

T.C.  
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KLORLAMA SONUCU OLUŞAN TRIHALOMETANLARIN (THM) VE  
HALOASETONİTRİLLERİN (HAN) DAĞITIM ŞEBEKESİNDE MEVSİMSEL  
DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ: MUŞ İL MERKEZİ ÖRNEĞİ

Mücahit SÖNMEZ

KASIM 2018

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KLORLAMA SONUCU OLUŞAN TRIHALOMETANLARIN (THM) VE  
HALOASETONİTRİLLERİN (HAN) DAĞITIM ŞEBEKESİNDE MEVSİMSEL  
DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ: MUŞ İL MERKEZİ ÖRNEĞİ

Hazırlayan  
Mücahit SÖNMEZ

Danışman  
Doç. Dr. Edip AVŞAR

Jüri Üyeleri  
Doç. Dr. Gülşad USLU ŞENEL  
Doç. Dr. Şükrü HAYTA  
Doç. Dr. Üyesi Edip AVŞAR

KASIM 2018

Mücahit SÖNMEZ tarafından hazırlanan “Klorlama Sonucu Oluşan Trihalometanların (THM) ve Haloasetonitrillerin (HAN) Dağıtım Şebekesinde Mevsimsel Dağılımlarının İncelenmesi: Muş İl Merkezi Örneği” adlı tez çalışması 22/10/2018 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Gülşad USLU ŞENEL

(Başkan)

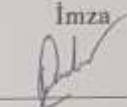
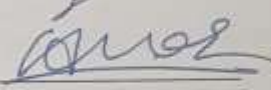
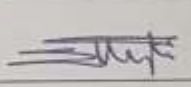
Doç. Dr. Edip AVŞAR

(Danışman)

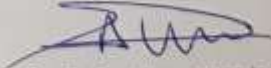
Doç. Dr. Şükrü HAYTA

(Üye)

İmza

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 02 /01 /2019 gün ve 01 /02 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

  
Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK  
Enstitü Müdürü V.

## ÖZET

### KLORLAMA SONUCU OLUŞAN TRIHALOMETANLARIN (THM) VE HALOASETONİTRİLLERİN (HAN) DAĞITIM ŞEBEKESİNDE MEVSİMSSEL DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ: MUŞ İL MERKEZİ ÖRNEĞİ

Mücahit SÖNMEZ

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Edip AVŞAR

Kasım 2018, 29 sayfa

Bu çalışmanın amacı Muş İl merkezine 2 farklı depodan sağlanan içme suyunun dezenfeksiyon amacıyla klorlanması sonucu oluşan ve klorlu organik halojenler olarak isimlendirilen bazı dezenfeksiyon yan ürünlerden (DYÜ'ler) en fazla bulunan grup olan trihalometanlar (THM'ler) ve yeni ortaya çıkan yan ürünlerden haloasetonitrillerin (HAN'lar) konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminin belirlenmesidir. Bir kısmı kanserojen özellik gösterebilen ve bir kısmı Muş içme suyu şebekesinde daha önce ölçülmemiş bu bileşiklerin miktarsal tespiti ile halk sağlığına olabilecek etkilerinin değerlendirilmesi çalışmanın önemini oluşturmaktadır.

Elde edilen sonuçlar her iki şebekede de yeterli klorlama olmamasına ve TOK değerleri düşük olmasına rağmen toplam THM'lerin zaman zaman ülkemizde uygulanan 100 µg/L değerini aştığını ve risk teşkil ettiğini göstermektedir. Toplam HAN değerlerinin ise her iki şebekede 2 µg/L konsantrasyonunun altında kaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Muş, THM'ler, HAN'lar, Risk değerlendirmesi

## ABSTRACT

(INVESTIGATION OF THE SEASONAL VARIATION OF TRIHALOMETHANES (THMs) AND HALOACETONITRILES (HANs) IN DISTRIBUTION NETWORK BY MEANS OF CHLORINATION: MUŞ CITY CENTER CASE STUDY)

Mücahit SÖNMEZ

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Edip Avşar

November 2018, 29 pages

The aim of this study is to monitor the seasonal and spatial changes of THMs and HANs in two different networks providing water to Mus city center and to investigate their impact on public health. Within this scope, 4 seasons experimental study was carried out. The results showed that despite the low TOC and TN level THMs level can sometimes exceed the limit values and constitute a risk for public health. The importance of this study is to evaluate the public health effects of these compounds, some of which are carcinogenic and some of them have not been measured before in Muş drinking water network.

The results show that although there is not enough chlorination in both networks and the TOC and UV values are low, total THMs have sometimes exceeded 100 µg/L that Turkish drinking water limit and poses public health risk. It was observed that total HAN values were below 2 µg/L concentration in both networks.

**Keywords:** Muş, THMs, HANs, Risk assessment

## TEŞEKKÜR

Tez çalışması sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Edip AVŞAR'a ve aileme teşekkür ederim.

2017.07 numaralı projede desteği ile deneysel çalışmalarımızın yürütülmesi için kaynak sağlayan BEBAP'a teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	iv
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	v
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	viii
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	4
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>9</b>
3.1. Örneklemeye Noktaları .....	9
3.2. Analiz Yöntemleri .....	10
<b>4. BULGULAR</b> .....	13
4.1. Deney Sonuçları .....	13
4.2. Risk Değerlendirmesi .....	18
4.2.1. THM’ler İçin Risk Değerlendirmesi .....	18
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	23
<b>KAYNAKLAR</b> .....	24
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	29

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. THM'ler ve HAN'lara ait türler .....	2
3.1. Saha çalışmasında numune alınan noktalar.....	7
3.2. Kloroform için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	11
3.3. Bromodikloro metan için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	11
3.4. Dibromokloro metan için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	11
3.5. Bromoform için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	11
3.6. Trikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	12
3.7. Dikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	12
3.8. Bromodikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	12
3.9. Dibromodikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri.....	12
4.1. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) THM türlerinin değişimi .....	14
4.2. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) THM türlerinin değişimi.....	14
4.3. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) THM türlerinin değişimi.....	14
4.4. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) THM türlerinin değişimi.....	14
4.5. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) HAN türlerinin değişimi.....	15

4.6. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) HAN türlerinin değişimi.....	15
4.7. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) HAN türlerinin değişimi.....	15
4.8. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) HAN türlerinin değişimi.....	15
4.9. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) THM türlerinin değişimi.....	16
4.10. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) THM türlerinin değişimi.....	16
4.11. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) THM türlerinin değişimi.....	16
4.12. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) THM türlerinin değişimi.....	16
4.13. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) HAN türlerinin değişimi.....	17
4.14. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) HAN türlerinin değişimi.....	17
4.15. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) HAN türlerinin değişimi.....	17
4.16. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) HAN türlerinin değişimi.....	17

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Numune alma noktalarına ait açıklamalar.....	10
4.1. Her iki şebeke için THM türlerinin minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyonları ve oral potansiyel faktörleri.....	19
4.2. Kadınlarda yutma kaynaklı risk hesabı.....	20
4.3. Erkeklerde yutma kaynaklı risk hesabı.....	20
4.4. Hesaplamaya esas alınan THM türlerinin dermal potansiyel faktörleri ve türe özgü geçirimsizlik sabitleri.....	21
4.5. Kadınlarda deri yoluyla maruziyet risk hesabı.....	21
4.6. Erkeklerde deri yoluyla maruziyet risk hesabı.....	22

## KISALTMALAR DİZİNİ

AOX	Adsorplanabilir Organik Halojenler
BCAN	Bromokloroasetonitril
BDCM	Bromodikloro metan
ÇOM	Çözünmüş Organik Madde
ÇON	Çözünmüş Organik Azot
DBAN	Dibromoasetonitril
DBCМ	Dibromoklorometan
DCAN	Dikloroasetonitril
DOM	Doğal Organik Maddeler
DYÜ	Dezenfeksiyon Yan Ürünleri
DYÜOP	Dezenfeksiyon Yan Ürünü Oluşum Potansiyeli
GC	Gaz Kromatografisi
HAA	Haloasetik Asitler
HAN	Haloasetonitriller
HNM	Halonitrometanlar
MCL	Maksimum Kirletici Seviyesi
MTBE	Metiltertbütileter
ORP	Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli
TCAN	Trikloroasetonitril
THM	Trihalometanlar
TOK	Toplam Organik Karbon

## 1.GİRİŞ

Artan sanayileşme ve çarpık kentleşme faaliyetleri sonucunda insanlığın devamı için gerekli su kaynakları her geçen gün daha da kirlenmektedir. Su kaynaklarındaki kirletici parametrelerin halk sağlığına olabilecek etkilerinin önlenmesi ve su kalite kriterlerinin sağlanabilmesi için kaynaktan temin edilen sular çeşitli arıtma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Ülkemizde içmesuyu arıtma tesisleri klasik sistemler olup genellikle havalandırma, koagülasyon-flokülasyon, çökeltme, filtrasyon ve dezenfeksiyon basamaklarını kapsamaktadır. Bu sistemler sudaki asılı ve koloidal maddeleri gidermekte ve takiben dezenfeksiyon işlemi ile suyun mikrobiyolojik olarak güvenilir hale getirilmesi sağlanmaktadır. Bunun yanında, işlemde kullanılan dezenfektan maddeye bağlı olarak dezenfeksiyon suda koku ve tat kontrolünde de kullanılabilir (Avşar 2013, Avşar vd. 2015, Avşar vd. 2014).

Klor, bakiye bırakması, ucuz olması ve uygulanmasının kolaylığı dolayısıyla içme suyu dezenfeksiyonunda en fazla kullanılan dezenfektan maddedir. Suda mevcut birçok zararlı mikroorganizmayı etkisiz hale getirebilmektedir (Stevens vd. 1989; Health Canada, 2008; Hong vd. 2013). Bununla birlikte 1970'lerde klor kimyasına yönelik yapılan çalışmalar, klorun suda sadece hedeflenen mikroorganizmalarla reaksiyona girmediği bunun yanında sudaki doğal (DOM'lar) ya da sentetik organik maddelerle reaksiyona girdiği ve dezenfeksiyon yan ürünleri (DYÜ'ler) denilen ve bir kısmının kanserojenik etkilerinin olduğu tespit edilen bileşikler oluşturduğu anlaşılmıştır. Bunlar içinde THM'ler, haloasetik asitler (HAA'lar) ve HAN'lar en fazla bulunan yan ürünlerdir (Eggins vd. 1997, Hong 2013, Avşar vd. 2015; Avşar vd. 2014, Thompson vd. 2015, Reckhow vd. 1990, Uyak ve Toröz 2007, Montgomery 1985).

Çalışmaya konu olan THM'ler ve HAN'ların yapısal formülleri Şekil 1.1'de verilmiştir.

Yüzeysel ve yeraltı sularında mevcut olan ve DYÜ'lerin oluşumunda öncü bileşik olan doğal organik maddeler (DOM'lar) çok farklı renge, boyuta ve fonksiyonel gruba sahip organik maddelerin kompleks karışımından meydana gelmektedir. Bu karışım içerisinde humik maddeler, klorlama sonrası DYÜ oluşumunda organik maddenin en aktif kısmı olması dolayısıyla önemli bir yer tutmaktadır (Eggins vd. 1997).

İçmesuyunda THM'lerin bulunmasının kanserojenik etkisi nedeniyle insan sağlığı için risk oluşturduğu birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Amerikan Çevre Ajansı'nın (US EPA) oluşturduğu listelerde kanserojenik halojenli organik kirleticiler olarak yer verilen THM grubundan; kloroform, bromodiklorometan ve bromoform B grubu yani muhtemel kanserojen madde olarak belirtilmekteyken, dibromoklorometan ise C grubu (kansere sebebiyet verme

ihtimali olan madde) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, yönetmeliklere giren THM'ler HAA'lar gibi DYÜ'lerin oluşumlarının azaltılması için kloramin gibi alternatif dezenfektanların kullanılması sonucunda azotlu DYÜ'lerin miktarları son yıllarda artış göstermeye başlamıştır. HAN'lar ve halonitrometanlar (HNM'ler) gibi azotlu DYÜ türleri THM'ler ve HAA'lara göre toksikolojik etkilerinin daha yüksek olması nedeniyle halk sağlığı açısından önemli tehdit haline gelmektedir (Avşar 2013; Pontius 1990, Guilherme ve Rodriguez 2014).

Çalışmada İncelenen Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Molekül Formülleri			
Trihalometanlar (THM'ler)		Haloasetonitriller (HAN'lar)	
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{CN} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{CN} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Kloroform	Diklorobromo metan	Trikloroasetonitril	Dikloroasetonitril
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Br}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{Br}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{Br}-\text{C}-\text{CN} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{CN} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Dibromokloro metan	Bromoform	Bromokloroasetonitril	Dibromoasetonitril

**Şekil 1.1.** THM'ler ve HAN'lara ait türler (Avşar, 2013, Krasner 1999'dan uyarlanmıştır.)

Bu özelliklerinden dolayı THM'ler için USEPA 80 µg/L, Avrupa Birliği ve Türkiye'de 100 µg/L, limit değerleri uygulanmakta iken HAN'larla ilgili ise henüz bir sınır değer mevcut değildir (Avşar 2013). Ancak konuyla ilgili Dünya çapında araştırmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada Muş İl Merkezine içme suyu sağlayan 2 farklı depo ve bu depoların dağıtım şebekesinde alınan örneklerde klorlama sonrası oluşan DYÜ'lerden THM'ler ve HAN'ların mevsimsel ve mesafeye bağlı değişimleri tespit edilmiş ve halk sağlığına olabilecek etkileri değerlendirilmiştir. Konuyla alakalı olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde Muş şebeke suyunda HAA'ların oluşumu ve halk sağlığına etkileri ile ilgili çalışma yine danışman ve yüksek lisans öğrencisi Adile KILIÇ tarafından aynı proje kapsamında yapılmıştır. Anılan bu çalışma ve yürütülen çalışma dışında Muş ili özelinde DYÜ'lerin oluşumu ve halk sağlığına etkisiyle alakalı literatürde yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde yapılan çalışmalar çoğunlukla

yüzeysel sularda DYÜ oluşumunu incelemekte olup Muş gibi yeraltı suyundan içme suyu temin edilen yerlerle ilgili literatürde bulunan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu durum da çalışmaya özgünlük katan ayrı bir noktadır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

DYÜ'lerin oluşumları ve DYÜ oluşumunda rol alan öncü bileşiklerin incelenmesi üzerine literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Şahinkaya vd. (2005), Türkiye'de içme suyu temin edilen 29 gölde su kalitesi ve su kalitesine bağlı olarak THM oluşum potansiyelini (THMOP) incelemiştir. 2 sene süren ve mevsimsel izleme yapılan çalışmada tüm su kaynaklarında kloroformun en önemli THM türü olduğu ve THMOP'nin %86'sını oluşturduğu tespit edilmiştir.

Ateş vd. (2007) tarafından yapılan ve Şahinkaya vd (2005)'in devamı olan çalışmada aynı su kaynaklarında klorla dezenfeksiyon sonucu HAA'lar, THM'ler ve AOX (adsorplanabilir organik halojenler) oluşumu incelenmiştir. Bir yıllık süreçte aylık bazda numune alınan çalışmada HAA konsantrasyonlarının 18-149 µg/L, THM; 21-189 µg/L, AOX'in ise 378-859 µg/L aralığında değiştiği rapor edilmiştir. En yüksek THM ve AOX oluşumları kış aylarında görülürken, en düşük THM yaz, en düşük AOX ise ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir.

Ateş vd. (2005) yaptığı çalışmada Türkiye'de mevcut 18 içme suyu arıtma tesisi çıkış suyunda 3 yıl boyunca THM oluşumunu incelemiştir. Elde edilen bulgular THM konsantrasyonunun 9,9-65,2 µg/L aralığında olduğunu göstermektedir. Genel olarak Türkiye'nin batısında yer alan tesislerde elde edilen değerler, doğu kısmında örneklenen tesislere göre daha yüksektir. Kloroform en fazla bulunan, bromoform ise en az bulunan THM türüdür. Deniz suyu girişimi olan deniz kenarı illerde bromlu THM türleri diğer şehirlerde tespit edilen miktarlarına göre daha yüksektir. Suların klorlama öncesi arıtılması ile DYÜ oluşum potansiyelinin ham suya göre %50 civarında düştüğü, ancak bu durumun THM türsel dağılımına etki etmediği belirtilmektedir. Genelde yağış miktarının az olduğu kurak yaz döneminde DYÜ oluşumu en düşüktür. Bu durum DYÜ oluşumunda öncü bileşiklerin suya yağış yoluyla giren toprak kaynaklı organikler olduğunu ve miktarlarının mevsime bağlı değiştiğini göstermektedir.

Toröz ve Uyak (2005), İstanbul Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi çıkış suyunda ve tesisin su verdiği içme suyu şebekesinde THM konsantrasyonu değişimini izlemiştir. THM konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak arttığı rapor edilmiştir. Şebekenin son noktasında kış aylarında 15 °C'de nadiren 100 µg/L değerinin aşıldığı ancak yazın ise sıcaklığın artması ile 24 °C'de son noktada limit değerinin 1,2-1,8 katına varan THM değerleri elde edildiği belirtilmiştir.

Uyak (2006) THM'nin kanserojenik etkisini değerlendirmek için İstanbul'da 15 noktadan çeşme suyu örneklemiştir ve THM konsantrasyonlarını belirlemiştir. Bu sulara en baskın THM türünün kloroform olduğu raporlanmıştır. THM konsantrasyonunun yüksek olduğu musluk

sularının alındığı bölgelerde kanser vakalarının yüksek olduğu, dolayısı ile THM konsantrasyonunun artmasıyla riskin arttığı belirtilmiştir.

Baytak vd. (2007) yaptığı çalışmada İzmir'in içme suyu ihtiyacının karşılandığı 2 farklı kaynaktan yaklaşık 1 sene boyunca örnekleme yapılmış ve numunelerde THM ve HAN ölçümleri yapılarak mevsime bağlı değişimleri ortaya konmuştur. Örnekleme döneminde tespit edilen tüm THM konsantrasyonları o zaman geçerli olan 150 µg/L sınır değerinden düşüktür. Ancak elde edilen değerler şu an ülkemizde geçerli olan 100 µg/L ve US EPA tarafından uygulanan 80 µg/L limit değerleri ile karşılaştırıldığında elde edilen değerlerin % 42'sinin Türkiye, % 61'inin de US EPA'nın sınır değerini aştığı görülmektedir. İlkbaharda en yüksek THM ve HAN konsantrasyonları görülürken, yazın ise değerler en düşük seviyededir.

Avşar (2013) tarafından İstanbul Büyükçekmece ve Ömerli yüzeysel su kaynaklarında yapılan çalışmada, doğal organik maddenin hidrofobik kısmının THM'lerin oluşumunda, transfilik kısmın ise HAN oluşumunda en aktif kısımlar olduğu belirlenmiştir.

Guilherme ve Rodriguez (2014) tarafından yapılan çalışmada Kanada'da mevcut 2 şehre ait küçük su dağıtım sisteminde THM'ler ve HAA'lar ölçülmüştür. THM'lerin ortalama konsantrasyonu 75 µg/L, HAN'ların ortalama konsantrasyonunun ise 2,5 µg/L olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yan ürün seviyesinin sonbahar ve kış mevsimlerinde düştüğü yazın ise en yüksek mertebesine çıktığı görülmüştür.

Shanks vd. (2013) tarafından içme suyu dağıtım şebekesinde yapılan çalışmada HAN türlerinden trikloroasetonitril (TCAN) ve dikloroasetonitrilin (DCAN) içme suyu şebekesindeki konsantrasyonlarının yaz aylarında artış gösterdiği ayrıca HAN konsantrasyonunun suyun şebekede kalış süresi uzadıkça arttığı görülmüştür.

Serrano vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada içme suyu arıtma tesisinin çeşitli ünitelerindeki işlemlerin farklı DYÜ'lerin oluşumuna ve giderimine olan etkisi incelenmiştir. Kum filtrasyonu ile aldehitlerin tamamen HAA'ların ise %15-50 arası kısmının giderildiği ancak THM'ler, HNM'ler (halonitrometanlar) ve HAN'ların %70 civarında arttığı tespit edilmiştir.

Zhai vd. (2017) tarafından Çin'e bağlı Tianjin'de bulunan Yuqiao rezervuarında yapılan çalışmada ham su kalitesinin DYÜ oluşumunda önemli rolü olduğu, klor yerine kloramin kullanılması ile THM'ler, HAA'lar ve HAN'ların oluşumunun azaldığı görülmüştür.

Guo vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada içme suyu arıtma tesisinde filtrasyonu takiben UV-klorlama ve kloraminleme işlemine tabi tutulan suda THM'ler HAN'lar ve HNM'lerin oluşumuna etki eden çeşitli parametreler incelenmiştir. Genellikle, UV-klorlama işleminde THM'ler daha fazla oluşurken, UV-kloraminleme işleminde HAN'lar ve HNM'ler daha fazla oluşmaktadır. UV-klorlama işleminde Artan pH dolayısıyla THM'lerin oluşumu azalmaktayken

UV-kloraminlemede ise stabil kalmaktadır. Bununla birlikte pH'ın HAN'ların oluşumuna etkisi ise sınırlıdır. UV-kloraminleme işleminde nitrat konsantrasyonunun THM'ler, HAN'lar ve HNM'lerin oluşumuna etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Artan bromür konsantrasyonu THM'ler ve HAN'ların oluşumunu arttırırken, HNM'lerin oluşumunu ise azaltmakta ve her bir grup için klorlu türler yerine bromlu türlerin oluşumuna neden olmaktadır.

Hsu vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada Tayvan'da 3 içme suyu arıtma tesisinden alınan ham su ve klorlanmış sularda THM'lerin konsantrasyonları ölçülmüş ve THM'ler kaynaklı yaşam boyu kanser risk hesabı yapılmıştır. Kloroformun en önemli THM türü olduğu ve yaşam boyu kanser riskinin en önemli kısmını oluşturduğu (%87,5-%92,5) tespit edilmiştir. 3 tesisin su sağladığı alanda 4 THM türü için musluk suyunda hesaplanan yaşam boyu kanser riski  $10^{-6}$ 'dan büyüktür. Güney Tayvan'daki musluk suyu için hesaplanan toplam THM'ler risk seviyesi  $1,94 \times 10^{-4}$ 'den küçüktür.

Hong vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada Hong Kong'un en önemli içme suyu kaynağı olan Dongjiang Nehri'nde su kalitesinin bozulması ve buna bağlı yüksek THM oluşumu tespit edilmiş ve bu suyun farklı şartlarda klorlanması sonucu THM oluşumu modellenmiştir. Çalışmada toplam THM konsantrasyonunun 11,7-91,8 mg/L aralığında değiştiği ve THM oluşumunun kontrolünün öncelikli olarak reaksiyon süresi ve sudaki bromür konsantrasyonuna bağlı olduğu görülmüştür. Bromür konsantrasyonunun bromlu THM türlerinin oluşumunda ve THM türlerinin dağılımında anahtar faktör olduğu belirtilmiştir.

Siddique vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Pakistan Karachi'de bulunan kentsel endüstriyel alanda çoklu maruziyet yolu üzerinden içme suyunda mevcut THM'lere maruz kalan insanlarda yaşam boyu kanser riski incelenmiştir. Yutma ve deri yoluyla maruziyet için yapılan yaşam boyu kanser riskinin kabul edilebilir USEPA ya göre düşük risk mertebesinde olduğu ( $\geq 1,0 \times 10^{-6}$ ;  $\leq 5,1 \times 10^{-5}$ ), solunum yoluyla maruziyetin ise kabul edilebilir yüksek risk ( $\geq 5,0 \times 10^{-6}$ ;  $\leq 1,0 \times 10^{-4}$ ) kategorisine girdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte bazı kentsel endüstriyel alanlarda kloroform için solunum yolu için hesaplanan kanser riskinin kabul edilemez risk ( $\geq 1,0 \times 10^{-4}$ ) mertebesinde olduğu görülmüştür.

Amjad vd. 2013 tarafından yapılan çalışmada Pakistan'ın Rawalpindi ve İslamabad şehirlerinde ki kentsel içme suyu kaynaklarında THM'ler kaynaklı kanser risk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında 2 şehirde toplam 20 noktada THM'ler izlenmiş olup konsantrasyon aralığının 21-373  $\mu\text{g/L}$  mertebesinde değiştiği ve ortalama konsantrasyonların sırasıyla 142 ve 260  $\mu\text{g/L}$  mertebesinde olduğu görülmüştür. Kloroform en önemli THM bileşenidir (>%85). Yaşam boyu kanser riski Rawalpindi ve İslamabad için sırasıyla  $0,74 \times 10^{-4}$

ve  $1,24 \times 10^{-4}$  olarak bulunmuştur. Yutma en önemli maruziyet yolu olup sırasıyla solunum ve deri yolu takip etmektedir.

Ribera vd. (2018) tarafından 2008-2013 yılları arasında İspanya'da yapılan çalışmada içme suyunda bulunan THM'lere uzun dönem maruziyetin kadınlarda göğüs kanseri ile ilişkisi araştırılmıştır. İçme suyu yoluyla THM'e maruziyetin mesane kanseri riskini arttırdığı belirtilmiştir. Çalışmada 14 hastanede toplam 2461 kadın (20-85 yaş arası) üzerinde yürütülen kapsamlı maruziyet çalışmasında kloroformun göğüs kanseri ile ilişkili olabileceği görülmüştür.

Krasner vd. (2012) tarafından 14 içme suyu arıtma tesisi çıkış suyunda yeni ortaya çıkan karbonlu ve azotlu DYÜ'lerin araştırıldığı çalışmada bu bileşiklerin oluşumunda rol alan öncü bileşiklerin ve/veya dezenfeksiyon proseslerinin THM'lere göre farklı olduğu belirtilmiştir. 2 halojenli HAN türlerinin miktarının klorlama ve kloraminleme proseslerinde benzer olduğu ve sırasıyla 0,9-12 (medyan 3,4)  $\mu\text{g/L}$  ve 0,7-7,5 (medyan 3,2)  $\mu\text{g/L}$  olarak değiştiği belirtilmiştir. Klorlama sonucunda oluşan 2 halojenli HAN'larla ÇOM ve UVA arasında önemli korelasyon olduğu (sırasıyla;  $R^2=0,76$ ,  $R^2=0,73$ ) ancak çözünmüş organik azot (ÇON) ile önemli bir korelasyon ( $R^2=0,24$ ) tespit edilemediği ifade edilmiştir.

Shin vd. (1999) tarafından Kore'de yapılan 3 yıllık çalışmada içme suyunda DYÜ'ler için standart ölçüm prosedürü oluşturulması ve spesifik DYÜ'lerin kaynaklarının ve dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ölçümlerin çoğunda suda DYÜ konsantrasyonu 50  $\mu\text{g/L}$ 'nin altında kalmıştır. Arıtma tesislerinin çıkışında yapılan ölçümlerde THM'ler ölçülen tüm DYÜ'lerin %60'lık kısmını oluşturmaktadır. HAA'lar %20, HAN'lar %12, haloketonlar (HK'lar) %5, kloropikrin (KP) %3'lük kısma tekabül etmektedir. Kloroform en önemli THM bileşeni olup toplamın %77'sini oluşturmaktadır.

Chen vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada bromür konsantrasyonu (105,3  $\mu\text{g/L}$ ) ve çözünmüş organik azot konsantrasyonu (0,73 mg N/L) yüksek olarak ayarlanmış 2 farklı suda ozonlama ve yukarı akışlı biyolojik aktif karbon prosesi (BAK) kullanılarak DYÜ öncü bileşiklerinin giderimi ve klorlu ve kloraminli suların toksisitesinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Ozonlama ile 0,7 mg  $\text{O}_3/\text{mg}$  ÇOK konsantrasyonunda %20 ÇOK giderimi elde edildiği ancak dozajın artırılmasıyla ilave giderim yapılamadığı görülmüştür. Monokloraminin dezenfektan olarak kullanıldığı BAK prosesinde 15 dk yatak temas süresinde DYÜ oluşum potansiyelinde %40'lık düşüş tespit edildiği belirtilmiştir. Ozonlama ile BAK prosesinin bütünlük etkisiyle DYÜ oluşumunun %50 mertebesinde azaldığı tespit edilmiştir. Kloraminlemede DYÜ'lerin ve daha az olduğu ve toksisitenin klorlamaya göre daha az olduğu ancak ozonlamanın bromlu DYÜ türlerinin oluşumunu arttırdığı dolayısıyla toksisitenin artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

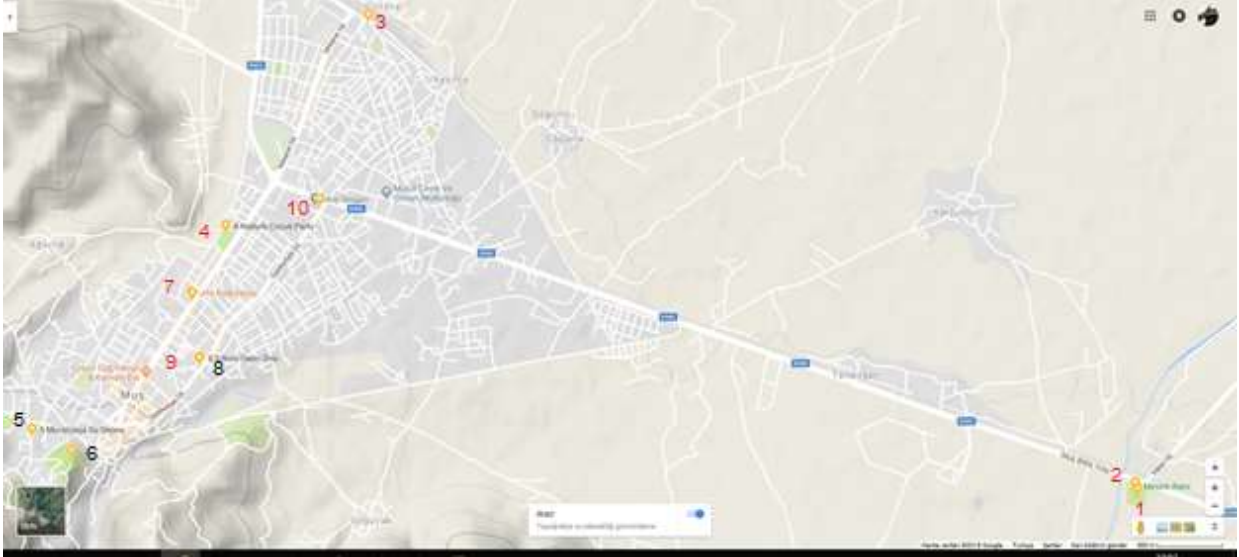
Daniel vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada klorlu ve bromlu HAN'ların klorlama sonucu oluşan içme suyu kirleticileri olduğu, HAN'ların kültürlenmiş insan lenfoblasti hücrelerinde DNA sarmalında kopmalarına neden olmakta, nükleofilik tutucu madde 4- (p-nitrobenzil) piridin'e bağlanarak ve hücrede serbest şekilde poliadenilik asitle kovalent bağ oluşturduğu grlmştir. Bu durumun bu kimyasalların, kanserojen aktivite potansiyeli olduğu ve insan sağlığı tehlikesi anlamına gelebilecek genotoksik özellik gösterdiği belirtilmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Örnekleme Noktaları

Yapılan çalışma ile Muş Şehir Merkezi'ne su veren 2 depo ve bağlı şebekede klorlama sonucu oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinden (DYÜ'ler) trihalometanlar (THM'ler) ve haloasetonitrillerin (HAN'lar) mevsimsel değişimi ve şebekede mesafeye bağlı değişimleri izlenmiş ve belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; Yaz (20.07.2017), Sonbahar (26.10.2017), Kış (08.01.2018) ve İlkbahar (07.03.2018) mevsimlerinde örnekleme analiz çalışması yapılmış olup Muş İl Merkezi'nde numune alınan noktalar Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Şekilde kırmızı ile numaralandırılmış noktalar ana şebeke, siyah ile numaralandırılmış noktalar ise Murat Paşa Şebekesini ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Saha çalışmasında numune alınan noktalar (Kılıç 2018)

Muş İl Merkezi'ne verilen suyun önemli bir kısmı ana terfi merkezinden verilmekte olup bu amaçla 17 adet sondaj kuyusu mevcuttur. Kuyulardan elde edilen sular ana depoya basılmakta buradan da sıvı klorla klorlanarak şebekeye verilmektedir. Ana terfi merkezi dışında birde dağ kaynağı mevcuttur. Bu kaynaktan gelen su Murat Paşa Su Deposuna basılmakta ve buradan da klorlanmak suretiyle il merkezine beslenmektedir (Kılıç 2018). Klorlama için peristaltik pompa düzeneği kullanılmakta olup Muş Belediyesi tarafından depo ve şebekede klorlama ve DYÜ oluşumu ile ilgili herhangi bir ölçüm/analiz/izleme çalışması yapılmamaktadır.

Çalışmada belirtilen 2 farklı dağıtım ağına ait depo ve suyun dağıtıldığı şebekelerde klorlama sonrasında oluşan DYÜ'lerden THM'ler ve HAN'lar izlenmiştir. Çalışma kapsamında örnekleme yapılan noktalar ve örnekler Kılıç (2018) ile beraber alınmıştır. Su kalitesi ile ilgili ölçümler Kılıç (2018) tarafından yapıldığından bu tez kapsamında aynı ölçümlere tekrar yer verilmemiştir. Her iki dağıtım şebekesinde numune alınan noktalar kaynaktan son noktaya doğru sıralanmış şekilde Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

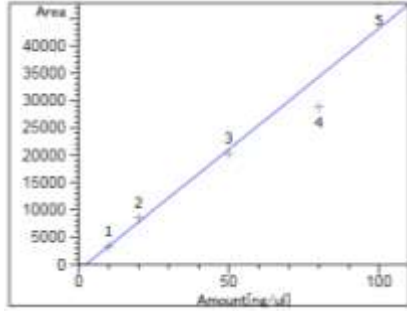
**Çizelge 3.1.** Numune alma noktalarına ait açıklamalar (Kılıç 2018)

<b>Ana Depo ve Şebekesi</b>			
<b>No</b>	<b>Nokta Adı</b>	<b>Numune Tipi</b>	<b>Nokta Koordinatı</b>
1	Ana Depo	Ham su (klorlu)	38,727294; 41,580537
2	Ana Deponun Çıkışı	Klorlu Çeşme Suyu	38,727801; 41,580370
9	Muş Merkez 3 Nolu Depo İçi	Klorlu Çeşme Suyu	38,736459; 41,496992
7	Merkez Sefam Pide	Klorlu Çeşme Suyu	38,740921; 41,496384
4	Merkez Atatürk Çocuk Parkı	Klorlu Çeşme Suyu	38,745588; 41,499400
10	Merkez Otogar Bahçesi	Klorlu Çeşme Suyu	38,747446; 41,507699
3	Ana Şebeke Son Noktası	Klorlu Çeşme Suyu	38,760184; 41,512072
<b>Murat Paşa Depo ve Şebekesi</b>			
5	Murat Paşa Depo Çıkışı	Ham su (klorlu)	38,731482; 41,482136
6	Merkez Kale Parkı	Klorlu Çeşme Suyu	38,730002; 41,485636
8	Merkez 3 Nolu Depo Önü	Klorlu Çeşme Suyu	38,736480; 41,497141

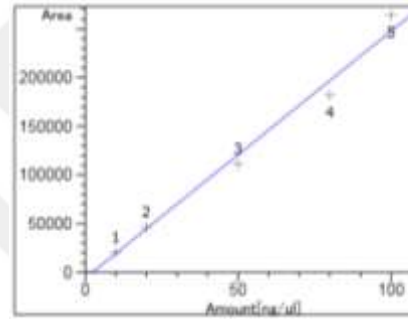
### 3.2. Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında 2 depo ve depolara bağlı şebekelerde ölçülen DYÜ'ler; THM'ler ve HAN'lardır. THM'ler ve HAN'lar Amerikan Çevre Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilen EPA 551.1 adlı metoda göre ölçülmüştür. Bu metod suda bulunan THM ve HAN türlerinin metiltertbutileter (MTBE) isimli solvent yardımı ile su fazından solvent fazına geçirilmesine bu fazda konsantre edilmesi ve saflaştırılmasına dayanmaktadır. Solvent fazında konsantre edilen bileşenler GC- $\mu$ ECD ile analiz edilmiştir (Avşar 2013; Deniz Avşar 2018).

Çalışma kapsamında ölçülen bileşikler için GC- $\mu$ ECD'de elde edilen kalibrasyon eğrileri ve korelasyon değerleri THM'ler için Şekil 3.2.- Şekil 3.5.'de, HAN'lar için Şekil 3.6.-Şekil 3,9'da verilmiştir.



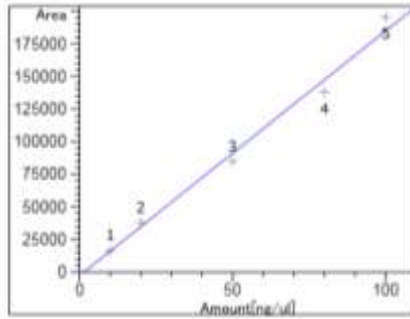
KLOROFORM at exp. RT: 4.719  
 ECD1 B, Back Signal  
 Correlation: 0.98364  
 Residual Std. Dev.: 3651.14313  
 Formula:  $y = mx + b$   
 m: 442.05329  
 b: -1015.63267  
 x: Amount  
 y: Area



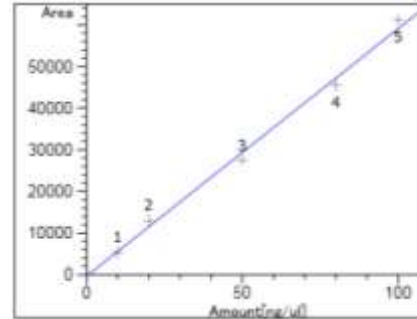
BDCM at exp. RT: 7.819  
 ECD1 B, Back Signal  
 Correlation: 0.99418  
 Residual Std. Dev.: 12390.79320  
 Formula:  $y = mx + b$   
 m: 2536.15873  
 b: -5846.20674  
 x: Amount  
 y: Area

Şekil 3.2. Kloroform için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri

Şekil 3.3. Bromodikloro metan için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri



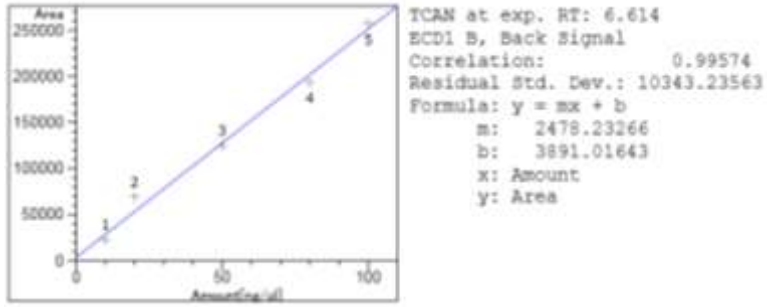
DBCM at exp. RT: 14.440  
 ECD1 B, Back Signal  
 Correlation: 0.99553  
 Residual Std. Dev.: 8029.83360  
 Formula:  $y = mx + b$   
 m: 1876.19766  
 b: -2514.35254  
 x: Amount  
 y: Area



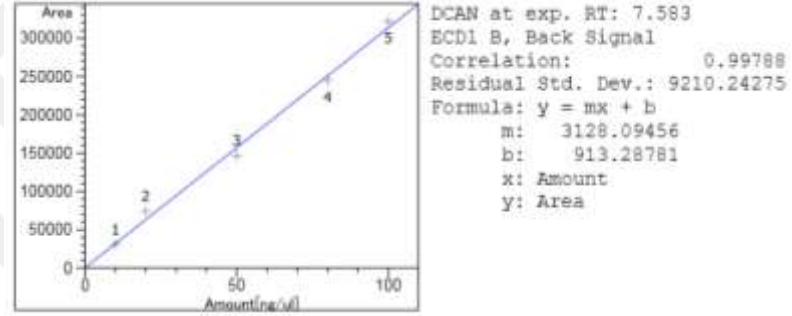
BROMOFORM at exp. RT: 22.305  
 ECD1 B, Back Signal  
 Correlation: 0.99767  
 Residual Std. Dev.: 1834.91002  
 Formula:  $y = mx + b$   
 m: 595.17995  
 b: -381.75582  
 x: Amount  
 y: Area

Şekil 3.4. Dibromokloro metan için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri

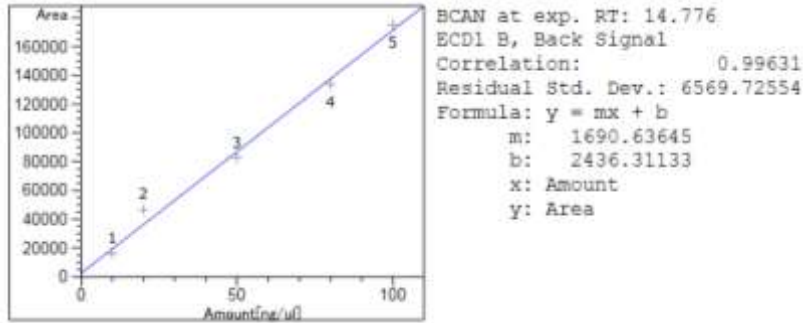
Şekil 3.5. Bromoform için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri



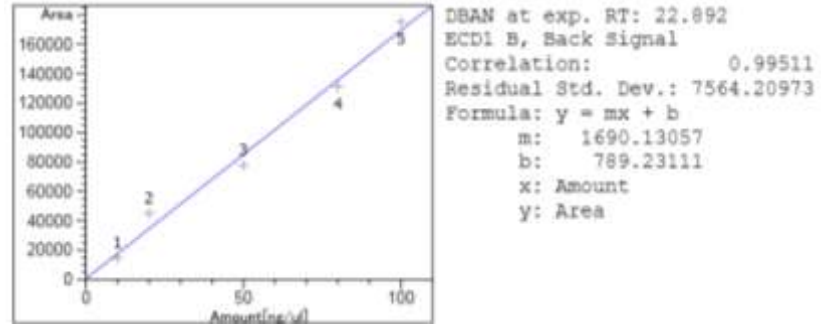
Şekil 3.6. Trikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri



Şekil 3.7. Dikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri



Şekil 3.8. Bromodikloroasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri



Şekil 3.9. Dibromoasetonitril için elde edilen kalibrasyon eğrisi ve korelasyon değeri

## 4. BULGULAR

### 4.1. Deney Sonuçları

Çalışma kapsamında ana şebeke ve Murat Paşa Şebekesinde mevcut noktalarda mevsimsel ve mesafeye bağlı olarak alınan numunelere ait THM ve HAN analiz sonuçları Şekil 4.1.- Şekil 4.16 aralığında verilmiştir. Anılan şekillerde verilen numune noktaları her iki şebeke içinde kaynaktan son noktaya doğru sıralanmıştır.

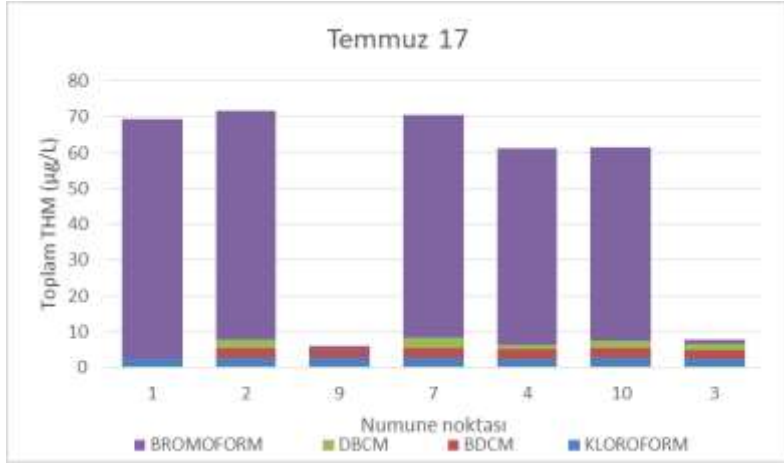
Su kalitesi ile ilgili Kılıç (2018) tarafından yapılan değerlendirmeler incelendiğinde, örnekleme döneminde Ocak 2018 haricinde tüm örnekleme döneminde ana depoda 0,5 mg/L limit değerinin üzerinde serbest ve toplam klor tespit edilmesine rağmen şebekede ise Temmuz ayı haricinde neredeyse hiçbir noktada klor tespit edilemediği belirtilmektedir.

Bu durum değerlendirildiğinde; şebekenin eski olmasının sürekli arızaya sebebiyet vermesi, bu nedenle yaşanan su kesintileri ve elektrik kesilmesi nedeniyle klor dozlama sisteminin devreden çıkması gibi hususların bu durumun en önemli sebepleri olduğu düşünülmektedir. Ayrıca depolar ve bağlı şebekelerde klor miktarının izlenmesine yönelik bir kontrol de yapılmamaktadır. Tüm bu etkenler şebekede yeterli ve düzgün klor konsantrasyonunun sağlanamamasına sebep olarak görülmektedir.

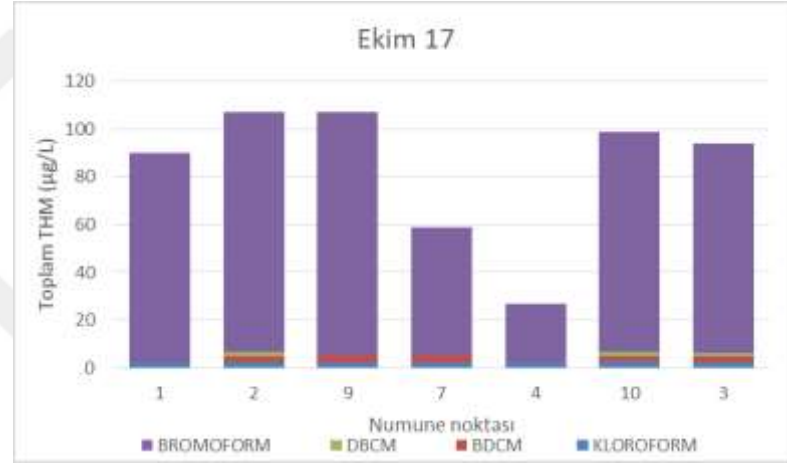
Murat Paşa Deposu ve beslediği içme suyu şebekesinde ise yine Kılıç (2018)'de belirtildiği üzere yapılan toplam 12 ölçümün sadece 1 tanesinde bakiye klor tespit edilmiştir. Bu durum izleme döneminde bu deponun klorlanmadığını göstermektedir. Her iki suda kirliliğe açık olup, böyle bir durumda İl merkezinde yaşayanların zarar görmesi olasıdır.

Kılıç (2018)'de belirtildiği üzere her iki sudaki nitrat değerleri Türk Standardı (TS) 266 (2005) ve WHO'da belirtilen 50 mg/L limitinin altındadır. TN değerleri de 8 mg/L değerinin altında olup bu durumlar suda izleme döneminde önemli bir kirlilik olmadığını göstermektedir. Bu durum HAN oluşumunda aktif olan çözünmüş organik azotlu bileşiklerinde suda çok fazla olmadığını göstermektedir. Bu durum HAN ölçüm sonuçlarından da görülmekte olup Muş ana depo ve bağlı şebekede Temmuz ayı haricinde tespit edilen HAN konsantrasyonları 2 µg/L'nin altında kalmıştır. DBAN ve BCAN en önemli bileşenlerdir. Murat Paşa Şebekesinde ise Ocak ayı haricinde HAN'lar tespit edilememiştir.

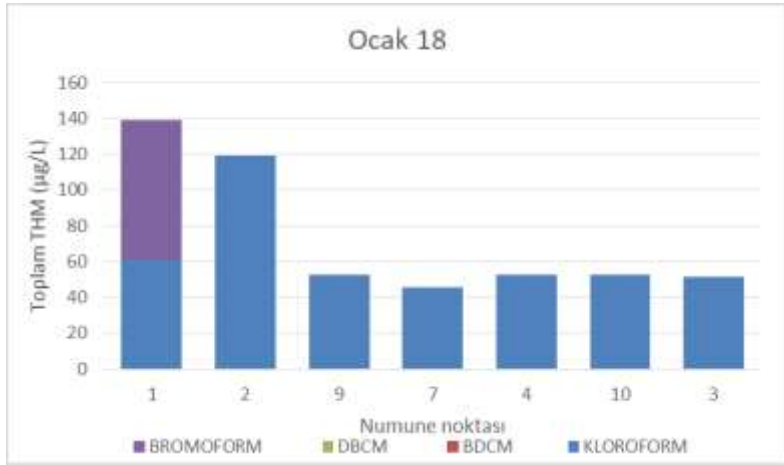
Kılıç (2018)'de belirtildiği üzere her iki şebekede de pH değerleri TS266'da belirtilen sınırlamalar (6,5-8,5) içerisindedir. Ayrıca her iki suda da DYÜ oluşumunda öncü bileşik miktarını karakterize eden UV, TOK ve TN parametrelerinin düşük olduğu görülmektedir. Suda TOK konsantrasyonunun düşük olması HAN oluşumunun genel olarak 2 µg/L'nin altında kalmasında



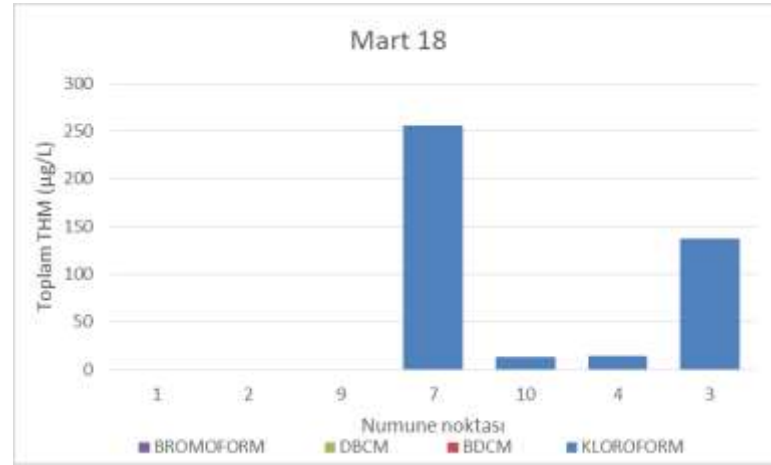
Şekil 4.1. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) THM türlerinin değişimi



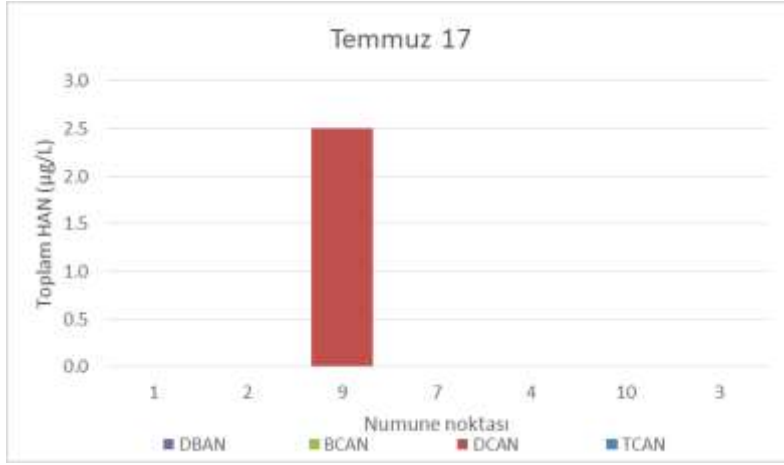
Şekil 4.2. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) THM türlerinin değişimi



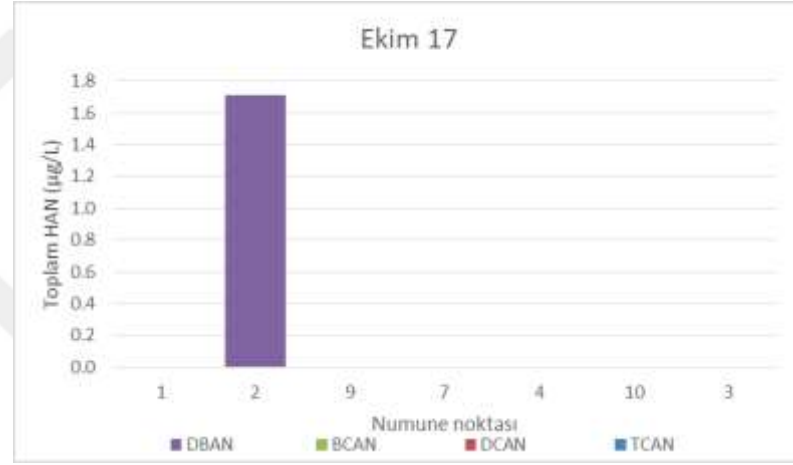
Şekil 4.3. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) THM türlerinin değişimi



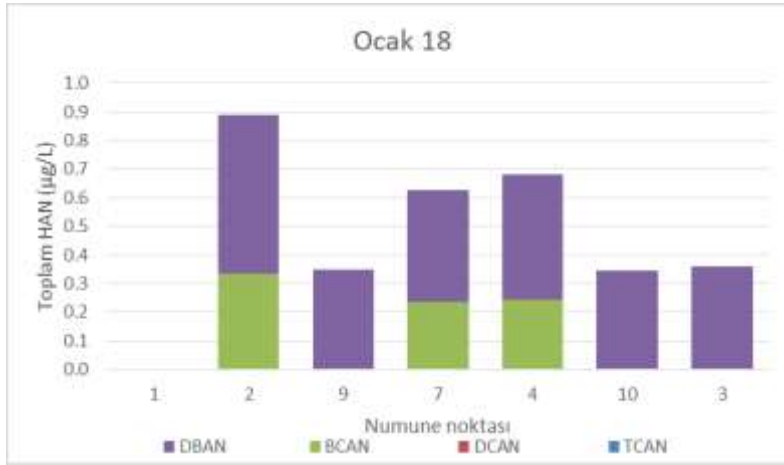
Şekil 4.4. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) THM türlerinin değişimi



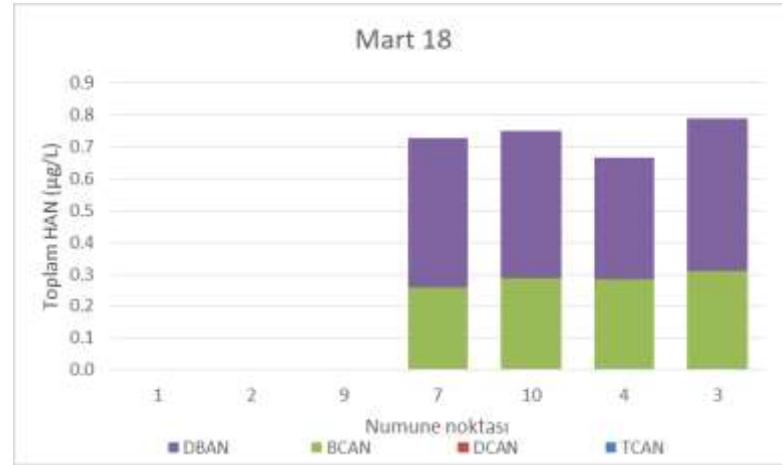
Şekil 4.5. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) HAN türlerinin değişimi



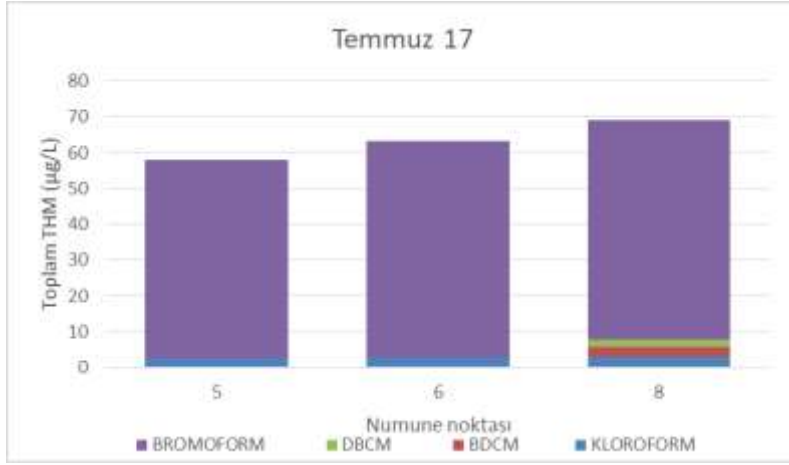
Şekil 4.6. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) HAN türlerinin değişimi



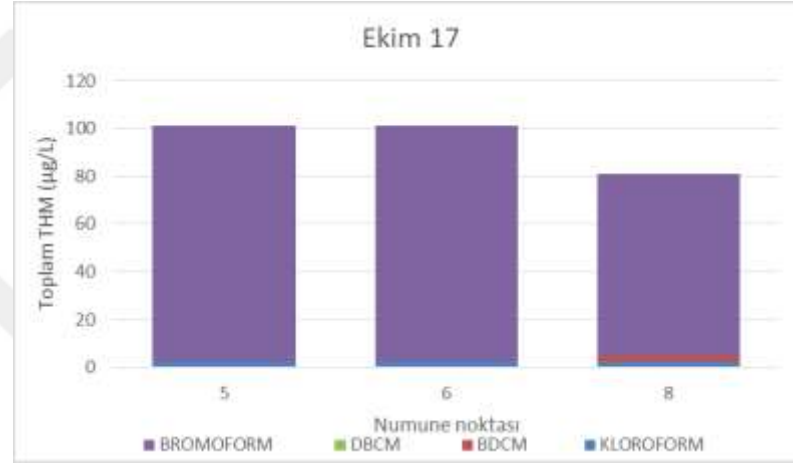
Şekil 4.7. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) HAN türlerinin değişimi



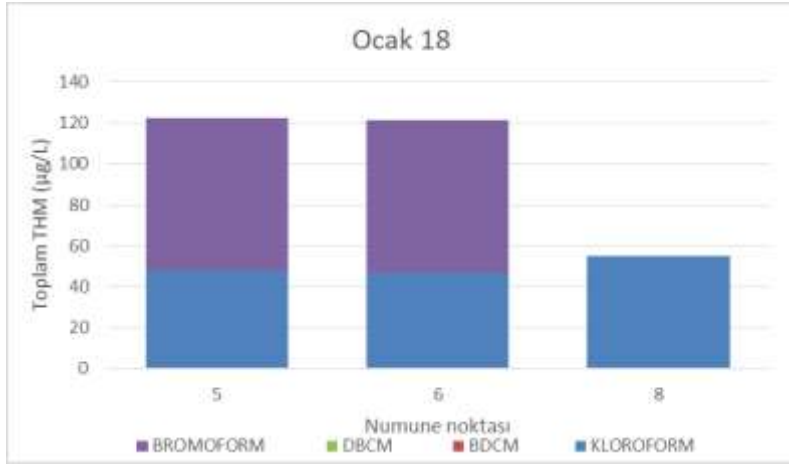
Şekil 4.8. Muş ana depo ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) HAN türlerinin değişimi



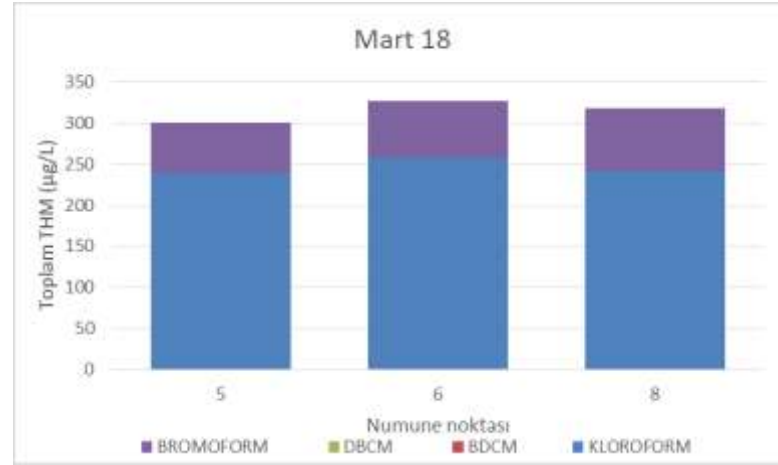
Şekil 4.9. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) THM türlerinin dağılımı



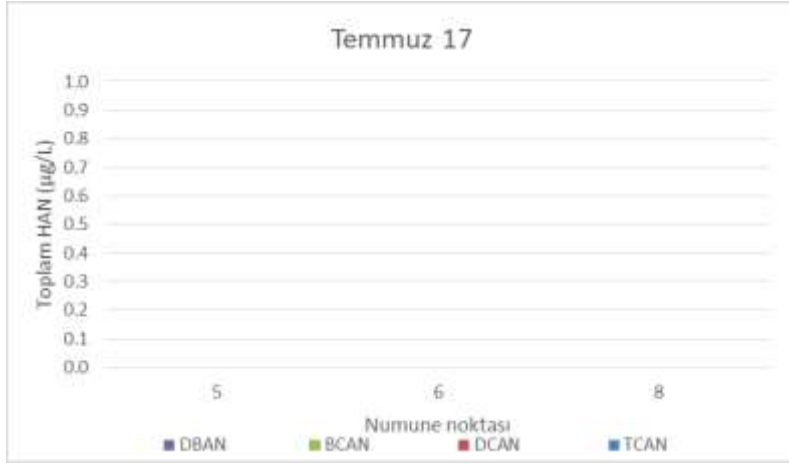
Şekil 4.10. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) THM türlerinin dağılımı



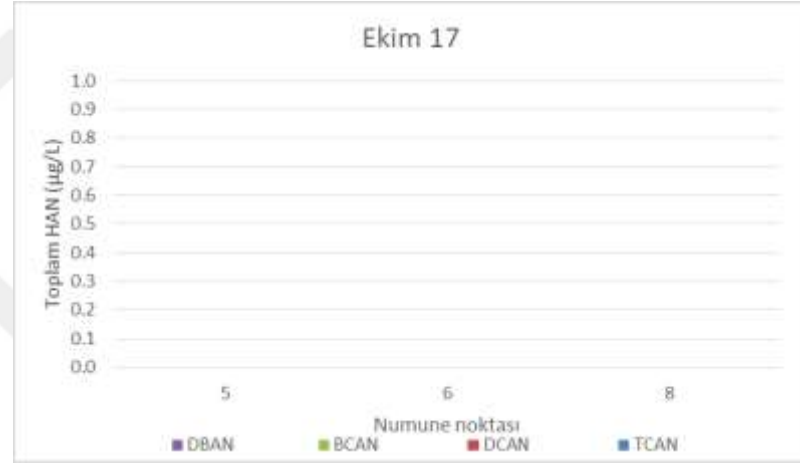
Şekil 4.11. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) THM türlerinin dağılımı



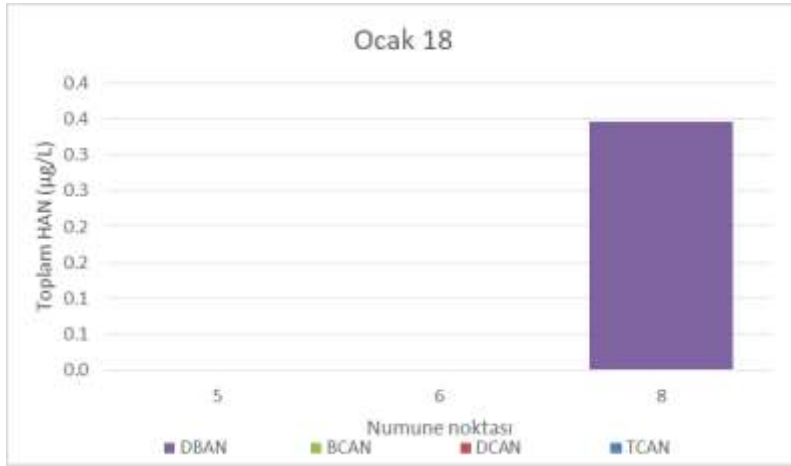
Şekil 4.12. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) THM türlerinin dağılımı



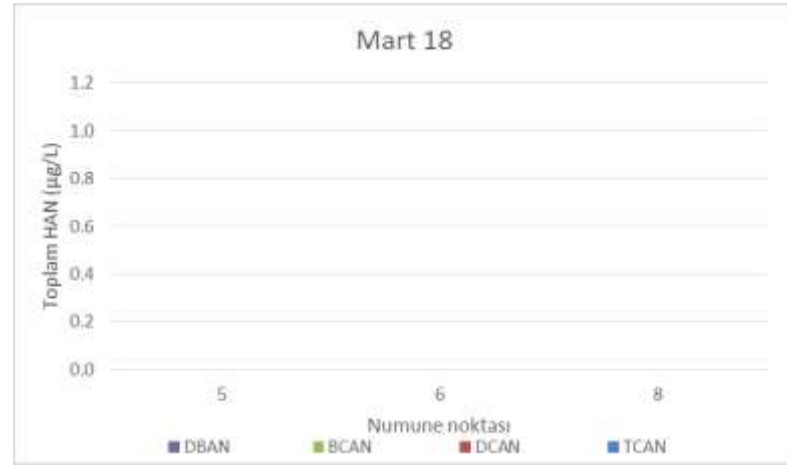
Şekil 4.13 Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde yaz döneminde (20.07.2017) HAN türlerinin değişimi



Şekil 4.14. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde sonbahar döneminde (26.10.2017) HAN türlerinin değişimi



Şekil 4.15. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde kış döneminde (08.01.2018) HAN türlerinin değişimi



Şekil 4.16. Murat Paşa deposu ve dağıtım şebekesinde ilkbahar döneminde (07.03.2018) HAN türlerinin değişimi

diğer bir etkidir. Ancak öncü bileşik miktarı düşük olmakla birlikte her iki suda da THM'lerin sınır değerleri aşabildiği görülmektedir. Özellikle sudaki bromür miktarının yükselmesi ile suda bromlu THM'lerin miktarının arttığı ve Türkiye'de limit olan 100 µg/L değerinin ana şebekede zaman zaman aşıldığı anlaşılmaktadır. Murat Paşa Şebekesinde yaz ve sonbahar örneklemeleri haricinde geri kalan tüm örneklerde ölçülen değerler ise 100 µg/L değerinin üzerindedir. Bu durum her iki suda da TOK ve UV değeri düşük olmasına rağmen bromür miktarının yüksekliğine bağlı olarak THM oluşum potansiyeli olduğunu ve zaman zaman sudaki konsantrasyonun sınır değerlerin üzerine çıkabileceğini ve önemli miktarda THM oluşabileceğini göstermektedir. Sularda Bromoform ve kloroform en önemli THM bileşenleridir. Literatürde belirtildiği üzere bromlu DYÜ'ler klorlu olanlara göre daha kanserojeniktir. Her iki suyunda yan ürün oluşum potansiyelinin tam anlamıyla anlaşılabilmesi için mevsimsel bazda ham su numuneleri alınarak DYÜOP'nin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak bu test vasıtasıyla suyun gerçek yan ürün oluşum potansiyeli ortaya konabilir.

## **4.2. Risk Değerlendirmesi**

Çalışmanın ikinci aşamasında her iki şebekede elde edilen THM değerlerinden minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri hesaplanarak bu konsantrasyonlara maruz kalan insanlarda bu durumun yaşam boyu risk teşkil edip etmediği değerlendirilmiştir. Bu amaçla literatürde mevcut metodoloji (Gan vd. 2013) kullanılarak 4 THM türü için risk hesaplanmıştır. Risk değerlendirme DYÜ'lerin halk sağlığı üzerindeki etkilerinin ortaya konması için literatürde başvurulan bir yöntemdir. Benzer bir değerlendirme Deniz Avşar (2018) tarafından havuz suyundaki THM'lerin ve HAA'ların yüzücüler üzerinde oluşturduğu riskin hesaplanmasında, Kılıç (2018) tarafından da bu çalışmayla aynı numune noktalarında tespit edilen HAA düzeylerinin halk sağlığına etkisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen HAN konsantrasyonlarının düşük olması ve referans edilen metodolojide HAN'lar için gerekli sabitlerin verilmemesi nedeniyle HAN'ların risk değerlendirilmesi bu çalışma kapsamında yapılamamıştır.

### **4.2.1. THM'ler İçin Risk Değerlendirmesi**

THM'lerin kanser riski hesabı yutma ve deri yoluyla absorpsiyon ve solunum yolu maruziyeti olmak üzere 3 yol için hesaplanabilmektedir. Bununla birlikte solunum yolu maruziyeti şebeke suyunu tüketenler için uygun bir maruziyet yolu olmadığından hesaplamada dikkate alınmamıştır. (Gan vd. 2013, Deniz Avşar 2018, Kılıç 2018)

#### 4.2.2.1. Yutma Kaynaklı Risk

Yutma kaynaklı risk hesaplaması eşitlik 4.1 yardımıyla yapılmaktadır (Gan 2013, Deniz Avşar, 2018, Kılıç 2018). Buna göre;

$$THM \text{ yutma kaynaklı risk} = KGY_{ay} \times PF_{ay} \quad (4.1)$$

şeklinde olup, burada;

$KGY_{ay}$ : THM türlerinin günde alınan (ağız yoluyla mg/kg/gün) miktarıdır. Eşitlik 4.2'ye göre hesaplanır.

$PF_{ay}$ : Potansiyel faktör veya eğim faktörü [ağız yoluyla (mg/kg/gün)<sup>-1</sup>]

$$KGY_{ay} = \frac{(KS \times SY \times MF \times MS)}{(VA \times OZ)} \quad (4.2)$$

KS: Suda THM türlerinin konsantrasyonlarını (mg/L) ifade etmektedir. Bu kapsamda her iki şebekede ölçülen 4 THM türü için minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyonlar tespit edilmiş ve bu değerler için risk hesaplanmıştır. Risk hesabı için kullanılan minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Burada;

SY: Günlük yutulan su miktarı (L/gün) olup 2 litre olarak alınmıştır.

MF: Maruziyet frekansı (gün/yıl) 365 gün/yıl alınmıştır.

MS: Maruziyet süresidir. TÜİK 2014-2016 yıl aralığı istatistiklerine göre Türkiye'de insan ömrü erkeklerde ortalama 75,3 ve kadınlarda ise 80,7 yıldır (TÜİK 2018).

VA: Vücut ağırlığıdır. Türkiye'de erkeklerde ortalama kilo 75,8; kadınlarda ise 66,9 kg'dır. Ortalama uzunluk ise erkeklerde 172,6 cm, kadınlarda ise 161,4 cm'dir. (TÜİK 2010).

OZ: Ortalama zaman yani ortalama ömrün gün olarak ifadesidir. Yukarıdaki MS değerleri göz önüne alındığında, erkekler için 27484,5 gün kadınlar için ise 29455,5 gün olarak hesap edilmektedir.

**Çizelge 4.1.** Her iki şebeke için THM türlerinin minimum, maksimum ve ortalama konsantrasyonları ve oral potansiyel faktörleri

Ana Şebeke	Konsantrasyon/Değişken	Birim	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform
	Minimum	mg/L	0,00240205	0	0	0
	Maksimum		0,25570	0,00292	0,00267	0,10171
	Ortalama		0,03567	0,00130	0,00082	0,03720
Murat Paşa Şebekesi	Minimum	mg/L	0,002401	0	0	0
	Maksimum		0,25794	0,00287	0,00207	0,09874
	Ortalama		0,07535	0,00070	0,00069	0,06725
	PF <sub>Fay</sub>	(mg/kg/gün) <sup>-1</sup>	0,0061	0,062	0,084	0,0079

Yukarıda belirtilen değerlerle risk hesaplanmış olup kadınlar ve erkekler için elde edilen yutma kaynaklı risk hesabı Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Kadınlarda yutma kaynaklı risk hesabı

Ana Şebeke					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$4,4 \times 10^{-7}$	0	0	0	$4,4 \times 10^{-7}$
Maksimum	$4,7 \times 10^{-5}$	$5,3 \times 10^{-7}$	$4,9 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-5}$	<b><math>7,2 \times 10^{-5}</math></b>
Ortalama	$6,5 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$8,8 \times 10^{-6}$	<b><math>1,6 \times 10^{-5}</math></b>
Murat Paşa Şebekesi					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$4,4 \times 10^{-7}$	0	0	0	$4,4 \times 10^{-7}$
Maksimum	$4,7 \times 10^{-5}$	$5,2 \times 10^{-7}$	$3,8 \times 10^{-7}$	$2,3 \times 10^{-5}$	<b><math>7,1 \times 10^{-5}</math></b>
Ortalama	$1,4 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-5}$	<b><math>3,0 \times 10^{-5}</math></b>

**Çizelge 4.3.** Erkeklerde yutma kaynaklı risk hesabı

Ana şebeke					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$3,9 \times 10^{-7}$	0	0	0	$3,9 \times 10^{-7}$
Maksimum	$4,1 \times 10^{-5}$	$4,8 \times 10^{-6}$	$5,9 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-5}$	<b><math>7,3 \times 10^{-5}</math></b>
Ortalama	$5,7 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-6}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$7,8 \times 10^{-6}$	<b><math>1,7 \times 10^{-5}</math></b>
Murat Paşa şebekesi					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$3,9 \times 10^{-7}$	0	0	0	$3,9 \times 10^{-7}$
Maksimum	$4,2 \times 10^{-5}$	$4,7 \times 10^{-6}$	$4,6 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-5}$	<b><math>7,1 \times 10^{-5}</math></b>
Ortalama	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$	<b><math>2,9 \times 10^{-5}</math></b>

US EPA'ya göre bir olayın olma olasılığının milyonda bir değerini aşması durumunda ele alınan durum açısından kabul edilebilir risk seviyesi aşılmaktadır (Gan vd. 2013, Kılıç 2018, Deniz Avşar 2018). Bu kapsamda elde edilen değerler incelendiğinde, maksimum ve ortalama konsantrasyonlar açısından hem kadınlar hem erkeklerde risk mevcut olduğu görülmektedir.

#### 4.2.2.2. Deri Yoluyla Maruziyet

THM'lere deri yoluyla maruziyet eşitlik 4.3. yoluyla hesaplanmaktadır (Gan vd. 2013, Deniz Avşar 2018).

$$THM \text{ deri yolu kaynaklı risk} = KGM_{dy} \times PF_{dy} \quad (4.3)$$

Burada;

$KGM_{dy}$ : Deri yoluyla günlük olarak alınan kirletici miktarı (deri yoluyla mg/kg/gün) olup eşitlik 4.4.'e göre hesaplanır.

$PF_{dy}$ : Potansiyel faktör ya da eğim faktörünü [deri yoluyla (mg/kg/gün)<sup>-1</sup>] ifade etmekte olup hesaplamada kullanılan değerler Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

$$KGY_{dy} = \frac{(KSxYAxGSxBSxMFxMS)}{(VAXOZ)} \quad (4.4)$$

YA: Deri yüzey alanı (m<sup>2</sup>) olup erkekler için 1,76 kadınlar için ise 1,64 olarak alınmıştır.

GS: Türe özgü deri geçirimsizlik sabiti (m/dk) olup THM türleri için esas alınan değerler Çizelge 4.4'de verilmiştir.

BS: Maruziyet süresi (saat/gün) olup günde 15 dk'dan haftada 3 kere düşüldüğü kabulü ile hesap yapılmıştır.

**Çizelge 4.4.** Hesaplamaya esas alınan THM türlerinin dermal potansiyel faktörleri ve türe özgü geçirimsizlik sabitleri

Değişken	Birim	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform
$PF_{dy}$	(mg/kg/gün) <sup>-1</sup>	0,0061	0,062	0,084	0,0079
GS	m/dk	0,000089	0,000058	0,000039	0,000026

Esas alınan değerlere göre erkekler ve kadınlar için hesaplanan deri yoluyla maruziyet kaynaklı risk değerleri Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Kadınlarda deri yoluyla maruziyet risk hesabı

Ana şebeke					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$3,4 \times 10^{-12}$	0	0	0	$3,4 \times 10^{-12}$
Maksimum	$3,6 \times 10^{-10}$	$2,7 \times 10^{-11}$	$2,3 \times 10^{-11}$	$5,5 \times 10^{-11}$	$4,7 \times 10^{-10}$
Ortalama	$5,1 \times 10^{-11}$	$1,2 \times 10^{-11}$	$7,0 \times 10^{-12}$	$2,0 \times 10^{-11}$	$9,0 \times 10^{-11}$
Murat Paşa şebekesi					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$3,4 \times 10^{-12}$	0	0	0	$3,4 \times 10^{-12}$
Maksimum	$3,7 \times 10^{-10}$	$2,7 \times 10^{-11}$	$1,8 \times 10^{-11}$	$5,3 \times 10^{-11}$	$4,6 \times 10^{-10}$
Ortalama	$1,1 \times 10^{-10}$	$6,6 \times 10^{-12}$	$5,9 \times 10^{-12}$	$3,6 \times 10^{-11}$	$1,6 \times 10^{-10}$

**Çizelge 4.6.** Erkeklerde deri yoluyla maruziyet risk hesabı

Ana şebeke					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	3,2E-12	0	0	0	3,2E-12
Maksimum	3,4E-10	2,6E-11	2,2E-11	5,2E-11	4,4E-10
Ortalama	4,8E-11	1,2E-11	6,6E-12	1,9E-11	8,5E-11
Murat Paşa şebekesi					
Risk	Kloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	Toplam
Minimum	$3,2 \times 10^{-12}$	0	0	0	$3,2 \times 10^{-12}$
Maksimum	$3,5 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-11}$	$1,7 \times 10^{-11}$	$5,0 \times 10^{-11}$	$4,4 \times 10^{-10}$
Ortalama	$1,0 \times 10^{-10}$	$6,2 \times 10^{-12}$	$5,6 \times 10^{-12}$	$3,4 \times 10^{-11}$	$1,5 \times 10^{-10}$

Elde edilen değerler incelendiğinde, haftada 3 gün ve günde 15 dk duş almanın kadınlar ve erkekler üzerinde risk oluşturmadığı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak ortalama ve maksimum değerler için kadınlar ve erkekler için mevcut olan yutma kaynaklı risk, deri yoluyla maruziyette ele alındığında daha da artmaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında Muş Şehir Merkezi'ne içme suyu sağlanan 2 depo ve bu depolara bağlı şebekede mevsimsel ve mesafeye bağlı olarak; klorlama sonrası oluşan kanserojen dezenfeksiyon yan ürünlerinden (DYÜ'ler) THM'ler ve HAN'ların miktarsal değişimi incelenmiştir. Daha sonra DYÜ'lerin tespit edilen konsantrasyonlarından hareketle bu suyu tüketen halk üzerinde oluşturduğu sağlık riskinin sayısal olarak tespiti ve değerlendirmesi yapılmıştır.

Su kalitesi yönünden parametrelerin TS 266'da verilen sınır değerleri zaman zaman aşabildiği görülmektedir (pH ve bulanıklık). Ayrıca her iki suda düzgün ve yeterli klorlama işleminin yapılmadığı ve her iki şebekede de neredeyse ölçüm sürecinin tamamına yakınında klor tespit edilemediği görülmüştür. Klorlama işleminin sürekliliğinin sağlanması için belediye tarafından haftalık olarak kontrollerin yapılması yararlı olacaktır.

Her iki suda da yeterli klor olmamasına ve düşük TOK, TN ve UV değerlerine rağmen her iki şebekede de elde edilen THM değerleri zaman zaman limit değer olan 100 µg/L değerinin üzerine çıkabilmektedir. Özellikle Murat Paşa Şebekesi'nde elde edilen değerler izleme sürecinin tamamında sınır değeri aşmıştır.

Her iki suda da bromür miktarının yüksek olmasının suda bromlu THM türlerinin daha fazla oluşmasına neden olmuştur. HAN'lar için ise ana şebekede konsantrasyonlar genel olarak 2 µg/L değerinin altında kalırken Murat Paşa Şebekesinde genel olarak HAN'lar tespit edilememiştir.

THM'ler için yapılan risk hesabında her iki suda da ortalama ve maksimum THM konsantrasyonları için yutmaya bağlı risk olduğu deri yoluyla maruziyetin tek başına risk teşkil etmemekle birlikte toplamda risk potansiyelini arttırdığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Amjad, H, Hashmi, I, Rehman, MSU, Awan MA, Ghaffar, S, Khan, S, 2013. Cancer and non-cancer risk assessment of trihalomethanes in urban drinking water supplies of Pakistan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 91: 25-31.
- Avsar E, Toroz İ, Hanedar A, Yılmaz M, 2014. Chemical characterization of natural organic matter and determination of disinfection by-product formation potentials. Istanbul Omerli and Buyukcekmece surface waters case study. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (2a):494-501.
- Avsar E, Toroz İ, Hanedar A, 2015. Physical characterisation of natural organic matter and determination of disinfection by-product formation potentials in İstanbul surface waters. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (9): 2773 2770.
- Avşar, 2013. İstanbul yüzeysel su kaynaklarındaki doğal organik maddelerin kimyasal ve fiziksel fraksiyon dağılımlarının incelenmesi ve fraksiyonların dyü oluşumundaki etkinliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ateş N, Kaplan Ş, Şahinkaya E, Yetiş Ü, Dilek F.B., ve Kitiş, M. 2007. Occurrence of disinfection by-products in low DOC surface waters in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 142: 526–534.
- Ateş N, Şahinkaya E, Atlı E, Çapar G, Tokmak B, Sanin, FD, Onur, AK, Baltacı F, Kitiş M, Yetiş Ü, Dilek FB, 2005. İçme suyu arıtma tesislerinde tri-halometan (THM) oluşumu. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-26 Kasım 2005, İstanbul, s: 223-233.
- Baytak D, İnal F, Sofuoğlu A, Sofuoğlu SC, 2007. İzmir içme suyundaki dezenfeksiyon yan ürünü derişimlerinin mevsimsel ve kaynağa göre değişkenliği. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim 2007, İzmir, s: 223-228.

- Chen, H, Lin, T, Chen, W, Tao, H, Xu, H, (2019). Removal of disinfection byproduct precursors and reduction in additive toxicity of chlorinated and chloraminated waters by ozonation and up-flow biological activated carbon process. *Chemosphere* 216: 624-632.
- Daniel, FB, Schenck, KM, Mattox, JK, Lin, EL, Haas, DL, Pereira MA, (1986). Genotoxic properties of haloacetonitriles: drinking water by-products of chlorine disinfection. *Fundamental and Applied Toxicology*, 6 (3): 447-53.
- Deniz Avşar, D, 2018. Havuz suyunda klorlama sonucu oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinin izlenmesi ve halk sağlığına etkilerinin araştırılması Bitlis İsmail Eren Kapalı Yüzme Havuzu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- Gan W, Guo W, Mo J, He Y, Liu Y, Liu W, Liang Y, Yang X, 2013. The occurrence of disinfection by-products in municipal drinking water in China's Pearl River Delta and a multi pathway cancer risk assessment. *Science of The Total Environment*, 447: 108–115.
- Guo, ZB, Lin, YL, Xu, B, Hu, CY, Huang, H, Zhang, TY, Chu, WH, Gao, NY, 2016. Factors affecting THM, HAN and HNM formation during UV-chlor(am)ination of drinking water. *Chemical Engineering Journal*, 306: 1180–1188.
- Guilherme S, Rodriguez MJ, 2014. Occurrence of regulated and non-regulated disinfection by-products in small drinking water systems. *Chemosphere* 117: 425-432.
- Health Canada 2008. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document Haloacetic Acids. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.
- Hong H, Xiong Y, Ruan M, Liao F, Lin H, Liang Y, 2013. Factors affecting THMs, HAAs and HNMs formation of Jin Lan Reservoir water exposed to chlorine and monochloramine. *Science of the Total Environment* 444: 196–204.
- Hong, HC, Liang, Y, Han, BP, Mazumder, A, Wong, MH, 2007. Modeling of trihalomethane (THM) formation via chlorination of the water from Dongjiang River (source water for

Hong Kong's drinking water). *Science of the Total Environment*, 385: 48–54.

Hsu, CH, Jeng, WL, Chang, RM, Chien, LC, Han, BC, 2001. Estimation of Potential Lifetime Cancer Risks for Trihalomethanes from Consuming Chlorinated Drinking Water in Taiwan. *Environmental Research Section A* 85: 77-82.

Kılıç, A, 2018. Muş İl Merkezi içme suyu şebekesinde dezenfeksiyon yan ürünlerinin mevsimsel değişimlerinin izlenmesi ve halk sağlığına etkilerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.

Krasner, SW, Mitch, WA, Westerhoff, P, Dotson, A, 2012. Formation and control of emerging C- and N-DBPs in drinking water. *American Water Works Association Journal*, 104 (11): 582-595.

Krasner S, 1999. Chemistry of disinfection byproduct formation. American Water Works Association, Denver CO.

Montgomery JM, 1985. *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley and Sons Inc., New York.

Pontius, FW, 1990, *Water Quality and Treatment, Fourth Edition*, Mc Graw Hill Inc, New York.

Reckhow, DA, Singer PC, Malcolm RL, 1990. Chlorination of Humic Materials: By-Product Formation and Chemical Interpretations. *Environmental Science and Technology*, 24 (11): 1655-1664.

Ribera, FL, Lavedan, EG, Aragonés, N, Gomez, BP, Pollan, M, Amiano, P, Zabala, AJ, Vinyals, GC, Barcelo, AR, Ardanaz, E, Burgui, R, Molina, AJ, Villa, TF, Acebo, IG, Sotos, TD, Moreno, V, Tardon, GF, Peiro, R, Villanueva, CM, 2018. Long-term exposure to trihalomethanes in drinking water and breast cancer in the Spanish multicase-control study

Serrano M, Montesinos I, Cardador MJ, Silva M, Gallego M, 2015. Seasonal evaluation of the presence of 46 disinfection by-products throughout a drinking water treatment plant. *Science of The Total Environment*, 517: 246-258

- Shank CM, Sérodes JB, Rodriguez MJ, 2013. Spatio-temporal variability of non-regulated disinfection by-products within a drinking water distribution network. *Water Research*, 47 (9): 3231-3243.
- Shin, D, Chung, Y, Choi, Y, Kim, J, Park, Y, Kum, H, 1999. Assesment of disinfection by-products in drinking water in Korea. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 9: 192-199.
- Siddique, A, Saied, S, Mumtaz, M, Mirza, MM, Khwaja, HA, 2015. Multipathways human health risk assessment of trihalomethane exposure through drinking water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 116: 129-136.
- Stevens AA, Moore LA, Slocum CJ, Smith BL, Seeger DR, Ireland CJ, 1989. Chlorinated Humic Acid Mixture, Criteria for Detection of Disinfection By-Products in Drinking Water, in: *Aquatic Humic Substances: Influence on Fate and Treatment of Pollutants*. American Chemical Society, *Advances in Chemistry Series*, 219: 681-695.
- Şahinkaya E, Ateş N, Atlı E, Tokmak B, Çapar G, Sanin FD, Celtemen P, Baltacı F, Yetiş Ü, Dilek FB, 2005. İçme suyu amaçlı baraj göllerinde trihalometan oluşum potansiyeli. *TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-26 Kasım 2005, İstanbul, s: 11-22.
- Toröz, İ, Uyak, V, 2005. Seasonal variations of (THMs) in water distribution networks of Istanbul City. *Desalination*, 176: 1-3, 127-141.
- TUİK, 2010. Boy ve kilo istatistikleri. <http://www.milliyet.com> ( Erişim tarihi: 07.03.2018).
- TUİK, 2018. Hayat Tabloları, 2014-2016. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 07.03.2018).
- Uyak, V, 2006. Multi-pathway risk assessment of trihalomethan exposure in Istanbul drinking water supplies. *Environment International*, 32: 12 – 21.

Uyak V, Toröz İ, 2007. Investigation of Bromide Ion Effects on Disinfection By-Products Formation and Speciation in an İstanbul Water Supply. *Journals of Hazardous Materials*, 698: 7.

Zhai H, He X, Zhang Y, Du T, Adeleye AS, Li Y, 2017. Disinfection byproduct formation in drinking water sources: A case study of Yuqiao reservoir. *Chemosphere*, 181: 224-231.



## ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Muş'ta doğdum. İlköğretimi Çukurbağ Köyü Birleştirilmiş Sınıflar İlkokulu'nda, Ortaokulu Muş ili Eko İnşaat İlköğretim Okulu'nda ve Liseyi Muş Lisesi'nde tamamladım. 2008 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girmeye hak kazandım ve 2012 yılında mezun oldum. 2014'de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Eylül 2018'de yüksek lisansımı tamamladım. Yabancı dilim İngilizce'dir.

Mücahit SÖNMEZ