



**KARS İLİ SARIKAMIŞ İLÇESİ İÇME SUYU
ARITMA TESİSİ SU KALİTESİNİN
MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

Hacer ÖZGER

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ
2019**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KARS İLİ SARIKAMIŞ İLÇESİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU
KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

Hacer ÖZGER

**ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
Çevre Bilimleri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

KARS İLİ SARIKAMIŞ İLÇESİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ danışmanlığında, Hacer ÖZGER tarafından hazırlanan bu çalışma, 26/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ

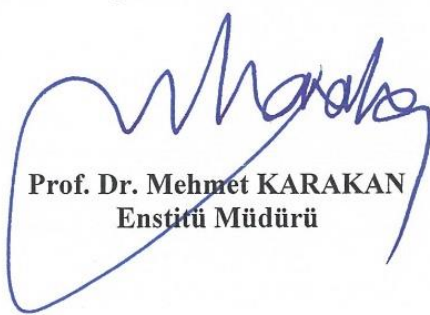
İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatma EKMEKYAPAR TORUN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 30.05/2019 tarih ve 23.../39..... nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARS İLİ SARIKAMIŞ İLÇESİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU KALİTESİNİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Hacer ÖZGER

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ

Bu çalışmada Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde belediyeye ait içme suyu arıtma tesisinde arıtılan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tesis giriş ve çıkış değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması ve bu değerlerin içme suyu standartlarına göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda içme suyu numunelerinin tesis giriş ve çıkış parametreleri Temmuz 2017-Haziran 2018 tarihleri arasında farklı mevsimlerde elde edilen su numunelerinden toplanmıştır. İçme suyu parametreleri; pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, renk, alkalinite, nitrit, bulanıklık, demir, organik madde miktarı, sülfat, mangan, amonyum ve alüminyum değerleri analiz edilmiştir. Çalışma bulguları; TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine göre su numunelerinin kalitesinin sıcaklık parametresi dışında tüm koşulları sağladığını göstermiştir. Sıcaklık parametresinin sonbahar ve kış aylarından Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarında bölgenin sert iklim koşulları nedeniyle standartlardan daha düşük sıcaklığa sahip olduğu görülmüştür.

2019, 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, su kalitesi, mevsimsel değişim, arıtma tesisi.

ABSTRACT

MS Thesis

EXAMINING THE SEASONAL CHANGE OF DRINKING WATER QUALITY OF A TREATMENT PLANT IN SARIKAMIŞ DISTRICT OF KARS

Hacer ÖZGER

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Environmental Sciences

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şahdet İRDEMEZ

The purpose of this study was to compare the input and output values of drinking water in terms of its physical and chemical properties and to evaluate these values according to the drinking water standards in the municipal drinking water treatment plant in Sarıkamış district of Kars province. For this purpose, input and output parameters of drinking water were collected from water samples obtained in different seasons between July 2017 and June 2018. Drinking water parameters were included pH, temperature, electrical conductivity, color, alkalinity, nitrite, turbidity, iron, organic matter amount, sulphate, manganese, ammonium and aluminum values. Findings of the study showed that the quality of water samples is determined to meet all conditions except temperature parameters according to the Regulation on Water for Human Consumption. The temperature parameter was found to be lower than the standards due to the harsh climatic conditions of the region during October, November, December, January and February.

2019, 57 pages

Keywords: Drinking water, water quality, seasonal change, treatment plant.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının danışmanlığını yürüten ve çalışmanın her aşamasında akademik bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca alan çalışmam için gerekli arıtma tesisi verilerine erişim iznini sağlayan Sarıkamış Belediye Başkanı Sayın Göksal TOKSOY'a ve arıtma tesisindeki su analizi verilerini paylaşan tesis sorumlusu Sayın Rıdvan SAĞDIÇ ve tesis çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Son olarak tez konumun belirlenmesinden itibaren tüm araştırma ve yazım süresinde benden maddi ve manevi desteğini bir an olsun eksik etmeyen sevgili eşim Mesut ÖZGER ve çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Hacer ÖZGER

Mayıs, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Literatür Özetleri	4
2.2. Suların Özellikleri	10
2.2.1. Fiziksel özellikler	11
2.2.2. Kimyasal özellikler.....	11
2.2.3. Mikrobiyolojik özellikler	12
2.3. İçme Suyu ve Kalite	13
2.3.1. Kabul edilebilir içme suyu kalitesi.....	13
2.3.2. İçme suyu standartları	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Çalışma alanının tanıtılması	21
3.1.2. Çalışma alanının coğrafyası	22
3.1.3. Çalışma alanının iklimi (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.)	22
3.1.4. İçme suyu arıtma tesisi hakkında genel bilgiler	23
3.2. Yöntem	25
3.2.1. İçme suyu arıtmasına ilişkin akım şeması.....	26
3.2.2. Araştırmada içme suyu analizlerinde kullanılan yöntemler	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	32
4.1. Suyun Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular	32
4.1.1. Bulanıklık ilişkin bulgular.....	32
4.1.2. Sıcaklık ilişkin bulgular.....	33

4.1.3. Renk parametresine ilişkin bulgular.....	35
4.2. Suyun Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular	36
4.2.1. pH değerlerine ilişkin bulgular.....	36
4.2.2. Elektriksel iletkenliğe ilişkin bulgular	38
4.2.3. Nitrit değerlerine ilişkin bulgular	39
4.2.4. Alkalinite	40
4.2.5. Demir değerlerine ilişkin bulgular	42
4.2.6. Organik madde içeriğine ilişkin bulgular.....	43
4.2.7. Mangan değerlerine ilişkin bulgular.....	44
4.2.8. Amonyum değerlerine ilişkin bulgular.....	45
4.2.9. Alüminyum değerlerine ilişkin bulgular	47
4.2.10. Sülfat değerlerine ilişkin bulgular	48
5. SONUÇ	51
KAYNAKÇA.....	54
EKLER	57
ÖZGEÇMİŞ	58

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	: santigrat
Al	: alüminyum
Ca	: kalsiyum
Ca(HCO ₃) ₂	: kalsiyum bikarbonat
CH ₄	: metan
CO ₂	: karbondioksit
Fe	: demir
g	: gram
H ₂ O	: su
H ₂ S	: hidrojen sülfür
HCO ₃	: bikarbonat
km	: kilometre
L	: litre
m	: metre
Mg	: magnezyum
Mn	: mangan
N	: Normalite
Na	: sodyum
NH ₄	: amonyum
NO ₂	: nitrit
PO ₄	: fosfat
s	: saniye

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
NRC	: Ulusal Araştırma Konseyi
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Nefelometrik Bulanıklık Birimi)
SDWA	: Güvenli İçme Suyu Yasası
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
USPHS	: Birleşik Devletler Halk Sağlığı Servisi
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
WWAP/UN	: United Nations World Water Assessment Programme

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırma sahasının konum haritası	21
Şekil 3.2. Araştırmanın gerçekleştirildiği alanın uydu görüntüsü	24
Şekil 4.1. Su numunelerinin ölçülen bulanıklık değerlerinin aylara göre değişimi.....	32
Şekil 4.2. Su numunelerinin ölçülen sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.....	34
Şekil 4.3. Su numunelerinin ölçülen renk değerlerinin aylara göre değişimi.....	35
Şekil 4.4. Su numunelerinin ölçülen pH değerlerinin aylara göre değişimi	37
Şekil 4.5. Su numunelerinin ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi	38
Şekil 4.6. Su numunelerinin ölçülen nitrit değerlerinin aylara göre değişimi	39
Şekil 4.7. Su numunelerinin ölçülen alkalinite değerlerinin aylara göre değişimi	41
Şekil 4.8. Su numunelerinin ölçülen demir değerlerinin aylara göre değişimi.....	42
Şekil 4.9. Su numunelerinin ölçülen organik madde değerlerinin aylara göre değişimi	43
Şekil 4.10. Su numunelerinin ölçülen mangan değerlerinin aylara göre değişimi	44
Şekil 4.11. Su numunelerinin ölçülen amonyum değerlerinin aylara göre değişimi	46
Şekil 4.12. Su numunelerinin ölçülen alüminyum değerlerinin aylara göre değişimi	47
Şekil 4.13. Su numunelerinin ölçülen sülfat değerlerinin aylara göre değişimi	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre gösterge parametreleri	17
Çizelge 2.2. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre kimyasal parametreler	18
Çizelge 2.3. TS 266'ya göre içme suyu kalite parametreleri	19



1. GİRİŞ

Su, her ne kadar sıradan bir bileşik olarak görünse de canlıların yaşamlarını sürdürmek için en fazla öneme sahip maddedir. Günlük yaşamda içme, yıkama, pişirme, yıkanma, yüzme gibi birçok faaliyet su ile veya suda gerçekleştirilmektedir. İnsanlar yaşamsal fonksiyonlarını sürdürmek amacıyla suya ihtiyaç duymaktadırlar. Bilinen yaşam su sayesinde evrimleşmiştir ve su olmadan canlılık sürdürülememektedir. Kuraklıklar kıtlıklara, seller ise ölüm ve hastalıklara neden olmaktadır. Açıkça görülen önemi nedeniyle su, dünya üzerinde en fazla çalışılan materyal konumundadır (Chaplin 2001).

Dünyada bulunan toplam su miktarının 1,4 milyar km³ olduğu bilinmektedir. Bu su miktarının %97,5'i okyanuslar ve denizlerde tuzlu su olarak bulunduğu, %2,5'inin ise nehirler ve göllerde tatlı su şeklinde bulunduğu belirtilmektedir. Tatlı suyun tuzlu suya göre oranının önemli düzeyde az oluşu yanı sıra su kaynaklarının %90'lık bölümünün kutuplar ve yeraltında mevcut olması nedeniyle insanların kolayca faydalanabileceği tatlı suya ulaşılabilirliğin zor olduğu görülmektedir (DSİ 2014). 2018 yılında Brezilya'da gerçekleştirilen Dünya Su Forumunda temel olarak su kıtlığıyla mücadele, suya ilişkin kurumsal düzenlemelerinin hesap verebilirliği, su ve su yönetimi ile ilgili finansman, çevreye (doğaya) dayanan çözümler ve sınır ötesi işbirliğini teşvik etmek gibi hususlar ele alınmıştır (World Water Council 2018).

Küresel düzeyde su kullanımı son 100 yılda altı kat artmıştır ve yılda yaklaşık %1 oranında istikrarlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Su kullanımı nüfus artışının, ekonomik gelişmenin ve değişen tüketim modellerinin bir fonksiyonu olarak küresel düzeyde artmaya devam etmesi beklenmektedir. Günümüzde küresel su talebinin yılda yaklaşık 4600 km³ olduğu tahmin edilmekte ve 2050 yılına kadar yılda %20-%30 artarak 5500 ile 6000 km³ arasında bir değere çıkacağı öngörülmektedir. 2 milyardan fazla insan güvenli içme suyuna erişememekte ve bu rakamın iki katından daha fazla bir kısmı güvenilir düzeyde sanitasyona erişememektedir. Tatlı su kaynaklarına yönelik talepler hızlı tüketim, artan çevresel bozulma ve iklim değişikliğinin çok yönlü etkileri karşısında artmaktadır(WWAP/UN Water 2018).

Türkiye’de tüketime elverişli yer altı ve yer üstü sularının yıllık ortalamasının 112 milyar m³ olduğu, bu miktarın ise yalnızca 44 milyar m³’ünün kullanıldığı tespit edilmiştir. Dünyada yıllık olarak birey başına düşen kullanılabilir su miktarının 1000 m³’ün altında olduğu ülkeler su fakiri olarak nitelendirilirken, yıllık olarak birey başına düşen kullanılabilir su miktarının 2000 m³’ün altında olduğu ülkeler ise, su azlığı çeken ülkeler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Türkiye, yıllık olarak birey başına düşen kullanılabilir su miktarının yaklaşık 1519 m³ olması bakımından su azlığı çeken ülke kategorisinde yer almaktadır (Ünal 2015).

Yukarıda belirtilen istatistiksel veriler yanı sıra Türkiye’de ve dünyada nüfus artışının, küresel ısınmanın ve kuraklığın etkileri nedeniyle de her yıl tatlı suya olan talebin artış göstermesi beklenmektedir. Bu nedenle insanlığın devamlılığı için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olan suyun üretimi, tedariki ve yenilenebilirliğinin iyi planlama ve yönetim gerektirdiği anlaşılmaktadır. Türkiye’de yerel yönetim birimlerinden belediyelere ait olan su idaresi, ülkedeki vatandaşların hizmetine sunulan suyun kalite ölçütlerini karşılaması ve ekonomik verimlilik sağlaması yönleri ile önemlidir. Günümüzde insan faaliyetleri nedeniyle birçok kirlilik unsurunun artış göstermesi ve bu unsurların insan sağlığına olumsuz etkileri, özellikle içme ve kullanma sularında ölçümlemesi gereken kalite parametrelerinin oranlarını arttırmaktadır. Bu parametreler ülkeler ve hatta bölgeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle yerel ölçekte tüketilebilir suyun kalitesini düşürebilecek parametrelerin kontrol altına alınması gereklidir.

Bu çalışmada, Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde bulunan bir içme suyu arıtma tesisinde arıtılan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tesis giriş ve çıkış değerlerinin ortaya konması ve bu değerlerin içme suyu standartlarına göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada bu amaç doğrultusunda içme suyu numunelerinin tesis giriş ve çıkış parametreleri Temmuz 2017-Haziran 2018 tarihleri arasında farklı mevsimlerde elde edilen su numunelerinden toplanmış ve böylece mevsimsel değişim izlenmiştir. Analizi yapılan içme suyu parametreleri; pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, renk, alkalinite, nitrit, bulanıklık, demir, organik madde miktarı, sülfat, mangan, amonyum ve

alüminyum değerleridir. Çalışmada TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine göre, içme suyu kalitesinin sıcaklık parametresi dışında tüm parametrelerin koşulları sağladığı belirlenmiştir. Sıcaklık parametresinin sonbahar ve kış aylarından Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarında bölgenin sert iklim koşulları nedeniyle standartlardan daha düşük sıcaklığa sahip olduğu görülmüştür.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Literatür Özetleri

Dünya üzerinde nüfus artışı ve iklim değişikliği doğrultusunda Türkiye’de ve dünyada içme suyu kaynaklarının kalitesine yönelik çalışmaların 2000’li yılların başından itibaren artış gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmalarda iklimsel özellikler başta olmak üzere farklı etkenler nedeniyle içme suyu kalitesine ilişkin bölgesel ve yöresel değerlerin farklılaştığı tespit edilmiştir.

Çelik (2005) Antalya ilinde içme suyu kalite sorunlarına yönelik halkın görüşlerini almayı amaçladığı çalışmasında 800 kişiye anket uygulamıştır. Çalışma bulgularına göre katılımcıların %50’den fazlası içme suyu şebekesinden su içmediklerini belirtmişlerdir. Bu durumun iki temel nedeni ise, suyun sertliği ve kirli olması inancı olarak tespit edilmiştir.

Verp ve ark. (2005) Trabzon ve Rize illeri sınırında bulunan İyidere’nin su kalitesini incelemişlerdir. Su numunelerinde pH, bikarbonat (HCO_3), karbondioksit (CO_2), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), toplam sertlik, nitrit (NO_2), amonyum (NH_4), fosfat (PO_4), askıda katı madde parametreleri ölçülmüştür. Fiziksel özelliklerden ise su akış hızı, sıcaklık, suda çözünmüş oksijen miktarı, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk ölçülmüştür. 7 ay boyunca yapılan ölçümler sonucunda ortalama su sıcaklığı $7,20^\circ\text{C}$, BOI_5 2,40 mg O_2/L , pH 7,50, elektriksel iletkenlik 57,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, çözünmüş oksijen 11,10 mg/L ve akış hızı ise 2,10 m/s olarak bulunmuştur. Fiziksel ve kimyasal özelliklerin incelenmesi ardından su kirliliği standardına göre su kalitesi yüksek düzeyde belirlenmiştir. Bu bulgudan yola çıkılarak bölge sularının yalnızca dezenfeksiyon ile içme suyu temin etmek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir.

Koçak (2007) yaptığı çalışmada Erzurum ili merkezindeki su dağıtım şebekesinde farklı noktalardan rastgele seçilen ev, işletme ve kurumlardan 70 su numunesi toplayarak, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler açısından analizler gerçekleştirmiştir. Çalışma bulgularına göre numunelerin pH değeri ortalama 7,22, bulanıklık değeri ortalama 1,42 NTU, sertlik değeri ortalama 8,09°f, serbest klor miktarı 2,54 ppm, nitrit değeri ortalama 0,03 mg/L, nitrat değeri ortalama 43,66 mg/L, kurşun değeri ortalama 0,24 mg/L, flor değeri ortalama 0,82 mg/L, toplam mezofilik aerob mikroorganizma sayısı ortalama 11,601 kob/ml, %12,85 koliform bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bulanıklık, nitrat ve nitrit, mikrobiyolojik özelliklere ilişkin değerlerin yönetmeliğe göre yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Dombaycı (2009) Erzurum ili Palandöken ilçesinde içme suyu arıtma tesisinin faaliyete geçmesi ardından barajdan verilen suyun fiziksel ve kimyasal parametreler açısından incelenmesini amaçlamıştır. Su numunelerine ilişkin veriler 15 farklı istasyondan elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre standartların üzerinde nitrat barındıran ve sertlik bakımından orta sertlikte olan kuyulardan elde edilen içme suyu yerine yumuşak ve nitrat değerleri standartlara uygun bir yüzeysel su ile şehrin içme suyu ihtiyacının karşılanmaya başlandığı görülmüştür. Ancak yüzeysel sudan elde edilen içme sularında zaman zaman bulanıklık değerlerinde yükseklik, bazı numunelerde de tat ve koku yönünden problem olduğu gözlenmiştir.

Alemdar ve ark. (2009) Bitlis ilindeki bazı ilçelerde içme sularına ilişkin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Depo ve musluk sularından alınan 164 numune kullanılarak yapılan analizler sonucunda fizikokimyasal değişkenler tüm kriterlere uygun çıkmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde ise enterokok oranının %30, koliform oranının %12, sülfid indirgeyen anaerob oranının %24 ve *E. coli* oranının %8 olduğu belirlenmiş ve standartların üzerinde değerler elde edilmiştir. Numunelerin ortalama pH, Na, Mg içerikleri yanı sıra *E. coli* dışında kalan bütün bakterilerin pozitif olma oranlarının sonbahar aylarında daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Yerleşim bölgelerinin genel canlı, koliform ve *E. coli* sayıları dışındaki tüm değişkenlere (pH,

sodyum, klorür, sülfat, enterokok, *Cl. perfringens*) yönelik etkinin istatistiki açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Altinkale-Demer ve Memiş (2011) Isparta’da yaptıkları çalışmada iyon seçici elektrot ve iyon kromatografisi yöntemleri ile içme sularında florür düzeyini ölçmüşlerdir. Çalışma bulgularına göre 4 ayrı bölgedeki su numunelerinin florür konsantrasyonlarının uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra genellikle iyon kromatografisi yöntemi ile ölçülen florür değerlerinin, iyon seçici elektrot yöntemi ile ölçülen değerlere kıyasla daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular sonrasında harmanlama işlemi ile sınır değeri ($>1,5$ mg/L) üzerinde olan bölgelerde bulunan suların florür değerleri standartlara uygun hale getirilmiş, öte yandan bazı bölgelerdeki suların florür değerleri standardın altına düşmüştür ($<0,5$ mg/L).

Rahmanian *et al.* (2015) halk sağlığının korunması için sürekli temiz ve güvenli içme suyu temin etmek amacıyla Malezya’nın Perak eyaletinin bazı bölgelerinde içme suyu kalitesini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda devletin farklı konut ve ticari bölgelerinde içme suyu örneklerinin detaylı fiziksel ve kimyasal analizi yapılmıştır. Kış ve yaz dönemlerinde toplanan her su numunesi için pH, bulanıklık, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve Cu, Zn, Mg, Fe, Cd, Pb, Cr, As, Hg, Sn gibi ağır metaller analiz edilmiştir. Her bir parametrenin elde edilen değerleri Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen standart değerler ve Ulusal İçme Suyu Kalitesi Standardı (NDWQS) gibi yerel standartlarla karşılaştırılmıştır. Her bir parametreye ilişkin değerlerin WHO ve NDWQS tarafından belirlenen güvenli sınırlar içinde olduğu bulunmuştur. Genel olarak tüm bölgelerden gelen sular içme suyu olarak güvenli bulunmuştur.

Ünal (2015) su arıtma teknikleri kullanılarak içme ve proses suyu elde edilmesi amacına yönelik maliyet analizi gerçekleştirmişlerdir. Tuzluluk oranı düşük veya orta düzeyde olan kuyu suyu ile tuzluluk oranı orta veya yüksek düzeyde olan deniz suları açısından 1000 m³/gün, 2500 m³/gün, 5000 m³/gün ve $10\ 000$ m³/gün kapasite düzeyine göre içme ve proses suyu elde edilmesi amacıyla gerçekleştirilen maliyet analizleri kıyaslanmıştır.

Çalışma bulgularına göre proses suyu elde edilmesinde 500-1000 ppm ile 2000-5000 ppm toplam çözünmüş katı madde değerlerinde ters osmoz sistemleri kullanılmasıyla elektrodializ sistemlerinin giriş suyu kalitesinin (31 ppm toplam çözünmüş katı madde) temin edildiği belirlenmiştir. İçme suyu bulguları incelendiğinde; çıkış suyu kalitesinde en düşük bulunan TDS değerlerinin RO sistemleri 30-110 ppm düzeyine azaltıldığı, NF sistemleri ile toplam çözünmüş katı madde değerinin 180 ppm düzeyine, toplam sertliğin ise 3 Fr düzeyine azaltıldığı tespit edilmiştir.

Shirazi *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada İran'ın Boyer Ahmed kentinin kırsal bölgelerindeki içme suyunun mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesini belirlemeyi amaçlamışlardır. Tanımlayıcı kesitsel çalışma niteliğindeki araştırmada 79 numuneye mikrobiyolojik, 21 numuneye ise kimyasal analizler uygulanmıştır. Çalışma bulgularına göre mikrobiyolojik analizlerde fekal koliform ve kimyasal parametrelerden artık klor ve flor dışındaki tüm parametrelerin ortalama konsantrasyonları sınır değerlerin altında bulunmuştur. Sudaki ortalama artık klor miktarının 0,01 mg/L, flor miktarının ise 0,27 mg/L olduğu bildirilmiştir.

Wasana *et al.* (2016) bilinmeyen etiyolojiye sahip kronik böbrek rahatsızlığı ve içilebilir kimyasal su kalitesi açısından Dünya Sağlık Örgütü'nün yüksek riskli olarak belirlediği bir bölgede araştırma yapmışlardır. Çalışmada yüksek kronik böbrek rahatsızlığı prevalans alanları (bölge I), düşük kronik böbrek rahatsızlığı prevalans alanı (bölge II), kronik böbrek rahatsızlığı içermeyen izole alanlar (bölge III) ve kontrol alanları olmak üzere dört alanın içme suyu kalitesi F, Al, Cd, As ve sertlik açısından incelenmiş ve bu parametreler arasındaki olası korelasyonları araştırmak için istatistiksel analiz yapılmıştır. III. Bölgede ve kontrol bölgelerindeki suyun florür ve sertlik konsantrasyonları I. ve II. bölgelere göre çok daha düşük bulunmuş ve su sertliği yaklaşık 61 mg/L CaCO₃ olarak tespit edilmiştir. I. ve II. bölgelerde içme suyunun sertliği 121-180 mg/L CaCO₃ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte Al, Cd ve As konsantrasyonları neredeyse karşılaştırılabilir düzeyde ve WHO standartlarının altında bulunmuştur. I. ve II. bölgelerin birçoğunda içme suyundaki F konsantrasyonu WHO standartlarından daha yüksek bulunmuştur.

Ali *et al.* (2017) Hindistan'da Wainganga Nehri Havzasında yeraltı sularının değerlendirilmesini yapmışlardır. Alkali koşullar altındaki kaya-su etkileşimi, mineral ayrışmasını ve çözünmesini aktive etmede ana mekanizma olup, Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} ve F iyonlarının çalışma alanının yeraltı suyuna salınmasına neden olmuştur. Yüksek konsantrasyondaki Na^+ ve Cl^- iyonlarının oluşumunun, iyon değişimi ve buharlaşmanın bir sonucu olduğu öne sürülmüştür. İyonlar arasındaki korelasyonlar, antropojenik kaynakların Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} ve NO_3^- iyonlarının daha yüksek konsantrasyonlarından sorumlu olduğunu göstermiştir. Yüksek bikarbonat, bölgenin kurak iklimi ve granitik kayalar, F taşıyan minerallerin çözünmesini hızlandırmış ve yüksek florür içeriğine yol açmıştır. Araştırmada yeraltı suyu örneklerinin çoğunun içmeye uygun olmadığı belirlenmiştir. Bulgulara göre; su numunelerinde pH ortalama 7,10, elektriksel iletkenlik 1292,63 nS(20°C)/cm, toplam çözünmüş katı madde 818,78 mg/L, toplam alkalinite 253,32 mg/L (CaCO_3), toplam sertlik 395,00 mg/L (CaCO_3), Na^+ miktarı 113,93 mg/L, K^+ miktarı 47,12 mg/L Ca^{2+} miktarı 89,72 mg/L, Mg^{2+} miktarı 41,48 mg/L, HCO_3^- miktarı 309,05 mg/L, Cl^- miktarı 157,48 mg/L, SO_4^{2-} miktarı 115,34 mg/L, NO_3^- miktarı 98,35 mg/L ve F^- 0,84 mg/L bulunmuştur.

Aydın (2017) Van'da bulunan Çaldıran Ovasında yüzey sularına ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin tespit edilmesini ve bu suların içme, kullanma, sulama amaçlı su standartlarına ve ölçütlerine göre değerlendirilmesini amaçlamıştır. Değerlendirme sonucunda yüzey sularına ait sıcaklık değerlerinin 11,55-20,19°C arasında, pH'nın 6,79-8,97 arasında, özgül elektriksel iletkenliğin ise 129-1203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olduğu görülmüştür. Ayrıca yüzey sularının sodyum adsorpsiyon oranı 0,38-3,81 arasında, sodyum yüzdesi %16,58-%55,62 arasında ve artık sodyum karbonat indeksi 0,24-5,22 meq/L arasında bulunmuştur. İçme-kullanım ve sulama suyu standartlarının tümü göz önünde bulundurulduğunda, örnekleme alanlarının birçoğunda su numunelerinin florür içeriği (1,06-2,33 mg/L) standartlardaki sınır değerinin (1 mg/L) üzerinde bulunmuştur. Buradan hareketle ovadaki suyun doğrudan içme ve kullanma suyu olarak doğrudan kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Rajapakse *et al.* (2018) Batı Avustralya Aborjin topluluklarının yaşadıkları bölgede güvenli olmayan içme suyu kalitesini ölçmüşlerdir. Uranyum ve nitrat düzeylerinin incelendiği çalışmada, 13 adet yeraltı kuyusundan alınan su numunelerinin analizi sonucunda uranyum ve nitrat düzeylerinin, birçok örnekte sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Uranyum miktarı, yüzey sularında 0,017 mg/L sınır değerinin çok üzerinde olan 0,439 mg/L düzeyinde bulunmuştur. Çalışmada uranyum kontaminasyonunun nitrat düzeyleri ile doğrudan ilişkili olabileceği benzer trend dağılımları ile belirlenmiştir. Alkalinite ise, CaCO_3 cinsinden 50 ile 300 mg/L arasında bulunmuştur.

Kireççi vd (2017) Kahramanmaraş'ta içme ve kullanma suları ile çevre sularının mikrobiyolojik kalitesini incelemişlerdir. Su kaynaklarından 67 numune toplanmış ve membran filtrasyon ile bakteriler izole edilmiştir. Daha sonra besiyerlerde inkübasyon bırakılan numunelerin %79'unda *Escherichia coli* ve diğer bakteriler izole edilmiştir. İçme ve kullanma sularındaki *Escherichia coli* varlığının fekal bir kontaminasyona işaret ettiği ve su kaynaklı enfeksiyonların meydana gelebileceği sonucuna varılmıştır.

Kirianki *et al.* (2018) Kenya'da yatıkları çalışmada standart değerlendirme yöntemlerini kullanarak, içme amacıyla popülasyonun kullandığı suyun selektif fiziko-kimyasal parametrelerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda toplam 372 su kaynağı örneği ve 162 depo suyu numunesi üç aylık süre boyunca test edilmiştir. Çalışma bulgularına göre bulanıklık (0,70-273,85 NTU), demir (0,7-2,10 mg/L), florür (0,15-4,01 mg/L), manganez (0,01-0,37 mg/L) ve nitrat (0,09-27,90 mg/L) seviyelerinin ulusal güvenli içme suyu standartlarına ve WHO su kalitesi standartlarına göre genellikle daha yüksek olduğu görülmüştür.

Koç (2018) Bodrum Yarımadasında yaptığı çalışmada 22 adet fiziksel ve kimyasal parametrenin analiziyle Su Kalite İndeksi açısından yeraltı suyu kuyularından elde edilen ham suların kalitesini değerlendirmiştir. Araştırmada Su Kalite İndeks değerleri 84,92 ve 91,11 olarak hesaplanmıştır. Çalışma bulgularına göre Bodrum yarımadasının içme suyu kaynaklarının Su Kalite İndeks puanı “çok kötü” şeklinde tespit edilmiştir. Su kalitesi parametrelerinden biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı,

bulanıklık, çözülmüş oksijen ve toplam sertlik gibi parametreler sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Sonuç olarak bölgedeki mevcut su kaynaklarının içme suyu olarak kullanılmadan önce arıtılması gerektiği belirlenmiş, bu aşamada ham suların havalandırma, koagülasyon, flokülasyon, çökeltme, filtreleme ve dezenfeksiyon işlemleri ile arıtılması önerilmiştir.

2.2. Suların Özellikleri

Su, insan varlığının temel bir bileşeni olup, insanların ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği suya bağlıdır. Su, tüm canlıların hayatta kalması için en temel şartlardan biridir. Bununla birlikte su, nicel sınırlamalar ve niteliksel güvenlik açıklarını barındıran sınırlı bir kaynaktır. Su kıtlığı; nüfus artışı, ekonomik açıdan büyüme ve iklim değişikliği nedenleriyle küresel bir endişe kaynağıdır (Hu and Cao 2014).

“Sağlıklı ve temiz” olan su; insan sağlığı için potansiyel bir tehlike oluşturan herhangi bir mikroorganizma ve parazit içermeyen, sayıca veya konsantrasyonda bulunan herhangi bir maddeden arınmış, belirli fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal standartları karşılayan su olarak tanımlanmaktadır (European Communities 2010).

İçme ve kullanma suları kavramı; genellikle yeme ve içme, temizlik amaçlı olup, gıda maddeleri ile doğrudan temas halinde olan, doğal olarak veya arıtma sonrasında standartlardaki nitelikleri karşılayan, dere, nehir, göl, barajlarda bulunan sular ile kaynak suları olarak ifade edilmektedir. Kullanım amaçlı sular ise, alimentasyon suyu olarak adlandırılmakta ve bu sulara yönelik farklı kalite standartları geliştirilmiştir (MEB 2016).

Suyun havada buhar halde doğal olarak temizken, yeryüzüne yağmur, kar gibi yağışlarla geçmesi sırasında hava tabakalarında bulunan gazlar, tozlar, radyoaktif serpintiler ve mikroorganizmaları bünyesine almaktadır. Bu durum, atmosferin kirlilik düzeyine göre az veya çok miktarda olabilir. Kimyasal olarak saflığını kaybeden su, toprakla temasa geçtiğinde ise mikrobiyolojik ve fiziksel olarak da farklılığa uğramaktadır. Bölgesel

toprak cinsi, insan, hayvan ve bitki organik artıkları, tarım, endüstri, kanalizasyon ve nükleer kirlilikler de suyun kirlenme derecesini etkilemektedir (Demirtaş ve Aydın 2001).

Yeraltı ve yerüstü kaynaklardan temin edilen su, doğada sürekli sirkülasyon halinde olması nedeniyle tüketim noktalarına ulaşana kadar fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik ajanlar tarafından kirlenmekte ve hijyen açısından ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Günşen vd 2000). Genel anlamda suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri olmak üzere üç farklı karakteristiği bulunmaktadır.

2.2.1. Fiziksel özellikler

Suyun fiziksel özellikleri temel olarak sıcaklık, renk, bulanıklık, koku ve tat karakteristiklerini içermektedir (<http://shodhganga.inflibnet.ac.in/>). İçilebilir nitelikteki suyun fiziksel özelliklerinin minimum düzeyde sahip olması gereken nitelikler; bulanık olmaması, renksiz ve kokusuz olması, kendine has tadının olması şeklinde sıralanmaktadır. Suyun kendine özgü tadının suda çözünmüş oksijen miktarı ve karbondioksit gazları düzeyine, sahip olduğu diğer kimyasal maddelere ve su sıcaklığına bağlı olduğu bilinmektedir. Suyun bulanıklığı ve rengi ise, suda bulunan asılı ve koloidal halde bulunan organik ve inorganik maddeler nedeniyle değişmektedir (Dönderici vd 2010).

2.2.2. Kimyasal özellikler

Kimyasal formülü H_2O olan su, ağırlıkça %11.1 hidrojen ve %88.9 oksijenden oluşmaktadır (Koçak 2007). Sudaki kimyasal özellikler metaller, organik bileşikler, pestisitler, trihalometanlar ve farklı ürünlerin kontaminasyonu ile değişmektedir (European Communities 2010). İçme suyunun kimyasal bileşenlerle ilişkili sağlık sorunları, temel olarak suyun kimyasal bileşenlere uzun süre maruz kalması ardından olumsuz etkilere neden olmasından kaynaklanmaktadır. Yalnızca bir defa maruz kalmakla bile sağlık sorunlarına yol açabilecek kimyasal bileşenler bulunmaktadır.

Suyun temel kimyasal özellikleri; pH, elektriksel iletkenlik, salinite, alkalinite, sertlik, iyonlar, ağır metaller ve çözülmüş oksijen miktarıdır. pH, suyun ne kadar asidik veya bazik (alkali) olduğunun bir ölçüsüdür. Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanır. Suyun iletkenliği, çözülmüş katıların pozitif ve negatif yüklü iyonlara parçalanmasının bir sonucu olarak bir elektrik akımı geçirme kabiliyetinin bir ifadesidir. Pozitif yüklü temel iyonlar sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{+2}), potasyum (K^+) ve magnezyumdur (Mg^{+2}). Sudaki negatif negatif yüklü iyonlar arasında klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^{-2}), karbonat (CO_3^{-2}) ve bikarbonat (HCO_3^-) bulunmaktadır. Tuzluluk, sudaki tuz miktarının bir ölçüsüdür. Deniz suyundaki tuzlar temel olarak sodyum klorürdür (NaCl). Bununla birlikte, diğer tuzlu sulardaki yüksek tuzluluk oranına neden olan bileşenler sodyum, klorür, karbonat ve sülfat içeren çözülmüş iyonların bir kombinasyonudur. Doğal suyun alkalinitesi, genellikle suyun içerisinde sızdığı topraklardaki reaksiyonlarda oluşan bikarbonatların varlığından kaynaklanmaktadır. Sertlik, içme suyunun lezzetini ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğini artırabilen doğal bir su özelliğidir. Suyun sertliği, suda doğal olarak bulunan kalsiyum ve magnezyum minerallerinin varlığından kaynaklanmaktadır. Ağır metal, nispeten yüksek bir yoğunluğa sahip olan ve düşük konsantrasyonda toksik veya zehirli olan herhangi bir metalik kimyasal elementleri belirtmektedir. Ağır metallerden bazıları cıva (Hg), kadmiyum (Cd), arsenik (As), krom (Cr), nikel (Ni), bakır (Cu), kobalt (Co) ve kurşun (Pb)'dur. Çözülmüş oksijen ise, sulu bir çözelti içinde çözülen gaz halindeki oksijen (O_2) miktarıdır (Arora 2017).

2.2.3. Mikrobiyolojik özellikler

Doğal kaynaklarda bulunan su, doğal mikro florada mevcut bakteriler ve toprak kaynaklı bakteriler yanı sıra insanların ve hayvanların bağırsak mikro florasında doğal olarak mevcut bakterileri ve bağırsak patojenlerini de bünyesinde barındırmaktadır. Suyun içerdiği bakterilerin tarımsal üretim, ürün hasadı, hasat sonrası ürünlerin işlenmesi ve dağıtım gibi aşamalar boyunca gıda ile temas etmesi durumunda ya da gıdaların yapısına ilave edildiğinde, bu bakterilerin önemli kontaminasyon kaynaklarından biri haline geldiği ve insan sağlığını tehdit edebileceği belirtilmektedir.

İçme sularının insan sağığı bakımından tüm mikrobiyolojik tehlikelerden arınması gerektiğı vurgulanmaktadır(MEB, 2016). TS 266'ya göre suyun mikrobiyolojik özellikleri arasında toplam koliform ve toplam bakteri sayılarına ilişkin özellikler bulunmaktadır.

2.3. İçme Suyu ve Kalite

2.3.1. Kabul edilebilir içme suyu kalitesi

Kabul edilebilir suyun fiziksel özellikleri birçok farklı değışkenden oluşmaktadır. İçilebilir suyun sıcaklığı 7-12°C olmalıdır. İçme-kullanma sularında hijyen bakımından suyun görünümünün berrak gerekmektedir. Su tabakasının kalın olması sayesinde mavi renk daha rahat fark edilmektedir. Az miktarda suyun sahip olduğu görünümün renksiz olmasına rağmen kalın tabakalar halindeki doğal renginin mavimsi olarak olduğu belirtilmiştir. Genellikle iyi kaliteli su kokusuzdur. Suyun lezzetinin doğal ve içiminin hoş olması gereklidir. Suyun lezzetini etkileyen parametreler; suda erimiş oksijen ve karbondioksit gazları, kimyasal maddeler, sıcaklık parametrelerine göre farklılık göstermektedir. İçme suyunun tadında ekşilik, acılık, tuzluluk veya metalik tat olmamalı, ayrıca suyun boğazda kuruluk oluşturmaması ve mideye şişkinlik hissi vermemesi gereklidir. Suyun pH'sı nötr ya da hafif düzeyde alkali olmalıdır. Kaynak sularının pH'sı 7,0-8,5 değerleri aralığında, içme-kullanma sularının pH'sı 6,5-9,2 aralığında bulunmalıdır (MEB 2016).

İçme ve kullanma sularının kimyasal kalitesinin uygunluğu; erimiş gazlar (özellikle CO₂ ve O₂), sertlik derecesi, organik maddeler, amonyak, nitrat, nitrit, klorür, deterjan bulunup bulunmadığı ve miktarları dikkate alınarak belirlenir. Gerektiğinde demir, kurşun ve çinkonun yanı sıra pestisitler ve radyoaktif serpintilerin kontaminasyonu da araştırılmaktadır (Koçak 2007).

2.3.2. İçme suyu standartları

Dünya genelinde içme suyu standartlarının tarihçesi incelendiğinde, çoğunlukla 19. yüzyılın önemli bölümünde içme suyu kalitesine ilişkin standartların mevcut olmadığı görülmektedir. 1852 yılında su ve hastalık arasındaki korelasyonun daha iyi anlaşılması nedeniyle Londra’da tüm içme suyu kaynaklarının filtrelenmesi gerektiğini belirten bir yasa çıkarılmıştır. 1900 yılına gelindiğinde, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki belediye su sistemlerinin sayısı 3000’in üzerine çıkmıştır. Ancak bu sistemlerin yalnızca yaklaşık 10 tanesi tedarik malzemelerini filtrelemiştir. Sonuç olarak kirli suyun dağıtılması nedeniyle büyük hastalık salgınları ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak güvenli içme suyunun dağıtılması 20. yüzyılın başlarında birinci önceliğe sahip olmuştur. İçme suyu standartlarının tarihsel süreçteki gelişimi şu şekilde sıralanmaktadır (Pennsylvania Department of Environmental Protection, b.t.):

- 1893: ABD Kongresi, ABD Halk Sağlığı Servisi (USPHS) içme suyu düzenlemeleri oluşturma konusunda güçlendiren Eyaletlerarası Karantina Yasasını hazırlamıştır. Bu yasada bulaşıcı hastalıkların yabancı bir devletten başka bir devlete ya da mülkiyete girmesini, bulaşmasını ya da yayılmasını engellemek amacıyla gerekli düzenlemelerin uygulanması vurgulanmıştır.
- 1914: USPHS, yalnızca eyaletler arası taşıyıcılar tarafından halka sunulan içme suyuna yönelik ilk resmi su kalitesi standartlarını ilan etmiştir.
- 1925: USPHS su kalitesine ilişkin revizyonlar ve yeni standartlar sunmuştur. İçme suyuna ilişkin renk, klorür, demir, magnezyum ve sülfat için fiziksel ve kimyasal içerik standartları oluşturulmuştur.
- 1942: USPHS 1925 standartları gözden geçirilmiştir. Arsenik, florür, kurşun ve selenyum için tolerans sınırları ile klorür, bakır, demir, manganez, magnezyum, fenoller, sülfat, çinko ve toplam katılar için önerilen sınırlar belirlenmiştir.
- 1946: USPHS 1942 standartlarını gözden geçirmiştir.
- 1962: USPHS, sağlıkla ilgili 28 kimyasal ve biyolojik kirlilik için uygulanamaz kirlетici sınırlarının oluşturulmasını önermiştir.

- 1974: Büyük ölçüde su kaynaklarında yaygın olarak bulunan ve kansere neden olduğundan şüphelenilen organik kimyasalların keşfi nedeniyle USEPA Güvenli İçme Suyu Yasası (SDWA) oluşturulmuştur.
- 1986: Güvenli İçme Suyu Yasası Değişiklikleri yapılmıştır. Ulusal Bilimler Akademisi (NAS) altındaki Ulusal Araştırma Konseyi (NRC), düzenlemelerin gözden geçirilmesinin temelini oluşturan İçme Suyu ve Sağlık yayınlamış, içme suyu kirleticileri 5 sınıfa ayırmıştır.
- 1996: Ek Güvenli İçme Suyu Değişiklikleri, EPA'nın maksimum kirletici seviye hedefi (MCLG) yayınlamasını ve her kirletici için bir Ulusal Birincil İçme Suyu Yönetmeliği (NPDWR) yayınlamasını gerektirmiştir.

Günümüzde WHO'nun 2008, 2011 ve 2017 yıllarında revize ettiği standartlar ve EPA'nın 2018 yılında revize ettiği içme suyu standartları kullanılmaktadır.

Türkiye'de içme suyu kalitesinin değerlendirilmesinde “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” ve “TS 266” olmak üzere iki temel standart bulunmaktadır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğin temel amaçları; tüketim amaçlı suların teknik ve hijyenik koşullara uygun olup olmadığını kontrol etmek, suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak ve içme sularının elde edilmesi, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı ve denetimine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

17/02/2005 yılında 25730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan ve 2013 yılında 28580 sayılı Resmi Gazetede revize edilen “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik” birçok farklı kanun tüzük, kararname ve direktif doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğin oluşturulmasında yararlanılan temel dayanaklar; 24/4/1930 tarih ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu kapsamındaki 235. ve 242. maddelerden, 11/6/2010 tarih ve 5996 sayılı “Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu” kapsamındaki 27. maddeden, 11/10/2011 tarih ve 663 sayılı “Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşlarının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname” kapsamındaki 40. maddeden meydana gelmektedir. Bunların yanı sıra İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik”; Avrupa Komisyonun tarafından

yayınlanan 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi ile Doğal Mineralli Sular İçin Konsantrasyon Limitleri ve Etiketleme Bilgileri Hakkında Liste Oluşturulması ve Doğal Mineralli Suların ve Kaynak Sularının Ozonla Zenginleştirilmiş Hava ile İşleme Tabi Tutulmasının Şartlarını Belirleyen 16/5/2003 tarihli ve 2003/40/EC sayılı Konsey Direktifine ve Doğal Mineralli Sulardan ve Kaynak Sularından Flüorürün Uzaklaştırılması İçin Aktif Alüminyum Kullanımının Şartları Hakkında 115/2010 sayılı AB Komisyonu Tüzüğüne uygun şekilde oluşturulmuştur.

Yönetmeliğin 5. maddesi kapsamında insani tüketim amaçlı su kavramı, “orijinal haliyle ya da işlendikten sonra dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insan tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanması veya pazarlanmasında kullanılan bütün sular” olarak tanımlanmıştır. Aynı maddenin h bendinde içme-kullanma suyu ise, “genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile, gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orjinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve Yönetmeliğin eklerinde belirtilen parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular” şeklinde tanımlanmıştır.

İçme suyu kalite standartlarına ilişkin açıklamalar yönetmeliğin ikinci bölümünde yer almaktadır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik kapsamında belirlenen gösterge ve kimyasal parametreler Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre gösterge parametreleri (Resmi Gazete 2005)

Parametre	Değerler
Alüminyum	200 µg/L
Amonyum	0,50 mg/L
Klorür	250 mg/L
C. perfringens (sporlular dahil)	0 sayı/100 mL
Renk	Tüketiciler tarafından kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişimin olmaması
İletkenlik	2500 µS/cm (20°C’de)
pH	≥6,5 ve ≤9,5
Demir	200 µg/L
Mangan	50 µg/L
Koku	Tüketiciler tarafından kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişimin olmaması
Oksitlenebilirlik	5,0 mg/LO ₂
Sülfat	250 mg/L
Sodyum	200 mg/L
Tat	Tüketiciler tarafından kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişimin olmaması
22°C’de koloni sayımı	Anormal değişim yok
Koliform bakteri	0
Toplam Organik Karbon	Anormal değişim yok
Bulanıklık	Tüketiciler tarafından kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişimin olmaması
Radyoaktivite	
Parametre	Değerler
Trityum	100 Bq/L
Toplam gösterge dozu	0,10 mSv/yıl
Alfa yayınlayıcılar	0,1 Bq/L
Beta yayınlayıcılar	1 Bq/L

Çizelge 2.2. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre kimyasal parametreler (Resmi Gazete 2005)

Parametre	Değerler
Akrilamid	0.1 µg/L
Antimon	5.0 µg/L
Arsenik	10 µg/L
Benzen	1.0 µg/L
Benzo (a) piren	0,010 µg/L
Bor	1 mg/L
Bromat	10 µg/L
Kadmiyum	5,0 µg/L
Krom	50 µg/L
Bakır	2 mg/L
Siyanür	50 µg/L
1,2-dikloreten	3,0 µg/L
Epikloridin	0,10 µg/L
Florür	1,5 mg/L
Kurşun	10 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/L olarak uygulanır)
Civa	1,0 µg/L
Nikel	20 µg/L
Nitrat	50 mg/L
Nitrit	0,50 mg/L
Pestisitler	0,10 µg/L
Toplam pestisitler	0,50 µg/L
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	0,10 µg/L
Selenyum	10 µg/L
Tetrakloreten ve trikloreten	10 µg/L
Trihalometanlar-toplam	100 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 150 µg/L olarak uygulanır)
Vinil Klorür	0,50 µg/L

TS 266 insanî tüketim amaçlı sulara ilişkin tanımları, sınıflandırmayı ve özellikleri, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya arz şekillerini kapsamaktadır. Türkiye’de içme suyu standartları Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından

düzenlenmektedir. Türkiye’de 1965 yılı Nisan ayında çıkarılan ilk içme suyu standardı olan TS 266, 1997 yılında revize edilmiş ve kapsamlı hale getirilmiştir.

TS 266’ya göre insani tüketim amaçlı su, “orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra bu standartta belirtilen özellikleri sağlayan, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması (gıda maddelerinin hazırlanmasında gıda maddesi ile doğrudan temas eden sular) vb. amaçlar ile temizlik için kullanılan dere, nehir vb. akarsular, göl, baraj vb. durgun sular ile kaynak (memba) suları” olarak tanımlanmıştır. İçme ve kullanma suyu ise, “kaynağına bakılmaksızın orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra bu standartta belirtilen özellikleri sağlayan, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması (gıda maddelerinin hazırlanmasında gıda maddesi ile doğrudan temas eden sular) vb. amaçlar ile temizlik amacıyla kullanılan sulardır.” TS 266 standardına göre içme suyu kalite parametreleri Çizelge 2.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. TS 266’ya göre içme suyu kalite parametreleri (TS 266 Standardı)

Parametre	Birim	Tavsiye Edilen Değer	İzin Verilen Maksimum Değer
Organoleptik Parametreler			
Görünüm		Berrak-Renksiz	
Koku		Kokusuz	
Fiziko-Kimyasal Parametreler			
Sıcaklık	°C	12	25
pH		6,5<pH<8,5	6,5<pH<9,2
Renk	Pt-Co	1	20
Bulanıklık	NTU	5	25
İletkenlik	µs/cm	400	2000
Klorür	mg/l	25	600
Serbest Klor	mg/l	0,1	0,5
Sülfat	mg/l	25	250
Kalsiyum	mg/l	100	200
Magnezyum	mg/l	30	50
Sertlik	mg/l		50
Sodyum	mg/l	20	175
Potasyum	mg/l	10	12

Çizelge 2.3. (devam)

Parametre	Birim	Tavsiye Edilen Değer	İzin Verilen Maksimum Değer
Alüminyum	mg/l	0,05	0,2
Toplam Çözünmüş Madde (TDS)	mg/l		1500
Nitrat	mg/l	25	50
Nitrit	mg/l		0,1
Amonyum	mg/l	0,05	0,5
Kjeldahl Azotu	mg/l		1
Bor	µg/l	1000	2000
Demir	µg/l	50	200
Mangan	µg/l	20	50
Bakır	µg/l	100	3000
Çinko	µg/l	100	5000
Fosfor	µg/l	400	5000
Florür	µg/l		1500
Baryum	µg/l	100	300
Gümüş	µg/l		10
Toksik Maddeler			
Arsenik	µg/l		50
Kadmiyum	µg/l		5
Siyanür	µg/l		50
Krom	µg/l		50
Civa	µg/l		1
Nikel	µg/l		50
Kurşun	µg/l		50
Antimon	µg/l		10
Selenyum	µg/l		10
Mikrobiyolojik Parametreler			
Toplam Koliform	ad/100 ml		0
Toplam Bakteri	ad/ml	100	500
Radyoaktivite			
Alfa Aktivitesi	Bq/l	0,037	0,037
Beta Aktivitesi	Bq/l	0,37	0,37

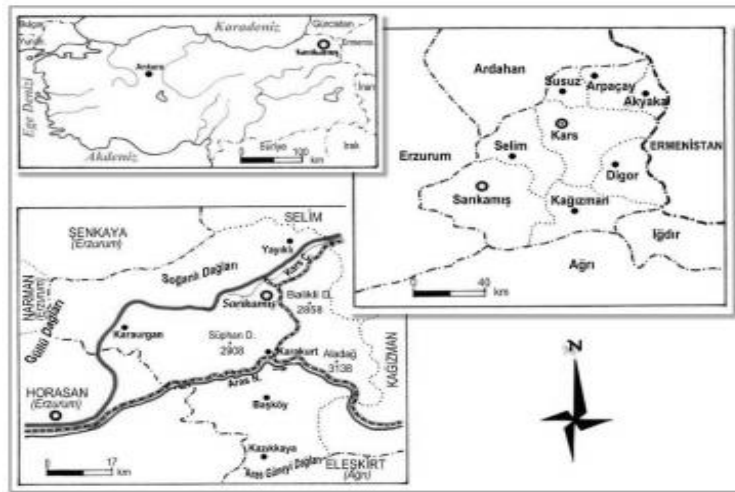
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanının tanıtılması

Kars ili; kuzeyde Ardahan, doğuda Ermenistan'ın Shirak yönetim bölümü, güneydoğuda Iğdır, güneyde Ağrı, batıda ise Erzurum illeri idari alanları arasında bulunmaktadır. Kars İli idari olarak, Merkez, Sarıkamış, Selim, Kağızman, Digor, Arpaçay, Akyaka, Susuz olmak 8 ilçeden ve bu ilçeler dâhilindeki 383 köyden oluşmaktadır. İl yaklaşık olarak 9939 km² yüzölçümüne sahiptir(Demir, 2015). 2017 yılı verilerine göre Kars ilinin nüfusu 287 654 olup, bu nüfusun %51,97'si erkek, %48,03'ü kadındır. 2018 yılı verilerinin ise tahmini olarak 286 503 olacağı belirlenmiştir.

Sarıkamış ilçesi, Kars ilinin nüfus açısından merkezi ilçeden sonra gelen en büyük ilçesidir. 1752 km² alanı olan ilçe bir plato üzerindedir. İlçenin doğusunda Kağızman ve Selim ilçeleri, batıda Erzurum'un Şenkaya ve Horasan ilçeleri, güneyde ise Ağrı'nın Eleşkirt ilçesi bulunmaktadır (Saraçoğlu 2011).



Şekil 3.1. Araştırma sahasının konum haritası

3.1.2. Çalışma alanının coğrafyası

Erzurum-Kars Bölümü'nde yer alan araştırma sahası, bu bölümün dağlar, vadiler ve yüksek plâto düzlüklerinden oluşan morfolojik görünümüyle uyum içerisindedir. Nitekim yüksek dağlık alanlarla birlikte, merkezî püskürme ve yarık volkanizması sonucu ortaya çıkan malzemenin yayılmasıyla belirmiş plâtolar ve tektonik kökenli depresyonlar, ana jeomorfolojik birimleri oluşturur. Aras nehri ve Kars çayı ile bu akarsulara ait kollar tarafından derin bir şekilde yarılmış olan sahada, yükselti farkları 1500 m'yi aşabilmektedir. Dikey yönde görülen önemli yükselti farkları, akarsu aşındırmasının etkin olarak sürmesine yol açarken, eğimli ve engebeli bir topoğrafik yapının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Sevindi 2018).

3.1.3. Çalışma alanının iklimi (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.)

Plâneter ve coğrafi faktörlere bağlı olarak sahada, Doğu Anadolu'nun Karasal İklim şartları etkili olmaktadır. Türkiye'de sıcaklık değerlerinin dağılışı konusunda yapılan çalışmalarda ve hazırlanan gerçek izoterm haritalarında, en düşük ortalama sıcaklık derecelerinin kuzeydoğu Anadolu'nun yüksek plâtolarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, araştırma sahasının da içinde bulunduğu bu alan ülkemizin en soğuk yöresidir. Gerçekten de Sarıkamış meteoroloji istasyonunun 42 yıllık (1962-2004) gözlem verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 3,2°C bulurken, yıllık sıcaklık amplitüdü 25,4°C'ye ulaşmaktadır. Sahada donlu geçen günler sayısı ise 200 günü aşabilmektedir.

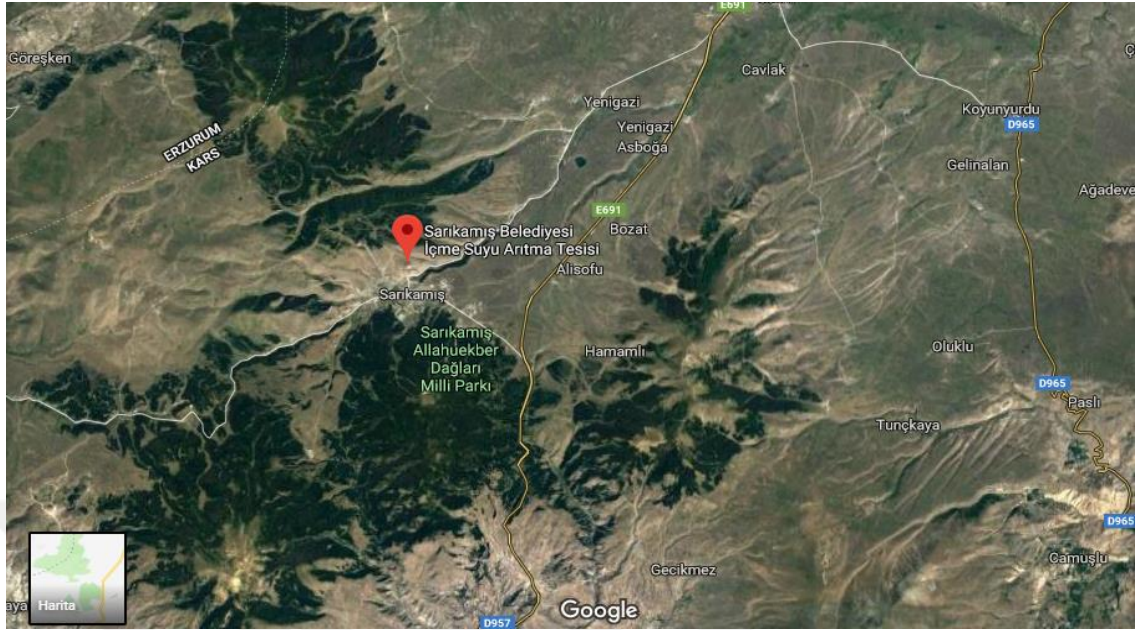
Araştırma sahasındaki en önemli akarsuları Aras nehri ve Kars çayı oluşturmaktadır. Bu akarsular, saha içerisinde volkanik plâto yüzeylerini yarararak akış gösterdiklerinden kanyon şekilli vadileriyle dikkati çekerler. Aras nehri ve Kars çayına ait akım değerlerinin yıl içerisindeki değişimleri incelendiğinde, iki seviye alçalması (Eylül, Ocak, Şubat) ile iki seviye yükselmesi (Kasım ve Mayıs) gösteren, Yağmurlu-Karlı Karmaşık Rejime sahip oldukları görülür. Sarıkamış ve çevresinde, intrazonal topraklar grubu içerisinde yer alan kahverengi orman toprakları ve volkanik formasyonlar

üzerinde gelişmiş topraklar geniş yayılım gösterir. Bunların dışında, zonal topraklardan olan çernezyomlar Kars plâtosu üzerinde, kestane renkli topraklar ise Aras nehrinin güneyindeki alanlarda göze çarpar. Azonal topraklar grubunda bulunan alüvyal, kollüviyal ve hidromorfik alüviyal topraklara akarsu vadilerinde rastlanırken; litosolleri daha çok erozyonun etkili olduğu, bitki örtüsünden yoksun çıplak dağlık alanlar görülmektedir (Sevindi 2018).

Sarıkamış'taki köy yerleşmeleri, Aras nehri ve Kars çayı tarafından derin bir şekilde parçalanmış olan sahada; akarsu vadileri ve bu vadilerin yamaçlarında ya da parçalı görünüm kazanmış plâto yüzeyleri üzerinde yer alır. Başta iklim şartları olmak üzere, topoğrafik yapı, bitki örtüsü ve içme suyu temini gibi faktörlerin etkisiyle yerleşmelerin genellikle toplu dokulu olduğu dikkati çeker. Yürütülen ekonomik faaliyetler yanında, arazi mülkiyetleri, gelenek ve görenekler ile güvenlik gibi beşerî faktörler de toplu dokunun ortaya çıkışında büyük ölçüde etkili olmaktadır.

3.1.4. İçme suyu arıtma tesisi hakkında genel bilgiler

Sarıkamış Belediyesi İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi 40.345829 enlem ve 42.587521 boylamda yer almaktadır. Mevcut hali ile ham su kaynağı Kızılçubuk deresi Çataldere, Acısu ve Kut deresidir. Ancak bu derelerden elde edilen su, ihtiyacı karşılayamamakta ve Sarıkamış'a 8,5 kilometre uzaklıktaki Kızılçubuk deresinde yapılacak içme suyu göletinin tamamlanmasıyla su ihtiyacının karşılanması planlanmıştır. İçme suyu arıtma tesisi 18.144 m³/gün debili suyu arıtacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.2. Araştırmanın gerçekleştirildiği alanın uydu görüntüsü

(<https://www.google.com.tr/maps/place/Sar%C4%B1kam%C4%B1%C5%9F+Belediyesi+%C4%B0%C3%A7me+Suyu+Ar%C4%B1tma+Tesisi/@40.3438421,42.582431,221m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x406966e18b73374b:0x3c144cb1d6118408!8m2!3d40.3452879!4d42.588011> Erişim: 25.12.2018)

Tesise giren ham su havalandırma, ön klorlama, koagülasyon, flokülasyon, çöktürme, filtrasyon ve son klorlama işlemlerinden geçirilerek içme ve kullanma suyu kalitesine getirilerek temiz su deposundan cazibeyle şehir şebekesine verilmektedir.

2500 m³ kapasiteli arıtılmış su deposunun çıkış kolektöründen hem proses için gerekli servis suyu hem tesis personeli için içme ve kullanma suyu temin edilmekte ve arıtılmış su bir hat ile şehir şebekesinin 1. kademesine verilmektedir. 2500 tonluk depo girişinde 4000 tonluk depoyu besleyen ikinci bir hat bulunmakta, 4000 tonluk depodan ise şehrin ikinci kademesi beslenmektedir.

Arıtma tesisi girişinde yer alan debi ölçer, bulanıklık ölçer ve pH-metre ile tesis çıkışında bulunan debi ölçer, pH metre ve bakiye klor analizöründen ölçülen değerler, tesis bilgisayarına sürekli olarak kaydedilmektedir. Ayrıca tesiste bulunan laboratuvarda ham su ve çıkış suyu uygunluğu kontrol edilmektedir.

Tesiste bulunan tüm üniteler soğuk bölge olması nedeniyle tamamen kapalı inşa edilmiş olup, merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Tahliye sistemi dışında tüm borular ısı izolasyonludur. Bütün havuzların drenaj ve taşkın tahliye boruları beton boru ve rögarlardan oluşan genel tahliye sistemine bağlanmakta ve cazibeyle Sarıkamış deresine akmaktadır. Tesiste oluşan evsel atık sular fosseptikte biriktirilerek belirli aralıklarla vidanjörle çektirilmektedir. Tesis laboratuvarı TS 266'da belirtilen fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümünü ve analizini yapabilecek kapasitede olup tesisteki tüm numune alma pompaları buradan kumanda edilmektedir.

3.2. Yöntem

Bu araştırmada içme suyu numunelerine yönelik ham su analiz değerleri ve arıtma tesisi çıkış suyu değerleri Temmuz 2017-Haziran 2018 tarihleri arasında tesisten elde edilmiştir. Araştırmada karşılaştırılan içme suyu parametreleri; pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, renk, alkalinite, nitrit, bulanıklık, demir, organik madde miktarı, sülfat, mangan, amonyum ve alüminyum olarak sıralanmaktadır. Bu bölümde öncelikle arıtma tesisinde ham suyun arıtılmasına ilişkin aşamalar genel hatlarıyla ele alınmıştır. Daha sonra ham suyun kalite parametrelerini belirlemek amacıyla tesiste gerçekleştirilen analizlere ilişkin yöntemsel bilgiler sunulmuştur.

3.2.1. İçme suyu arıtmasına ilişkin akım şeması

Su, bulunduğu kaynaklarda temiz olsa da temas içerisinde bulunduğu her noktada kirlenme riski içermektedir. Su toplama havzalarında yerel yönetimlerin arıtma işlemiyle elde ettikleri ham su, depolar, şebeke dağıtım hatları gibi karmaşık sistemlerden geçerek nihai tüketime hazırlanmaktadır. Bu karmaşık iletim sürecinde meydana gelebilecek sorunlar su kalitesini değiştirmektedir. Bu süreç, suyun son kullanma noktalarında su arıtma sistemlerinin önemini ortaya koymaktadır.

İçme sularının arıtılmasındaki temel amaçlar şu şekilde sıralanmaktadır (Eroğlu 2008):

- Su sıcaklığının azaltılması ya da arttırılması,
- Renk, bulanıklık, tat ve kokunun giderilmesi,
- Mikroorganizmaların uzaklaştırılması,
- Demirin ve manganezin uzaklaştırılması,
- Amonyum (NH_4^+) giderilmesi,
- Oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesi, suya bazen CO_2 verilmesi, bazen giderilmesi, hidrojen sülfür (H_2S), metan (CH_4) gibi gazların sudan giderilmesi, yani gaz transferi,
- Asitlerden temizleme,
- Su sertliğinin düşürülmesi,
- Sudaki korozyon özelliğinin giderilmesi,
- Tuzluluğun giderilmesi,
- Zararlı kimyasal maddelerin giderilmesi.

Bu çalışmada su numunelerinin elde edildiği içme suyu arıtma tesisindeki arıtma işlemi; tesise suyun alınması, havalandırma, ön klorlama, karıştırma ve flokülasyon, alüm ve kireç dozlaması, filtrasyon, geri yıkama ve son klorlama işlemleri sırasıyla gerçekleştirilmektedir.

Tesise Suyun Alınması: Çataldere, Acısu, Kut ve Kızılçubuk su alım hattından vana odasına gelen su, artırma tesisine 600 mm’lik tesis giriş borusu ile bağlanmaktadır.

Havalandırma Yapısı: Tesis girişinde yer alan boruya monte edilmiş debimetre aracılığıyla aynı boru üzerinde bulunan oransal akım ayar vanası kumanda edilerek istenen miktarda ham suyun tesise alımı gerçekleştirilmektedir. Giriş borusunda bulanıklık ve pH ölçümü de gerçekleştirilmektedir. Havalandırmada by-pass işlemi 600 mm’lik kelebek vanalarla gerçekleştirilir ve havalandırılan su çelik boru ile vana odasına geçiş yapar.

Hızlı Karıştırma Yapısı: Havalandırmadan geçen su hızlı geçiş yapısına iletilerek, karıştırma yanı sıra alüm ve kireç dozlaması da gerçekleştirilir. Yüksek hızlı karıştırıcıları içeren havuzlarda koagülasyon sağlanmakta ve su yavaş karıştırma havuzuna iletilmektedir.

Yavaş Karıştırma Yapısı: Hızlı karıştırma yapısından dört adet yavaş karıştırma havuzuna dağıtılan suyun, motor kumandalı sürgülü kapaklarla geçişi sağlanmaktadır. Bu sistemde dört adet flokülötör yer almaktadır. Yavaş karıştırma havuzundan savaklanarak çıkış yapan floküle edilmiş su, durultucu havuzuna geçiş yapmaktadır.

Durultucu Yapısı: Durultucuya gelen su, motor kumandalı sürgülü vana ile sekiz adet dikdörtgen basit çökeltim havuzuna dağıtılmaktadır. Taşkınların önlenmesine yönelik olarak kanalın sonunda taşkın savağı bulunmaktadır. Dağıtımdan giriş kapağına gelen sularda oluşan yumakların bozulmamasına dikkat edilmektedir. Çökeltim havuzlarının tabanında biriken çamurun tahliyesi yapılmaktadır. Bu çamurlar toplanarak yoğunlaştırma havuzuna gönderilmektedir.

Filtrasyon ve Geri Yıkama: Durultucudan duru su toplama kanalına gelen su hızlı kum filtresine geçiş yapmaktadır. Filtre yatağından süzülen su, filtre taban drenajı aracılığıyla besleme kanalının altındaki galeriye geçiş yapmaktadır. Her filtrenin çıkış borusu üzerinde su numunesi muslukları bulunmaktadır. Burada suyun filtrasyonu

gerçekleştikçe filtre kirlenmekte ve yük kaybı artmaktadır. Filtrede su kalitesinin bozulmaması amacıyla geri yıkama işlemi yapılmalıdır. Filtrelenmiş suyu toplamak ve filtre geri yıkama suyunu tekdüze dağıtmak amacıyla beton plaklar üzerine yerleştirilen nozullardan oluşan drenaj sistemi kullanılmıştır. Filtrelerde önce 3 dakika hava, daha sonra 10 dakika su ile geri yıkama yapılır. Yıkanan filtrelerden geçen su toplanarak geri kazanım havuzuna iletilir ve klorlama işlemine geçilir.

Son Klorlama İşlemi ve Klor Temas Tankı: Hızlı kum filtresinden klor temas havuzuna gelen su, mikroorganizma üremesi, çoğalması ve su kalitesinin bozulmasını engellemek amacıyla depolama öncesi klorlanmaktadır. Klor temas havuzundan çıkan sular, toplama kanalına dökülerek temiz su deposuna iletilir.

Temiz Su Deposu: İki göze sahip içme suyu deposu şehir şebekesi ve arıtma tesisi gereksinimini karşılamaktadır. 2500 m³'lük temiz su deposu, giriş borusunda ultrasonik tip debimetre ile su debinin ölçümünü sağlamaktadır.

Kimya ve Klor Binası: Arıtma tesisinde alüm, kireç ve klor bu binada depolanmakta ve çözeltiler hazırlanmaktadır. Depoda havalandırma için pencere tipi fanlar kullanılır. Burada alüm ve kireç çözeltileri hazırlanarak dozlama pompaları ile dozlanır.

Alüm Tesisi ve Kireç Binası: Bu tesislerde birer adet yedek alüm ve kireç tankı olmak üzere üçer adet toplam altı tank bulunmaktadır. Kireç çözelti haline getirilerek hızlı karıştırma havuzunda dozlama yapılır.

Klorlama Tesisi: Bu tesis, klorinatör odası ve tank deposundan oluşmaktadır. Tesiste havalandırmayı sağlamak amacıyla fanlar, kaçakları önlemek amacıyla detektörler yer almaktadır. 9 adet klor tankı bulunan tesiste, klor tanklarının değişimi otomatik olarak cihazların uyarı vermesi sonrasında tank devreye alınmaktadır.

3.2.2. Araştırmada içme suyu analizlerinde kullanılan yöntemler

Arıtma tesisinde işlem gören su numunelerine, işletme bünyesinde uygulanmış analizler şu şekilde sıralanabilir:

pH: pH bir çözeltinin asit veya baz olma durumunun şiddetini gösteren bir terimdir. pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun (-) logaritmasıdır ($pH = -\log [H]$). pH metre ile sudaki hidrojen iyonu aktivitesine göre potansiyel ölçümü gerçekleştirilmektedir.

Renk: Numune alma kurallarına uygun olarak alınmış su numunesinden yeteri kadar alınarak bulanıklık varsa santrifüjlenir ve berrak kısmı filtre kâğıdından süzülür. Hafif bir bulanıklık, hakiki renkten daha koyu bir rengin bulunmasına neden olmaktadır. Spektrofotometre çalıştırılarak dalga boyu 455 nm'ye ayarlanır. Süzülmüş saf su ile cihazın sıfır ayarı yapılır. Ölçümü yapılacak numune küvete doldurulur. Küvet spektrofotometreye yerleştirilerek okuma yapılır. Ölçülen değer ölçüm aralığının üstünde ise seyreltme yapıldıktan sonra tekrar okuma yapıp seyreltme oranına göre sonuç hesaplanır.

EC: Suyun iletkenliği ölçülerek, sudaki iyon miktarı yaklaşık olarak tayin edilebilir. İletkenlik değerinin 0,55-0,70 ile çarpımı suyun tuzluluğu hakkında bir fikir edinilebilir. Aynı şekilde, bu ilişkiden faydalanarak bulunan ampirik (deneye dayalı) sonuca göre, normal sularda iletkenliğin 100'e bölünmesiyle, sudaki anyon (=katyon) toplamı meq/L olarak hesaplanır.

Amonyum (Amonyak): 50 ml su numune alınarak 1 ml senyet tuzu ilave edilmekte ve karıştırılmaktadır. Ardından 1 ml nesler reaktifi eklenerek karıştırılmakta ve 15 dakika süreyle çözelti bekletilmektedir. Aynı işlemler, şahit (kör) çözelti için saf suya uygulanmakta ve 425 mm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

Organik Madde: 50 ml su numune alınarak 5 ml 1+3'lük sülfürik asit ilave edilmekte, ardından 5 ml N/80'lik potasyum permanganat çözeltisi eklenmektedir. Oluşan çözelti

30 dakika boyunca 70°C'deki su banyosunda bekletilmektedir. 30 dakika sonunda su banyosundan alınan numuneye 5 ml amonyum oksalat çözeltisi ilave edilmekte ve hafif pembe renk oluşuncaya kadar N/80'lik potasyum permanganat ile titre edilmektedir. Çözelti için harcanan potasyum miktarı kaydedilmektedir.

Sülfat: 50 ml su numunesi alınarak 2,5 ml sülfat reaktifi ilave edilmekte ve karıştırılmaktadır. Aynı işlemler şahit çözelti için saf suya uygulanmaktadır. Su numunesinin bulunduğu erlene spatül ucuyla baryum klorür ilave edilmekte ve manyetik karıştırıcıda 1 dakika süreyle karıştırılmaktadır. Karıştırma sonucunda çözeltinin 420 nm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

Mangan: 40 ml su numune alınarak buna 1 ml 5 N Sülfürik Asit ilave edilmektedir. 5 ml Mixet reaktifi ilave edildikten sonra 2-10 dakika arası çözelti bekletilmektedir. 2 ml EDTA-hidroksil amonyum klorür reaktifi karıştırarak çözeltiye ilave edilmekte ve 10-20 dakika arası beklenmektedir. Aynı işlemler şahit çözelti için saf suya uygulanmakta ve ardından 450 nm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

Alkalinite: 50 ml numune alınarak 2 damla metil oranj ilave edilmekte ve turuncu renk elde edilmektedir. Turuncu renk tuğla kırmızısına dönüşüncüye kadar sülfürik asitle titrasyon yapılmakta ve renk değişimi için harcanan sülfürik asit miktarı kaydedilmektedir. Benzer işlemler fenolftalein içeren çözelti ile NaOH'un titrasyonu aracılığıyla hafif pembe renk oluşana kadar gerçekleştirilir. Toplam alkalinite, bu iki titrasyon için serf edilen çözeltilerin miktarından elde edilir.

Nitrit: 0,5 g nitrit reaktifi kapaklı erlene konularak 5 ml %50'lik asetik asit ilave edilmekte ve karıştırılmaktadır. 50 ml su numunesi, çözeltiyi içeren erlene ilave edilerek karıştırılmaktadır. Aynı işlemler şahit çözelti için saf suya uygulanmakta ve erlenler karanlıkta 30 dakika bekletilmektedir. Son olarak 530 nm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

Demir: 50 ml su numunesi alınarak spatül ucuyla sodyum ditiyonit ilave edilmekte ve çözelti 5 dakika bekletilmektedir. Daha sonra sırasıyla 1 ml derişik amonyak çözeltisi ve 1 ml dimetil glioksim çözeltisi ilave edilerek karıştırılmaktadır. 10 dakika bekleme süresi sonrasında aynı işlemler şahit çözelti için saf suya uygulanmaktadır. Son olarak 510 nm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

Alüminyum: 25 ml su numunesi alınarak 1 ml 0,02 N Sülfürik asit ilave edilmekte ve karıştırılmaktadır. Daha sonra çözeltiye 1 ml askorbik asit ilave edilerek karıştırılmaktadır. Ardından çözeltiye sırasıyla 10 ml buffer çözeltisi ve 5 ml boya belirteci ilave edilerek karıştırılmaktadır. Oluşan son çözelti 50 ml'ye tamamlanarak 525 nm veya 535 nm dalga boyunda spektrum okuması gerçekleştirilmektedir.

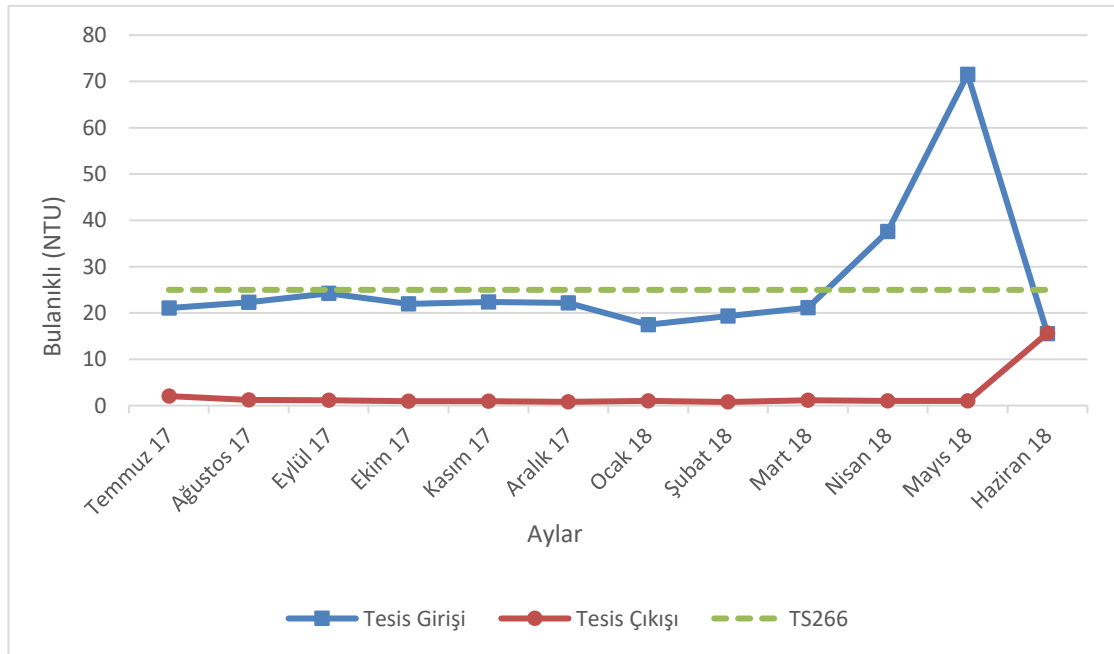
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Suyun Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular

Araştırmada arıtma tesisine gelen ham su ve arıtma tesisinden çıkan arıtma suyu numunelerinin bulanıklık, sıcaklık, renk gibi fiziksel özelliklerine ilişkin değerler karşılaştırılmıştır.

4.1.1. Bulanıklık ilişkin bulgular

Bulanıklık, suyun ışık geçişini önleyen, askıda katı maddeler bulunan su numunelerinde görülmektedir. Bulanıklık, suyun filtre ve dezenfekte edilebilirliğini azaltmaktadır. Su numunelerinde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen bulgular Şekil 4.1’te gösterilmiştir.



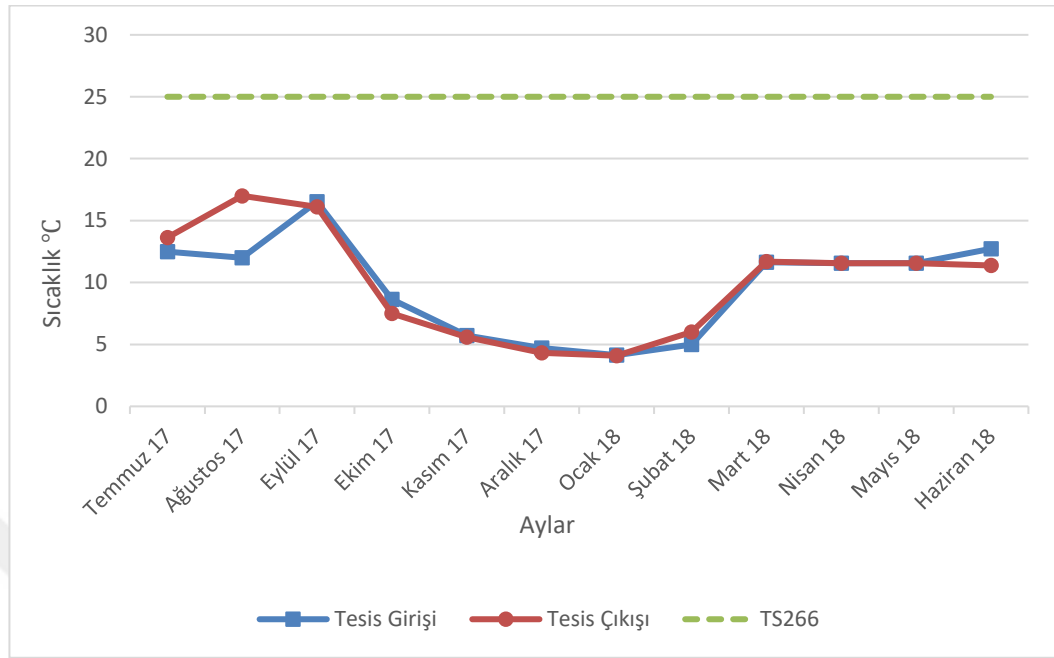
Şekil 4.1. Su numunelerinin ölçülen bulanıklık değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.1'e göre Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin bulanıklık değerleri 21,09 NTU, çıkış değeri ise 2,01 NTU'dur. Mart ayına kadara sabit bir trend izleyen bulanıklık değerlerinin Nisan ayında artış göstermeye başladığı ve Mayıs ayında en yüksek giriş değerine sahip olduğu görülmektedir. Mayıs ile Haziran aylarında ise keskin bir düşüş yaşanmıştır. Mayıs ayında tesise gelen suyun bulanıklık değerleri 71,52 NTU, çıkış değeri 0,98 NTU, Haziran ayında tesise gelen suyun bulanıklık değerleri 15,50 NTU, çıkış değeri 15,60 NTU'dur. Mart ayından itibaren suyun bulanıklık değerinin artmaya başlamasındaki temel nedenlerin, kış aylarında yağın karların erimeye başlaması ve ilkbahar mevsiminde yağmur yağışının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mayıs ve Haziran ayları arasında tesiste biriken çökelti çamurlarının tahliye edilmesi sonucu, su bulanıklığının tesis çıkışında artış gösterdiği düşünülmektedir. Benzer şekilde Mayıs ve Haziran ayları arasında karların büyük oranda erimiş olması nedeniyle giriş suyu bulanıklığında azalmanın görüldüğü söylenebilir.

Şekil 4.1'e göre, Haziran ayı dışında ölçüm yapılan tüm aylarda su numunelerinin içme suyu arıtma tesisi çıkışındaki bulanıklık değerlerinin yüksek düzeyde azaldığı görülmüştür. Elde edilen bulanıklık değerlerine göre, su numunelerinin tesis çıkışındaki bulanıklık değerlerinin TS 266'ya göre 5-25 NTU aralığında olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, su kalitesinin bulanıklık açısından TS 266'ya göre alt sınırın altında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bulanıklığın görüldüğü Haziran ayında bulanıklığın 15,66 NTU ile su kalitesi standardına uygun olduğu görülmüştür. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre ise, bulanıklığın tüketici tarafından kabul edilebilir düzeyde olması nedeniyle su kalitesinin uygun olduğu söylenebilir.

4.1.2. Sıcaklık ilişkin bulgular

Su numunelerinde sıcaklık, gazların çözünürlüğü ve biyolojik prosesler açısından önemli bir parametredir. Arıtma tesisinde ölçülen su sıcaklığına ilişkin bulgular Şekil 4.2'te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Su numunelerinin ölçülen sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

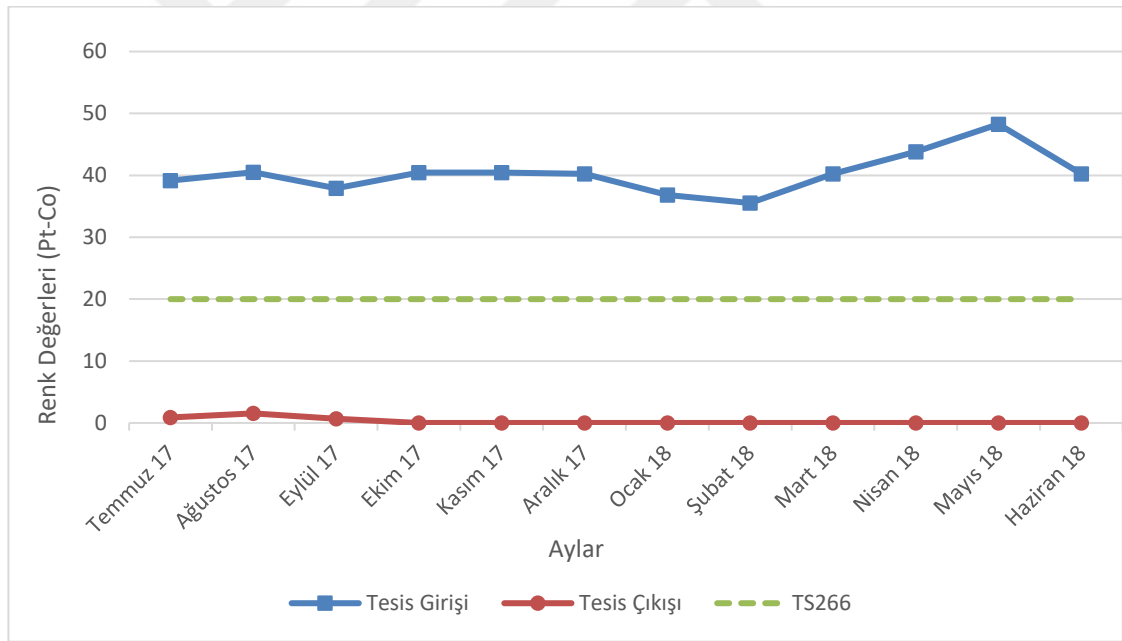
Şekil 4.2'e göre, Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin sıcaklığı 12,48°C, çıkış sıcaklığı ise 13,62°C'dir. Ağustos ile Eylül ayları arasında tesise giriş yapan suyun sıcaklığı artarken, tesis çıkışındaki su sıcaklığının azaldığı görülmektedir. Eylül ayından itibaren Ocak ayına kadar önemli düzeyde düşüş yaşanan su sıcaklığında, Ocak ayında tesise gelen suyun sıcaklığı 4,13°C, çıkış değeri 4,09°C'ye kadar düşmüştür. Şubat ayından sonra artış göstermeye başlayan sıcaklık değerlerinden tesise gelen suyun sıcaklığı 5°C, çıkış değeri 6°C' olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.2'e göre, Temmuz, Ağustos, Şubat ve Mart aylarında su numunelerinin tesise giriş sıcaklıklarının çıkış sıcaklıklarına göre daha düşük olduğu, Nisan ve Mayıs aylarında ise giriş ve çıkış sıcaklıklarının eşit olduğu belirlenmiştir. Diğer aylarda ise, su numunelerinin arıtma tesisi çıkış sıcaklıklarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. TS 266'ya göre 12-25°C aralığında olması gerektiği belirtilen sıcaklık değerlerinin Sonbahar ve Kış (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) aylarında bu standarda uygun olmadığı görülmektedir. Su sıcaklığının bu aylarda düşük olmasının nedeni, bölgedeki havanın kış aylarında çok soğuk olmasıdır. Diğer aylarda sıcaklık değerlerinin kalite standardını karşıladığı söylenebilir. Su numunelerinde Eylül ayı sonrasında keskin

düşüşün ve Mart ayındaki yükselişin, bölgedeki yağış rejimi ve karasal iklim özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca suların bulunduğu bitki örtüsünün türü (orman) ve yükseltinin fazla olması, sıcaklık değerlerinin ortalamanın altına düşme ile ilişkili olabilir.

4.1.3. Renk parametresine ilişkin bulgular

Su numunelerinin rengi, sudaki katkı maddeleri, kirleticiler vb. maddelerin varlığına bağlıdır. Suda renk tayini, suya bulanıklık veren maddelerin uzaklaştırılması ardından suyun gerçek rengini belirlemede kullanılmaktadır. Arıtma tesisinde suyun rengine ilişkin bulgular Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Su numunelerinin ölçülen renk değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.3'e göre, Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin renk değerleri ortalaması 39,17, çıkış değeri ise 0,91'dir. Tüm aylarda tesis çıkışındaki renk değerlerinin sabit olduğu görülmektedir. Şubat ayında tesise gelen suyun renk değerleri 35,52, Mart ayında tesise gelen suyun renk değerleri 40,22 birim, Nisan ayında tesise gelen suyun renk değerleri 43,80, Mayıs ayında tesise gelen suyun renk değerleri 48,26

olarak belirlenmiştir. Mayıs ayı sonrasında suyun renk değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Tesis girişindeki suyun renk değerlerinin Şubat-Mayıs ayları arasında artmasının nedenlerinin; su kaynağının yüzeysel olması, karların erimesi ve ilkbahar yağışlarının fazla olması nedeniyle organik ve inorganik maddelerin akarsu ve derelere taşınması gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

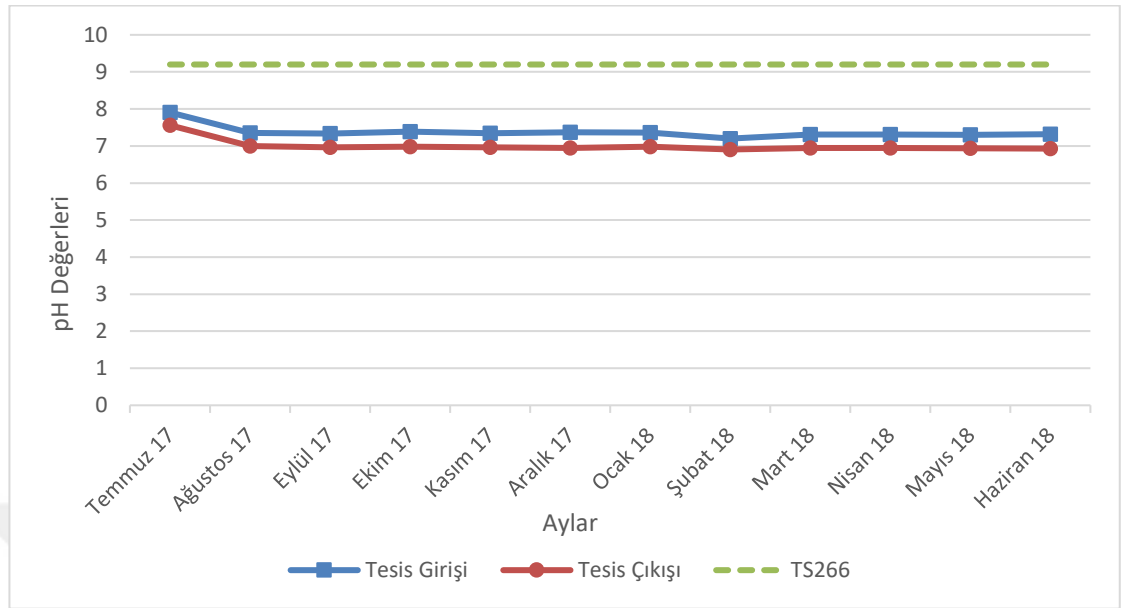
Şekil 4.3'e göre, su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında renk değerleri arasında önemli bir farklılık olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine gelen su numunelerinin renk değerlerinin tümü, TS 266'ya göre belirlenen üst limitin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Arıtma tesisinde uygulanan işlemler sonucunda ise, tüm aylarda TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre renksiz veya renksize yakın su kalitesi standardının sağlandığı belirlenmiştir. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında, su numunelerinde az miktarda renk oluşturan maddelere rastlanmış, ancak elde edilen renk değerlerinin insani tüketim açısından sağlık sorunu oluşturacak düzeyde olmadığı görülmüştür.

4.2. Suyun Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

Araştırmada arıtma tesisine gelen ham su ve arıtma tesisinden çıkan arıtma suyu numunelerinin pH, elektriksel iletkenlik, nitrit, alkalinite, demir, organik madde içeriği, mangan, amonyum, alüminyum, sülfat gibi kimyasal özelliklerine ilişkin değerler karşılaştırılmıştır.

4.2.1. pH değerlerine ilişkin bulgular

Araştırmada öncelikle suyun içinde çözünmüş maddelerin etkisiyle asit, baz veya nötr özellik göstermesi nedeniyle pH tayini yapılmış ve kalitesi belirlenmiştir. Su numunelerine pH metre ile yapılan ölçümlerden elde edilen bulgular Şekil 4.4'e gösterilmiştir.

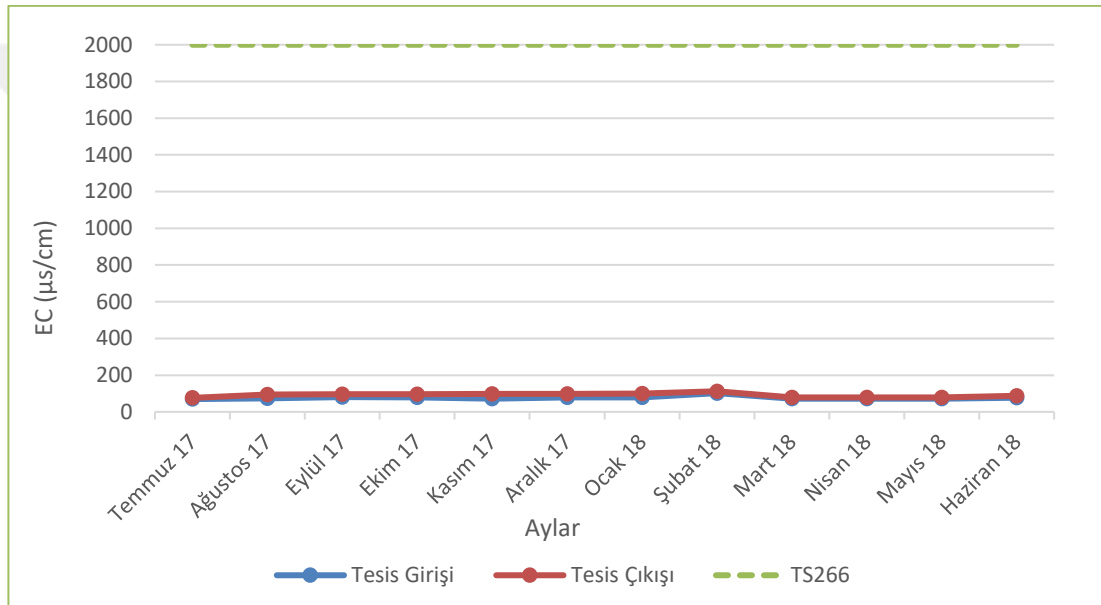


Şekil 4.4. Su numunelerinin ölçülen pH değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.4'e göre Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin pH'sı 7,9, çıkış değeri ise 7,55'tir. Ağustos ayında tesise gelen suyun pH'sının 7,35'e, çıkıştaki suyun pH'sının ise 7'ye düştüğü görülmüştür. Şubat ayına kadar pH değerlerinin sabit kaldığı, Şubat ayında tesise gelen suyun pH'sının 7,36, çıkış pH'sının ise 6,98 düştüğü gözlemlenmiştir. Mart ayında ise giriş ve çıkıştaki su pH'sının tekrar artış göstererek, sabit trend izlediği belirlenmiştir. Ölçüm yapılan tüm aylarda su numunelerinin içme suyu arıtma tesisi çıkışındaki pH değerlerinin azaldığı görülmüştür. Tesis girişinde yaz aylarında pH değerlerinin daha yüksek olmasının nedeninin, yaz aylarında bitkilerin yüksek hızda fotosentez yaparak CO₂ tüketmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kış aylarında ise yağmur sularının taşıdığı maddelerin suya karışması nedeniyle pH değerinin azalmasına yol açtığı söylenebilir. Bu bulguya göre, su numunelerinin tesis çıkışındaki pH değerlerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre 6,5 ile 9,5 aralığında olduğu, diğer bir ifadeyle su kalitesinin pH açısından uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2. Elektriksel iletkenliğe ilişkin bulgular

Suda elektriksel iletkenlik, su numunelerinin içerdiği çözünmüş haldeki tüm iyonların miktarını tespit etmek için gerçekleştirilmektedir. Suyun elektriksel iletkenliği, suda çözünmüş haldeki iyonların cinsine ve konsantrasyonuna bağlı olup, kondüktivimetre ile ölçülmüştür. Su numunelerine kondüktivimetre ile yapılan ölçümlerden elde edilen bulgular Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Su numunelerinin ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi

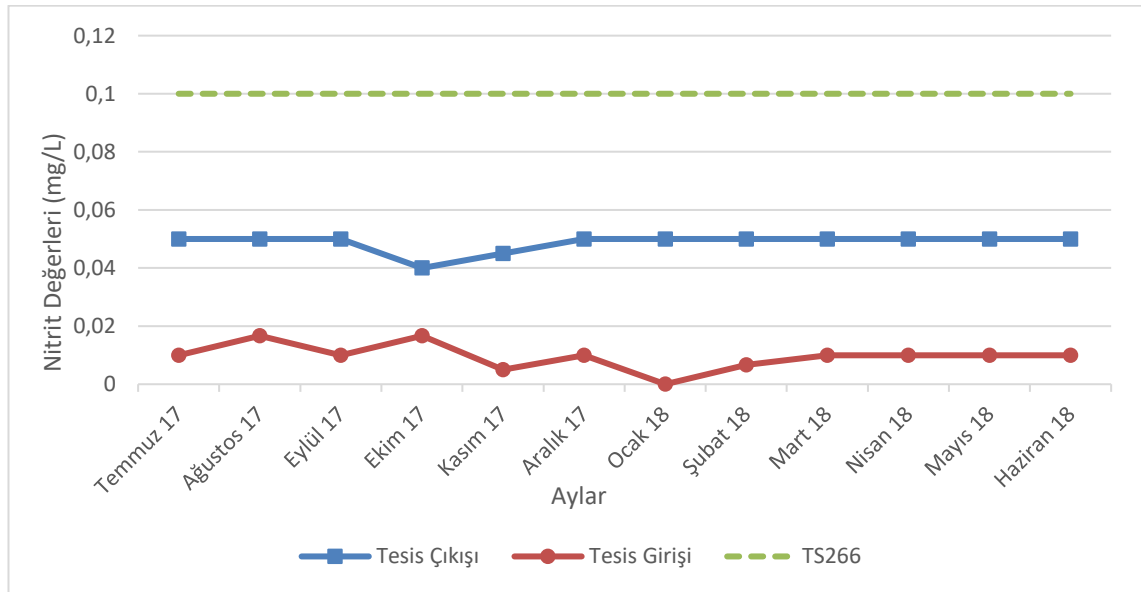
Şekil 4.5'e göre Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin EC değerleri 69,60 $\mu\text{s/cm}$, çıkış değeri ise 76,38 $\mu\text{s/cm}$ 'dir. Ağustos ayından sonra elektriksel iletkenliğin Ocak ayına kadar sabit bir trend izlediği, Ocak ayında tesise gelen suyun EC değerlerinin 79,63 $\mu\text{s/cm}$, çıkış değerinin 99,27 $\mu\text{s/cm}$ 'ye, Şubat ayında ise tesise gelen suyun EC değerleri 102,05 $\mu\text{s/cm}$, çıkış değerinin 112,21 $\mu\text{s/cm}$ 'ye ulaştığı görülmektedir. Şubat ayı sonrasında ise tesise gelen ve çıkan suyun EC değerlerinin azalarak sabit bir trend izlediği belirlenmiştir. Tesise giriş yapan suyun elektriksel iletkenliğinin tesisten çıkan suyun iletkenliğinden fazla olması, arıtma tesisinde

kimyasal madde (Al_2SO_4) kullanılarak gerekli arıtma işleminin yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.5'e göre ölçüm yapılan tüm aylarda su numunelerinin içme suyu arıtma tesisi çıkışındaki elektriksel iletkenlik değerlerinin az miktarda arttığı görülmüştür. Elde edilen EC değerlerine göre, su numunelerinin tesis çıkışındaki EC değerlerinin TS 266'ya göre 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ sınırının altında olduğu, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre ise 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ maksimum sınırın altında olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, su kalitesinin elektriksel iletkenlik açısından İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.2.3. Nitrit değerlerine ilişkin bulgular

Azot ve azotlu maddeler, çevre mühendisliğinde önemli bir yere sahiptir. İçme ve kullanma suları ile yüzey sularının ve kirli suların barındırdığı çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, su kalitesine ilişkin yorum yapılabilir. Arıtma tesisinde suyun nitrit içeriğine ilişkin bulgular Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



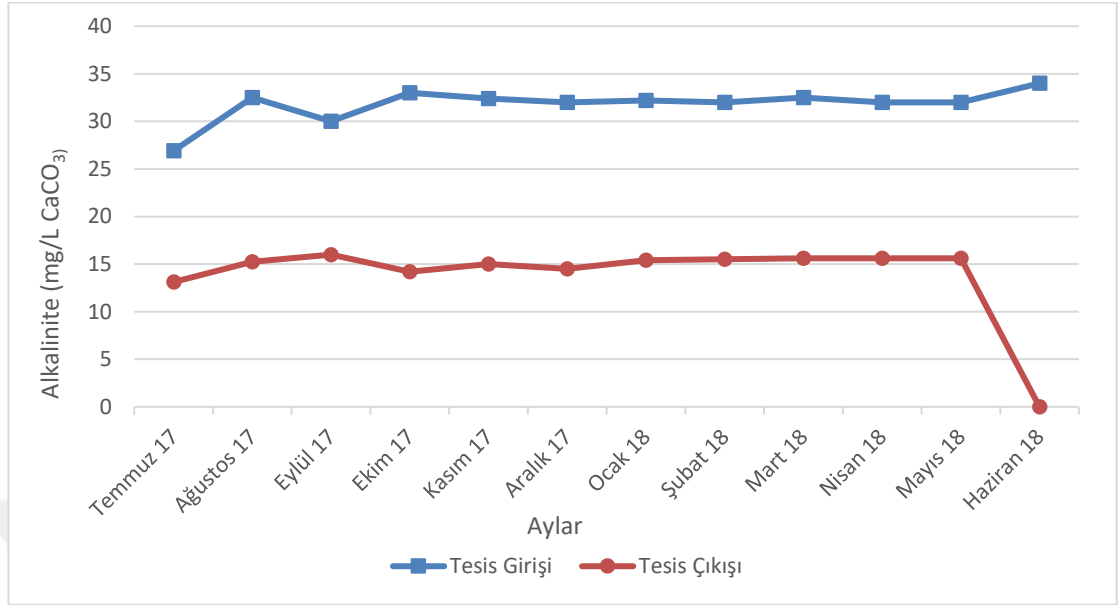
Şekil 4.6. Su numunelerinin ölçülen nitrit değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.6'ya göre, Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin nitrit değerleri ortalamasının 0,05 mg/L, çıkış değerinin ise 0,015 mg/L olduğu belirlenmiştir. Tesis girişindeki suyun nitrit değerlerinin Eylül ayında azalma, Ekim ayında ise artarak, sonrasında sabit trend izlediği, tesis çıkışındaki suyun nitrit değerlerinin ise Mart ayına kadar artan ve azalan değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ağustos ve Ekim aylarında sırasıyla tesise gelen suyun nitrit değerleri 0,05 mg/L ve 0,04 mg/L, çıkış değerleri ise 0,01 mg/L ve 0,01 mg/L'dir.

Şekil 4.6'ya göre, su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında nitrit değerleri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin nitrit düzeylerinin her ayda azaldığı görülmüştür. Tesis girişindeki nitrit değerlerinin tümünün 0,04-0,05 mg/L aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Tesis çıkışındaki su numunelerinin nitrit değerlerinin ise 0-0,016 mg/L aralığında olduğu belirlenmiştir. Tüm aylarda, su numunelerinin nitrit içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre sırasıyla üst sınır olarak kabul edilen 0,1 mg/L ve 0,5 mg/L değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin kalite standardını sağladığı söylenebilir.

4.2.4. Alkalinite

Alkalinite, suyun asit nötralize etme kapasitesi olarak tanımlanmakta ve suyun içerdiği karbonat, bikarbonat ve hidroksil miktarına göre değişmektedir. Çevre Mühendisliği açısından alkalinite; koagülasyon, tamponlama, endüstriyel arıtma, su yumuşama, korozyon kontrolü hususlarında önemlidir. Arıtma tesisinde suyun alkalinitesine ilişkin bulgular Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



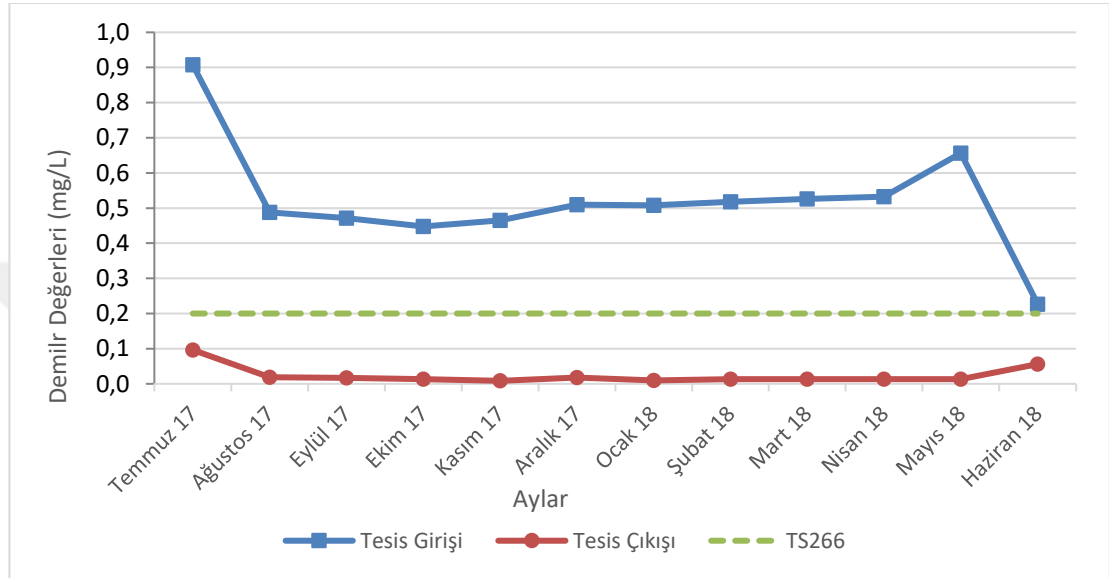
Şekil 4.7. Su numunelerinin ölçülen alkalinite değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.7'ye göre, Temmuz ayında tesise gelen su numunelerinin alkalinite değerleri ortalaması 26,91 mg/L CaCO₃, çıkış değeri ise 13,33 mg/L CaCO₃'tür. Ekim ayında tesise gelen suyun alkalinite değeri 33 mg/L CaCO₃ olup, Mayıs ayına kadar sabit bir trend izlemiştir. Mayıs ayı içerisinde tesise gelen suyun alkalinite değeri artmaya başlamış ve Haziran ayında yıllık en yüksek değer olan 34 mg/L CaCO₃ değerine ulaşmıştır. Aksine, tesisten çıkan suyun alkalinite değeri açısından Mayıs ayı içerisinde keskin bir azalma görülmüş ve alkalinite tamamen kaybolmuştur. Mayıs ayından itibaren Haziran başlangıcında tesis çıkışındaki suyun alkalinite değerinin keskin bir düşüşle sıfıra inmesinin nedeni, ilkbaharda arıtma tesisinin temizlik ve bakıma girmesi ile su borularındaki hızlı ve yavaş karıştırma, durultma havuzlarında biriken çamurların tahliye edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.7'ye göre, su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında alkalinite değerleri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Yılın her ayında, arıtma tesisinin girişindeki su alkalinitesi değerlerinin tesis çıkışında azaldığı belirlenmiştir. Tesis girişindeki alkalinite değerlerinin tümünün 26-34 mg/L CaCO₃ aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Tesis çıkışındaki su numunelerinin alkalinite değerlerinin ise 13-16 mg/L CaCO₃ aralığında olduğu belirlenmiştir.

4.2.5. Demir değerlerine ilişkin bulgular

Arıtma tesisinde suyun demir değerlerine ilişkin bulgular Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Su numunelerinin ölçülen demir değerlerinin aylara göre değişimi

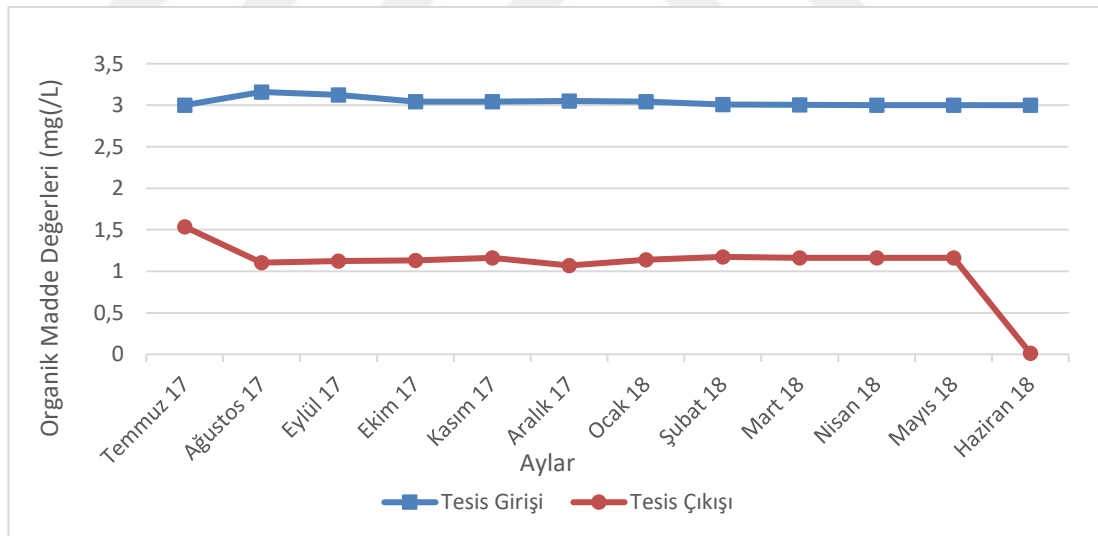
Şekil 4.8’e göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun demir içeriği ortalaması 0,90 mg/L, çıkış değeri ise 0,096 mg/L’dir. Ekim ayna kadar tesis girişindeki suyun belirli düzeyde azalma gösteren demir içeriği 0,44 mg/L’ye düşmüştür. Nisan ayna kadar belirli oranda artış gösterme eğilimi bulunan demir içeriği Mayıs ayında en yüksek değeri olan 0,65 mg/L’ye ulaşmıştır. Mayıs ayı içerisinde ise tesise gelen suyun demir içeriğinin hızlı bir düşüşe geçtiği ve Haziran ayı başında en düşük değerine ulaştığı görülmektedir. Tesis çıkışındaki suyun demir içeriği ise yıl boyunca sabit kalmıştır. İlkbahar aylarında yağışların artması ile birlikte yüzey sularının demir içeriğinin artış göstermesi ve demir miktarı artan kaynak sularının sızarak yüzeysel suya karışması nedeniyle Nisan ayından itibaren tesis girişindeki suyun demir içeriğinin arttığı düşünülmektedir.

Şekil 4.8’e göre su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında demir değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin demir düzeylerinin her ayda önemli miktarda azaldığı görülmüştür. Tesis

girişindeki demir değerlerinin tümünün 0,22-0,90 mg/L aralığında olduğu, çıkış değerlerinin ise Haziran ve Temmuz aylarında maksimum 0,056 mg/L ve 0,096 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgulara göre su numunelerinin demir içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre üst sınır olarak kabul edilen 0,2 mg/L değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin demir içeriği açısından kalite standardını sağladığı söylenebilir.

4.2.6. Organik madde içeriğine ilişkin bulgular

Organik maddeler su numunelerine bitkiler, insanlar ve hayvanlar tarafından farklı kaynaklardan karışabilmekte ve hijyen açısından tehlike arz etmektedir. Arıtma tesisinde suyun organik madde içeriğine ilişkin bulgular Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Su numunelerinin ölçülen organik madde değerlerinin aylara göre değişimi

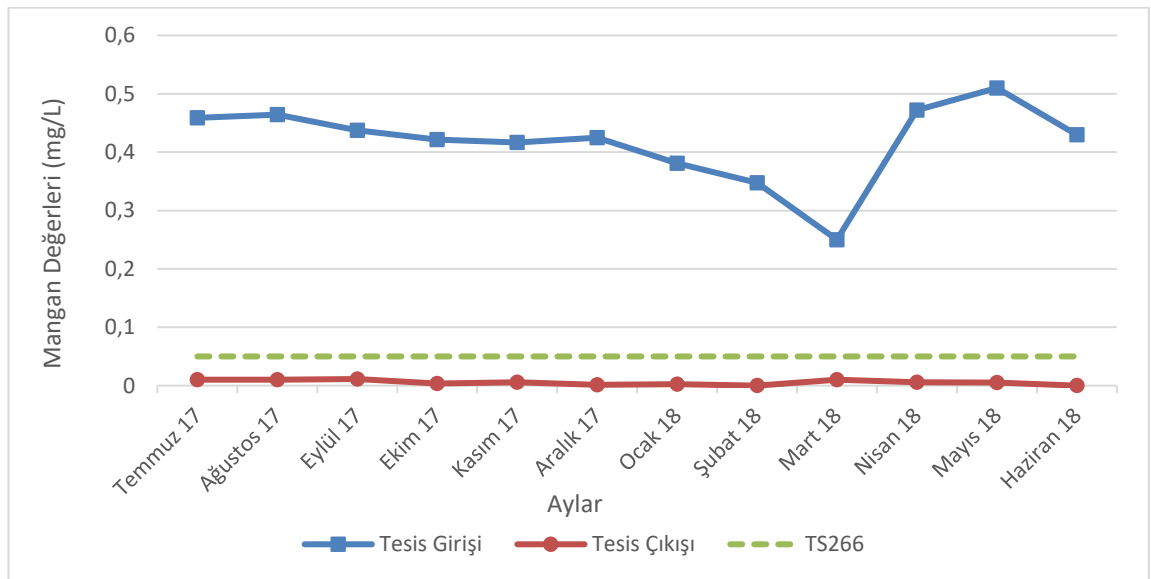
Şekil 4.9’a göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun organik madde ortalaması 3,00 mg/L O₂, çıkış değeri ise 1,53 mg/L O₂’dir. Tesis girişindeki suyun organik madde içeriğinin tüm yıl boyunca neredeyse 3,00 mg/L O₂ değerinde sabit kaldığı görülmektedir. Ancak tesis çıkışındaki suyun organik madde içeriğinin Temmuz ayı içerisinde azalma gösterdiği ve Mayıs ayına kadar sabit trend izlediği belirlenmiştir.

Mayıs ayı başlangıcında 1,16 mg/L O₂ organik madde içeriği olan su, tesis çıkışında organik madde içeriğini kaybederek, Haziran ayında sıfıra düşmüştür. Suyun organik madde içeriğinde Mayıs ayında gerçekleşen keskin düşüşün nedeni, ilkbahar ayında arıtma tesisinde bulunan su borularındaki hızlı ve yavaş karıştırma, durultma havuzlarında biriken organik ve inorganik maddelerin oluşturduğu çamurların tahliye edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu dönemde hızlı kum filtrelerinin hava ve su ile geri yıkama yapılarak temizlenmesi bu düşüşte etkilidir.

Şekil 4.9'a göre su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında organik madde değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin organik madde düzeylerinin her ayda azaldığı görülmüştür. Tesis girişindeki organik madde değerlerinin tümünün 3-3,5 mg/L O₂ aralığında olduğu, çıkış değerlerinin ise Temmuz ayında maksimum 1,536 mg/L O₂ olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.7. Mangan değerlerine ilişkin bulgular

Arıtma tesisinde suyun mangan değerlerine ilişkin bulgular Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



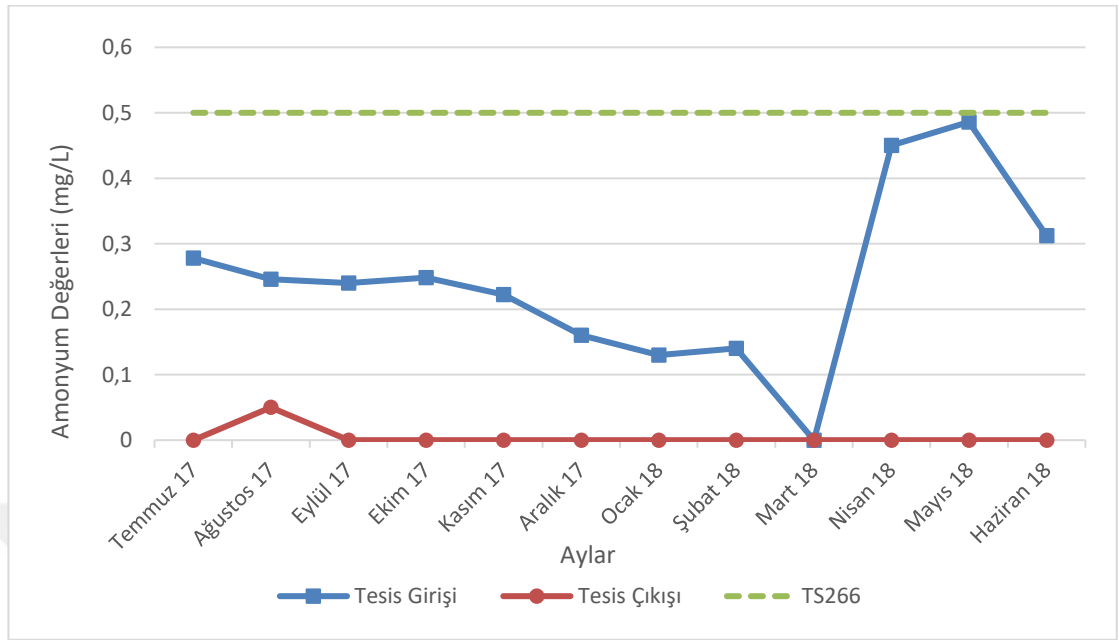
Şekil 4.10. Su numunelerinin ölçülen mangan değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.10'a göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun mangan içeriği ortalaması 0,459 mg/L, çıkış değeri 0,01 mg/L'dır. Kış ayları boyunca (Aralık-Ocak-Şubat) sabit hızda düşüş gösteren mangan miktarının Mart ayın başlangıcında en düşük seviye olan 0,25 mg/L'yi bulduğu görülmektedir. Mart ve Nisan ayları boyunca ise, tesise gelen suyun mangan içeriğinin artarak Mayıs ayı başlangıcında en yüksek değer olan 0,51 mg/L'ye ulaştığı belirlenmiştir. Tesis çıkışındaki suyun mangan içeriğinin ise, tüm yıl boyunca en fazla 0,0113 mg/L değerine ulaştığı, Haziran ayında ise sıfıra düştüğü gözlemlenmiştir. İlkbahar aylarında karların erimesi ve yağışların toprağa daha fazla miktarlarda düşmesi, bu yağışların da topraktan yüzeysel sulara karışması nedeniyle bu aylarda tesis girişindeki suyun mangan değerlerinin az miktarda da olsa arttığı söylenebilir.

Şekil 4.10'a göre su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında mangan değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin mangan düzeylerinin her ayda önemli miktarda azaldığı görülmüştür. Tesis girişindeki mangan değerlerinin tümünün 0,25-0,51 mg/L aralığında olduğu, çıkış değerlerinin ise Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında maksimum 0,01 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgulara göre tüm aylarda, su numunelerinin mangan içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre üst sınır olarak kabul edilen 0,05 mg/L değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin mangan içeriği açısından kalite standardını sağladığı söylenebilir.

4.2.8. Amonyum değerlerine ilişkin bulgular

Arıtma tesisinde suyun amonyum değerlerine ilişkin bulgular Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Su numunelerinin ölçülen amonyum değerlerinin aylara göre değişimi

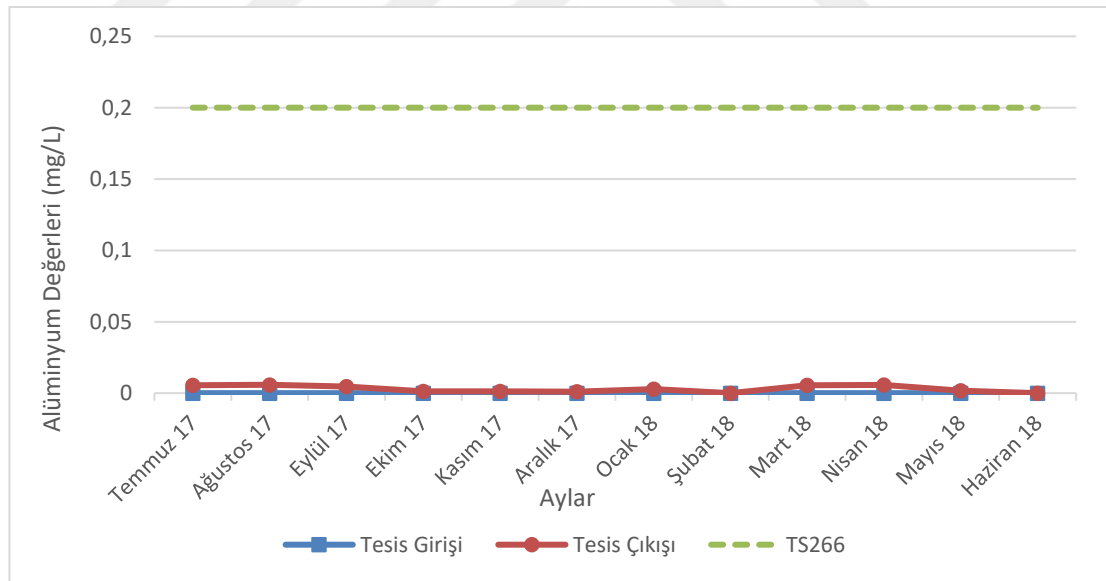
Şekil 4.11'e göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun amonyum içeriğinin ortalaması 0,278 mg/L, çıkış değeri ise 0 mg/L'dır. Ekim ve Ocak ayları arasında tesise gelen suyun amonyum içeriğini düşüşe geçtiği ve Mart ayında sıfırı bulduğu görülmektedir. Ancak Mart ayı itibarıyla keskin bir yükselişe geçen amonyum miktarı, Mayıs ayı başlangıcında 0,5 mg/L'ye ulaşmış, Haziran ayında ise 0,31 mg/L'ye düşmüştür. Tesisten çıkan suyun amonyum değerinin ise, yalnızca Ağustos ayında 0,05 mg/L'ye ulaştığı, yılın diğer tüm aylarında ise sıfır değerinde sabit trend izlediği belirlenmiştir. Mart ayından itibaren karların erimesi ve yağışların artış göstermesi ile toprakta bulunan azotlu maddelerin çözülerek, suyun bünyesine geçmesi ve yüzeysel suya taşınması nedeniyle bu dönemde amonyum miktarının artış gösterdiği öngörülmektedir. Bunun yanı sıra bölgede tarım ve hayvancılığın en önemli geçim kaynağı olması nedeniyle bu bölgelerde azotlu gübre kullanımı sonucunda yağmur sularının da etkisiyle toprakta çözülen ve yüzey suyuna karışan azotlu maddelerin etkisi olabileceği söylenebilir.

Şekil 4.11'e göre su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında amonyum değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin amonyum düzeylerinin her ayda önemli miktarda azaldığı, Ağustos ayı

haricinde tamamen sıfır değerine düştüğü görülmüştür. Tesis girişindeki amonyum değerlerinin tümünün 0-0,5 mg/L aralığında olduğu, çıkış değerlerinin ise Ağustos ayında maksimum 0,05 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgulara göre, su numunelerinin amonyum içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre üst sınır olarak kabul edilen 0,5 mg/L değerinin altında olduğu, yalnızca Mayıs ayında sınır değerinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin amonyum içeriği açısından kalite standardını sağladığı söylenebilir.

4.2.9. Alüminyum değerlerine ilişkin bulgular

Arıtma tesisinde suyun alüminyum değerlerine ilişkin bulgular Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Su numunelerinin ölçülen alüminyum değerlerinin aylara göre değişimi

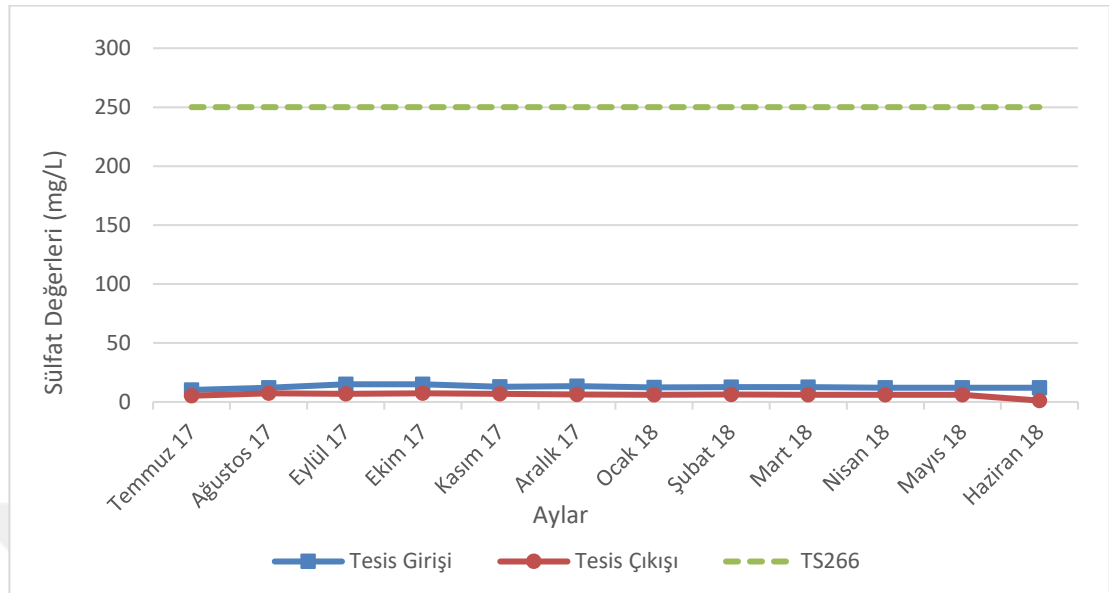
Şekil 4.12’ye göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun alüminyum değerleri ortalaması 0,00 mg/L, çıkış değeri ise 0,0056 mg/L’dir. Ağustos ayı başlangıcında 0,058 mg/L ile tüm yılın en yüksek alüminyum içeriğine rastlanmıştır. Diğer su parametrelerine göre, alüminyum içeriğinin aylara göre sabit bir trende sahip olduğu görülmektedir. Tesis

çıkışındaki suyun alüminyum değerlerinde Temmuz-Eylül ayları arasında az miktarda artış görüldüğü, daha sonra Şubat ayına kadar neredeyse sabit bir trendin olduğu, Şubat-Nisan ayları arasında ise artış göstererek 0,0057 mg/L'ye ulaştığı belirlenmiştir. Tesis girişindeki suyun alüminyum içeriği ise tüm yıl boyunca sıfır olarak kalmıştır. İlkbahar aylarında tesis girişindeki suyun renk ve bulanıklık değerlerinin artması sonucunda arıtmada renk ve bulanıklığı gidermek amacıyla kullanılan Al_2SO_4 'ın, suyun tesis çıkışındaki alüminyum değerlerini arttırdığı düşünülmektedir. Ayrıca bu bölgede her mevsimde kar veya yağmur yağışının mevcut olması nedeniyle yüzey sularında her zaman renk ve bulanıklık unsurlarının bulunduğu, bulanıklık parametrelerini uygun hale getirmek amacıyla kimyasal madde kullanım gereksinimi farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar doğrultusunda mevsimsel olarak tesis çıkışındaki alüminyum miktarlarının da değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.12'ye göre su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında alüminyum değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin Şubat, Mart, Temmuz ve Ağustos ayları boyunca alüminyum düzeylerinin arttığı görülmüştür. Tesis girişindeki alüminyum değerlerinin tümünün 0 mg/L olduğu, çıkış değerlerinin ise, maksimum 0,005-0,006 mg/L aralığında olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek alüminyum çıkış değerleri Temmuz, Ağustos, Mart ve Nisan aylarında tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre tüm aylarda, su numunelerinin alüminyum içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre üst sınır olarak kabul edilen 0,2 mg/L (200 µg/L) değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin alüminyum içeriği açısından kalite standardını sağladığı söylenebilir.

4.2.10. Sülfat değerlerine ilişkin bulgular

Arıtma tesisinde suyun sülfat değerlerine ilişkin bulgular Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Su numunelerinin ölçülen sülfat değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 4.13'e göre, Temmuz ayında tesise gelen suyun sülfat içeriğinin ortalaması 10,20 mg/L, çıkış değeri ise 5,40 mg/L'dir. Tesise gelen suyun sülfat içeriği Eylül ayına kadar artış göstererek en yüksek değeri olan 15,0 mg/L'ye ulaşmış ve Eylül ayı boyunca bu değerinde sabit kalmıştır. Ekim ayının başlangıcından itibaren azalmaya başlayan sülfat içeriğinin Nisan ayına kadar bu trendi sürdürdüğü ve Nisan ayından itibaren Haziran ayına kadar 12,00 mg/L'de sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Tesis çıkışındaki suyun sülfat içeriğindeki trendin de tesis girişindeki suyun sülfat içeriği ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ancak tesis çıkışındaki suyun sülfat içeriği, ilkbahar aylarında (Mart, Nisan ve Mayıs) 6,0 mg/L değerinde sabit kalmış, Mayıs ayından itibaren Haziran ayı başlangıcına kadar keskin bir düşüşle yılı 1,16 mg/L ile tamamlamıştır. İlkbahar aylarında tesis girişindeki suyun renk ve bulanıklık değerlerinin artması sonucunda arıtmada renk ve bulanıklığı gidermek amacıyla Al_2SO_4 kullanılmaktadır. Yaz aylarına doğru bulanıklığın azalması nedeniyle Al_2SO_4 kullanımının da azaldığı ve bu aylarda sülfat miktarının tesis çıkışında düştüğü söylenebilir.

Şekil 4.13'e göre, su numunelerinin tesis giriş ve çıkışında sülfat değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Arıtma tesisine giriş ve çıkıştaki su numunelerinin sülfat düzeylerinin azaldığı görülmüştür. Tesis girişindeki sülfat değerlerinin tümünün

10-15 mg/L aralığında olduğu, çıkış değęerlerinin ise maksimum 7,33 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek sülfat çıkış değęerleri Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre tüm aylarda, su numunelerinin sülfat içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre üst sınır olarak kabul edilen 250 mg/L değęerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğęer bir ifadeyle, her iki standarda göre su numunelerinin sülfat içeriğı açısından kalite standardını sağladığı söylenebilir.



5. SONUÇ

Bu araştırmada, Kars ili Sarıkamış ilçesinde bulunan İçme Suyu Arıtma Tesisine Temmuz 2017- Haziran 2018 tarihleri arasında gelen su numunelerinin fiziksel ve kimyasal su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen bulgular şu şekilde sıralanmaktadır:

- pH açısından en yüksek değerler Temmuz ayında elde edilmiş, diğer aylarda tesis giriş ve çıkış değerlerinin sabit bir trende sahip olduğu görülmüştür. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin kalitesinin pH açısından uygun olduğu belirlenmiştir.
- Elektriksel iletkenlik açısından en yüksek değerler Ocak ve Şubat aylarında görülmüş, bahar aylarında ise azalma meydana gelmiştir. Elektriksel iletkenlik açısından tüm mevsimlerde çıkış değerleri, giriş değerlerine göre belirli oranda artış göstermiştir. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin kalitesinin elektriksel iletkenlik uygun olduğu belirlenmiştir.
- Bulanıklık açısından en yüksek değerler Nisan ve Mayıs ayında görülmüş, diğer aylarda tesis giriş ve çıkış değerlerinin sabit bir trende sahip olduğu görülmüştür. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin kalitesinin bulanıklık açısından uygun olduğu belirlenmiştir.
- Sıcaklık açısından en yüksek değerler Ağustos ve Eylül aylarında, en düşük değerler ise Ekim, Kasım, Aralık Ocak ve Şubat aylarında görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, sonbahar ve kış aylarında iklim koşulları nedeniyle beklendiği gibi su sıcaklığının düştüğü belirlenmiştir. Nisan ve Mayıs aylarında ise giriş ve çıkış sıcaklıklarının eşit olduğu belirlenmiştir. TS 266'ya göre 12-25°C aralığında olması gerektiği belirtilen sıcaklık değerlerinin Sonbahar ve Kış (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) aylarında bu standarda uygun olmadığı görülmektedir. Diğer aylarda sıcaklık değerlerinin kalite standardını karşıladığı belirlenmiştir.
- Renk açısından en yüksek değerler Mayıs ayında görülmüştür. Arıtma tesisine gelen su numunelerinin renk değerlerinin tümü, TS 266'ya göre belirlenen üst limitin çok

üzerindedir. Arıtma tesisi çıkışında ise tüm aylara ilişkin renk değerlerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre renksiz veya renksize yakın olmak üzere su kalitesi standardını sağladığı belirlenmiştir.

- Nitrit açısından en düşük giriş değerlerinin görüldüğü Ekim ve Kasım ayları dışındaki aylarda sabit bir trend görülmüştür. Tesis çıkış değerlerinin ise kış mevsiminde Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında en düşük değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Su numunelerinin nitrit içeriklerinin TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre kalite standardını sağladığı belirlenmiştir.

- Alkalinite açısından en yüksek tesis giriş değerleri Ekim ve Haziran aylarında görülmüştür. Temmuz-Ekim ayları aralığı dışında diğer aylarda sabit bir trend izlemiştir. Tesis çıkışındaki su numunelerinin alkalinite değerlerinin ise 13-16 mg/L CaCO_3 aralığında olduğu belirlenmiştir.

- Demir miktarı açısından en yüksek değerler Mayıs ayında görülmüştür. Mayıs ayı sonrası yaz mevsiminde demir değerlerinin azalan trende sahip olduğu belirlenmiştir. Tesis çıkış değerlerinin ise Haziran ve Temmuz aylarında maksimum 0,056 mg/L ve 0,096 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre demir içeriği açısından kalite standardı sağlanmıştır.

- Organik madde değerleri en yüksek Ağustos ayında görülürken, diğer aylarda sabit bir trend izlemiştir. Tesis çıkış değerlerinin ise Temmuz ayında en yüksek olduğu belirlenmiştir. Tesis girişindeki organik madde değerlerinin tümünün 3-3,5 mg/L O_2 aralığında olduğu, çıkış değerlerinin ise Temmuz ayında maksimum 1,536 mg/L O_2 olduğu gözlemlenmiştir.

- Mangan miktarı açısından en yüksek değerler bahar aylarından Nisan ve Mayıs'ta görülmüştür. Kış aylarında Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat boyunca azalan bir trend izlemiştir. Tesis çıkış değerlerinin Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında maksimum 0,01 mg/L olduğu gözlemlenmiştir. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin mangan içeriği açısından kalite standardını sağladığı belirlenmiştir.

- Amonyum miktarı açısından en yüksek değerler yaz aylarında Nisan, Mayıs ve Haziranda görülmüştür. Temmuz ayından itibaren su numunelerinin amonyum miktarı azalan bir trend izlemiştir. Ağustos ayı dışında tesis çıkış değerlerinin tamamen sıfıra

düştüğü belirlenmiştir. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin amonyum içeriği açısından kalite standardını sağladığı tespit edilmiştir.

- Alüminyum miktarı açısından en yüksek çıkış değerleri Temmuz, Ağustos, Mart ve Nisan aylarında görülmüştür. Tesisten çıkan su numunelerinin alüminyum miktarlarının giriş değerlerine göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu eser miktarda artışın nedeni ise, tesise gelen suyun çöktürülmesi işleminde alüminyum sülfat kullanılmasıdır. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre su numunelerinin alüminyum içeriği açısından kalite standardını sağladığı belirlenmiştir.

- Sülfat miktarı açısından en yüksek değerler sonbahar aylarında Eylül, Ekim ve Kasım'da görülmüştür. Kasım ayı sonrasında sülfat değerleri sabit bir trend izlemiştir. TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre sülfat içeriği açısından kalite standardının sağlandığı belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S. ve Alişarlı, M., 2009. Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, 19, 73, 29-38.
- Ali, M.M., Khaty, N.T., Pandey, D. and Choudhary, M.D., 2017. Chemical characteristics and assessment of drinking water quality of groundwater in Upper Wainganga River Basin, Gondia District, Maharashtra, India. *Environmental Pollution and Protection*, 2(2), 66-74.
- Altinkale-Demer, S. ve Memiş, Ü., 2011. Isparta ili merkezinde içme sularının farklı florür içeriklerinin incelenmesi. *Ekoloji*, 20(79), 77-82.
- Arora, P., 2017. Water resources and management: physical, chemical and biological characteristics of water. Kurukshetra University, India.
- Aydın, F., 2017. Van Çaldıran Ovası yüzey sularının içme ve sulama suyu açısından incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 171-179.
- Chaplin, M., 2001. Water: its importance to life. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 29, 54-59.
- Çelik, E., 2005. Antalya kentinin içme suyu kalite sorunlarının ve olası çözümlerinin halkın düşüncesi alınarak araştırılması. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Demir, M., 2015. Kars İlinin nüfus gelişimi ve başlıca demografik özellikleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(34), 127-156.
- Demirtaş, C. ve Aydın, N., 2001. Kayseri yöresinde tavukçuluk işletmelerinde kullanılan içme sularının mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2), 29-34.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2014). Toprak su kaynakları, (çevrimiçi) <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim: 29.11.2018).
- Dombaycı, K., 2009. Erzurum ili içme suyunun bazı fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri bakımından gözlenmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dönderici, Z.S., Dönderici, A. ve Başarı, F., 2010. Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67(4), 167-172.
- Eroğlu, V., 2008. Su Tasfiyesi. Genişletilmiş 5. Basım. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- European Communities, 2010. Standards for drinking water quality (No. 2) Regulations 2007 (S.I. 278 of 2007).
- Günşen, U., Anar, Ş. ve Gündüz, H., 2000, Uludağ'daki su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 7(2), 21-24.
- Hu, J. ve Cao, Z., 2014. Water science on the molecular scale: new insights into the characteristics of water. *National Science Review*, 1(2), 179-181.
- Kireççi, E., Uğuz, M.T. ve Aral, M., 2017. Kahramanmaraş ilindeki içme, kullanma ve çevresel suların mikrobiyolojik niteliğinin membran filtrasyon sistemi ile belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(1), 20-24.

- Kirianki, P.R., Muchiri, E. and Potgieter, N., 2018. Physico-chemical quality of drinking water in the Njoro sub-county in Kenya. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 8(3), 497-507.
- Koç, C., 2018. Water quality index for measuring drinking water quality of Bodrum Peninsula-Turkey. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 694-702.
- Koçak, Ö., 2007. Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. Yüksek Lisans Tez, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- MEB, 2016. Gıda teknolojisi: su. Ankara: Milli Eğitim Yayınları.
- Pennsylvania Department of Environmental Protection (bt). Drinking water operator certification training, Module: 4 Water Quality and Characteristics. http://files.dep.state.pa.us/Water/BSDW/OperatorCertification/TrainingModules/dw-04_water_quality_wb_final.pdf (Erişim: 12.12.2018)
- Physical Properties of Drinking Water, http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/162237/13/13_chapter4.pdf (Erişim: 28.11.2018).
- Rahmanian, N., Ali, S.H.B., Homayoonfard, M., Ali, N.J., Rehan, M., Sadeh, Y. ve Nizami, A.S., 2015. Analysis of physiochemical parameters to evaluate the drinking water quality in the state of Perak, Malaysia. *Journal of Chemistry*, Volume 2015, Article ID 716125, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/716125>.
- Rajapakse, J., Rainer-Smith, S., Millar, G.J., Grace, P., Hutton, A., Hoy, W., Jeffries-Stokes, C. and Hudson, B., 2018. Unsafe drinking water quality in remote Western Australian Aboriginal communities. *GeographHical Research*, doi:10.1111/1745-5871.12308.
- Resmi Gazete, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Tarih: 17.02.2005, Sayı:25730.
- Saraçoğlu, H., 2011. Sarıkamış'ın nüfus özellikleri. *Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(9), 120-131.
- Sarıkamış (KARS) İçme suyu arıtma tesisi işletme ve bakım kitabı.
- Sevindi, C., 2018. Sarıkamış (Kars) ilçesindeki köy yerleşmelerinin coğrafi özellikleri ile ilgili bir inceleme. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 111-138.
- Shirazi, A.R., Shahraki, G., Rezaei, S. and Fararooie, M., 2016. A Study on the microbial and chemical quality of drinking water in the rural areas of the central district of Boyer-Ahmad, Iran. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 10(1), 291-296.
- TS 266, 2005. İnsanî tüketim amaçlı sular. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ünal, S., 2015. Nihai kullanım amacına göre uygulanan membran prosesler ve diğer su arıtma yöntemleri ile içme ve proses suyu üretiminin maliyet analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. ve Şahin, C., 2005. İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 14, 26-35.
- Wasana, H.M.S., Aluthpatabendi, D., Kularatne W.M.T.D., Wijekoon, P., Weerasooriya, R. ve Bandara, J., 2016. Drinking water quality and chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu): synergic effects of fluoride, cadmium and hardness of water. *Environ Geochem Health*, 38, 157-168.

- World Health Organization, 2008. Guidelines for drinking water quality. Third Edition. Geneva.
- World Health Organization, 2011. Guidelines for drinking water quality. Fourth Edition. Geneva.
- World Health Organization, 2017. Guidelines for drinking water quality. Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva.
- World Water Council, 2018. 8th World Water Forum Report, Brazil.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water, 2018. The United Nations World water development report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris, UNESCO.



ÖZGEÇMİŞ

Hacer ÖZGER, 1982 yılında Hatay / İskenderun’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İskenderun’da tamamladı. 2002 yılında girdiği KPSS (Kamu Personeli Seçme Sınavı)’de yeterli puan alarak 2003 yılında Niğde İl Sağlık Müdürlüğü’ne atandı. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksek Okulunda Çevre Koruma bölümünde ön lisans eğitime başladı ve 2006 yılında mezun oldu. 2010 yılında girdiği DGS (dikey geçiş sınavı) ile Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünü kazanarak lisans eğitime başladı. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitime başladı. Evli ve iki çocuk annesi olup, halen İzmir Bayraklı İlçe Sağlık Müdürlüğünde görev yapmaktadır.