurement results.

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

Some important decisions were derived from the developed system and the results of analyses are;

- 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,

Decisions about drinking water quality should be based on available data and documents, such that the decisions are scientifically, and where necessary, legally defensible and able to withstand public scrutiny. Ready and easy accessible data is as important as making decision which has to be based on analysing the system data. Geographical Information Systems provide very powerful and efficient study platform to users in these terms.

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

Keywords: Geographical information system, İstanbul water distribution system, water quality management.

Giriş

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.

İçmesuyunda potansiyel olarak mikrobiyolojik, organik, inorganik, kimyasal ve radyoaktif kirlenici türleri bulunabileceği gibi dezenfektanlar ve dezenfeksiyon yan ürünleri de kirlenmeye neden olabilmektedir.

İçmesuyu dağıtım şebekelerinde su kalitesi yönetiminin içmesuyu sistemi bütünlüğü içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Şebekede karşılaşılan herhangi bir kirlilik bizzat içmesuyu dağıtım sisteminden kaynaklanabileceği gibi, su kaynağından başlayarak, arıtma tesisi, depo, terfi merkezi gibi sistem bileşenlerinden herhangi birinden de meydana gelebilmektedir. Özellikle su kaynağının seçimi, uygulanacak arıtma prosesleri ve dezenfeksiyon uygulaması dağıtım şebekelerindeki su kalitesini belirleyici nitelikte olabilmektedir. Bu nedenle içmesuyu kalitesi yönetimi, bütünsel yaklaşımla ele alınması gerekli bir konudur.

Dağıtım şebekeleri içmesuyunu 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. Son yıllarda içmesuyu dağıtım sistemlerinin verimli işletilmesi ve yönetimi ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır (Cortes vd., 1997; Ulanicki vd., 2000; Engelhardt vd., 2000; Moreno vd., 2003).

Suyun bakteriyolojik kalitesi de dağıtım esnasında bozulabilmektedir. Eğer su herhangi bir

kirlenme sonucu önemli miktarda çözünmüş organik madde veya amonyak içeriyorsa şebekede bulunması gereken bakiye dezenfektan miktarları sağlanamamaktadır. Ayrıca su ana boruları yeterli sıklıkta temizlenip boşaltılmıyorsa zararlı bakteri ve diğer organizmaların üremesi söz konusu olmaktadır. Su 0.25 mg/L'den fazla çözünmüş organik karbon içeriyorsa ve sıcaklığı 20°C'yi aşıyorsa, *Aeromonas* ve diğer zararlı bakterilerin çoğalmasını önlemek için serbest bakiye klor konsantrasyonunun 0.25 mg/L olması gerekmektedir (WHO, 1993). 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.

Dağıtım borularındaki tamir çalışmaları da kirlenmeye sebep olabilmektedir. Yersel basınç düşmesi kirlenmiş suların ters sifonlanmasına sebep olabilmektedir. İçmesuyu sistemini oluşturan arıtma tesisi, depo, terfi merkezi, borular, vanalar gibi bileşenlere ait malzemelerin kısmi çözünebilirliği 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 olacak elementleri açığa çıkararak su kalitesini bozucu yönde etki gösterebilmektedir (WHO, 1993).

İçmesuyu 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 edilebilmektedir. İçmesuyu temini ve dağıtım sisteminde kirlilik oluşturan kaynaklar, taşınım mekanizmaları ve bunların kontrol stratejileri su kalitesi yönetiminin teknik boyutunu oluşturmaktadır (Gauthier vd., 2000; Odeh vd., 2002).

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 eş zamanlı olarak uygulanmasını içeren bir organizasyon olarak ele alınabilmektedir (Nadebaum vd., 2003).

Bu çalışma kapsamında, su kalitesi yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı karar destek sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen sistemin uygulamasının İstanbul içmesuyu sistemi üzerinde yapılması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla içmesuyu sistemi üzerinde çeşitli noktalardan alınan numunelerle yapılan su kalitesi ölçümlerinin konumsal (spatial) hassasiyeti olan haritalar üzerinde, veritabanı bağlantısı olan “akıllı nokta” şeklinde depolanması amaçlanmıştır. İkinci aşamada ise sorgulama, analiz ve sunum araçlarının geliştirilmesi planlanmıştır.

Su kalitesi yönetim sistemine genel yaklaşım

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 oluşturulmasını gerektirmektedir. 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.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem; Bilgisayar Destekli Tasarım(CAD), CBS ve GeoWEB ortamlarının birlikte çalışabileceği oldukça esnek ve fonksiyonel şekilde tasarlanmıştır. Sistemin ana felsefesi “Bir kez üret, her yerde, her zaman kullan” şeklinde özetlenebilen optimizasyon düşüncesidir. Oluşturulan sistem kurumsal bir çözümü hedeflemektedir. Bu ne-

denle diğer modeller ve modüllerle tam entegrasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Grafik verilerin veritabanı bağlantılarının yapılabilmesi için CAD tabanlı bir CBS yazılımı seçilmiştir. Bu arada içmesuyu sisteminin kural tabanlı olarak harita ortamına aktarılabilirdiği bir CBS yazılımı da sisteme dahil edilmiştir.

Kullanıcıların üretilen bilgi ve analizlere hızlı erişimi ve kullanım kolaylığı açısından konumsal tabanlı çalışabilen GeoWEB ortamı da sisteme dahil 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 noktada itibarı ile CAD ve CBS teknolojilerini içermekte, dolayısıyla çok daha sade fakat güçlü bir yapı sunmaktadır. Tasarlanan sistemin bu teknolojiye açık (bilgi alışverişi olan) olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

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 kullanıcı 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 kullanıcı 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. Kullanıcıların CAD/CBS ve GeoWeb ortamlarından sisteme ulaşmaları ve sistem üzerinde çalışmaları tasarlanmıştır.

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

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.

Materyal ve yöntem

İstanbul içmesuyu kalitesi yönetim sistemi

İçmesuyu kalitesi yönetiminde temel yaklaşım, su kaynağından musluğa kadar tüm süreçlerin planlanması, bu planlar uygulamaya konulduktan sonra süreçlerin izlenmesi, kontrol edilmesi ve sürekli iyileştirmelerin yapılmasıdır. Bu çalışmada önerilen sistemin uygulaması olarak, İstanbul içmesuyu sisteminde CBS tabanlı bir su kalitesi yönetim sistemi ortaya konulmaktadır. Bu amaçla İstanbul örneğinde etkin izleme ve denetimi esas alan sistemin genel çerçevesini oluşturacak Su Kalitesi Yönetimi Ana Planı'nın adımları Tablo 1'de verilmektedir.

İstanbul içmesuyu izleme bilgi sistemi

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 CBS seçilmiştir. CBS; Veritabanı, Grafik ortam (CAD) ve Web olmak üzere başlıca üç teknolojiye dayanmakta olup, bu sistemin oluşturulmasında veritabanı, grafik ortam ve yayınlama tasarımları bir bütün halinde CBS teknolojisi altında yapılmıştır.

Veritabanı tasarımı

İçmesuyu gölleri, arıtma tesisleri, depolar ve şebekede düzenli olarak ölçümler yapılmakta ve

bu bilgilerin bir veritabanında tablolar halinde depolanması gerekmektedir. Bu da bir veritabanı tasarımını beraberinde getirmektedir.

Tablo 1. İstanbul içmesuyu kalitesi yönetimi ana planı

Plan Adımları	Açıklama
1. Toplam Kalite Yönetimi Çalışmaları	Yapılan tüm çalışmaların standartlara uygunluğu test edilecektir.
2. İşletme Prosedürlerinin Detaylı Tarifi	Açık, kolay anlaşılır işletme prosedürleri hazırlanacaktır.
3. Mekansal İzleme ve Bilgi Yönetimi	Arıtma tesisleri çıkışı ve şebekede belirli noktalardan otomatik veya manuel olarak alınan numunelerle CBS tabanlı olarak denetim altında tutulacaktır.
4. Eğitim ve Sertifikasyon Çalışmaları	Düzenli periyotlarla eğitim ve sertifikasyon çalışmaları yapılacaktır.
5. Afet ve Acil Durum Planları	Acil durum senaryoları ve alınacak tedbirler açık ve net bir şekilde yazılı hale getirilecektir.
6. Araştırma-Geliştirme	İçmesuyu sisteminin işletilmesi ile ilgili yeni teknik, ekipman ve teknolojilerin yakından takibi yapılacak ve kuruma kazandırılacaktır.
7. Kamuoyunun Eğitimi/ Bilgilendirilmesi	Kamuoyu kitle iletişim araçları kullanılarak bilgilendirilecek ve bilinçlendirilecektir.
8. Sistemin Denetlenmesi ve Sürekli İyileştirme	Sistem üzerinde yapılacak geliştirmeler ortaya konulacaktır.

Grafik ortam tasarımı

Grafik ortamın (harita altlıklarının) tasarımında CAD yazılımı olarak MicroStation V8, CBS

yazılımı olarak MS Geographics, veritabanı olarak MS Access ve Oracle10g yazılımları kullanılmaktadır.

Sistemde İstanbul'un tamamına ait yaklaşık 1/1000'lik fotogrametrik halihazır harita, 1/5000'lik ortofoto harita ve uydu görüntüsü yer almaktadır. Bunların yanısıra tüm içmesuyu isale ve dağıtım hatları arşiv paftalarından vektörize edilerek, ülke koordinat sistemi (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/CBS 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 tespit edilmiş ve her birine ayrı (unique) bir numara verilerek grafik ortamda işaretlenmiştir.

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.

Yayınlama ortamı tasarımı

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

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/CBS 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, CBS yazılımı olarak MS Geographics yayınlama yazılımı olarak Bentley GeoWeb Publisher kullanılmaktadır.

Karar destek aracı olarak su kalitesi izleme bilgi sistemi

İçmesuyu kalitesi ölçüm çalışmaları, konumsal bir bilgi sistemi bünyesinde toplanarak 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 ölçümleri CBS ortamında sorgulanabilmekte (grafikten sözele, sözelden grafiğe), network, topoloji analizleri ile tematik harita üretimi yapılabilmektedir.

İçmesuyu bilgi sistemi kapsamında içmesuyu hatları, üstyapı tesisleri (su arıtma tesisi, terfi merkezi, depo) ve su kalitesi ölçüm noktaları birlikte görüntülenebilmektedir. Böylelikle kaynak bazında birçok analiz yapabilme imkanı sağlanmaktadır. Örneğin, bir depodan beslenen bölgede, toplam koliform ve serbest klor miktarının mesafe ve zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini izleyebilmek mümkün olmaktadır. Su kalitesi parametrelerinin değişimi tematik harita ve grafik desteği ile daha görsel hale getirilmektedir.

İçmesuyu şebekesi ile ilgili analiz ve değerlendirmeler

İçmesuyu sisteminden bahsedildiğinde su kaynağı (göller, baraj, yer altı suları vb.), arıtma tesisleri, isale hatları, depo ve terfi merkezleri,

dağıtım şebekesi ve kullanıcılardan oluşan bir bütün anlaşılmaktadır. 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.

Şekil 1’deki analiz sonuçlarına göre yapılan *tespit* aşağıdadır:

Aralık 2000 - Eylül 2005 arasında beş yıllık periyotta Ort (T.Koliform) = 94.6, Ort(S.Klor) = 84.6 olduğu görülmektedir.

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

Bu analizle ilgili içmesuyu kalitesinin yönetiminde destek aracı olarak *üretilen karar* ise aşağıdadır:

Şebekedeki su kalitesi performansının T.Koliform parametresine göre standardı en az %95 sağlama hedefine uyduğu söylenebilmektedir. 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 boru sonu-bakteriyel kirlilik ilişkisinin analizi

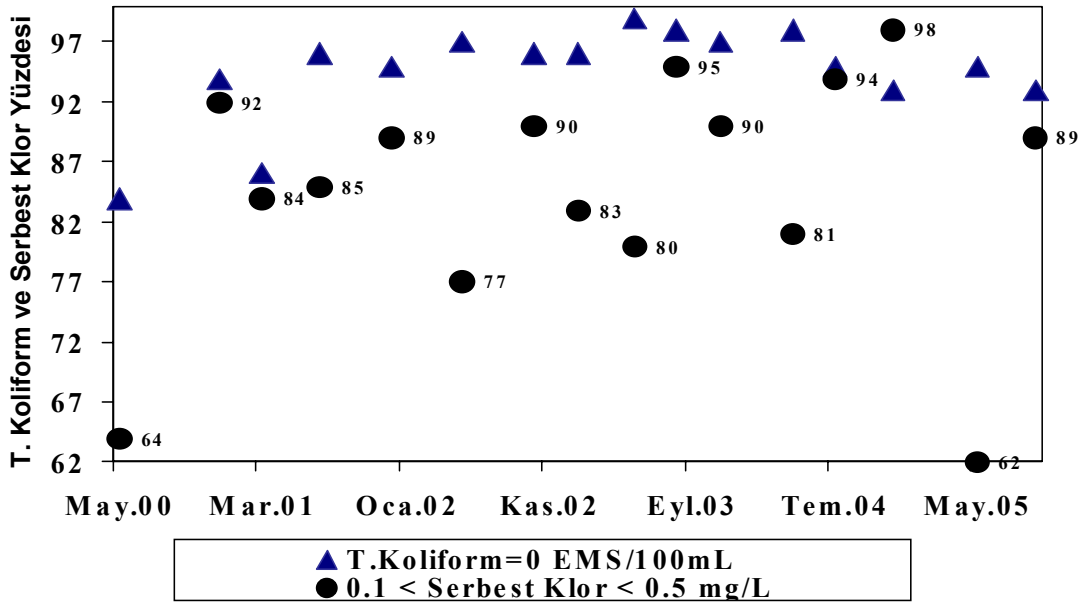
İçmesuyu şebekelerinde boru sonu, kritik nokta ve ölü alanlarda hız azalmasından dolayı çökeltme işlemi artmaktadır. Bu durum boru sonu-bakteriyel kirlilik ilişkisinin incelenmesini önemli hale getirmektedir (Şekil 2).

Şekil 2’deki analiz sonuçlarına göre yapılan *tespit* aşağıdadır:

İçmesuyu şebekelerinde tüm şebekeden alınan numunelerle boru sonu sayısı farklı ilçelerde karşılaştırıldığında mikrobiyolojik kirlenmenin arttığı görülmektedir.

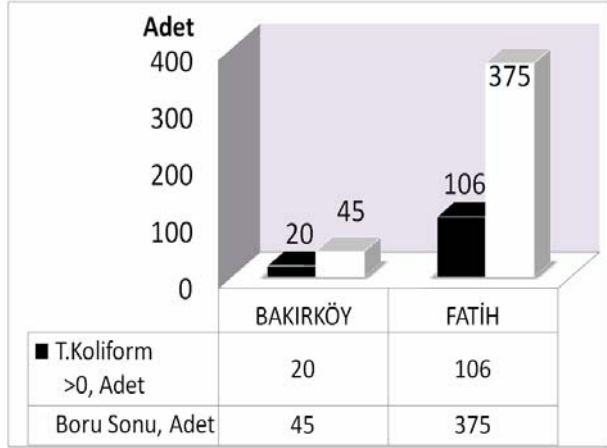
Bu analizle ilgili içmesuyu kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmak üzere *üretilen karar* ise aşağıdadır:

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 biyofilm tabakaları da kısmen parçalanarak bu kritik noktalarda birikmektedir. Boru sonlarında oluşan bu birikintiler arttıkça, suyun ters yönde hareketi ile şebekeye



Şekil 1. İçmesuyu şebekesinde standartları sağlayan t.koliform ve serbest klor ölçüm yüzdelerinin yıllara göre değişimi

ve kullanıcının musluğuna ulaşmaktadır. Bu sebeple mevcut boru sonlarının periyodik olarak (3 ayda 1 saat gibi) deşarj edilmesi ile bu birikimler 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.



Şekil 2. Boru sonu sayısı ile standardı sağlama-yan t.koliform sayılarının karşılaştırması

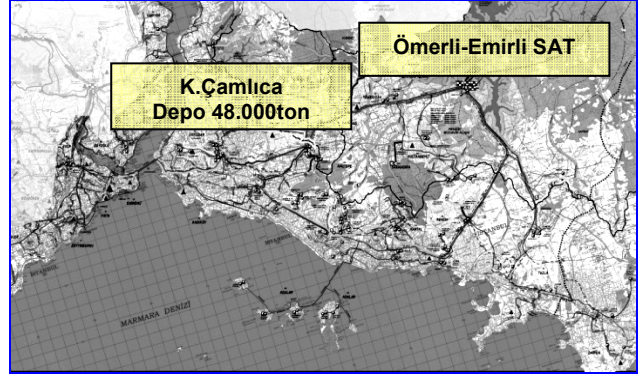
Su kalitesi parametrelerinin konumsal değişiminin incelenmesi

İçmesuyu arıtma tesisi, depo çıkışı ve bu depodan ilçenin 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.

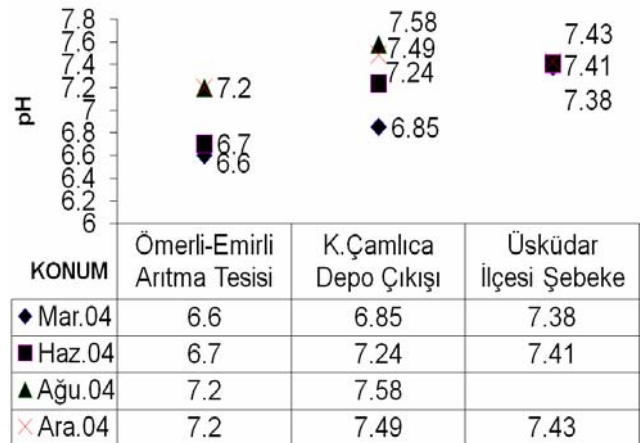
Üsküdar ilçesini besleyen K.Çamlıca deposu ve bu depoyu besleyen Ömerli-Emirli Su Arıtma tesislerinin haritada gösterimi Şekil 3'te verilmiştir. Bu tesislerden alınan numune sonuçları baz alınarak oluşturulan pH, bulanıklık ve bakiye klor parametrelerinin konumsal değişimi Şekil 4-6'de görülmektedir. Arıtma ve depo çıkışlarında yapılan ölçüm sonuçlarına göre koliform bakteriye rastlanmadığından bu parametre için grafik çizilmemiştir.

Şekil 4'teki pH parametresi analiz sonuçlarına göre yapılan *tespit* aşağıdadır:

pH değerlerinin TSE 266 (6.5-9.2) standartlarını sağladığı söylenebilmektedir. Arıtma tesisinden şebekeye kadar pH değerinde bir yükselme olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Ömerli su arıtma tesisi, K. Çamlıca isale deposu ve Üsküdar ilçesinin harita üzerinde gösterimi



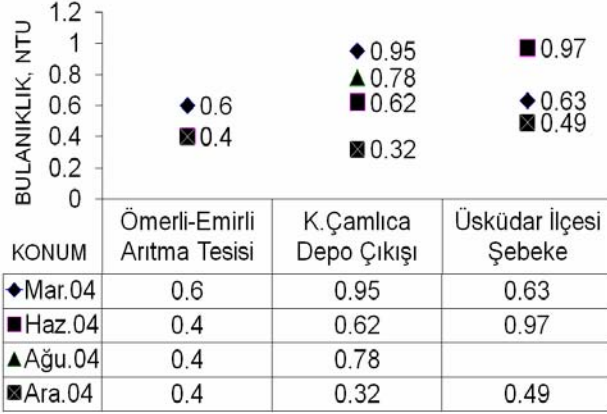
Şekil 4. Ömerli içmesuyu sisteminde pH parametresinin yıl içinde konumsal değişimi

Bu analizle ilgili içmesuyu kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmak üzere *üretilen karar* ise aşağıdadır:

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

Şekil 5'deki bulanıklık parametresi analiz sonuçlarına göre yapılan *tespit* aşağıdadır:

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



Şekil 5. Ömerli içmesuyu sisteminde bulanıklık parametresinin yıl içinde konumsal değişimi

Bu analizle ilgili içmesuyu kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmak üzere *üretilen karar* ise aşağıdadır:

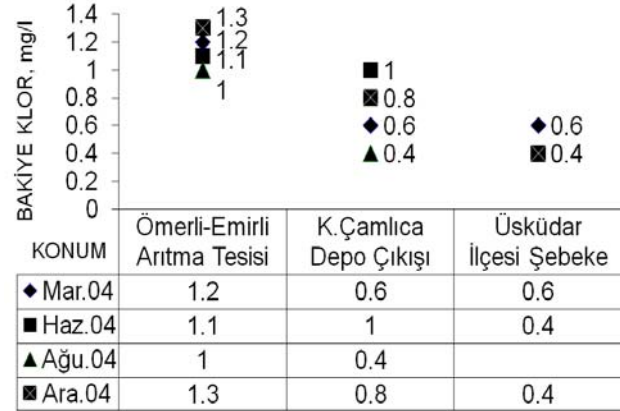
Bulanıklık ölçümleri arıtma tesisi çıkışlarında yerinde yapılırken, depo ve şebekeden alınan numunelerde ölçümler yerinde gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple ölçümler yerinde yapılarak, taşıma esnasında sonuçların doğruluğunu etkileyecek etkiler devre dışı bırakılmalıdır. Bulanıklığın yüksek olması durumunda,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

Şekil 6'daki bakiye klor parametresi analiz sonuçlarına göre yapılan *tespit* aşağıdadır:

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

Bu analizle ilgili içmesuyu kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmak üzere *üretilen karar* ise aşağıdadır:

Arıtma ve depolardaki bakiye 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.



Şekil 6. Ömerli içmesuyu sisteminde bakiye klor parametresinin yıl içinde konumsal değişimi

Sonuçlar

Tasarlanan içmesuyu kalitesi yönetim sisteminin dört ana unsurunu "Planlama, Uygulama, Etkin İzleme ve Kontrol, Sürekli İyileştirme" oluşturmaktadır. Geliştirilen sistem ile yapılan analiz ve değerlendirme sonuçlarına göre özet olarak,

- 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 ve bilgilendirilmesi, yapılması gerekli olan temel çalışmalardır.

İçmesuyu kalitesi ile ilgili üretilen kararların bilimsel, gerektiğinde yasal olarak savunulabi-

len, kamuoyu incelemesine açık, iyi belgelendirilmiş ve kaliteli verilere dayanması büyük önem taşımaktadır. Karar üretilirken mutlaka verilere dayalı analizler yapılması büyük önem taşırken, verilerin de karar üretiminde kullanılmaya her an hazır olması diğer önemli bir husustur. Coğrafi Bilgi Sistemleri bu anlamda çok güçlü ve kullanışlı bir çalışma platformu sunmaktadır.

Kaynaklar

- Cortes, F. I. A., and Ochoa-Alejo, L.H., (1997). Evaluation of Water Losses in Distribution Networks, *J. Water Resources Planning and Management*, **123**, 5, 284-291.
- 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**, 2, 153-170.
- 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 Resources Planning and Management*, **126**, 4, 221-228.
- Moreno, L.M., (2003). Assesment of water loss and pipe failures in water distribution system using GIS technology, *Master of Science in Civil Engineering Thesis*, The University of Texas, Arlington.
- Nadebaum, P., Chapman, M., Ortisi, S. ve Baker, A., (2003). Application of quality management systems for drinking water quality, *Water Supply*, **3**, 1-2, 359-364.
- Odeh, K., Fotoohi, F., Kora, R., (2002). Master Plan for Water Supply network, *Proceedings, Specialised Conference Management of Productivity at Water Utilities*, International Water Association, 31-34, Praha.
- 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**, 2, 105-114.
- WHO, (1993). *Guidelines for drinking-water quality*, 131-143, Geneva.