



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KONYA MAVİ TÜNEL İÇME SUYU ARITMA
TESİSİNDE VE SU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE
DEZENFEKSİYON YAN ÜRÜNLERİNİN
OLUŞUMU**

Muammer İSEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak-2022
KONYA**

TEZ KABUL VE ONAYI

Muammer İSEN tarafından hazırlanan “Konya Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisinde ve Su Dağıtım Şebekesinde Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Oluşumu” adlı tez çalışması 15/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç.Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Danışman

Prof.Dr. Senar AYDIN

Üye

Doç.Dr. Fatma BEDÜK

İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP tarafından 201319010 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Muammer İSEN

Tarih: 23.02.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA MAVİ TÜNEL İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE VE SU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE DEZENFEKSİYON YAN ÜRÜNLERİNİN OLUŞUMU

Muammer İSEN

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof.Dr. Senar AYDIN

2022, 117 Sayfa

Jüri

Prof.Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Bu çalışmada, Konya ilinin içme suyu ihtiyacının sağlandığı Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisinin farklı noktalarından, hamsu kaynağı olan Bağbaşı Baraj suyundan ve Konya ili merkez şebekesinde belirlenen 30 farklı noktadan numuneler alınmıştır. Çalışma kapsamında alınan numunelerdeki dezenfeksiyon yan ürün (DYÜ) olan trihalometan (THMs) ve haloasetikasit (HAA) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimlerini de izleyebilmek amacıyla yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde örnekleme yapılmıştır. Su numunelerinin fiziko-kimyasal analizleri kapsamında pH, bulanıklık, iletkenlik, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve kalıntı klor parametrelerinin tespiti yapılarak mevcut su karakterizasyonu belirlenmiştir. Yapılan bu fiziko-kimyasal analiz sonuçlarının dağıtım şebekesinin tamamında yönetmelikte belirtilen sınır değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Doğal organik maddeleri temsil eden Toplam Organik Karbon (TOK), bromür, UV_{254} , spesifik UV absorbanı (SUVA) gibi öncül parametrelerin analizleri de yapılmıştır. THM ve HAA analizleri öncesinde metot geri kazanım veriminin belirlenmesi için metot optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. THM bileşiklerine ait geri kazanım verimi %90±4 ile %101±3 arasında değişirken, HAA bileşiklerine ait geri kazanım verimi %84±9 ile %96±7 arasında elde edilmiştir. Hedef bileşiklerin kantitatif analizleri Gaz Kromatografi μ -ECD sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda toplam THM değerinin yaz döneminde 3 noktada (max 107 μ g/L), sonbahar döneminde 3 noktada (max 125 μ g/L), kış döneminde ise bir noktada (104 μ g/L) ulusal mevzuatımızca (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği) (100 μ g/L) ve EPA tarafından belirlenen (80 μ g/L) limit değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. HAA sonuçlarına göre EPA tarafından önerilen 5 HAA (MCAA, MBAA, DCAA, TCAA, DBAA) limit değerinin (60 μ g/L) yaz döneminde 4 noktada (max 82 μ g/L), sonbahar döneminde 1 noktada (63 μ g/L), kış döneminde ise yine 1 noktada (147 μ g/L) aşıldığı tespit edilmiştir. Bu noktalar haricinde elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası sınır değerlerin altında bulunmuştur. Limit değerlerin aşıldığı noktalar tesis ve kuyu sularının karıştığı örnekleme noktalarıdır. Mavi Tünel arıtma tesisi ve sadece tesis sularının dağıtıldığı şebeke suyunda ise limit değerlerin aşılmadığı görülmüştür. Sıcaklık artışı dezenfeksiyon reaksiyonlarını da hızlandırıcı etkiye sahip olduğundan yaz ve sonbahar aylarında hem toplam THM hem de toplam HAA değerleri kış ayındaki değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tez çalışmasının son aşamasında ise çoklu regresyon analizleri yapılarak su kalite verileri ile dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumu arasındaki korelasyon değerlendirilmiş ancak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Nihai olarak su dağıtım şebekelerinde DYÜ derişimlerinin hedeflenen düzeylerde olması için organik madde içeriğinin yanı sıra optimum dezenfektan derişimi ve uygun dezenfeksiyon yönteminin seçilmiş olması mutlak bir önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, şebeke, dezenfeksiyon yan ürünleri, haloasetikasit, trihalometan.

ABSTRACT

MS THESIS

FORMATION OF DISINFECTION BY-PRODUCTS IN KONYA BLUE TUNNEL DRINKING WATER TREATMENT PLANT AND WATER DISTRIBUTION NETWORK

Muammer İSEN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ENVIROMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof.Dr. Senar AYDIN
2022, 117 Pages

Jury

Advisor Prof.Dr. Senar AYDIN
Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN
Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK

In this study, samples were taken from different points of the Blue Tunnel Drinking Water Treatment Plant, from the Bağbaşı Dam water where the drinking water requirement of Konya is provided and from 30 different points determined in the central water distribution system of Konya province. Sampling was performed during the summer, autumn and winter periods to monitor seasonal changes in the concentration of trihalomethanes (THMs) and haloacetic acid (HAA), which are disinfecting byproduct (DBP) in the samples taken during the study. With in the scope of physico-chemical analyzes of water samples, the parameters of pH, turbidity, conductivity, temperature, dissolved oxygen and residual chlorine were determined and the existing water characterization was determined. It has been determined that the results of these physico-chemical analyzes are in compliance with the limit values specified in the regulation in the entire distribution network. Total Organic Carbon (TOC), bromide, UV_{254} , SUVA, which represent natural organic substances, were analyzed. Before the THM and HAA analysis, a method optimization study was carried out to determine the method recovery efficiency. The recovery efficiency of THM compounds varies between $90\pm4\%$ and $101\pm3\%$, while HAA compounds are between $84\pm9\%$ and $96\pm7\%$. Quantitative analyzes of target compounds were performed with Gas Chromatography μ -ECD system. As a result of the analyzes, the total THM value is determined at 3 points (max $107 \mu\text{g/L}$) in the summer period, at 3 points (maximum $125 \mu\text{g/L}$) in the autumn period, and at one point ($104 \mu\text{g/L}$) in the winter period, according to our national legislation (Regulation on Water Intended for Human Consumption). ($100 \mu\text{g/L}$) and ($80 \mu\text{g/L}$) determined by EPA. According to the HAA results, the limit value ($60 \mu\text{g/L}$) of 5 HAAs (MCAA, MBAA, DCAA, TCAA, DBAA) recommended by the EPA is at 4 points (max $82 \mu\text{g/L}$) in the summer period, at 1 point ($63 \mu\text{g/L}$) in the autumn period. In the winter period, it was determined that it was exceeded at 1 point ($147 \mu\text{g/L}$). Except for these points, the results obtained were below the national and international limit values. Since the increase in temperature has an accelerating effect on disinfection reactions, both TTHM and THAA values in summer and autumn were found to be higher than the values in winter. In the last stage of the thesis study, the correlation between water quality data and the formation of disinfection by-products was evaluated with multiple regression analyzes, but no significant relationship was detected. Ultimately, it is of absolute importance that the optimum disinfectant concentration and appropriate disinfection method are chosen, as well as the organic matter content, in order for the DBP concentrations to be at the targeted levels in the water distribution system.

Keywords: Drinking water, water distribution system, disinfection by-products, haloacetic acid, trihalomethane.

ÖNSÖZ

Şef olarak görev yaptığım Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisimizin mevcut dezenfeksiyon işleminin, Konya İli İçmesuyu Şebekesine verilen arıtılmış su kalitesine etkisini irdelemiş ve ilerleyen süreçte karşılaşılabilecek problemlerin çözümü noktasında yolumuza ışık tutacak olan bu çalışmamda, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bana her konuda yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Senar AYDIN'a gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması süresince gerekli desteği sağlayan KOSKİ'deki değerli Yöneticilerime, laboratuvar çalışmalarında emeği geçen hocalarıma ve arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Daima yanımda hissettiğim sevgili Eşime, kıymetli Anne ve Babama, ikisi de birbirinden değerli olan Kızım ve Oğluma sevgi, saygı ve muhabbetlerimi sunarım.

Muammer İSEN
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	14
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	15
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	16
2.1. Doğal Organik Maddeler (DOM).....	16
2.1.1. Doğal organik maddelerin sınıflandırılması	16
2.1.2. Doğal organik maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri	17
2.1.3. Doğal organik maddelerin giderim yöntemleri.....	18
2.2. Dezenfeksiyon İşlemi ve Dezenfeksiyon Yan Ürünleri.....	19
2.2.1. UV ile dezenfeksiyon	21
2.2.2. Ozonla (O ₃) dezenfeksiyon.....	21
2.2.3. Klor dioksit ile dezenfeksiyon	22
2.2.4. Kloramin ile dezenfeksiyon	22
2.2.5. Klor ile dezenfeksiyon	23
2.3. DYÜ Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	23
2.3.1. Su kalitesi parametreleri	24
2.3.2. TOK konsantrasyonu ve organik madde türleri.....	24
2.3.3. Bromür konsantrasyonu.....	25
2.3.4. İşletme parametreleri	25
2.4. Trihalometanlar (THM)	26
2.5. Haloasetik asitler (HAA)	29
2.6. Ülkemizde DYÜ Üzerine Yapılan Çalışmalar	30
2.7. Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisi.....	34
2.7.1. Tesisteki üniteleri.....	35
2.7.2. Ham su iletim hattı.....	37
2.7.3. Ham su izolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odası	37
2.7.4. Havalandırma ünitesi	38
2.7.5. Ön ozonlama ünitesi	40
2.7.6. Hızlı karıştırma ünitesi	40
2.7.7. Yavaş karıştırma ünitesi	41
2.7.8. Durultucu ünitesi	42
2.7.9. Filtrasyon ünitesi	43
2.7.10. Filtre geri yıkama işlemi.....	45

2.7.11. Klor temas tankı ve arıtılmış su deposu.....	45
2.7.12. Çamur yoğunlaştırma ve çamur susuzlaştırma ünitesi	46
2.7.13. Klor ünitesi	46
2.8. Tesis arıtma performansının değerlendirilmesi.....	47
3. MATERYAL VE METOT.....	50
3.1. Araştırılan Bileşikler ve Kullanılan Kimyasallar	50
3.2. Su Örneklerinin Alınması	50
3.3. GC- μ -ECD Analizleri	55
3.4. Ekstraksiyon Metot Optimizasyon Çalışması	57
3.5. İzlenen Su Kalite Parametreleri	61
3.5.1. Sıcaklık	61
3.5.2. pH61	61
3.5.3. Bulanıklık	62
3.5.4. İletkenlik (EI).....	62
3.5.5. Toplam organik karbon (TOK).....	62
3.5.6. UV254 ve spesifik UV absorpsiyon değeri (SUVA):.....	63
3.5.7. Kalıntı klor.....	64
3.5.8. Bromür	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	65
4.1. Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları.....	65
4.2. THM Sonuçları	78
4.3. HAA Sonuçları.....	85
4.4. DYÜ İle TOK, Bromür, Kalıntı Klor, UV ₂₅₄ , SUVA Parametreleri Arasındaki İlişki	94
4.4.1. TTHM ve TOK parametresi arasındaki ilişki.....	94
4.4.2. TTHM ve bromür parametresi arasındaki ilişki	95
4.4.3. TTHM ve kalıntı klor parametresi arasındaki ilişki	96
4.4.4. TTHM ve UV ₂₅₄ parametresi arasındaki ilişki	97
4.4.5. TTHM ve SUVA parametresi arasındaki ilişki	98
4.4.6. THAA ve TOK parametresi arasındaki ilişki	99
4.4.7. THAA ve bromür parametresi arasındaki ilişki.....	100
4.4.8. THAA ve kalıntı klor parametresi arasındaki ilişki.....	101
4.4.9. THAA ve UV ₂₅₄ parametresi arasındaki ilişki.....	102
4.4.10. THAA ve SUVA parametresi arasındaki ilişki	103
4.4.11. TTHM(Br) ve Bromür parametresi arasındaki ilişki	104
4.4.12. THAA(Br) ve Bromür parametresi arasındaki ilişki	105
4.5. Araştırma sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması.....	106
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	109
5.1. Sonuçlar	109
5.2. Öneriler	110
6. KAYNAKLAR	111
EKLER	114

EK-1 Konya Şehir Şebekesi numune alım noktalarına Şematik plan..... 114



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

µg	: Mikrogram
L	: Litre
gr	: Gram
C	: Karbon
H	: Hidrojen
O	: Oksijen
N	: Azot
S	: Kükürt
P	: Potasyum
I₂	: İyot
Br₂	: Brom
meq	: Miliekivalent
A₀	: Angstrom
HCl	: Hidroklorik asit
Cl	: Klorür
Ca	: Kalsiyum
Br	: Brom
Fe	: Demir
F	: Florür
Mn	: Mangan
NTU	: Bulanıklık
NO₃	: Nitrat
NH₄	: Amonyak
°C	: Santigrat derece
rpm	: Pedalların dönme hızı
dk	: Dakika
Na	: Sodyum
cm	: Santimetre
nm	: Nanometre
µS	: Mikro siemens
m	: Metre
mbar	: Milibar
bar	: Bar
mSS	: Metre su sütunu
O₃	: Ozon
OCl	: Klorit
Ca(OCl)	: Kalsiyum hipoklorit
OH-	: Hidroksil radikalleri

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
AKM	: Askıda Katı Madde
BDKM	: Bromodiklorometan
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CDBM	: Kromodibromometan
Cl₂	: Klor gazı
ClO₂	: Klordioksit
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
ÇOK	: Çözünmüş Organik Karbon
ÇB	: Çelik Boru
DBKM	: Dibromoklorometan
DCAA	: Dikloro Asetik Asit
DOM	: Doğal organik madde
DYÜ	: Dezenfeksiyon yan ürünleri
DYÜOP	: Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşum potansiyeli
E.Coli	: Eschericia coli
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
FeCl₃	: Demir 3 Klorür
GC	: Gaz kromatografi
HAA	: Haloasetik asit
HAN	: Haloasetonitril
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
KLD1	: 1. Kademe Limit Değeri
KLD2	: 2. Kademe Limit Değeri
KMnO₄	: Potasyum Permanganat
KOM	: Kollaidal Organik Maddeler
MBAA	: Monobromo Asetik Asit
MCLs	: Maksimum Kirletici Seviyeleri
MCC	: Motion Control Chart
MCAA	: Monokloro Asetik Asit
MTBE	: Metil tert-bütil eter
MRDLs	: Maksimum Bakiye Dezenfektan Seviyeleri
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
NEÜ	: Necmettin Erbakan Üniversitesi
pH	: Hidrojen gücü
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PE	: Polielektrolit
PLC	: Programmable Logic Controller
SUVA	: Spesifik UV absorbanı
TBM	: Tribromometan
TCM	: Triklorometan
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TCAA	: Trikloro Asetik Asit
THAA	: Toplam haloasetik asit
THM	: Trihalometan
TN	: Toplam Azot

TOK	: Toplam organik karbon
TOX	: Toplam organik halojen
TS	: Türk Standartı
TTHM	: Toplam trihalometan
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
US	: Ultrases
US EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UV	: Ultraviyole
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü



TABLO LİSTESİ

- Tablo 2.1.** Dezenfeksiyon yan ürünlerinin limit değerleri ve potansiyel sağlık etkileri
- Tablo 2.2.** Tipik su kalitesi parametreleri
- Tablo 2.3.** THM'nin neden olduğu olumsuz etkiler
- Tablo 2.4.** Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından içme suyu için maksimum THM seviyeleri
- Tablo 2.5.** Değişik ülkelerin içme sularındaki dezenfeksiyon yan ürünleri
- Tablo 2.6.** Trihalometan türleri
- Tablo 2.7.** THM'lerin özellikleri
- Tablo 2.8.** HAA türlerinin fizikokimyasal özellikleri
- Tablo 2.9.** THM oluşumunu etkileyen su kalite parametreleri
- Tablo 2.10.** Kuyu suyu örneklerinde tespit edilen THM konsantrasyonları
- Tablo 2.11.** Filtre yatağı malzemesinin dane büyüklüğü ve miktarları
- Tablo 2.12.** Tesiste analizi yapılan fiziksel parametreler
- Tablo 2.13.** Tesiste analizi yapılan mikrobiyolojik parametreler
- Tablo 2.14.** Tesiste analizi yapılan kimyasal parametreler
- Tablo 2.15.** Merkez laboratuvarında analizi yapılan kimyasal parametreler
- Tablo 3.1.** Tesis Ünitelerine ait numuneler
- Tablo 3.2.** Şehir Şebekesine ait numuneler
- Tablo 3.3.** Araştırılan THM bileşikler için GC- μ -ECD sisteminde elde edilen analitik parametreler
- Tablo 3.4.** Araştırılan HAA bileşikler için GC- μ -ECD sisteminde elde edilen analitik parametreler
- Tablo 3.5.** Gerçekleştirilen ekstraksiyon deneylerinin şartları

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 2.1.** Doğal organik maddelerin genel sınıflandırılması
- Şekil 2.2.** İçmesuyu arıtma tesisi proses akım şeması
- Şekil 2.3.** Havalandırma ünitesi
- Şekil 2.4.** Yavaş karıştırma ve durultucu üniteleri
- Şekil 2.5.** Hızlı kum filtreleri
- Şekil 2.6.** Klor ünitesi
- Şekil 3.1.** Analizi yapılacak numuneler
- Şekil 3.2.** Numune alma noktalarından kareler
- Şekil 3.3.** Mavi Tünel İAT laboratuvar çalışmaları
- Şekil 3.4.** THM standardı piki
- Şekil 3.5.** HAA standardı piki
- Şekil 3.6.** Farklı ekstraksiyon metotları için THM bileşiklerine ait metot geri kazanım değerleri
- Şekil 3.7.** Farklı THM konsantrasyonları için THM bileşiklerine ait metot geri kazanım değerleri
- Şekil 3.8.** HAA'ler için farklı fortifikasyon değerlerinde ekstraksiyon geri kazanım verimleri (%)
- Şekil 3.9.** Gaz kromatografi cihazı
- Şekil 3.10.** Gaz kromatografi cihazı
- Şekil 3.11.** TOK analiz cihazı
- Şekil 3.12.** İyon kromatografi cihazı
- Şekil 4.1.** Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi pH değerleri
- Şekil 4.2.** Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi sıcaklık değerleri
- Şekil 4.3.** Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi iletkenlik değerleri
- Şekil 4.4.** Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi çözünmüş oksijen değerleri
- Şekil 4.5.** Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi bulanıklık değerleri

Şekil 4.6. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi kalıntı klor değerleri

Şekil 4.7. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi bromür değerleri

Şekil 4.8. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TOC değerleri

Şekil 4.9. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi UV₂₅₄ değerleri

Şekil 4.10. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi SUVA değerleri

Şekil 4.11. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Kloroform değerleri

Şekil 4.12. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Klorodibromometan değerleri

Şekil 4.13. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Diklorobromometan değerleri

Şekil 4.14. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi bromoform değerleri

Şekil 4.15. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM değerleri

Şekil 4.16. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi MCAA değerleri

Şekil 4.17. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi MBAA değerleri

Şekil 4.18. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi DCAA değerleri

Şekil 4.19. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TCAA değerleri

Şekil 4.20. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi DBAA değerleri

Şekil 4.21. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi 5-HAA değerleri

Şekil 4.22. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA değerleri

Şekil 4.23. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-TOK değerleri

Şekil 4.24. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış TTHM-Bromür değerleri

Şekil 4.25. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış TTHM-Kalıntı klor değerleri

Şekil 4.26. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış TTHM-UV₂₅₄ değerleri

Şekil 4.27. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-SUVA değerleri

Şekil 4.28. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-TOK değerleri

Şekil 4.29. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-Bromür değerleri

Şekil 4.30. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-Kalıntı klor değerleri

Şekil 4.31. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-UV₂₅₄ değerleri

Şekil 4.32. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-SUVA değerleri

Şekil 4.33. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM(Br)-SUVA değerleri

Şekil 4.34. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA(Br)-SUVA değerleri

1. GİRİŞ

Dezenfeksiyon uygulaması neticesinde klor ile organik madde arasında meydana gelen etkileşimler dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşmasını sağlamaktadır. Klorlama işlemi uygulanmış sulara bulunabilen dezenfeksiyon yan ürünleri (DYÜ) Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından muhtemel kanserojen olarak sınıflandırıldığı için insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Kanserojenik etkiye neden olduğundan dolayı bu tür bileşiklerin içme suyunda düzenli olarak takip edilmesi gerekli görülmektedir.

Suyla birlikte bulaşan hastalıkları önlemek amacıyla farklı dezenfektan maddeleri kullanılarak (klor, ozon, kloraminler, klordioksit, potasyum permanganat, gümüş, brom, iyot, hidrojen peroksit ve UV ışını) dezenfeksiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Klor dezenfeksiyon uygulamalarında düşük maliyet ve yüksek bakiye oranına sahip olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Su kalitesinin de bir göstergesi olan sıcaklık, organik madde içeriği, dezenfeksiyon yöntemi ve miktarı, temas süresi, bromür konsantrasyonu ve toplam organik karbon (TOK) gibi fazlaca parametre dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu parametrelerdeki değişimler DYÜ içeriğini de doğrudan etkilemektedir (Ateş, 1999).

Trihalometan'ların (THM) içmesularındaki muhtevasının tespit edilmesiyle birlikte USEPA insanların bu bileşiklere maruziyet şekilleri ve sağlık açısından olası etkilerini araştırmak üzere çeşitli araştırmalar başlatmıştır. Uluslararası Kanser Enstitüsü'nün elde ettiği sonuçlar THM'lerin hayvanlar üzerinde de kanserojenik etkiye sebep olduğunu göstermiştir. USEPA tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde 50 şehirden toplanan içme suyu numunelerinde THM miktarını ölçmüş ve 2 µg/L ile 269 µg/L aralığında değişen değerler bulmuştur. Bu şehirlerde yaşayan insanların vucutlarında, klorlanmamış su tüketilen bölgelerde yaşayan insanlardan daha yüksek oranlarda THM konsantrasyonuna rastlanmıştır (Ağra, 2005).

Tamamlanan ilk epidemiyolojik araştırmalarda su kaynaklarının coğrafik olarak karşılaştırması yapılmış ve istatistiksel kanser ölüm sonuçları tespit edilmiştir. Hedef yaygın rastlanan kanser çeşitleri ile DYÜ arasında doğrudan bir bağlantı olup olmadığı ve bu bağlantının kesinliği incelenmiştir. Literatürde birçok yerleşim noktasında yaşayan kişilerde rastlanan, akciğer, kalınbağırsak, incebağırsak, rektum ve idrar kesesi kanserlerinin su kaynağındaki yükselen yan ürün miktarları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. DYÜ'ler ile ilişkilendirilen diğer kanser bulguları ise mide, beyin,

pankreas ve karaciğerlerde rastlanmıştır (Ağra, 2005). USEPA THM'leri B2 sınıf, kanserojenik madde olarak kategorize etmiştir. Klorodibromometan (CDBM) ise C sınıfı kanserojen olarak nitelendirilmiştir (USEPA, 1994).

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

İçme suyu arıtma işlemlerinde en çok kullanılan ve en ucuz dezenfeksiyon metodu klorlamadır. Klor sadece sudaki parazit patojen mikroorganizmaları gidermemekte aynı zamanda ham su kaynaklarının yapısında bulunan Doğal Organik Madde (DOM) ile reaksiyona girerek insan sağlığı açısından kanserojenik oluşumlar gösterebilen DYÜ bileşiklerinin oluşumlarına sebebiyet vermektedir. Literatürde en bilinen ve en fazla oluşan yan ürün grupları THM ve HAA'dir. Bu çalışma kapsamında Konya iline ait Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisi giriş, çıkış ve ünite çıkışlarından, ayrıca şehir şebekesinden farklı noktalardan alınan numunelerde, THM (kloroform, bromodiklorometan, klorodibromometan, bromoform) ve HAA (monokloroasetik asit, dikloroasetik asit, trikloroasetik asit, klorodibromoasetik asit, monobromoasetik asit, tribromoasetik asit, bromokloroasetik asit, bromodikloroasetik asit, dalapon, dibromoasetik asit) ölçümleri yapılmıştır. Büyük bir kısmı kanserojen olan DYÜ'lerin sudaki miktarlarının izlenmesi ve azaltılmasına yönelik çalışmalar halk sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Dezenfekte edilen suda THM ve HAA oluşumuna etki eden en önemli parametreler organik madde türü ve miktarı, sıcaklık, pH, Cl₂/Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK) oranı, bromür derişimidir. Ayrıca THM oluşumuna sebep olan ve sudaki organik maddeyi temsil eden TOK, UV254 ve SUVA gibi parametrelerin de analizleri yapılarak konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Yapılan analizler üç farklı mevsim numunelerine ait olup böylece DYÜ parametrelerinin mevsimsel değişimleri de tespit edilmiştir. Ayrıca hamsu kaynağı olarak Bağbaşı barajı su kalitesi incelenerek DOM içeriği ve DYÜ sonuçları ışığında mevcut uygulanan dezenfeksiyon yönteminin uygunluğu değerlendirilmiştir. Çıkan analiz sonuçları ışığında THM ve HAA değerleri ulusal ve uluslararası standartlara belirtilen sınır değerlere göre yorumlanmıştır. Çalışma kapsamında THM ve HAA parametreleri üzerinde diğer illerde yapılan çalışmalar da incelenmiş olup değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışma neticesinde elde edilen veriler ışığında mevcut dezenfeksiyon yönteminin uygunluğu ve dozaj optimizasyonu sağlanmış olup ayrıca alternatif dezenfeksiyon yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirmeye alınmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Doğal Organik Maddeler (DOM)

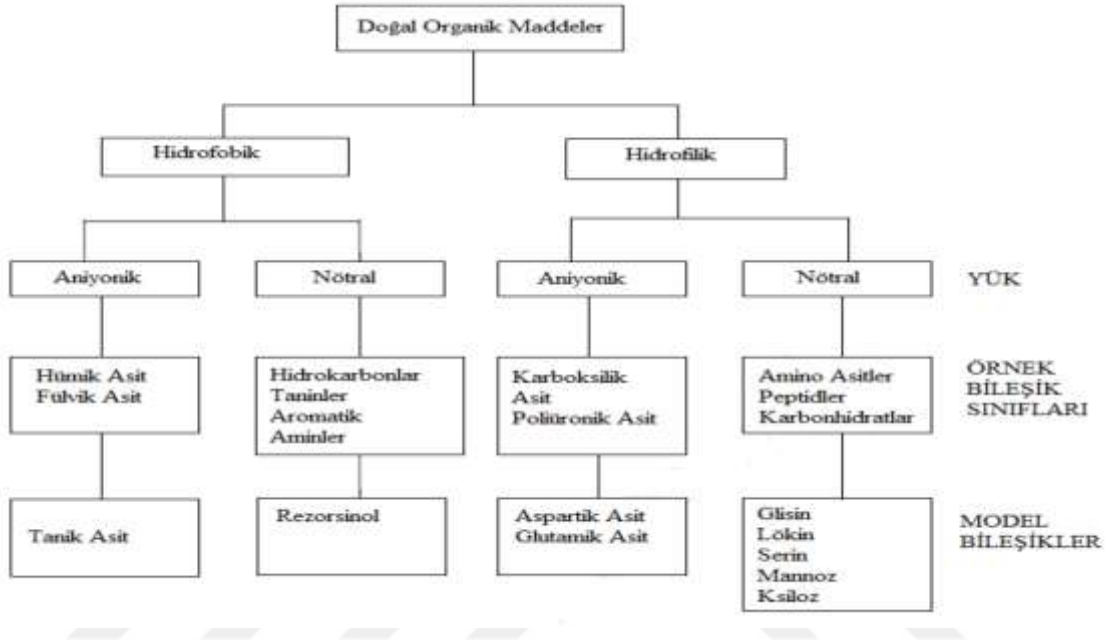
Yüzeysel sulardaki doğal organik maddeler genellikle tarımsal, kentsel ve endüstriyel faaliyetleri sebebiyle oluşmakta olup özellikle bu faaliyetleri gözlemlendiği noktalarda daha çok oranlarda suya erişim sağlamaktadır. Toprak katmanında genellikle humik maddeler olarak tanımlanan bileşikler toprak organik maddesinin yaklaşık % 35-65'ini temsil etmektedir. Bu oran canlılık belirtilerinin yüksek olduğu yüzeysel sulara %80'lere kadar çıkabilmektedir. DOM'ler farklı yapıda ve farklı reaktif gruplara sahip organik moleküllerin karışımından oluşmaktadır (Teksoy, 2006).

Yüzeysel su kaynaklarındaki Doğal Organik Maddenin (DOM) çözünmüş organik madde kısmı; DOM'un 0,45 µm'lik filtreden geçen, doğal sulara sıkça rastlanan ve araştırmalarda kullanılan bölümüdür. DOM çok çeşitli ve farklı kimyasal yapıdaki maddelerin birleşmiş hali olup su kalitesi açısından önemli bir parametredir. DOM'lar içme ve kullanma sularında renk, tat, koku gibi problemlere neden olmakta ve organik ve inorganik kirleticiler ile birlikte taşınma eğilimi göstererek DYÜ meydana getirmekte ve fotokimyasal reaksiyonların oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bu riskli yapıları nedeniyle DOM'lerin fiziksel ve kimyasal yapıları iyi irdelenmeli ve kontrolü sağlanmalıdır. Bu sebeple insanların kullanımına sunulan içme sularının daha kaliteli olması için, rezerv noktalarında DOM miktarı ve DYÜ bileşiklerinin derişimlerindeki mevsimsel değişimlerin sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Günümüzde ÇOM içerikleri ve yapılarının mevsimsel farklılıklarının izlenmesi yönünde gerçekleştirilen çalışmalar hergeçen gün artmaktadır. DOM tespitine bağlı olarak DYÜ oluşum potansiyeli verilerine de ulaşılabilir. Böylece içme suyu kalitesinin devamlılığı bakımından önemli bir husustur. Bu husus içme suyu arıtma tesislerinin projelendirilmesinden önce her su kaynağı için izlenmesi ve projelendirme sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli bir durumdur (Avşar 2013).

2.1.1. Doğal organik maddelerin sınıflandırılması

DOM'ler karışık yapıdaki organik maddelerin heterojen bir şekilde karışımından meydana geldiği için, kategorizasyonlarında farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Yaklaşımların birinde, hümik ve hümik olmayan formlar diye ikiye ayrılmıştır. Hümik formlar daha hidrofobik yapıya sahip olmakla birlikte fenolik ve karboksilik bileşikler

içeren fulvik asit ve hümik asitten meydana gelmektedir. Buna karşılık olarak hümik olmayan formları daha hidrofildir, polisakkaritler, proteinler, peptitler, amino asitler, daha düşük molekül ağırlıklı asitler, yağlar ve karbonhidratlar gibi biyokimyasal olarak iyi belirlenmiş bileşikler içerirler (Akçay, 2008). Doğal organik maddelerin genel olarak sınıflandırılması Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Doğal organik maddelerin genel sınıflandırılması (Akyüz, 2019)

2.1.2. Doğal organik maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Organik madde terimi ağırlıklı ve temel madde karbon olmak üzere yanında hidrojen, azot ve oksijen atomlarından bir veya birkaçını ihtiva eden geniş bir kimyasal madde sınıfının genel adı olarak kullanılmaktadır (Özen, 2008). Organik madde deyince temel algı canlı yapılardan oluşan bileşikler aklı getirirse de sülfür, klor, fosfor vb. gibi sentetik olarak meydana gelen birçok bileşiği de kapsamaktadır. Organik maddeyi inorganik maddeden ayıran en önemli unsur, kuvvetli karbon-karbon bağlarıdır (Özden, 2002). Organik bileşikler fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Organik bileşiklerin özelliklerinin tanınması, onların analiz metotlarının ve arıtma yöntemlerinin geliştirilmesi noktasında da yol göstermektedir (Özen, 2008). DOM’ler fiziksel olarak Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK), Kolloidal Organik Maddeler (KOM), Partiküler Organik Maddeler (POM) olmak üzere üçe ayrılır. Bu ayrımı yapmak için numune farklı filtre kağıtlarından süzülür. Bu üç grup DOM’un partikül çapları; $\text{ÇOK} < 0,22 \mu\text{m}$, $0,22 \mu\text{m} \leq \text{KOM} < 1,0 \mu\text{m}$ $\text{POM} \geq 1,0 \mu\text{m}$ şeklindedir.

Sulardaki organik karbonun %90'ı ÇOK olarak bulunur ki bu yaklaşık 1-20 mg C/L konsantrasyonlarına denk gelir. Arıtmanın proseslerinin genel amacı ÇOK'un büyük kısmını bertaraf etmek olduğuna göre ÇOK miktarının azaltılması ile de istenen verim elde edilmiş olur (Demirbaş, 2011).

ÇOK genellikle karboksil, hidroksil, amin ve karbonil gruplarını içeren aromatik halkalara bağlı alifatik zincirlerden oluşur. Genellikle ağırlığının %50-60'ı C atomlarından oluşurken, organik yapısında H, O, N, P ve S bulunur. Humik olmayan maddeler, daha küçük yapıda olmaları nedeniyle hidrofilik olan polisakkarit, protein ve lignin bölümünü oluşturan, hidrofobik ve bozunmaya karşı dirençli maddelerdir. Humik özellikteki maddeler kendi aralarında çözünürlük kapasitelerine göre hümin, humik asit ve fulvik asit diye üçe ayrılmaktadırlar. Hümin, humik maddelerin ekstraksiyon işlemi sonucu ayrılan ve çözünmemiş halde bulunan katı fazı olarak tanımlanabilir. Humik ve fulvik asitler ise çözünürlükleri yüksek olan ve bu sayede asidik ortamda ayrıştırılması daha kolay olan bileşiklerdir. Dolayısıyla ÇOK'un önemli bir kısmını fulvik asitler ve humik asitler oluşturmaktadır (Demirbaş, 2011).

DOM içeren suların klor (Cl_2), ozon (O_3), klordioksit (ClO_2) ve kloramin gibi dezenfektanlarla reaksiyonları sonucunda, aşağıda Eşitlik (1) ile formülize edilmiş olup nihai ürün olarak DYÜ bileşikleri oluşmaktadır (Özdemir, 2009).



2.1.3. Doğal organik maddelerin giderim yöntemleri

Doğal organik maddelerin miktarının arıtma öncesinde rezerv noktalarında ölçülerek tespit edilmesi, arıtma sürecindeki zorlukları (istenmeyen organik kirlilik yükü vb.) ve istenmeyen durumları engellemek adına dikkat edilmesi gereken bir husustur. Dezenfeksiyon işlemleri yapılmış olan sular dikkate alındığında mevzuat olarak sınırlamaların getirildiği DYÜ konsantrasyonlarının arıtma proseslerinde gideriminin sağlanması yüksek maliyet ve teknolojik imkanlar gerektiren bir durumdur. Bu sebeple bu tip kirletici yan ürünlerin mümkünse hiç oluşmaması üzerinde yoğunlaşılması ve bu yönde tedbirlerin alınması daha mantıklı ve uygun görülmektedir. Bu doğrultuda yüzeysel suların muhteva ettiği organik madde miktarları ve fraksiyonları belirlenmelidir. Yüzeysel sularda yüksek organik yükünün oluşmasına müsaade edilmemesine yönelik olarak belirli dönemlerde ve belirli periyotlarda bakır sülfat vb. kimyasallar ilavesi ile kaynağında bir takım tedbirler alınabilir.

İçme sularındaki THM bileşikleri birçok ülkede olumsuz sağlık sorunlarına sebebiyet vermesi nedeniyle kontrol altına alınmıştır. Gelişen teknolojik imkanlara paralel olarak su kaynaklarındaki bu doğal organik maddelerinin giderim yöntemlerinin de daha etkili ve farklılaşmasına zemin hazırlamıştır. Ülkemizde TS 266'da söz konusu bileşiklerin sınırlandırılması için henüz bir çalışma başlatılmamış olsa da, yüzeysel suların kalitesine dair yönetmelik kapsamında sulardaki TOK miktarı 5 mg/L'den az ise basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebileceği, bu değerin üzerindeki suların çeşitli fiziksel, kimyasal ve ileri arıtıma tabi olacağı belirtilmiştir. Dezenfeksiyon işlemi öncesinde DOM giderimi yapılması aynı zamanda dağıtım şebekesindeki dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumuna sebebiyet verecek yapıdaki bakteriyolojik faaliyetleri de önlemiş olacaktır. İçme sularından organik madde gideriminde kullanılan yöntemler arasında koagülasyon, aktif karbon adsorpsiyonu, ozonlama, MİEX reçine ile giderim ve reverse osmos membran filtrasyonu gibi teknolojiler etkili olmakta ve kullanım alanları günden güne yaygınlaşmaktadır (Gümüş ve Akbal, 2013).

2.2. Dezenfeksiyon İşlemi ve Dezenfeksiyon Yan Ürünleri

Su kaynaklarındaki doğal organik maddeler ile dezenfektan kimyasallarının reaksiyonu sonucu mutajenik ve karsinojenik halojenlenmiş DYÜ'leri meydana getirir. Dezenfeksiyon, patojenik mikroorganizmaların, kist, alg, spor ve virüslerin inaktif hale getirilmeleri için uygulanan prostestir. Dezenfeksiyon farklı şekillerde yapılabilir. Çökeltme, yumaklaştırma ve filtrasyon gibi işlemlerle mikroorganizmaların kısmen azaltılması mümkündür. Ancak en iyi giderim dezenfeksiyonda kullanılan dezenfektanlar ile sağlanmaktadır (Karadağ, 2011). Bir suyun içerdiği sağlığa zararlı mikroorganizmaların sudan giderilmesi işlemine "suyun dezenfeksiyonu" denilmektedir. Dezenfeksiyonun ana gayesi içme suyu sistemlerinde ve arıtılan suların çıkışında rastlanan, su ile taşınabilen ve hastalık yapan mikroorganizmaların giderilmesi ve bulaşmasının önlenmesidir. İçme suyunun yüzeysel sulardan temin edildiği durumlarda kolero, tifo, paratifo vb. hastalıklara rastlanılmıştır. 1892 yılında Hamburg'ta ortaya çıkan kolera salgını buna bir örnek olarak verilebilir (Samsunlu, 2005). Dezenfeksiyon ile sterilizasyon terimleri birbiriyle karıştırılmamalıdır. Sterilizasyon, dezenfeksiyondan daha ileri kademe olup, sporlar dahil sudaki bütün canlıların öldürülmesi işlemidir. Spor bakteriler, diğer bakterilere nazaran dezenfektan maddelere karşı daha dirençli olduklarından normal dezenfeksiyonla giderilemezler. Suyun güvenle içilebilmesi için sudan hem bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebep olan patojen mikroorganizmaların

hem de suya renk, koku veren ve suyun estetiğini bozan organizmaların giderilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu canlı organizmalar ya kendiliğinden yaşamını yitirerek ya da dezenfektanlar kullanılarak su ortamında etkisiz hale getirilmektedir.

Kimyasal dezenfektan olarak; klor ve klor bileşikleri, ozon, brom, iyot, fenoller, alkoller, hidrojen peroksit, potasyum permanganat gibi maddeler kullanılmaktadır. Fiziksel dezenfektan olarak; ısı, ışık ve ses dalgaları kullanılmaktadır. Güneş ışınları ve ultraviyole ışınları da fiziksel dezenfeksiyon etkisine sahiptir. Askıda katı maddeler ve yüzücü maddeler tarafından ışık absorbe edilebilmektedir. Bu sebeple, kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu sularda ışıkla dezenfeksiyon çok etkili olmamaktadır. Mekanik dezenfeksiyon ise filtrasyon ve çöktürme üniteleri ile gerçekleştirilmekte olup, bu ünitelerde farklı verimlilikte dezenfeksiyon sağlanmaktadır. Radyasyon dezenfeksiyonu ise elektromanyetik ve farklı ışınlama türleriyle sağlanmaktadır. Kimyasal dezenfektanların kullanımı diğer kategorilere göre çok daha yaygındır. Klorlama su kaynaklarının dezenfeksiyonu için en çok kullanılan yöntemdir. Çoğu su kaynaklı patojenlere ve dağıtım sistemi içinde dezenfektan etkinliğini sağlamak açısından en etkili yoldur. Klorlama diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında etkili ve standart dezenfektandır. Ancak klorlama THM ve diğer halojenli hidrokarbonların oluşumuna neden olabilir. Bu ürünlerin bazı deney hayvanların üzerinde kanserojen etki yarattığının keşfedilmesinden dolayı alternatif dezenfektan ve prosedürlerin incelenmesine yol açmıştır (Karadağ, 2011).

İleri dezenfeksiyon proseslerinde, atıksuda bulunan organik ve inorganik maddelerin oksitlenmesi ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi iki temel aşama sonucunda gerçekleşir. İlk önce, klor (Cl_2), klor dioksit (ClO_2), hidrojen peroksit (H_2O_2), ozon (O_3), foto oksidasyon (UV/H_2O_2), fenton (Fe^{+2}/H_2O_2), potasyum permanganat ($KMnO_4$) ve ultrases (US) gibi güçlü oksitleyicilerden herhangi bir tanesi su içerisinde ayrışarak serbest hidroksil radikallerini ($\cdot OH$) oluşturur. İkinci aşamada, hidroksil radikalleri suda bulunan organik maddeler ile reaksiyona girerek ana kirleticiler hızlı bir şekilde yan ürünlere dönüştürülmektedir (Karadağ, 2011). İleri dezenfeksiyon prosesleri fiziksel ve kimyasal metotlar olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır. Günümüzde tercih edilen dezenfeksiyon prosesleri arasında Cl_2 , ClO_2 , O_3 gibi kimyasal dezenfektanlar ve ultrases (US), ultraviyole (UV) gibi fiziksel prosesler ile H_2O_2 ile UV ışığının birlikte kullanıldığı UV/H_2O_2 ve demir tuzları (Fe^{2+} , Fe^{3+}) ile H_2O_2 'nin birlikte kullanıldığı fenton prosesi sayılabilir (Karadağ, 2011).

2.2.1. UV ile dezenfeksiyon

Fiziksel dezenfeksiyon yöntemlerinden biri olan UV yöntemi çok yaygın olmayıp, civa arklı lambalar aracılığı ile üretilir. Etkileşime girdiği mikroorganizmanın genetik yapısını bozarak canlıyı parçalar veya çoğalmasını engeller (Demirbaş, 2011). UV ışını uygulanan sulardaki humik maddeler düşük molekül ağırlıklı formlara dönüşmektedir. İçme ve kullanma sularında kullanımı sınırlıdır (Demirbaş, 2011). Özellikle uzun karmaşık şebeke yapısına sahip bölgelerde kullanımı mantıklı değildir. Bunun nedeni suda kalıcı olarak bakiye dezenfektan etkisi göstermiyor olmasıdır. Tablo 2.1’de genel dezenfeksiyon yan ürünleri ve USEPA tarafından belirlenen limit değerleri ile potansiyel sağlık etkileri görülmektedir.

Tablo 2.1. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin limit değerleri ve potansiyel sağlık etkileri (İSKİ, 2010).

Dezenfeksiyon yan ürünleri	Maksimum kirletici seviyesi (mg/l)	Potansiyel sağlık etkileri (risk sınıfı)	İçme suyu kirlilik kaynakları
Bromat	0,010	Kanser (B2)	Ozonlama yan ürünü
Bromodiklorometan	-*	Kanser, karaciğer, böbrek ve üreme etkileri (B2)	Klorlama ve kloramin yan ürünü
Bromoform	-*	Kanser, sinir sistemi, karaciğer ve böbrek etkileri (B2)	Ozonlama, klorlama ve kloramin yan ürünü
Klorit	1,0	Hemolitik anemi (D)	Klor dioksit dezenfeksiyon yan ürünü
Kloroform	-*	Kanser, karaciğer, böbrek ve üreme etkileri (B2)	Klorlama ve kloramin yan ürünü
Dibromoklorometan	-*	Sinir sistemi, karaciğer, böbrek ve üreme etkileri (C)	Klorlama ve kloramin yan ürünü
Dikloroasetik asit	-**	Kanser ve diğer etkiler (B2)	Klorlama ve kloramin yan ürünü
5-HAA	0,060	Kanser ve diğer etkiler	Klorlama ve kloramin yan ürünü
Trikloroasetik asit	-**	Muhtemel kanser ve üreme etkileri(C)	Klorlama ve kloramin yan ürünü
TTHM	0,08	Kanser ve diğer etkiler	Klorlama ve kloramin yan ürünü

*TTHM: bromodiklorometan, dibromoklorometan, bromoform ve kloroform konsantrasyonlarının toplamı

**5-HAA: mono-, di- ve trikloroasetik asit ile mono- ve dibromoasetik asit konsantrasyonlarının toplamı

2.2.2. Ozonla (O₃) dezenfeksiyon

Su arıtma tesislerinde kullanımdan hemen önce ozon jeneratörleri, kuru oksijen veya havayı yüksek voltaja sahip elektrodların bulunduğu ortamdaki geçirerek ozon

üretirler. Bu özelliği nedeniyle uygulama yapılacak noktada üretilmesi gerekmektedir. Ozon en güçlü dezenfektan ve oksidanlardandır (Demirbaş, 2011). Klorlama veya UV yöntemlerine nazaran kurulumu ve işletmesi daha kompleks ve tehlikelidir. Diğer yandan askıda katı madde (AKM) düzeyinin yüksek olması, biyokimyasal oksijen ihtiyacını yükseltmesi vb. işletmesel nedenlerden dolayı atıksu için ekonomik değildir. Ozon kullanımı dezenfeksiyondan ziyade oksidasyon amacıyla kullanılan bir bileşiktir (Demirbaş, 2011).

2.2.3. Klor dioksit ile dezenfeksiyon

Su içinde yüksek bir çözünürlüğe sahiptir ve doğal sularda belirli pH aralığında moleküler formda kalır (Baytak vd., 2008). Klor dioksitin içmesuyunda kullanımı yavaş ilerlediğinden dolayı çok geniş bir kullanım olanağı mevcut değildir. Zamanla içme suyunda fenol kontrollerinde, demir ve manganın oksidasyonunda, koku ve tat gideriminde kullanımları artmıştır. Klordioksit (ClO_2) kullanılarak yapılan dezenfeksiyon işlemi ile ön dezenfeksiyonda klor bazlı yan ürünlerin oluşumunu azaltmakla birlikte doğal organik madde ile etkileşime girerek klorit (OCl_2) gibi yan ürünlerin oluşumuna neden olmaktadır. Kloritin suda maksimum bulunabileceği miktar 1 mg/L'dir. Bu nedenle yüksek dezenfeksiyon ihtiyacı olan sularda klordioksit kullanımı çeşitli problemleri de beraberinde getirecektir. Bu nedenle ülkemizde çok yaygın olarak kullanıldığı söylenemez.

2.2.4. Kloramin ile dezenfeksiyon

Kloraminler birer amin türevidirler, en az bir klor atomu ile azot (N) atomunun kimyasal bağ oluşturması ile meydana gelir. Bu reaksiyonun yanı sıra amonyak ile klor etkileşimi neticesinde inorganik yapıdaki kloraminler meydana gelmektedir. Kloraminler 3 grupta incelenebilir. Bunlar kloramin (NH_2Cl), dikloramin (NHCl_2) ve trikloramine (NCl_3)'dir. Özellik olarak kloramin en yakın olan dezenfektan kloramin'dir. En belirgin ortak özelliklerinden her ikisinin de halk sağlığı açısından az riskle etkili kalıntı dezenfeksiyon miktarını sağlıyor olmasıdır. Farkları ise monokloramin kloramin göre 200 kat daha az etkin bir dezenfektandır. Kloramin klorlu yan ürünlerin oluşumunu engellemekle birlikte fenollerle reaksiyona girmediği için koku ve tat meydana getirmemektedir (Yiğit, 2008).

2.2.5. Klor ile dezenfeksiyon

Tüm dünya genelinde en yaygın olarak tercih edilen dezenfektan cinsi klordur. Klor içmesuyularında sıvı enjekte ve gaz klor şeklinde iki farklı yöntemle uygulanmaktadır. Kapasitesi yüksek olan tesislerde gaz klor şeklinde uygulanması daha çok tercih edilmektedir. Çünkü sıvı klorun taşınması ve maliyeti artırıcı etkileri vardır. Farklı noktalarda ve kolay uygulanabilir olması sıvı şeklinin de tercihini arttırmaktadır. Klorun en büyük avantajı şebekelerde uzun süre bakiye bırakıyor olmasıdır. Ülkemizde ilk olarak 1932 yılında İSKİ tarafından Kağıthane'de uygulanmıştır. Daha sonra ise Ankara'da 1936 yılında Çubuk barajında gaz klorla klorlama yapılmaya başlanmıştır. (Demirbaş, 2011). Klorun ideal dezenfektan olmasının sebepleri olarak; bakteri, virüs ve protozoa gibi birçok patojenlere karşı etkilidir, mikroorganizmaların yeniden büyümesini önlemek ve dağıtım sistemi boyunca dezenfekte edilmiş suyu korumak için kalıntı sağlar, su kalitesinin geniş aralığı için uygundur, kolayca takip ve kontrol edilebilir ve nispeten ucuzdur (Baytak vd., 2008).

2.3. DYÜ Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu etkileyen en önemli faktörler pH, sıcaklık, temas süresi, DOM konsantrasyonu ve özellikleri, klor ve kalıntı klor konsantrasyonu, dezenfektan tipi ve dozu ile bromür konsantrasyonudur. pH artışı ile THM oluşumu artmakta trikloroasetik asit, dikloroasetonitril ve trikloropropanon gibi haloasetik asitlerin oluşumu azalmaktadır. Artan Ph'larda (pH>8) hemen hemen tümü hidroliz oldukları için TOX (toplam organik halojen) miktarı azalmaktadır. Klor dioksit ve kloraminler de yapısal benzerliklerinden dolayı pH'tan aynı şekilde etkilenmektedirler (Karadağ, 2011).

Ozon yöntemi uygulanan tesislerde ise yüksek pH değerlerinde bromür iyonundan ötürü bromlu yan ürünlerin oluşumu görülmektedir (İleri, 2010). Dezenfektanlar ile doğal organik maddelerin etkileşimi temas süresi ile doğru orantılı olduğundan temas süresi arttıkça THM ve HAA oluşum miktarı artmaktadır. Sıcaklık artışı ile birlikte dezenfeksiyon reaksiyonları hızlanmakta ve daha fazla klor dozuna gereksinim duyulmaktadır. Dolayısıyla dezenfeksiyon yan ürün oluşumu da artmaktadır. Bu sebeple yüksek sıcaklık dönemlerinde yan ürün oluşumu soğuk dönemlere nazaran daha fazla olması normal bir durumdur. İçme suyu kaynağındaki doğal organik madde miktarı arttıkça dezenfeksiyon yan ürün oluşumu da artmaktadır. Doğal organik

maddenin yapısı, dağılımı ile içeriği bu oluşumu etkileyen önemli faktörler arasındadır (Karadağ, 2011).

2.3.1. Su kalitesi parametreleri

Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu yalnızca klorlama işlemine ve DOM içeriğine bağlı olmayıp ayrıca su kalite parametreleri ile de doğrudan ilişkilidir. Tablo 2.2’de araştırmacılar tarafından bulunmuş temel su kalite parametrelerine ait değer aralıkları ile su kaynakları verilmiştir.

Tablo 2.2. Tipik su kalitesi parametreleri (Ağra, 2005)

Parametre	Kaynak	Numune sayısı	Su kaynağı	Değer aralığı	Ortalama
TOK (mg/l)	Karsner ve ark. (1989)	35	S+G	0,7-5,5	2,85
pH	Malcom Pirnie (1992)	17	S+G	6,3-9,0	7,7
	Krasner ve ark. (1999)	35		6,5-9,0	7,7
Sıcaklık (°C)	Malcom Pirnie (1992)	17	S+G	2-31	18
Cl ₂ dozu	White (1999)	350	S+G	0,2-40	N/A
T1 (sa)	White (1999)	350	S+G	0,033-10	1
T2 (sa)	Hoffman (1996)	N/A	S+G	<67	N/A

S: Yüzeysel su, G: Yeraltı suyu, T1: İlk kullanıcıya ulaşma süresi, T2: Son kullanıcıya ulaşacağı maksimum süre

2.3.2. TOK konsantrasyonu ve organik madde türleri

DYÜ oluşumunda rol oynayan organik madde bileşikleri ki bunlar öncül bileşikler şeklinde de adlandırılmaktadır ve doğal organik maddelerin bir parçası olarak neredeyse tüm su kaynaklarında karşılaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar, öncül bileşik konsantrasyonunun artması sonucunda DYÜ oluşumunun arttığını göstermiştir. Diğer Şartlar kontrol altında tutulduğunda, klorlamadan önce DYÜ öncülleri giderildiğinde, DBP oluşumu da azalacaktır. Su içerisindeki organik bileşiklerin türü, DYÜ oluşum miktarı ve çeşidi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapılan birçok çalışma göstermiştir ki fulvik asitlerin klorlanması sonucu hümik asitlere göre çok daha fazla sayıda klorlu bileşik ürün olarak ortaya çıkmaktadır.

Yüzeysel sulardan ekstrakte ettikleri organik maddeleri klorlamışlar ve hümik ve fulvik asit fraksiyonlarının hidrofilik doğal organik maddeden daha yüksek oranda HAA ve THM oluşturduklarını ortaya koymuşlardır. Bir başka çalışmada ise 3 farklı kaynaktan alınan su örneğinin hümik ve non hümik madde fraksiyonları klorlanmış (pH 8, 20 °C, 24 saat reaksiyon süresi) ve TOX, HAA ve THM konsantrasyonları ölçülmüştür. En yüksek DOM'ye sahip su örneğinde hümik fraksiyon en yüksek konsantrasyonda TOX, HAA ve THM oluşturmuştur (Ağra, 2005).

2.3.3. Bromür konsantrasyonu

Su kaynaklarında bromür iyonlarına rastlanmasının nedenleri jeolojik ayrışma, tuzlu suların bu sulara karışması ve insan faaliyetleri olarak gösterilebilir. Doğal su kaynağının sahip olduğu bromür konsantrasyonu DYÜ oluşumunu ve türlerin dağılımını etkilemektedir. Sudaki bromür klorlu yan ürünlerden çok bromlu yan ürünlerin oluşumuna neden olmaktadır. Bromür yokluğunda 4 mg/L TOK konsantrasyonuna sahip bir su örneğinde standart olarak 80 µg/L'ye varan miktarda THM oluşurken, bromür konsantrasyonu 4 mg/L'ye çıkarıldığında THM miktarının 243 µg/L'ye yükseldiği gözlenmiştir. Bromür içeriği doğrudan THM bileşiklerinden bromoform, dibromokloroform ve diklorobromoform miktarlarını etkilemekte olup bromür miktarındaki artış THM de artışa neden olmaktadır (Ağra, 2005).

2.3.4. İşletme parametreleri

Suya dozlanan klor konsantrasyonu dezenfeksiyon reaksiyonlarının oluşmasındaki en temel unsur olduğundan dolayı yan ürün oluşmasını da doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla THM, HAA ve Haloasetonitril (HAN) gibi yan ürünlerin oluşum reaksiyonlarının hızı başlangıçtaki klor miktarı ile doğru orantılıdır. Klorun reaksiyon hızı organik madde varlığında, inorganik madde ihtivasına kıyasla daha düşüktür.

Concord bölgesinde yapılan bir çalışmada klor dozunun THM oluşumuna etkisini incelenmiştir. Burada 3 farklı klor dozajında THM derişimlerinin seyri takip edilmiştir. Birinci aşamada klor inorganik madde ile tepkimeye girerek eser miktarda THM oluştururken, ikinci aşamada klor organik madde ile etkişime geçerek klor dozu ile THM derişimi arasında lineere yakın bir korelasyon vermekte, üçüncü aşamada ise THM oluşumunun yükselen klor dozajı ile lineer bir şekilde yükseldiği görülmektedir. Bu veriler neticesinde artan klor dozajı ile bakiye klor miktarının da yükseldiği ve

oluşan THM formlarının da daha az bromür konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir (Ağra, 2005). Pratikte klor dağıtım şebekeye her zaman uzun süreli etki sağlayabilmek açısından kısa sürede harcanacak olan miktarından fazla dozlanır. Bu ekstra klor THM oluşumunda önemli bir etkiye sahip değildir. Yani optimum klor dozaj miktarından fazla miktarlardaki klor verilmesi aynı oranda THM bileşiklerinin oluşmasını sağlamamaktadır (Ağra, 2005).

Summer ve arkadaşlarının (1996) yaptığı çalışmada, çeşitli TOK ve bromür konsantrasyonu içeren örneklerde DYÜ türlerinin artan sıcaklık ile arttığını gözlemlemiştir. Bu çalışmada, sıcaklığın 10 °C'den 36 °C'ye çıkarıldığı durumda THM oluşumunda %100 artış olduğu saptanmıştır. Ayrıca sıcaklık etkisinin sudaki TOK konsantrasyonunun bromür iyonu konsantrasyonuna oranına bağlı olarak THM türleri üzerinde göstermiş olduğu etkide farklılaşmaktadır. TOK/BrO⁻ oranının yüksek olduğu durumda kloroform oluşumu sıcaklık artışından yüksek oranda etkilenirken, bromlu türlerdeki oluşum artışı kloroformdan ve klorlu türlerden daha düşük seviyede olmaktadır. TOK/BrO⁻ oranının düşük olduğu durumda ise bromoform ve diğer bromlu türlerin artış hızı, klorlu türlere göre daha yüksek olmaktadır. Yapılan bir çalışmada Conta Costa suyunda pH'ın 7'den 9'a yükselmesi halinde THM oluşumunun % 50 arttığı saptanmıştır. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu pH'dan büyük oranda etkilenmektedir, THM'ler artan pH ile artarken HAA'ler azalma eğilimindedir (Ağra, 2005).

2.4. Trihalometanlar (THM)

Metan türevleri olarak bilinen THM'ler metanın yapısındaki hidrojen atomlarının koparak yerine klor, brom ve iyot türevlerinin bağ yapısı kurması ile meydana gelmektedir. THM'ler kimyasal formülle CHX₃ olarak gösterilebilmektedirler. Buradaki X yerine farklı atomların gelmesi THM fraksiyonlarının oluşmasını sağlamaktadır. Doğal suların brom bulunmaması durumunda, klor organik maddelerle reaksiyona girerek kloroform oluşturmaktadır. Oysa suda brom bulunması durumunda, klor öncelikli olarak brom ile reaksiyona girerek serbest brom oluşturmakta, oluşan serbest brom organiklerle reaksiyona girerek bromlu THM oluşturmaktadır.

İçme suyu dağıtım şebekelerinde bu bileşiklerin miktarlarının yükselmesi halk sağlığını açısından tehlike oluşturmaktadır. Bu DYÜ bileşiklerinin insan vücudu üzerinde olası olumsuz etkileri Tablo 2.3'de verilmiştir. EPA tarafından hastalık sebebiyet veren mikroorganizmalar üzerinde yapılan uzun süreli çalışmalar sonucunda,

içme sularında THM'in kabul edilebilir limit değeri 100 µg/L olarak belirtilmiş olup ilerleyen yıllarda gerçekleştirilen revize çalışmaları ile bu değer 80 µg/L'ye düşürülmüştür (EPA, 1994). Uluslararası düzeyde yetkili diğer bir kuruluş olan Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından içme sularındaki THM konsantrasyonu için hedef değerler Tablo 2.4'de belirtilmektedir.

Tablo 2.3. THM'nin neden olduğu olumsuz etkiler

Bileşik	Oluşturacağı Etki
Kloroform	Karaciğer tümörleri, böbrek tümörleri
Bromodiklorometan	Kolon, karaciğer ve böbrek tümörleri
Klorodibromometan	Karaciğer tümörleri
Bromoform	Kolon tümörleri

Tablo 2.4. WHO tarafından içme suyu için maksimum THM seviyeleri

Bileşik	WHO standardı (µg/L)
Kloroform	200
Bromodiklorometan	60
Klorodibromometan	100
Bromoform	100

Yapılan benzer çalışmalarda su kaynağının karakteristik özelliklerine, kullanılan dezenfeksiyon maddesine ve diğer atmosferik şartlara bağlı olarak DYÜ konsantrasyonlarının farklılık gösterdiği Tablo 2.5'de verilen veriler doğrultusunda anlaşılmaktadır.

Tablo 2.5. Değişik ülkelerin içme sularındaki dezenfeksiyon yan ürünleri (Ağra, 2005)

Su Kaynağı	Klorlama Şartları	THM aralığı	Referans
Yüzeysel su (Altınapa Barajı)	Ön klorlama-2 mg/L, Son klorlama 5 mg/L, pH-7.5, sıcaklık 17 °C	0.9-28.6 µg/L	Aydın ve Ateş (2001)
Yüzeysel su (Büyükçekmece gölü, Ömerli, Elmalı, Alibey Barajı)	Klorlama-1.6-5 mg/L, sıcaklık 25 °C	18-128 µg/L	Kıdak (1997)
Yüzeysel su (Nehir, göl, baraj) Yer altı suyu (kuyu) Yüzeysel su- Yer altı suyu	Klorlama 1.2-8.5 mg/L, kış sıcaklık (1-9 °C), az sıcaklık (6-35 °C) pH 7.5, klorlama-1-4 mg/L, bahar sıcaklık (12 °C), yaz sıcaklık (20 °C), temas süresi (1,2, 6,24-48 saat)	6-15.9 µg/L	Williams ve diğ., (1997)
Yüzeysel su + Yer altı suyu (% 65 yüzeysel su+% 35 yeraltısuyu)	pH (5.5-7.0), sıcaklık-20 °C, temas süresi (6,24-48 saat)	15-127 µg/L	Seredos ve diğ., (2003)
Yüzeysel su (Han, Nackdong, Daechung, Youngsa nehri)	-	9.7-142.4 µg/L	Kim ve diğ., (2002)
Yüzeysel su + Yer altı suyu	-	9-23.32 µg/L	Golfinopoulos, (2000)
Yüzeysel su (Nehir ve göl suyu)	Klorlama 0.3-3.33 mg/L, pH 6-7.5, sıcaklık 0.6-13 °C	<0.05-56.25 µg/L	Nissinen ve diğ., (2002)
Yer altı suyu (30-70 m derinlikte)	pH 7.5, sıcaklık-25 °C klor-0.5-1 mg/L	0.5-52.1 µg/L	Duong ve diğ., (2003)
Yüzeysel su (Nehir)	Kış sıcaklık (3.8-5.8 °C), yaz sıcaklık (21-24.7 °C), klor-1.1-1.6 mg/L	05-20 µg/L	Lee ve diğ., (2001)

Tablo 2.6. Trihalometan bileşikleri (Akçay, 2008)

DYÜ Sınıfı	Bileşenler	Kimyasal Formül
Trihalometanlar	Kloroform	CHCl ₃
	Bromodiklorometan	CHCl ₂ Br
	Dibromoklorometan	CHClBr ₂
	Bromoform	CHBr ₃
	Dikloroiyodometan	CHClI ₂
	Bromodikloroiyodometan	CHBrClI – CHClBrI
	Klorodiiyodometan	CHClI ₂
	Dibromoiyodometan	CHBrI ₂
	Bromodiiyodometan	CHBrI ₂
	İyodoform	CHI ₃

Dezenfeksiyon sonucu, organik maddelerin yapısında bulunan fonksiyonel grupların halojenlerle (brom, klor, iyot) yer değiştirmesi sonucu esas olarak 10 adet organik bileşik (Tablo 2.6) THM'ler olarak sayılabilmektedirler. Bunlardan ilk dördü en fazla bilinenleri ve dünyada en fazla kısıtlamalara tabi tutulanlarıdır (Akçay, 2008).

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 (Akçay, 2008).

THM ait fiziksel ve kimyasal özellikler aşağıdaki Tablo 2.7'de verilmiştir. THM'ler karbon atomu, hidrojen atomu ve üç halojen atomundan oluşan uçucu organik bileşiklerdir. Kloroform en uçucu THM türüdür. THM'lerin uçuculuğu, özellikle örnekleme yaparken göz önünde bulundurulması gereken önemli bir özelliktir (Ağra, 2005).

Tablo 2.7. THM'lerin özellikleri.

THM Türü	Kısaltma	Formülü	Moleküler ağırlığı (g/mol)	Kaynama noktası (°C)
Kloroform	KFM	CHCl ₃	119,5	61
Bromodiklorometan	BDKM	CHBrCl ₂	163,9	87
Klorodibromometan	DBKM	CHBr ₂ Cl	208,3	116
Bromoform	BFM	CHBr ₃	252,7	151

2.5. Haloasetik asitler (HAA)

HAA dezenfektan olarak Cl₂'nin kullanılmasıyla suda bulunan dezenfektan yan ürünlerin içerisindeki en büyük gruptur. Hidrofilik yapıya sahip olan HAA'lar, uçucu değildirler; buhar fazında ve cilt teması sonucunda yüksek korozif etki mekanizmasına sahiptirler. HAA lerin uçucu olmayan klorlanmış organik bileşikleri olarak bilinen en önemli yapılar dichloro acetic acid (DCAA) ve trichloro acetic acid (TCAA)'dır (Gürses, 2006). DCAA ve TCAA bileşiklerinin kanserojen etkiye sahip olmaları nedeniyle EPA sudaki DCAA ve TCAA derişimlerini sırasıyla 0 ve 0.3 mg/L sınırlamıştır. 5 adet HAA (MCAA, DCAA, TCAA, MBAA ve DBAA) toplam seviyesini ise 0.06 mg/L olarak sınırlamıştır (Akçay, 2008). Yaygın olarak analiz edilen HAA çeşitleri ve fizikokimyasal özellikleri Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8. HAA türlerinin fizikokimyasal özellikleri

Haloasetik Asitler (HAA)	Kimyasal formülleri	Molekül ağırlığı (gr/mol)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Kaynama noktası (°C)
Kloroasetik asit (CAA)	C ₂ H ₃ ClO ₂	94,5	1,58	189,3
Dikloroasetik asit (DCAA)	C ₂ H ₂ Cl ₂ O ₂	128,94	1,56	194
Trikloroasetik asit (TCAA)	C ₂ HCl ₃ O ₂	163,39	1,63	197
Bromoasetik asit (BAA)	C ₂ H ₃ BrO ₂	138,95	1,93	206-208
Dibromoasetik asit (DBAA)	C ₂ H ₂ Br ₂ O ₂	173,39	1,98	210-212
Tribromoasetik asit (TBAA)	C ₂ HBr ₃ O ₂	207,84	2,25	200,7
Bromokloroasetik asit (BCAA)	C ₂ H ₂ BrClO ₂	217,84	1,56	128-130
Bromodikloroasetik asit (BDCAA)	C ₂ HBrCl ₂ O ₂	252,29	2,68	217,7
Klorodibromoasetik asit (CDBAA)	C ₂ HBr ₂ ClO ₂	296,74	3,09	245
Dalapon (Dikloropropiyonik asit)	CH ₃ CCl ₂ CO ₂ H	142,96	1,40	-

2.6. Ülkemizde DYÜ Üzerine Yapılan Çalışmalar

Yurt dışında ve ülkemizde bir çok araştırmacının içme sularındaki dezenfeksiyon yan ürünleri üzerine yapmış oldukları araştırmalar sonucu ölçülen THM miktarları önceki bölümde Tablo 2.5’de özetlenmiştir. Aydın ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırmada, Konya’da içme suyu kaynağı olarak kullanılan 8 pınar suyu kaynağı ve depolarından, 2 kuyu suyu deposu ve kuyu sularını dağıtan şebekenin 20 farklı noktasından örnekler alınarak THM konsantrasyonları incelenmiştir. Ayrıca, söz konusu noktalar için TOK, bromür ve sıcaklık parametreleri de tespit edilmiştir. Bulunan THM sonuçları EPA standardı ve değişik araştırmacıların yayınlamış olduğu sonuçlar ile kıyaslanmıştır (Aydın ve ark., 2005). Su numuneleri için klorlama süresince THM oluşumunu etkileyen su kalite parametreleri sonuçları Tablo 2.9’da verilmiştir.

Tablo 2.9. THM oluşumunu etkileyen su kalite parametreleri (Aydın ve ark., 2005).

	Pınar suyu (N1-N8)	Kuyu suyu (N9-N10)	*Şebeke (N11-N20)
Sıcaklık (°C)	14.1-21.5	15.3-16.5	16.2-18.4
TOK (mg/L)	4.90-8.56	7.06-7.77	6.35-7.80
Bromür (mg/L)	0.060-1.290	0.190-0.245	0.099-0.259
Kalıntı klor (mg/L)	-.**	0.1-0.8	0.1-0.4

*Kent'in belirli bölgelerinde açılan kuyu suları arıtma tesisinde arıtılan su ile depolarda karıştırıldıktan sonra şebekeye dağıtılmaktadır.

** Tespit edilememiştir.

Yapılan analizler neticesinde pınar suyu numunelerinden yalnızca N7'de bromodiklorometan (0.5 µg/L) tespit edilmiş olup, kuyu suyu numunelerinde tespit edilen THM ölçüm sonuçları ise Tablo 2.10'da verilmiştir. Toplam THM (TTHM) dikkate alınarak sonuçlar incelendiğinde, TTHM'in 20-295 µg/L arasında salınım yaptığı görülmektedir. Maksimum THM konsantrasyonuna sahip numune noktasının N11 olduğu, minimum değere sahip noktanın ise N9 olduğu görülmektedir. Yeraltı su kaynakları olarak kullanılan kuyuların yakınında yerleşim bölgelerinin bulunmaması havzanın korunması açısından önemlidir. Numune alınan yeraltı suyu kaynaklarının birçoğunun yakınında tarım ve besicilikle faaliyetlerinin yapıldığı köyler olduğu için su havzalarının bu kaynaklarla kirletilmiş olması muhtemel görülmektedir. Yeraltı su kaynaklarının dezenfeksiyon işlemi kaynağın hemen çıkışında damla klorlama ile yapılmaktadır. Bu nedenle klor dozunun gereğinden fazla verilmesi de THM oluşumunu artırıcı etki olarak gösterilebilir (Aydın ve ark., 2005).

Tablo 2.10. Kuyu suyu örneklerinde tespit edilen THM konsantrasyonları (µg/L) (Aydın ve ark., 2005).

	Kuyu Suyu Numune Noktaları											
	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20
Kloroform	.*	20	.*	.*	.*	.*	.*	.*	.*	.*	.*	.*
Bromodiklorometan	.*	90	100	85	.*	40	.*	.*	20	.*	100	100
Dibromoklorometan	.*	90	95	85	40	30	.*	.*	20	95	95	92
Bromoform	20	.*	100	.*	.*	25	.*	.*	20	90	90	90
TTHM	20	200	295	170	40	95	.*	.*	60	185	285	282

*Tespit edilememiştir.

Haziran 2019 Yılında Zonguldak Ulutan Baraj suyuna ait numuneler üzerinde yapılan çalışmada THM Konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimler tespit edilmiştir. Yüzeysel Hamsu numunelerinde Organik Maddeyi temsil eden TOK, UV_{254} , SUVA parametrelerinin analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TOK miktarı 5,37 mg/L ile 4,84 mg/L aralığında, UV_{254} değerleri 0,16 ile 0.118 cm^{-1} aralığında ve bu değerlerle ilişkili olarak SUVA ölçümleri ise 3,26 L/mg.m ile 2,27 L/mg.m aralığında tespit edilmiştir. Bu çalışmada Ulutan baraj suyu örneklerinin klorlanması sonucunda maksimum THMOP değeri (349,89 $\mu g/L$) kış ayında tespit edilirken en düşük THMOP değeri (214,36 $\mu g/L$) yaz ayında ölçülmüştür. Diğer bir ifade ile SUVA miktarı (3,26 L/mg.m) maksimum olan hidrofobik ÇOM içeren su örneklerinin klorlanması neticesinde meydana gelmiştir. Diğer yandan minimum THMOP (214,36 $\mu g/L$) ise SUVA miktarı (2,27 L/mg.m) en düşük olan hidrofilik DOM ihtiva eden su numunelerinin klorlanması sonucu meydana gelmiştir (Akyüz, 2019).

İzmir içme suyundaki DYÜ derişimlerinin mevsimsel değişimini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Haziran 2006 ve Temmuz 2007 tarihleri arasında, üç farklı su kaynağından (Tahtalı Barajı, Balçova Barajı ve Yeraltı suyu) su sağlanmakta olan beş örnekleme noktasından içme suyu örnekleri toplanmıştır. Toplanan bu numuneler elektron detektörü olan bir gaz kromatografi cihazı ile EPA metod 551.1'e göre ölçüm yapılmıştır. Diğer yandan Tahtalı ve Balçova İçme Suyu Arıtma Tesisleri'nden alınan numunelerdeki organik madde miktarı ve brom iyonu konsantrasyonu da ölçülmüştür. Sıcaklık, pH ve klor dozu verileri ise tesislerin kendi analizlerinden elde edilmiştir. Bu parametreler, DYÜ derişimleri için oluşturulan çoklu regresyon modellerinde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında toplanan tüm numunelerde en yaygın olarak bulunan DYÜ'leri sırasıyla trihalometanlar, haloasetonitriller, kloropikrin ve halojenli ketonlar olduğu tespit edilmiştir. Balçova, Narlıdere ve Güzelbahçe ilçeleri için ortalama TTHM konsantrasyonu 20.78 ppb iken bu değer Hatay semtinden alınan içme suyu numunelerinde 94.71 ppb olarak tespit edilmiştir. Numune noktalarının tümünde maksimum DYÜ konsantrasyonları bahar döneminde, en düşük ise yaz ve sonbahar dönemlerinde ölçülmüştür. Tüm örneklerdeki TTHM derişimi Türkiye içme suyu standartlarına uygun olmakla birlikte Hatay semtinden alınan örneklerin %41'inde 2012'de yürürlüğe girecek olan sınır değeri aşmıştır. Çoklu regresyon analizi sonuçlarına göre sıcaklık ve toplam klor dozu DYÜ konsantrasyonlarını en fazla etkileyen parametrelerdir. Ayrıca, basit regresyon analizi uygulanarak TTHM ile toplam HAN'ler arasında oldukça yüksek bir korelasyon olduğu

bulunmuştur ($R^2=0.83$). Lojistik regresyon analizi ile elde edilen modeller ise belirlenen TTHM limit değerlerini aşma olasılığını %76 verimle tahmin edebilmektedir (Baytak,2007).

2003 yılında tamamlanan çalışmada Ankara içme suyu şebekesindeki THM oluşumu incelenmiştir. 25 farklı semtten bir yıl boyunca toplanan çeşme suyu örneklerinde ve şehrin yaklaşık %80'ine su temini sağlayan İvedik İçme Suyu Arıtma Tesisi (İAT) çıkışından yaz döneminde alınan örneklerde TTHM ve TOK analizleri yapılmıştır. Yaz aylarında, hamsudaki ortalama uçurulamayan organik karbon derişimi (UOK) 4.2 mg/L ölçülmüş olup arıtma tesisinde bunun %31'inin giderildiği saptanmıştır. Dağıtım şebekesindeki TTHM miktarı kış, yaz ve ilkbahar dönemlerinde sırasıyla, 25-55 µg/L, 25-105 µg/L ve 30-75 µg/L aralıklarında seyretmiştir. Tüm örneklerde kloroform en yüksek seviyede tespit edilirken, bromoforma nerdeyse hiç rastlanmamıştır. Semtlerin hepsinde TTHM miktarları yaz döneminde maksimum düzeylere ulaşmıştır. Dağıtım şebekesindeki altı aylık ortalama değerlere incelendiğinde, TTHM miktarlarının EPA birinci kademe limit değeri olan 80 µg/L'den düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, semtlerin %64'ünde TTHM miktarı EPA ikinci kademe limit değeri olan 40 µg/L'nin üzerinde seyrettiği tespit edilmiştir (Yetiş ve ark., 2003).

İçme suyu havzası olarak değerlendirilen Büyükçekmece Havzası'nda THM ve NDMA bileşiklerini varlığı araştırılmış ve oluşma potansiyelleri ile ilgili mevcut durum değerlendirilmiştir. İlkbahar aylarında alınan numunelerde toplam THM konsantrasyonu 258-429 µg/L, yaz ayı numunesinde 152 µg/L, kış ayı numunesinde ise 393 µg/L olarak tespit edilmiştir. Br konsantrasyonu 1.13-1.36 mg/L, ÇOK değeri ise 3.8-5.5 mg/L arasında tespit edilmiştir. SUVA ve ÇOK ölçümleri ile dezenfeksiyon yan ürünü oluşumu arasında doğrusal bir bağlantı elde edilememiştir (Yaman, 2010).

2005 yılında THM araştırmaları üzerine yapılan diğer çalışmada İzmit içme suyu dağıtım şebekesinde ve Yuvacık Barajı ham suyunda THM oluşumu, oluşan bileşiklerin dağılımı, THM oluşumunu etkileyen faktörler ve bu faktörler arasındaki ilişkilere ait bulgular ve yapılan modelleme çalışması açıklanmıştır. Şebekede THM oluşumu oldukça düşük, ortalama 9,69 µg/L'lik seviyeye sahiptir. Ham suda THM oluşumu ve türlerin dağılımı pH, reaksiyon süresi, klor dozu ve bromür konsantrasyonundan yüksek oranda etkilendiği tespit edilmiştir. THM, artan klor dozu, reaksiyon süresi, pH ve bromür konsantrasyonu ile sürekli artma eğilimindedir. Ham suda THM oluşumunu en çok reaksiyon süresi etkilediği ($r =0,610-0,924$), şebeke

suyunda ise THM oluşumu, en çok sıcaklıktan etkilenmiş olup bunu sırasıyla TOK derişimi ve mesafeye bağılı değişen bakiye klorun izlediği saptanmıştır. Bu üç etkinin bir sonucu olarak mevsimsel olarak değerlendirildiğinde İzmit içme suyunda en yüksek THM oluşumu yaz aylarında 15.03 µg/L olarak görülmüştür (Ağra, 2005).

2.7. Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisi

Ülkemizin İçme Suyu Arıtma Tesisi Projeleri içinde mali ve fiziksel unsurları açısından en önemli yatırımlarından biri olan “Konya Ovası Projesi” kapsamında inşa edilen Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisi, Konya ili umra ilçesi Seçme Köyü mevkiinde, 115.000 m² bir arazi üzerine kurulmuştur. Tesis lkemizin en büyük içme suyu arıtma tesislerinden biri olması yönüyle ne çıkmakta olup 2018 yılı Haziran ayı içerisinde faaliyete girmiştir. 366.850 m³/gün arıtma kapasitesi ile başta Konya il merkezi olmak üzere, umra ile merkezi, İçeri umra mahallesi ve civar yerleşim bölgelerinde yer alan yaklaşık 3 milyon kişinin, 2045 yılına kadar sağlıklı, kaliteli, temiz, güvenli ve kesintisiz içme, kullanma ve endüstriyel su ihtiyacını karşılamak üzere inşa edilmiştir.

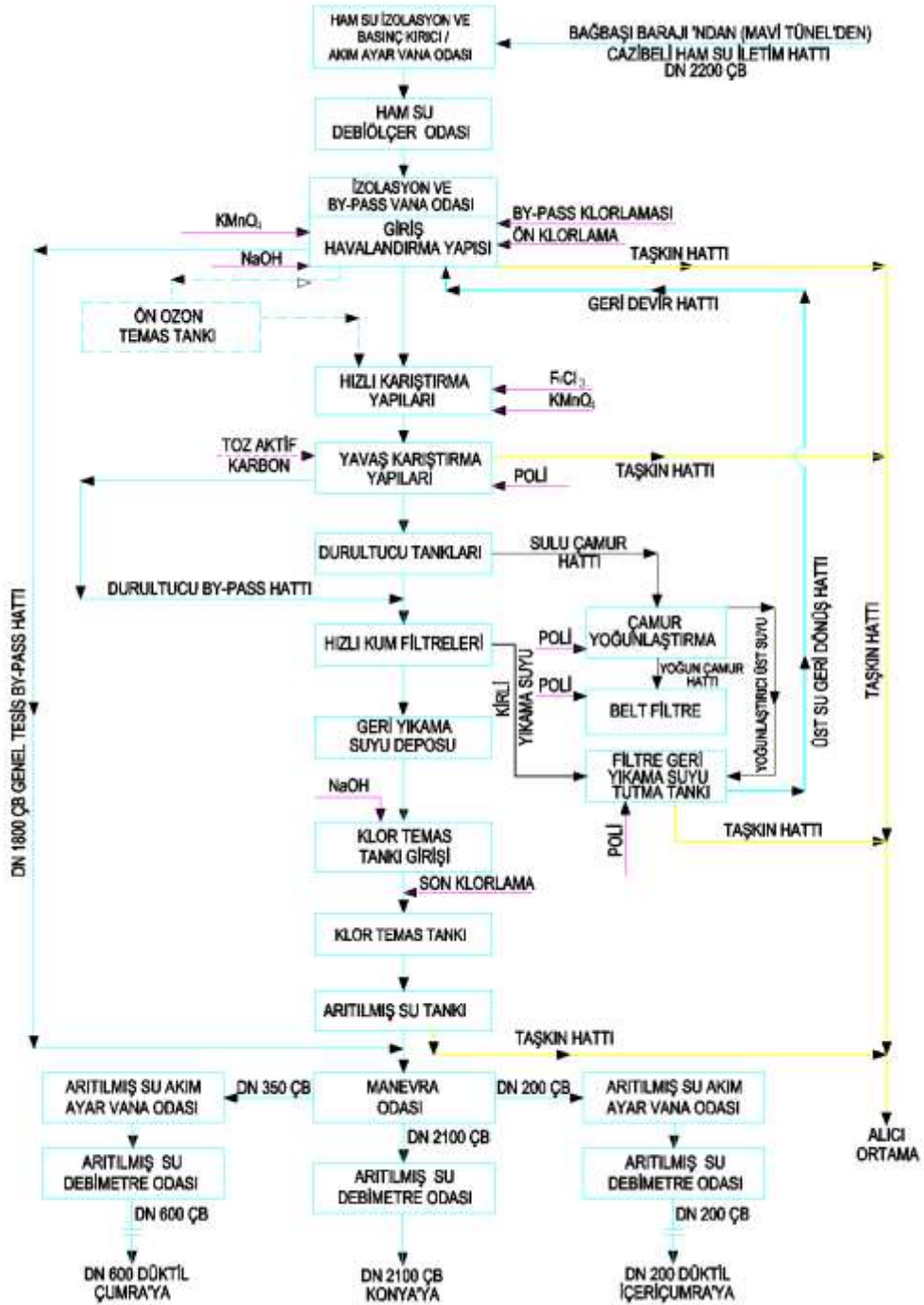
Proje kapsamında, Doğu Akdeniz Yukarı Göksu Havzasından Akdenize akmakta olan Göksu Nehrine ait memba suyunun, 17 km uzunluğunda Mavi Tünel Hattı kullanılarak Konya Kapalı Havzasına aktarılması amaçlanmıştır. Konya ilinin Hadim ilçesi Bağbaşı köyünün 1 km kuzey batısında ve Göksu nehri üzerinde yer alan Bağbaşı, Bozkır ve Afşar Barajlarında tutulan hamsu, Mavi Tünelin Regülatörü çıkışında yer alan içme suyu branşmanından, DN2200 mm çapındaki 52 km’lik cazibeli bir elik isale hattı ile, Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisine ulaştırılmaktadır. Otomasyon sistemleri ve modern teknolojiler ile arıtılan su, arıtma tesisi çıkışından 31 km’lik cazibeli bir elik isale hattı ile Konya il merkezi içmesuyu şebekesine iletilerek halkın kullanımına sunulmuştur. Arıtılmış su farklı branşmanlar vasıtası ile umra İlçesi ve İçeri Çumra Mahallesi halkına da iletilmektedir. Arıtılan su Sağlık Bakanlığı’nın İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, Dünya Sağlık rgt’nün Standartları, AB ve TS 266 Türk Standartlarına göre uygun niteliktedir. Yaklaşık dört yıldır faaliyette bulunan tesisten Konya iline 350 milyon m³ içme suyu arıtılarak şehir halkının sağlıklı içmesuyu ihtiyacı karşılanmıştır (Doğuş, 2018).

2.7.1. Tesisteki üniteleri

2013 yılında ihale edilen tesis 15 Haziran 2018 tarihinde işletmeye alınmıştır. Bu tarihten itibaren 4 yıl içerisinde kente verilen su miktarı yaklaşık 350 milyon m³'tür. Mavi Tünel İçme suyu Arıtma Tesisinin devreye girmesi ile birlikte Konya'ya cazibeli olarak içme suyu iletmeye başlanmış olup daha önce su temininin sağlandığı 183 adet yeraltı su kuyusu devre dışı kalmıştır. Devreye alınan proje sistemleri ile Konya ilinin yaklaşık %97'sine Mavi Tünelden gelen içme ve kullanma suyu iletilmektedir. Tesisteki arıtma proselerini belirlemek için öncelikle Bağbaşı Barajına ait ham su kalite analizleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmış, sonrasında Afşar ve Bozkır Barajlarının ham suyunun Bağbaşı Barajına aktarılması ile ortaya çıkacak harmanlanmış su kalitesi değerlendirilmiştir. "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" ve "İçmesuyu Elde Edilen veya Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik" esaslarına göre yapılan değerlendirme sonucunda minimum, ortalama ve maksimum değerleri standartlar üzerinde olan ve artırılması gerekli görülen parametreler belirlen ve arıtma prosesleri seçilmiştir. Ham su kalitesinin değerlendirildiği bölümde daha detaylı olarak açıklandığı üzere fekal koliform, salmonella, 37 °C ve 22 °C'deki koloni sayıları, fekal streptokok, koliform bakteri, renk, sıcaklık, mangan, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve demir parametrelerin uygulanacak arıtma prosesi ile yukarıda adı geçen Yönetmeliklerde belirtilen sınırların altına çekilmesinin gerekli olacağı sonucuna varılmıştır. Buna göre seçilen proses havalandırma, ön klorlama, durultma, filtrasyon, son klorlama ve çamur bertarafı (çamur yoğunlaştırma ve çamur susuzlaştırma) ünitelerinden oluşan fiziksel ve kimyasal arıtma esasına dayalı konvansiyonel bir arıtma prosesidir (Doğuş, 2018).

Tesiste dezenfeksiyon, ilk aşamada klor kullanılarak ön klorlama ve son klorlama yapılmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Tesiste durultucu olarak plakalı tipte durultucular, filtre olarak hızlı kum filtreleri kullanılmıştır. Arıtma işlemlerinde kullanılması öngörülen demir III klorür (FeCl₃), polielektrolit, kostik soda ve potasyum permanganat dışında, ileride ihtiyaç duyulabilecek kimyasal maddelerin (toz aktif karbon gibi) kullanılabileceği, arıtma tesisi projelerinin hazırlanması sırasında dikkate alınmıştır. Tesiste arıtma işlemlerinde kullanılacak kimyasalların (FeCl₃, polielektrolit, kostik soda ve potasyum permanganat) bulunacağı kimya binası projelendirilmiştir. Kimya binasında, arıtma işleminde kullanılacak FeCl₃, polielektrolit, kostik soda ve potasyum permanganat için depolama, çözelti hazırlama ve servis tankları ile dozlama sistemleri bulunmaktadır. Ayrıca, tesiste çamur bertarafı amacıyla, çamur

yoğunlaştırma ve susuzlaştırma üniteleri bulunmaktadır. Yukarıdaki açıklamalar ışığında hazırlanan “Konya İçmesuyu Arıtma Tesisi Proses Akım Şeması” Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. İçmesuyu arıtma tesisi proses akım şeması (Doğu, 2018).

2.7.2. Ham su iletim hattı

Bağbaşı Barajı'ndan çıkan 4200 mm çapındaki Mavi Tünelin mansabında yer alan denge bacası sonrasındaki içmesuyu branşmanından alınacak ham suyun, DN2200 mm çapındaki 52 km'lik cazibeli bir isale hattı ile içmesuyu arıtma tesisine ulaştırılması sağlanmaktadır. Arıtma tesisi girişinde, gerektiğinde ham suyun izolasyonu, by-pass'ı ve debisinin kontrolü amacıyla izolasyon ve basınç kırıcı / akım ayar vana odası, ham su akım ölçer (debimetre odası), giriş-havalandırma yapısı – izolasyon ve by-pass vana odası teşkil edilmiştir. İzolasyon ve by-pass vana odası içerisinde, havalandırma ünitesine giriş kontrol vanası ve tesis genel by-pass hattı izolasyon vanası bulunmaktadır.

2.7.3. Ham su izolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odası

Arıtma tesisine ham su, Bağbaşı Barajından yeni yapılacak DN2200 mm'lik çelik boru cazibe hattıyla gelmektedir. DN2200 mm'lik ham su iletim hattının çapı, arıtma tesisi yerleşim alanı içerisine girdikten sonra DN 2200/1800 mm'lik bir redüksiyonla küçültülmektedir. Redüksiyondan sonra teşkil edilen pantolonla DN 1200 mm'lik 2 branşmana ayrılan hattın her birisi üzerinde 1 adet DN1200 mm çapında motor kumandalı izolasyon vanası ile 1 adet DN1200 mm çapında basınç kırma/akım ayar fonksiyonunu yerine getirecek plunger tip kontrol vanası bulunmaktadır. Bu vana odası, Bağbaşı Barajı'ndan arıtma tesisine gelecek olan ham suyun gerektiğinde izolasyonu ve fazla basıncının (enerjisinin) kırılması amacı ile teşkil edilmiştir. Her branşman üzerindeki plunger vanaların öncesinde ve sonrasında, iletim hattındaki basıncın tespit edilmesi amacıyla 2 şer adet basınç göstergesi kullanılmaktadır. İzolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odasının drenajı için DN150 mm'lik çelik boru kullanılmıştır.

Arıtma tesisine alınacak ham suyun debisini kontrol etmek amacıyla teşkil edilmiştir. İzolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odasından sonra teşkil edilen debimetre odasında, DN1000 mm'lik her bir iletim hattı üzerinde 1 adet olmak üzere, DN1000 mm çapında elektromanyetik tip debimetre bulunmaktadır. Debimetre odasının drenajı için DN150 mm'lik çelik boru kullanılmıştır. Arıtma tesisine alınacak ham suyu ileten hat, ham suyun basıncının ve debisinin kontrol edildiği izolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odası ile ham su debimetre odasından geçtikten sonra DN1200 mm'lik 2 hat olarak giriş-havalandırma yapısı içindeki by-pass vana odasına

ulaşmaktadır. Bu odaya ulaşan DN1200 mm'lik her bir hat üzerinde, 1 adet motor kumandalı kelebek izolasyon vanası bulunmaktadır. By-pass vana odasında bulunan DN1800 mm çapındaki motor kumandalı kelebek by-pass izolasyon vanası ise, gerektiğinde ham suyun ön klorlaması yapıldıktan sonra DN1800 mm'lik çelik borudan mamul genel tesis by-pass hattına verilmesinin temini için kullanılacaktır. Arıtma tesisinde olağanüstü bir arıza veya bakım meydana gelmesi durumlarında hamsuya klorlama işlemi yapılarak by-pass edilecek ve doğrudan şebekeye verilebilecektir.

Giriş-havalandırma yapısı giriş bölmesine alınacak ham suyun, kaskatlara girişini kontrol eden 2 adet 1.600 mm x 1.600 mm boyutundaki motor kumandalı sürgülü kapak kapatılmak ve by-pass izolasyon vanası açılmak suretiyle ham suyun genel tesis by-pass hattına verilmesi sağlanmış olacaktır. Debimetre değeri tesis giriş debimetre odasına yerleştirilmiş Elektromanyetik debimetre göstergesinden, MCC1 Panosunun yanında bulunan PLC Panosunun ekranından, ana PLC Panosu üzerinden ve SCADA odasından okunmaktadır (Doğuş, 2018).

2.7.4. Havalandırma ünitesi

Arıtma tesisine alınacak ham su, basıncının ve debisini kontrol edildiği izolasyon ve basınç kırıcı/akım ayar vana odası ile ham su debimetre odasından geçtikten sonra giriş-havalandırma yapısına ulaşmaktadır. 2 bölmeli olarak düzenlenen kaskat havalandırma bölümüne ham su girişi, 2 adet motor kumandalı 1.600 mm x 1.600 mm boyutunda sürgülü kapakla kontrol edilmektedir. Havalandırma prosesi ile serbest karbondioksit ile hidrojen sülfürün ham sudan ayrılması gerçekleşmektedir. Ham sudaki çözülmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu arttırılarak demir (Fe) ve manganın (Mn) bertarafı için oksidasyonu sağlanmaktadır. Ayrıca bu ünite ile suyun tat ve koku giderimi de sağlanmaktadır.



Şekil 2.3. Havalandırma ünitesi

Havalandırma bölümü 366.850 m³/gün kapasiteye göre tasarlanmış ve 2 bölmeli olarak projelendirilmiştir. Havalandırma kaskatlarının gerektiğinde by-pass edilmesi için, giriş kanalı çıkış bölümünde 2 adet 1.600 mm x 1.600 mm boyutunda motor kumandalı sürgülü kapak kullanılmaktadır. Proje debisinde giriş-havalandırma yapısı giriş bölümünde tesise normalden fazla su gelmesi halinde, gelen fazla suyun uzaklaştırılması için bir taşkın savağı teşkil edilmiştir. Bu bölümde ayrıca, tesise gelen ham su numunesini idare binasındaki laboratuvara iletecek bir numune alma pompası konumlandırılmıştır. Her biri 50 cm'lik düşüm yüksekliğine ve dört aşamalı savak yapısına sahip olan kaskat tipi havalandırma yapısı ile minimum %60'lık oksijen konsantrasyonu sağlanmaktadır. Havalandırma yapısı giriş kanalında ayrı bir taşkın savağı da teşkil edilmiştir. Bu savak vasıtasıyla; tesise aşırı su debisi gelmesi ve debinin gelmesi halinde seviyeyi kontrol edecek taşkın yapısı görevini üstlenmiştir. Taşkın savağından savaklanacak fazla su, taşkın şaftından DN1800 mm'lik çelik boru hattı ile taşkın sistemine iletilmektedir. Havalandırma yapısı girişinde, Havalandırma yapısı by-pass hattı ile gerektiğinde ünite by-pass edilecektir. Kaskatlarda havalandırılan su, her bölmenin çıkışında bulunan izolasyon amaçlı 1.600 mmx1.600 mm boyutundaki motor kumandalı sürgülü kapaklardan geçtikten sonra, giriş-havalandırma yapısı çıkış bölümüne ulaşmaktadır. Havalandırılmış suya uygulanacak ön dezenfeksiyon, klor kullanılarak bu bölümde gerçekleştirilmektedir. Demir ve manganın oksidasyonu ile, hamsu içeriğindeki zararlı mikroorganizmaların yok edilmesini ve tesisteki olası alg

oluşumunu engellemek amacı ile suya havalandırmadan sonra önklorlama işlemi uygulanmaktadır. Ön klorlama dozaj hattından alınacak bir branşman ile klorun gerektiğinde giriş-havalandırma yapısı giriş bölümüne de dozlanması imkanı sağlanmaktadır. Bu bölüme gerektiğinde yapılacak dozlama ile kaskatlarda alg oluşumuna ve birikimine engel olunabileceği gibi, ham suyun ön klorlaması yapılmış olarak genel tesis by-pass hattı vasıtasıyla kente gönderilebilmesi de sağlanmaktadır. Bu bölmeye, işletmede gerekli olabileceği düşünülerek kostik soda dozlaması yapılabilmesi için, dozaj hattı çekilmiştir. Ayrıca ham suda standartlarda izin verilen değerlerin üzerinde demir ve mangan bulunduğundan, bu parametrelerin değerlerinin standartlarda yer alan değerlerin altına çekilmesi amacıyla, potasyum permanganat ($KMnO_4$) dozlaması yapılabilmesi için de imkan sağlanmıştır. Filtre geri yıkama suyu tutma tankından tesis girişine döndürülecek geri devir suyu, giriş – havalandırma yapısı çıkış bölümüne DN350 mm'lik çelik boru ile iletilmektedir. Ön klorlaması yapılan havalandırılmış su, havalandırma yapısı çıkış kanalından DN2200 mm'lik çelik boru ile 1,14 m/s hızla hızlı karıştırma yapısına iletilmektedir. Tesiste ileride gerekmesi halinde ön ozonlama yapılabilmesi için, giriş-havalandırma yapısı çıkış bölümünde bu aşamada önlem alınmıştır. İleride yapılabilecek ön ozon(O_3) temas tankına gerekli bağlantının sağlanabilmesi için, bu aşamada yapının çıkış bölümünde, DN2200 mm'lik 1 adet çıkış imkanı bırakılmış ve ilk aşamada ağı körflanşla kapatılmıştır (Doğu, 2018).

2.7.5. Ön ozonlama ünitesi

Konya Mavi Tünel İçme Suyu arıtma tesisimizde hem ön dezenfeksiyonu sağlamak hem de çeşitli kirlilik bileşiklerini oksitlemek ve klorlama sebebiyle kaynaklanabilecek trihalometan oluşumunu kaynaktan yok etmek amacı ile ileride gerekmesi halinde giriş-havalandırma yapısından sonra ön klorlama yerine ön ozonlama yapılabilmesi için bu aşamada önlem alınacaktır.

2.7.6. Hızlı karıştırma ünitesi

Giriş-havalandırma yapısından (ileride yapılırsa ön ozon temas tankından) sonra teşkil edilen hızlı karıştırma yapılarının amacı, bu yapıda suya karıştırılacak ve koagülasyon için gerekli pıhtılaşmayı sağlayacak olan $FeCl_3$ 'ün ham suya homojen ve etkili olarak karışmasını sağlamaktır. İşletmede oluşacak şartlara göre, bu bölmede $KMnO_4$ dozlaması için de imkan sağlanmıştır. Bu yapının giriş bölümünde, ileride yapılması söz konusu olabilecek ön ozon sisteminden gelecek, ön ozonlaması yapılmış

suyun girişi için, toplam 1 adet DN2200 mm'lik giriş borusu duvar geçiş parçası konularak bu aşamada ağzı kr flanşla kapatılmıştır. Tesisin kapasitesinin büyüklüğü dikkate alınarak hızlı karıştırma yapısı, toplam 3 bölmesi olarak düzenlenmiştir. Bu karıştırma bölmelerinden 1 tanesi, herhangi bir arıza durumunda, arızalı ünite için yedek olarak hizmet verecektir. Ayrıca, tesiste kullanılacak ve hızlı karıştırma ünitesinde dozlanacak ana koagulant madde ($FeCl_3$) ile yavaş karıştırma ünitelerinde dozlanacak koagulant yardımcısı/flokülant maddenin (PE) dozlanmaları arasında, 2-4 dakikalık bir srenin geçmesinin işletmede son derece yararlı olacağı dikkate alınarak, hızlı karıştırma üniteleri, yavaş karıştırma ünitelerinden ayrı olarak düzenlenmiştir. Her bir hızlı karıştırma bölmesinin girişi, 1.800 mm x 1.800 mm boyutundaki motor kumandalı sürgülü kapaklarla izole edilmiştir. Her bir hızlı karıştırma bölmesi, normal işletme şartlarında 3 durultucuya hizmet vermektedir. Hızlı karıştırma ünitelerinin çıkış bölmesinde yer alan ve her bir 3'l grup yavaş karıştırma ve durultuculara dozlanmış suyu iletecek DN2400 mm'lik boruların girişinde bulunan 2.400 mm x 2.400 mm boyutundaki motor kumandalı sürgülü kapaklar gerektiğinde kapatılarak, 3 yavaş karıştırıcı ve durultucudan oluşacak 1 grubun izolasyonu sağlanmıştır. Hızlı karıştırma yapısı çıkış kanalında 4,00 m genişliğinde bir taşkın savağı teşkil edilmiştir (Doğuş, 2018).

2.7.7. Yavaş karıştırma nitesi

Hızlı karıştırma yapısı çıkış bölmesinden DN2400 mm'lik elik borularla (0,48 m/s), her biri 3 üniteden oluşan yavaş karıştırma ve durultucu grubuna ulaşacak havalandırılmış ve koagulant dozlaması yapılmış ham suyun, yavaş karıştırıcı ve durultucu ünitelerine dağıtımı, dağıtım kanalında sağlanmaktadır. Her durultucu girişinde durultuculara bitişik olarak konumlandırılan ve ardışık 2 bölmeden oluşan yavaş karıştırma üniteleri bulunmaktadır. Yavaş karıştırma havuzlarında gerçekleştirilecek flokülasyon işlemi, elektrik yüklü haldeki kolloidal maddelerdeki yüklerin boşaltılarak nötrleştirilmesi ve akabinde bir araya gelerek yumaklar oluşturması ile sağlanmaktadır. Hızlı karıştırma yapısında kimyasal maddelerin tatbiki ile oluşan mikro flokların, bu yapıda uygulanacak uygun hız gradyanı ve ilave edilecek koagulant yardımcısı polielektrolit ilavesiyle birbirlerine çarparak yapışıp daha kolay çökebilme yeteneğine kavuşması sağlanmaktadır. Yavaş karıştırma ve durultucu grubu dağıtım kanalına ulaşan suyun, hızlı karıştırma yapısında tatbik edilen koagulant madde dozlaması sonucu oluşan mikro floklar kırılmadan her bir yavaş karıştırıcı bölmesine

alınması, 1.800 mm x 1.800 mm boyutundaki sürgülü kapaklarla 0,22 m/s hızla izole edilen açıklıklardan geçişi ile sağlanmaktadır. Bu kapaklar kapatılarak her bir yavaş karıştırma ve durultucu ünitesi devre dışı bırakılabilecektir. Yavaş karıştırma yapıları dağıtım kanalına ulaşan suyun bulanıklığının 3 NTU ve altında olduğu dönemlerde, istenildiği takdirde bu kanalda yer alan 1.600 mm x 1.600 mm boyutundaki sürgülü kapak kullanılarak ve suya kimyasal madde dozlaması yapılmadan durultucuların by-pass edilmesi ve suyun DN1600 mm'lik by-pass boruları ile 1,08 m/s hızla doğrudan hızlı kum filtrelerine verilebilmesi mümkündür (Doğuş, 2018).

2.7.8. Durultucu ünitesi

Durultucu havuzlara dağılım: Yavaş karıştırma yapısında boyutları büyümüş ve çökebilme yeteneğine sahip hale gelmiş flokların çökmesi için gerekli proses ve süre durultucu yapısında uygulanmaktadır. Flok oluşumunu yavaş karıştırma yapılarında tamamlayan su, her yavaş karıştırma yapısının 2. bölümü tabanından çıkan DN1600 mm çapındaki çelik boru ile durultucu yapılarının merkezine ulaşmaktadır. Durultucu merkezinde DN1600 mm çapındaki şaftta yükselen su, daha sonra şaft üzerindeki 0,60 m genişliğindeki 4 adet açıklıktan geçtikten sonra, aşağıya doğru yön değiştirerek bir deflektör vasıtasıyla durultucu ortamına dağıtılmaktadır.



Şekil 2.4. Yavaş karıştırma ve durultucu üniteleri

Durultucu havuzlarında, yavaş karıştırma yapısında dane boyutları büyümüş ve çökebilme yeteneğine sahip flokların çökmesi için gerekli olan süre sağlanmaktadır. Flok oluşumunu yavaş karıştırmada tamamlayan su, yavaş karıştırma perdesi üzerinden aşağı yönlendirilerek durultucuya alınır. Durultucularda çökeltme verimini artırarak gerekli yüzey alanını küçültmek amacıyla 58⁰ eğimli lamella modülleri kullanılmıştır.

2.7.9. Filtrasyon ünitesi

Konya İçmesuyu Arıtma Tesisi'nde filtreler, sabit hızlı ve sabit seviyeli çift gözlü hızlı kum filtreleri tipinde projelendirilmiştir. Filtre ortamı içinden sıvının geçebilmesi için, itici güç olarak suyun girişi ile çıkışı arasında bir hidrolik profil oluşması gereklidir. Durultucularda tutunamayıp filtre ortamına ulaşan katı maddelerin ebat ve yapılarına bağlı olarak oluşan filtre keki, ince gözenekli bir tabaka oluşturarak kendisi filtre ortamı vazifesi görmekte ve filtrasyon işlemi devam ettikçe belirli bir kek kalınlığına ulaşınca gerçek filtre ortamı fonksiyonunu yitirerek yukarıdaki kek tabakasını taşımaktan başka bir görev yapamamaktadır. Durulmuş suyun içinde bulunan askı halindeki katı maddeler yukarıda bahsedildiği gibi filtre yatağında tutulduğundan, yatağın zaman içerisinde geçirgenliği azalmakta ve belirli bir süre sonra yıkanması gerekmektedir. Kum yatağın yıkanması etkili bir şekilde yapılmalı ve yıkamadan sonra yatakta kir kalmaması sağlanmalıdır.



Şekil 2.5. Hızlı kum filtreleri

Filtre geri yıkama sistemi devreye girmesi tıkanma sürecini esas alacak, ancak acil durumlarda da zaman ve manuel müdahale yapılabilecek şekilde otomasyonu ve SCADA sistemi tasarlanacaktır. Yıkama sistemindeki ekipmanlar otomasyona ve SCADA'ya bağlı olarak otomatik devreye girebilmektedir. Filtre malzemesine ait bilgiler Tablo 2.11'de verilmiştir (Doğuş, 2018).

Tablo 2.11. Filtre yatağı malzemesinin dane büyüklüğü ve miktarları (Doğuş, 2018)

Filtre Yatağı Malzemesi	Efektif dane çapı (mm) %10 - %80	Filtredeki tabaka kalınlığı (cm)	24 adet filtrenin toplam yüzey alanı (m ²)	Filtre yatak malzeme miktarı (m ³)
Kum	0.8 ~ 1.2	100		2457,6
İnce Çakıl	2.4 ~ 4.8	10	2457	245,7
İnce Çakıl	6.0 ~ 9.5	10		245,7

2.7.10. Filtre geri yıkama işlemi

Filtreler 1. aşamada hava ile yaklaşık 5 dak. (2 adet hava körüğü ile), 2. aşamada su ve hava ile yaklaşık 3 dak. (2 adet hava körüğü ve 1 adet geri yıkama suyu pompası ile) ve daha sonra 3. aşamada sadece su ile yaklaşık 7 dak. (2 adet geri yıkama suyu pompası ile) yıkanarak temizlenmektedir. Bu süreler işletmede oluşacak şartlara göre değişiklik gösterebilir. Hava ile yıkama işlemi için seçilen hava debisi $60 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ olup, gerekli toplam hava körüğü kapasitesi $6.144 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'tir. 2 asıl + 1 yedek olmak üzere $3.072 \text{ m}^3/\text{h}$ (600 mbar) kapasiteli toplam 3 adet hava körüğü kullanılmaktadır. Hava iletim borusu çapı DN 300 mm seçilmiştir. Su ile geri yıkama işlemi için kullanılan su debisi $26 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ olup, gerekli toplam geri yıkama suyu pompası kapasitesi $2.662,40 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'dir. 2 asıl + 1 yedek olmak üzere $1.332 \text{ m}^3/\text{sa}$ kapasiteli toplam 3 adet geri yıkama suyu pompası kullanılmaktadır. Geri yıkama suyu iletim borusu çapı DN700 mm seçilmiştir.

2.7.11. Klor temas tankı ve arıtılmış su deposu

Bu bölmenin amacı, tesiste bu aşamada kullanımı öngörülmeven, ancak ileride ihtiyaç duyulması halinde, arıtılmış su pH'nın, pHs + 0,2 seviyesine getirilebilmesi için kullanılması gerekebilecek kostik soda ile suyla optimum karışımın sağlanmasıdır. Filtrelerden toplanan sular bir boru hattı vasıtasıyla temas tanklarına iletilmektedir. Filtrelenen su temas tanklarına girmeden önce sırasıyla şu düzenlemeler yapılmaktadır. Filtrelenmiş su hattında pH ve bulanıklık sensörleri monte edilmiştir, filtrelenmiş sudaki bakiye klor ölçüm sayacı için sürekli numune alınması sağlanmıştır, son klor dozlaması ve hızlı dağılımı sağlanmıştır, son pH ayarı için kimyasal dozlaması ve hızlı dağılımı sağlanmıştır.

Hızlı kum filtrelerinden geçen filtrelenmiş suyun, tüketiciye verilmeden önce dezenfeksiyonunun yapılması amacıyla kullanılacak klor temas tankı, 2 gözlü (böylece gözlerden birisi tamir veya bakım vs. gibi nedenlerle devre dışı kaldığında diğer göz kullanılabilir) ve şaşırtmalı perdeli olarak teşkil edilmiştir. Her iki göze de eşit dağıtım sağlayabilmek için klor temas tankı girişinde bir dağıtım/dengeleme bölmesi bulunmaktadır. Burada konumlandırılacak sürgülü kapaklar vasıtasıyla istenilen bölme devre dışı bırakılabilecektir. Klor temas tankı toplam 8.176 m^3 kapasitelidir Klor temas

tankı girişinde arıtılmış suya klor dozlaması yapılmaktadır. Klor dozlaması yapılan arıtılmış su, betonarme bölüm içindeki şaşırtmalı perdeler vasıtasıyla daha verimli bir şekilde karışımını ve klorla kimyasal reaksiyonunu tamamlamaktadır. Bu amaçla, arıtılmış suyun tüketiciye emniyetli bir şekilde ulaşmasının sağlanması için uygulanan dezenfeksiyonun, 30 dakikalık temas süresini sağlaması öngörülmüştür (Doğuş, 2018).

Klorlanmış suyun, doğrudan arıtılmış su isale hattına vermeden önce dinlendirilmesi amacıyla, klor temas tankına bitişik, iki gözlü, prizmatik ve manevra odalı, betonarme bir arıtılmış su tankı teşkil edilmiştir. Klor temas tankından, su savaklanarak temiz su tankına geçiş yapar. Temiz su tankı 15.286 m³ kapasitelidir. Bu durumda bekletme süresi yaklaşık 1 saat olacaktır. Temiz su tankındaki yönlendirme perdeleri vasıtasıyla hem suyun tank içerisinde kısa devre yapmadan dolaşarak gelmesi sağlanmakta, hem de tanka boruların giriş ve çıkışını aynı yönde yapmak imkanı elde edilmiştir (Doğuş, 2018).

2.7.12. Çamur yoğunlaştırma ve çamur susuzlaştırma ünitesi

İçme suyu arıtma tesislerinde çamur, çökeltme tanklarından çıkmaktadır. Çamur bertarafı sistemi olarak çamur yoğunlaştırma tankı ve belt filtre sistemi bulunmaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzlarında koyu kıvama getirilen çamur, çamur pompaları ile belt filtre bölümüne, çamur yoğunlaştırma havuzlarının üst suyu ise filtre yıkama suyu geri kazanım havuzuna ve buradan da gerekli görülmesi halinde tesis girişine terfi edilebilir. Çamur yoğunlaştırma havuzlarının fonksiyonu, sulu halde olan çamurun konsantrasyonunun artmasını sağlayarak içindeki katı madde içeriğini arttırmaktır. Yoğunlaştırma havuzuna verilen sulu çamurlar bu bölümde uzun süre bekletilmesi ve böylece kendiliğinden çökmesi ile yoğunlaşmaktadır. Çamurun daha kolay çökeliş için katyonik polielektrolit dozlanmaktadır.

2.7.13. Klor ünitesi

Tesise alınan ham suya ve genel tesis by-pass hattına ön klorlama, arıtılmış suya son klorlama tatbiki için tesis edilmiştir. Klorlama binası tesiste dezenfeksiyon için gerekli klorun depolanacağı klor varili deposunu, dozlama işleminin gerçekleştirileceği klorinatör odasını ve kontrol odasını içermektedir. Buster pompalar filtre makine bloğunda konumlandırılmıştır. Klorinatör odasında sesli ve ışıklı klor kaçak ihbar sistemine bağlı havalandırma sistemi, klor varili deposunda sesli ve ışıklı klor kaçak ihbar sistemine bağlı havalandırma ve yağmurlama sistemi bulunmaktadır. Ayrıca klor

varili deposunda klor varillerinin kaldırılması ve yerine konulması için kreyn kaldırma sistemi bulunmaktadır. Klor emniyet ekipmanı (maske, hava tüpü, koruyucu elbise, çizme, eldiven, gözlük vb.) kontrol odasında, acil duş ve göz yıkama sistemi bina dışında yer almaktadır. Ayrıca klor varillerinden olabilecek sızıntı ve kaçaklarda varilin içine atılacağı bir nötrleştirme çukuru ünite girişinde konumlandırılmıştır (Doğuş, 2018).



Şekil 2.6. Klor ünitesi

2.8. Tesis arıtma performansının değerlendirilmesi

İdare binası içinde modern bir su arıtma tesisinin günlük ihtiyaçlarını karşılayacak komple bir su kalite kontrol laboratuvarı tesis edilmiştir. Laboratuvar, ‘Su ve Atıksu İncelemesi İçin Standart Yöntemler’de detayları verilen prosedürlere göre gerekli fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizlerin istenilen hassasiyete göre yapılabilecek şekilde donatılmıştır. Laboratuvar biri fiziksel ve kimyasal testler (Kimya Laboratuvarı), diğeri bakteriyolojik testler (Biyoloji Laboratuvarı) için kullanılmak üzere iki ayrı alandan oluşmaktadır. Laboratuvar aşağıdaki ölçümlerin emniyetle ve

istenilen hassasiyette yapılabileceği tarzda donatılmış ve dizayn edilmiştir. Tesis çıkış suyunun, TÜRKAK tarafından akredite edilmiş KOSKİ merkez laboratuvarında periyodik olarak analizi yapılmaktadır. Tesiste ve KOSKİ Merkez Laboratuvarlarımızda yapılan analiz ve sonuçları aşağıdaki çizelgelerde belirtilmiştir. Tablo 2.12, 2.13 ve 2.14’de ham su ve arıtılmış suda tesis laboratuvarında yapılan fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler, Tablo 2.15’de ise merkez laboratuvarında yapılan kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Ölçülen sonuçlar İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’te belirtilen sınır değerlere uygunluğu açısından takip edilmektedir. Çizelgeler incelendiğinde tesisin veriminin iyi olduğu görülmektedir (Doğuş, 2018).

Tablo 2.12. Tesiste analizi yapılan fiziksel parametreler

Parametre	Birim	Standart değer	Ham su	Arıtılmış su	Verim (%)
pH		6,5-9,5	7,81	7,62	
İletkenlik	µS/cm	<2500	304	278	9
Bulanıklık	NTU	1	1,85	0,32	83
Sıcaklık	°C		21,8	21,8	
Renk	Pt/Co	20	<0,2	<0,2	
Koku			Normal	Normal	
Ç.Oksijen	mg O ₂ /lt		5,10	9,85	94

Tablo 2.13. Tesiste analizi yapılan mikrobiyolojik parametreler

Parametre	Birim	Ham su	Arıtılmış Su
Toplam Koliform	kob/100 ml	650	0
E.Coli	kob/100 ml	300	0
Enterokok	kob/100 ml	312	0

Tablo 2.14. Tesiste analizi yapılan kimyasal parametreler

Parametre	Birim	Standart değer	Ham su	Arıtılmış su	Art. Verimi
Alkalinite	mg CaCO ₃ /lt		168,5	151	% 10
Permanganat	mg O ₂ /lt		0,441	0,352	-
Silika	mg Si/lt		4,02	3,5	% 13
Nitrit	mg NO ₂ /lt	0,5	0,09	0,029	% 67
Nitrat	mg NO ₃ /lt	50	2,3	2,12	% 8

Amonyak	mg NH ₃ /lt		0,007	0,002	%71
Mangan	mg Mn/lt	0,05	0,041	0,006	%85
Demir	mg Fe/lt	0,2	0,017	0,009	%47
Alüminyum	mg Al/lt	0,2	-	0,015	-
Magnezyum	mg Mg/lt		-	8,42	-
pHs			-	0,15	-
Sertlik	FS	50	21	16	%23
Amonyum	mg NH ₄ /lt		0,007	0,002	%71
Sülfat	mg SO ₄ /lt	250	6,23	3,27	%47

Tablo 2.15. Merkez laboratuvarında analizi yapılan kimyasal parametreler

Parametre	Birim	Standart değer	Hamsu	Arıtılmış su	Verim (%)
Siyanür	µg CN/lt	50	4	2	50
Klorür	mg Cl/lt	250	3,06	4,57	-
Florür	mg F/lt		0,13	0	100
Fenol	mg C ₆ H ₅ OH/lt	0,005	<0,002	<0,002	-
AKM	mg /lt		8	0,8	90
T.Kjeldahl - N	mg /lt	1,5	0,02	0	100
Bor	µg/lt		15,75	<15	-
Baryum	µg/lt	1000	23,91	21,97	8
Kadmiyum	µg/lt	5	<0,5	<0,5	-
Kobalt	µg/lt		0,09	0,02	77
Toplam Krom	µg/lt	50	<2	<2	-
Bakır	µg/lt	2	2,49	4,65	-
Nikel	µg/lt	20	<1	<1	-
Kurşun	µg/lt	10	<1	<1	-
Çinko	µg/lt	5000	<7,5	22,32	-
Arsenik	µg/lt	50	1,35	<1	-
Selenyum	µg/lt	10	<0,5	<0,5	-
Civa	µg/lt	1	<0,07	<0,07	-
KOİ	mg /lt		3,06	2,14	30
BOİ	mgO ₂ /lt		0	0	-
TOC	mg /lt		1,02	0,71	30
Kalsiyum	mg /lt		53,27	53,18	-

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırılan Bileşikler ve Kullanılan Kimyasallar

Kloroform, bromodiklorometan, klorodibromometan, bromoform bileşiklerini içeren karışık 1000 µg/mL konsantrasyonundaki EPA Method 601 trihalometan (THM, in methanol) standardı ve methy chloroacetate (monochloro acetic acid) (MCAA), methyl bromoacetate (monobromo acetic acid) (MBAA), methyl dichloroacetate (dichloro acetic acid) (DCAA), dalapon methyl ester (dalapon) (Dalapon), methyl trichloroacateate (trichloro acetic acid) (TCAA), methyl bromochloroacetate (bromochloro acetic acid) (BCAA), methyl dibromoacetate (dibromo acetic acid) (DBAA), bromodichloroacetic acid methy ester (bromodichloro acetic acid) (BDCAA), chlorodibromoacetic acid methyl ester (chlorodibromo acetic acid) (CDBAA), methy tribromoacetate (tribromo acetic acid) (TBAA) bileşiklerini içeren EPA Method 6552.2 methyl haloasetik asit (HAA, in MTBE) standardı Absolute Standards'dan temin edilmiştir. Ekstraksiyon için kullanılan Metil Tert Butil Eter (MTBE) ve metanol solventleri, sodyum klorür, sodyum sülfat, sodyum bikarbonat, Sülfirik Asit (H₂SO₄) kimyasalları Merck firmasından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan deiyonize su Millipore marka safsu cihazından elde edilmiştir.

3.2. Su Örneklerinin Alınması

Konya İl Merkezinin ve İlçelerinin İçme ve Kullanma suyunun sağlandığı ağ şebeke sistemi kompleks bir yapıya sahip olup, hem İçme Suyu Arıtma tesisinden hem de farklı noktalarda açılmış olan yaklaşık 100 adet artezyen kuyularından şebeke beslemesi yapılmaktadır. Çalışma dönemini kapsayan 2021 Yılında ortalama su tüketimi 14.000 m³/sa olduğu tespit edilmiştir. Bu tüketimin yaklaşık %65'lik kısmı olan 9000 m³/sa su Mavi Tünel İçme Suyu Arıtma Tesisinden karşılanmakta olup kalan kısmı ise kuyulardan ve Akyokuş İçme Suyu Arıtma Tesisinden karşılanmaktadır. Tesiste Dezenfeksiyon amacıyla ön klorlama ve son klorlama işlemleri uygulanmaktadır. Ayrıca Şebekenin belirli noktalarına inşa edilmiş olan Hasanköy, Yazır, Alavardı, Akyokuş gibi Pompa İstasyonlarında da Gaz Klor İşlemi yapılarak bakiye klor dengesi sağlanmaktadır.

2021 Yılı'nın mevsimsel değişimini de izlemek adına Haziran, Eylül ve Aralık aylarında Tesis Ünitelerine ait 6 farklı noktadan ve Konya İli içme suyu şebekesinin 30 farklı noktasından numune alımı yapılmıştır. Numune alım noktalarına ait şematik plan

Ek.1’de verilmiştir. Su numuneleri bu çalışma kapsamında temin edilmiş olunan 1 L’lik kapaklı plastik şişelere alınmıştır. Analizlerin ölçümleri iki farklı laboratuvarda yapılacağı nedeniyle her noktadan 2’şer adet numune alımı yapılmıştır. Analiz öncesinde numunelerin +4 °C sıcaklıkta buzdolabında muhafazası sağlanmıştır. Numune alma işlemleri Bakanlıkça yetkili Numune Alma Personeli tarafından şahsen yapılmıştır. Sahada anlık ölçümü yapılması gereken Fiziko-kimyasal parametrelerden serbest klor, sıcaklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen ve pH değerleri numune alım noktasında ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

Su numunelerimizin temel fizikokimyasal parametrelerinden; bulanıklık, pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik, serbest klor ve bromür analizleri KOSKİ Laboratuvarlarımızda yapılmıştır. Ayrıca çalışmanın temel amacı olma niteliğindeki THM ve HAA analizleri ile UV, TOK, SUVA gibi öncül parametrelerin analizleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında tespit edilmiştir.

Su numuneleri 1 L’lik plastik kaplar kullanılarak Haziran, Eylül ve Aralık aylarında Tesis Ünitelerine ait 6 farklı noktadan ve Konya İli içme suyu şebekesinin (Selçuklu, Meram, Karatay ilçelerinden) 30 farklı noktasından alınmıştır. Şebekedeki her bir bölgede şebekeyi doğru şekilde temsil etmesi açısından son dezenfeksiyon ünitesine en yakın olacak şekilde bir nokta, son dezenfeksiyon ünitesine en uzak olacak şekilde bir nokta ve ara kısımlarda seçilen üç nokta dikkate alınarak numune noktaları belirlenmiştir. Her bir noktadan 1 L yedek olacak şekilde ISO 4796 standardına uygun plastik şişelere iki farklı şişede toplam 2 L numune alınmıştır. Numuneler alınıp en kısa zamanda laboratuvara getirilmiş ve deneyler süresince numuneler +4 °C’de karanlıkta saklanmıştır. Alınan numunelere ait bir görsel Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Analizi Yapılacak Numuneler

Tesis Ünitelerinden alınan Numune noktalarına ait kodlamalar Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tesis Ünitelerine ait numuneler

Sıra no	Ünite ismi	Kısa kod
1	Giriş Hamsu	T1
2	Havalandırma Çıkışı	T2
3	Ön Klorlama Çıkışı	T3
4	Durultucu Çıkışı	T4
5	Filtrasyon Çıkışı	T5
6	Son Klorlama (arıtılmış su deposu)	T6

Konya ili merkez ilçeleri olan Selçuklu, Meram ve Karatay'dan eş zamanlı numuneler toplanmıştır. Şehir şebekesine ait 30 farklı noktadan alınan numunelerin Numune noktalarına ait kodlamalar Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Şehir şebekesine ait numuneler

Sıra no	Ünite ismi	Kısa kod
1	Mehmet Akif Mahallesi-Cami	S1
2	Emniyet Caddesi-Cami	S2
3	Belediye-Cami	S3
4	Şefikcan Caddesi-Cami (Kuyu)	S4
5	Kelebekler Vadisi-Cami	S5
6	Yazır Mahallesi-Akınsoft	S6
7	Erenköy Mahallesi-Cami	S7
8	Hocacihan Cami	S8
9	Otogar	S9
10	Aydınlık Pompa İstasyonu (Kuyu Paçal)	S10
11	Bosna Hersek Mahallesi	S11
12	Buzlukhan Depo	S12
13	Sille Ak Mahalle	S13
14	Ulurmak Mahallesi-Cami	M1
15	Çomaklı Mahallesi-Cami (Kuyu)	M2
16	Çarıklar Mahallesi-Cami (M. Tünel)	M3
17	Alakova Mahallesi-Cami	M4
18	Hasanköy Pompa İstasyonu	M5
19	Hasanköy Pompa İstasyonu (Kuyu Paçal)	M6
20	Aymanas Mahallesi-Cami	M7
21	Tapu Kadastro-Cami	M8
22	Ahmet Özcan Caddesi	M9
23	Köyceğiz Mahallesi-Cami	M10
24	Yaka Mezarlığı	M11
25	Belh Kavşağı-Pastane	K1
26	Galericiler-Petrol	K2
27	Fetih Caddesi-Petrol	K3
28	Adliye-Cami	K4
29	Alaaddin-Zafer	K5
30	Tatlıcak Kuyu Hattı	K6



(a)

(b)

Şekil 3.2. Numune alma noktalarından kareler

Çalışma kapsamında alınan numunelere ait görseller Şekil 3.2.'de verilmiştir.

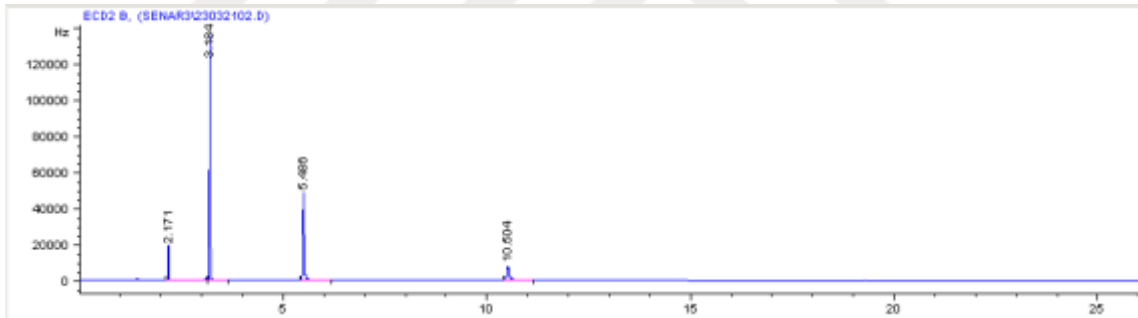


Şekil 3.3. Mavi Tünel İAT laboratuvar çalışmaları

3.3. GC- μ -ECD Analizleri

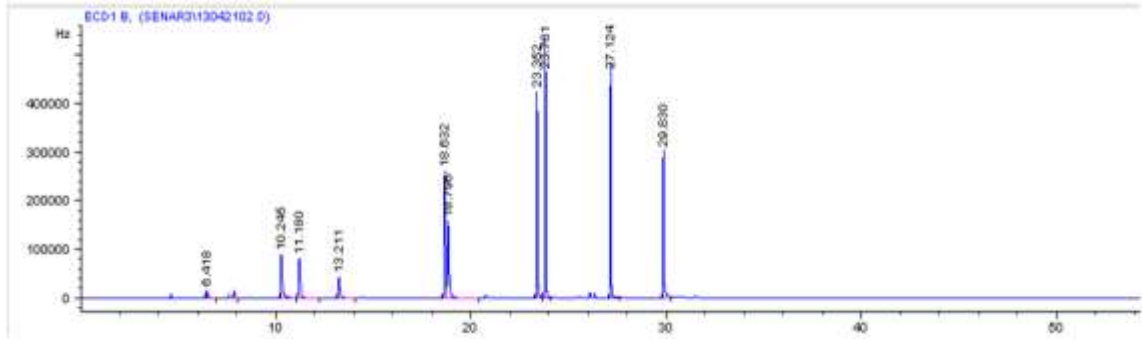
Metot optimizasyon çalışması için öncelikle GC- μ -ECD çalışma şartları optimize edilmiştir. Bunun için farklı sıcaklık programları ile çalışılmış ve en iyi pik ayrımı ve en iyi pik yüksekliğinin elde edildiği sıcaklık programı kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak yüksek saflıkta helyum, tamamlayıcı gaz olarak ise yüksek saflıkta nitrojen kullanılmıştır. GC- μ -ECD sisteminde HP-5 5% phenylmethyl siloxane fused silica capillary kolon (30 m uzunluğunda, 0.32 mm iç çapında ve 0.25 mm film kalınlığında) kullanılmıştır.

Şekil 3.4'de optimum çalışma şartlarında elde edilen 1 ng/ μ L konsantrasyonuna sahip THM standardının piki görülmektedir. Şekilde görülen pikler çıkış sırası ile kloroform, bromodiklorometan, klorodibromometan, bromoform bileşiklerine aittir. Bu program için fırın sıcaklığı 35 °C'de 10 dakika tutulmuş, ardından 15 °C/dakika hızında 280 °C'ye çıkartılmış ve bu sıcaklıkta 1 dakika beklenmiştir. Toplam analiz süresi 27.33 dakika sürmüştür. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları 200 °C olarak alınmıştır. Enjeksiyon miktarı 1 μ L'dir.



Şekil 3.4. THM standardı piki (çıkış sırası: kloroform, bromodiklorometan, klorodibromometan, bromoform)

Şekil 3.5'de optimum çalışma şartlarında elde edilen 1 ng/ μ L konsantrasyonuna sahip HAA standardının piki görülmektedir. Şekilde görülen pikler çıkış sırası ile MCAA, MBAA, DCAA, Dalapon, TCAA, BCAA, DBAA, BDCAA, CDBAA, TBAA bileşiklerine aittir. Bu program için fırın sıcaklığı 35 °C'de 9 dakika tutulmuş, ardından 1 °C/dakika hızında 40 °C'de 3 dakika tutulmuş, ardından 6 °C/dakika hızında 220 °C'ye çıkartılmış ve bu sıcaklıkta 10 dakika beklenmiştir. Toplam analiz süresi 57.00 dakika sürmüştür. Enjektör sıcaklığı 175 °C ve dedektör sıcaklıkları 300 °C olarak alınmıştır. Enjeksiyon miktarı 1 μ L'dir.



Şekil 3.5. HAA standardı piki (çıkış sırası: MCAA, MBAA, DCAA, Dalapon, TCAA, BCAA, DBAA, BDCAA, CDBAA, TBAA)

Tablo 3.3’de araştırılan THM bileşikler için Tablo 3.4’te ise HAA bileşikleri için GC- μ -ECD sisteminde elde edilen analitik parametreler verilmiştir.

Tablo 3.3. Araştırılan THM bileşikler için GC- μ -ECD sisteminde elde edilen analitik parametreler

THM’ler	Dedeksiyon limiti (ng/ μ L)	Lineer aralık (μ g/L)	R ²	RSD (%) (n =5)
Kloroform	0.001	0.001-10	0.9996	2.31
Bromodiklorometan	0.0001	0.001-10	0.9997	1.25
Klorodibromometan	0.0004	0.001-10	0.9998	1.42
Bromoform	0.001	0.001-10	0.9998	2.23

Tablo 3.4. Araştırılan HAA bileşikler için GC- μ -ECD sisteminde elde edilen analitik parametreler

HAA’ler	Dedeksiyon limiti (ng/ μ L)	Lineer aralık (μ g/L)	R ²	RSD (%) (n =5)
MCAA	0.0015	0.001-4	0.9995	1.25
MBAA	0.0021	0.001-4	0.9998	2.10
DCAA	0.0020	0.001-4	0.9998	2.18
Dalapon	0.0012	0.001-4	0.9997	1.31
TCAA	0.0015	0.001-4	0.9998	1.42
BCAA	0.016	0.001-4	0.9998	2.25
DBAA	0.0026	0.001-4	0.9998	3.10
BDCAA	0.012	0.001-4	0.9999	1.78
CDBAA	0.034	0.001-4	0.9998	2.60
TBAA	0.0011	0.001-4	0.9986	3.44

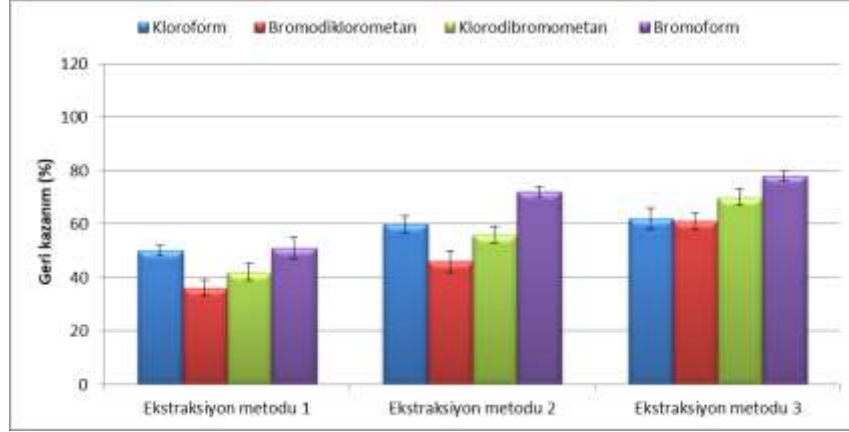
3.4. Ekstraksiyon Metot Optimizasyon Çalışması

Ekstraksiyon metodunda bileşiklere ait geri kazanım değerlerinin belirlenmesi için THM bileşikleri ile spike yapılmış deiyonize su ile farklı ekstraksiyon metotları çalışılmıştır. Kullanılan metotlarda farklı numune hacmi, MTBE hacmi ve sodyum sülfat miktarı kullanılarak hedef bileşiklere ait geri kazanım verimi hesaplanmıştır. Denenen üç farklı ekstraksiyon metodu ile ilgili kullanılan deneysel şartlar Tablo 3.5’de verilmiştir. Ekstraksiyon için 1.0 ng/ μ L konsantrasyonun da THM bileşiklerini içeren numuneler 40 mL EPA vialı içerisine konulduktan sonra üzerine MTBE ve sodyum sülfat eklenmiş ve 4 dk hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. Daha sonra solvent faz ayrımının gerçekleşmesi için 2 dk beklenildikten sonra ayrılan solvent fazdan 1 mL alınarak GC/ μ -ECD analizi için vial içerisine aktarılmıştır.

Tablo 3.5. Gerçekleştirilen ekstraksiyon deneylerinin şartları

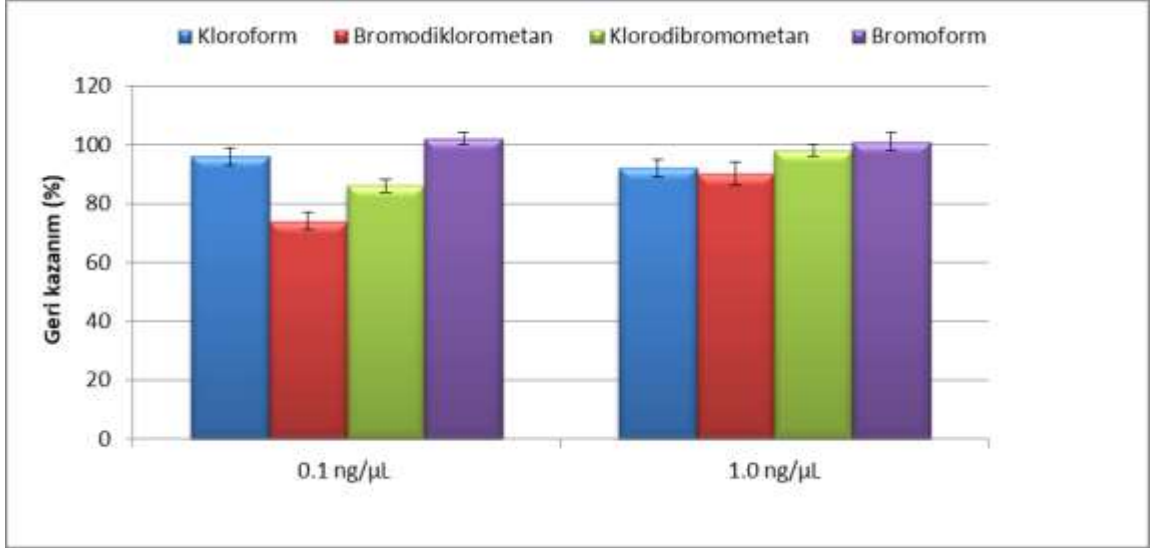
	Ekstraksiyon metodu 1	Ekstraksiyon metodu 2	Ekstraksiyon metodu 3
Numune hacmi (mL)	20	10	30
MTBE (mL)	8	3	2
Sodyum sülfat (g)	8.5	10	4

Analizler sonucunda hedef bileşiklere ait metot geri kazanım verimleri Şekil 3.6’da verilmiştir. Şekil 3.6. incelendiğinde bileşiklerin geri kazanım verimlerinin 1. ekstraksiyon metodunda maksimum %50’lerde olduğu, 2. ekstraksiyon metodunda sadece bir bileşik için geri kazanım veriminin %60’ı geçtiği, 3. ekstraksiyon metodunda ise bütün bileşiklerde %60-80 arasında geri kazanım verimi sağlandığı görülmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alınarak ekstraksiyon metot optimizasyon çalışmalarına 3 nolu metot ile devam edilmiştir.



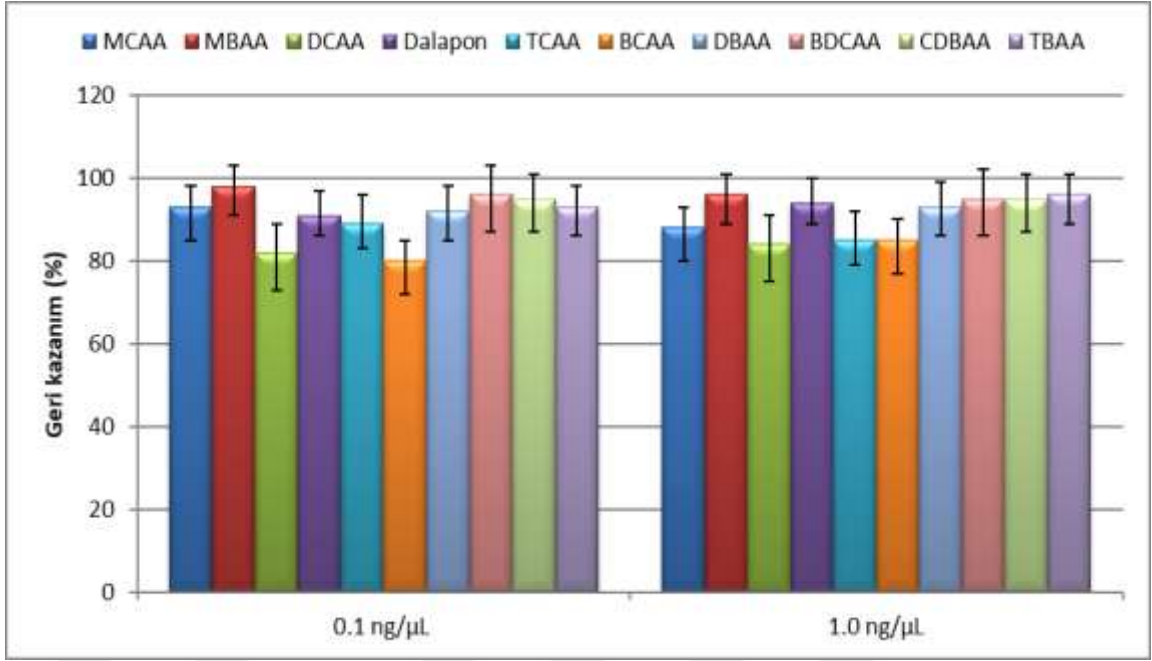
Şekil 3.6. Farklı ekstraksiyon metotları için THM bileşiklerine ait metot geri kazanım değerleri

Farklı bileşik konsantrasyonlarının metot üzerindeki etkisini belirlemek için farklı fortifikasyon seviyelerinde çalışılmıştır ve ayrıca geri kazanım verimini iyileştirmek için modifiye edilmiştir. Bu amaçla 0.1 ng/µL ve 1.0 ng/µL konsantrasyonunda THM bileşikleri içeren 30 mL numune 40 mL EPA viali içerisine konulmuştur. İçerisine 2 mL MTBE ve 4 g sodyum klorür konulduktan sonra 4 dk hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. Daha sonra solvent faz ayrımının gerçekleşmesi için 2 dk bekletilmiştir. Ayrılan solvent faz vial içerisinden alınmıştır. 2 mL MTBE eklenerek ekstraksiyon bir kez daha tekrarlanmıştır. Ve alınan solvent faz daha önceki solvent faz ile birleştirilerek GC'ye enjeksiyon gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki fortifikasyonlar için elde edilen metot geri kazanım sonuçları Şekil 3.7'te verilmiştir. Şekil 3.7. incelendiğinde ekstraksiyon metodunda yapılan modifikasyonlar ile metot geri kazanım veriminin arttığı (%90-101) görülmektedir. Ayrıca araştırılan bileşik konsantrasyonlarındaki değişimin ekstraksiyon metodu üzerine negatif etkisi olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Farklı THM konsantrasyonları için THM bileşiklerine ait metot geri kazanım değerleri

Ekstraksiyon metodunda bileşiklere ait geri kazanım değerlerinin belirlenmesi için HAA bileşikleri ile spike yapılmış deiyonize su ile fortifikasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0.1 ng/μL ve 1.0 ng/μL konsantrasyonunda HAA bileşikleri içeren 35 mL numune 40 mL EPA viali içerisine konuldu. İçerisine 2 mL konsantre H₂SO₄ konularak (pH<0.5) çalkalandıktan sonra 16 g sodyum sülfat eklenerek 3-5 dak çözüne kadar çalkalandı. Üzerine 4 mL MTBE eklenerek 2 dk ekstraksiyon için çalkalandıktan sonra 5 dak solvent faz ayrımının gerçekleşmesi için bekletildi. Metilasyon işleminin gerçekleştirilmesi için ayrılan solvent fazdan 3 mL MTBE alınarak 10 mL flaska aktarıldı. Üzerine %10 H₂SO₄ içeren metanolden 1 mL konuldu. Daha sonra 50 °C'lik su banyosunda 2 saat süresince bekletildi. Su banyosundan alınan flask soğuması için bekletildikten sonra üzerine 4 mL doymuş sodyum bikarbonat çözeltisi eklendi. 2 dk çalkalandıktan sonra CO₂ gaz çıkışının olması için flaskın ağzı açıldı ve 1 mL MTBE faz alınarak GC-μECD analizleri için vial e aktarıldı. Farklı konsantrasyonlardaki fortifikasyonlar için elde edilen metot geri kazanım sonuçları Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. HAA'ler için farklı fortifikasyon değerlerinde ekstraksiyon geri kazanım verimleri (%)

THM ve HAA parametrelerinin ölçümleri NEÜ Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarına ait Agilent 7683B Markalı Gaz Kromatografi cihazı ile yapılmıştır. Cihaza ait görseller Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Gaz kromatografi cihazı



Şekil 3.10. Gaz kromatografi cihazı

3.5. İzlenen Su Kalite Parametreleri

Öncelikli olarak su karakterizasyonunun belirlenmesi açısından su numunelerinde fizikokimyasal parametreleri; Sıcaklık, pH, bulanıklık, iletkenlik, çözülmüş oksijen, serbest klor ölçümleri yapılmıştır. Su örnekleri için klorlama süresince DYÜ oluşumunu etkileyen su kalite parametreleri olan organik madde cinsi ve konsantrasyonu, bromür konsantrasyonu ve kalıntı klor parametreleri izlenecektir. Ayrıca sudaki Organik maddeyi temsil eden TOK, UV254 ve SUVA gibi parametrelerin analizi de THM tespitinde kilit rol oynadığı için ölçüme tabi tutulmuştur.

3.5.1. Sıcaklık

Sıcaklık numune alındığı anda Hach-lange marka arazi tipi multimetre cihazı ile ölçülmüştür.

3.5.2. pH

Örneklerin pH ölçümleri, Hach-lange marka arazi tipi pH metre ile gerçekleştirilmiştir.

3.5.3. Bulanıklık

Standart Metodlar 2310-B Nefelometrik yöntem (SM 2005) göre bulanıklık analizleri HACH-2100 marka bulanıklık cihazı ve 30 cm'lik cam küvet kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.5.4. İletkenlik (Eİ)

Standart Metodlar 2510-B elektrometrik yöntem (SM 2005) göre su numunelerinde iletkenlik ölçümleri HACH HQ430d flexi marka iletkenlik cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.5.5. Toplam organik karbon (TOK)

Doğal sularda inorganik karbon konsantrasyonu organik karbon konsantrasyonundan oldukça büyük olduğundan bu durum sudaki çözünmüş organik karbon ölçüm doğruluğunu azaltır. Bu nedenle TOK ölçümlerinden önce su numuneleri içerisindeki inorganik karbonun giderilmesi için su örneklerinin pH değerleri 0.05 N HCl ile 2.5-3.0 olacak şekilde ayarlandıktan sonra 10 dk boyunca inert azot gazı maruz bırakıldı. TOK analizleri SM 5310 B metoduna uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çözünmüş organik karbon tayini için ön işlemden geçirilmiş numuneler 0.45 µm selüloz filtreden süzülmüştür. Cihaz, platin katalist içeren yüksek sıcaklıktaki fırın içerisine µL hacimde numune enjekte etmektedir. Her numune en az üç defa enjekte edilmiştir. Yüksek sıcaklıktaki fırın içerisinde su buharlaşmakta ve organik karbon, karbon dioksit (CO₂) ve suya (H₂O) oksitlenmektedir. Organik ve inorganik karbonun oksidasyonu ile açığa çıkan karbon dioksit (CO₂), taşıyıcı gaz akımı ile NDIR (nondispersive infrared) detektöre gelmekte ve TOK analizi yapılmaktadır. TOK analizi için aşağıda verilen yöntemlerle hazırlanan çözeltiler kullanılmıştır; Fosforik asit, H₃PO₄: İnorganik karbon reaktörü için %2'lik Fosforik asit çözeltisi: 23,5 mL % 85'lik Fosforik asit ultra saf su ile 1L'ye tamamlanır. Organik Karbon stok çözeltisi (1000 ppm): 2,1254 g susuz Potasyum bifitalat, C₈H₅KO₄, ultra saf suda çözülür ve 1 L'ye tamamlanır. İnorganik Karbon stok çözeltisi (1000 ppm): 4,4122 g susuz Sodyum Karbonat, Na₂CO₃, ultra saf suda çözülür ve 3,497 g susuz sodyum bikarbonat, NaHCO₃ eklenir ve hacim 1 L'ye tamamlanır. Taşıyıcı gaz: Kuru hava. TOK analizlerimiz SHIMADZU Marka Autosampler ile donatılmış Shimadzu TOC-L Analizör TOK ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Toplam Organik Karbon (TOK); Toplam

Karbon (TK) ve İnorganik Karbon (İK) miktarının farkı alınarak hesaplanmaktadır. TOK cihazına ait görsel Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. TOK Analiz Cihazı

3.5.6. UV₂₅₄ ve spesifik UV absorbands değeri (SUVA):

UV₂₅₄ standart metot 5910B göre yapılmıştır. UV absorbandsı UV-visible spektrofotometre (SpectroFex6600, WTW) kullanılarak 254 nm’de ölçülmüştür. Ölçümler üçlü gruplar halinde yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Analizler öncesinde, spektrofotometre cihazı organik madde içermeyen saf su ile kalibre edilmiştir.

SUVA değeri ise UV₂₅₄ değerinin çözülmüş organik karbon değerine bölünmesi ile aşağıda verilen Eşitlik (2) kullanılarak elde edilmiştir.

$$SUVA \left(\frac{L}{mg \cdot m} \right) = \frac{UV_{254} (cm^{-1})}{DOC \left(\frac{mg}{L} \right)} \times 100 \left(\frac{cm}{m} \right)$$

Eşitlik (2)

UV₂₅₄: 254 nm dalga boyundaki absorbands değeri (cm⁻¹)

ÇOK: Toplam organik karbon konsantrasyonu (mg/L), dönüşüm faktörü 100 kullanılarak SUVA’nın birimi (L/mg ÇOK.m)

3.5.7. Kalıntı klor

Şebeke numunelerindeki Kalıntı klor ölçümleri, reel sonuçlar olması için numune alma esnasında sahada ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Ölçümler Lovi-Bond marka MD100 model portatif Fotometre cihazı ile ölçülmüş olup sonuçları kayıt altına alınmıştır. Tesis numunelerindeki Kalıntı klor ölçümleri, Hach Lange marka DR6000 model Spektrofotometre Cihazı ile ölçülmüştür.

3.5.8. Bromür

Bromür konsantrasyonu ölçümleri KOSKİ Merkez Laboratuvarımızdaki Şekil 3.12’de belirtilen DIONEX ICS 5000 marka İyon Kromotografi Cihazı ile ölçülmüştür. Bromür parametresinin ölçümünde standart metod olan SM4110D/ICS metodu kullanılarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.12. İyon kromotografi cihazı

Bromür konsantrasyonu, fenol kırmızısı-kolorimetrik yöntemi uygulanarak ölçülmüştür. 6 tane standart bromür çözeltisi hatırlanmıştır. 50 ml numuneye 2 ml asetat tamponu, 2 ml fenol kırmızısı indikatör çözeltisi ve 0.5 ml kloramin-T çözeltisi ilave edilecek iyice karıştırılmıştır. 20 dakika sonra, klorür gidermek için 0.5 ml 2 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ilave edilmiş ve 590 nm’de spektrofotometrede şahite karşı okunarak, kalibrasyon eğrisi yardımıyla numunenin bromür içeriği ölçülmüştür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

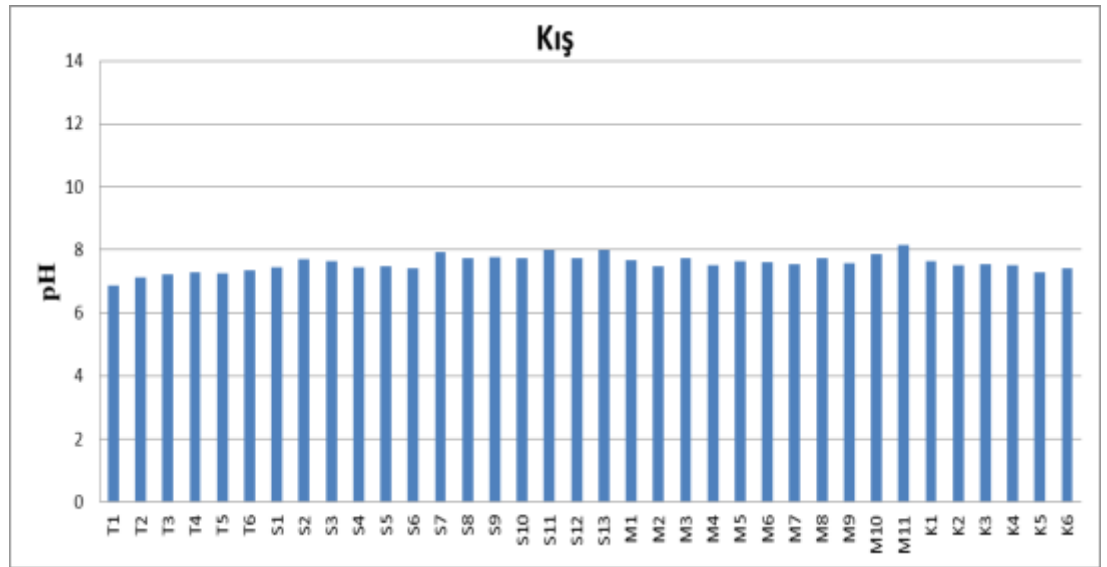
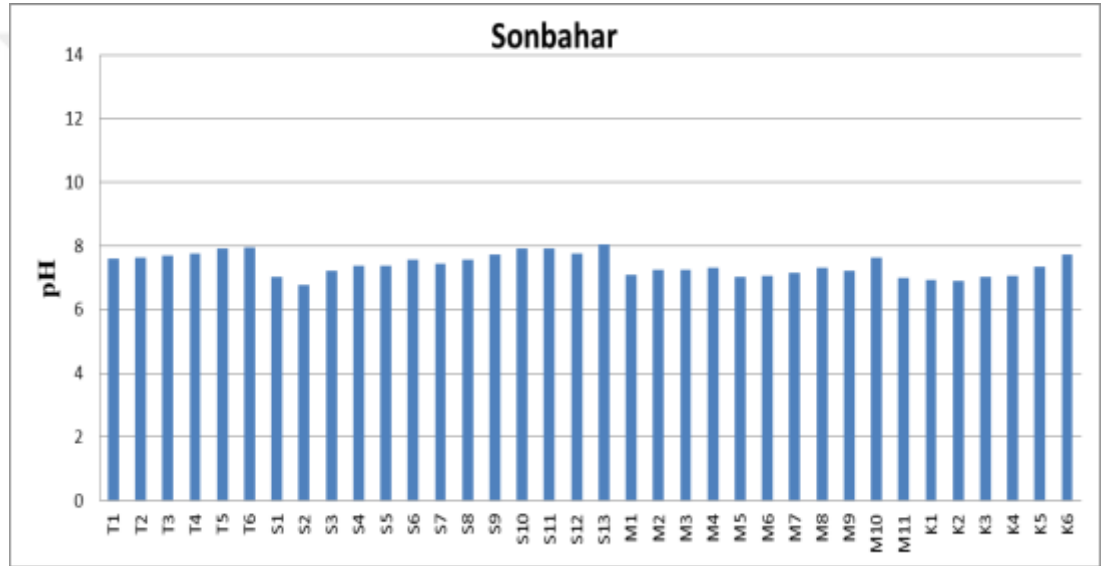
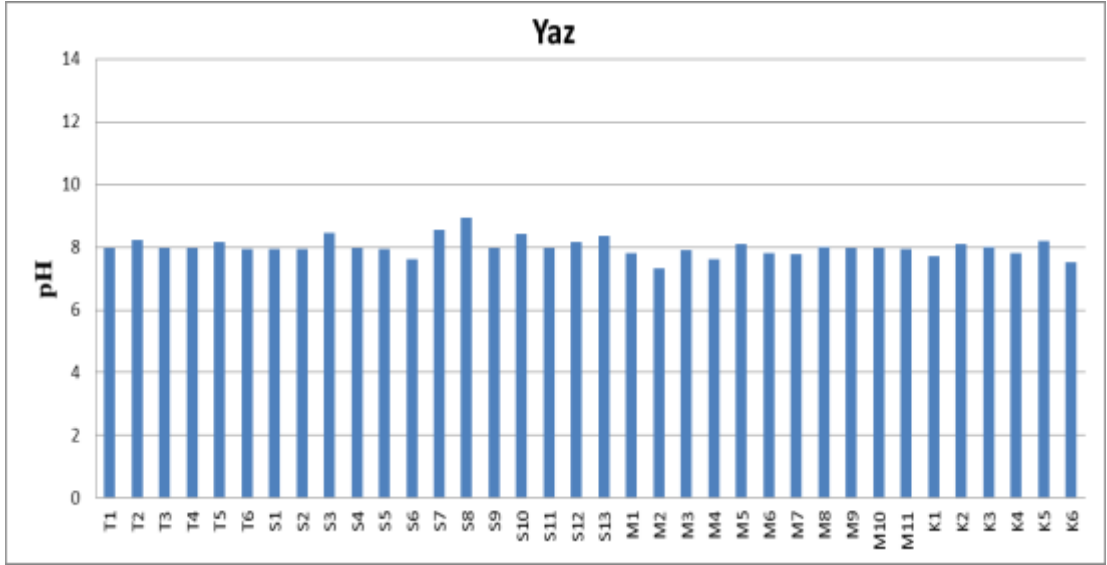
4.1. Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında belirlenen noktalardan temin edilen su numunelerinin fiziko-kimyasal parametrelere ait analiz sonuçları aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Çıkan sonuçların, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki salınımlarını görebilmek amacıyla farklı grafiklere aktarılarak güncel yönetmeliğe uygunluğu yorumlanmıştır.

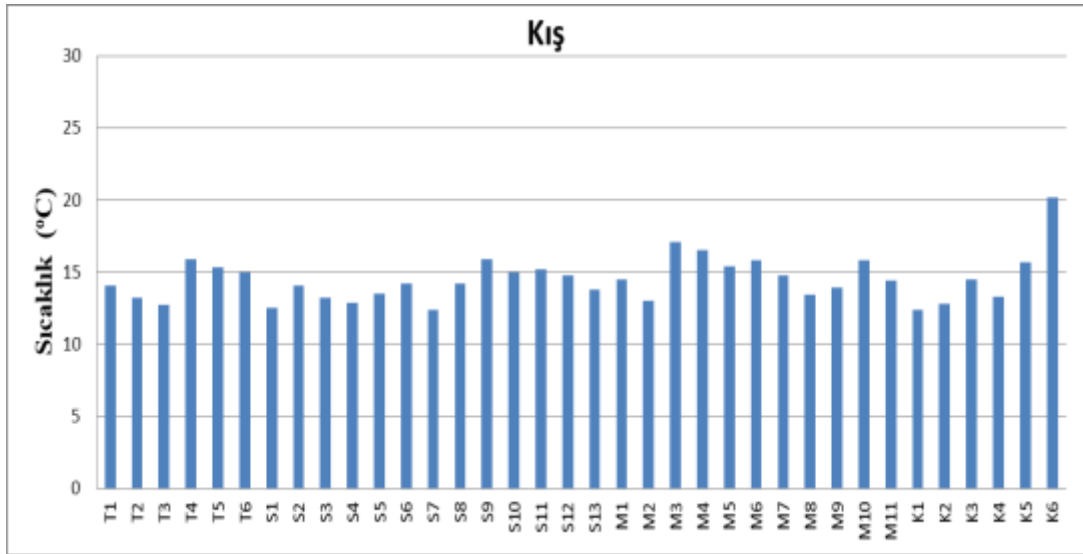
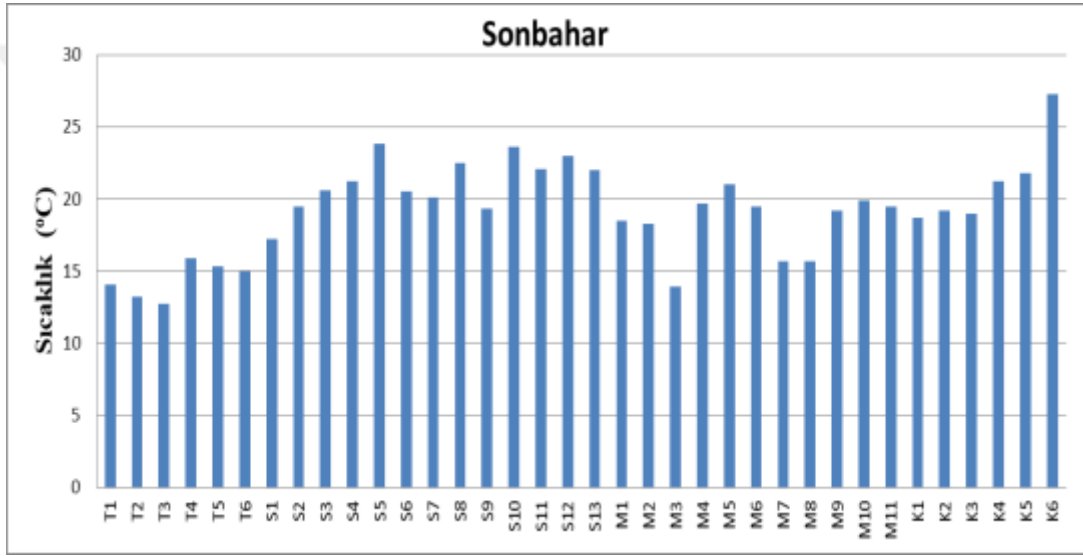
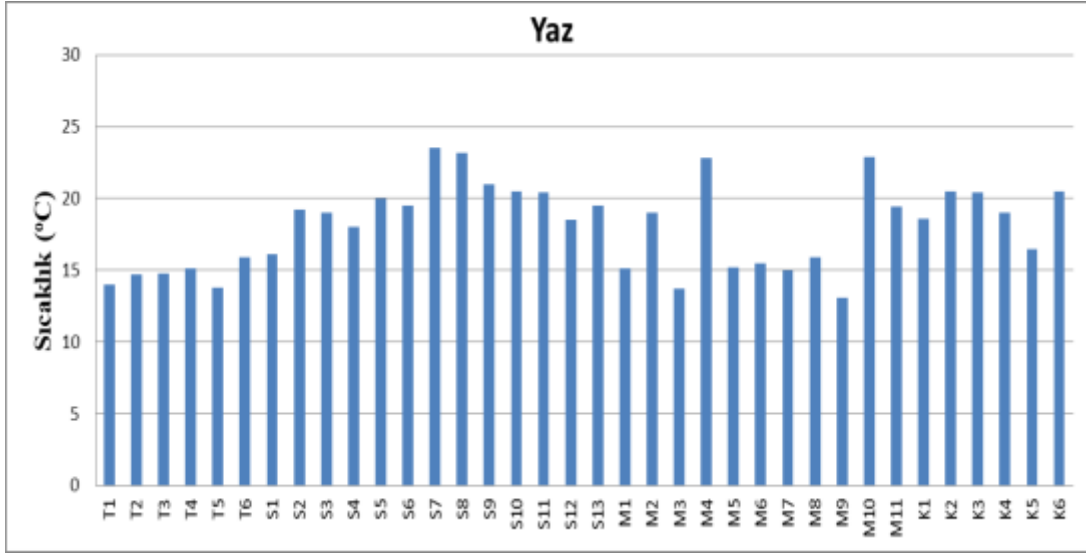
Yapılan analizler neticesinde numunelere ait pH değerlerinin 7-8.5 aralığında değişim gösterdiği Şekil 4.1’de görülmektedir. Bu değerler ulusal mevzuatımız olan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik sınır değerlerine (6.5-9.5) uygundur. pH değeri yüksek olması DYÜ oluşumunu arttırıcı etkiye sahip olması nedeniyle optimum seviyelerde tutulması ayrı bir öneme sahiptir.

Numune alma esnasında sahada ölçülen sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimleri Şekil 4.2’de görülmektedir. Grafikler incelendiğinde yaz ve sonbahar aylarında sıcaklık değerlerini 13-27 °C aralığında değişim gösterdiği görülmektedir. Kış ayındaki numunelerin sıcaklık değerleri ise 12-20 °C aralında seyrettiği tespit edilmiştir. Sıcaklık parametresi sularda dezenfeksiyon reaksiyonlarını hızlandıracağından dolayı sudaki DYÜ bileşiklerinin de artmasına neden olacaktır. Bu sebeple yaz ve sonbahar aylarında oluşan DYÜ konsantrasyonlarının daha yüksek olması muhtemeldir.

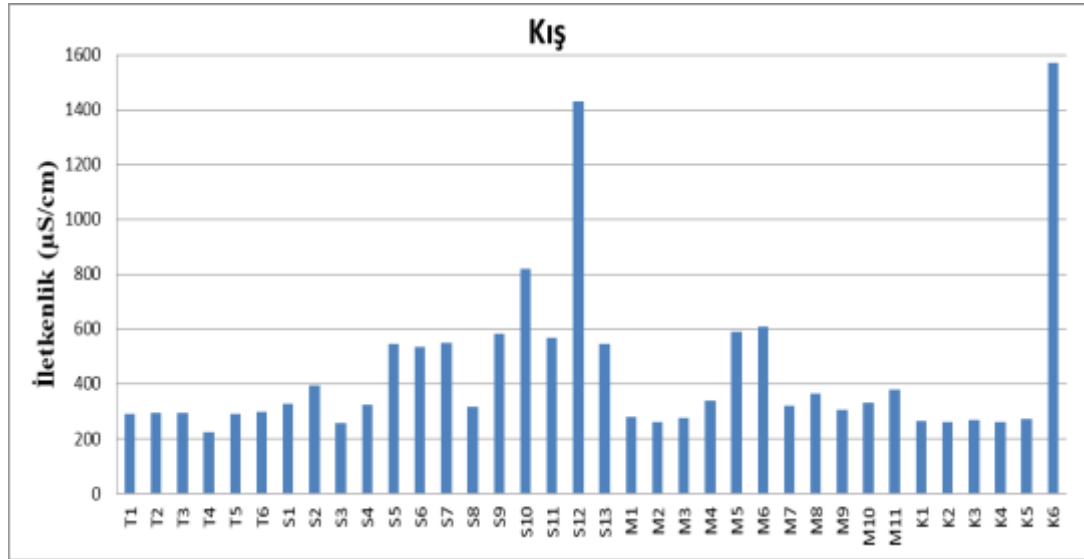
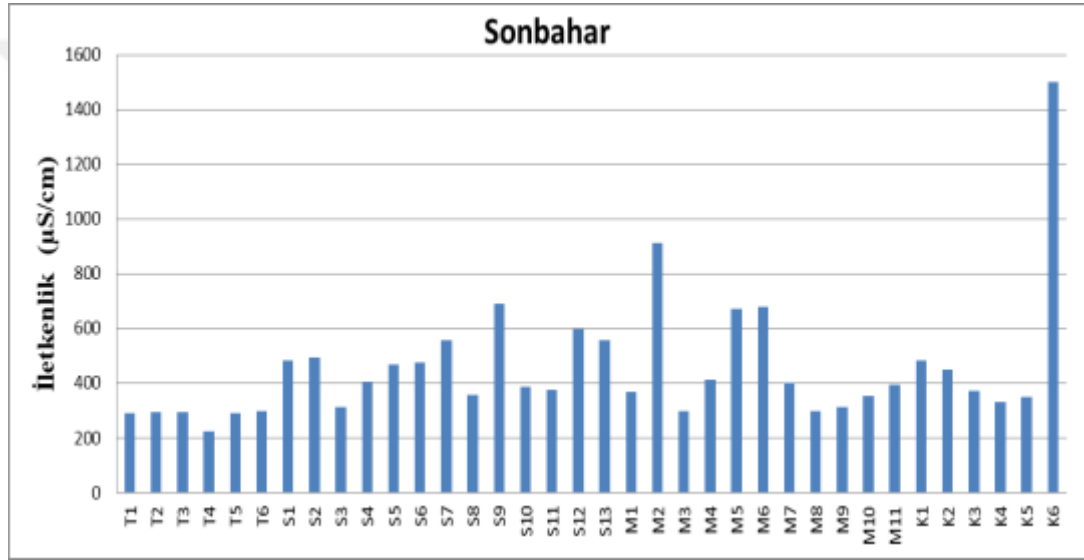
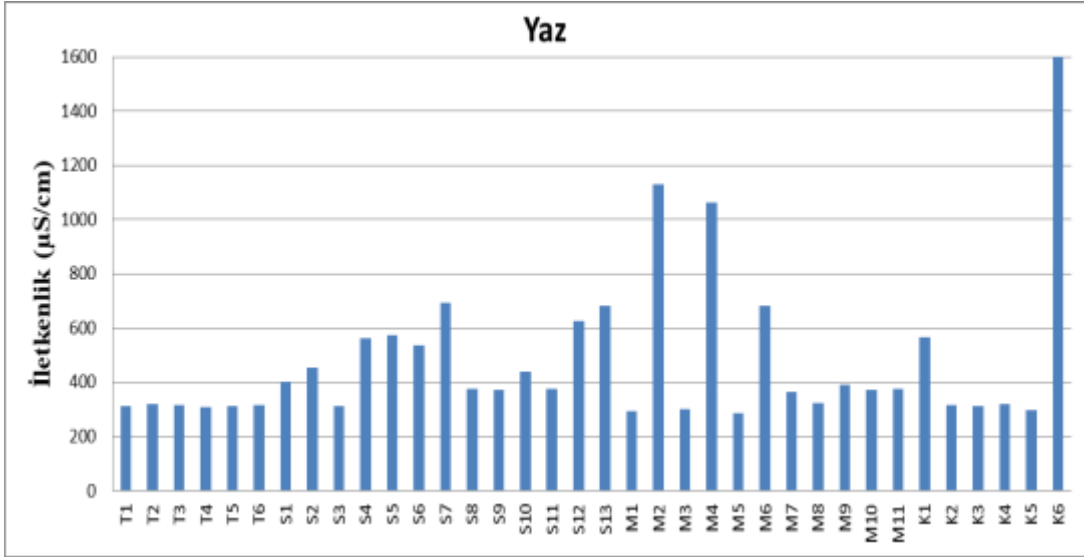
Diğer bir kimyasal parametre olan iletkenlik değerlerinin ortalama 300-600 µS/cm aralığında değişim gösterdiği Şekil 4.3’de görülmektedir. Bu değerler ulusal mevzuatımız olan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik sınır değerlerine (<2500) uygundur. İletkenlik değerinin S12, M12 ve K6 numunelerinde ortalamanın üzerinde olduğu ve maksimum 1600 µS/cm değerlerine kadar yükseldiği görülmektedir. Bunun nedeni bu noktalarda agresif bir karaktere sahip olan yeraltı kuyularından içmesuyu şebekesine deşarj yapılıyor olmasıdır. İçmesuyunda istenmeyen bu durum suyun anyonik ve katyonik dengesini bozucu bir etkiye neden olduğundan hem tad hemde koku yönünden su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Suyun daha agresif bir yapıya sahip olmasını sağlayan bu etki şebeke borularının da aşınmasına neden olacağından istenmeyen bir durumdur. Fakat bu değerler tesis çıkış suları ile paçallandığından dolayı seyreltilerek kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 4.1. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi pH değerleri



Şekil 4.2. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi sıcaklık değerleri

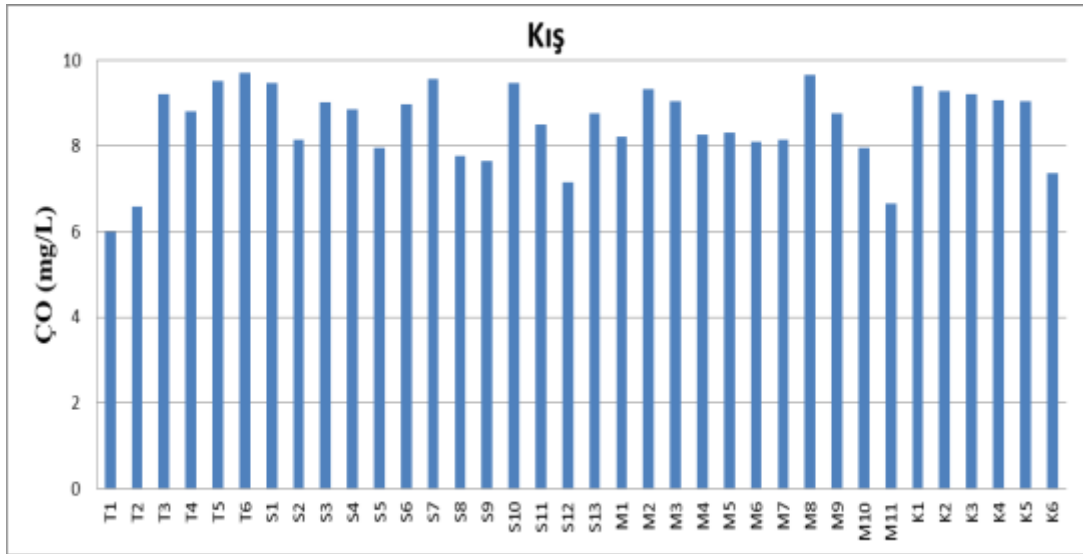
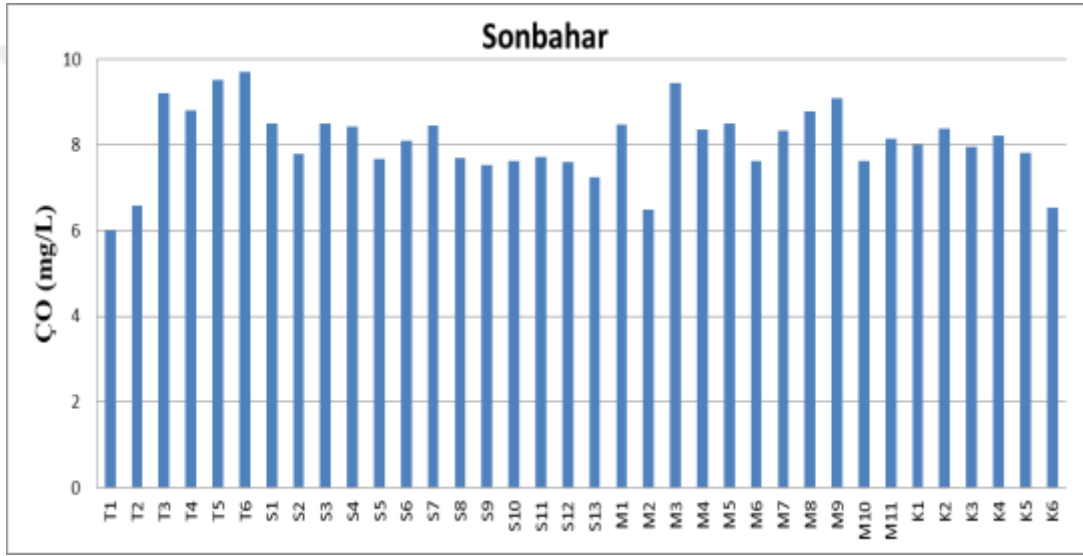
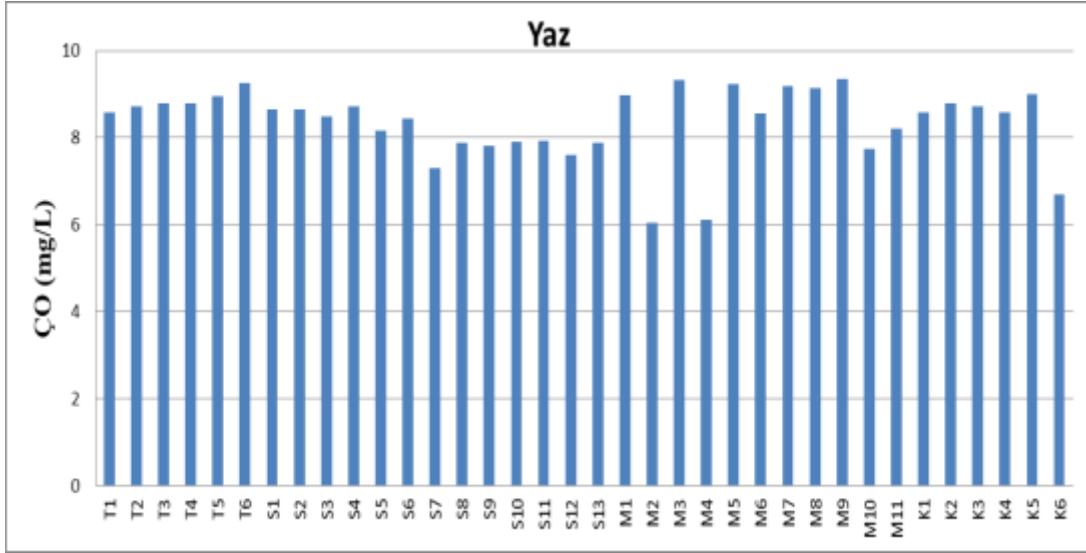


Şekil 4.3. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi iletkenlik değerleri

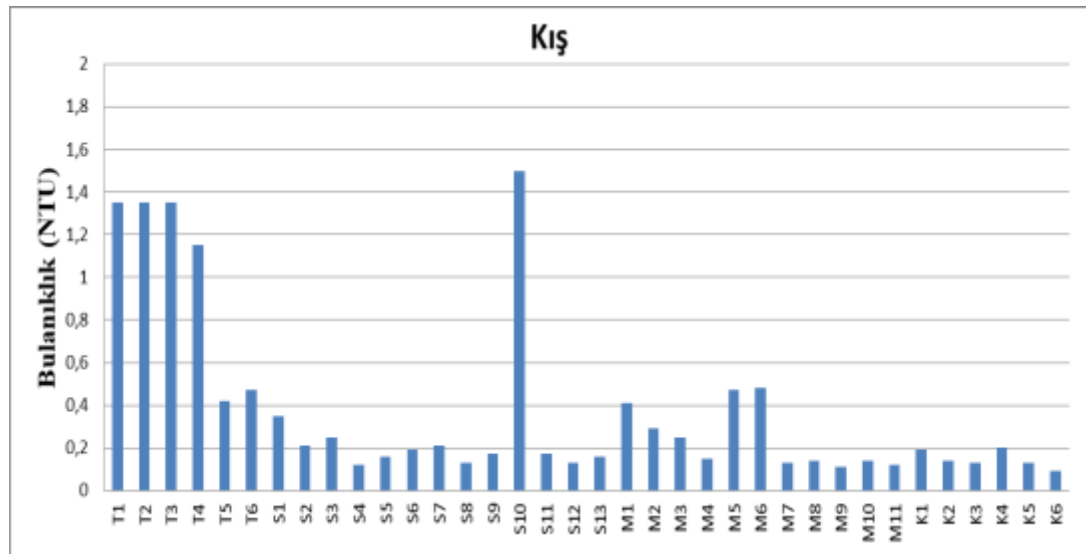
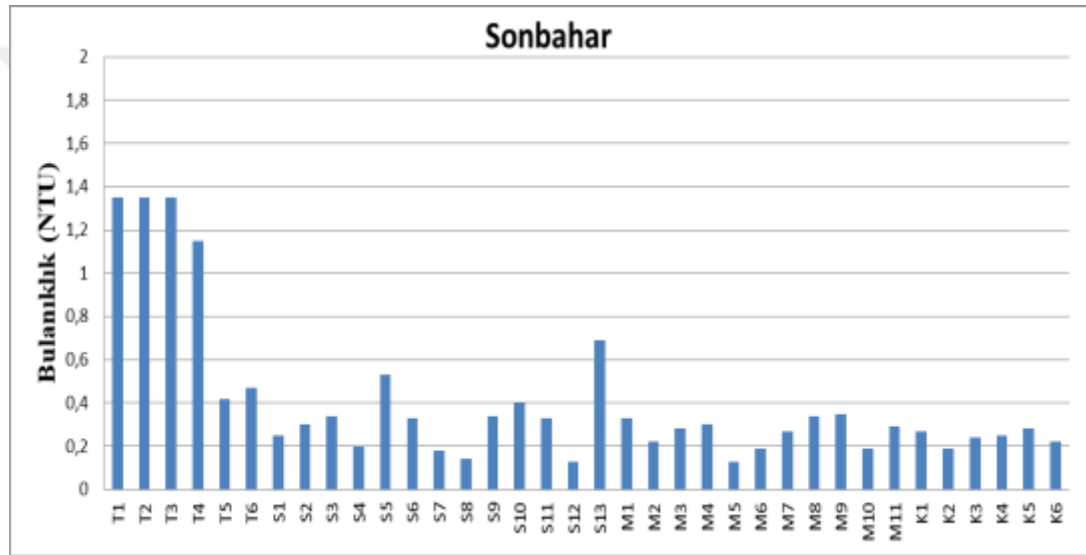
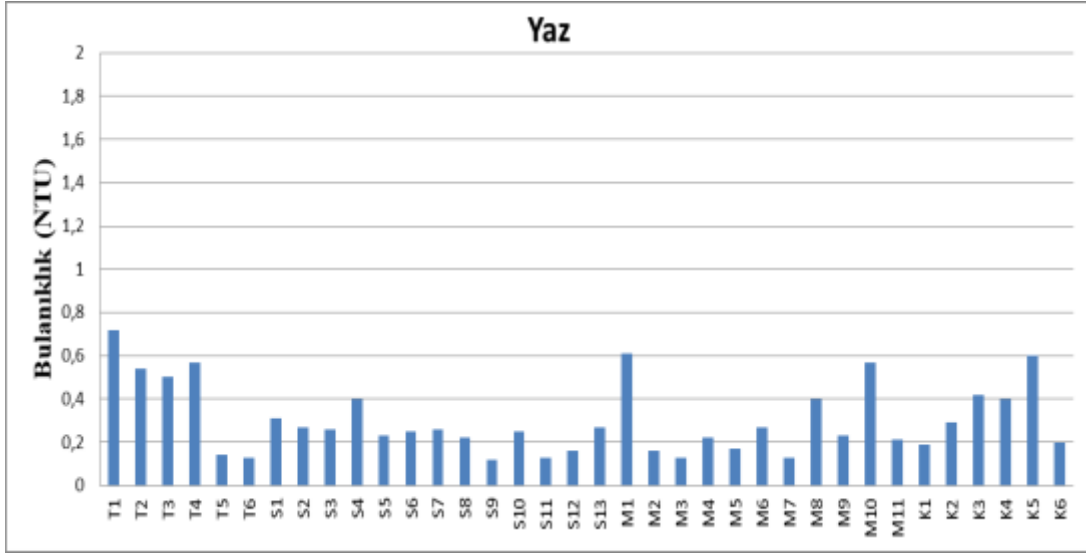
Su kalite parametrelerinden biri olan çözünmüş oksijen değerlerinin ortalama 6,0–9,7 mg O₂/L aralığında olduğu Şekil 4.4’de verilmiştir. Sudaki mineral içeriğinin bir göstergesi olan çözünmüş oksijen değeri hamsudaki demir ve mangan iyonlarının oksidasyonu açısından önemli bir parametredir. Arıtma verimini doğrudan etkileyen bu maddelerin proses kademelerinde çözünebilir formlara dönüşmesi çözünmüş oksijen parametresi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle içmesuyu arıtma tesislerinin girişindeki havalandırma ünitelerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonları arttırılmaktadır. Tesisimize ait giriş ve çıkış numunelerindeki çözünmüş oksijen değerlerinin 6.0 mg O₂/L den 9.7 mg O₂/L değerlerine kadar yükseldiği görülmektedir.

Kullanıcıyı doğrudan etkileyen önemli bir unsur olan bulanıklık değerlerinin ortalama 0,2-1,3 NTU aralığında olduğu Şekil 4.5’de verilmiştir. Su içinde çözünmemiş olarak asılı ve kolloidal halde bulunan çok küçük çaplı katı tanecikler bulanıklığı oluşturmaktadır. Organik ve inorganik maddelerden oluşan bulanıklık, sudaki parçacıkların ışığı emmesi ve dağıtmasından kaynaklanır. Genellikle ince kum, kil, demir, mangan, mikroorganizmalar gibi etkenler, bulanıklığın temel kaynağıdır. Bulanıklık, su kalitesi ve görünümü açısından istenmeyen bir özelliktir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine ve TS 266 içmesuyu standardına göre içilebilir bir suyun bulanıklık değerinin 5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit)’yu geçmemesi gerekmektedir. Ayrıca EPA ve Avrupa Birliğine göre bu değer 1 NTU olarak değerlendirilmektedir.

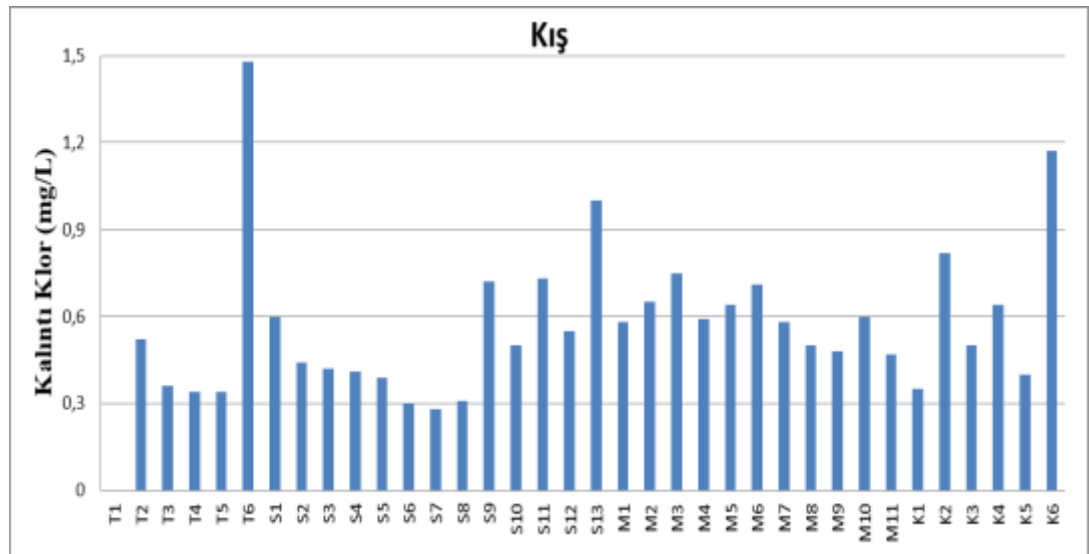
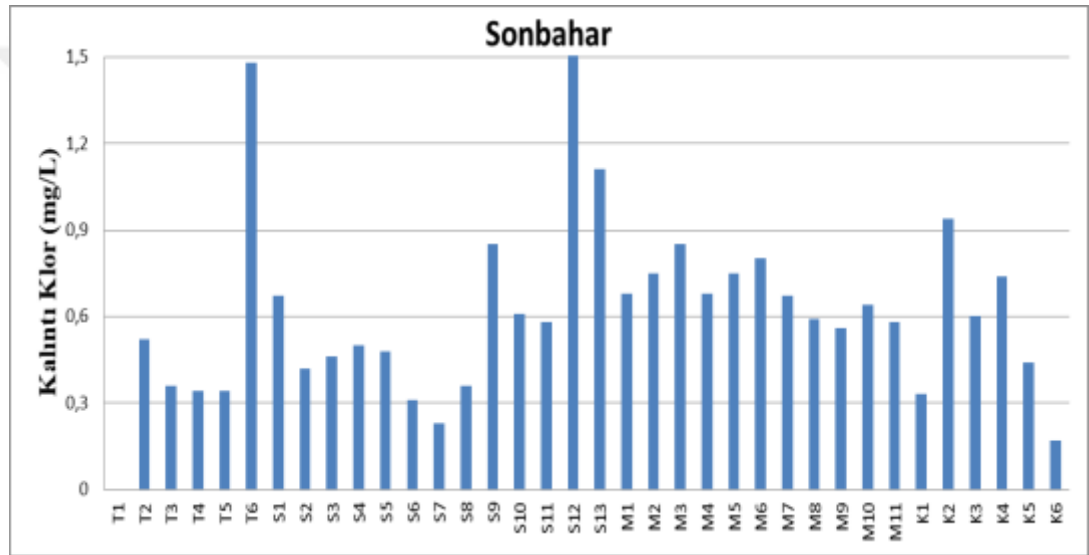
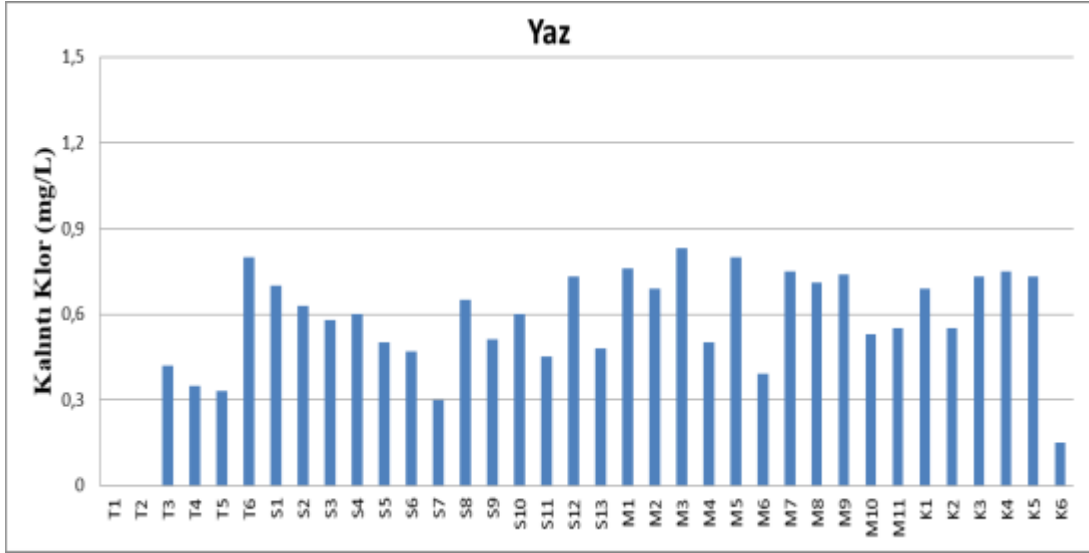
Dezenfeksiyon yan ürünlerinin derişimini doğrudan etkileyen kalıntı klor değerlerinin ortalama 0.3-1,0 mg/l aralığında olduğu Şekil 4.6’da verilmiştir. Şebeke genelinde hedef bakiye klor değeri 0,5 mg/L olarak belirlenmiştir. Özellikle yaz ve sonbahar aylarında artan su sıcaklığı bakteriyolojik kirlilik riskini arttıracığından dolayı bakiye klor değeri 1,0 mg/L’ye kadar müsaade edilmektedir. Kalıntı klor konsantrasyonu hedef değerden yüksek olması durumlarında organik madde ile etkileşime gireceğinden dolayı DYÜ oluşumunu arttıracığından optimum kalıntı klor değerinin üstüne çıkmayacak şekilde dezenfeksiyon dozajı ayarlanmalıdır. T6 noktasında şebekenin başlangıç noktası olması nedeniyle kalıntı klor konsantrasyonu yüksek olması normal karşılanmaktadır. S12 ve K6 numune noktalarında ise yeraltı kuyularının deşarj noktaları olduğundan, bu noktalarda ilave klor dozajı yapıyor olması nedeniyle kalıntı klor değeri ortalamanın üstünde seyretmektedir.



Şekil 4.4. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi çözülmüş oksijen değerleri



Şekil 4.5. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi bulanıklık değerleri



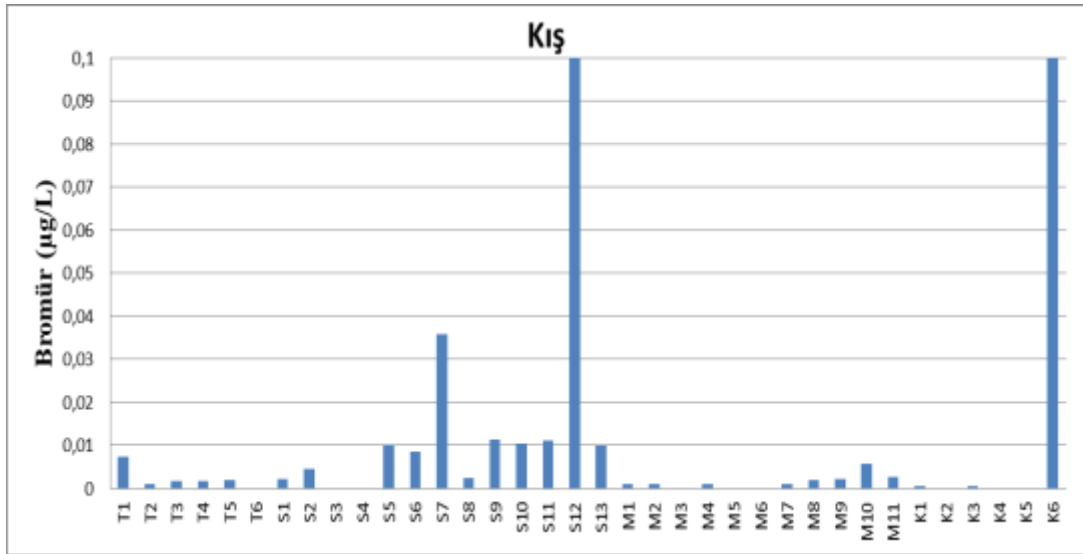
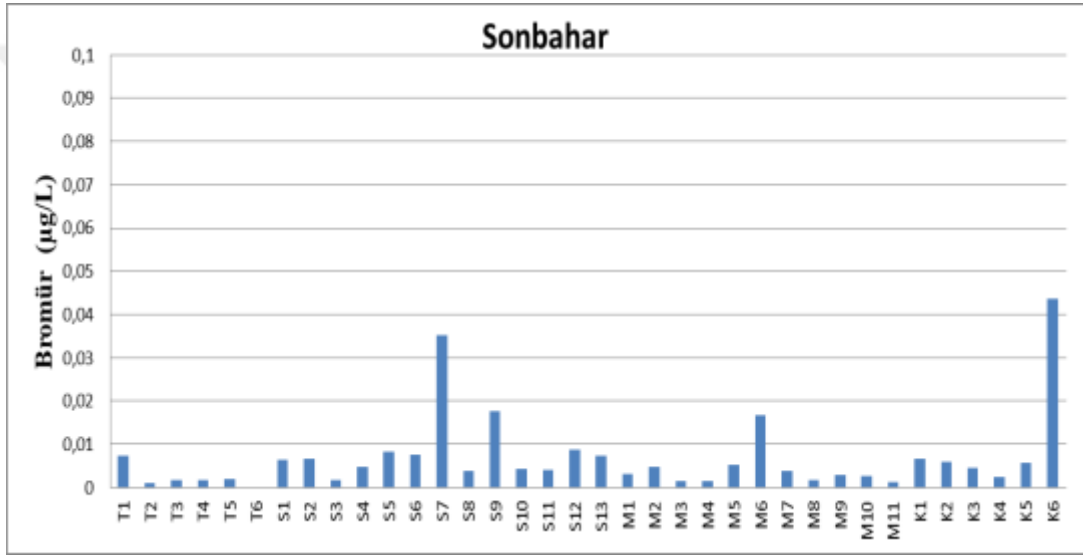
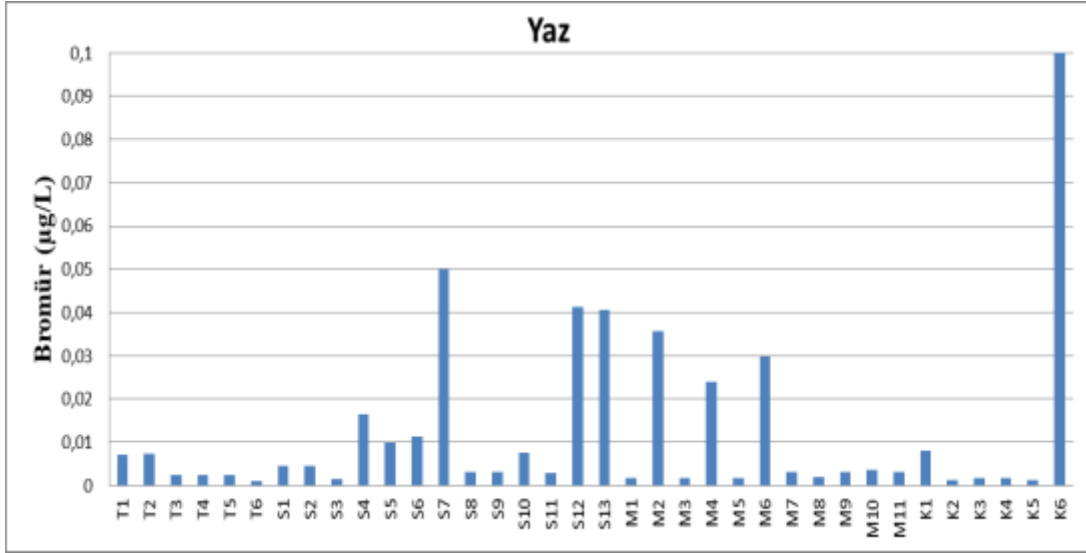
Şekil 4.6. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi kalıntı klor değerleri

Brom kaynaklı DYÜ oluşunu tetikleyen bromür iyonunun numunelere ait derişimlerinin ortalama 0.01-0,05 µg/L aralığında olduğu Şekil 4.7’de verilmiştir. S12 ve K6 numune noktalarında 0.16 ve 0.18 µg/L gibi ortalamanın üzerinde bromür konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bunun nedeni bu noktalarda şebekeye deşarj edilen yeraltı suyu olarak gösterilebilir. Bromür konsantrasyonunun yüksek olması brom formunda dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunun artmasına neden olmaktadır. Bu noktalardaki yüksek bromür konsantrasyonunun nedeni tarımsal faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri vb. gibi antropojenik kaynaklı kirlilik yükünün yeraltı suyuna geçmiş olması gösterilebilir.

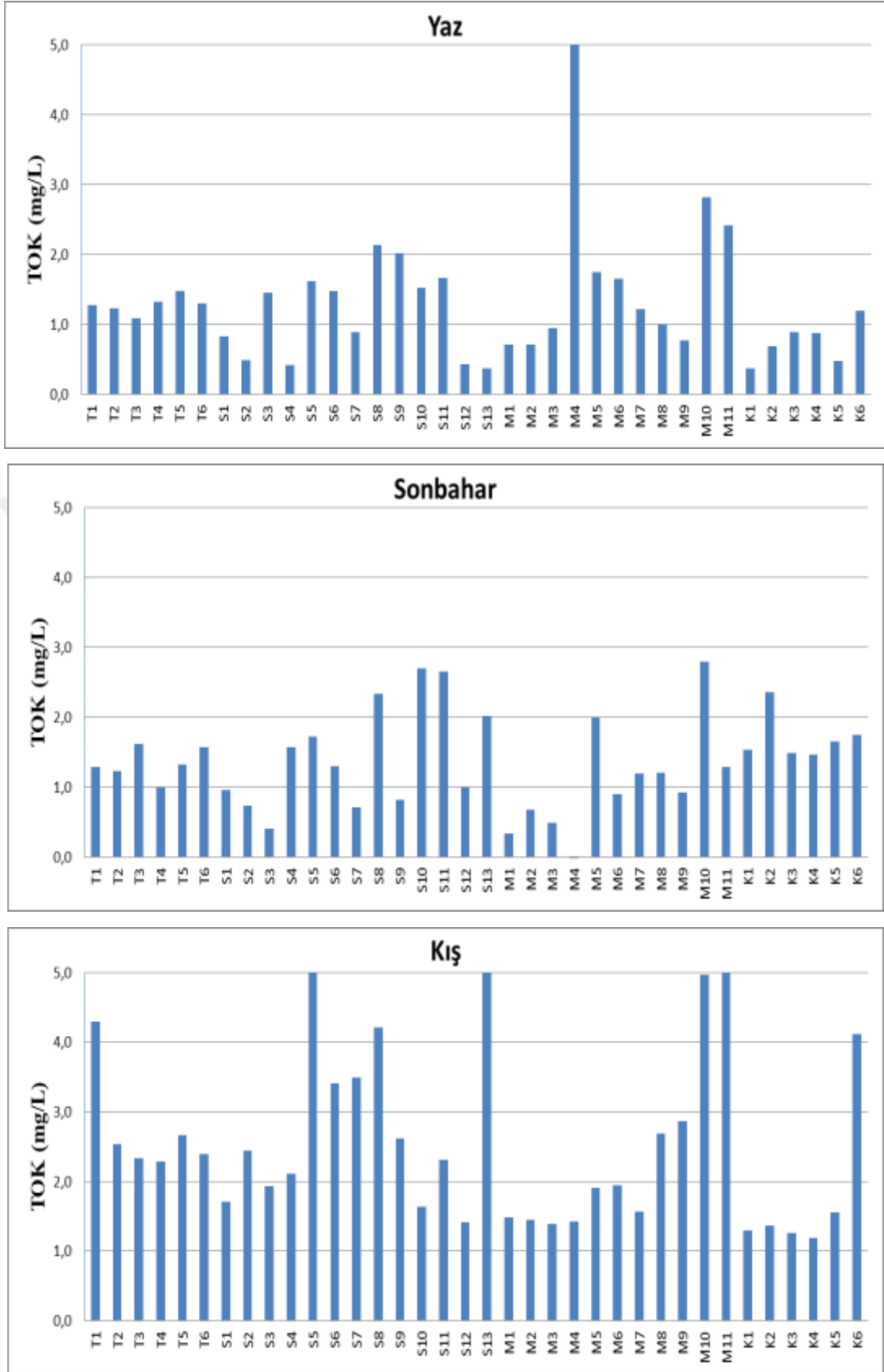
DYÜ konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilendirilen ve çalışmanın en önemli parametrelerinden olan TOK değerlerinin ortalama 0.3-5,0 mg/lt aralığında olduğu Şekil 4.8’de verilmiştir. TOK değeri suldaki organik madde içeriğinin bir göstergesidir. Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumunda en önemli rol oynayan ve öncü bileşikler (precursor) olarak adlandırılan TOK konsantrasyonunun yüksek olması dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu artırıcı etki göstermektedir. EPA içme suyunda limit değer olarak TOK konsantrasyonunu 2 mg/L’nin olarak belirlemektedir.

THM ve HAA analizleri öncesinde öncül parametrelerden biri olan UV254 değerlerinin ortalama 0.005-0,08 cm⁻¹ aralığında olduğu Şekil 4.9’da verilmiştir.

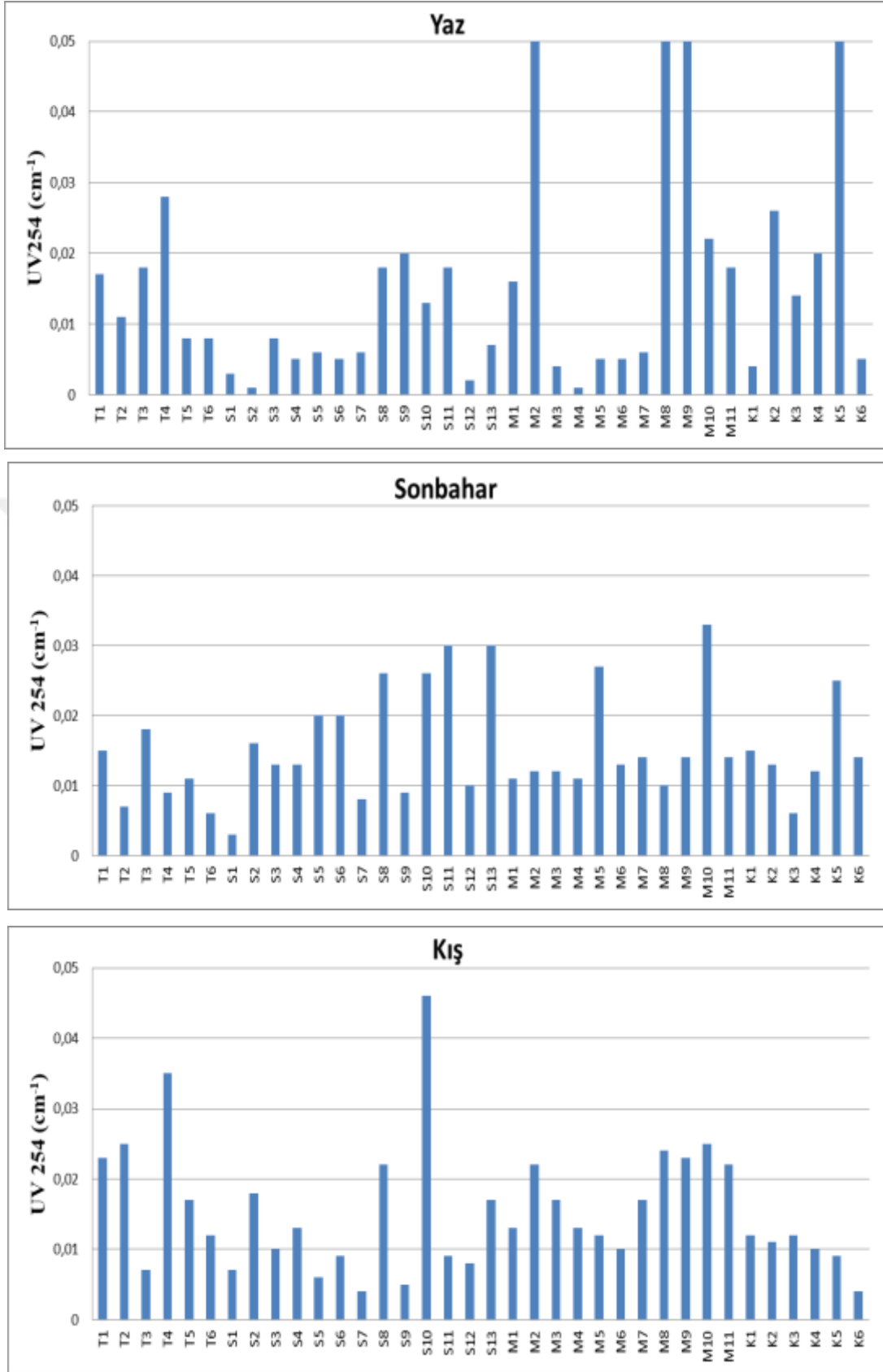
TOK parametresi ile doğrudan ilişkili olan SUVA değerlerinin ortalama 0-3 L/mg.m aralığında olduğu Şekil 4.10’da verilmiştir. yaz dönemine ait numune analizlerinde 4 noktada (M2, M8, M9, K5) SUVA değerlerinin daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Literatürden SUVA değeri <3 olan suların düşük SUVA’lı su olduğu ve yan ürün oluşum potansiyellerinin daha düşük olduğu görülmektedir. SUVA aromatikliğin ve yan ürün oluşum potansiyelinin göstergesi olup SUVA değeri arttıkça aromatik yapı ve dolayısıyla yan ürün oluşum potansiyeli artmaktadır.



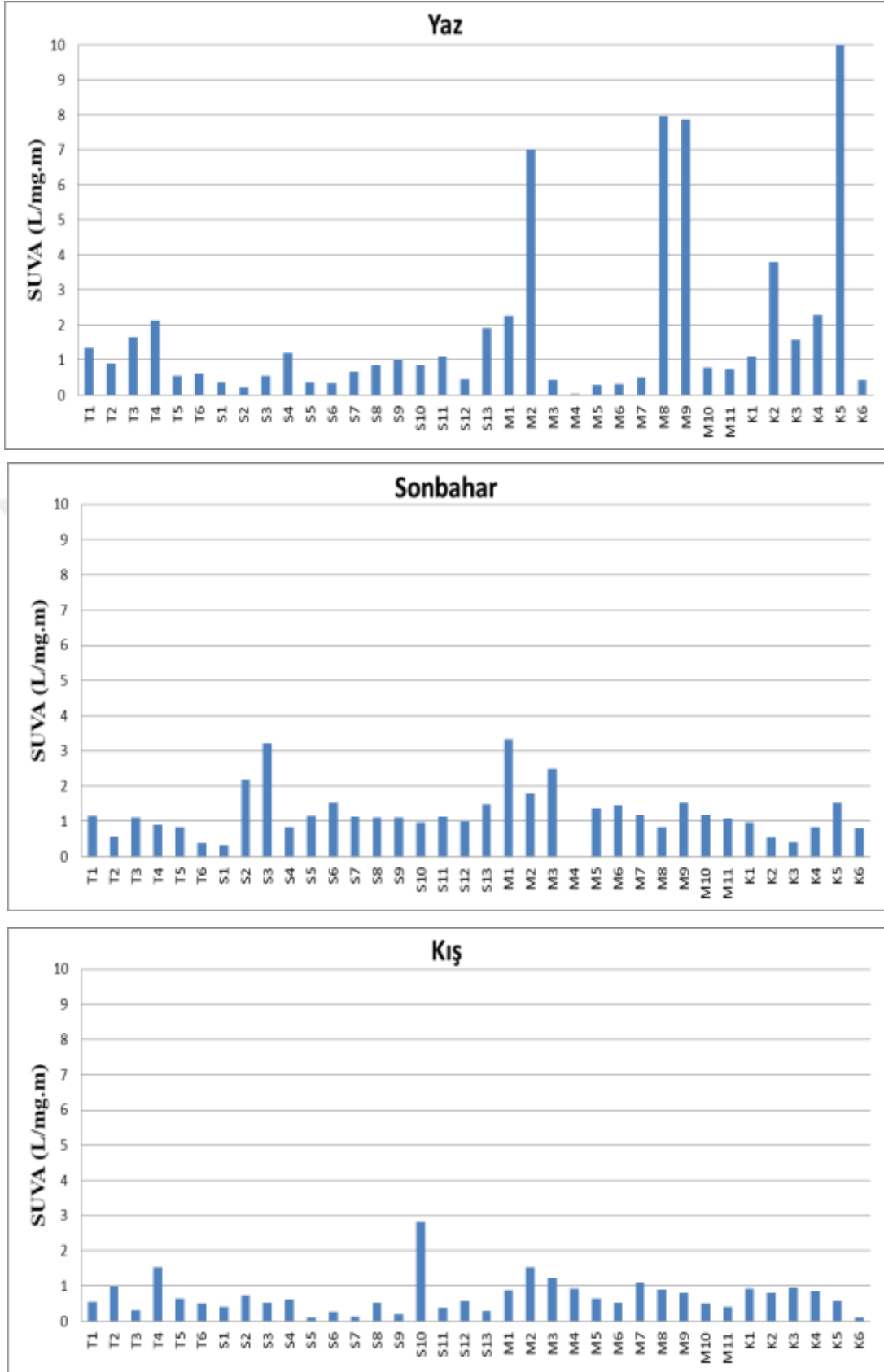
Şekil 4.7. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi bromür değerleri



Şekil 4.8. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TOK değerleri



Şekil 4.9. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi UV254 değerleri



Şekil 4.10. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi SUVA değerleri

4.2. THM Sonuçları

Çalışma kapsamında belirlenen noktalardan temin edilen su numunelerinin THM bileşikleri ve Toplam THM parametrelere ait analiz sonuçları aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Çıkan sonuçların yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki salınımlarını görebilmek amacıyla farklı grafiklere aktarılarak güncel ulusal ve uluslararası mevzuatlara uygunluğu yorumlanmıştır.

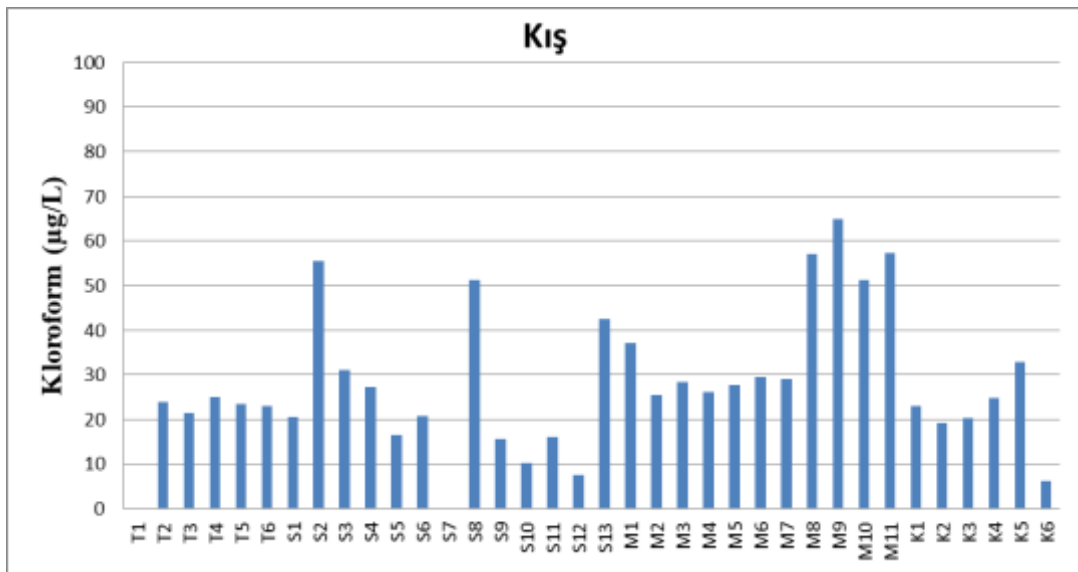
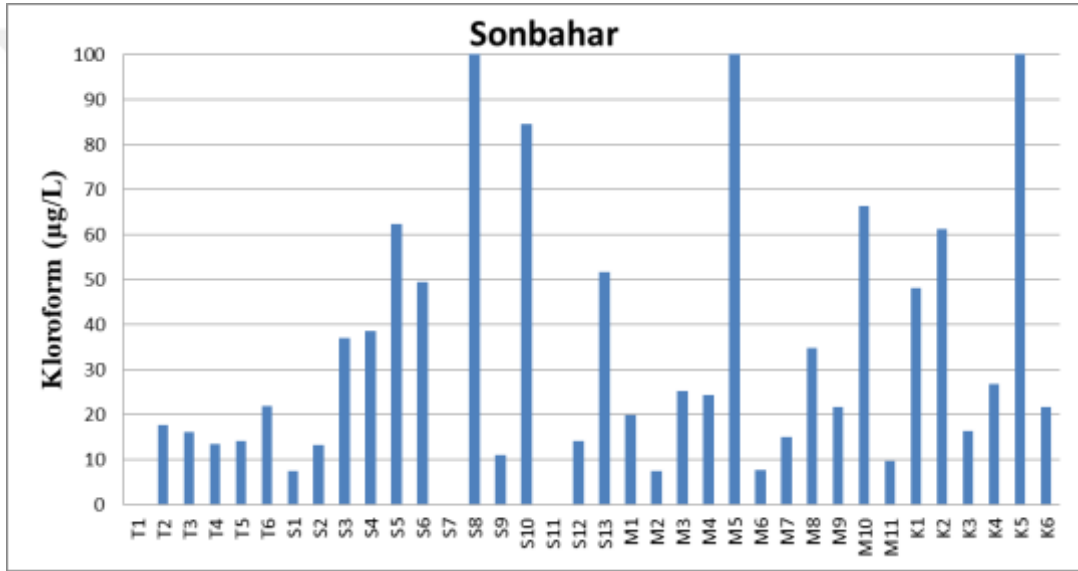
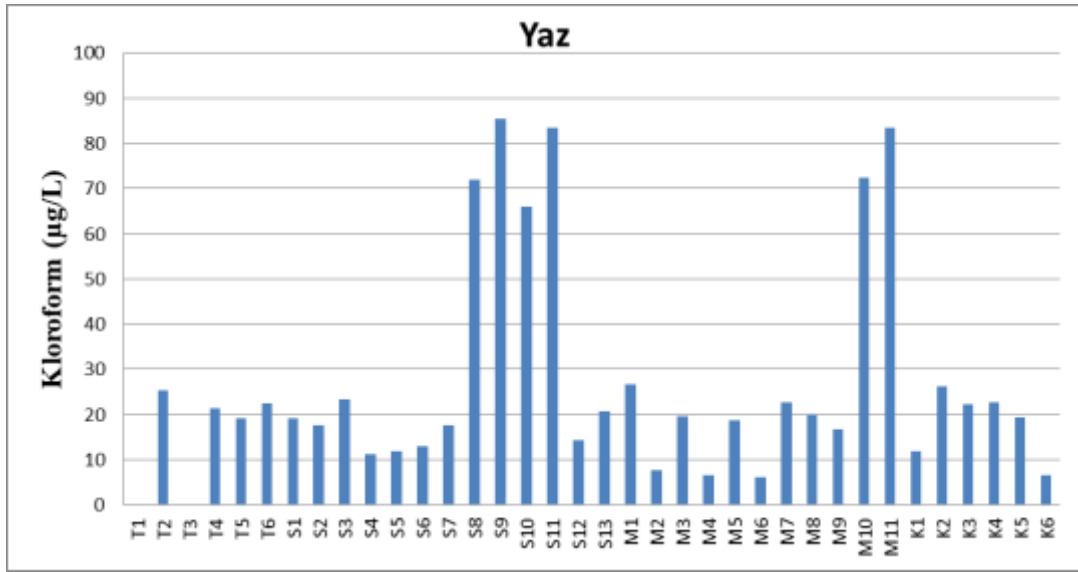
THM bileşiklerinden en yaygın olarak rastlanan parametrelerden biri olan Kloroform derişimlerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki salınımları aşağıda Şekil 4.11.'de verilmiştir. yaz dönemindeki Kloroform miktarlarında Selçuklu ilçesindeki 4 noktada (S8,S9,S10,S11) ve Meram ilçesindeki 2 noktada (M10,M11) ortalamanın üzerinde sonuçlar tespit edilmiştir. Yaz döneminde Karatay ilçesinde Kloroform derişimleri düşük ve stabil bir salınım sergilemiştir. Sonbahar ayındaki sonuçlarda ise S8, M5, K5 noktalarında sınır değeri aşan derişim değerleri ile karşılaşmıştır. Bunun nedeni olarak bu noktalardaki ilave klor dozajı yapıyor olması gösterilebilir. Ayrıca sıcaklıkların yükseliyor olması dezenfeksiyon reaksiyonlarını hızlandırıyor olması da ayrı bir sebeptir. Kış dönemindeki kloroform değerlerinde göze batan bir değer bulunmamaktadır.

Diğer bir THM bileşiği olan klorodibromometan (CDBM) derişimlerinin yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki salınımları Şekil 4.12.'de verilmektedir. CDBM konsantrasyonlarının her dönemde ortalama 10 µg/L civarında seyrettiği ve absürt bir yüksek değerin olmadığı görülmüştür.

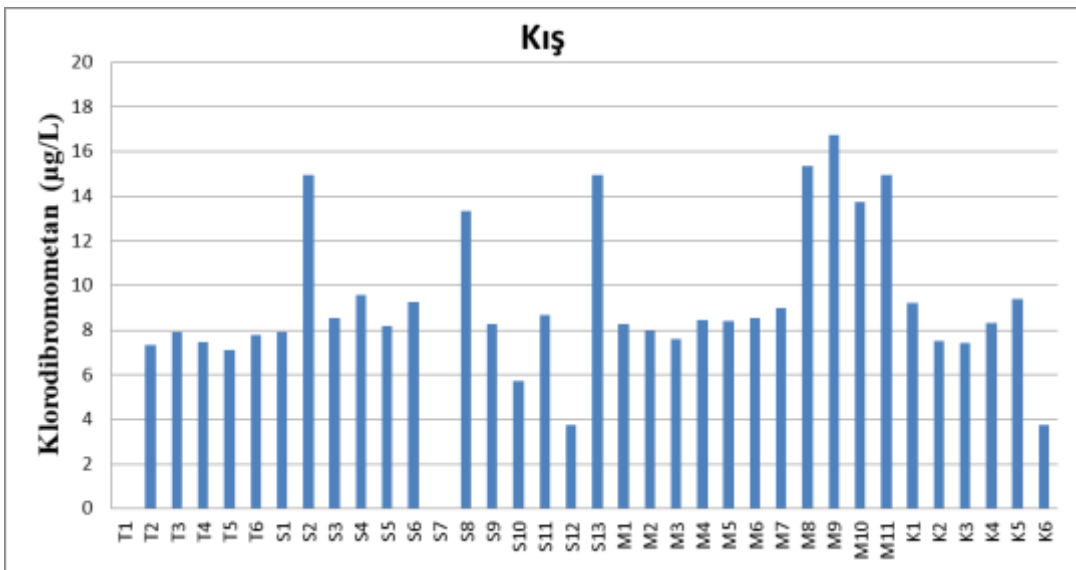
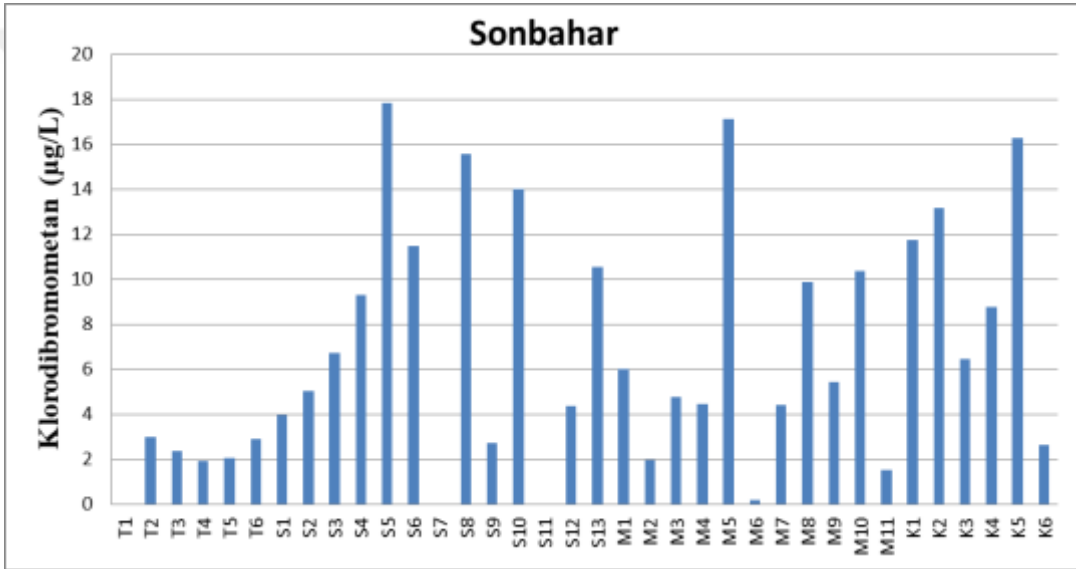
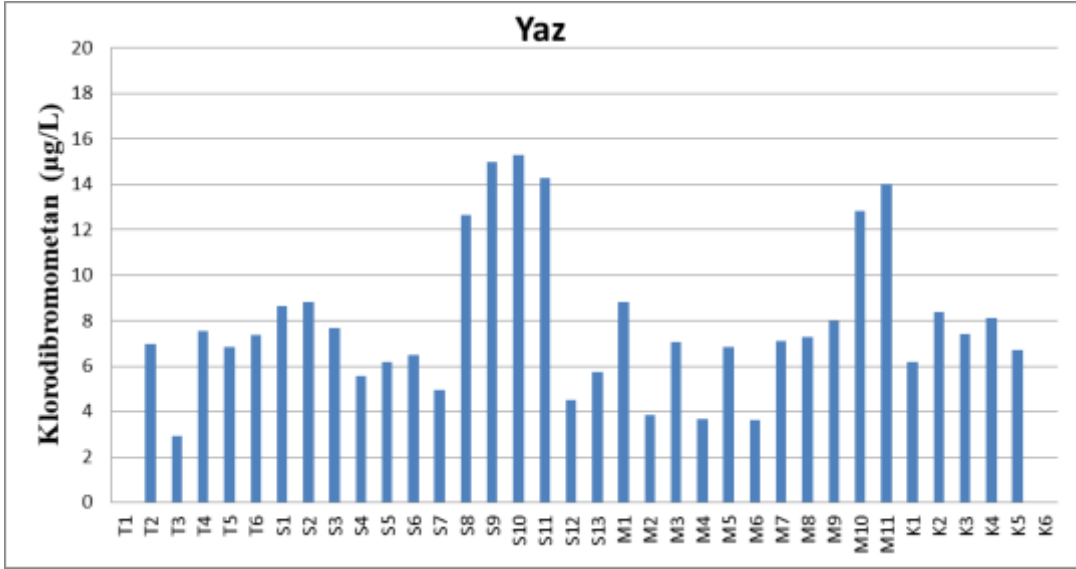
Diklorobromometan (DCBM) analizlerine ait yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde elde edilen sonuçlar ise Şekil 4.13.'de görülmektedir. Yaz ve kış dönemlerinde DCBM derişimlerinin ortalama 5 µg/L dolaylarında seyrettiği, sonbahar döneminde ise daha düşük değerlerde salınım gösterdiği görülmektedir.

İçmesuyunda sık rastlanan diğer bir THM bileşiği ise Bromoformdur. Yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki Bromoform değerleri Şekil 4.14'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere sadece yaz dönemindeki numunelerde bromorm'a rastlanmış olup ortalama 3 µg/L gibi gayet düşük değerlerde seyrettiği görülmektedir. Sonbahar ve kış dönemlerinde bromoform'a rastlanmamıştır. Bu sonuçlar tesis çıkışındaki Bromür değerinin düşük seviyelerde olması ile doğrudan ilişkilendirilebilir.

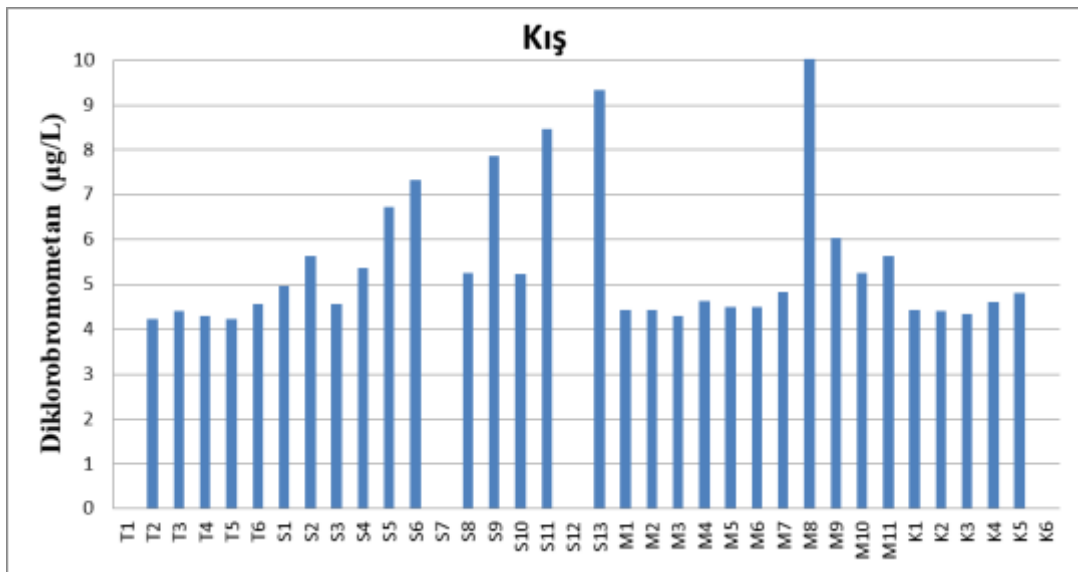
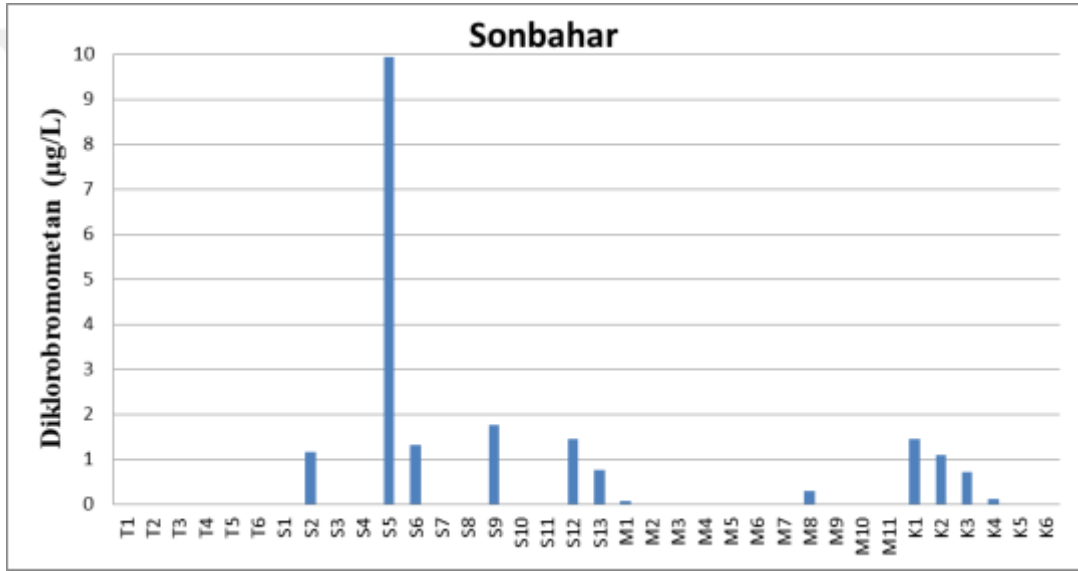
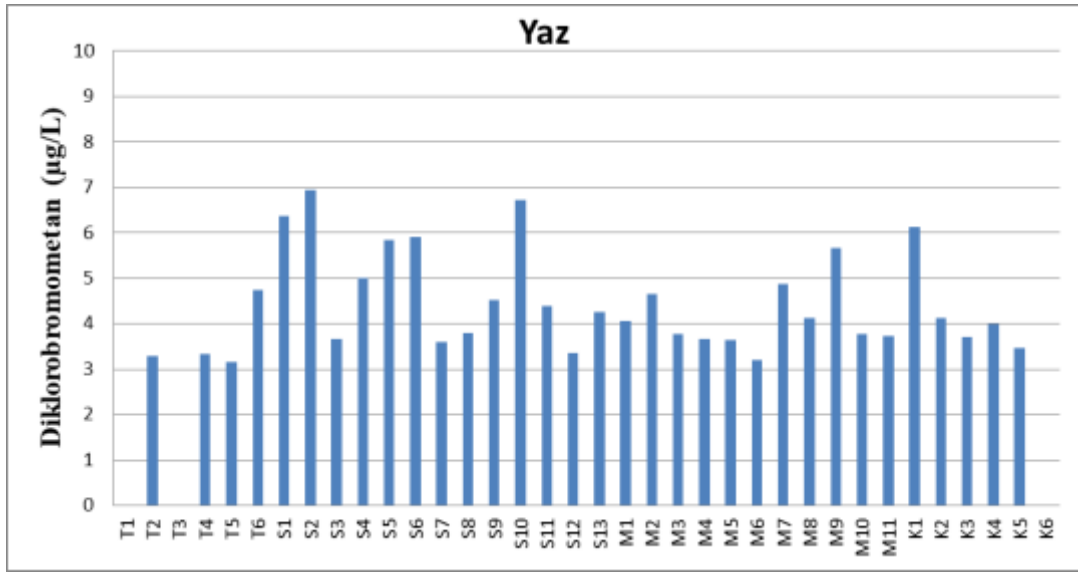
Çalışmanın temel amaçlarından biri olan TTHM analiz sonuçları Şekil 4.15'te verilmiştir. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” te verilen TTHM sınır değeri 100 µg/L olarak belirlenmiştir. EPA tarafından ise TTHM konsantrasyonu 80 µg/L olarak sınırlandırılmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde yaz ve sonbahar dönemlerinde ortalama TTHM konsantrasyonunun kış dönemine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yaz döneminde 3 noktada (S9, S11,M11) sırasıyla 107,2-104,5-101,7 µg/L değerleri ile sınır değerini aştığı, sonbahar döneminde de yine 3 noktada (S8, M5, K5) sırasıyla 122,2-124,9-119,9 µg/L gibi sınır değerini üzerinde konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Kış döneminde sadece bir noktada (M8) 103,4 µg/L maksimum limit değerini üzerinde TTHM konsantrasyonu tespit edilmiştir. Numunelerin genel olarak değerlendirilecek olursak büyük bir kısmında ortalama TTHM konsantrasyonu 40 µg/L civarında salınım gösterdiği görülmektedir. Yaz ve sonbahar dönemlerindeki TTHM konsantrasyonlarının kış döneminden yüksek olması artan sıcaklık ve bakiye klor miktarı ile izah edilebilir. İlçeler ölçeğinde bir değerlendirmede bulunursak Selçuklu ve Meram ilçelerinde Karatay ilçesine nazaran TTHM konsantrasyon sonuçlarında belirgin bir yükselişin olduğu söylenebilir. Bunun nedeni olarak şebekenin birden fazla kaynaktan besleniyor olması ve birden fazla noktada dezenfeksiyon işleminin uygulanıyor olması sonucunda su kalitesindeki homojenliğin bozulması gösterilebilir.



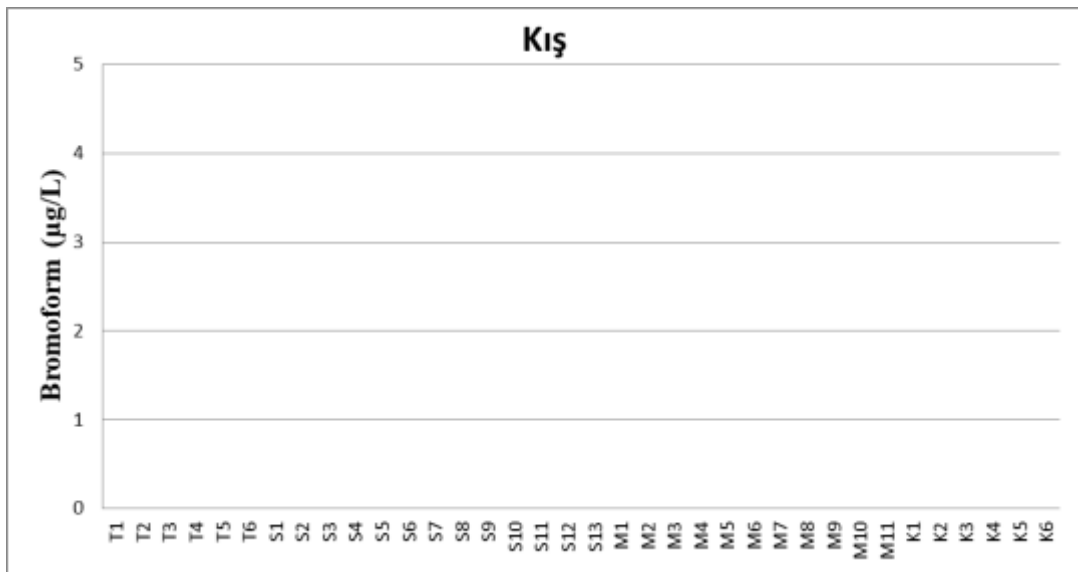
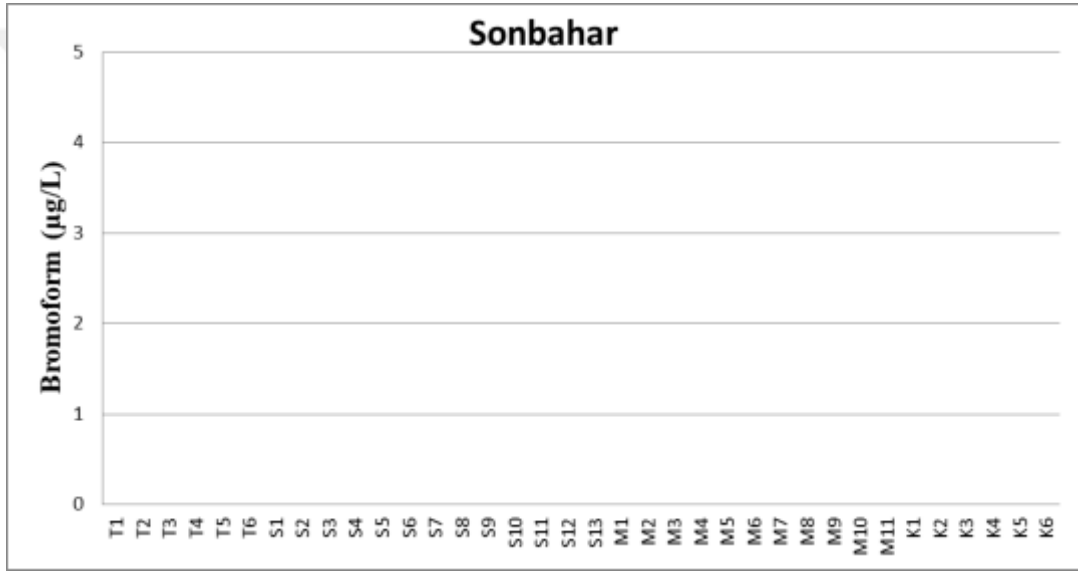
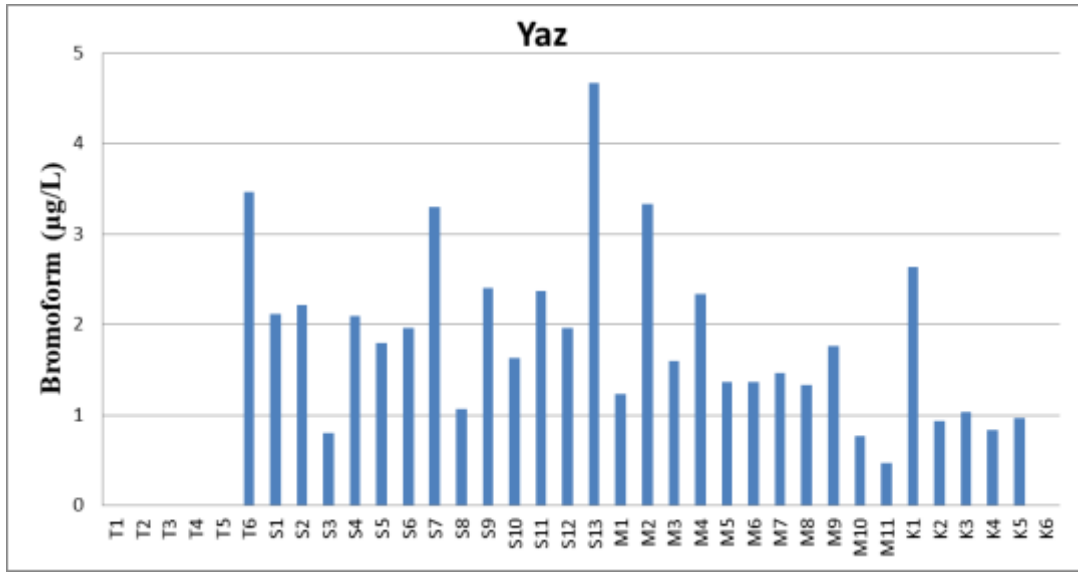
Şekil 4.11. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Kloroform değerleri



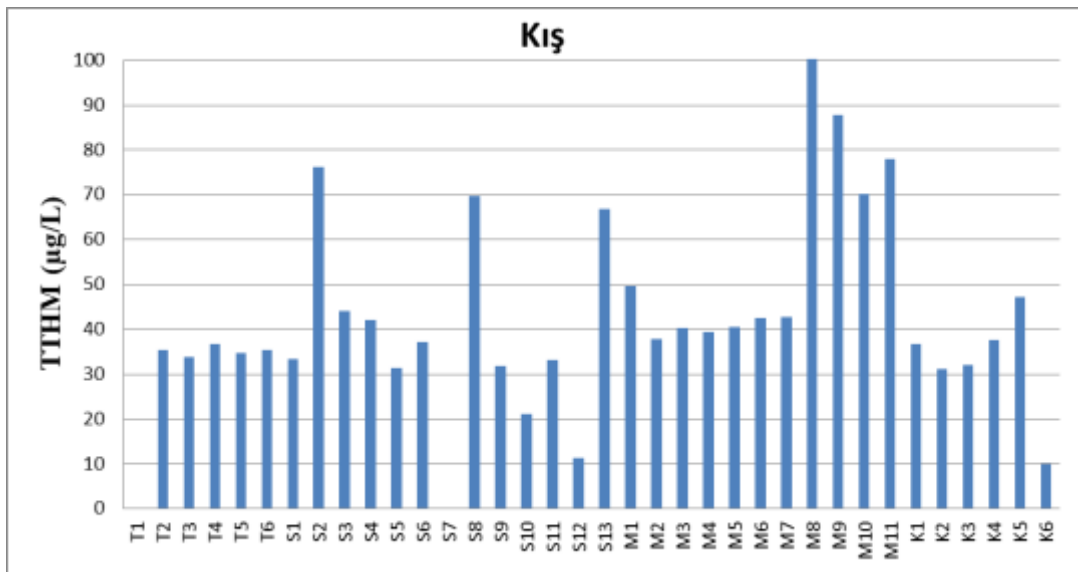
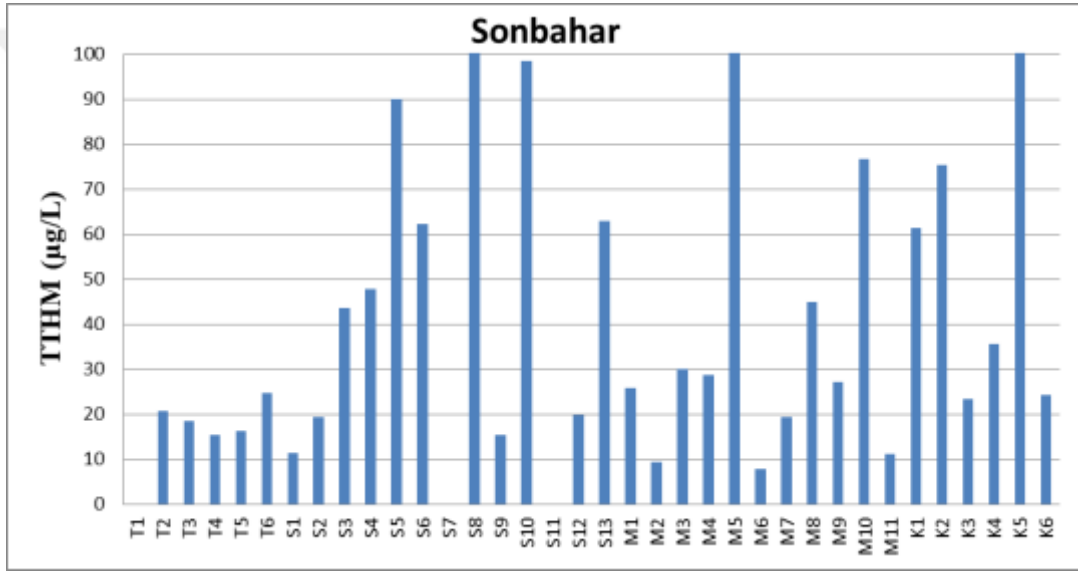
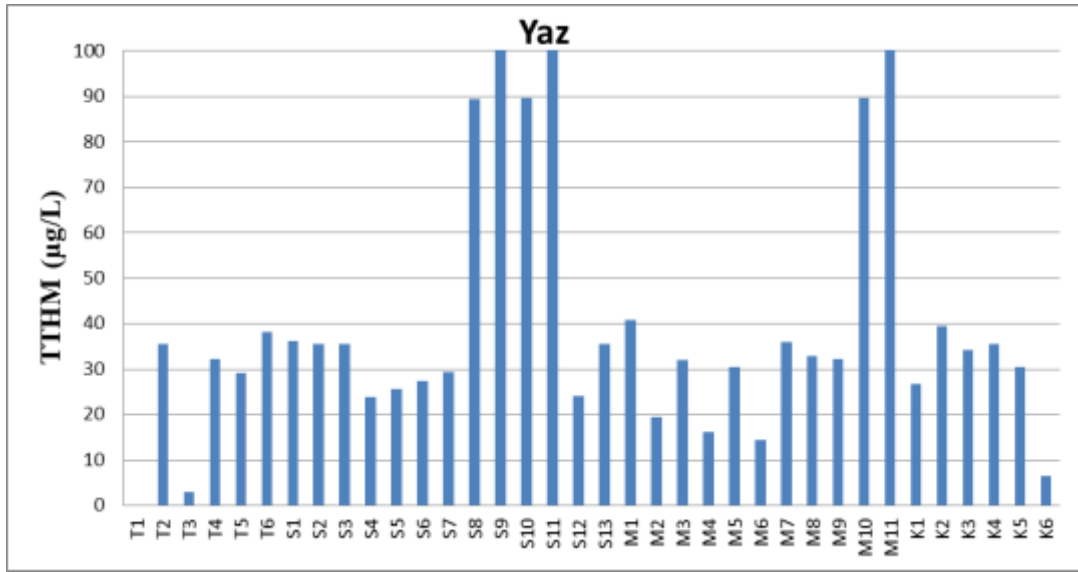
Şekil 4.12. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Klorodibromometan değerleri



Şekil 4.13. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Diklorobromometan değerleri



Şekil 4.14. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi Bromoform değerleri



Şekil 4.15. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM değerleri

4.3. HAA Sonuçları

Çalışma kapsamında belirlenen noktalardan temin edilen su numunelerinin HAA bileşikleri, 5-HAA ve Toplam HAA parametrelerine ait analiz sonuçları aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Çıkan sonuçların sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki salınımlarını görebilmek amacıyla farklı grafiklere aktarılarak ulusal ve uluslararası mevzuata uygunluğu yorumlanmıştır. Ülkemizde henüz THAA bileşiklerinin derişimleri ile ilgili bir sınırlama mevzuatlarımızda belirtilmemektedir. EPA tarafından ise 5-HAA değeri 60 µg/L ile sınırlandırılmıştır. WHO tarafında HAA bileşiklerine yönelik getirilen sınırlamalar ise TCAA 100 µg/L, DCAA 50 µg/L olarak belirtilmiştir.

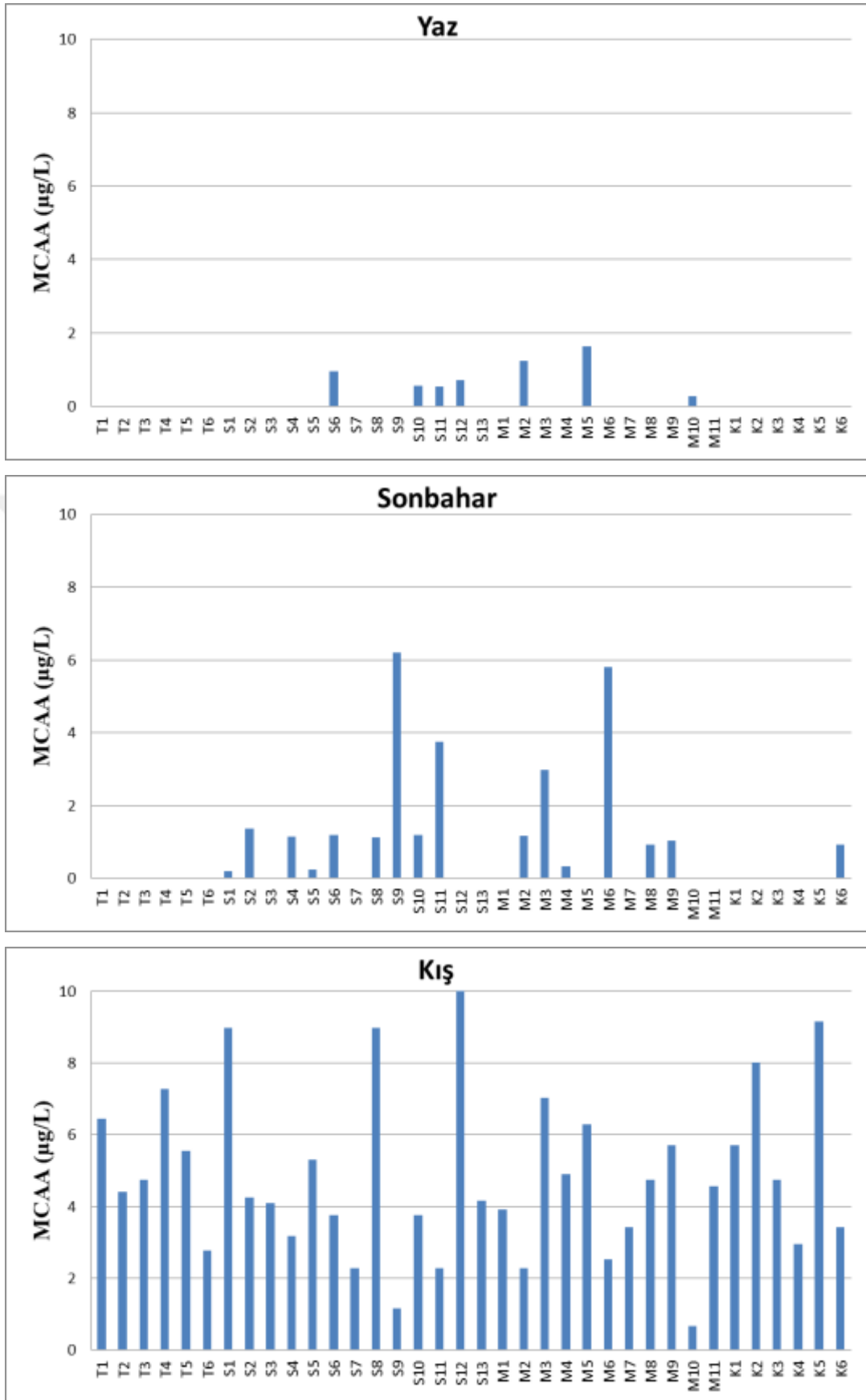
Monokloroasetikasit (MCAA) bileşiğine ait sonuçlar Şekil 4.16.'da verilmektedir. Çıkan sonuçlara göre yaz ve sonbahar dönemlerinde ortalama 2 µg/L'in altında, kış döneminde ise ortalama 4 µg/L gibi çok düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir. Diğer bir HAA bileşiği olan monobromoasetikasit (MBAA) değerleri Şekil 4.17'de verilmiştir. Tüm dönemlerde MBAA bileşiği derişimi 0 µg/L 'a yakın minimum değerlerde tespit edilmiştir. Hatta çoğu noktada hiç rastlanmamıştır. Dikloroasetikasit (DCAA) bileşiğinin yaz, sonbahar ve kış dönemlerine ait sonuçları Şekil 4.18.'de verilmiştir. Tüm dönemlerde ortalama DCAA derişiminin 5 µg/L civarında seyrettiği görülmektedir. Yaz döneminde sadece bir noktada (S11) 50,31 µg/L değer ile WHO tarafından belirlenen sınır değere (50 µg/L) ulaşılmıştır. Ayrıca 5 ayrı noktada (S8, S9, S10, M10, M11) sırasıyla 36,1-43,8-31,4-44,9-42,3 gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerinin altında sonuçlar elde edilmiştir. Sonbahar döneminde WHO tarafından belirlenen sınır değeri (50 µg/L) aşan bir sonuçla karşılaşılmasıdır. Sadece 3 noktada (S10, S13, M10) 26-27,9-43,2 gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerinin altında sonuçlar elde edilmiştir. Kış döneminde ise sadece bir noktada (S8) 86,73 µg/L değeri ile WHO tarafından belirlenen sınır değer (50 µg/L) aşılmıştır. Bu dönemde ayrıca 3 noktada (M8, M9, M11) 32,1-31,5-32,5 gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerinin altında sonuçlar elde edilmiştir.

Trikloroasetikasit (TCAA) bileşiğinin yaz, sonbahar ve kış dönemlerine ait sonuçları Şekil 4.19'da verilmiştir. Tüm dönemlerde ortalama DCAA derişiminin 3 µg/L civarında seyrettiği görülmektedir. Tüm dönemlerde elde edilen sonuçlara göre WHO tarafından belirlenen sınır değere (100 µg/L) yaklaşılmasıdır. Yaz döneminde 6 ayrı noktada (S8, S9, S10, S11, M10, M11) sırasıyla 18,9-21,7-15,9-28,5-24,4-21,2 µg/L gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerinin altında sonuçlar elde edilmiştir.

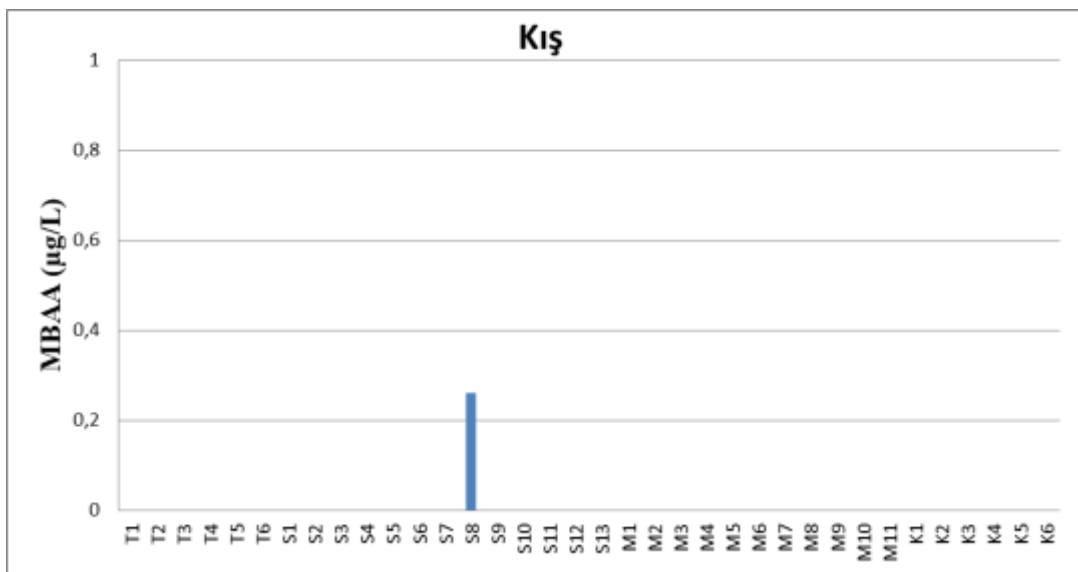
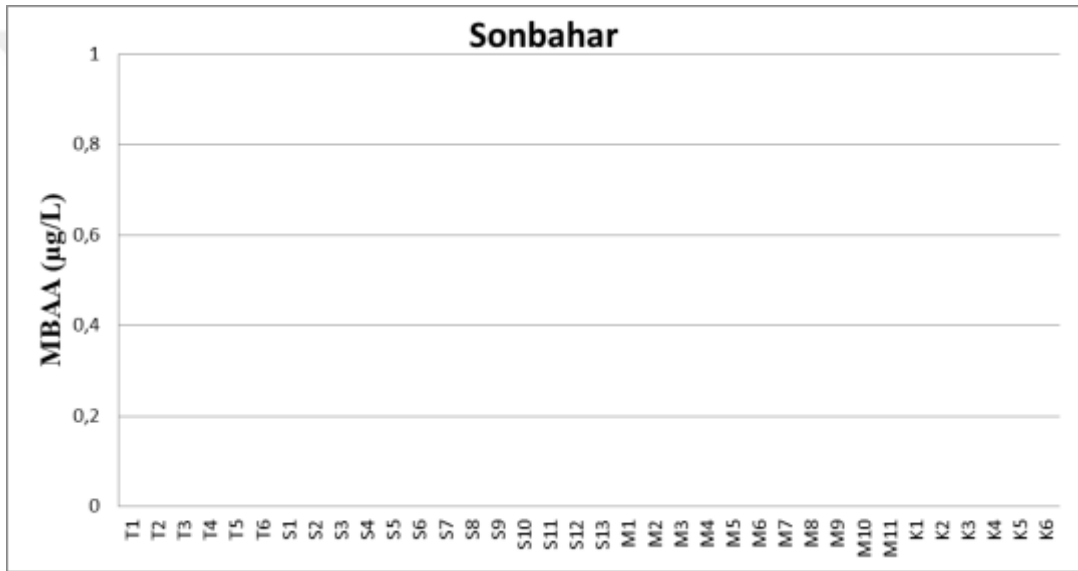
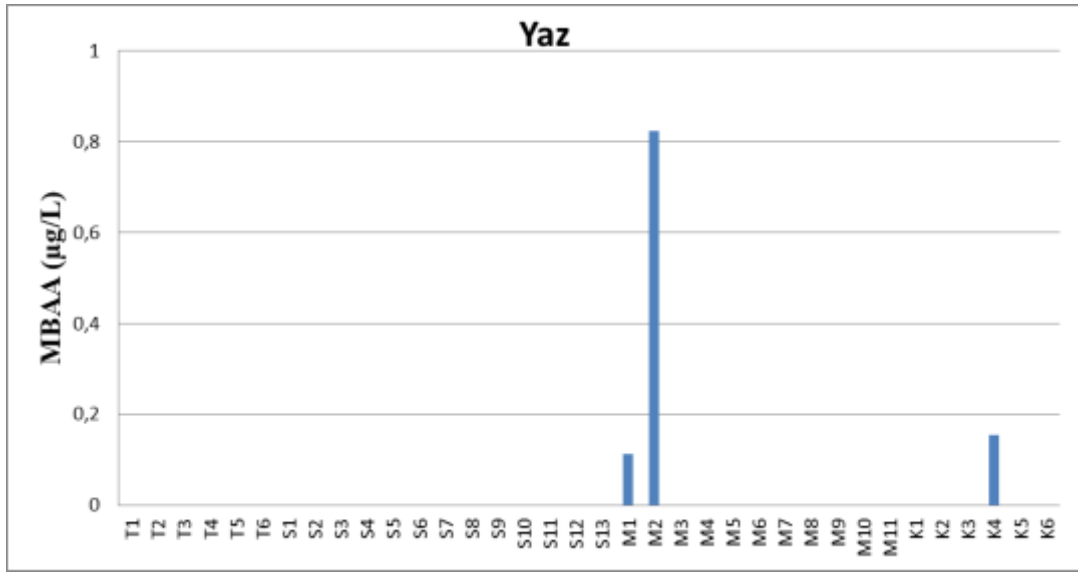
Sonbahar döneminde ise 5 noktada (S8, S10, M5, M10, K5) 20,7-16-15,2-18,2-15,5 gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerin altında sonuçlar elde edilmiştir. Kış döneminde ise sadece 2 noktada (S8,M4) 47.8-18.8 µg/L gibi ortalamanın üzerinde fakat sınır değerin altında sonuçlar elde edilmiştir.

Yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki Dibromoasetikasit (DBAA) bileşiğine ait sonuçlar ise Şekil 4.20.'de verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde sonuçların ortalama 2 µg/L'nin altında düşük değerlerde seyrettiği görülmektedir.

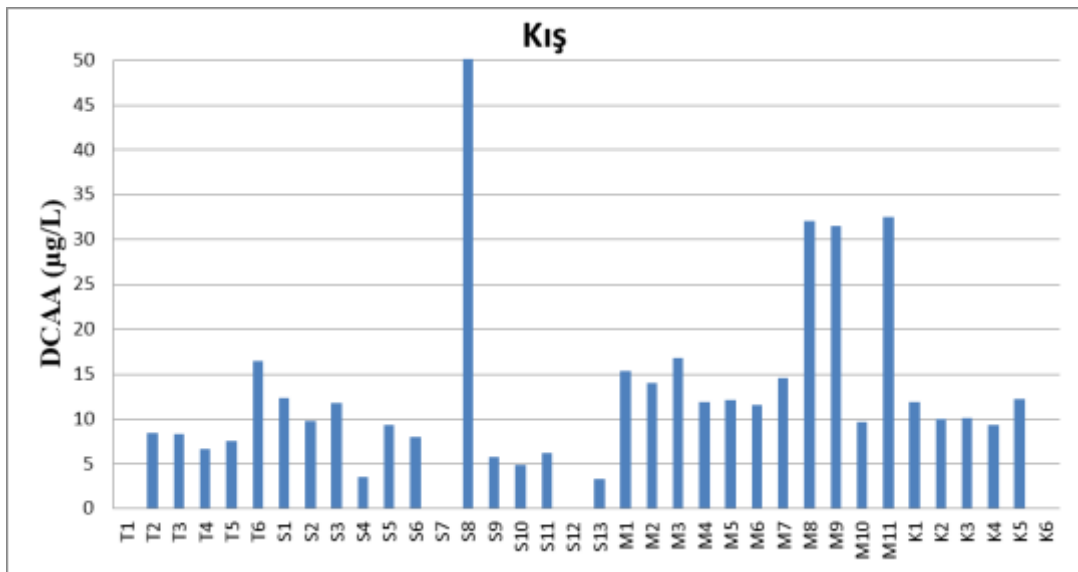
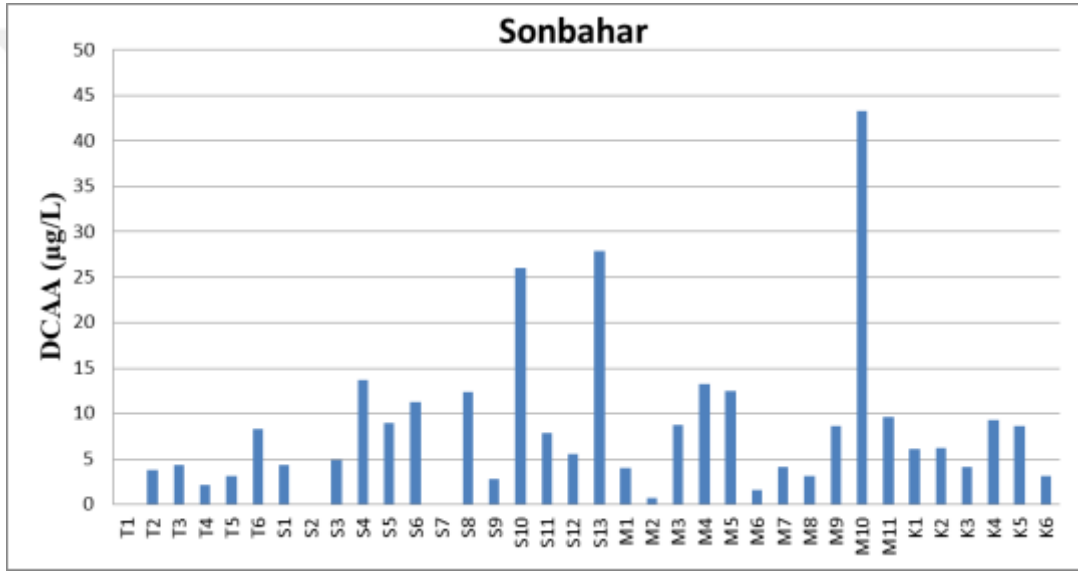
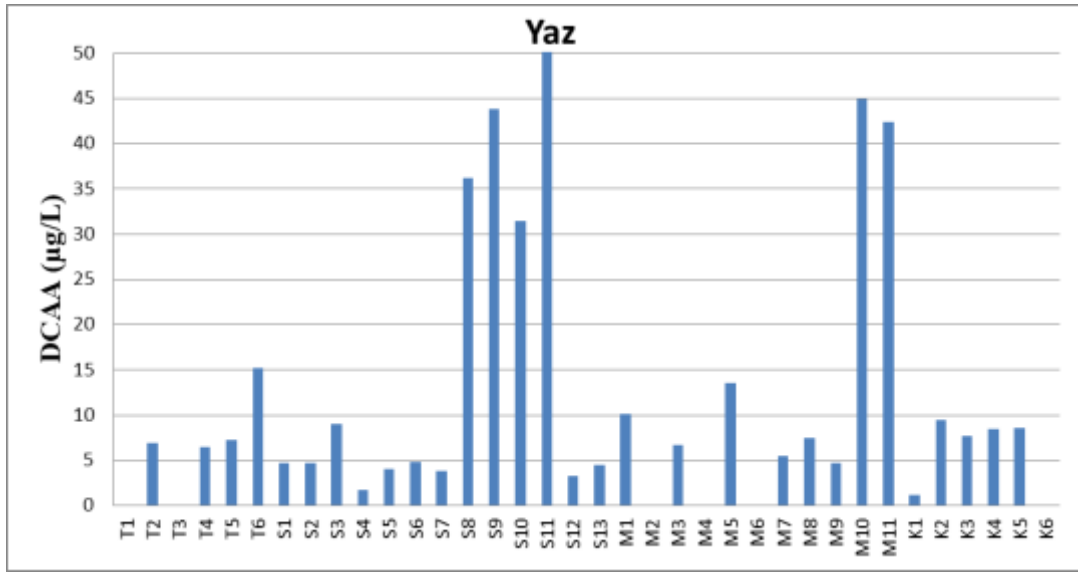
Yapılan analizler neticesinde numunelere ait 5-HAA (MCAA+MBAA+DCAA+ TCAA+DBAA) ölçümleri Şekil 4.21'de verilmiştir. EPA içme suyunda limit değer olarak 5-HAA konsantrasyonunu 60 µg/L'nin olarak belirlemektedir. Ülkemizde bu parametre ile ilgili bir sınırlama mevcut değildir. Yaz döneminde alınan numunelerden S9,S10,M10,M11 noktalarında, sonbahar döneminde M10 noktasında, kış döneminde ise sadece S8 noktasında EPA tarafından belirtilen sınır değeri aştığı diğer noktalarda düşük seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca TTHM değerlerinde olduğu gibi yine aynı şekilde 5-HAA ve THAA değerlerinin de yaz ve sonbahar aylarında sıcaklığa bağlı olarak kış aylarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.



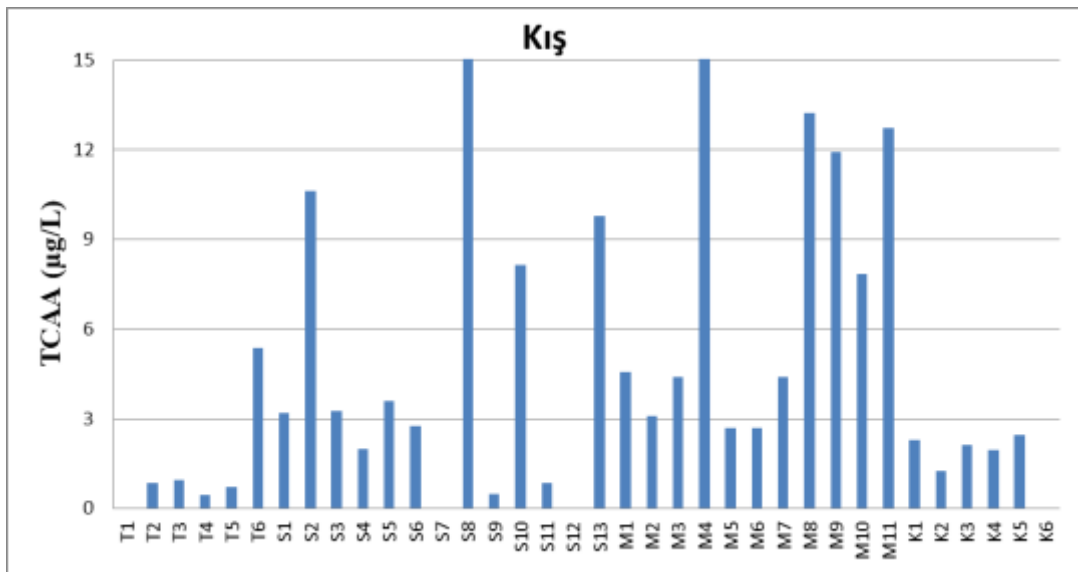
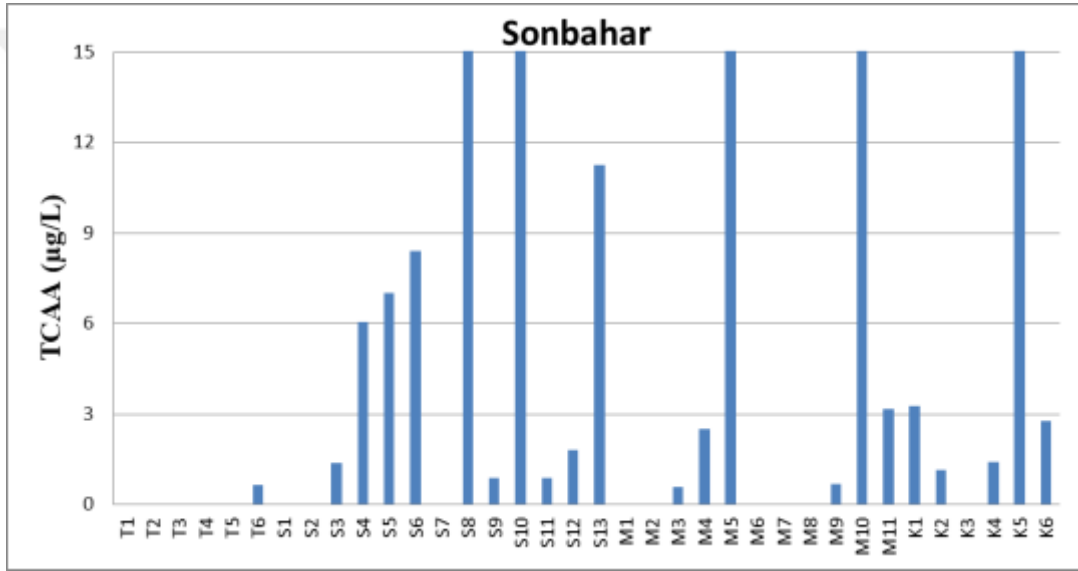
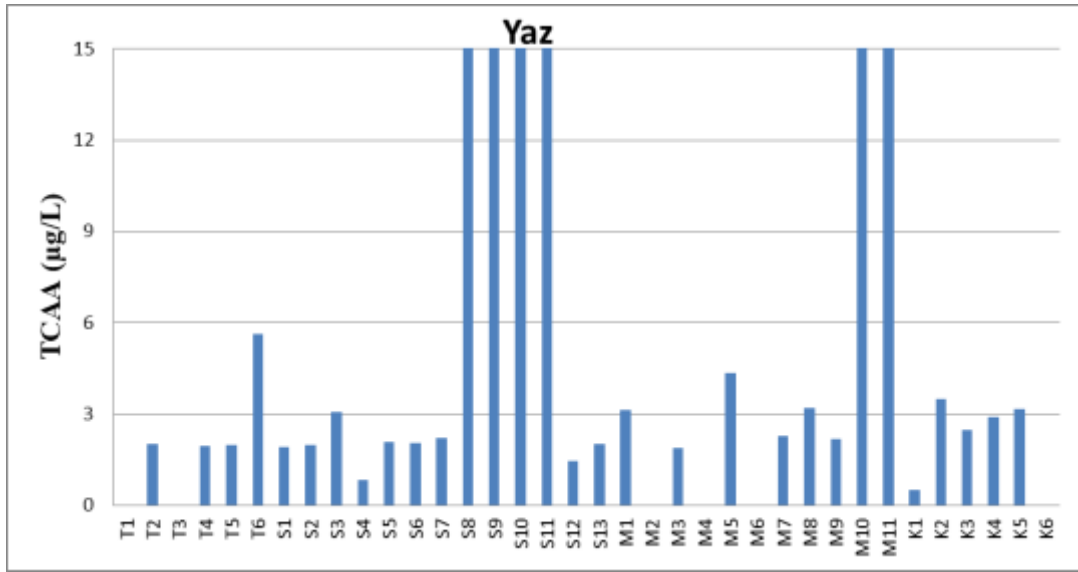
Şekil 4.16. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi MCAA değerleri



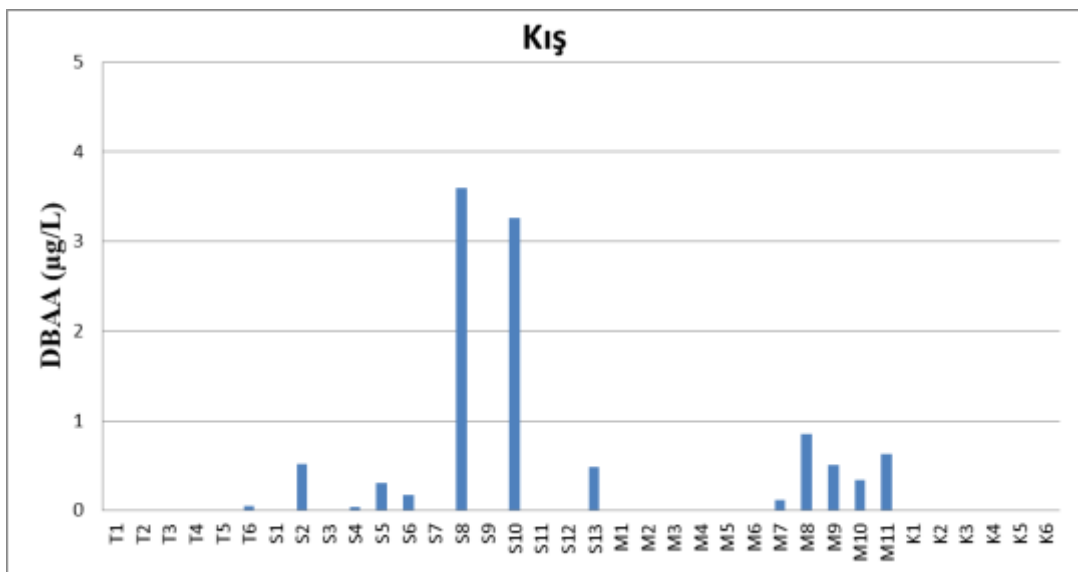
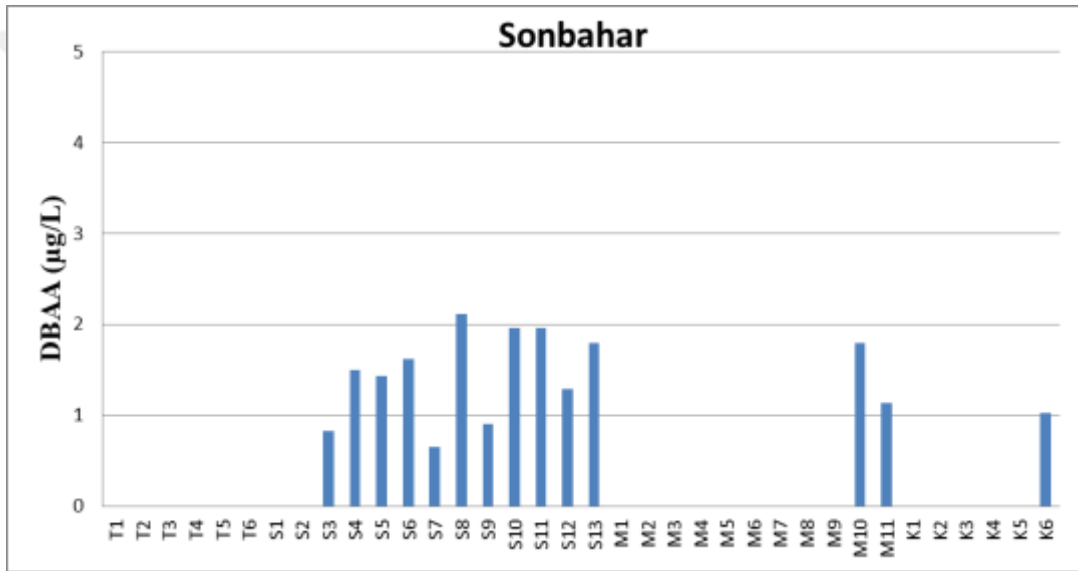
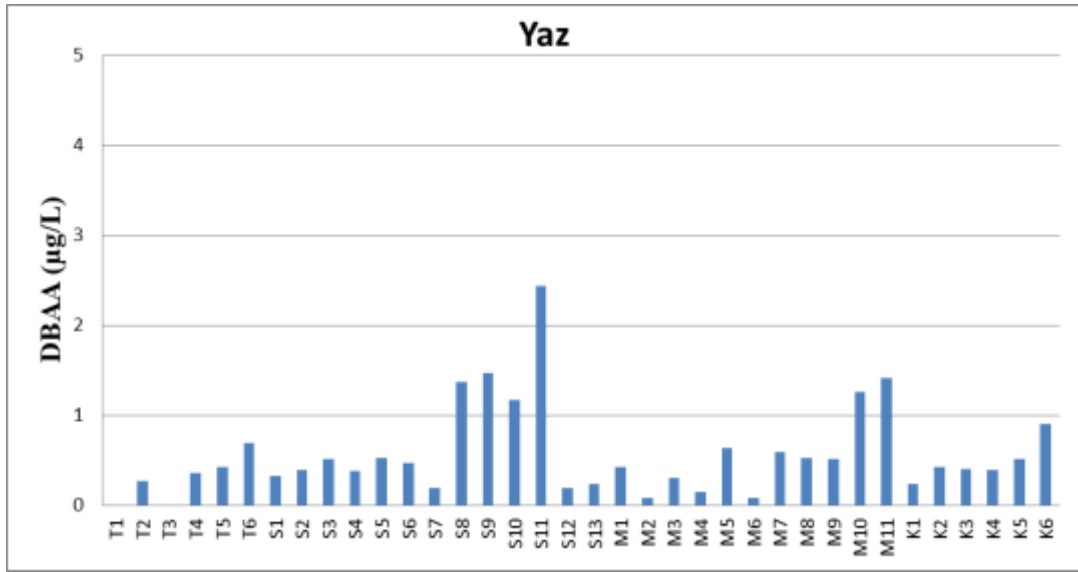
Şekil 4.17. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi MBAA değerleri



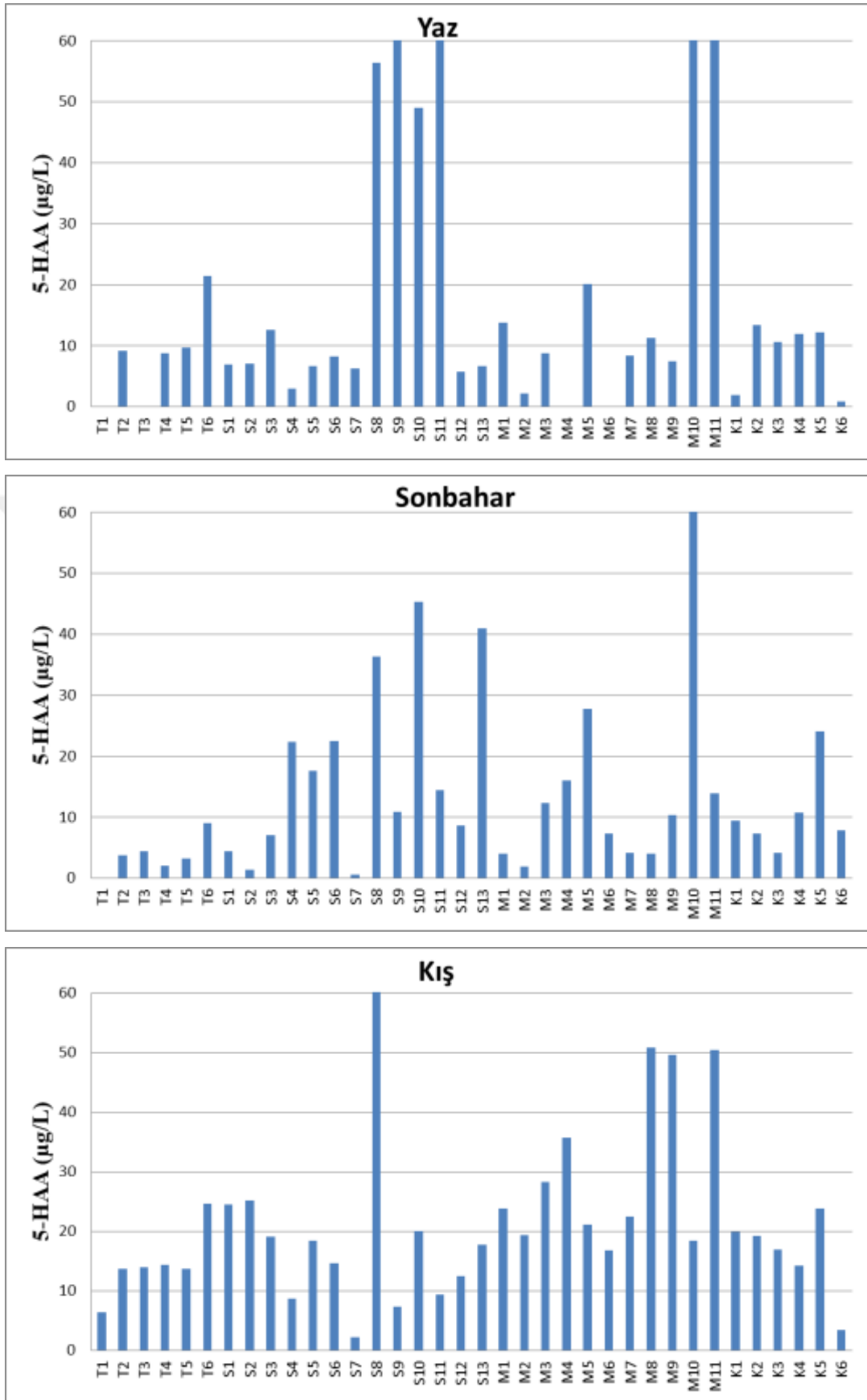
Şekil 4.18. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi DCAA değerleri



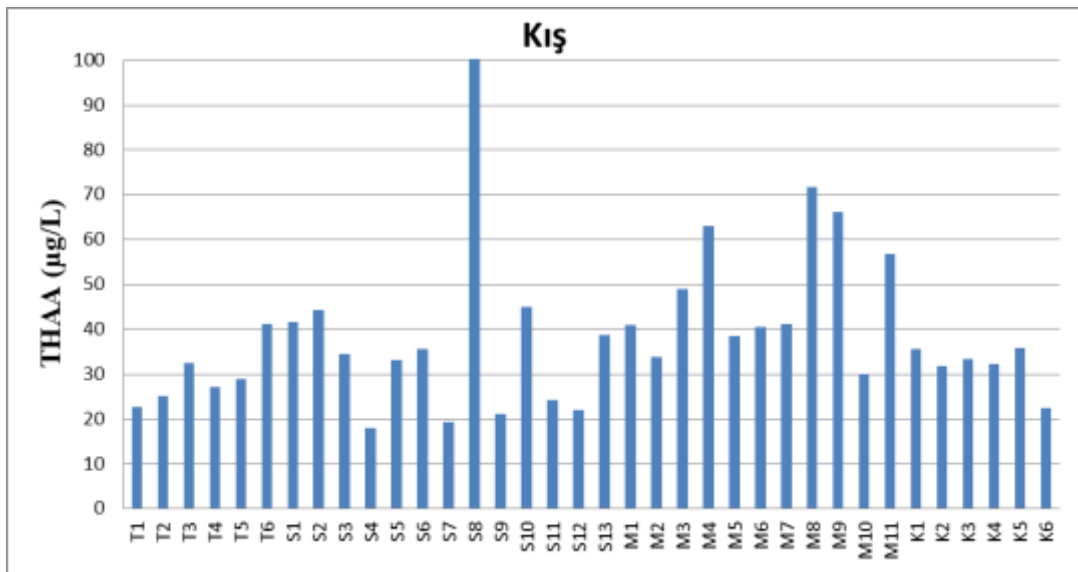
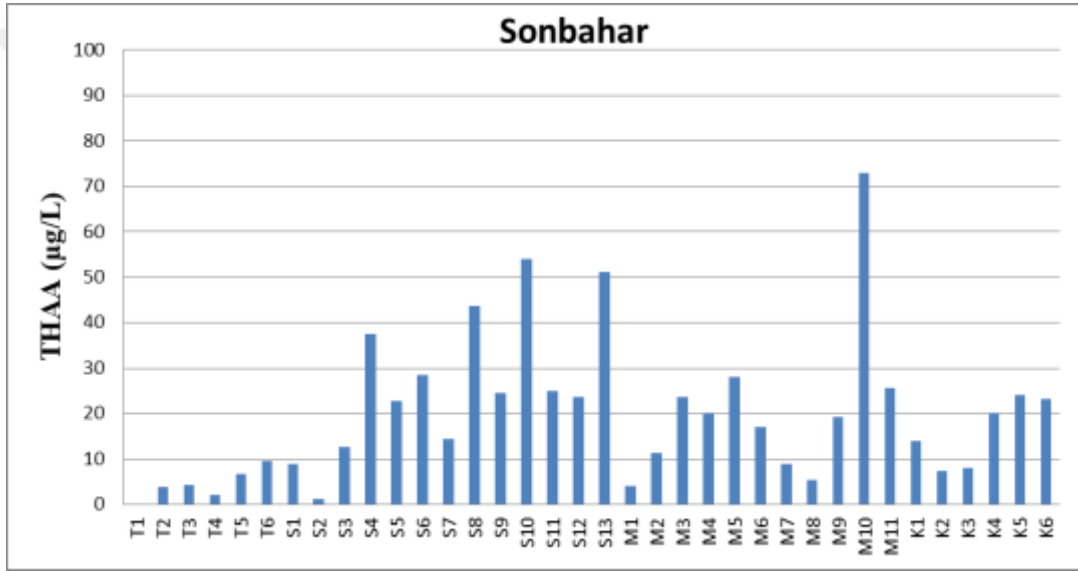
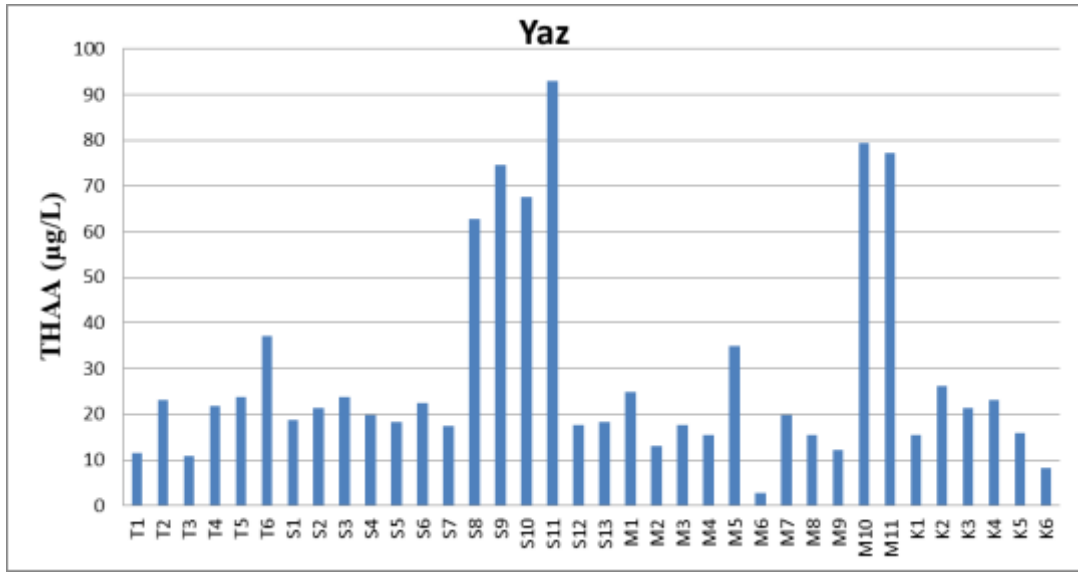
Şekil 4.19. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TCAA değerleri



Şekil 4.20. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi DBAA değerleri



Şekil 4.21. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi 5-HAA değerleri

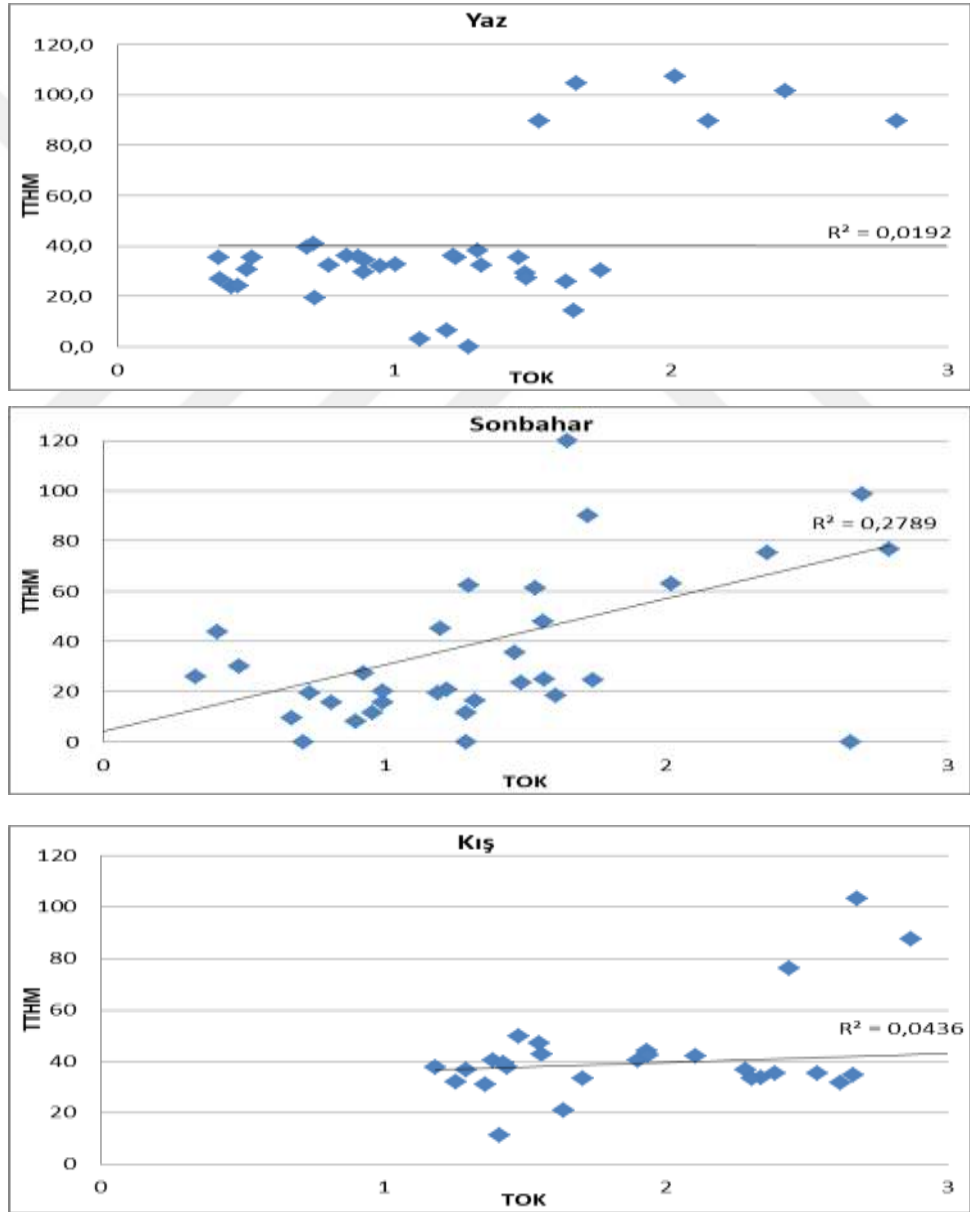


Şekil 4.22. Tesis ve şebekeden alınan su örneklerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA değerleri

4.4. DYÜ İle TOK, Bromür, Kalıntı Klor, UV₂₅₄, SUVA Parametreleri Arasındaki İlişki

4.4.1. TTHM ve TOK parametresi arasındaki ilişki

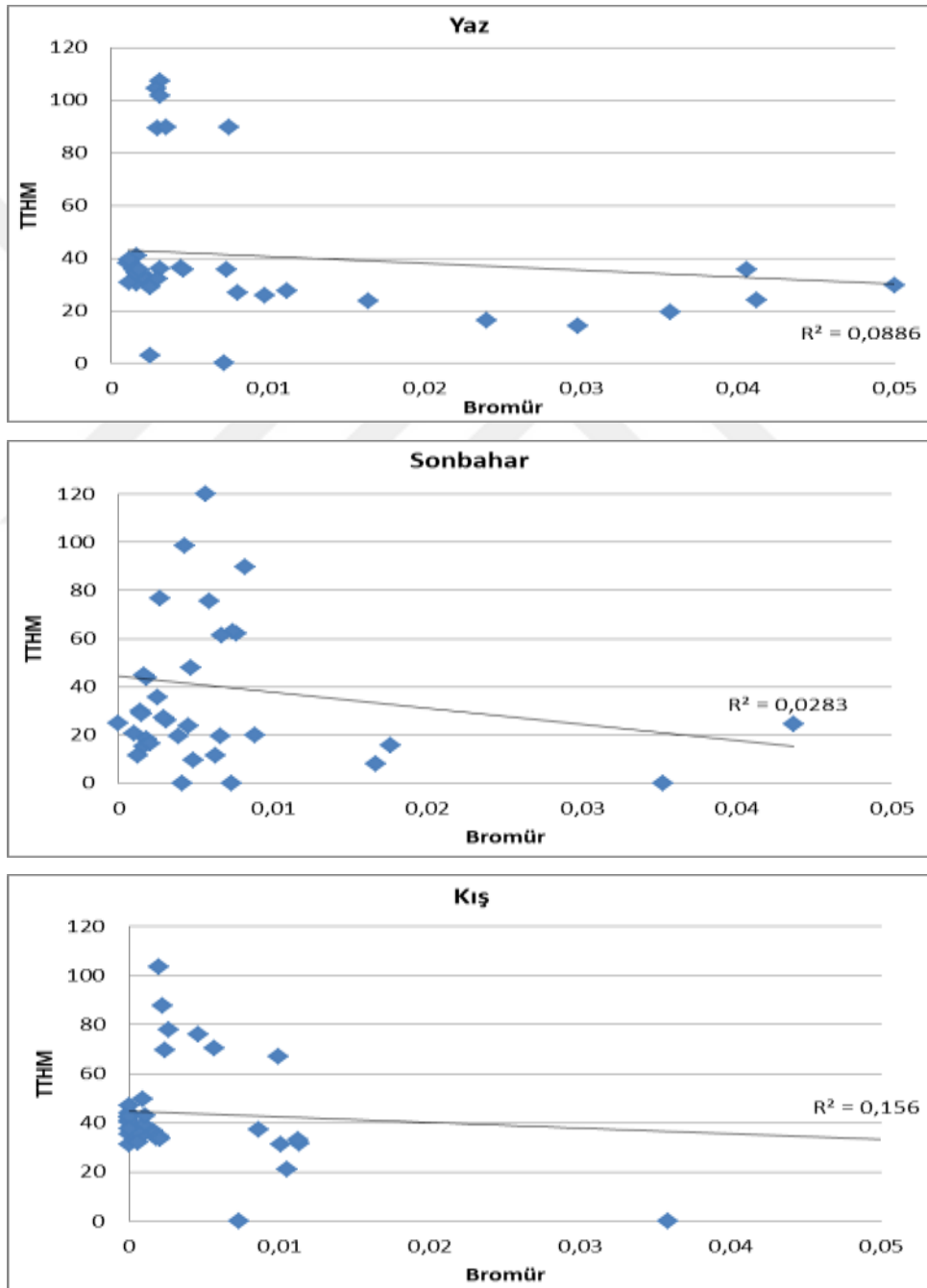
TTHM ile TOK parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.23'de görülmektedir. Özellikle yaz ve sonbahar aylarında sıcaklığında etkisiyle TOK konsantrasyonlarındaki artış TTHM bileşiklerinin de artması ile neticelenmektedir. Yani yaz ve sonbahar ayları için bu iki parameter arasında lineer bir ilişki söz konusudur. Fakat kış ayındaki veriler bu genellemeye aykırı olacak niteliktedir. Bu yüzden doğrusal bir ilişki bulunamamıştır diyebiliriz.



Şekil 4.23. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-TOK değerleri

4.4.2. TTHM ve bromür parametresi arasındaki ilişki

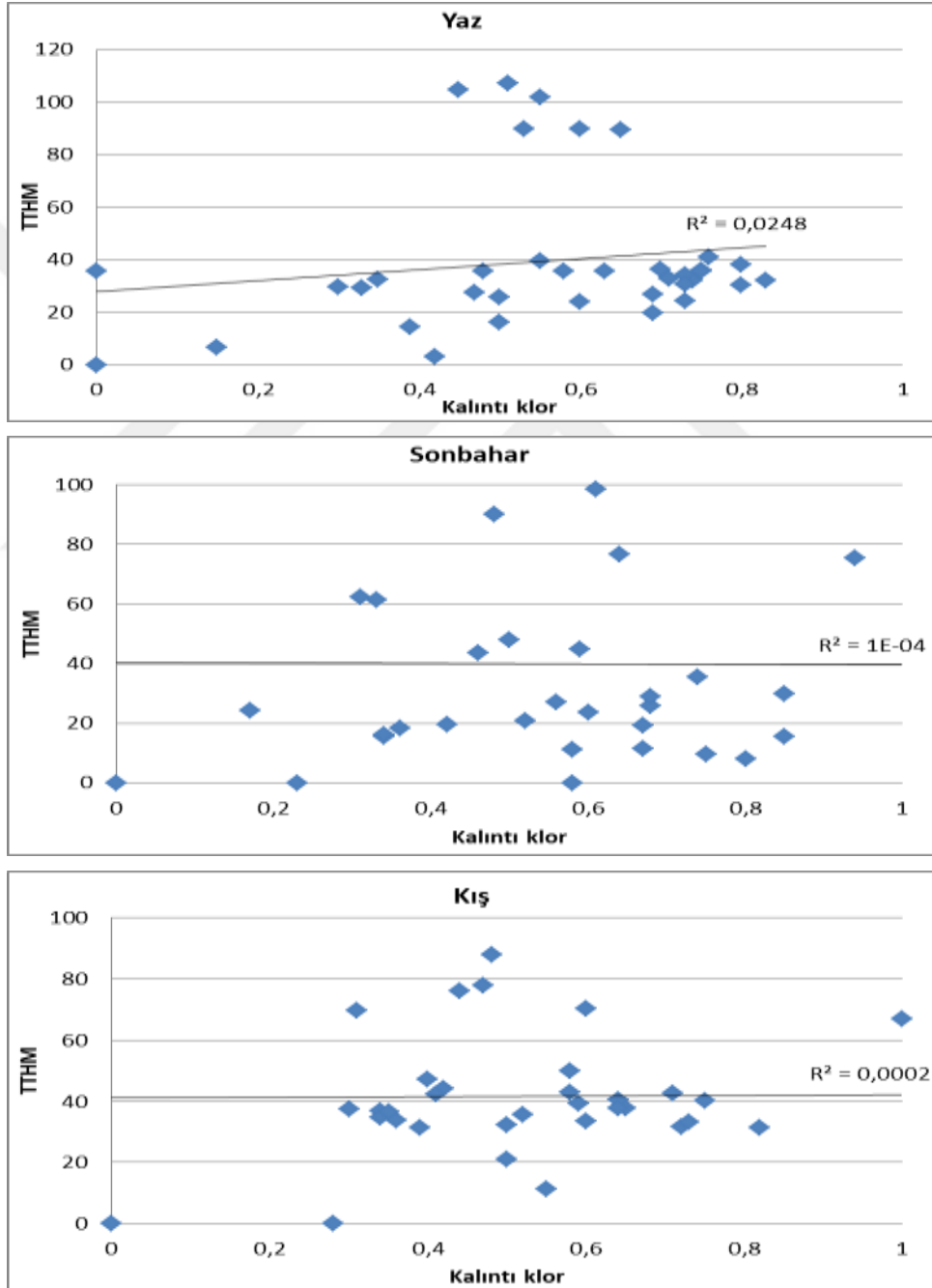
TTHM ile bromür parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.24’de görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde bromür konsantrasyonu ile TTHM miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan Bromür konsantrasyonuna karşılık TTHM değerinde düşüş veya azalan Bromür değerlerine karşılık da artan TTHM miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-Bromür değerleri

4.4.3. TTHM ve kalıntı klor parametresi arasındaki ilişki

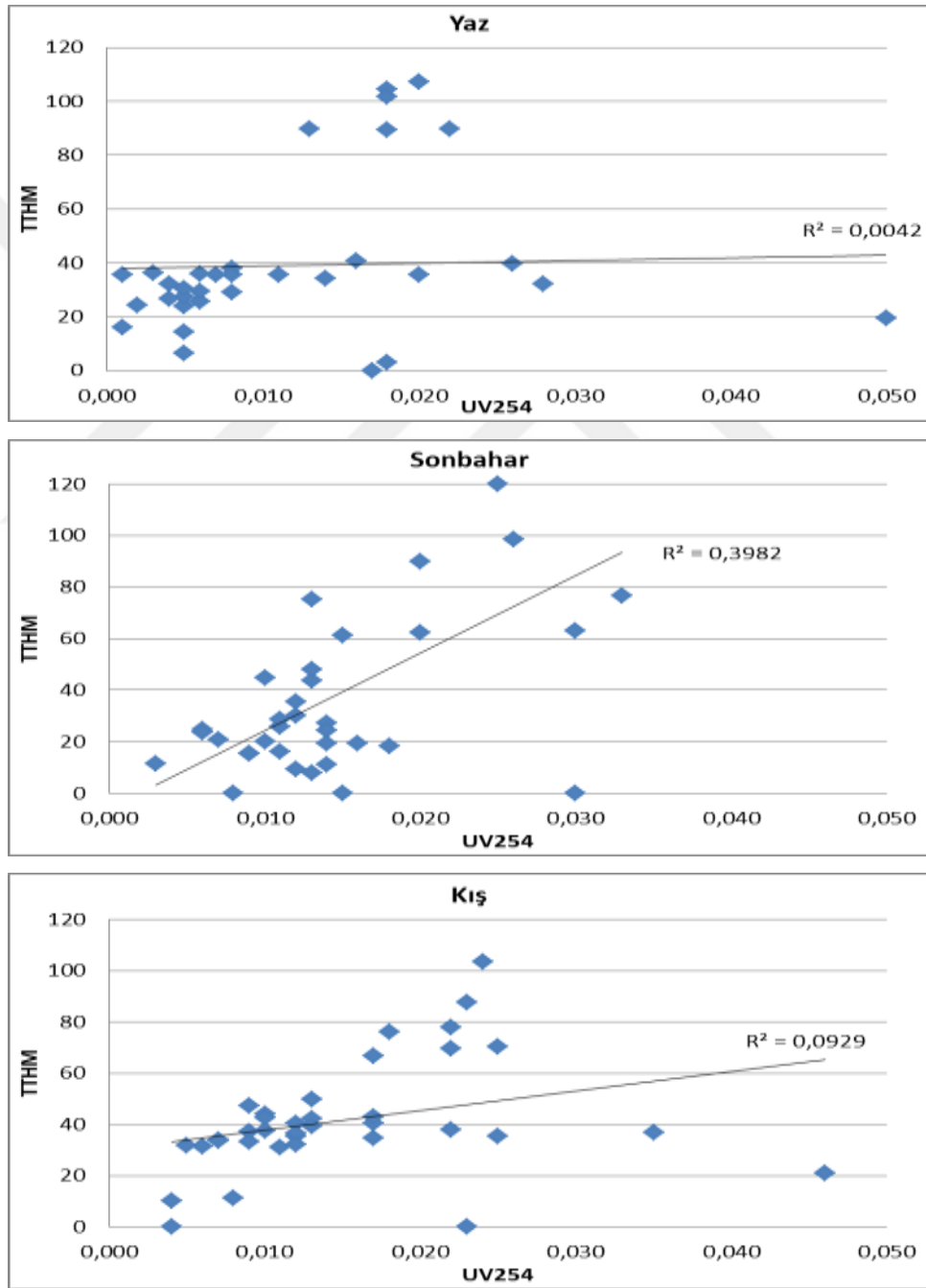
TTHM ile Kalıntı klor parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.25’de görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde Kalıntı klor derişimi ile TTHM miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan kalıntı klor miktarına karşılık TTHM değerinde düşüş veya azalan kalıntı klor değerlerine karşılık da artan TTHM miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.25. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-Kalıntı klor değerleri

4.4.4. TTHM ve UV₂₅₄ parametresi arasındaki ilişki

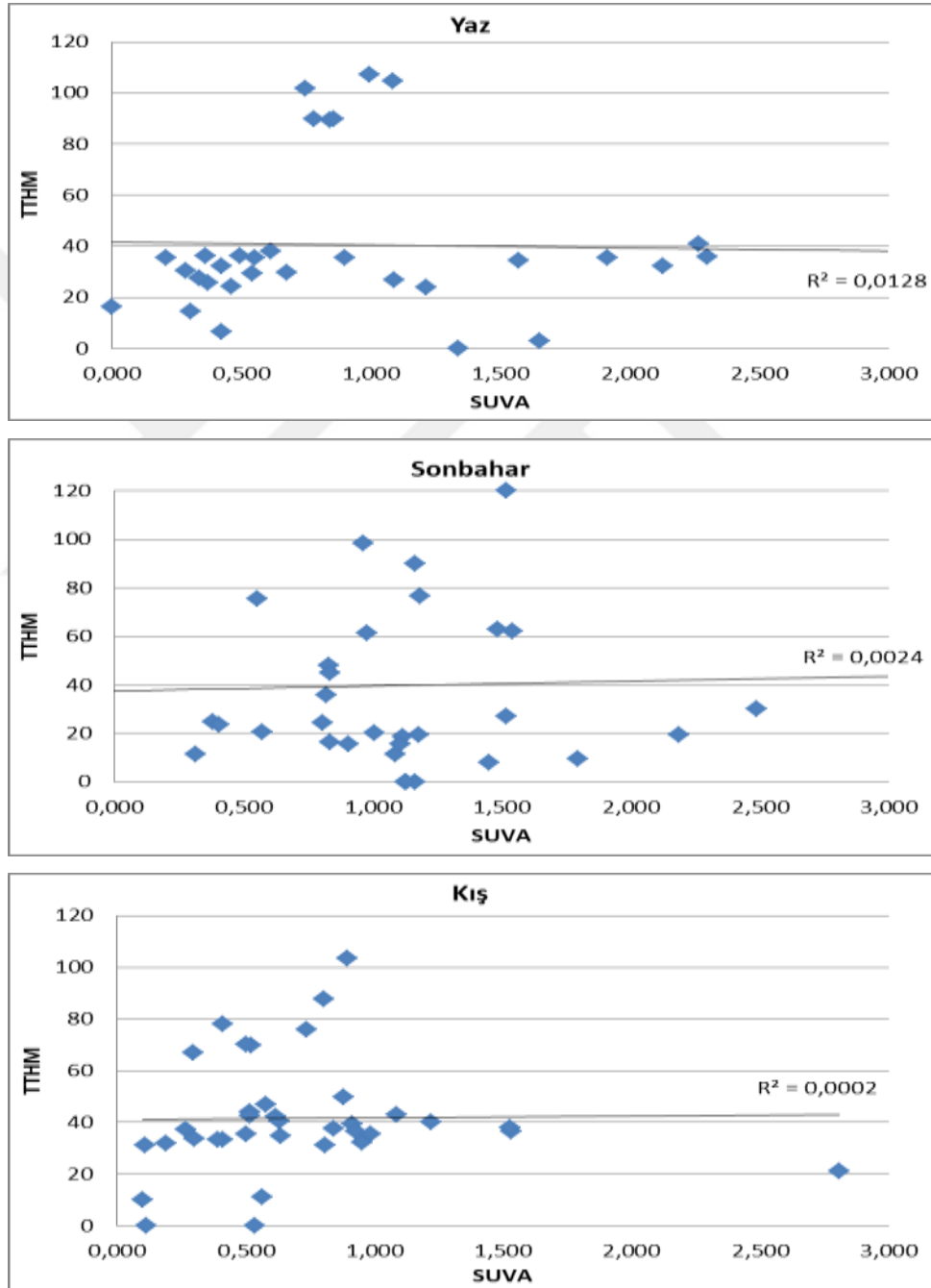
TTHM ile UV₂₅₄ parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.26'da görülmektedir. Sonbahar dönemindeki sonuçlarda TTHM ve UV₂₅₄ değerleri arasında lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Fakat yaz ve kış dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde UV₂₅₄ değeri ile TTHM miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan UV₂₅₄ değerine karşılık TTHM değerinde düşüş veya azalan UV₂₅₄ değerine karşılık da artan TTHM miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.26. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-UV₂₅₄ değerleri

4.4.5. TTHM ve SUVA parametresi arasındaki ilişki

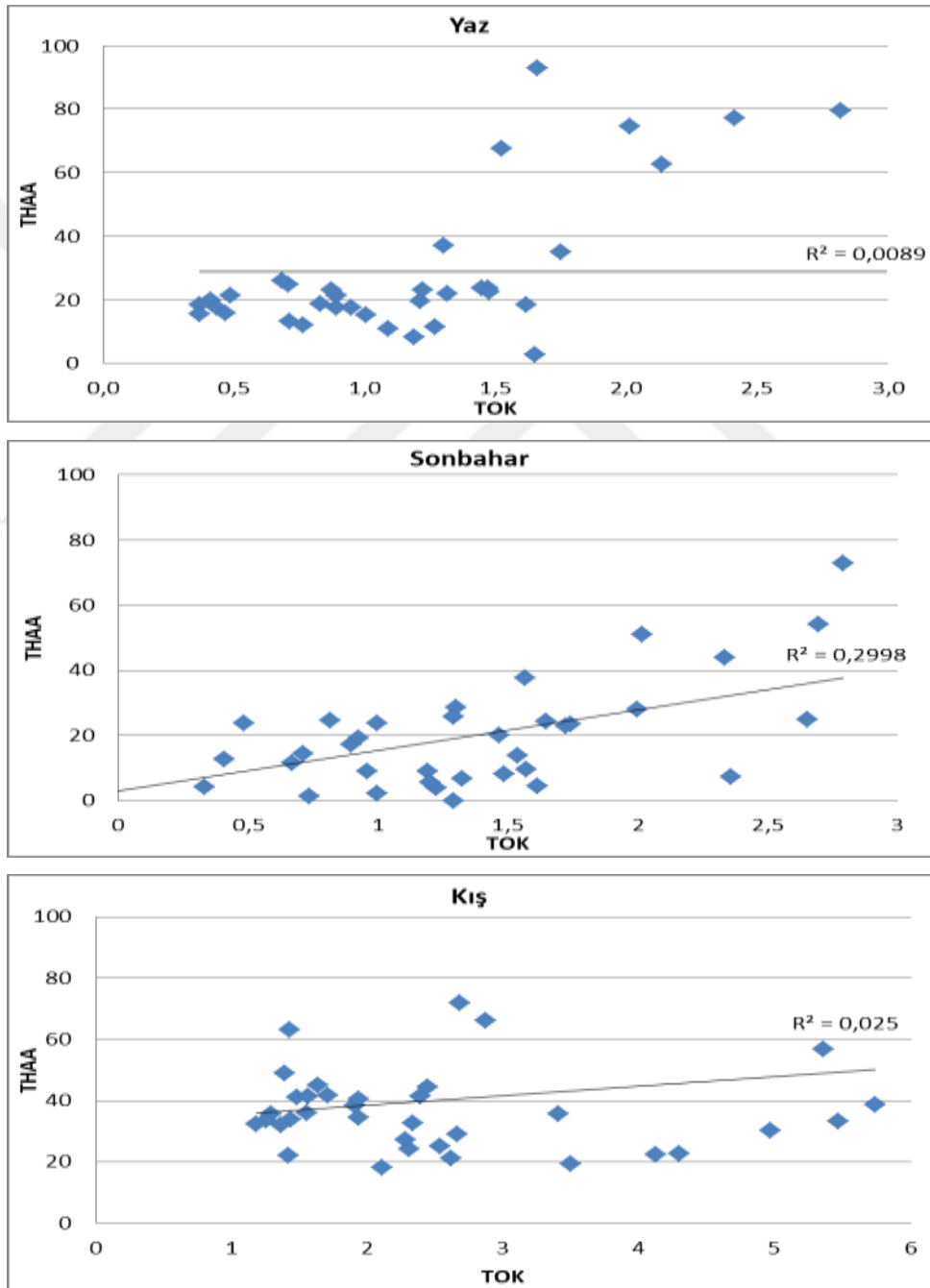
TTHM ile SUVA parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.27’de görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde SUVA değerleri ile TTHM miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan SUVA miktarına karşılık TTHM değerinde düşüş veya SUVA değerlerine karşılık da artan TTHM miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.27. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM-SUVA değerleri

4.4.6. THAA ve TOK parametresi arasındaki ilişki

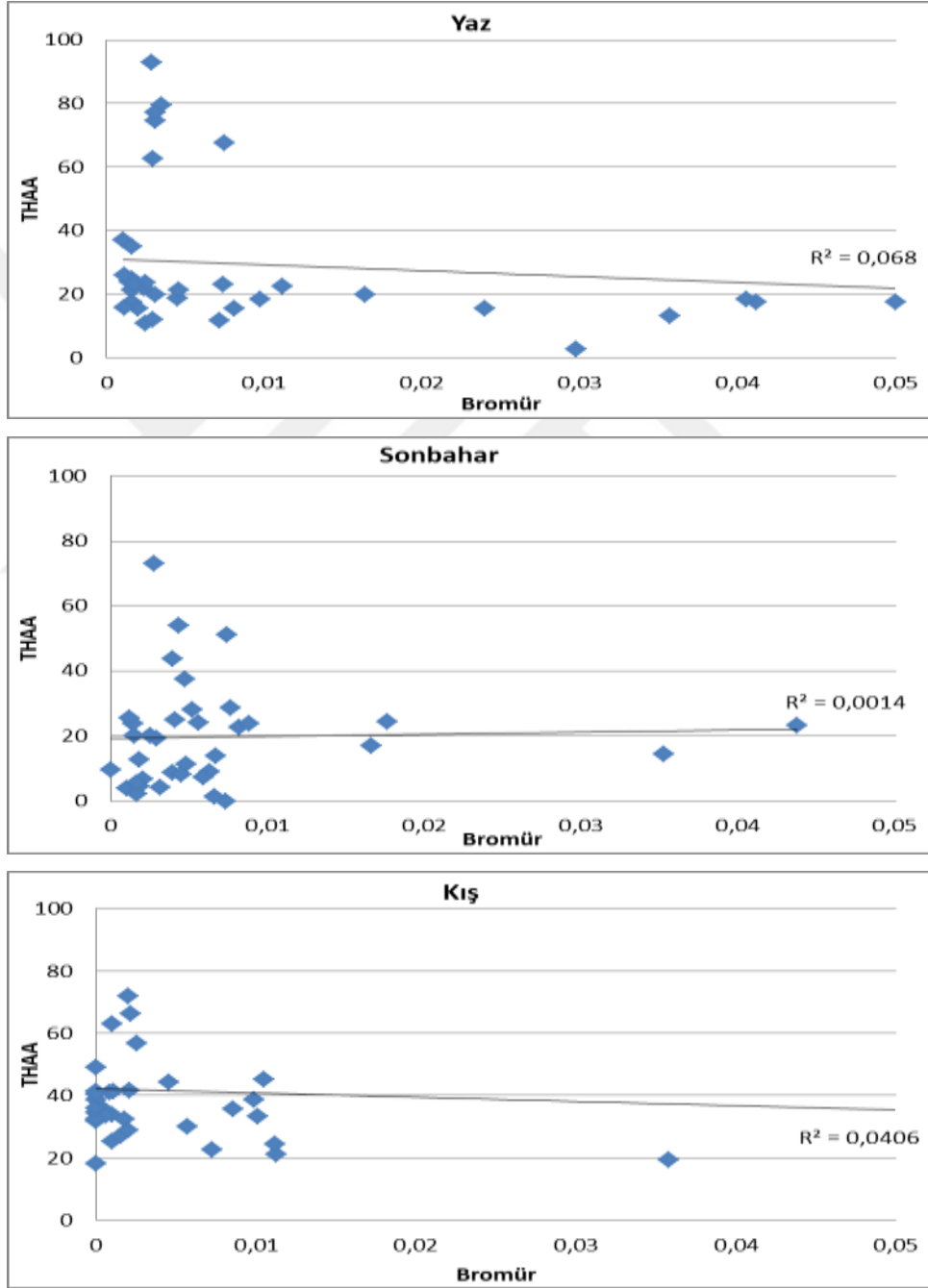
THAA ile TOK parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.28'de görülmektedir. Sonbahar dönemindeki sonuçlarda THAA ve TOK değerleri arasında lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Fakat yaz ve kış dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde TOK değeri ile THAA miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan TOK değerine karşılık THAA değerinde düşüş veya azalan TOK değerine karşılık da artan THAA miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.28. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-TOK değerleri

4.4.7. THAA ve bromür parametresi arasındaki ilişki

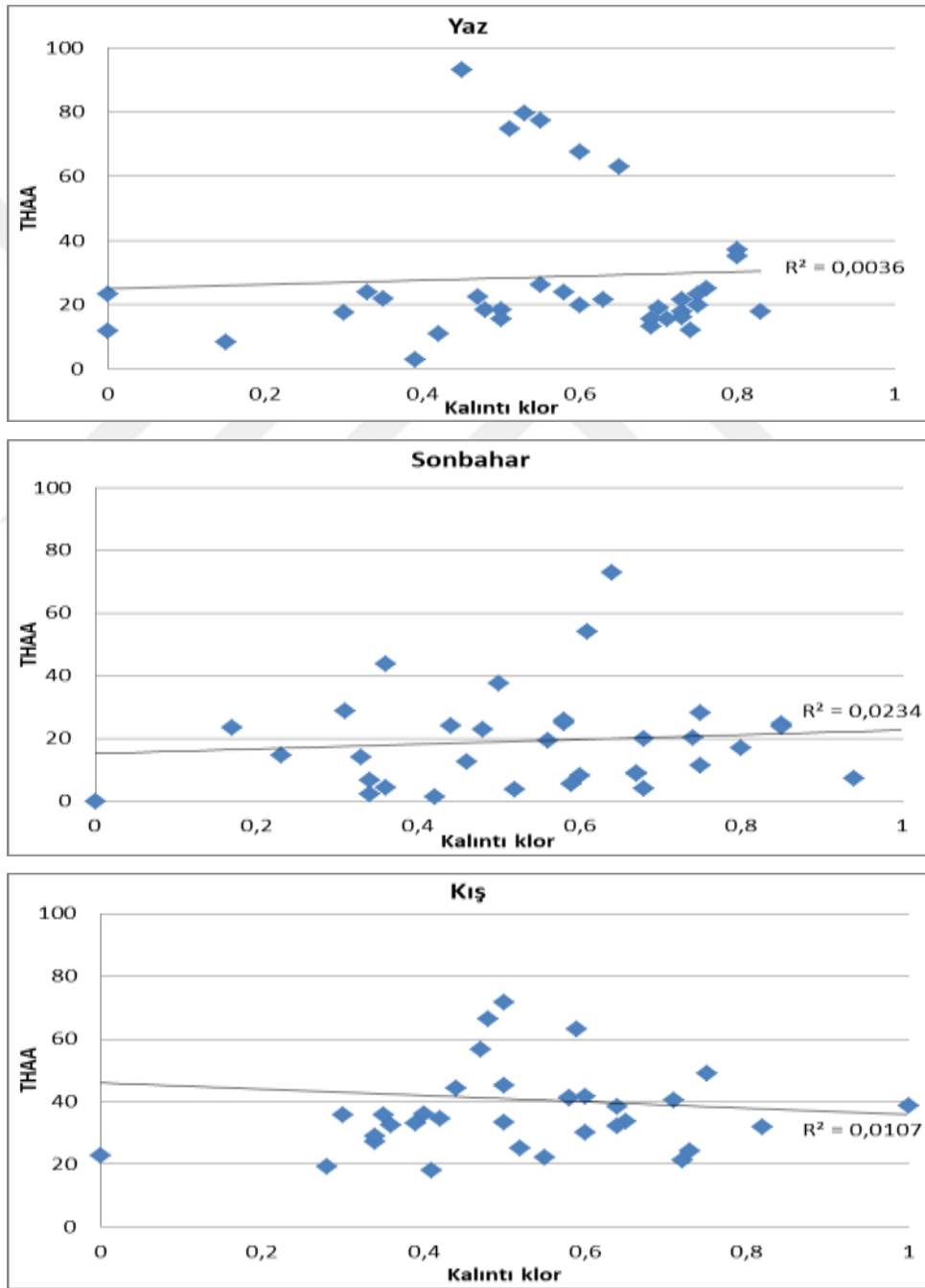
THAA ile Bromür parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.29’da görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde Bromür değerleri ile THAA miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan Bromür miktarına karşılık THAA değerinde düşüş veya Bromür değerlerine karşılık da artan THAA miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.29. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-Bromür değerleri

4.4.8. THAA ve kalıntı klor parametresi arasındaki ilişki

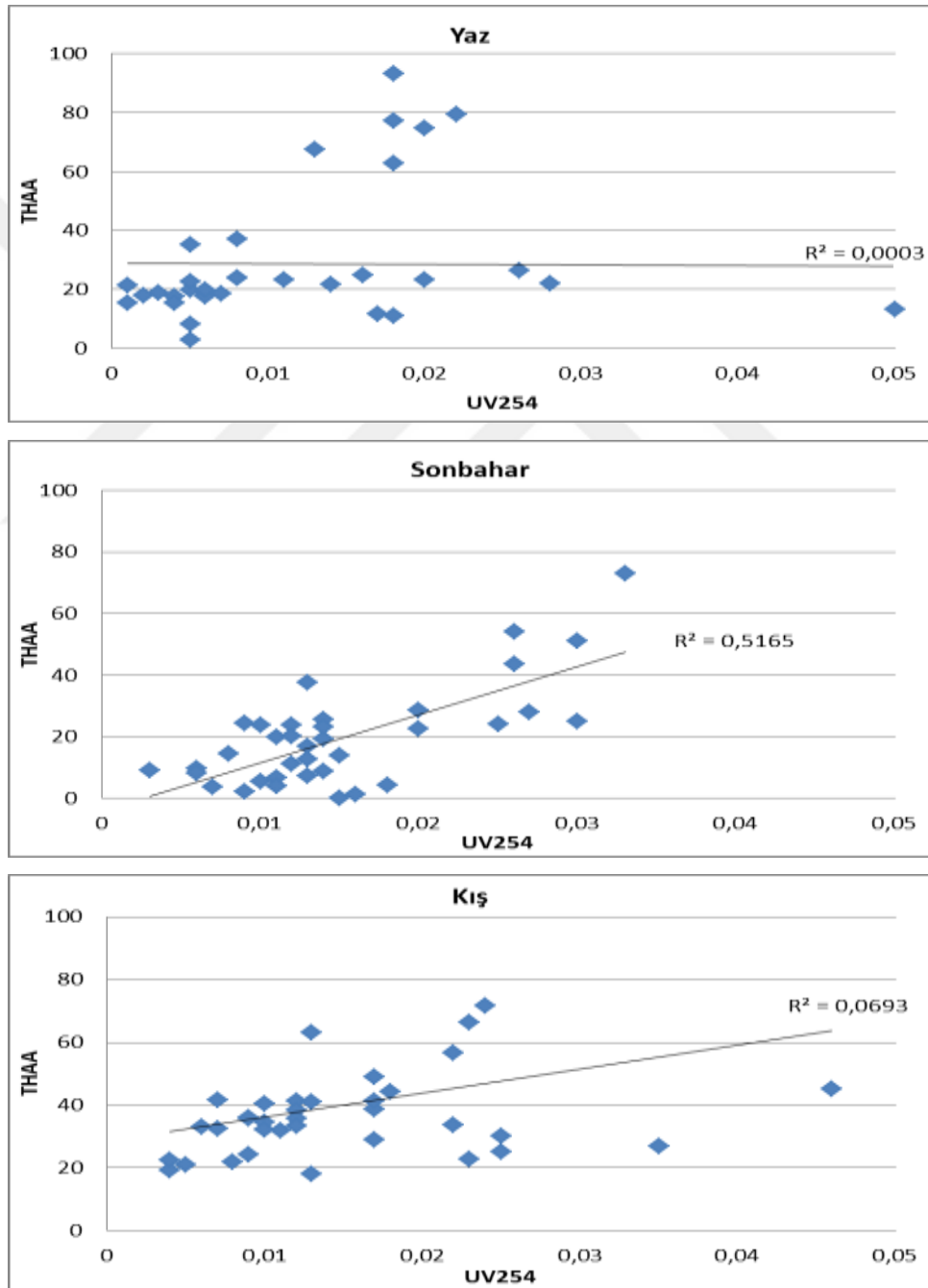
THAA ile Kalıntı klor parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.30'da görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde Kalıntı klor değerleri ile THAA miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan Kalıntı klor miktarına karşılık THAA değerinde düşüş veya Kalıntı klor değerlerine karşılık da artan THAA miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.30. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-Kalıntı klor değerleri

4.4.9. THAA ve UV₂₅₄ parametresi arasındaki ilişki

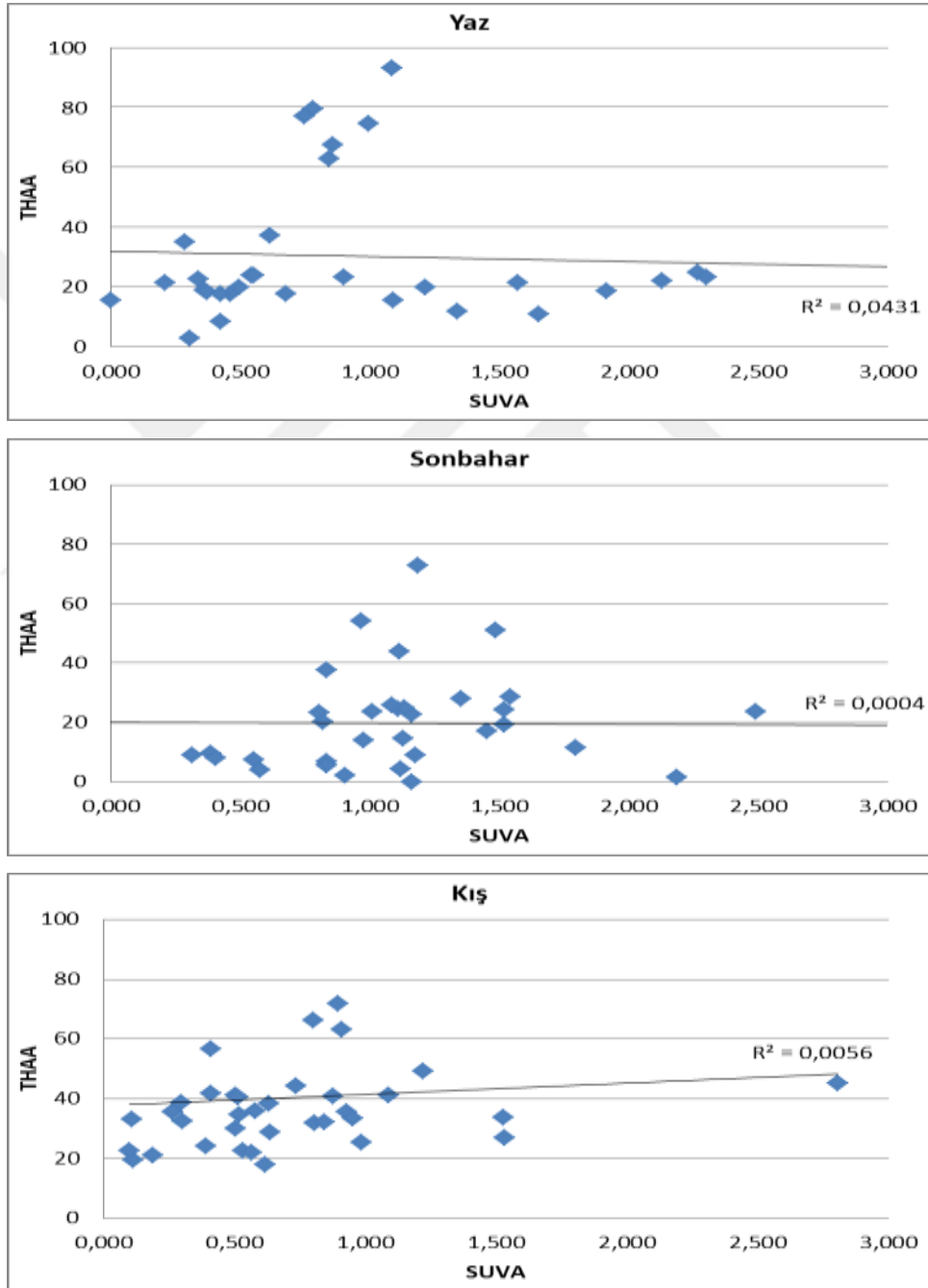
THAA ile UV₂₅₄ parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.31’de görülmektedir. Sonbahar dönemindeki sonuçlarda THAA ve UV₂₅₄ değerleri arasında lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Fakat yaz ve kış dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde UV₂₅₄ değeri ile THAA miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan UV₂₅₄ değerine karşılık THAA değerinde düşüş veya azalan UV₂₅₄ değerine karşılık da artan THAA miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.31. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-UV₂₅₄ değerleri

4.4.10. THAA ve SUVA parametresi arasındaki ilişki

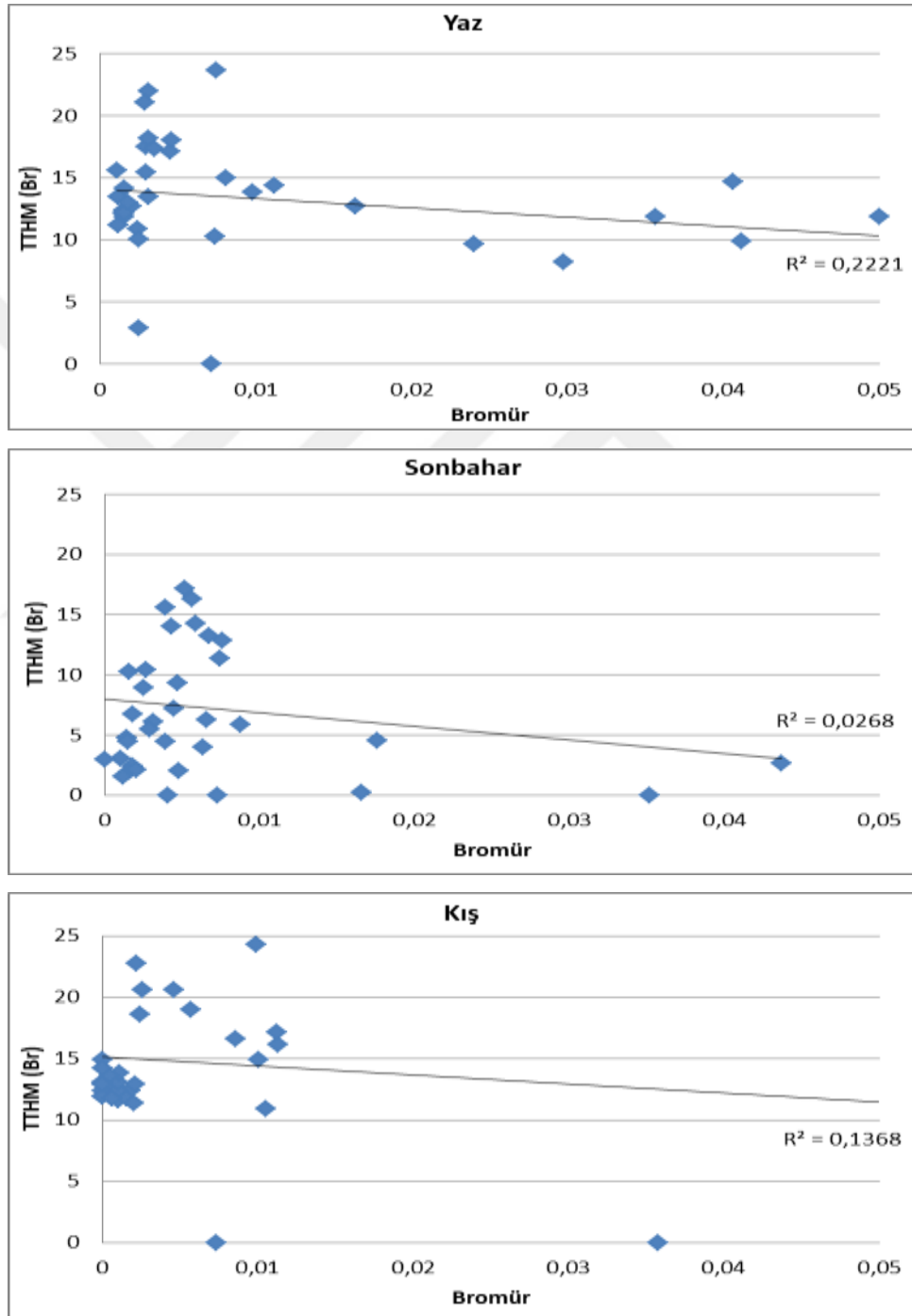
THAA ile SUVA parametreleri arasındaki ilişki Şekil 4.32’de görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde SUVA değerleri ile THAA miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çünkü bazı noktalarda artan SUVA miktarına karşılık THAA değerinde düşüş veya SUVA değerlerine karşılık da artan THAA miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 4.32. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA-SUVA değerleri

4.4.11. TTHM(Br) ve Bromür parametresi arasındaki ilişki

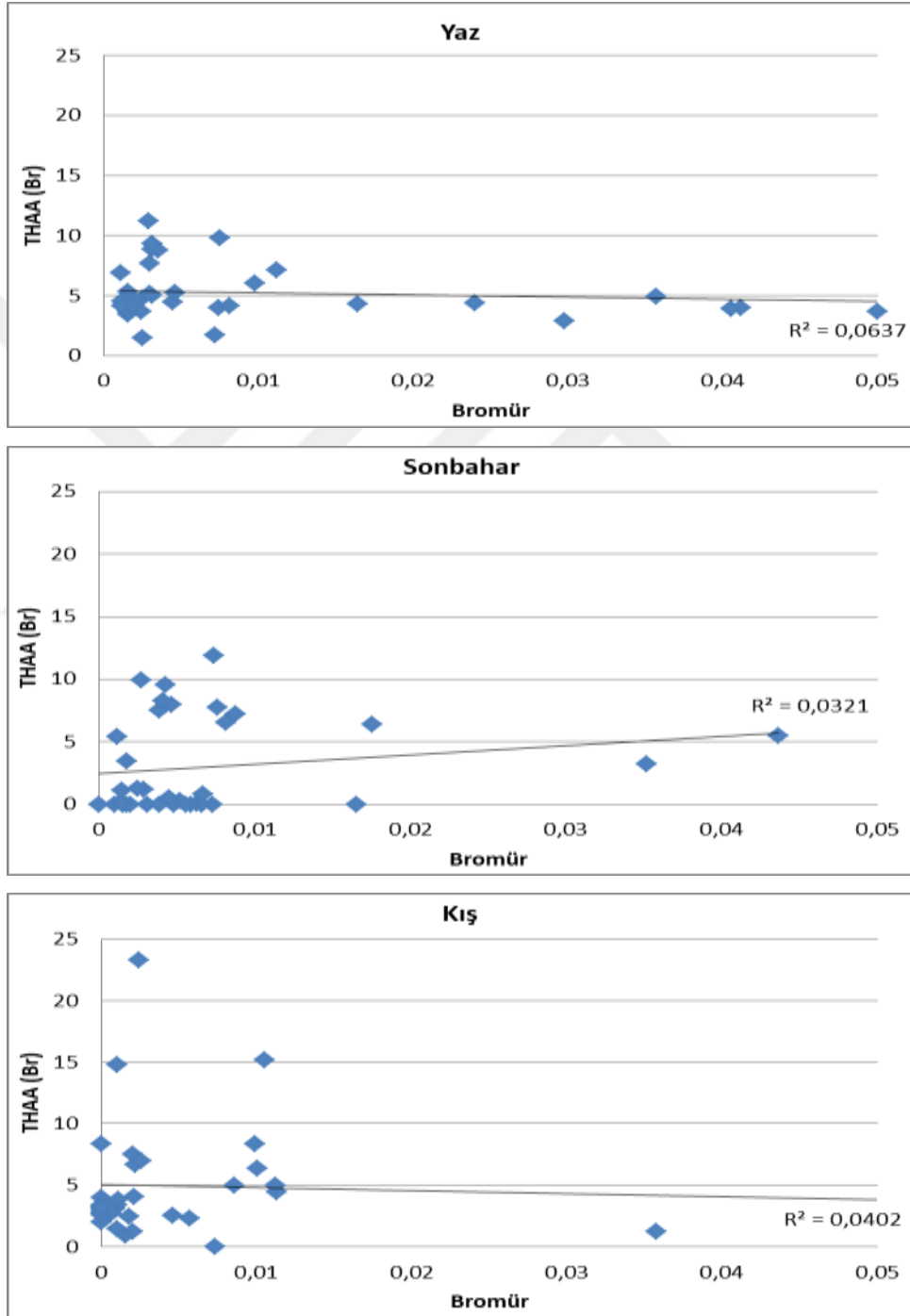
Sadece Br iyonundan kaynaklı olan 3 THM bileşiğinin (CDBM, DCBM ve Bromoform) toplam derişimi ile Bromür analiz sonuçları arasındaki ilişki Şekil 4.33'de görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde TTHM(Br) değerleri ile Bromür miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.33. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi TTHM(Br)-SUVA değerleri

4.4.12. THAA(Br) ve Bromür parametresi arasındaki ilişki

Sadece Br iyonundan kaynaklı olan 5 HAA bileşiğinin (BCAA,BDCAA,DBAA, CDBAA ve TBAA) toplam derişimi ile Bromür analiz sonuçları arasındaki ilişki Şekil 4.34'te görülmektedir. Tüm analiz dönemlerindeki sonuçlar incelendiğinde THAA(Br) değerleri ile Bromür miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.34. Sırasıyla yaz, sonbahar ve kış dönemi THAA(Br)-SUVA değerleri

Genel literatür çalışmaları incelendiğinde de görülmektedir ki DYÜ miktarlarını doğrusal olarak etkileyen birden çok bağımsız değişken mevcuttur. DYÜ bileşikleri üzerinde yapılacak çalışmalarda incelenmesi gereken en önemli parametreler doğal organik madde ölçüm parametreleridir. Tez çalışması kapsamında DOM'yi tanımlayabilecek TOK, UV₂₅₄, SUVA, Bromür iyonu gibi temel parametreler ölçülmüş ve bu parametrelerle DYÜ bulguları arasında bir korelasyon varsa tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu veriler doğru ve efektif yorumlama yapabilme olanaklarını da artırıcı etkiye sahip olmamızı sağlayacaktır. Aynı zamanda, doğal organik madde konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminin izlenmesi ve bu değişimin iki temel DYÜ bileşik grubu üzerindeki etkisinin de gözlenmesi için yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde numune alınmış ve gerekli analizler yapılmıştır.

DYÜ bileşiklerinin miktarları ve öncül parametreler arasında yapılan çoklu regresyon analileri neticesinde elde edilen korelasyon ilişkileri ve bu matematiksel verilerin yaz, sonbahar ve kış dönemlerindeki değişimleri incelenmiştir. Literatürel olarak TOK, SUVA, Bromür ve UV₂₅₄ gibi organik maddeyi işaret eden parametrelerin artması doğrudan DYÜ bileşiklerinin derişimlerinin de artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada ise sadece THAA – UV₂₅₄ parametreleri arasında lineer bir ilişkinin (korelasyon katsayısı = 0,5165) olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametrelerden yine yaz ayında TTHM – UV₂₅₄, TTHM – TOK ve THAA – TOK ilişkilendirmelerinden sırasıyla (0,2789 – 0,3982 – 0,2998) gibi korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Diğer parametreler arasındaki korelasyon katsayılarını göz önünde bulundurulacak olursak mantıklı bir matematiksel ilişkinin olmadığını söyleyebiliriz.

4.5. Araştırma sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması

Türkiyede ve diğer ülkelerde DYÜ üzerine birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. Genellikle THM, HAA ve HAN bileşikleri üzerine yapılan çalışmalarda farklı karakterizasyonlara sahip yeraltı suları ve yüzeysel su kaynağı incelenmiştir. Bu çalışmalarda THM ve HAA bileşiklerinin tespiti ve elde edilen veriler, kendi çalışmamızın da sonuçlarını yorumlayabilmemiz ve mukayese edebilmemiz açısından önem arz etmektedir.

Tez çalışmamızın pilot bölgesi olarak seçilen Konya iline ait 2009 yılında yapılan Altınapa Barajı su numunelerinde 4 farklı THM bileşiğinin oluşumu ve türlerinin dağılımı belirlenmiş olup TTHM miktarları 58-108 µg/L aralığında olduğu tespit edilmiştir (Küçükçongar, 2009).

2005 yılında Konya yeraltı suyunda (pınar ve kuyu suların) dezenfeksiyon yan ürünlerinin varlığı bir yıl süren izleme çalışması yapılmış ve toplamda 20 noktadan alınan örneklerde 1 pınar suyu örneğinde 50 µg/L konsantrasyonunda bromodiklorometan, kuyu suyu örneklerinde ise en yüksek toplam THM konsantrasyonu 295 µg/L olarak tespit edilmiştir. Toplam THM değerleri EPA standartları ile mukayese edildiğinde 7 örnekleme noktasında EPA standartlarını aşan konsantrasyonlarda THM tespit edilmiştir. Ayrıca 5 örnekleme noktasında bromodiklorometan değerinin WHO tarafından önerilen 60 µg/L limit değerini aştığı tespit edilmiştir (Aydın ve diğ., 2005).

Konya Akyokuş içme suyu arıtma tesisinde THM oluşum potansiyelinin izlenmesi amacıyla yapılan çalışmada arıtma tesisinin farklı ünitelerinden alınan su örneklerinde THM konsantrasyonu ve değişimi belirlenmiştir. Toplam THM konsantrasyonu ham suda 7.66 µg/L, ön klorlama çıkışında 13.4 µg/L, durultucu çıkışında 4.94 µg/L, filtre çıkışında 5.74 µg/L ve son klorlama sonrası temiz suda 6.36 µg/L olarak tespit edilmiştir. Şebekeden alınan su örneklerinde yapılan analizler sonucunda ise mesafenin artmasıyla doğru orantılı olarak 0.89-50.9 µg/L aralığında, ortalama olarak 20.79 µg/L olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar EPA tarafından müsaade edilen limit değerleri aşmamaktadır (Ateş, 1999).

Haziran 2019 Yılında Zonguldak Ulutan Baraj suyuna ait örneklemede THM konsantrasyonları maksimum kış ayında 349,89 µg/L olarak tespit edilirken, minimum ise 214,36 µg/L değeri yaz ayında tespit edilmiştir (Akyüz, 2019).

Pilot bölge olarak İzmir ili seçilerek yapılan diğer bir araştırmada içme suyundaki DYÜ derişimlerinin mevsimsel değişimini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, üç farklı su kaynağından (Tahtalı Barajı, Balçova Barajı ve Yeraltı suyu) su sağlanmakta olan beş örnekleme noktasından içme suyu örnekleri toplanmıştır. Balçova, Narlıdere ve Güzelbahçe ilçeleri için ortalama TTHM konsantrasyonu 20.78 ppb iken bu değer Hatay semtinden alınan içme suyu numunelerinde 94.71 ppb olarak tespit edilmiştir (Baytak,2007).

2003 yılında tamamlanan çalışmada Ankara içme suyu şebekesindeki THM oluşumu incelenmiştir. 25 Farklı semtten bir yıl boyunca toplanan çeşme suyu örneklerinin analizleri neticesinde dağıtım şebekesindeki TTHM miktarı kış, yaz ve ilkbahar dönemlerinde sırasıyla, 25-55 µg/L, 25-105 µg/L ve 30-75 µg/L aralıklarında seyrettiği tespit edilmiştir (Yetiş ve ark., 2003).

İstanbul ili Büyükçekmece Havzası'nda THM ve NDMA bileşiklerini varlığı araştırılmış ve oluşma potansiyelleri ile ilgili mevcut durum değerlendirilmiştir. İlkbahar aylarında alınan numunelerde toplam THM konsantrasyonu 258-429 µg/L, yaz ayı numunesinde 152 µg/L, kış ayı numunesinde ise 393 µg/L olarak tespit edilmiştir (Yaman, 2010).

2005 yılında THM araştırmaları üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise İzmit içme suyu dağıtım şebekesinde ve Yuvacık Barajı ham suyunda THM konsantrasyonları tetkik edilmiştir. Şebekede THM oluşumunun oldukça düşük miktarlarda, ortalama 9,69 µg/L'lik değerlerde seyrettiği ve en yüksek THM miktarının yaz aylarında 15.03 µg/L olarak görülmüştür (Ağra, 2005).

Bu çalışmada da literatürdeki diğer çalışmalara paralel olacak nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan diğer literatür çalışmalarında da DYÜ bileşikleri arasında herhangi bir korelasyon ilişkisi tespit edilemediği görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Türkiye’de 17 Şubat 2005 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan 25730 sayılı “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’de TTHM konsantrasyonu 31 Aralık 2012 tarihine kadar 150 µg/L ve bu tarihten sonra ise 100 µg/L olarak belirlenmiştir. HAA ve diğer DYÜ hakkında bu yönetmelikte herhangi bir sınırlayıcı değer bulunmamaktadır. EPA’da ise TTHM konsantrasyonu 80 µg/L ve HAA konsantrasyonu 60 µg/L olarak sınırlandırılmaktadır. Konya ili şebekesinde 30 farklı noktadan alınan numunelerde tez kapsamında önerilen eş zamanlı analiz yöntemi kullanılarak şebekelerde THM ve HAA türlerinin miktarı tespit edilmiştir. Konya ili şebekesi numunelerinde THM konsantrasyonlarının birkaç nokta haricinde düşük olması düşük bakiye serbest klor ve TOK değerleri ile doğrudan ilgilidir. Özellikle yaz, ve sonbahar aylarında THM değerlerinde artış gözlenmiştir. Tezin temel amaçlarından biri içme suyu şebekelerinde eş zamanlı olarak dezenfeksiyon yan ürünü gruplarının miktarının, türleşmesinin analiz edilmesidir. Ülkemizde yapılan DYÜ kapsamındaki çalışmaların büyük çoğunluğu THM ve HAA ile ilgili olmakla birlikte farklı şehirlerde içme suyu kaynakları, arıtma tesisi çıkışında, içme suyu dağıtım şebekesinde ve yeraltı sularında DYÜ oluşum ve kontrolü konusunda çalışmalar mevcuttur. 30 adet şebeke numunesinde THM ve HAA miktarlarının izlendiği çalışma sonucunda TTHM konsantrasyonlarının 2-124 µg/L ve THAA konsantrasyonlarının 2-170 µg/L arasında değiştiği görülmüştür.

Sonuçlara göre DYÜ miktarları ve oluşum potansiyelleri mevsimsel olarak farklılık göstermektedir ve mevsimsel değişimin izlenmesi içme suyu arıtma tesisleri için DYÜ öncüllerinin giderimi bakımından da önemlidir. 9 aylık izleme sonucunda Konya şehir şebekesi için sırasıyla maksimum TTHM konsantrasyonları 119,122 ve 124,9 µg/L, THAA 77,79 ve 170 µg/L’dir. Şebeke numunesinde yaz ve sonbahar aylarında THM ve HAA değerlerinde artış gözlenmiştir. Konya şebekesinde genel olarak en düşük THM ve HAA değerleri şebekenin son noktasında tespit edilmiştir. Şebekenin son noktasında bakiye klor değerleri diğer noktalara göre düşük olduğu için daha az THM ve HAA oluşumu gözlenebilir.

Diğer illere göre bir değerlendirme yaptığımızda Konya ilimizin içme suyundaki DYÜ içeriği açısından gayet düşük miktarlarda muhteva ettiği ve gayet sağlıklı bir içme suyu iletimi mevcuttur diyebiliriz.

5.2. Öneriler

Yapılan analizler ışığında aşağıdaki öneriler vurgulanabilir.

- Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumunu minimize etmek için tesis çıkışında, kuyu by-pass hatlarında ve depolardaki klor dozajını optimize etmek ve kontrolleri sıklaştırmak önem arz etmektedir.
- Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumunu minimize etmek için en etkili yöntem ise doğal organik madde gideriminin efektif bir şekilde yapıyor olmasıdır. Bunun için arıtma proseslerinin performansı ve kullanılan dezenfektanın uygulama yöntemi önemlidir.
- Hamsu kaynağındaki öncül parametrelerin değerlerine bağlı olarak DYÜ oluşturma riskini minimuma indireyecek tipte dezenfektan seçildiğinden emin olunmalıdır.
- Şebekeye deşarj edilmekte olunan yeraltı kuyu sularının karakterizasyonunu tespit ederek öncesinde gerekli ön arıtma işlemlerine tabi tutulduktan sonra şehir şebekesine verilmesi daha sağlıklı olacaktır.
- Daha az DYÜ oluşturacak arıtma kimyasalı (koagülant,vb.) ve dezenfektan cinsinin belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.
- Ayrıca işletme parametelerinin de DYÜ oluşumunu arttırıcı etkilerinin de önlenmesi faydalı olacaktır.
- Agresif bir yapıya sahip olmuş eski yeraltı kuyularının pasif hale getirilerek yeni kuyuların şebekeye dahil edilmesi gerekmektedir.
- Uzaktan kontrollü ve anlık serbest klor ölçümüne olanak sağlayan analitik cihazların şebekenin belirli lokasyonlarına akuple edilerek sürekli klor kontrol sistemi uygulanmalıdır.
- Diğer önemli bir husus ise mevcut rezerv noktası olan Bağbaşı barajına, diğer barajlardan yapılması planlanan su iletimleri esnasında mevcut organik madde içeriğinin güncel olarak analiz ve takibinin yapılması DYÜ bileşiklerinin oluşum potansiyeli açısından büyük önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağra, M., 2005. İzmit içme suyunda dezenfeksiyon yan ürünlerinden trihalometanların oluşumunun izlenmesi ve modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akçay, U.M., 2008. Ozon ve Biyofiltrasyonla Doğal Organik Madde Giderimi ve Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Oluşum Potansiyellerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 7-8.
- Akyüz, G., 2019. Ulutan Barajı İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Trihalometan Oluşum Potansiyelinin Mevsimsel Profilinin Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Akdemir, B., Güneş, S. and Genç, A., 2009. Artificial neural network training models in prediction of concrete compressive strength using euclidean normalization method, 3rd Int. Conf. on Complex Systems and Applications-ICCSA 2009, Le Havre-France, 160-165.
- Amy, G.L. and Chadik, P.A., 1983. Cationic polyelectrolytes as primary coagulants for removing trihalomethane precursors, Journal of the American Water Works Association, 75, 527-531.
- Anonim, 2006. Tarım istatistikleri özeti, DİE Yayınları, No;12, Ankara, 22-23.
- Ateş, N., 1999. Konya içme suyu arıtımında trihalometan oluşma potansiyeli, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Avşar, E., 2013. İstanbul yüzeysel su kaynaklarındaki doğal organik maddelerin kimyasal ve fiziksel fraksiyon dağılımlarının incelenmesi ve fraksiyonların dyü oluşumundaki etkinliklerinin belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Aydın, M.E., Tor, A., Kara, G., Yıldız, S., 2005. Konya yeraltı suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri”, Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi, 20, 4.
- Baytak D., Sofuoğlu A., Inal F., Sofuoğlu S. C., 2008. Seasonal variation in drinking water concentrations of disinfection by-products in IZMIR and associated human health risks. Science of The Total Environment, 407, 286-296.
- Baytak, D., 2007. İzmir İçme Suyundaki Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Derişimlerinin Mevsimsel Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- Demirbaş, K.D., 2011. İçme Sularında Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İzmir.
- Doğuş, 2018. Mavi Tünel İçmesuyu Arıtma Tesisleri İşletme el kitabı.

- Gümüş, D., Akbal, F., 2013. İçme sularında doğal organik madde giderimi ve trihalometan oluşumunun önlenmesi, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sayı 31, s.529-553.
- Güneş, S. ve Polat, K., 2009. Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, *13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009*, İstanbul, 170-173.
- Gürses, F.P., 2006. Klorlanmış İçme Ve Havuz Sularında Sıvı-Sıvı Ekstaksiyonu Ve İyon Kromatografisi İle Karsinojenik Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1.
- İleri, B., 2010. Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Suyunda Bulunan Organik Madde Miktarının Klor Dioksit Dezenfeksiyon Verimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ÇOMU Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik, 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete.
- İSKİ Su Arıtma Daire Başkanlığı, Çakmakçı, M., 2010. Büyükçekmece İşletme Müdürlüğü'nde Klor Dioksitin Dezenfektan Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması Projesi, İstanbul.
- İSKİ Su Kalite Raporu, Aralık 2010, Şubat 2011, Nisan 2011. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.
- Karadağ, S.G., 2011. Klor Dioksitin Dezenfeksiyon Amaçlı Kullanımında Yan Ürün Oluşumunun Araştırılması : İstanbul Ömerli ve Büyükçekmece Ham Suları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 26-27.
- Oktar B., 2010. İçme Sularında THM Öncülerinin Ozon/Hidrojenperoksit Prosesi ile Giderimi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özden, S., 2002. İçme Sularında Trihalometan Oluşumu ve Organik Maddelerin Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 111 s.
- Özer, S., 2008. Sivas İçme Suyunda Zenginleştirilmiş Koagülasyonla Organik Madde Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 6.
- Özgür, C., 2019. Farklı Su Kaynaklarında ve Şebekelerde Karbonlu ve Azotlu Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Oluşumu, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Özdemir, K., 2009. İçme Suyu Kaynaklarında Klorlama Yan Ürünlerinin Diferansiyel UV Spektroskopi Yöntemi İle İzlenebilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 22-23 .

- Özbay, Y., 1999. EKG aritmilerini hızlı tanıma, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 10-15.
- Özgören, M., 2006. Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, *Flow Measurement and Instrumentation*, 17 (4), 225-235.
- Samsunlu, A., 2005. Çevre Mühendisliği Kimyası, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Birsen Yayıncılık, ISBN: 975511-427-0, (398).
- Küçükçongar, S., 2009. Su Kaynaklarındaki Doğal Organik Maddelerin (DOM) Karakterizasyonu ve Dezenfeksiyon Yan Ürün (DYÜ) Oluşum Mekanizmasına Etkileri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- Summers, R.S. Hooper, S.M., Shukairy, H.M., Solarik, G. and Owen, D., 1996. Assessing DBP yield: uniform formation conditions, *Journal of the American Water Works Association*, 80(6), 80.
- Tankılıç, N., 1993. Serbest Klor ve Toplam Organik Karbon Derişimlerinin İçme Sularında Trihalometanların (THM) Oluşumuna Etkilerinin İncelenmesi, Samsun ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi İçme Sularında THM'lerin Gaz Kromatografisi ile Tayini. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Teksoy, A., 2006. İçme Sularından Organik Madde Giderimi ve Trihalometan Oluşumunun Önlenmesi için Arıtma Proseslerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 120 s.
- Yaman, F.B., 2010. Büyükçekmece Gölü ve gölü besleyen derelerde iki farklı dezenfeksiyon yan ürününün (THM ve NDMA) öncü maddelerinin araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yetiş, Ü., Dilek, F. B., Çapar, G. ve Cangir, B. T., 2003. Ankara İçme suyu dağıtım şebekesinde Trihalometanlar, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Çevre Bilim&Teknoloji Dergisi, c.1, s.39-46.
- Yiğit, Z., 2008. Fotokatalitik Arıtmanın Doğal Organik Madde Karakterizasyonu ve Dezenfeksiyon Yan Ürünlerine Etkisi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

EKLER

EK-1 Konya Şehir Şebekesi numune alım noktalarına Şematik plan

