

**T. C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA İLİ İÇME SUYUNDA TRIHALOMETAN POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Ahmet KIRIKÇI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2006

**T. C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA İLİ İÇME SUYUNDA TRIHALOMETAN POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Ahmet KIRIKÇI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2006

Doç. Dr. Sinan UYANIK danışmanlığında, Ahmet KIRIKÇI'nın hazırladığı “Şanlıurfa İli İçme Suyunda Trihalometan Potansiyelinin Belirlenmesi” konulu bu çalışma/...../ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Sinan UYANIK

Üye : Doç. Dr. Ömer ŞAHİN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Feridun DEMİR

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK/DPT Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: Hübak 596
DPT İÇTAG 1021085

Not : Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|---|----------|
| ÖZ..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| SİMGELER DİZİNİ..... | iv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vi |
| 1. KURAMSAL TEMELLER..... | 1 |
| 1.1. Genel..... | 1 |
| 1.2. Organik Maddelerin Kaynakları..... | 3 |
| 1.3. Organik Maddelerin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler..... | 4 |
| 1.3.1. Renk..... | 4 |
| 1.3.2. Ultraviyole absorbanası..... | 5 |
| 1.3.3. Toplam organik karbon (TOC)..... | 5 |
| 1.3.4. Gaz kromatografisi..... | 6 |
| 1.4. Dezenfeksiyonun Tanımı ve Amacı..... | 7 |
| 1.5. Dezenfeksiyon Yöntemleri ve Dezenfektan Maddeler..... | 9 |
| 1.5.1. Kloraminler ve klor..... | 11 |
| 1.5.2. Klordioksit ve diğer kloroksitler..... | 12 |
| 1.5.3. Ozon..... | 13 |
| 1.5.4. Ultraviyole radyasyonu..... | 13 |
| 1.5.5. Diğer dezenfektanlar..... | 15 |
| 1.6. Trihalometanlar ve Oluşum Mekanizmaları..... | 15 |
| 1.6.1. Trihalometan çeşitleri..... | 17 |
| 1.6.1.1. Kloroform..... | 18 |
| 1.6.1.2. Dibromoklorometan..... | 20 |
| 1.6.1.3. Bromodiklorometan..... | 20 |
| 1.6.1.4. Bromoform..... | 21 |
| 1.6.2. Trihalometanların giderim metotları..... | 21 |
| 1.7. Çalışmanın Konusu ve Amacı..... | 24 |
| 2. MATERYAL ve YÖNTEM..... | 25 |
| 2.1. Materyal..... | 25 |
| 2.1.1. Şanlıurfa ili içme suyu temini..... | 25 |
| 2.1.2. Şanlıurfa içme suyu arıtma tesisi..... | 26 |
| 2.1.2.1. Havalandırma..... | 26 |
| 2.1.2.2. Pıhtılaştırma..... | 27 |
| 2.1.2.3. Yumaklaştırma..... | 28 |
| 2.1.2.4. Durulma..... | 28 |
| 2.1.2.5. Filtrasyon..... | 29 |
| 2.1.2.6. Temiz su deposu..... | 30 |
| 2.1.2.7. Klor binası..... | 30 |
| 2.1.2.8. Diğer..... | 30 |
| 2.2. Yöntem..... | 31 |
| 2.2.1. Numune alma ve saklamada izlenen yol..... | 31 |
| 2.2.2. Sıcaklık ve pH..... | 31 |
| 2.2.3. Toplam organik karbon..... | 31 |
| 2.2.4. THM..... | 32 |
| 3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... | 33 |
| 3.1. Arıtma Tesisinden Alınan Numunelerdeki Analizler..... | 33 |
| 3.2. Şehir Şebekesinden Alınan Numunelerdeki Analizler..... | 37 |
| 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... | 45 |
| 4.1. Sonuçlar..... | 45 |
| 4.2. Öneriler..... | 45 |
| KAYNAKLAR..... | 47 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 49 |

| | |
|--------------|----|
| EKLER..... | 50 |
| ÖZET..... | 55 |
| SUMMARY..... | 56 |

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA İLİ İÇME SUYUNDA TRİHALOMETAN POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Ahmet KIRIKÇI

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr. Sinan UYANIK
Yıl: 2006, Sayfa: 56**

İçme suyu arıtımında kullanılan dezenfeksiyon yöntemlerinden en yaygın olanı klorlama olarak bilinmektedir. Ancak bu yöntemin uygulanmasıyla, yüzeysel sularda bulunan organik maddelerle klorun reaksiyona girmesiyle (Trihalometan) THM'lar olarak bilinen kanserojen maddeler oluşmaktadır. Şanlıurfa ili içme suyu arıtımında da dezenfeksiyon amaçlı olarak klorlama yapılmaktadır. Bu çalışmada Şanlıurfa İli İçme Suyu Arıtma Tesisi ve şehir şebekesinde THM oluşumu gözlenmiştir. Ocak-Nisan ayları boyunca yürütülen çalışmada; arıtma tesisinden 5 olmak üzere 13 ayrı noktadan alınan numunelerde 24 saatlik bekleme süresinden sonra THM konsantrasyonu incelenmiştir. Tesis içinde (Toplam THM) TTHM konsantrasyonu ortalama; ham suda 2.47 µg/L, ön klorlama sonrasında 3.39 µg/L, durultucu çıkışında 8.05 µg/L, filtrasyon sonrasında 7.83 µg/L , ve temiz su deposunda 12.23 µg/L olarak tespit edilmiştir. Şehir şebekesinde ise bu değerler mesafeyle bağlantılı 4.06 µg/L ile 33.22 µg/L arasında, ortalama ise 14.63 µg/L olarak bulunmuştur. Yapılan bu araştırmada elde edilen sonuçların, USEPA tarafından öngörülen TTHM konsantrasyonu olan 80 µg/L sınır değerinin altında gerçekleştiği görülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER : Trihalometan, Şanlıurfa, içme suyu.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION of TRIHALOMETHANE POTENTIAL IN SANLIURFA DRINKING WATER

Ahmet KIRIKÇI

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sinan UYANIK
Year: 2006, Page: 56**

Chlorination is known that the common method of disinfection used in drinking water treatment. However with the application of this methods, cansirogen matters which are known trihalomethanes have occured with the reaction between organic matters in the surface water and chlorine. Chlorination is applied in the treatment of Sanliurfa's drinking water for treatment. In this study, THMs formation is observed in Sanliurfa's Drinking Water Treatment Plant and city network. In this study carried out during January-April, THMs concentrations of the samples taken from 13 different points which 5 of them from the treatment plant are examined after 24 hour detention time. Concentrations of TTHM are found that 2.47 µg/L in raw water, 3.39 µg/L after the pre-chlorination, 8.05 µg /L exit of the clarifier, 7.83 µg/L after the filtration and 12.23 µg/L in the clean water storehouse. These values are varied 4.06 µg/L-33 µg/L in city network related to distanc., avarage value is 14.6 µg/L. It is noticed that the results of this study are below the 80 mg/L TTHM limit concentration value which is determined by USEPA.

KEY WORDS : Trihalomethane, Sanliurfa, drinking water

TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca bilgi, deneyim ve desteklerini benden esirgemeyen çok değerli danıőmanım Sayın Doç. Dr. Sinan UYANIK' a, tezin her aőamasında desteklerini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. M. İrfan YEŐİLNACAR' a teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, arıtma tesisinden ve şebekeden numunelerin toplanması aőamasında gerek duyduğum bilgi birikimlerini benimle paylaşan tüm şanlıurfa Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi personeline teşekkür ederim.

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|-------|---|
| BDKM | Bromodiklorometan |
| DBKM | Dibromoklorometan |
| DYÜ | Dezenfeksiyon Yan Ürünleri |
| GAC | Granül Aktif Karbon |
| GC | Gaz Kromotografisi |
| IC | İnorganik Karbon |
| MTHML | Maksimum Trihalometan Seviyesi |
| PAC | Toz Aktif Karbon |
| TC | Toplam Karbon |
| THM | Trihalometan |
| TOC | Toplam Organik Karbon |
| TTHM | Toplam Trihalometan |
| USEPA | Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|--|----|
| Çizelge 1.1. Dezenfeksiyon yöntemleri..... | 9 |
| Çizelge 1.2. Klorlama yan ürünleri (Montgomery, 1985)..... | 16 |
| Çizelge 1.3. Trihalometan türleri..... | 18 |
| Çizelge 3.1. Arıtma tesisinden alınan numunelerde ortalama TOC, pH ve sıcaklık parametreleri.. | 33 |
| Çizelge 3.2. Arıtma tesisinden alınan numunelerde ortalama THM analiz sonuçları..... | 33 |
| Çizelge 3.3. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık kloroform analizleri..... | 34 |
| Çizelge 3.4. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Bromodiklorometan analizleri..... | 34 |
| Çizelge 3.5. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Dibromoklorometan analizleri..... | 35 |
| Çizelge 3.6. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Bromoform analizleri..... | 35 |
| Çizelge 3.7. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık TTHM analizleri..... | 35 |
| Çizelge 3.8. Numune alınan mahalleler ve tesise olan uzaklıkları..... | 38 |
| Çizelge 3.9. Şebekeden alınan numunelerde ortalama TC, IC, TOC, pH ve sıcaklık parametreleri | 39 |
| Çizelge 3.10. Şebekeden alınan numunelerde ortalama THM analiz sonuçları..... | 39 |
| Çizelge 3.11. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Kloroform analizleri..... | 40 |
| Çizelge 3.12. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Bromodiklorometan analizleri..... | 41 |
| Çizelge 3.13. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Dibromoklorometan analizleri..... | 41 |
| Çizelge 3.14. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Bromoform analizleri..... | 42 |
| Çizelge 3.15. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık TTHM analizleri..... | 43 |
| Çizelge 3.16. Tüm numuneler için aylık ortalama su sıcaklıkları..... | 44 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1. Işık dalga boyları..... | 14 |
| Şekil 1.2. Kırılmış bakteri DNA görünümü..... | 14 |
| Şekil 1.3. THM oluşumunun reaksiyon aşamaları..... | 16 |
| Şekil 2.1. Şanlıurfa içme suyu arıtma tesisinin sulama kanalına göre konumu..... | 25 |
| Şekil 2.2. Havalandırma havuzu..... | 27 |
| Şekil 2.3. Pıhtılaştırma havuzları ve karıştırıcılar..... | 27 |
| Şekil 2.4. Yumaklaştırma havuzu ve polielektrolit dozajı..... | 28 |
| Şekil 2.5. Durultma havuzu ve toplama kanalları..... | 29 |
| Şekil 2.6. Hızlı kum filtresi..... | 29 |
| Şekil 2.7. Klorinatörler..... | 30 |
| Şekil 3.1. Arıtma tesisi içindeki numunelerde THM analiz sonuçları..... | 36 |
| Şekil 3.2. TTHM ve TC, TOC arasındaki ilişki..... | 37 |
| Şekil 3.3. Şehir şebeke krokisinde numune alma noktaları..... | 38 |
| Şekil 3.4. Şehir şebekesinde ortalama Kloroform konsantrasyonları..... | 40 |
| Şekil 3.5. Şehir şebekesinde ortalama Bromodiklorometan konsantrasyonları..... | 41 |
| Şekil 3.6. Şehir şebekesinde ortalama Dibromoklorometan konsantrasyonları..... | 42 |
| Şekil 3.7. Şehir şebekesinde ortalama Bromoform konsantrasyonları..... | 42 |
| Şekil 3.8. Şehir şebekesinde ortalama TTHM konsantrasyonları..... | 43 |
| Şekil 3.9. Şehir şebekesinde ortalama THM konsantrasyonlarının TTHM içindeki oranı..... | 44 |

1. KURAMSAL TEMELLER**1.1. Genel**

Nüfus artışına paralel olarak artış gösteren içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla, yüzey ya da yer altı su kaynaklarında elde edilen ham suyu içilebilir hale getirmeyi hedefleyen arıtma tesislerinde uygulanan arıtma süreçleriyle, suyun mikroorganizma içeriğinde ciddi bir azalma elde edilebilmektedir. Ancak bu süreçlerden çıkan su, uzaklaştırılması gereken düzeyde hastalık yapıcı mikroorganizma içerebilmektedirler. Bu mikroorganizmaları insan sağlığına zarar vermemesi için dezenfeksiyon işlemi uygulanmaktadır.

İçme suyu arıtımında uygulanan dezenfeksiyon yöntemleri; klorlama, ozonlama ve ultraviyole radyasyonu (UV) olarak sayılabilir. Klorlama, ucuz olması ve dezenfektan etkisinin dağıtım şebekesinde de sürmesi nedeniyle en çok kullanılan yöntemdir. Oksidasyon potansiyeli çok yüksek olan ozon, klorun ham suda bulunan organiklerle reaksiyona girip istenmeyen tat ve kokuya yol açması söz konusu olduğunda daha uygun bir seçenek olarak kullanılabilir; ancak klora göre daha pahalı ve içme suyu şebekesinde dezenfeksiyon etkisinin olmayışı kullanımını kısıtlamaktadır. Klorlama ve ozonlamadan daha etkin olan UV ise, büyük ölçekli işletmelerde tercih edilmemektedir.

Sudaki organik maddeleri tespit etme imkanı sağlayan kütle spektrometresiyle bağlantılı gaz kromatografisi gibi analitik metotların 1970’li yıllarda geliştirilmesiyle birlikte, sularda düşük seviyelerde de olsa yüzlerce doğal ve sentetik organik bileşiğe rastlanmıştır. Bu organiklerin bir kısmının dezenfeksiyon işlemi sırasında kullanılan klorla reaksiyona girerek; yeni, kompleks, genelde zararlı ve dezenfeksiyon yan ürünleri olarak bilinen bileşiklerin oluşumuna neden oldukları

fark edilmiştir. İlk olarak Ren Nehri suyundan arıtılarak, klorla dezenfeksiyonu yapılmış içme suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri olarak tanımlanan kloroform ve diğer trihalometanlar tespit edilmiştir (Rook, 1974).

Pek çok araştırma, THM'ların kanserojenik etkilerinin olduğunu ve yüzey sularının dezenfeksiyonu sonucu oluşmasında en büyük rolü doğal organik maddelerin büyük bir kısmını oluşturan humik maddelerin (humik asit ve fulvik asit) aldığını ortaya koymuştur (Babcock ve Singer, 1979). Bunun yanında bazı çalışmalar ile de alg ve bakteri hücrelerinin, hücre içi faaliyet ürünleri ile bunların bozunmasıyla ortaya çıkan ürünlerin de THM oluşumunda humik maddeler kadar etkili oldukları sonucuna varılmıştır (Rebhun ve ark., 1988; Graham ve ark., 1998).

Metan türevi olarak adlandırılan THM'lar, metandaki (CH₄) hidrojen atomlarının yerine klor, brom, ve iyot halojenlerinden birinin bağlanmasıyla oluşmaktadırlar. Humik ve fulvik asitlerin klorlanması sonucu oluşan ve dezenfeksiyon yan ürünleri denilen THM'ların oluşumunda kullanılan dezenfektanın çeşidi, miktarı, suda bulunan asitlerin kompozisyonu ve miktarı, su sıcaklığı, mineral tuzların miktarı, brom iyonu konsantrasyonu, mevsim durumu, dezenfeksiyon süresi birer etkidir (Rebhun ve ark., 1988; Najm, 1994).

Arıtılmış suda bu tür maddelerin (dezenfeksiyon yan ürünleri, THM) bulunmasının insan sağlığı için risk oluşturduğu ve kansere sebep olduğu bir çok çalışmayla ortaya konmuştur. USEPA tarafından listelenen ve kansere sınıflandırması yapılan organik kirleticiler içinde THM'lardan Kloroform, Bromodiklorometan ve Bromoform B grubuna dahil edilmekte, yani muhtemel kanserojen madde olarak sınıflandırılmakta, Dibromoklorometan ise C grubuna, yani kansere sebep olma ihtimali bulunan madde olarak sınıflandırılmıştır (Pontius, 1990). Bu kanserojen maddelerin etkilerinin nasıl meydana geldiği günümüzde daha iyi bilinmektedir. Vücut hidrokarbonları elimine etmek için onları yükseltgen ve suda çözünebilir hale getirir. Bu şekilde hidrokarbonlar vücuttan dışarı atılabilirler. Yükseltgenme sırasında oluşan ara ürünler esas kansere neden olan maddelerdir. Ara

ürünler hücrese DNA ile tepkimeye girerek, hücrelerin normal şekilde üremelerini önler ve mutasyona sebep olurlar. Bazı kimyasallar kansere neden olurken bazıları da kanseri önleyebilirler (Craun, 1986).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü (USEPA) Kasım 1979'da kabul ettiği bir talimata göre kloroformun kanserojen olduğunu belirtmiş ve içme suyunda kabul edilebilir maksimum Trihalometan konsantrasyonu seviyesini (MTHML) 100 µg/L olarak kabul etmiştir. 1998 yılında yayınlanan yeni bir talimata göre bu değer 80 µg/L olarak yeniden düzenlenmiş ve gelecekte bu değer 40 µg/L yapılacağını belirtilmiştir (Summers ve ark., 1993; Çapar, 1998). Japon Sağlık Bakanlığının Mart 1981'de kabul ettiği değer MTHML 100 µg/L iken bu değer Kanada'da 350 µg/L, Almanya'da ise 25 µg/L olmaktadır (Galapete ve ark., 1997). Ülkemizde geçerli olan içme suyu standartlarında (TS 266) bu anlamda bir sınır bulunmamakta ancak 2004 başında Sağlık Bakanlığınca hazırlanan taslakta 100 µg/L sınır değeri öngörülmektedir.

1.2. Organik Maddelerin Kaynakları

Sudaki organik bileşikler, akuatik organikler olarak bilinmektedirler ve bu organiklerin ortaya çıkmasında iki esas unsur bulunmaktadır. Bunlar doğal ve antropojenik kaynaklardır. Bitki ve hayvan artıklarının doğal olarak bozunmasıyla ortaya çıkan organikler doğal kaynaklara; endüstriyel, evsel ve zirai kullanımlarla oluşanlar ise antropojenik kaynaklar olarak nitelendirilebilirler. Bu organik maddeler ister doğal yollarla, isterse insan kaynaklı olsun doğrudan su ortamına verilebildiği gibi, bitki ve hayvan artıklarının toprak gövdesinde ayrışma ile toprakta varolan organiklerin (humus) birleşerek, yağışların da etkisi ile yüzey akışlarla durgun halde bulunan yüzey sularına yada sızmalarla yer altı sularına karışabilmektedirler.

Tarım alanlarında, THM oluşumuna sebep olan ve THM öncülleri olarak adlandırılan organik maddeler esas olarak sulama sırasında yüzey akışından ve

sızıntılardan meydana gelmektedir. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan katı ve sıvı atıklara ilave olarak aynı zamanda endüstriyel emisyonlar ve taşıtlardan çıkan egzoz, atmosfer kaynaklı kirleticiler olarak yağışlarla yeryüzüne düşmekte ve bunlar da THM öncülerinin oluşumuna neden olabilmektedirler (Galapete ve ark., 1997).

Suda doğal olarak oluşan organik maddelerin diğer iki kaynağı ise mikroorganizmalar ve petrol artıklarıdır. Alg, bakteri ve aktinomisitler yüzeysel su kaynaklarında aynı zamanda bulunabilirler. Bu organizmaların bulunduğu su ortamlarında, hücre materyalleri suyun toplam organik karbon içeriğine önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Hücre materyallerine ilave olarak pek çok çeşitte bitki ve mikroorganizma aktif salgılama prosesi boyunca metabolizma ürünlerini akuatik ortama bırakırlar. Biyolojik kaynaklı maddelerin tam aksine petrol kaynaklı kimyasallar nadiren yüzeysel sularda bulunmaktadır.

1.3. Organik Maddelerin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Su ortamındaki organik maddelerin tespitinde bir çok yöntem geliştirilmiş ve bazı parametrelerle arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Spesifik ve spesifik olmayan iki çeşit ölçüm yöntemi en çok kullanılanlarıdır. Spesifik olmayan ölçüm yönteminde, su içerisinde bulunan organik maddelerin bir kısmı veya tamamı ölçülür. Spesifik ölçüm yönteminde ise su içerisinde bulunan organik maddelerin her biri ayrı ayrı ölçülür. Spesifik olmayan ölçüm yöntemleri renk, ultraviyole absorpsiyonu, toplam organik karbon ve floresanasyondur.

1.3.1. Renk

İlk zamanlarda arıtma tesisi operatörleri, renkle sadece estetik sebeplerden dolayı ilgilenmiş olmalarına rağmen, organik maddelerin varlığına işaret etmesi nedeniyle kalite değerlendirme parametresi olarak ele alınmaya başlamıştır. Renk,

standart kloroplatinit çözeltisinden hazırlanarak renk skalasını oluşturan konsantrasyonu belli olan bir seri çözeltinin numune rengiyle karşılaştırılması esasına dayanır. Standart kloroplatinit ile renge sebep olan organik madde arasında renk tonu benzerliğinden başka hiçbir ilişki yoktur.

1.3.2. Ultraviyole absorbanısı

Spesifik organik maddeler, doymamış yapılarını veya aromatik bileşiklerini akseden belli UV absorban bantları gösterebilirler. Basit alifatik moleküller UV ışığını absorbe etmeye eğilimli değildirler. Kompleks multiaromatik, çift bağlı organik ve humik maddeler çok kuvvetle UV ışığını absorbe edebilmektedirler (Montgomery, 1985). Ham sudaki toplam organik karbon (TOC) ve UVA (254 nm) arasında pozitif bir 0.93 korelasyon katsayısı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu korelasyonun 0.9 korelasyon katsayısıyla THMP (trihalometan potansiyeli) ve TUVA (254 nm) arasında olduğu tespit edilmiştir.(Edzwald ve ark., 1985).

Ancak diğer ölçüm yöntemlerinde olduğu gibi bu yöntem de bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Basit alifatik asitler, alkoller ve şekerler gibi organik bileşikler UV ışığını absorblamamaktadırlar. Bunun yanında nitrit ve brom gibi inorganiklerin varlığında ise, organiklerin UV ile izlenmesi engellenmektedir. Böylece UVA ile organik maddeler arasında varolan ilişki lineer olmaktan uzaklaşmaktadır (Edzwald ve ark., 1985).

1.3.3. Toplam organik karbon (TOC)

İçme suyunda bulunan organik içeriğin büyük bir kısmını çözülmüş organik maddeler oluştururlar ve genellikle toksik olmadıkları kabul edilir. Çözülmüş organik maddeler suda mevcut organik karbonun %90'dan fazlasını içeren TOC olarak ölçülür. Partikül haldeki organik maddeler ise %10 gibi küçük bir bölümü

oluşturmakta ve üstelik bu rakama oldukça ötrofik kaynaklarda rastlanmaktadır. Kalan kısımlar çözünmüş organikler olarak kabul edilirler (Edzwald ve ark., 1985).

Doğal su kaynaklarında organik karbon ölçümü, kirliliğin izlenmesinde, ekolojik çalışmalarda hızlı ve basit bir yöntemdir. Organik ve inorganik ölçümleri karbon çevrimi ve doğal su gövdelerinde üretim hakkında sayısal bilgi verir. Halk sağlığı çalışmalarında, organik karbon ölçümleri, içme suyu kaynaklarında potansiyel toksik organik maddelerin ve TOC azalmasının izlenmesinde kesin olmayan bir değerlendirme sağlar. Fakat azalmanın biyodegradasyon, biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonlarla olup olmadığı ayırt edilmez. Ayrıca TOC ölçümleri çıkış suyunda THMP ile organik madde arasındaki ilişkinin gözlemlenmesini sağlar. Düşük TOC değerlerinde, kloroform oluşumunun TOC'nin lineer bir fonksiyonu ve aralarındaki katsayının 0.65 olduğu belirlenmiştir (Morrow ve Minear, 1987). Yüksek TOC konsantrasyonlarında ise, birim (mg) organik karbon başına, kloroform miktarı, reaksiyon süresi boyunca bakiye klor olmasına rağmen bu lineer ilişkinin oluşmadığı gözlemlenmiştir (Singer, 1989).

1.3.4. Gaz kromatografisi

Gaz kromatografisi 1951'li yıllardan beri geliştirilen çok yönlü enstrümantal bir analiz metodudur. Günümüzde çevre mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak, çok zaman gerektiren ve zor analizlerde kullanılmaktadır. Bu metot; sıvı numunelerin buharlaştırılmasını takiben gaz bileşikleri birbirinden bireysel olarak ayırmayı ve miktarını belirlemeyi içerir. Gaz analizleri için genellikle sıcaklık iletken detektör bulunan bir ekipman içerir ve gaz numunesi taşıyıcı bir gaz yardımıyla detektöre iletilir. Bu gaz genellikle helyumdur. Yaklaşık olarak analiz için 1-2 ml numune analiz için yeterlidir. Numune cihaza bir şırınga ile enjekte edilir ya da bugün çoğu gaz kromatografında bulunan otomatik gaz enjekte ekipmanı ile numune cihaza verilir. Pek çok cihaz bugün verilen bir sıcaklıkta ve gaz akış hızında gaz kromatogram pik yüksekliği ile konsantrasyon arasında kararlı bir sonuç verir (Sawyer ve McCarty, 1978).

1.4. Dezenfeksiyonun Tanımı ve Amacı

Dezenfeksiyon, insan sağlığına zarar verebilecek hastalık yapıcı mikroorganizmaların sudan uzaklaştırılması veya etkisiz hale getirilmesi işlemidir. Uygulamada sterilizasyon ile karıştırılmaktadır. Sterilizasyonda su içerisinde bulunan tüm canlı organizmalar yok edilirken dezenfeksiyonda sadece sağlığa zararlı etkisi olan canlıları (patojenik virüs, bağırsak solucanı yumurtaları, protozoa vb.) gidermek hedeftir.

Mikroorganizmaların çoğu konvansiyonel arıtma tesislerinde havalandırma, koagülasyon, flokülasyon, çökeltme ve filtrasyon ile uzaklaştırılırlar. 1966 yılında bu yana yapılan araştırmalarda hastalıkların giderek arttığı ve bunların sebebinin genellikle gastroenteritisteki artış olduğu rapor edilmiştir. Bunlardaki artış, yetersiz veya mevcut olmayan koagülasyon ve filtrasyon ile, klorlanmanın engellenmesi veya yetersiz dozaj yapılması gibi nedenlerle ortaya çıktığı belirtilmektedir (Singer, 1989). Bazı hastalıkların ortaya çıkışı protozoa kisti “Giardia Lamblia” kaynaklı olmaktadır. Bu da son zamanlarda çalışmaların dezenfektanların protozoa kistleri ve virüsler üzerindeki etkileri etrafında yoğunlaşmasına neden olmuştur. Virüsler genellikle düşük dozlarda bulaşıcı olarak göz önünde bulundurulur ve sudaki varlıkları geleneksel mikrobiyolojik indikatör organizma olan E.Koli ile yeterince belirlenememektedir. Kistler, dezenfeksiyona bakteri veya virüslere oranla daha dayanıklı olmalarına rağmen filtrasyon ile daha kolay uzaklaştırılabilmektedirler. Konvansiyonel 7 arıtma tesisi üzerinde yapılan bir çalışmada çıkış suyunun %7’ sinde virüse rastlanmış olmasına karşın (White, 1986); başka bir çalışmada ise %9 oranında entero virüsler tespit edilmiştir (Cothorn, 1986; Şengül, 1994).

İçme ve kullanma amaçlı olarak temin edilen sular ile bulaşan hastalıklar ateşli tifo, kolera, gastroenteritis, amipli dizanteri, virüsler ve sistomiyasis olarak sıralanabilir.

Ateşli Tifo: “Salmonella typhi” ile insanlarda hastalığa neden olur. Normal koşullarda bu mikroorganizma suda, toprakta ve dışkıda haftalarca veya aylarca canlılığını koruyabilir. Dezenfeksiyon ile bu hastalığın önüne geçilebilse de çok tehlikeli olduğu için dikkat edilmesi gerekmektedir.

Amiqli Dizanteri: bu hastalığa neden olan “Endemoeba hystolytica”, kronik hastalıklara ve salgınlara neden olana kadar fark edilememişlerdi. Bu hastalığa sebep olabilecek suların yüksek dozda dezenfektan madde kullanılarak etkisini en aza indirmek gerekmektedir. Amiqli dizanteri hastalığının ortaya çıkmasında %92 gibi büyük bir oranı teşkil eden unsurlar, dağıtım sistemindeki eksiklikler ve dağıtım sisteminin yetersiz korunmasıdır.

Virüsler: “Adenovirüs, Enterovirüs, oliovirüs, Cocksachie, Echo-virüs ve Infectious hepatitis” gibi türleri hastalığa neden olmaktadır (Şengül, 1994).

Sistomiyasis: “Schistosoma mansani” olarak tanımlanan parazit, kan yolu ile yayılarak hastalık yapmaktadır. Daha çok tropik bölgelerde yayılmaktadır. Serbest yüzen nematodların su sistemlerinde oluştuğu görülmüştür. Estetik açıdan önemli olmakla beraber bu organizmaların aşırı üremesi sonucunda kötü koku oluşur. Doğrudan klorlama çok etkili olmamakta, klorlama öncesinde pıhtılaştırma, yumaklaştırma ve çökeltme proseslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu canlıların “Salmonella, Shigella ve Cocksachie virüsleri gibi bazı patojenik mikroorganizmaları yiyebildiği bilinmektedir.

Kolera: “Vibrio Comma (Cholerae)” ile ortaya çıkan bir hastalıktır. Klora karşı oldukça hassas olan bu mikroorganizma halen Asya ve Afrika ülkelerinde hastalığa sebep olmaktadır.

Gastroenteritis: Kusma, ishal, karın bölgesinde kramplar, ateş ve baş ağrısı gibi belirtilerle ortaya çıkan hastalık bağırsaklarda bozukluğa neden olur. Bu hastalığın yayılmasında en etkili organizmalar “Shigella ve Salmonella”

gruplarıdır. Enteropatojenik E.Koli ve bazı patojenik olmayan mikroorganizmalar gibi bazı diğer bakteriler de bu hastalığa sebep olabilmektedirler.

1.5. Dezenfeksiyon Yöntemleri ve Dezenfektan Maddeler

Dezenfeksiyon işlemiyle suda bulunan bakteriler, amoebic kistler, algler, sporlar ve virüsler gibi patojenik mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi sağlanır. Alternatif pek çok dezenfeksiyon yöntemi mevcut olup temel olarak iki grupta incelenebilirler. Bunlar kimyasal ve kimyasal olmayan dezenfeksiyon metotları olarak sınıflandırılabilir.

Oksidasyon potansiyeline sahip kimyasal maddeler klor (Cl_2), klordioksit (ClO_2), brom (Br_2), iyot (I_2), potasyum permanganat ($KMnO_4$), bromklorit ve ozondur. Kimyasal olmayan ya da enerji ile bağlantılı olanlar ultraviyole radyasyonu ve gama radyasyonudur (Montgomery, 1985).

Dezenfeksiyon işlemini, fiziksel yöntemler ve kimyasal dezenfektanlar ile dezenfeksiyon yöntemleri olarak sınıflandırmak da mümkündür (Şengül, 1994). Bu sınıflandırma Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Dezenfeksiyon yöntemleri

| | |
|---|--|
| Fiziksel Yöntemler | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isı ile dezenfeksiyon ▪ Ultraviyole ışık ile dezenfeksiyon |
| Kimyasal Dezenfektanlar ile Dezenfeksiyon Yöntemleri | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alkali ve asitler ile dezenfeksiyon ▪ Yüzey aktif kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon ▪ Metal iyonları ile dezenfeksiyon ▪ Halojenler ile dezenfeksiyon ▪ Ozon ile dezenfeksiyon ▪ Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon |

Alternatif oksidant ve dezenfektan seçerken aşağıdaki esaslara dikkat edilmelidir.

- Kimyasalın çıkış suyundaki mikrobiyolojik etkinliği,
- Enterik organizmaları (bakteri, virüs, protozoa) öldürme kabiliyeti,
- Alternatif dezenfektanın sağlığa etkileri ve oluşacak yan ürünler,
- Bakiye ölçüm kolaylığı ve suda ölçülebilir bakiye bırakma imkanı,
- Arıtılacak suyun kalitesi (TOC, sertlik, brom, demir, mangan, pH, sıcaklık ve bulanıklık vb),
- Estetik açıdan istenmeyen her hangi bir yan ürünün oluşması,
- İlk yatırım, bakım ve işletme maliyeti,
- Diğer oksidantlarla birlikte davranışı,
- Diğer arıtım proseslerine faydalı ve/veya zararlı etkileri.

Bu faktörlere göre en çok kullanılan fiziksel yöntemlerde ultraviyole ile dezenfeksiyon, kimyasal madde kullanımında ise Cl_2 , ClO_2 , kolraminler, ozon ve $KMnO_4$ ile dezenfeksiyondur. Elementel klor ve türevlerinin içme suyu dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılmalarının sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- Uygulama kolaylığı ve etkinliği,
- Dağıtım şebekesinde bakiye bırakarak uzun süre koruma sağlaması,
- Mikrobiyal hücreler üzerinde hızı ve etkinliği,
- Maliyetlerinin düşük olması.

Avantajlarının bu şekilde olmasına rağmen elementel klor kullanımının organohalojen bileşiklerinin en büyük kaynağı olduğu gözlemlenmiştir (Vidic, 1994).

1.5.1. Kloraminler ve klor

Klor gazı ilk defa 1774'de Scheele tarafından hazırlanmış, ancak kimyasal bir element olarak 1808'de kabul edilmiştir. İlk kullanımları 1825'te atıksu arıtımında Fransa' da Javal suyu (potasyum çözeltisi içinde çözünmüş gaz halinde klor olarak) uygulamasıdır. Avrupa ülkelerinde ise 1831'de kolera epidemik hastalığının ortaya çıkmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. Klor ya da klor bileşiklerinin dezenfektan olarak kabul edilmesi ise iki yıl gibi kısa bir süre olmuştur. Kloraminasyon, klor ve amonyakın aynı anda veya ard arda eklenmesiyle ilk kez Ottawa, Kanada ve Denver' da 1917 yılında olmuştur. II. Dünya Savaşı sırasında amonyak eksikliği nedeniyle kloraminasyon prosesinin popülaritesi düşmüştür. Ancak son zamanlardaki klorlama ile oluşan yan ürünler nedeniyle yeniden uygulanmaya başlanmaktadır (Pontius, 1990).

Oda sıcaklığında sarı-yeşil renkli zehirli bir gaz olan klor, suya eklendiği zaman suyla birlikte hipoklorit asit ve daha sonra iyonlarına ayrılarak hipoklorit iyonuna dönüşür. Eğer suda amonyak varsa klor suya eklendiği zaman inorganik bileşik olan kloraminleri (monokloramin, dikloramin, trikloramin) oluşturur. Monokloramin ilk önce oluşan kloramindir ve tek başına dezenfektan olarak kullanılabilir. İnsanlarda yapılan gözlemler sonucu, içme suyu dezenfeksiyonunda monokloramin kullanılması ile hemodiyaliz hastalarında olumsuz sağlık etkileri azaltılmaktadır. Diyaliz küvetlerinde kloraminler hemoglobini metahemoglobine okside etmekte ve hemoglobinin denaturasyonuna sebep olmaktadır. Bunlara ek olarak, monokloramin heksozmonofosfatın dönüşünü engelleyerek kırmızı kan hücrelerinin oksidatif hasardan korunmalarına yardımcı olurlar. Laboratuvar hayvanlarında yapılan bir araştırmada, 90 gün boyunca farelere ve tavşanlara içinde 100 mg/L'den fazla kloramin bulunan su verilmiştir. Düşük dozları hiçbir etkiye sebep olmamıştır. Yüksek dozda (10-100 mg/L) ise 3 ay sonra yapılan ölçümlerde kırmızı kan hücreleri sayısında azalma olduğu tespit edilmiştir. (Pontius, 1990).

Doğal suların dezenfeksiyonu sırasında klorun THM oluşturmada suda bromun bulunması etkili bir faktördür. Suda brom bulunmaması durumunda, klor organik maddeler reaksiyona girerek kloroform oluşturmaktadır. Oysa suda brom bulunması durumunda, klor öncelikli olarak brom ile reaksiyona girerek serbest brom oluşturmada, oluşan serbest brom organiklerle reaksiyona girerek bromlu THM oluşturmaktadır (Summers ve ark., 1993).

1.5.2. Klordioksit ve diğer kloroksitler

Klordioksit ilk defa 1811 yılında Davy tarafından potasyumkloratla hipoklorit asitin reaksiyonundan üretilmiştir. Klordioksit kağıt ve selüloz üretiminde ağartıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İlk araştırmalar bir oksidant ve dezenfektan olarak klordioksit üzerine olmasına rağmen içme suyu ve atık sudaki uygulamaları yavaş geliştirilmiştir.

Klordioksit sarı-yeşil renkte bir gaz olup çabuk ayrışmakta ve patlayıcı özellik göstermektedir. Bu yüzden daha çok kağıt ve tekstil endüstrisinde kullanılmasına rağmen son zamanlarda, içme suyunda fenollerin kontrollerinde, demir ve manganın oksidasyonunda, koku ve tat kontrolünde, THM'ların azaltılmasında ve dağıtımdan önce son dezenfeksiyon olarak kullanımları artmıştır. Araştırmalar, klordioksit kullanılmasıyla oluşan toplam organik halojenin klor kullanılmasıyla oluşanın sadece %1-25'i arasında olduğunu göstermektedir (Pontius, 1990; Dietrich ve ark., 1992; Li ve ark., 1996).

Klordioksitin bakiye klorit ve klorata katkısından başka toksik etkiler gösterme özelliği vardır. Gönüllü insanlara verilen 40 mg/L ClO₂ 5 dakika içerisinde baş ağrısı, mide bulantısı ve baş dönmesine neden olmuştur. Laboratuvar hayvanlarında yüksek dozlarda kanda, tiroide ve sinir sistemlerinde anormallikler görülmüştür (Pontius, 1990).

1.5.3. Ozon

Ozon, 1783'de Van Marum tarafından keşfedilmiş ve 1840'ta Schonbein tarafından da isimlendirilmiştir. İlk elektrik akımıyla ozon üretim cihazı Siemens tarafından yapılmış ve bu tip cihazlarla ilk ticari uygulamaları 1893'te başlamıştır. Ozon, ilk olarak aynı yılda, içme suyu dezenfeksiyonunda Hollanda'da kullanılmıştır. Birleşik devletlerde ise 1906 yılında, koku ve tat kontrolü için, New York'ta Jeroma Park kaynağında kullanılmıştır. 1987'de ise yine birleşik devletlerde 5 arıtma tesisinde tat, koku ve THM öncülerini gidermek için ozon ile dezenfeksiyon uygulanmaktaydı. Ozon, THM'lerin oluşumunu azaltmak için oldukça etkilidir, fakat çöktirmeden sonra ozonlamanın yapılması, ham suya ozonlama yapılmasında daha etkili sonuçlar alınmasını sağlamaktadır (Pontius, 1990; Taylor ve ark., 1993).

Suda brom olması durumunda doğal suların ozonlanması sırasında, HOBr (hipobromis asit) ve OBr⁻ (hipobromit, BrO₃⁻ (bromat) ve bromlu organik yan ürünler ortaya çıkmaktadır (Shukairy ve ark., 1994).

Ozon çok kuvvetli bir oksidanttır ve içme suyu dezenfeksiyonunda 1-2 mg/L dozaj en sık uygulanan miktardır. Bugün Avrupa'da binden fazla tesiste kullanılırken Birleşik Devletler'de giderek yaygınlaşmaktadır.

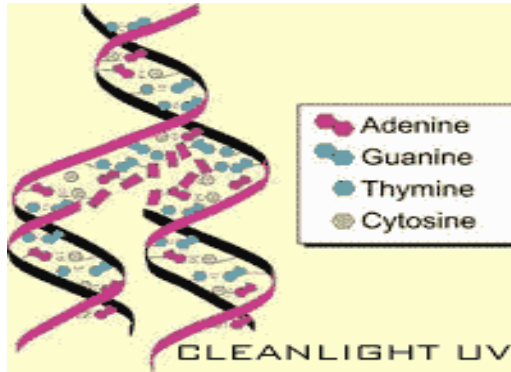
1.5.4. Ultraviyole radyasyonu

Güneş ışığı ile birlikte mikrobiyal yıkım için anılan kısa dalga boylu UV ışığının, bulunduğu bu yana biocidal etkileri olduğu bilinmektedir. UV dezenfeksiyonunun dizayn kuralları 1940'larda teklif edilmişti. UV yolcu gemilerinde içme suyu arıtımı için kabul edilmektedir. Arıtmadan sonra, uygulamalarda bakiye dezenfeksiyon etkisinin bulunmaması nedeniyle içme ve kullanma suyu temininde UV'ye karşı çok az talep olmaktadır (Pontius, 1990).



Şekil 1.1. Işık dalga boyları

Mikroorganizmaların UV tarafından yıkımı, UV enerjisinin hücredeki genetik madde olan DNA tarafından absorblanmasıyla gerçekleşmektedir. Maksimum mikroorganizmaların yıkımı, nükleik asitlerin UV'yi absorblama kapasiteleriyle bağlantılı olarak 265 nm dalga boyunda gerçekleştiği bilinmektedir. UV radyasyonunun tüm mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğu şüpheli olmasına rağmen, UV enerjisinin etkisi mikroorganizmaların dayanıklılığına bağlıdır (Montgomery, 1985).



Şekil 1.2. Kırılmış bakteri DNA görünümü

1.5.5. Diğer dezenfektanlar

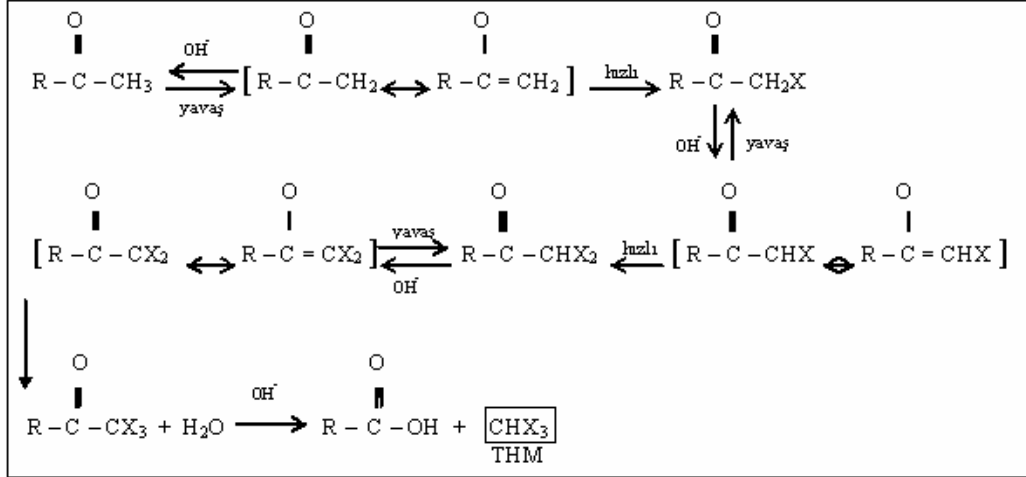
Bahsedilen yaygın dezenfektanlara ilave olarak, sıcaklık, aşırı pH, metaller (gümüş, bakır gibi), yüzey aktif maddeler ve permanganat, dezenfektan olarak bilinmekte ve bu dezenfektanlar bazı tesislerde kullanılmaktadır. Sıcaklık ekonomik olmadığı için sadece acil durumlarda (kaynamış su) kullanılır. Aşırı pH bazı mikrobiyal inaktivasyon sağlamakta ancak, temel dezenfektan olarak yeterli değildir. Potasyum permanganatın bazı dezenfeksiyon etkilerinde başarılı olduğu söylenmesine rağmen, önemi yeterince karakterize edilememektedir (Pontius, 1990).

1.6. Trihalometanlar ve Oluşum Mekanizmaları

Son yıllarda tüm dünya ülkeleri, sudan kaynaklanan hastalıkların ortadan kalkması için uygulanan dezenfeksiyon sistemleri üzerinde araştırma yapmaktadırlar. Çünkü dezenfeksiyondan önce suda bulunmayan bazı toksik maddeler dezenfeksiyon sonrasında ortaya çıkarak insan sağlığını zararlı yönde etkilemektedirler.

Klorlama ve dezenfeksiyonun diğer şekillerinde kullanılan maddelerin yüksek konsantrasyonda kullanımında, halk sağlığını riske atan bazı dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluştuğu gözlemlenmektedir. Bu yan ürünler arasında en çok tehlikeli olanlar Trihalometan (THM) diye adlandırılan kanserojen maddelerdir.

THM'lar genel olarak metan (CH_4) türevidir. Metan gazı değil, ham su veya arıtılmış suda bulunan humik asitlerin klorla reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. THM'lar kimyasal formülle CHX_3 olarak gösterilebilmektedirler. THM oluşumunun reaksiyon aşamaları Şekil 1.3.'de görülebilmektedir. Buradaki X yerine halojenler gelmekte olup, klor ve brom ve iyot bilinen THM içeriğindeki halojenler olarak sayılabilir. Genellikle klorun anılmasının nedeni; dünyada yaygın olarak kullanımındadır.



Şekil 1.3. THM oluşumunun reaksiyon aşamaları

Humik maddelerin klorla reaksiyonu sonucunda THM'lerin yanında pek çok klorlu organik bileşik oluşmaktadır. Reaksiyonun tamamlanmasıyla temel karbonlu reaksiyon ürünü olarak CO₂ oluşmaktadır. Klor ile reaksiyona giren humik maddeler ve oluşan reaksiyon ürünleri Çizelge 1.2.'de verilmiştir. Tamamlanmış reaksiyon şartlarında ise; klor akuatik humusları düşük molekül ağırlıklı humik ve fulvik asitlere dönüştürmektedir (Reckow ve Singer, 1985).

Çizelge 1.2. Klorlama yan ürünleri (Montgomery, 1985)

| Reaksiyona Girenler | Reaksiyon Sonucu Ürünler |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Humik maddeler • Br⁻ • NH₃ • Cl₂ | <ul style="list-style-type: none"> • Küçük Humikler • N₂ • Cl⁻ • CO₂ • Trihalometanlar, yeni organikler, dihaloasetonitriller • Halojenli karbonik asitler, aminler, fenoller, ketonlar, aromatikler, humikler • Aldehitler • Aromatikler • Ftaletler |

Günümüzde, dezenfeksiyon sırasında oluşan organik bileşikler, ilk buldukları 1974 yılından bu yana daha kompleks oldukları bilinmektedir. (Reckow ve Singer, 1985) Çizelge 1.2.'de de görülebileceği gibi THM'ların yanında 11 değişik halojenli organik bileşik grubu ortaya çıkmaktadır. Araştırmalar, bunlardan dihaloasetonitrillerin arıtma tesisi çıkışında suda yüksek oranda bulunduğunu göstermektedir. Örneğin halojenli karbonik asitler ve halojenli aminler su kaynaklarında sınırlı oranlarda oluşmaktadırlar. Çıkış suyunun toplam organik halojen içeriği ise, THM miktarının 3-4 katı kadar olmaktadır.

Suyun klorlanmasında en yaygın yan ürün THM'lardır ve bugünlerde kullanılan analitik tekniklerle belirlenebilmesi daha kolaylaşmıştır. Ayrıca diğer halojenli kirleticilere oranla daha yüksek miktarlarda oluşmaktadırlar (Montgomery, 1985).

1.6.1. Trihalometan çeşitleri

Dezenfeksiyon yan ürünleri olarak bilinen trihalometanlar daha önce de belirtildiği gibi yapısında bir veya daha fazla halojen bulunan karbonlu moleküllerdir. Yani dezenfeksiyon sonucu, organik maddelerin yapısında bulunan fonksiyonel grupların halojenlerle (brom, klor, iyot) yer değiştirmiş halidir. Bu yer değiştirme neticesinde esas olarak 10 adet organik bileşik THM'lar olarak sayılabilmektedirler (Pontius, 1990). Bunlardan ilk dördü en fazla bilinenleri ve dünyada en fazla kısıtlamalara tabi tutulanlarıdır.

Çizelge 1.3. Trihalometan türleri

| | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Triklorometan (Kloroform) | CHCl_3 |
| Bromodiklorometan | CHBrCl_2 |
| Dibromoklorometan | CHBr_2Cl |
| Tribromometan | CHBr_3 |
| Dikloroiodometan | CHCl_2I |
| Bromodikloroiodometan | CHBrClI - CHClBrI |
| Klorodiiyodometan | CHClI_2 |
| Dibromoiodometan | CHBr_2I |
| Bromodiiyodometan | CHBrI_2 |
| Triiyodometan (İyodoform) | CHI_3 |

Yapılan tüm araştırmalar ve standartlar bahsedilen ilk dört bileşik üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bunun nedeni ise yüzey sularında iyot elementinin çok bulunmamasıdır.

1.6.1.1. Kloroform

Kloroform, su arıtımı sırasında çeşitli organiklerin klorla reaksiyonu sonucu oluşan uçucu az çözünür bir bileşiktir. Ayrıca soğurucu ve aerosol itici olarak ve yapışkanlar, pestisitler, yağlar, petrol yağlarında, kauçuklar, alkaloidler ve reçineler için genel bir solvent olarak kullanılır. Önceden öksürük şurubunun, diş macununun, romatizma ve diş ağrısı ilaçlarının bir bileşeni olarak kullanılmaktaydı.

1970'lerin ortasında USEPA tarafından yürütölen araştırmalar, ABD'de çıkış sularının %95-100'ünde ortalama 21 $\mu\text{g/L}$, maksimum 311 $\mu\text{g/L}$ olmak üzere kloroform bulunduğunu göstermiştir. İnsanlarda, 30-100 ml kloroform içeren çözelti

zararlı etkiye neden olmakta, ancak öldürücü olmamaktadır. Kobaylar üzerinde yapılan kronik toksitite testleri, kandaki albumin oranını ve kan kataliz aktivitesini düşürdüğünü göstermektedir. Bazı ölümlerin, karaciğer çürümesi ve sirozu, yağ dejenerasyonu ve kalp kaslarındaki dokularda hücre çoğalmasıyla meydana geldiği anlaşılmıştır.

Tavşanlarda yürütülen aynı testlerde sadece refleks hareketlerinde zayıflama meydana geldiği görülmüştür. Sonraki 90 günlük kısa dönemde ve 2 yıllık uzun dönemde tavşan, fare ve köpeklerde yapılan kronik testlerde, kan enzimlerinde ve karaciğer ağırlığı ve yağında düşük seviyeli ters etkiler gözlemlenmiştir. Kloroformun, “S.Typhimurium” üzerinde yapılan mutajenik testlerde negatif olduğu, bira mayalarında ise pozitif bir etki oluşturdukları görülmüştür (Pontius, 1990).

Kloroformun kanserojen olduğunu gösteren testler ilk olarak 1945’te ortaya konmuştur. Pek çok araştırmacı içme suyundan başka, mısır yağında, diş macununda, arachis yağında, zeytin yağında veya suda bulunan emülsiyonlarda kloroformun kanserojenik etkisini araştırmışlardır. 1986’da mısır yağı kullanılarak yapılan testler, kloroformun karaciğerde toksik etkileri arttırdığını göstermektedir. Jorgenson ve arkadaşlarının kloroform bulunan içme suyu ile fareler ve tavşanlar üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 104 hafta boyunca 0-160 mg/kg (tavşanlara) ve 0-263 mg/kg (farelere) dozlama yapılmıştır. Yüksek dozlar erkek tavşanlarda, böbrek tüplerinde lenf bezlerinin büyümesine ve lenf bezlerinde kanserli hücrelerin oluşma oranının artmasına neden olmuştur. Yine tavşanlar ve fareler üzerinde mısır yağı kullanılarak yapılan ilk çalışmalarda 111 hafta sonra tavşanlarda böbrek tümörlerine rastlanma oranlarının ve 92-93 hafta sonra da fareler de kanserli karaciğer hücrelerinin önemli şekilde arttığı görülmüştür (Pontius, 1990).

İçme suyunda THM’lerin varlığı ile bir çok örnekte insanlarda kanser oluşumu arasında bağlantı kurulmaktadır. İçinde 0.1 mg/L kloroform bulunan sudan günde 2 L olmak üzere 70 yıl su tüketilmesi sonucu, 10 000 kişide kanser olma ihtimali 3-4 arasındadır (Pontius, 1990).

1.6.1.2. Dibromoklorometan

Suyun klorlanması sırasında kloroformdan daha az sıklıkta ve konsantrasyonda oluşmaktadır. Dezenfeksiyon yan ürünü olarak ortaya çıkmasının yanında dibromoklorometan, yangın söndürücü maddelerin üretiminde kimyasal ara ürün, aerosol itici, soğutucu ve pestisit olarak kullanılmaktadır (Pontius ,1990).

Farelerin akut maruz kalmalarının etkileri, karaciğer yağ sızması, soluk böbrekler, yatıştırma ve adrenalin salgılanması olarak ortaya çıkmaktadır. Kronik maruz kalmalarda herhangi bir etkiye rastlanmamıştır. Dibromoklorometanın, “S.Typhimurium” üzerindeki mutagenik denemeleri pozitifdir (Pontius, 1990).

İki yıllık kanserojenik denemeleri NTP (National Toxicology Program) tarafından yürütülmüştür. 104-105 hafta süren deneme boyunca tavşanlara ve farelere mısır yağı verilmiştir. Tavşanlara 0-80 mg/kg doz, fareler ise 0-100 mg/kg doz uygulanmıştır. Tavşanlarda doza bağlı olarak karaciğer toksisitesi görülmüş, ancak dişi ve erkek farelerin he iki cinsinde de karaciğerde herhangi bir doku değişikliğine rastlanmamıştır. USEPA bu maddeyi kansere sebep olma ihtimali düşük madde (Grup C) olarak sınıflandırmıştır (Pontius, 1990).

1.6.1.3. Bromodiklorometan

Dibromoklorometan gibi bu bileşik de yakın zamanda bulunmuş, suda çözünmeyen bir dezenfeksiyon yan ürünüdür. Bromodiklorometanla ilgili sağlığa zararlı etkileri hakkında çok az veri bulunmaktadır. Bu bileşiğin bazı etkileri, akut doza maruz kalan farelerde karaciğerin içine yağ sızması, soluk böbrek oluşumu ve adrenalin salgılanmasıdır. Bromodiklorometanın “S.Typhimurium” üzerindeki mutagenik denemeleri olumludur. Tek kanserojenik deneme, farelerde karın zarının içine 8 haftanın üzerinde toplam 2 400 mg/kg doz uygulanmış, ancak hiçbir şekilde

akciğer tümörüne rastlanmamıştır. İlave kanserojenik test yapılmamış ve kanserojen risk ihtimali bulunmamıştır. USEPA bu maddeyi muhtemel kanserojen madde (Grup B2) olarak sınıflandırmıştır (Pontius, 1990).

1.6.1.4. Bromoform

Bromoform, THM’lardan dezenfeksiyon yan ürünlerinin arasında en az yaygın olan şeklidir. Ticari olarak, bromoform ateşe dayanıklı kimyasallarda bileşen ve sıvı ölçer olarak mumlarda, gres yağında ve petrol yağında solvent olarak kullanılabilir. Suda biyolojik olarak ayrışmaz (Pontius, 1990).

Deri altına bromoform enjekte edilen fare ve insan kobayların maruz kaldığı akut etkileri böbrek ve karaciğerde doku hastalığı olarak ortaya çıkmaktadır. Tavşanlarda yapılan deneylerde solunum yoluyla alınması sonucu kronik etkileri böbrek ve karaciğer fonksiyonlarında düzensizlik olarak görülmektedir. “Salmonella” üzerinde yapılan haftalık testlerde mutajenik olarak olumlu sonuçlar alınmıştır. Bromoformun kanserojen etkileri farelerde karın zarının içine enjekte edilmesiyle test edilmiştir. 7.5 hafta boyunca haftada üç enjeksiyon, 48 mg/kg olacak şekilde uygulanmış, sonuç olarak akciğer tümöründe önemli artış görülmüştür. 100 mg/kg dozda akciğer tümöründe bir sonuç alınamamıştır. Kanserijenik risk ihtimali bulunamamıştır. USEPA bu maddeyi muhtemel kanserojen madde olarak (Grup B2) sınıflandırmıştır (Pontius, 1990).

1.6.2. Trihalometanların giderim metotları

Bazı durumlarda, serbest klor kabul edilmeyen konsantrasyonlarda THM oluşturmasına rağmen, uygulama noktasının değiştirilmesi veya klor dozunun azaltılması ile büyük miktarda suda daha düşük seviyelere indirilebilir ya da THM oluşumuna etkisi olmaması sağlanabilir. THM’ ların bir kere oluştuktan sonra

azaltılması veya giderilmesi diğer stratejilere göre tercih edilebilecek bir yöntem değildir. Çünkü; THM konsantrasyonunu istenilen sınırlara indirebilmek yüksek maliyet gerektirmektedir. Böyle bir durumda THM oluşumuna etki eden faktörlerin ortadan kaldırılması daha ekonomik ve etkili bir kontrol sistemi olacaktır (Singer, 1989).

Daha önce de bahsedildiği gibi THM'lerin oluşmasında en büyük rol suda bulunan humik asit, fulvik asit ve organik maddelerindir. Suda THM öncülerinin niteliği ve miktarı arıtılmamış suyun klor ihtiyacına bağlıdır. Çünkü su kalitesindeki her hangi bir değişiklik, arıtılmamış suyun klor ihtiyacının belirlenmesi için oldukça önemlidir. THM oluşumunu önleyen etkili bir yöntem amonyak kullanımınıdır. Zamandan bağımsız THM oluşumunda, serbest klor uygulanmasından sonra suya amonyak verilir. Bu sistemde, ardışık olarak klor-amonyak dozlamaları arasındaki zaman aralığı 10-20 dakikadır. Böylece HOCl'nin germicidal etkisinden yararlanırken, amonyak THM oluşumunu engellemektedir. Üstelik çıkış suyunda amonyak kullanımı dağıtım sisteminde su kalitesinin kontrolünde uzun yıllardır kullanılmaktadır. İlk klor uygulama noktasından sonra amonyak eklenmesiyle THM seviyesinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulabileceği veya aktif karbon filtresini takiben serbest klor kullanılması ve klor yerine öncelikle 2 mg/L ozon uygulanması ile TOC içeriğinin, THM öncülerinin önemli ölçüde azaltıldığı bilinmektedir (Pontius, 1990).

THM oluşumunu azaltmak için yapılan ilk çalışmalar THM öncülerinin optimum seviyede uzaklaştırılması ve ön klorlama uygulama noktasının değiştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar koagülasyon ve çökeltme ile rengin uzaklaştırılmasında optimum şartların bulanıklık için uygulanan şartlarla aynı olmasını gerektirmemektedir. Rengin neden olduğu organiklerin giderilmesini içeren arıtma işlemi öncelikle nötralizasyon işlemidir. Alümla humik maddelerin koagülasyonu için optimum pH aralığının 5-6 olduğu, alum uygulamasından sonra humik ve fulvik asitlerin uzaklaştırılmalarında katyonik polimer kullanımının oldukça etkili olduğu belirtilmektedir.

Ayrıca pek çok çalışma, koagülasyon ve çökeltme proseslerinin TOC' yi % 40-50 arasında giderirken, THM ve TOX oluşum potansiyellerini % 60-70 azalttığını göstermektedir. Klorlama noktasının değiştirilmesi ile, son çökeltme ve ön filtrasyon yapılmasının dağıtım şebekesinde kloroform oluşumunda %40, sadece klorlama noktasının değiştirilmesiyle ise THM'da % 10-15 azalma sağlanabilmektedir (Singer, 1990).

Klorlama noktasının değiştirilmesiyle THM oluşumunda gözle görülür şekilde azalma olmasına rağmen, özellikle ön oksidant (dezenfektan) kullanılmadığı durumda başka problemler ortaya çıkmaktadır. Böyle bir durumda oluşabilecek problemler şöyle sıralanabilir;

- Flokülasyon ve çökeltme tanklarında alg büyümesi meydana gelebilmektedir,
- Filtrelerin operasyon sürelerini kısaltmakta ve geri yıkama sıklığını arttırmaktadır,
- Oksidantın mikroorganizmaların, renge sebep olan bileşiklerin ve/veya demir ve mangan üzerinde etkili olabilmesi için gerekli temas süresi yetersiz ya da kısa olabilmektedir,
- Çıkış suyunda bulanıklık artmaktadır,
- Filtrelerde şartların değişmesi ile demir ve mangan gibi oksitlenmiş maddeler yeniden suda çözünmektedir.

THM'lar oluşuktan sonra giderilmesinde ise en etkili yöntemler havalandırma ve aktif karbon uygulamasıdır. Havalandırma oldukça etkilidir, fakat genellikle yüksek enerji maliyeti gerektirirken, klorlama sonrası insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve uçucu olmayan organiklerin klorlu yan ürünleri üzerinde etkili olmamaktadır. Bilindiği gibi organik madde içeren suların klorlanması sonucu suda hem uçucu hem de uçucu olmayan yan ürünler oluşmaktadır.

Yine aktif karbon kullanımı havalandırma gibi, organik kontaminantların giderilmesinde oldukça etkili olmaktadır. Bilindiği gibi aktif karbon toz halinde (PAC) veya granül halde (GAC) olmak üzere iki farklı şekilde kullanılabilir. PAC THM' yi % 50 azaltmaktadır. Toz halindeki karbonun etkili olabilmesi için yüksek dozlarda (50-60 mg/L) uygulanmasını gerektirmekte, dolayısıyla maliyeti arttırmakta ayrıca çamur problemine neden olmaktadır. EPA'nın Mart 1982'de aldığı karar, toz aktif karbonun, aralıklı veya mevsimsel çalışmalarda yıllık ortalama doz 10 mg/L'yi aşmayacak şekilde olursa kullanımına izin verileceği şeklindedir (White, 1986).

Granül aktif karbon ve biyolojik aktif karbon hem THM öncülerini hem de THM'leri gidermektedir. Ancak, yatak ömrü halojenli organikler için kısadır ve yüksek rejenerasyon maliyeti gerektirmektedir. Yapılan pilot tesis çalışmaları, GAC kullanımının kloraminlerden 100 kere daha pahalı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca klorlu organiklerle GAC'nın da bağ kurarak, sulu çözeltilerde oluşandan daha tehlikeli toksik yan ürünler oluşturması sorunu daha da arttırmaktadır.

1.7. Çalışmanın Konusu ve Amacı

Şanlıurfa ilinin içme suyu ihtiyacının tümünü karşılamak amacıyla kurulan ve Kasım 2003'te faaliyete başlayan içme suyu arıtma tesisinin ham suyu Atatürk Baraj Gölü'nden sağlanmaktadır. Şanlıurfa İçme Suyu Arıtma Tesisinden sağlanan suyun özelliklerinin belirlenmesi, özellikle gelişmiş ülkelerde ciddi sınırlamalar getirilen; kanser oluşturma riski bulunan veya kansere sebep olan trihalometanların var olup olmadığının araştırılması ve yapılan bu ciddi yatırımın yeterliliğinin incelenmesidir.

Bu nedenle içme suyu arıtma tesisinin değişik noktalarından ve şehir şebekesi iki ana dağıtım kollarında belirli mesafelerden numuneler alındı. Alınan numuneler ön hazırlıktan geçirilerek ölçümler yapıldı.

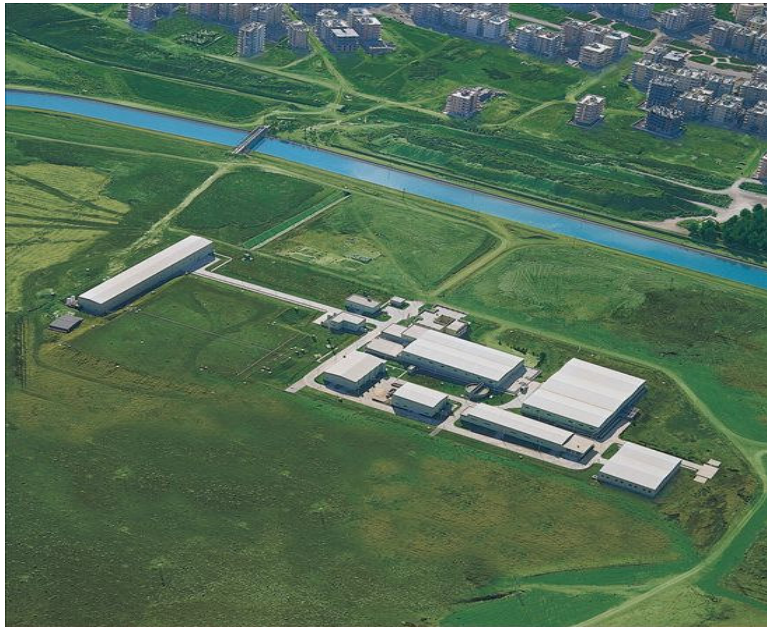
2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Şanlıurfa ili içme suyu temini

Nüfus artışının çok yüksek olduğu Şanlıurfa' da, GAP'ın da etkisiyle, temiz ve sağlıklı su ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla Kasım 2003'te İçme Suyu Arıtma Tesisi tamamlanıp devreye alındı. Şehir depo ve şebekelerinin de tamamlanmasıyla 2005 yılından itibaren tüm şehre bu yeni şebekeden arıtılmış su verilmektedir.

Atatürk Baraj Gölü'nden sağlanan ham su; tünel çıkış yapısının hemen öncesinde bırakılan braşmanlar yardımıyla 1 500 m uzunluktaki Ø 2 400 çapındaki hat ile tesise iletilmektedir. Ham su, kış aylarında kanal sulaması yapılmadığından, pompa kullanılmaksızın cazibe hattıyla alınabilmektedir. Şanlıurfa İçme Suyu Arıtma Tesisinin sulama kanalına göre konumu Şekil 2.1.'de görülebilmektedir.



Şekil 2.1. Şanlıurfa içme suyu arıtma tesisinin sulama kanalına göre konumu

2.1.2. Şanlıurfa içme suyu arıtma tesisi

Çalışmanın konusu ve amacında belirtildiği gibi kullanılan materyal Şanlıurfa İli İçme Suyu Arıtma Tesisinden sağlanan su olup, arıtma tesisinden ve şehir şebekesinden alınan numunelerde dezenfeksiyon işlemi sonrasında THM oluşumunun gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda arıtma tesisi girişinden (ham su), ön klorlama sonrasında, durultucu çıkışından, filtrasyon çıkışından, temiz su deposundan ve şebekenin 500, 1 000, 2 500, 5 000. metrelerinde tespit edilen toplam 13 noktadan ikişer set olacak şekilde numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin 24 saatlik bekleme süresi sonrasında analizleri yapılmıştır.

Numunelerin alındığı esnada tesisteki FeCl_3 dozajı 8 mg/L, polielektrolit dozajı 0.035 mg/L, ön klorlama dozajı 0.5 mg/L, filtrasyon sonrası klor dozajı olarak 0.6 mg/L uygulanmaktadır.

Şu anki kapasiteyle 270 000 m³/gün kapasiteli olarak inşaatı tamamlanan tesisin nihai kapasitesi 600 000 m³/gün' dür. Kademeli kaskat tipi havalandırma, koagülasyon, flokülasyon, durultma (çökeltim), filtrasyon ve dezenfeksiyon (ön ve son) tesiste uygulanan işlemler olarak sıralanabilir. Koagülasyon ve flokülasyon için kullanılan kimyasallar FeCl_3 ve anyonik polielektrolit, dezenfeksiyon için ise klor gazı kullanılmaktadır.

2.1.2.1. Havalandırma

Kademeli kaskat tip olarak seçilen havalandırma havuzu; nihai kapasite olan 600 000 m³/gün debiyi karşılayacak şekilde iki ayrı hat ile inşa edilmiştir. Şekil 2.2.'de havalandırma havuzunun bir hattı görülebilmektedir.



Şekil 2.2. Havalandırma havuzu

2.1.2.2. Pıhtılaştırma

İki adet toplam 270 000 m³/gün kapasiteli olarak kullanılmakta olup FeCl₃ dozajı giriş noktasında yapılmaktadır. Pıhtılaştırma havuzları ve karıştırıcılar Şekil 2.3.'de görülmektedir.



Şekil 2.3. Pıhtılaştırma havuzları ve karıştırıcılar

2.1.2.3. Yumaklaştırma

İki kademeli olarak dikey milli ahşap kanatlar ile karıştırma yapılan toplam 4 adet yumaklaştırma havuzu bulunmakta olup polielektrolit dozajı hidrolik şaşırtmanın bulunduğu giriş noktasında yapılmaktadır. Şekil 2.4.'de pıhtılaştırma sonrası ilk hidrolik şaşırtmanın olduğu ve polielektrolit dozajının yapıldığı nokta görülmektedir.



Şekil 2.4. Yumaklaştırma havuzu ve polielektrolit dozajı

2.1.2.4. Durultma

20*20*4.5 boyutlarında 4 adet durultma havuzu bulunmaktadır. Bu proses çamur battaniyeli olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.5.'de durultma havuzu ve toplama kanalları kısmen görülebilmektedir.



Şekil 2.5. Durultma havuzu ve toplama kanalları

2.1.2.5. Filtrasyon

Cazibeli olarak işletilen 14 asıl 2 yedek olmak üzere toplam 16 adet hızlı kum filtresi bulunmaktadır. Filtrelerin yüzey alanı 76 m^2 olup, 1.2 m kum derinliğine sahiptir. Her filtre ortalama 24 saatte bir geri yıkamaya tabi tutulmaktadır. Geri yıkama sonrasında su alınmamış halde bir filtre Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Hızlı kum filtresi

2.1.2.6. Temiz su deposu

Toplam 40 000 m³ kapasiteli iki gözlü olarak kullanılmaktadır. Mevcut durumda bu depo 600 000 m³/gün kapasiteyi karşılayabilmekte olup, şu an da basınçlı M1, M2 ve cazibeli C0 hatlarını beslemektedir.

2.1.2.7. Klor binası

İşletme riskleri göz önüne alınarak diğer kimyasalların bulunduğu binadan ayrı olarak inşa edilmiş olan klor binasında kontrol panosu, varillerin bulunduğu depo, evaporatör, klorinatörler ve booster pompaları bulunmaktadır. Otomatik olarak istenen miktarda klor dozajı yapılan klorinatörler Şekil 2.7.'de görülmektedir.



Şekil 2.7. Klorinatörler

2.1.2.8. Diğer

Yukarda sayılanların haricinde ham su pompa istasyonu, temiz su pompa istasyonu, trafo binası, idare binası, kimya binası, çamur susuzlaştırma ve atölye binası bulunmaktadır.

2.2. Yöntem

Ölçülen parametreler pH, sıcaklık, Toplam Organik Karbon (TOC), ve THM olarak belirlenmiştir. Arıtma tesisinin girişinden (ham su), ön klorlama sonrasında, durultucu çıkışından, filtrasyon çıkışından ve tesis çıkışından olmak üzere tesis içinde 5 noktadan, şehir şebekesinde ise M1 ve M2 hattının 500, 1000, 2500, 5000. metrelerinde 8 noktadan numuneler alındı. Sıcaklık ve pH tüm noktalarda yerinde ölçülerek, alınan numuneler her hangi bir ek klor dozajı yapılmadan muhafaza edildi. Bu şekilde dağıtım şebekesindeki koşullarda THM oluşumunun gözlemlenmesi amaçlandı.

2.2.1 Numune alma ve saklamada izlenen yol

THM analizleri ve diğer analizler için olmak üzere iki ayrı set olacak şekilde örnekleme yapıldı. Alınan numunelere 2mg/100mL sodyumtiyosülfat eklenmiş olup cam numune kaplarında hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilmiştir. Kullanılan cam malzemeler önce H₂SO₄ çözeltisinde bekletilip saf su ile yıkandıktan sonra 60-90 dk. 105 °C'de etüvde kurutuldu. Saf suyun temin edildiği cihaz Şekil 2.1.'de görülebilmektedir.

2.2.2. Sıcaklık ve pH

Sıcaklık ve pH ölçümleri numunelerin alındığı anda numune alma noktasında Şekil 2.2.'de görülen WTW-MultiOXİ cihazı kullanılarak yapılmıştır.

2.2.3. Toplam organik karbon

TOC analizleri için sırasıyla TC ve TIC analizleri yapılmış olup bu iki değer aritmetik olarak farkı ise TOC değerini vermektedir. Kullanılan cihaz Şekil 2.3.'de görülebilmektedir.

2.2.4. THM

Trihalometanların ölçümü; GC-HP 6890 cihazında ECD dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm öncesinde numuneler çözücü olarak pentan ile ekstrakte edilerek analize hazırlanmıştır. Ekstraksiyon için 8 mL numune üzerine 2 mL pentan ilave edilerek 2 dakika kuvvetli bir şekilde karıştırıldı. 10 dakikalık bekleme süresi sonrasında faz ayrımı ile ekstraksiyon tamamlandı. Hazırlanan standartlar da ekstraksiyona tabi tutulduğu için geri alınabilirlik hesapları kullanılmadı.

Taşıyıcı gaz 1.3 mL/dk akış hızında azot olarak kullanılmıştır. Dedektör 300 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Metotta kolon ısı programı; ilk 9 dakika boyunca 35 °C sabit, 14. dakikaya kadar 5 dakika 1°C/dk sıcaklık artışı, 3 dakika boyunca 40 °C sabit, 13 dakika 6 °C/dk sıcaklık artışı, 2 dakika boyunca 120 °C sabit, 0.5 dakika boyunca 60 °C/dk sıcaklık artışı ve son 5 dakika 150 °C sabit sıcaklık uygulanarak tamamlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1. Arıtma Tesisinden Alınan Numunelerdeki Analizler

Arıtma tesisinde 0.5 mg/L ön klorlama ve 0.6 mg/L filtrasyon sonrası son klorlamaya tabi tutulmuş numunelerde yapılan TOC, sıcaklık ve pH analiz sonuçlarının ortalamaları Çizelge 3.1.'de, THM analizlerinin ortalama değerleri ise Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Arıtma tesisinden alınan numunelerde ortalama TOC, pH ve sıcaklık parametreleri

| No | Numune Yeri | pH | Sıcaklık | TC | IC | TOC |
|----|---------------------|------|----------|-------|-------|-------|
| | | | °C | mg/L | mg/L | mg/L |
| 1 | Hamsu | 7.25 | 15.8 | 40.22 | 29.24 | 10.98 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 8.06 | 15.7 | 34.66 | 25.04 | 9.62 |
| 3 | Çökeltim Çıkışı | 7.85 | 15.7 | 35.41 | 26.49 | 8.92 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 8.21 | 15.6 | 35.03 | 26.47 | 8.56 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 7.96 | 16.3 | 31.22 | 23.26 | 7.96 |

Çizelge 3.2. Arıtma tesisinden alınan numunelerde ortalama THM analiz sonuçları

| No | Numune Yeri | Kloroform | BDKM | DBKM | Bromoform | TTHM |
|----|---------------------|-----------|------|------|-----------|-------|
| | | µg/L | µg/L | µg/L | µg/L | µg/L |
| 1 | Ham Su | 0.70 | 1.54 | 0.17 | 0.06 | 2.47 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 1.50 | 1.70 | 0.13 | 0.07 | 3.39 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 2.92 | 3.16 | 1.85 | 0.12 | 8.05 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 2.62 | 3.14 | 1.93 | 0.15 | 7.83 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 3.99 | 4.48 | 3.25 | 0.51 | 12.23 |

BDKM : Bromodiklorometan

DBKM : Dibromoklorometan

TTHM : Toplam Trihalometan

Çizelge 3.1.'de TC, IC ve TOC değerlerine bakıldığında ham suda ön klorlama sonrasına ve filtrelenmiş sudan filtrasyon sonrası klorlanmış tesis çıkış

suyuna gelişte %15 ile %10 düşüş meydana geldiği görülmektedir. Çizelge 3.2.'de ise ön klorlama sonrasında TTHM değerinde %56 gibi ani bir artış olduğu izlenmiştir.

Çizelge 3.3., 3.4, 3.5., 3.6. ve 3.7.' de her bir parametrenin çalışma boyunca elde edilen analiz sonuçları bulunmaktadır. Bu çizelgelerde görüldüğü gibi Mart ve Nisan aylarında ham su ve ön klorlama sonrasında dibromoklorometan, ham sudan filtrasyona kadar ise bromoform tespit edilmemiştir. Ancak durultucu çıkışına bakıldığında dibromoklorometanın Mart ayında 2.92 µg/L, Nisan ayında da 3.0 µg/L değerine yükseldiği görülmektedir. Bromoform ise Mart ayında filtrasyon sonrasında 0.05 µg/L, temiz suda 0.63 µg/L; Nisan ayında da sadece temiz su da 0.64 µg/L olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.3. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık kloroform analizleri

| No | Numune Yeri | Kloroform (µg/L) | | | |
|----|---------------------|------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | Ham Su | 0.80 | 1.32 | 0.34 | 0.34 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 1.65 | 1.45 | 1.40 | 1.49 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 1.38 | 0.85 | 4.57 | 4.87 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 0.56 | 0.59 | 4.60 | 4.71 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 1.14 | 1.22 | 6.99 | 6.62 |

Çizelge 3.4. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Bromodiklorometan analizleri

| No | Numune Yeri | Bromodiklorometan (µg/L) | | | |
|----|---------------------|--------------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | Ham Su | 0.36 | 0.36 | 2.91 | 2.52 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 0.43 | 0.43 | 2.99 | 2.95 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 0.99 | 0.97 | 5.28 | 5.39 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 1.04 | 1.02 | 5.23 | 5.27 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 1.50 | 1.59 | 7.67 | 7.16 |

Çizelge 3.5. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Dibromoklorometan analizleri

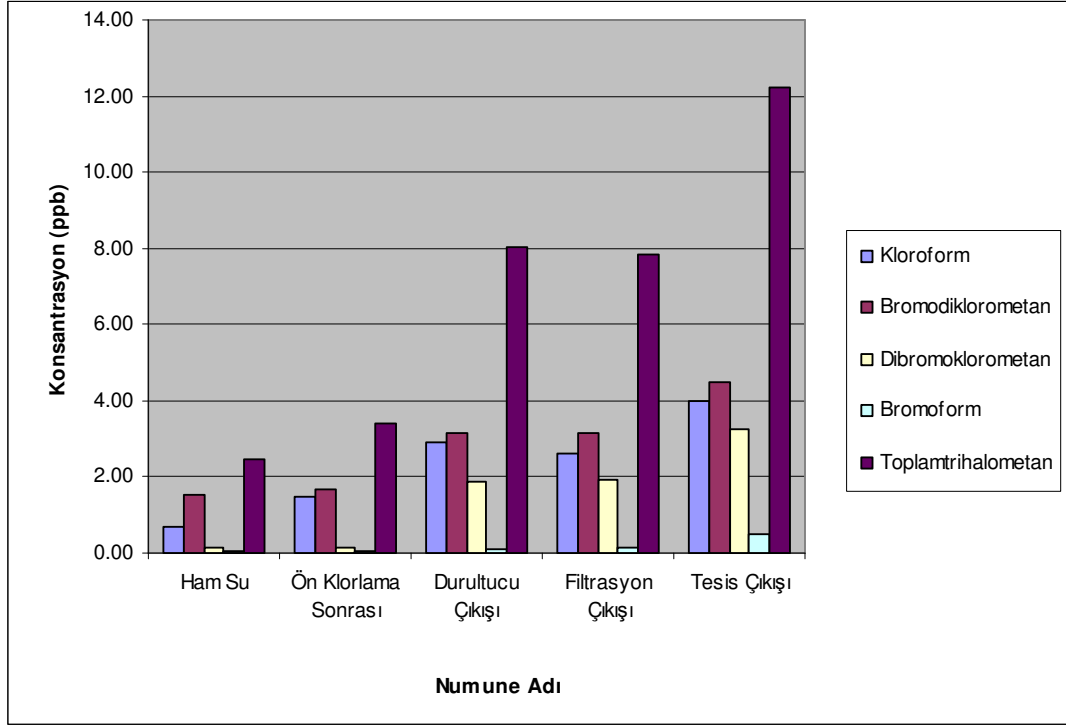
| No | Numune Yeri | Dibromoklorometan (µg/L) | | | |
|----|---------------------|--------------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | Ham Su | 0.37 | 0.30 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 0.32 | 0.18 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 0.68 | 0.80 | 2.92 | 3.00 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 0.85 | 0.82 | 2.99 | 3.05 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 1.34 | 1.38 | 5.26 | 5.03 |

Çizelge 3.6. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık Bromoform analizleri

| No | Numune Yeri | Bromoform (µg/L) | | | |
|----|---------------------|------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | Ham Su | 0.10 | 0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 0.14 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 0.24 | 0.24 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 0.28 | 0.25 | 0.05 | 0.00 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 0.36 | 0.40 | 0.63 | 0.64 |

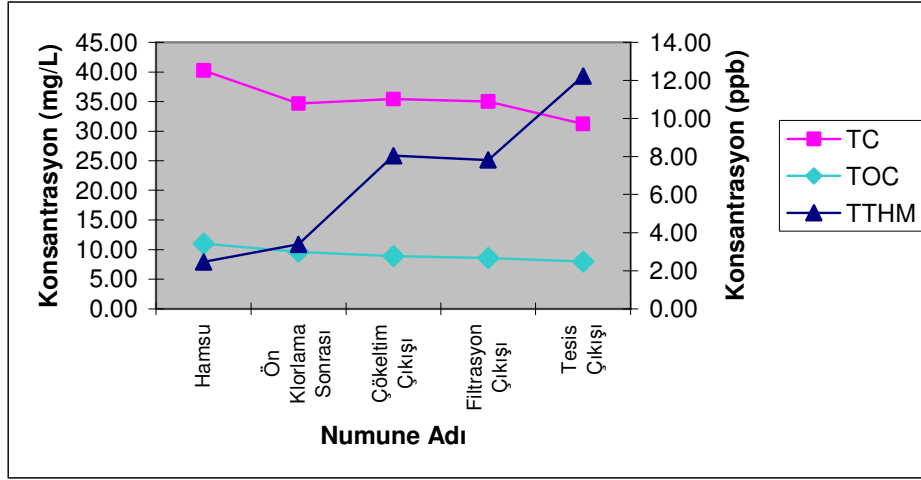
Çizelge 3.7. Arıtma tesisinden alınan numunelerde aylık TTHM analizleri

| No | Numune Yeri | Toplamtrihalometan (µg/L) | | | |
|----|---------------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | Ham Su | 1.63 | 2.12 | 3.25 | 2.86 |
| 2 | Ön Klorlama Sonrası | 2.54 | 2.18 | 4.39 | 4.44 |
| 3 | Durultucu Çıkışı | 3.29 | 2.86 | 12.77 | 13.26 |
| 4 | Filtrasyon Çıkışı | 2.73 | 2.68 | 12.87 | 13.03 |
| 5 | Tesis Çıkışı | 4.34 | 4.59 | 20.55 | 19.45 |



Şekil 3.1. Arıtma tesisi içindeki numunelerde THM analiz sonuçları

Şekil 3.1. incelendiğinde tesis içinde yapılan analizlerde kloroform ile bromodiklorometan ve bunlara bağlı olarak TTHM konsantrasyonlarında, filtrasyon sonrasında düşüş söz konusudur. Bu durum dışında her parametre ham sudan tesis çıkışına kadar artış göstermektedir. Analizlerde en fazla tespit edilen madde bromodiklorometan, sonrasında da kloroformdur. Tesis çıkışında alınan numunelerde Bromoformun diğer ünitelerden alınan numunelere göre artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durumu meydana getirecek her hangi bir bulguya rastlanmamakla birlikte, analiz sonuçlarının ppb seviyesinde olduğu göz önüne alındığında ihmal edilebilirliği görülmektedir.



Şekil 3.2. TTHM ve TC, TOC arasındaki ilişki

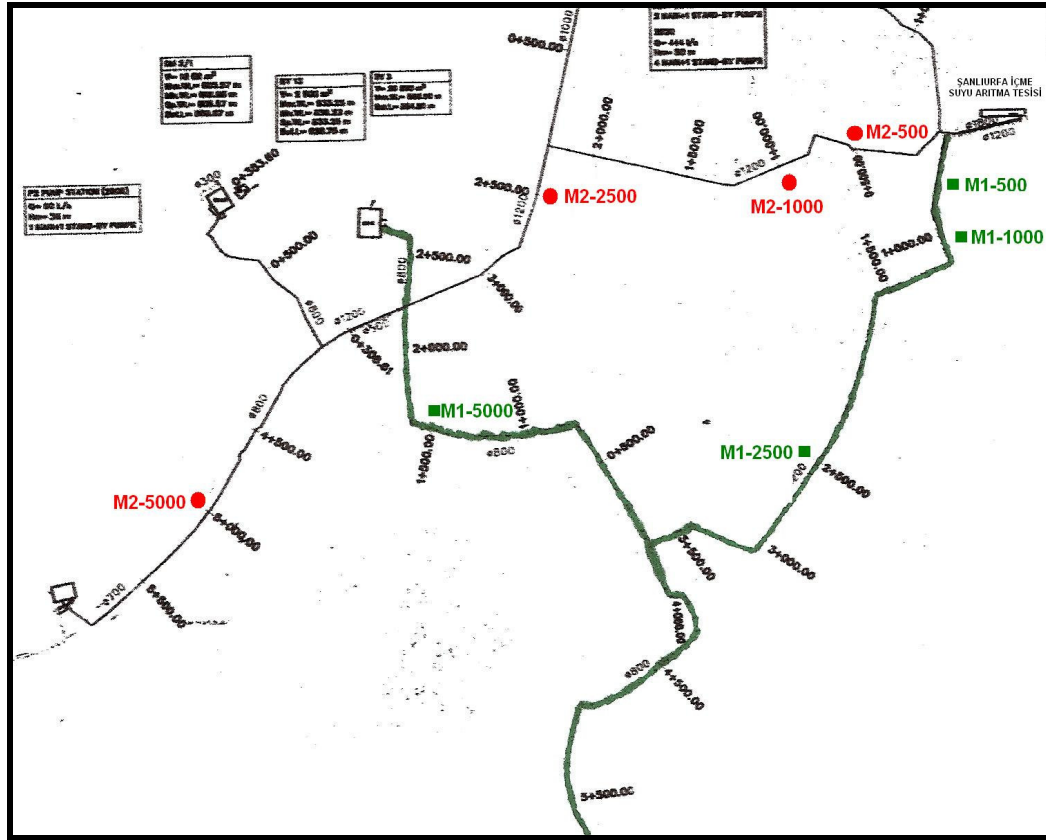
Ham sudan tesis çıkışına kadar TC ve TOC değerlerinin paralel bir şekilde düşüşü ile birlikte TTHM değerinin yukarıda da bahsedildiği gibi filtrasyon çıkışı haricinde akış yönüne doğru artışı söz konusudur. TTHM değerindeki değişimin; TC ve TOC değerlerinin azalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

3.2. Şehir Şebekesinden Alınan Numunelerdeki Analizler

Önceki bölümde sadece arıtma tesisinde THM oluşumu ile ilgili gözlemler yapılmıştır. Şanlıurfa ilinin tüm içme suyunun karşılandığı arıtılmış suda, şebekedeki işletme şartlarında, THM oluşumu ve değişimi şehir şebekesinde belirlenen mesafelerden alınan numunelerde incelenmiştir. Alınan numuneler numune alma ve saklama koşullarında anlatıldığı gibi alınarak muhafaza edilmiş ve analizler yapılmıştır. Çizelge 3.8.'de numune alma noktaları ve ilgili hattın tesise olan uzaklığı verilmiştir. Şekil 3.3.'de ise şebeke krokisi üzerinde bu noktalar işaretlenerek gösterilmektedir. Bu noktalardan alınan numunelerde yapılan TC, IC, TOC, sıcaklık ve pH analiz sonuçları Çizelge 3.9.'da; THM analiz sonuçları da Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Numune alınan mahalleler ve tesise olan uzaklıkları

| Numune Adı | Mahalle Adı | Depoya Olan Uzaklık (±30 m) |
|------------|--|---------------------------------|
| M1-500 | Veysel Karani Mahalesi | 500 |
| M1-1000 | Yunus Emre Caddesi | 1 000 |
| M1-2500 | Paşabağı Mahallesi – Ferah Kent | 2 500 |
| M1-5000 | Bahçelievler Mahallesi | 5 000 |
| M2-500 | Ertuğrul Gazi Mahallesi | 500 |
| M2-1000 | Osman Gazi Mahallesi – Emniyet Caddesi | 1 000 |
| M2-2500 | Yenişehir Mahallesi – Şair Nabi Siteleri | 2 500 |
| M2-5000 | Süleymaniye Mahallesi – Otogar Civarı | 5 000 |



Şekil 3.3. Şehir şebeke krokisinde numune alma noktaları

Çizelge 3.9. Şebekeden alınan numunelerde ortalama TC, IC, TOC, pH ve sıcaklık parametreleri

| No | Numune Yeri | pH | Sıcaklık | TC | IC | TOC |
|----|-------------|------|----------|-------|-------|------|
| | | | °C | mg/L | mg/L | mg/L |
| 1 | M1-500 | 8.20 | 16.5 | 27.10 | 20.16 | 6.94 |
| 2 | M1-1000 | 8.06 | 16.3 | 27.92 | 23.50 | 4.42 |
| 3 | M1-2500 | 8.01 | 18.7 | 27.00 | 22.50 | 4.50 |
| 4 | M1-5000 | 8.04 | 21.3 | 27.74 | 22.40 | 5.34 |
| 5 | M2-500 | 8.06 | 18.1 | 29.25 | 24.59 | 4.66 |
| 6 | M2-1000 | 8.13 | 21.7 | 24.76 | 21.20 | 3.56 |
| 7 | M2-2500 | 8.11 | 22.1 | 28.10 | 23.78 | 4.32 |
| 8 | M2-5000 | 7.35 | 16.7 | 31.81 | 25.97 | 5.84 |

Sıcaklık değerlerindeki farklılık numunenin alındığı şartlardan kaynaklanmış olması muhtemeldir. Sıcaklığın yüksek olduğu numuneler, elverişsiz şartlar nedeniyle pompaların beslediği basınçlı hattan alınmadığından böyle bir farklılık görülmektedir.

Çizelge 3.10. Şebekeden alınan numunelerde ortalama THM analiz sonuçları

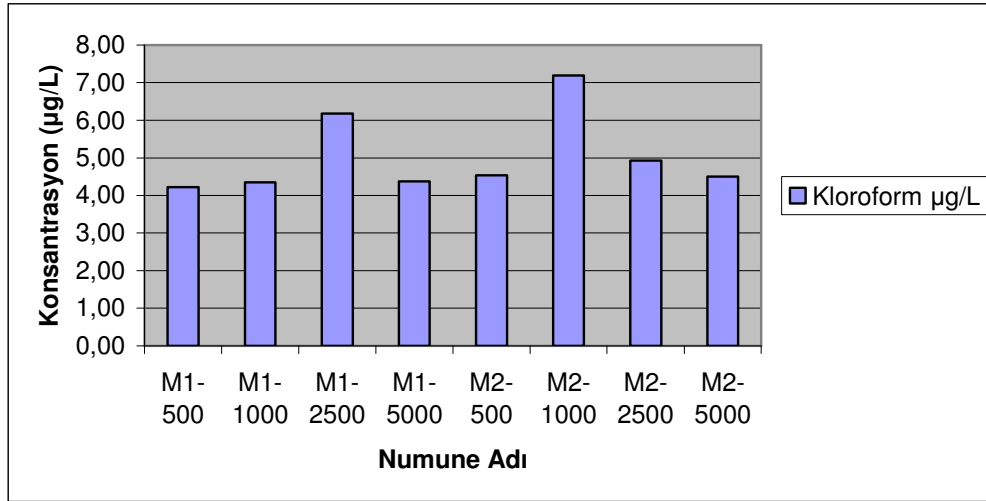
| No | Numune Yeri | Kloroform | BDKM | DBKM | Bromoform | TTHM |
|----|-------------|-----------|------|------|-----------|-------|
| | | µg/L | µg/L | µg/L | µg/L | µg/L |
| 1 | M1-500 | 4.22 | 4.59 | 3.32 | 0.53 | 12.66 |
| 2 | M1-1000 | 4.35 | 4.40 | 3.18 | 0.46 | 12.38 |
| 3 | M1-2500 | 6.18 | 6.21 | 4.34 | 0.73 | 17.45 |
| 4 | M1-5000 | 4.38 | 4.89 | 3.61 | 0.55 | 13.43 |
| 5 | M2-500 | 4.54 | 4.90 | 3.54 | 0.54 | 13.51 |
| 6 | M2-1000 | 7.19 | 6.46 | 4.53 | 0.81 | 18.98 |
| 7 | M2-2500 | 4.93 | 5.47 | 3.91 | 0.62 | 14.93 |
| 8 | M2-5000 | 4.50 | 5.03 | 3.63 | 0.57 | 13.73 |

Çizelge 3.9. ve Çizelge 3.10.'da TC, TOC ve TTHM incelendiğinde, M1 ve M2 hatlarında TC ve TOC değerlerindeki azalmalara paralel olarak TTHM değerinin arttığı; ve yine TC ve TOC değerlerindeki artışa paralel olarak TTHM değerinin azaldığı göze çarpmaktadır. M2-1000 noktasında (Osman Gazi Mahallesi – Emniyet Caddesi) örnekleme, elverişsiz şartlar nedeniyle basınçlı şebekeden değil de en yakın noktadaki kullanıcı musluğundan alınabilmektedir. Bu noktadaki THM değerlerinin bir sonraki noktaya göre yüksek tespit edilmesi, binaya ait depodaki organik kirleticilerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.11., 3.12., 3.13., 3.14. ve 3.15.' de her bir parametrenin çalışma boyunca şehir şebekesinde elde edilen analiz sonuçları bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre ortalama konsantrasyonlar ise Şekil 3.4., 3.5., 3.6., 3.7. ve 3.8.'de görülmektedir.

Çizelge 3.11. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Kloroform analizleri

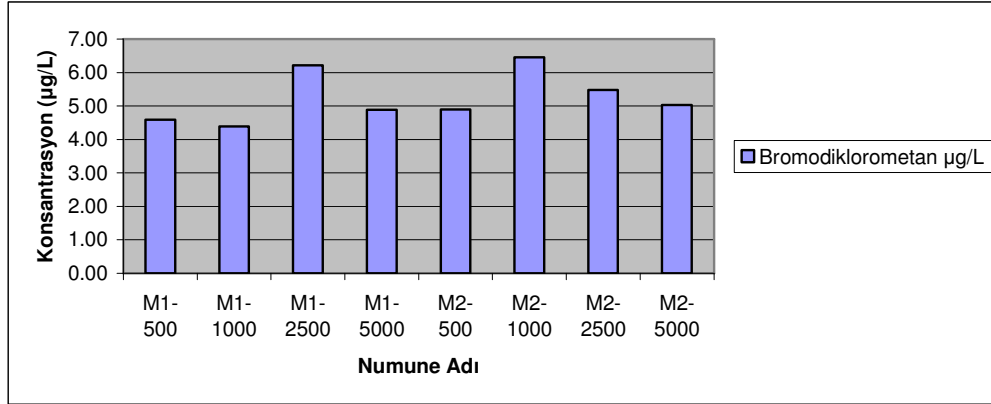
| No | Numune Yeri | Kloroform ($\mu\text{g/L}$) | | | |
|----|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | M1-500 | 0.84 | 1.69 | 6.97 | 7.39 |
| 2 | M1-1000 | 1.72 | 1.36 | 6.62 | 7.69 |
| 3 | M1-2500 | 1.46 | 2.14 | 11.17 | 9.95 |
| 4 | M1-5000 | 1.52 | 1.51 | 7.05 | 7.43 |
| 5 | M2-500 | 1.70 | 1.37 | 7.55 | 7.52 |
| 6 | M2-1000 | 1.62 | 1.67 | 12.92 | 12.56 |
| 7 | M2-2500 | 1.35 | 1.57 | 8.56 | 8.22 |
| 8 | M2-5000 | 1.24 | 1.22 | 7.68 | 7.86 |



Şekil 3.4. Şehir şebekesinde ortalama Kloroform konsantrasyonları

Çizelge 3.12. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Bromodiklorometan analizleri

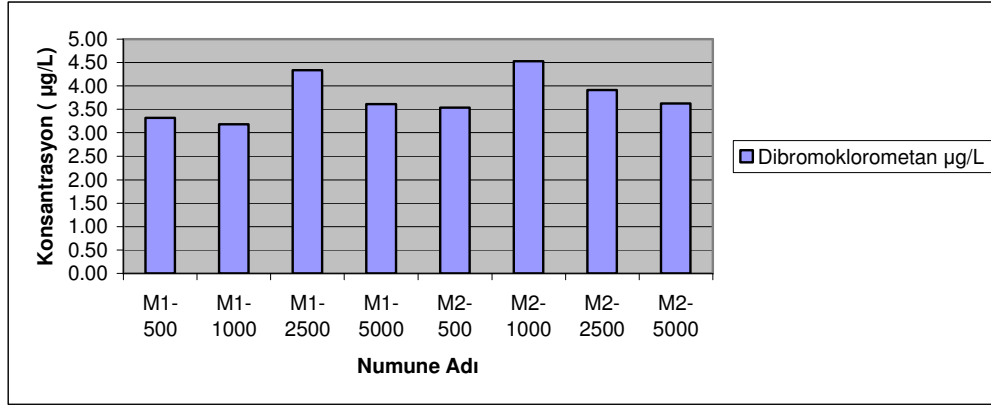
| No | Numune Yeri | Bromodiklorometan ($\mu\text{g/L}$) | | | |
|----|-------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | M1-500 | 1.52 | 1.42 | 7.57 | 7.83 |
| 2 | M1-1000 | 1.55 | 1.54 | 7.18 | 7.31 |
| 3 | M1-2500 | 2.02 | 2.12 | 10.90 | 9.80 |
| 4 | M1-5000 | 1.95 | 2.01 | 7.60 | 7.98 |
| 5 | M2-500 | 1.73 | 1.68 | 8.14 | 8.03 |
| 6 | M2-1000 | 1.78 | 1.69 | 11.43 | 10.93 |
| 7 | M2-2500 | 1.89 | 2.01 | 9.15 | 8.84 |
| 8 | M2-5000 | 1.61 | 1.60 | 8.42 | 8.48 |



Şekil 3.5. Şehir şebekesinde ortalama Bromodiklorometan konsantrasyonları

Çizelge 3.13. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Dibromoklorometan analizleri

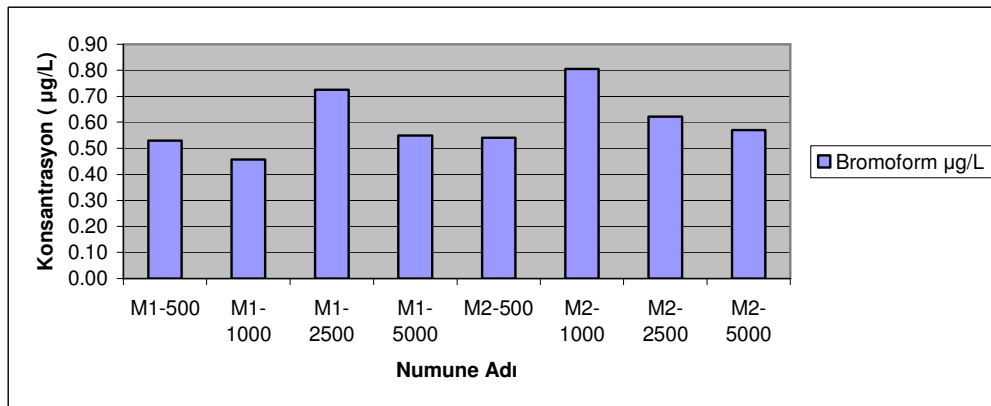
| No | Numune Yeri | Dibromoklorometan ($\mu\text{g/L}$) | | | |
|----|-------------|---------------------------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | M1-500 | 1.33 | 1.23 | 5.39 | 5.34 |
| 2 | M1-1000 | 1.33 | 1.31 | 5.00 | 5.08 |
| 3 | M1-2500 | 1.59 | 1.69 | 7.36 | 6.70 |
| 4 | M1-5000 | 1.70 | 1.70 | 5.49 | 5.56 |
| 5 | M2-500 | 1.50 | 1.48 | 5.59 | 5.59 |
| 6 | M2-1000 | 1.49 | 1.48 | 7.65 | 7.48 |
| 7 | M2-2500 | 1.57 | 1.64 | 6.41 | 6.02 |
| 8 | M2-5000 | 1.39 | 1.34 | 5.87 | 5.91 |



Şekil 3.6. Şehir şebekesinde ortalama Dibromoklorometan konsantrasyonları

Çizelge 3.14. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık Bromoform analizleri

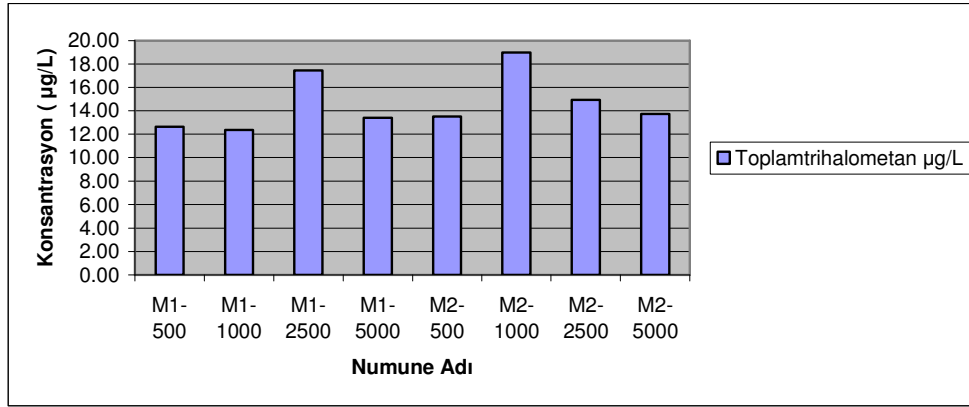
| No | Numune Yeri | Bromoform (µg/L) | | | |
|----|-------------|------------------|-------|------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | M1-500 | 0.37 | 0.34 | 0.79 | 0.62 |
| 2 | M1-1000 | 0.36 | 0.36 | 0.54 | 0.57 |
| 3 | M1-2500 | 0.38 | 0.42 | 1.12 | 0.98 |
| 4 | M1-5000 | 0.42 | 0.43 | 0.66 | 0.69 |
| 5 | M2-500 | 0.40 | 0.39 | 0.68 | 0.69 |
| 6 | M2-1000 | 0.40 | 0.39 | 1.22 | 1.21 |
| 7 | M2-2500 | 0.38 | 0.40 | 0.91 | 0.80 |
| 8 | M2-5000 | 0.36 | 0.35 | 0.77 | 0.80 |



Şekil 3.7. Şehir şebekesinde ortalama Bromoform konsantrasyonları

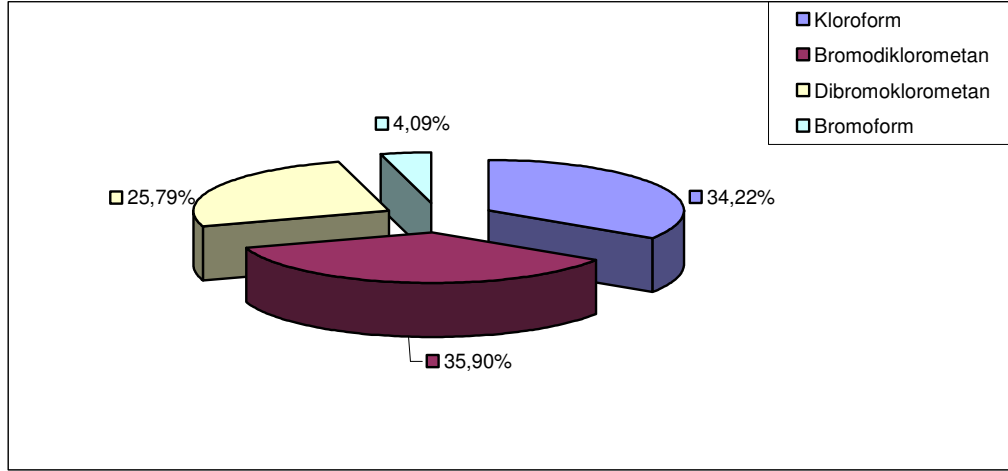
Çizelge 3.15. Şehir şebekesinden alınan numunelerde aylık TTHM analizleri

| No | Numune Yeri | Toplamtrihalometan (µg/L) | | | |
|----|-------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
| 1 | M1-500 | 4.06 | 4.68 | 20.72 | 21.18 |
| 2 | M1-1000 | 4.96 | 4.57 | 19.34 | 20.65 |
| 3 | M1-2500 | 5.45 | 6.37 | 30.55 | 27.43 |
| 4 | M1-5000 | 5.59 | 5.65 | 20.80 | 21.66 |
| 5 | M2-500 | 5.33 | 4.92 | 21.96 | 21.83 |
| 6 | M2-1000 | 5.29 | 5.23 | 33.22 | 32.18 |
| 7 | M2-2500 | 5.19 | 5.62 | 25.03 | 23.88 |
| 8 | M2-5000 | 4.60 | 4.51 | 22.74 | 23.05 |



Şekil 3.8. Şehir şebekesinde ortalama TTHM konsantrasyonları

Şebekeden alınan numunelerde yapılan analiz sonuçları incelendiğinde; 0.84-12.92 µg/L, Bromodiklorometan 1.42-11.43 µg/L, Dibromoklorometan 1.23-7.65 µg/L, Bromoform 0.34-1.22 µg/L, TTHM ise 4.06-33.22 µg/L değerleri arasında tespit edildiği görülmektedir. Bu ölçümlerde, Çizelge 3.10.'da da görüldüğü gibi, en yüksek konsantrasyonda 12.92 µg/L ile Kloroform olmasına karşın, ortalama olarak en fazla Bromodiklorometan ve sırasıyla Kloroform, Bromodiklorometan, Dibromoklorometan ve en az da Bromoform tespit edilmiştir. TTHM'lerin ortalama olarak TTHM içerisindeki oranlarında da bu durum Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Şehir şebekesinde ortalama THM konsantrasyonlarının TTHM içindeki oranı

Her bir parametrenin aylara göre konsantrasyonları incelendiğinde ise, Ocak ve Şubat aylarındaki değerlerin, Mart ve Nisan aylarındakinin çok altında kaldığı görülmektedir. Bu farkın mevsimsel olarak su sıcaklığının etkisiyle ortaya çıktığı söylenebilir. THM'ların oluşumunda, sıcaklığa bağlı olarak 10-20 °C arasında yaklaşık 2-5 kat değişim olduğu önceki çalışmalarda da görülmüştür (Ateş, 1999). Aylara göre ortalama su sıcaklıkları ise Çizelge 3.16.'da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Tüm numuneler için aylık ortalama su sıcaklıkları

| Aylar | Ocak | Şubat | Mart | Nisan |
|-------------|------|-------|------|-------|
| Sıcaklık °C | 9.5 | 11.2 | 16.0 | 18.1 |

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Bu araştırmada, 2005 yılından bu yana Şanlıurfa ilinin içme suyu ihtiyacının tamamının karşılandığı arıtma tesisinden sağlanan suda, dezenfeksiyon işleminden kaynaklanan THM oluşumu ve mevcut durumu incelenmiştir. Çalışma boyunca arıtma tesisinin girişinden (Atatürk Baraj Gölünden sağlanan ham su), tesisin değişik kademelerinden ve şebekenin belirli noktalarından numuneler alınmıştır. Alınan numunelerde pH, sıcaklık, TC, IC, TOC ve THM analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar ile, sağlanan suda THM potansiyeli ve mevcut durum yorumlanmaya çalışılmıştır.

Arıtma tesisinde, ortalama TTHM konsantrasyonları ham suda 2.47 µg/L, ön klorlama sonrasında 3.39 µg/L, durultucu çıkışında 8.05 µg/L, filtrasyon sonrasında 7.83 µg/L, tesis çıkışında ise 12.23 µg/L olarak ölçülmüştür. Arıtma tesisinin beslediği şebekelerden M1 olarak adlandırılan hattaki ortalama sonuçlar 12.38-17.45 µg/L; M2 olarak adlandırılan hattaki ortalama sonuçlar ise 13.51-18.98 µg/L olarak bulunmuştur. Mart ayında tespit edilen 33.22 µg/L maksimum TTHM konsantrasyonunun dahi, USEPA tarafından öngörülen 80 µg/L değerinin çok altında olduğu görülmüştür.

4.2. Öneriler

Arıtma tesisinde ve şebekede yapılan analiz sonuçlarına göre TTHM konsantrasyonu limitlerin altında bulunmuştur. Ancak; şehir şebekesinin yeni, Atatürk Baraj Gölü'nden sağlanan sudaki TOC konsantrasyonunun ve klor dozajının toplam 1.1 mg/L gibi düşük değerlerde olması unutulmamalıdır. Bu nedenle sağlanan ham suyun TC ve TOC değerinin düzenli olarak takip edilmesinin gerekli olduğu

düşünülmektedir. TOC konsantrasyonunun artış göstermesi ve yüksek klor dozajı ihtiyacı ile temin edilen suda olumsuz sonuçlarla karşılaşılması olasıdır. Su sıcaklığının 25-28 °C değerlerine ulaştığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını da içeren; ve hatta yıl boyunca alınan numuneler ile araştırma yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- ATEŞ, N, 1999. Konya İçme Suyu Arıtımında Trihalometan Oluşma Potansiyeli. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Konya, 105s.
- BABCOCK, D.B., and SINGER, P.C., 1979. Chlorination and Coagulation of Humic and Fulvic Acids. J.AWWA, 71 (3);149-152.
- CHADIK, P.A., and AMY, G.L., 1987. Coagulation and Adsorption of Humic Substances: An Analysis of Surrogate Parameters for Predicting Effects on Trihalomethane Formation Potential. Technology Letters 8, 261-268
- COTHERN, C.R., CONIGLID, W.A., and MARCUS, W.L., 1986. Estimating Risk to Human Health. Environmental Science Technology, 20 (2); 111-116.
- CRAUN, G.F., 1986. Epidemiologic Considerations for Evaluating Associations Between the Disinfection of Drinking Water and Cancer in Humans. Water Chlorination : Environmental Impact and Health Effects, 5 (1); 229-236.
- ÇAPAR, G., TOKMAK, B., BAYDAR, Z., DEMİRER G.N., DİLEK, F.B., ve YETİŞ, Ü., 1999. Ankara İçme Suyu Dağıtım Şebekesinde Oluşan Dezenfeksiyon Yan Ürünleri, İstanbul, 141-147.
- DIETRICH, M.A., ORR, P.M., GALLAGHER, D.L., and HOEHN, R.C., 1992. Tastes and Odors Associated with Chlorine Dioxide. Research and Technology, Journal 84 (6); 82-88.
- D.S.İ., 1981. Su ve Analiz Metotları, Ankara.
- EDZWALD, J.K., BECKER, W.C., and WATTIER, K.L., 1985. Surrogate Parameters for Monitoring Organic Matter and THM Precursors. Journal, of American Water Works Association 77 (4); 122-132.
- GALAPETE, R.P., SHOTO, E., OKADA, M., MUKAI, T., KITANAKA, A., and ITO, K., 1997. Origin of Trihalomethane Precursors in Kurose River. Hiroshima, Water Science Thecnology 35 (8); 15-27.
- GRAHAM, N.J.D., PERRY, R., JIANG, J.Q., and WARDLAW, V.E., 1998. The Significance of Algae as Trihalomethane Precursors. Water Science 37 (2); 83-89.
- LI, J.W., YU, Z., ZHANG, L., CAI, X., CHAO, F., and GAO, M., 1996. Effect of Ultraviolet Irradiation on the Characteristic and Trihalomethanes Formation Potential of Humic Acid. Water Research 30 (2); 347-350.
- MONTGOMERY, J.M., 1985. Water Treatment Principles and Design. John Wiley and Sons Inc., USA.
- MORROW, C.M., and MINEAR, R.A., 1987. Use of Regression Models to Link Raw Water Characteristics to Concentrations in Drinking Water. Water 21 (1); 41-48.
- NAJM, I.N., PATANIA, N.L., JACANGELO, J.G., and KRASNER, S.W., 1994. Evaluating Surrogates for Disinfection by-Products. 86 (6); 98-106.
- PONTIUS, F.W. 1990. Water Quality and Treatment. Fourth Edition, McGraw Hill Inc.
- REBHUN, M., MANKA, J., and ZILBERMAN, A., 1988. Trihalomethane Formation in High Bromide Lake Galilee Water. Research and Thecnology, Journal of American Water Works Association 78 (6); 84-89.
- RECKOW, D.A., and SINGER, P.C., 1985. Mechanism of Organic Formation During Fulvic Acid Chlorination and Implications with Respect to Ozonation.

- Water Chlorination Chemistry, ENVIRONMENTAL Impacts and Health Effects 5, Chelsea, 1229.
- ROOK, J.J., 1974. Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Waters. Water Treatment and Examination 23, 234.
- SAWYER, C.N., and McCARTY, L.P., 1978. Chemistry for Environmental Engineering, 3rd Edition, McGraw-Hill. Inc.
- MILTNER, R.J., and SUMMERS, R.S., 1994. Bromide's Effect on DBP Formation, Separation and Control: Part 1 Ozonation, 86 (6); 72-87.
- ÖZCİMDER, M., 1987. Klorlama ile İçme Sularında Oluşan Klorlu Organik Bileşikler, Çevre ve İnsan, 6, 73-76.
- SINGER, P.C. 1989, Complying With Trihalometan Reduction Requirements In Water Treatment Facilities, Pollution Technology Review, 167.
- SUMMERS, R.S., BENZ, M.A., SHUKAIRY, H.M., and CUMMINGS, L., 1993. Effects of Separation Processes on the Formation of Brominated THMs. Research and Technology, Journal of American Water Works Association 85 (1); 88-95.
- ŞENGÜL, F. 1994. Çevre Mühendisliğinde Fiziksel ve Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, İzmir.
- TAYLOR, G.S., HILLIS, P., and WALKER, I., 1993. Pilot-Plant Trials on River Dee Water at Huntington. Journal of the Institution of Water and Environment Management 7 (4); 333-343.
- USEPA, 1981. Supplement to The Fifteenth Edition of Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, Prepared and Published by: APHA, AWWA, WPCF, 93-106.
- VIDIC, R.D., 1994. Control of BDPs in Drinking Water. Case Studies of alternative Disinfection Technologies. New Technologies for Large Water Supply Systems, Varna Bulgaria.
- WHITE, C.C., 1986. Handbook of Chlorination. Consulting Eng. Inc., Van Nostrand Reinhold Co. 2, New York.
- OSSENBURGEN P. J., 1988. System Model Development With Ill-Conditioned Data: Case Studies of Trihalomethane Formation in Drinking Water, Civil Engineering Systems, 5, 1.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğmuş, ilk ve orta öğretimini bu şehirde tamamlamıştır. 1998 yılında Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başlamış ve 2003 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl yine aynı üniversitede, Fen Bilimleri Enstitüsünde Y.Lisans Eğitimine başlamıştır. 2004 yılında özel bir şirkette göreve başlamış, Şanlıurfa İçme Suyu Arıtma Tesisinde ve Antalya OSB AAT işletmelerinde görev almıştır. Askerlik nedeniyle 2005 yılında işinden ayrılmış, Ocak 2006 başında askerlik görevini tamamlamış olup, halen Y.Lisans eğitimine devam etmektedir.

EKLER



Ek Şekil 1. Saf su cihazının görünümü



Ek Şekil 2. pH metrenin görünümü



Ek Şekil 3. TOC cihazının görünümü



Ek Şekil 4. GC cihazının görünümü

ÖZET

Şanlıurfa İlinin temiz ve sağlıklı su ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla Kasım 2003'te İçme Suyu Arıtma Tesisi tamamlanıp devreye alınmıştır. Ülkemizdeki bir çok arıtma tesisinde olduğu gibi bu tesiste de ön dezenfeksiyon prosesinde klorlama yapılmaktadır. Bu çalışma ile, ön dezenfeksiyon sonrasında olduğu bilinen, ve kanserojen madde olarak dünyada ciddi sınırlamalar getirilen THM'lerin Şanlıurfa İçme Suyu Arıtma Tesisinden sağlanan suda oluşumunun gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda Ocak ile Nisan aylarını kapsayan dört aylık dönemde; toplam dört defa arıtma tesisi girişinden (ham su), ön klorlama sonrasında, durultucu çıkışından, filtrasyon çıkışından, temiz su deposundan; şebekenin M1 diye adlandırılan hattın 500, 1000, 2500, 5000., M2 diye adlandırılan hattın 500, 1000, 2500, 5000. metrelerinde tespit edilen toplam 13 noktadan ikişer set olacak şekilde numuneler alınmıştır. Numune alma esnasında ön klorlama klor dozu 0.5 mg/L, filtrasyon sonrası son klorlamada ise klor dozu 0.6 mg/L olarak ölçülmüştür. Alınan numunelerin 24 saatlik bekleme süresi sonrasında analizleri yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde USEPA tarafından öngörülen limit olan 80 µg/L değerinin; Arıtma tesisinde, ortalama TTHM konsantrasyonları ham suda 2.47 µg/L, ön klorlama sonrasında 3.39 µg/L, durultucu çıkışında 8.05 µg/L, filtrasyon sonrasında 7.83 µg/L, tesis çıkışında ise 12.23 µg/L olarak ölçülmüştür. Arıtma tesisinin beslediği şebekelerden M1 olarak adlandırılan hattaki ortalama sonuçlar 12.38-17.45 µg/L; M2 olarak adlandırılan hattaki ortalama sonuçlar ise 13.51-18.98 µg/L olarak bulunmuştur. Mart ayında tespit edilen 33.22 µg/L maksimum TTHM konsantrasyonunun dahi, USEPA tarafından öngörülen çok altında olduğu görülmüştür.

Şanlıurfa ilinin iklim koşulları düşünüldüğünde; çalışmanın, su sıcaklığının 25 °C değerlerine ulaştığı Haziran-Ağustos aylarını da kapsayacak bir yıllık periyoda yayılması daha faydalı olacaktır.

SUMMARY

Drinking Water Treatment Plant has been completed and put in use to response the clean and healthy water demand of Sanliurfa City in October 2003. In this plant, chlorination has been applied for disinfection like the other treatment plants in our country. With this study, the observation of THMs formation after the disinfection has been aimed in Sanliurfa Drinking Water Plants. THMs are known as a carcinogenic matter, in the world for health concern.

For this aim, the samples are taken from 13 sampling points for four times during January-April. These samples are taken from after chlorination, at the exits of the clarifier and filtration, in the fresh water storage, at 500, 1000, 2500, 5000th meters of the M1 and M2 line. The chlorine dosage values were measured between 0.5 mg/L and 0.6 mg/L after the chlorination and the filtration. Analysis of the samples were done after the detention time for 24 hours.

When the results were examined against to 80 µg/L limit value of USEPA, the average concentration of TTHM were measured in raw water, after chlorination, exit of clarifier, after filtration and exit of the plant respectively 0.47 µg/L, 3.39 µg/L, 8.05 µg/L, 7.83 µg/L and 12.23 µg/L. Average results of the M1 Line which is fed by treatment plant were measured 12.38- 17.45 µg/L, average results of M2 Line were measured 13.51-18.98 µg/L. It was seen that the maximum TTHM concentration of March was 33.22 µg/L, which is below the limit concentration of USEPA.

When the weather condition of Sanliurfa considered, this study must be applied during a year because of the 25 °C water temperature in June and August.