

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOKİMYA (VETERİNER)
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

AYDIN İLİNDEKİ ARTEZYEN SULARININ
FİZİKOKİMYASAL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

REYHAN HANSU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayşegül BİLDİK

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından VTF – 18044 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN–2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyokimya (Veteriner) Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Reyhan HANSU tarafından hazırlanan “Aydın İlindeki Artezyen Sularının Fizikokimyasal Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: / /

Üye (T.D.) Prof. Dr. Ayşegül BİLDİK Aydın Adnan Menderes (imza)

Üniversitesi

Üye Doç. Dr. Serap ÜNÜBOL AYPAK Aydın Adnan Menderes (imza)

Üniversitesi

Üye Dr. Öğr. Üyesi Hakan TEKELİ Burdur Mehmet Akif (imza)

Ersoy

Üniversitesi

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan nolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AYPAK

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamda ilgi, yardım ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Ayşegül BİLDİK'e ve ayrıca Veteriner Fakültesi Biyokimya Anabilim dalı hocaları Prof. Dr. Funda KIRAL, Prof. Dr. Pınar Alkım ULUTAŐ, Doç. Dr. Serap ÜNÜBOL AYPAK'a çok teşekkür ederim. Germencik ilçesi su örneklerinin temin edilmesinde yardımlarından dolayı Ziraat Müh. Feraye ÖZCAN'a ayrıca teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince gösterdiği sabır, özveri ve destekleri için aileme en çokta hakkını ödeyemeyeceğim merhum canım babam Mustafa HANSU'ya teşekkürümü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	3
2.2. Kalite Özelliklerine Göre Suların Sınıflandırılması	4
2.2.1. Yer Altı Suları	4
2.2.1.1. Yer Altı Sularının Önemi	5
2.2.1.2. Yer Altı Suyunun İçme ve Kullanılabilirlik Özellikleri.....	6
2.3. Suyun Sağlığa Uygunluğu Yönünden İncelenmesi	7
2.3.1. Suyun Fiziksel Özellikleri	8
2.3.1.1. pH	8
2.3.1.2. Renk.....	10
2.3.1.3 Bulanıklık	11
2.3.1.4. Elektriksel İletkenlik (EC).....	12
2.3.2. Suyun Kimyasal Özellikleri.....	14
2.3.2.1. Toplam Sertlik	15

2.3.2.2. Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat).....	17
2.3.2.3. Askıda Katı Madde (AKM).....	18
2.3.2.4. Florür (F)	19
2.3.2.5. Klorür	21
2.3.2.6. Demir (Fe)	22
2.3.2.7. Mangan (Mn).....	25
2.3.2.8. Bakır (Cu).....	26
2.3.2.9. Çinko (Zn)	28
2.3.2.10. Magnezyum (Mg).....	29
2.3.2.11. Bor (B).....	30
2.3.2.12. Kalsiyum (Ca)	32
2.3.2.13. Potasyum (K).....	34
2.3.2.14. Sodyum (Na)	35
2.5.2.15. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	36
2.3.2.16. Sülfat (SO_4^{2-})	38
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	40
3.1. Gereç.....	40
3.1.1. Kullanılan Cihazlar.....	40
3.1.2. Su Örneklerinin Toplanması ve Hazırlanması	40
3.1.3. Kullanılan Kimyasallar ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması	41
3.2. Yöntem	45
3.2.1. Titrimetrik Yöntem ile Yapılan Tayinler.....	45
3.2.1.1. Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat) Tayini	45
3.2.1.2. Toplam Sertlik Tayini.....	46
3.2.2. Spektrofotometre ile Yapılan Tayinler	47
3.2.2.1. Bulanıklık Tayini.....	47

3.2.2.2. Sülfat Tayini	48
3.2.3. Hizmet Alımı ile Yapılan Tayinler	49
4. BULGULAR	50
4.1. Analiz Hesaplamaları	50
4.1.1. Alkalinite (karbonat-bikarbonat) Tayini Hesaplaması	50
4.1.2. Toplam Sertlik Tayini Hesaplaması	52
4.1.3. Bulanıklık Tayini Hesaplaması	54
4.1.4. Sülfat Tayini Hesaplaması.....	56
4.1.5. Ağır Metallerin Tayin Sonuçları.....	58
4.1.6. Diğer Parametrelerin Sonuçları	59
5. TARTIŞMA.....	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	77
BİLİMSEL ETİK BEYANI	84
ÖZ GEÇMİŞ.....	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
AKM	: Askıda Katı Madde
EC	: Avrupa Birliği
EC	: Elektriksel İletkenlik
EDTA	: Etilen diamin tetra asetikasit
F.F	: Fenolftalein
Fr⁰	: Fransız Derecesi
Ha	: Hektar
M	: Molarite
MEq	: Miliekivalen
M.O	: Metil Oranj
N	: Normalite
Nm	: Nanometre
NTU	: Nephelometrik Turbidity Unit
Ph	: Power of Hydrogen
Ppm	: Parts Per Million (milyonda bir)
SAR	: Sodyum Adsorpsiyon Oranı
Td	: Tesir Değerliği
TDS	: Toplam Çözünmüş Tuz
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
µg	: Mikro Gram

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Suyun Molekül Yapısı.....	3
Şekil 2.	Su Döngüsü.....	5
Şekil 3.	pH Metre Çeşitleri (Kalem Tipi pH Metre / Masa Tipi pH Metre / Portatif pH Metre).....	9
Şekil 4.	Bulanıklık Ölçer (Portatif Türbidimetre).....	11
Şekil 5.	Laboratuvar ve Manuel Tip Kondüktometreler.....	12
Şekil 6.	Yüksek Düzeydeki Florürün Dişlere Etkisi (Fluorosis).....	20
Şekil 7.	Artezyen Suyu Örneklerinin Toplandığı İlçeler.....	40
Şekil 8.	Bulanıklık Tayini Kalibrasyon Eğrisi.....	47
Şekil 9.	Sülfat Tayini Kalibrasyon Eğrisi.....	48
Şekil 10.	Toplam Alkalinite Değerlerinin İlçeler Arası Kıyas Grafiği.....	51
Şekil 11.	Toplam Sertlik Değerlerinin İlçeler Arası Kıyas Grafiği.....	53
Şekil 12.	Bulanıklık Değerlerinin İlçeler Arası Kıyas Grafiği.....	55
Şekil 13.	Sülfat Derişimlerinin İlçeler Arası Kıyas Grafiği.....	57

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.	Basınç Değişimi ile Suyun Kaynama Noktası Arasındaki İlişki	3
Tablo 2.	TSE, EC ve WHO'ya Göre pH Aralıkları.....	9
Tablo 3.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Renk Birimi.....	11
Tablo 4.	TSE, EC ve WHO'ya Göre NTU Birimi.....	12
Tablo 5.	Sulara Ait Tipik İletkenlik Değerleri.....	13
Tablo 6.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri.....	14
Tablo 7.	Sertlik Derecesi Birimleri.....	16
Tablo 8.	Suların Sertlik Derecesine Göre Sınıflandırılması.....	17
Tablo 9.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Florür Değerleri.....	21
Tablo 10.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Klorür Değerleri.....	22
Tablo 11.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Demir Değerleri.....	24
Tablo 12.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Mangan Değerleri.....	26
Tablo 13.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Bakır Derişimleri.....	28
Tablo 14.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Bor Derişimleri.....	31
Tablo 15.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Sodyum Derişimleri.....	36
Tablo 16.	TSE, EC ve WHO'ya Göre Sülfat Derişimleri.....	39
Tablo 17.	Su Örneği Alınan İlçeler ve Sayıları.....	41
Tablo 18.	Analizlerde Kullanılan Kimyasallar Maddeler ve Formülleri.....	42
Tablo 19.	Bulanıklık Tayininde Kullanılan Çözeltiler.....	43

Tablo 20.	Sülfat Tayininde Kullanılan Çözeltiler.....	43
Tablo 21.	Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat) Tayininde Kullanılan Çözeltiler.....	44
Tablo 22.	Toplam Sertlik Tayininde Kullanılan Çözeltiler.....	44
Tablo 23.	Standart Süspansiyon Hacmine Karşı Bulanıklık Şiddeti ve Absorbans Değerleri.....	47
Tablo 24.	Derişimi Bilinen Sülfat Çözeltisine Karşı Absorbans Değerleri.....	48
Tablo 25.	Alkalinite Tayini Ortalama Sarfiyat ve Absorbans Değerleri.....	51
Tablo 26.	Toplam Sertlik Tayini Ortalama Sarfiyat ve Toplam Sertlik Değerleri.....	52
Tablo 27.	Dünya Sağlık Örgütü Tarafından Suların Sertliklerine Göre Sınıflandırılması.....	53
Tablo 28.	Bulanıklık Tayini Absorbans Değerleri ve Bulanıklık Şiddeti.....	54
Tablo 29.	Sülfat Tayini Absorbans Değerleri ve Sülfat Derişimleri.....	56
Tablo 30.	Ağır Metal Derişim Sonuçları.....	58
Tablo 31.	pH, EC, Buharlaşıma Kalıntısı, Na, K, Ca, Mg, Cl, B, SAR Değerleri.....	59
Tablo 32.	Klorür ve Amonyak Değerleri.....	60
Tablo 33.	Suların Sertlik Sınıfları.....	63

ÖZET

AYDIN İLİNDEKİ ARTEZYEN SULARININ FİZİKOKİMYASAL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Hansu R. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya (Veteriner) Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2021.

Amaç: Aydın ili toprak, su ve iklim özellikleri bakımından yüksek bir tarım potansiyeline sahiptir. Bu sebeple su kaynakları, tarımsal üretimin artırılması ve iyileştirilmesinde anahtar rol oynar. Bu araştırma, 2018-2019 yılı sonbahar ve kış aylarında Aydın'ın çeşitli ilçelerinden toplanan 17 adet artezyen suyu örneği üzerinde yürütülmüştür.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada Aydın iline bağlı çeşitli ilçelerden alınan artezyen sularının; pH, toplam sertlik, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, askıda katı madde, alkalinite, klorür, amonyak, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bor, sodyum adsorpsiyon oranı ve sülfat gibi su kalite parametreleri incelenmiş ve bazı ağır metaller yönünden kirliliği tespit edilip kalite ve sınıfı belirlenmiştir.

Bulgular: Araştırma, sonbahar ve kış ayları içerisinde 9 farklı ilçeden toplamda 17 su örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. ABD Tuzluluk Diyagramı ile yapılan değerlendirmede, 17 su örneğinden bir tanesi C1-S1 sınıfında, üç tanesi C2-S1 sınıfında, on tanesi C3-S1 sınıfında ve üç tanesinin ise C4-S1 sınıfında olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, Aydın ili artezyen sularının yüksek derişimde tuz ve düşük derişimde sodyum içerdiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç: Aydın ili artezyen sularının, incelenen parametreler yönünden WHO, USEPA ve Avrupa Birliği su kalite standartları ile ülkemizde geçerli olan TSE 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı ve T.C. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliğinde sular için belirlenen sınır değerlere uygun olduğu belirlenmiştir. Bu araştırma ile artezyen sularının incelenen parametreler açısından insan sağlığını olumsuz etkilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, Aydın, Kirlilik, Su kalite standardı, Yer altı suyu.

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF ARTESIAN WATERS IN AYDIN

Hansu R. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Health Sciences, Biochemistry (Veterinary) Program, Master Thesis, Aydın, 2021.

Objective: Aydın has a high agricultural potential in terms of soil, water, and climate characteristics. Therefore, water resources play a key role in increasing and improving agricultural production. This research was conducted on 17 artesian water samples collected from various districts of Aydın in the autumn and winter seasons of 2018-2019.

Material and Methods: In this study, water quality parameters such as pH, total hardness, electrical conductivity, turbidity, suspended solids, alkalinity, chloride, ammonia, sodium, potassium, calcium, magnesium, boron, sodium adsorption rate and sulfate, and pollution of artesian water samples taken from various districts of Aydın province in terms of heavy metals have been detected and its quality and class have been determined.

Results: The research was carried out by taking 17 samples from 9 different districts in autumn and winter. In the evaluation performed in accordance with the US Salinity Diagram, one of the 17 samples was found to be in C1-S1 class whereas the three were in C2-S1 class, ten in C3-S1 class, and three in C4-S1 class. In a general sense, it has been concluded that most of the artesian waters of Aydın province contain a high concentration of salt, but a low concentration of sodium.

Conclusion: As a result; in terms of the parameters examined, it has been determined that Aydın province's artesian waters comply with the WHO, USEPA and European Union water quality standards as well as the TSE 266 Standards Concerning Water Intended For Human Consumption and the limit values determined for waters in the Turkish Ministry of Health Regulation Concerning Water Intended For Human Consumption, both of which are valid in our country. With this research, it was concluded that the artesian waters do not constitute a negative situation for human health upon the evaluation of their parameters.

Keywords: Aydın, Ground-water, Heavy metal, Pollution, Water quality standard.

1. GİRİŞ

Su, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan ve onların yaşamlarını direkt etkileyen yeri doldurulamaz bir kaynaktır. Su, tıpkı toprak gibi insan eliyle üretilemez bir madde olup, sadece tüketilebilen bir kaynaktır. Bu sebeple dünya üzerindeki suyun kullanımı ve kontrolü en adil şekilde gerçekleşmek zorundadır. Günümüzde küresel ısınma sebebiyle de, tüm canlıların yaşam kaynağı olan suyun önemi gittikçe daha fazla anlaşılmaktadır.

Su, canlılar için hayati önem taşıyan maddelerden biridir. Organizmanın fonksiyonlarını yerine getirebilmesi açısından önem arz etmektedir. İnsan vücudunun organ ve dokularının çoğunluğunu oluşturan su, kemiklerin %25'ini, kasların %75-80'ini, kanın %91'ini oluşturmaktadır. Metabolizmada besinlerin parçalanması, taşınması ve atılımı su ile gerçekleşmektedir. Aynı zamanda su, vücudun ısı dengesini sağlamasıyla hayati önem taşımaktadır (Demirer, 1995).

Dünyadaki su miktarının %97'si okyanus ve denizlerden, %2'si güney ve kuzey kutuplarındaki buzullardan, %0.5'i ise yer altı ve topraktaki suların oluşmaktadır (Salihoğlu, 1997). Ayrıca yeryüzündeki tatlı su oranı mevcut suların %0.01'ini oluşturmaktadır. Tatlı suyun büyük bir çoğunluğunu ise %97 oranında yer altı suları sağlamaktadır (Akman ve diğerleri, 2012).

Türkiye'nin üç tarafı denizlerle çevrili, havza, ırmak ve barajları ile zengin bir ülke olması nedeniyle, burada su sorunu yaşanmayacağı yanılgısı oluşmaktadır. Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (WWF) verilerine göre Türkiye'de kişi başına yılda 1.519 m³ su düşmekte; bu su oranı ile Türkiye'nin 'su sıkıntısı çeken' bir ülke olduğu kesinleşmiştir. Uzmanlar, 2030 yılında Türkiye'nin nüfusunun 100 000 000'a yaklaşacağı ve nüfus başına tüketilen suyun 1.120 m³'e gerileyeceğini öngörmektedir. Başka bir ifadeyle, nüfus artışı ve hızla büyüyen şehirleri ile Türkiye, 'su fakiri' olma yolunda ilerlemektedir (WEB_1).

İnsanlar su ihtiyaçlarının büyük bir kısmını tatlı su kaynaklarından sağlamaktadır. Su, hidrolojik döngü ile; atmosfer, yer altı ve yer üstünde periyodik olarak dolaşım sağlamaktadır. Nüfus artışına paralel olarak gelişen sanayileşme, beraberinde kirleticileri de getirmektedir. Bu kirleticilerin çeşitleri ile miktarı da gün geçtikçe artmaktadır.

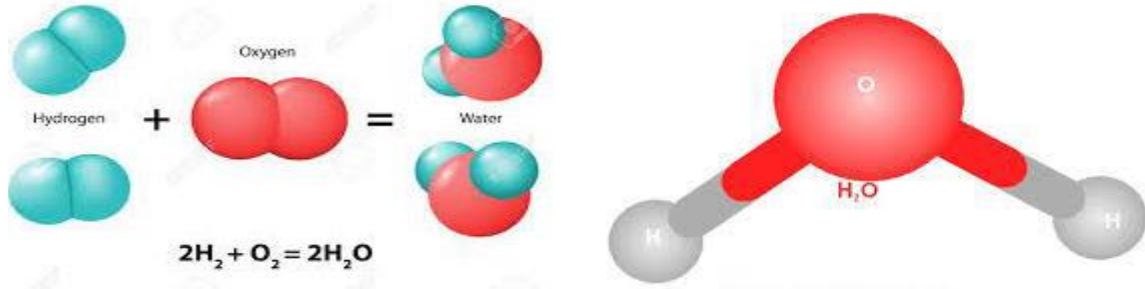
Sulardaki kirletici unsurların oluşmasını engellemek ya da bu unsurları ortadan kaldırmak adına önlemler alınması gerekmektedir. Bu da sularda periyodik analiz kontrolü ile sağlanabilmektedir.

Aydın ili toprak, su ve iklim özellikleri bakımından yüksek bir tarım potansiyeline sahiptir. Su, tarımsal üretim faaliyetini ve sürdürülebilirliğini etkileyen en önemli faktördür. Bu sebeple su kaynakları, tarımsal üretimin artırılması ve iyileştirilmesinde anahtar rol oynar. Bu tez çalışmasında, 2018-2019 yılı sonbahar ve kış aylarında Aydın'ın çeşitli ilçelerinden toplanan artezyen sularının fizikokimyasal olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Suyun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Su, kimyasal ve fiziksel açıdan birçok özelliğe sahiptir. Her bir molekül su, 2 hidrojen (H) ve 1 oksijen (O) atomunun birleşmesiyle oluşup H₂O formülüne sahiptir. Tabiatta katı, sıvı ve gaz fazında bulunan suyun rengi ve kokusu bulunmamaktadır. Su moleküllerinin birbirini itmesi ve çekmesi adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile açıklanmaktadır. Yağmur damlaları bu kuvvet özellikleri (adezyon, kohezyon) ile oluşmaktadır (Özkan, 2020).



Şekil 1. Suyun Molekül Yapısı (Özkan, 2020)

Suyun, diğer sıvı moleküller içinde bilinen en yüksek yüzey gerilimine sahip molekül olduğu bilinmektedir. Diğer sıvılardan ayrılan bir başka özelliği ise buharlaşma ısısı en yüksek olan molekül olmasıdır. Su, erime ısısı en yüksek olan amonyaktan hemen sonra gelmektedir. Kendine has bu özellikleri ile su, yeryüzündeki ekolojik iklim farklılıklarını belirleyen en önemli unsurdur (Bilgin, 2003).

Su, +4°C'de ulaşabileceği en fazla yoğunluğa sahiptir. Saf suyun 1cm³'ü, 1 g ağırlığa sahiptir. Su, 760 mm basınç koşullarında 0°C'de donarak katı faza geçmekte ve buz oluşturmaktadır. Ayrıca suyun kaynama noktasının, basınç artışına paralel olarak bir artış gösterdiği bilinmektedir. Bu ilişki Tablo 1'de gösterilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987).

Tablo 1. Basınç Değişimi ile Suyun Kaynama Noktası Arasındaki İlişki

Basınç (mm/hg)	7,50	75,002	750,002	7500	165755,45
Kaynama Noktası (°C)	7	46	100	180	374,2

100°C’de kaynayıp, 0°C’de donan su molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri (adezyon ve kohezyon), suyun bir bütün halinde dağılmadan kalabilmesini sağlamaktadır. Su yüzeyinin durgun halinin pürüzsüz olmasının nedeni, yüzey gerilimini sağlayan kohezyon kuvvetleridir. Su, hidrojen bağı oluşturabilme yeteneği ve polaritesi nedeniyle var olan en iyi çözücülerden biridir (Uslu ve Türkman, 1987).

2.2. Kalite Özelliklerine Göre Suların Sınıflandırılması

Sular, kullanım amaçlarına ve buldukları yerlere göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. Buna göre sular;

1. Kullanım amaçlarına göre;

- 1.1. Sulama suyu,
- 1.2. İçme suları,
- 1.3. Şifalı sular,
- 1.4. Rekreasyon suları.

2. Kaynaklarına göre;

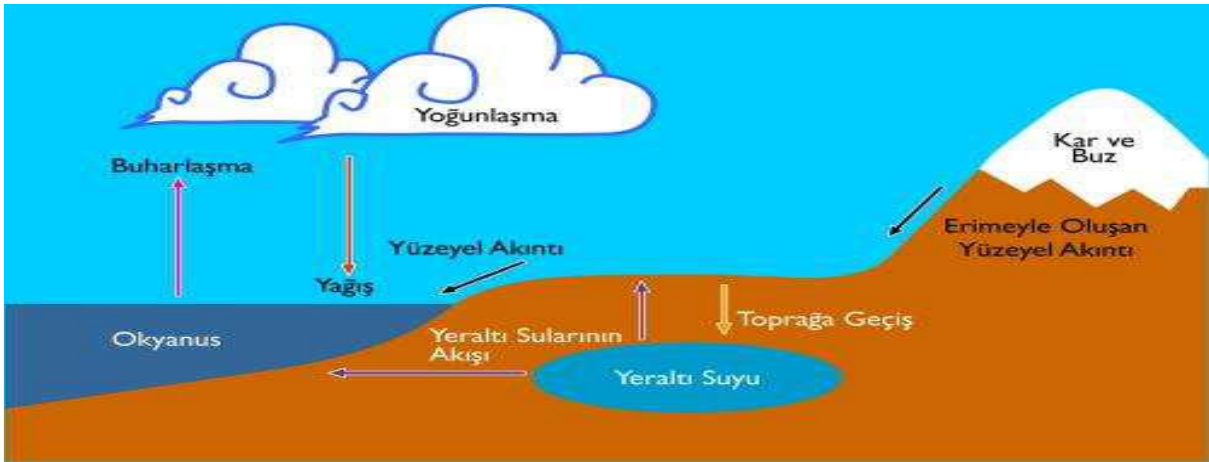
- 2.1. Yüzey suları (Akarsular, göller, barajlar vb.)
- 2.2. Yeraltı suları şeklinde incelenebilir.

Sular kullanıldığı amaca hizmet etme bağlamında yüzey suları ve yeraltı suları olarak iki grupta incelenmektedir (Güler, 1997).

2.2.1. Yer Altı Suları

Dünyadaki yer altı sularını; okyanuslar, kutup buzulları, denizler, göller, akarsular, kar ve yağmur suları oluşturmaktadır. Yeryüzü suları ise hidrolojik bir çevrim içerisinde yer almaktadır. Yeryüzüne düşen su molekülleri sıcaklığın etkisi ile buharlaşıp gökyüzüne ulaşmaktadır. Gökyüzünde yoğunlaşan su buharı, tekrar yeryüzüne düşerek akarsu, ırmak, deniz ve yer altı sularını beslemektedir. Yağmur sularının bir kısmı yeryüzünde kalırken bir kısmı yer altına sızmaktadır. Ayrıca yağmur suları, toprağı besleyerek burada depolanmaktadır. Depolanan su, yer altı suyumuzu oluşturmaktadır. Yer altı sularının insan

gücü olmadan kendiliğinden yüzeye çıktığı alanlara kaynak (göze,eşme,memba,pınar) denmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2014).



Şekil 2. Su Döngüsü (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2014)

Bütün yer altı sularının kaynağını yağışlar oluşturmaktadır. Yeryüzüne düşen su, toprağı ıslatarak doymamış bölgelerden yer çekimi ve kapillar kuvvet ile yer altına süzülmemektedir. Doymuş bölgenin üst sınırına ulaşan su, akifer olarak adlandırılan su taşıyan tabakalarda toplanarak, yer altı sularını beslemektedir. Akiferler; kayalar, kum ve çakıllardan meydana gelerek sünger görevi görmektedir. Su; kayalar arası boşluklar, kum ve çakıl arası boşluklarda depolanırken, kireçtaşı gibi bazı kayalarda ise kayaların çözünmesi ile oluşan derin çatlaklar arasında depolanabilmektedir. Yer altı suları, akifer içerisinde oldukça yavaş hareket etmektedir. Aynı birimlerle (m/gün veya m/yıl) kıyas yapıldığında yer altı sularının akış hızı, nehir akış hızına göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir (Ünal ve Sargın, 2001).

2.2.1.1. Yer Altı Sularının Önemi

İnsanlığın, yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek adına toprağı ve tohumu kullanarak hayvansal ve bitkisel ürünlerin üretilmesi, işlenmesi ve pazarlanması tarımsal faaliyet olarak adlandırılmaktadır. Zirai oluşumlar için suya ihtiyaç duyulmaktadır. Tarım ve su birbirinden ayrılamaz bir bütündür. Suyun tarlaya ulaşması çoğunlukla üstü açık sulama sistemi veya kanal sulama sistemi ile olmaktadır. Tarım çalışanları, su yeterli olmadığında ya da ekonomik olarak suyu elde edemedikleri zaman, genellikle yer altı suyundan yararlanma yoluna başvururlardır (Ünal ve Sargın, 2001).

Yer altı sularının çoğu kalite açısından iyi durumda olup, arıtma işlemine tabii tutulmamaktadır. Ayrıca yer altı suyuna ihtiyaç duyulan bölge, konum itibari ile yer altı su kaynağına yakın olduğunda, pompaj ve dağıtım maliyeti daha ucuz olmakta ve kullanım yönüyle de daha çok tercih edilmektedir. Yer altı sularının bir başka tercih edilme sebebi ise geniş alanda kullanılabilme özelliği ve güvenilir olmasıdır (Ünal ve Sargın, 2001).

Yeryüzündeki suyun yaklaşık %96'sı tatlı sudan oluşmaktadır. Yer altı sularının %65'i tarım alanlarında, %25'i içme ve kullanım amacıyla, %10'u ise sanayi ve endüstride tüketilmektedir (ORSAM, 2011).

Yer altı sularının değeri, yalnızca yaygın olarak bulunabilmesi ve kullanılabilmesi ile değil aynı zamanda kalitesinin iyi olması ile de anlaşılmaktadır. Suların kalitesi ise, kullanım amacıyla ilgili olarak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizlerinin bir ölçümü ile mümkün olmaktadır. Aynı zamanda yağış şeklinde yeryüzüne düşen suyun kalitesi, yer altı sularının niteliğini de tayin etmektedir. Yer altı sularının kalitesi, suyun içerdiği organik madde düzeyi ve toprağın yapısı ile değişebilmektedir (Ünal ve Sargın, 2001).

Yer altı suları insan faaliyetleri ya da doğal kaynaklardan ötürü kirlenebilmektedir. İçme ve kullanım suyu olarak uygunluğu; fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler doğrultusunda tescillenmiş bir yer altı suyu kaynağı, herhangi bir kirlenme tehdidi altında kalmış ise uygunluğuna tekrar bakılması gerekmektedir (Ünal ve Sargın, 2001).

2.2.1.2. Yer Altı Suyunun İçme ve Kullanılabilme Özellikleri

Su kalitesinin bozulması direkt olarak su kirliliğine yol açmaktadır. Bu durumun aynı zamanda halk sağlığı ve çevre kirliliği üzerinde büyük bir etkisi olduğu bilinmektedir. Su kirletici maddeler arasında; patojen bakteri ve virüsler, ağır metaller, radyoaktif madde kalıntıları, fosfor, azot, sodyum ve evsel kaynaklı kirleticilerden olan deterjanlar yer almaktadır (Akman ve diğerleri, 2012).

Bütün yer altı sularında organik veya organik olmayan birçok madde bulunabilmektedir. Organik olmayan maddeler arasında ağır metallerin önemli kirleticiler olduğu bilinmektedir. Bu maddelerin toksik ve kanserojen etkilerinin yanı sıra metabolizmada birikme özelliği olduğu da bilinmektedir. Nikel, bakır, krom, cıva, kurşun, kadmiyum, kobalt, mangan ve çinko gibi metaller genellikle doğada karbonat, sülfür, oksit ve silikat mineralleri şeklinde

bulunmaktadır. Bu metallerin ve minerallerinin sudaki çözünlükleri oldukça azdır. Demir ve mangan, ağır metaller sınıfında en zehirsiz metaller arasında yer almaktadır. Litrede 0,5 mg mangan ve demir ihtiva eden içme ve kullanım sularında, mürekkep tadı ve kokusu hissedilmektedir (Topbaş ve diğerleri, 1998).

Suyun kalitesi, kullanım amacının belirlenmesinde önemli bir etkidir. Günümüzde yer altı sularının başlıca kullanım alanları; tarım, evsel gereksinimler, sanayi ve endüstri alanlarını kapsamaktadır. Evlerde kullanılan su; sağlığa zararlı olan ağır metalleri, hastalık yapıcı bakteri ajanlarını, pestisitleri içermemeli ve aynı zamanda tat ve kokusu güzel olmalıdır. Ayrıca, ev aletlerine ve su tesisatlarına zarar vermeyecek kimyasal yapıya sahip olması gerekmektedir (Akman ve diğerleri, 2012).

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürebilmeleri ve hayatlarını devam ettirebilmeleri için elzem olan suyun içme ve kullanım standartlarına uygun olması gerekmektedir. Bu standartları belirleyen gerekli parametreler suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesi, kullanım amacına uygun şekilde bu niteliklerinin belirli sınırlar içerisinde olması, özellikle içme sularında sağlığı kötü yönde etkileyecek mikroorganizmaların bulunmaması ve organik madde ve aşırı mineralden arındırılmış olması gerekmektedir. Suyun; bulanıklık, tat, koku ve sıcaklık (5-15°C) gibi fiziksel özellikleri bakımından içilmeye uygun olması gerekmektedir. Ayrıca pH değeri, florür, klorür, suyun sertliği gibi kimyasal özellikleri de belirli sınırlar içinde olmalıdır (Varol ve diğerleri, 2008).

2.3. Suyun Sağlığa Uygunluğu Yönünden İncelenmesi

Suyun insan sağlığı açısından kullanılabilir ya da içilebilir olabilmesi için bir takım parametreleri sağlaması gerekmektedir. Başka bir deyişle her yönü ile sağlığa uygun olmalıdır (Demirer, 1995).

Suların kalitesini belirlemek için üç ayrı parametreye bakılması gerekmektedir. Bunlar;

1-Suların fiziksel analiz ile incelenmesi

2-Suların kimyasal analiz ile incelenmesi

3-Suların mikrobiyolojik analiz ile incelenmesidir (Demirer, 1995).

2.3.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

İçme suyunun güvenle içilebilmesi için öncelikle renksiz, tatsız, kokusuz ve tortusuz olması gerekmektedir. Su, kimyasal yapısı gereği 100°C'de kaynayıp, 0°C'de donmaktadır. İçerisindeki organik olmayan maddelerin miktarı, suyun yoğunluğu ve elektrik iletkenliği ile doğru orantılıdır. Suyun bulunduğu kaynak hafif eğimli bir bölgede ise içerisindeki çözünmüş maddeler ile birlikte sürüklenmektedir. Ancak kaynak eğimi yüksek olan bölgede ise çözünmüş maddeler dibe çökerek tortu oluşturabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Suyun lezzeti içerisinde çözünmüş olarak bulunan CO₂ miktarı ve sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Gözle göremediğimiz, suyun içinde çözünmüş olan organik ve organik olmayan maddeler her zaman suyun renk ve kokusunda değişiklik yapmamaktadır. Bu maddelerin fazla olması renk, tat ve kokuyu etkilemektedir. Bu da suyun içimini zorlaştırmakta, hatta içimini olanaksız hale getirebilmektedir. Sıcaklığı 8-16°C'de olan suların lezzeti daha iyi anlaşılmaktadır. İçerisinde çözünmüş olarak bulunan CO₂ miktarının 300 mg'dan daha az olmaması gerekmektedir. Kaynatılmış sulara CO₂ miktarı azaldığından, suyun lezzeti de azalmaktadır. Bu gibi suların lezzeti geri yakalanmak istenirse, bir kaptan diğer kapa boşaltılarak havayla temas sağlanır ve CO₂ ile O₂ gazları suyun içerisinde çözünerek lezzeti geri döndürülebilmektedir (çağlayan yöntemi). Zira, suyun lezzetine çözünmüş oksijenin de katkısı bulunmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.3.1.1. pH

Suyun asitliği veya bazlığını pH değeri belirlemektedir. Su içinde bulunan hidronyum iyonları (H₃O⁺) derişiminin eksi logaritması alınarak suyun pH değeri hesaplanabilmektedir. Düşük pH'lı sular asidik karakter gösterirken, yüksek pH'lı sular bazik (alkali) karakter göstermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Suyun içerisindeki kalsiyum bikarbonat (CaHCO₃) ve alkali tuz derişimi düzeyi bazik özelliğe işaret ederken, suyun içerisindeki karbondioksit (CO₂) derişimi düzeyi asidik özelliği işaret etmektedir. Fazla alkali sular istenmeyen kokuya sebebiyet vermektedir. Suda asitlik, sadece karbondioksitten oluşmayıp, başka asitlerden de ileri gelebilmektedir. Bu da suyun aşındırıcı (korozif) özelliğini göstermektedir. İçme ve kullanım suyunun pH'sının, nötr veya

hafif alkali özellik göstermesi gerekmektedir. İçme ve kullanım sularında pH değerinin, 6,5-9,5 aralığında olması gerekirken, kaynak sularında pH değerinin, 7-8,5 aralığında olması gerekmektedir (Demirer, 1995).

pH, içme suyunun sağlıklı olduğu bilgisini doğrudan vermez ancak suyun kalitesini ortaya koymada önemli bir faktördür. pH değeri; su temini, dezenfeksiyon, korozyon, koagülasyon ve sertlik giderme gibi işlemlerde önem taşımaktadır (MEGEP, 2011).

Elektrometrik yöntemle pH ölçümünde temel prensip, hidrojen iyonlarının cam elektrot ile referans elektrotu yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmesidir. pH, H⁺ iyonlarının elektrik potansiyellerine bağlı olarak veya renk indikatörleri (fenolftalein gibi) ile titrimetrik olarak ölçülebilmektedir (MEGEP, 2011).



Şekil 3. pH Metre Çeşitleri (Kalem tipi pH metre/ Masa tipi pH metre /Portatif pH metre) (MEGEP, 2011)

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte (Resmi Gazete, 17.02.2005 sayı:25730); içme ve kullanım sularının pH değerinin 6,5–9,5 sınırları arasında olması ve suyun korozif özellik taşıması gerektiği, ayrıca kaplara ya da şişelere konulmuş suların pH değerinin en az 4,5 olması gerektiği bildirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü ise içme ve kullanım sularının pH değerinin 6,5-8,5 aralığında olması gerektiğini bildirmektedir (WHO, 2006).

Tablo 2. TSE, EC ve WHO'ya Göre pH Aralıkları (WEB_2)

Standart	TSE 266	EC	WHO
mg/L	Türk Standartları Enstitüsü	Avrupa Birliği	Dünya Sağlık Örgütü
pH	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 8,5

2.3.1.2. Renk

Su, sığ tabakalar halinde iken renksiz olup, derin tabakalar halinde iken mavi hatta lacivert renklerde görünmektedir. Göl, deniz, okyanus gibi büyük su birikintileri mavi olarak görünmektedir. Bu görüntü temiz bir gölde veya denizde, bulutlu bir havada dahi görünüp, mavi rengin sadece bir gökyüzü yansıması olmadığını kanıtlar niteliktedir (Laboratuvar Hizmetleri, 2012).

Yüzey birikimli suların rengi, pH arttıkça artmaktadır. Sulardaki renk aynı zamanda tat ve koku ile de yakından ilgilidir. Doğal suların rengi organik ve organik olmayan maddelerin çözünmesinden ileri gelirken, yüzey sularının rengi genelde bitki çürümesinden kaynaklanmaktadır. Demir ve mangan gibi metaller genelde yer altı sularının rengini değiştirmektedir. İçme sularında, az da olsa suyun taşınmasında kullanılan demir boruların aşınmasından kaynaklanan demir metali bulunmaktadır. Suyun kahverengi-kırmızı rengini demir oluştururken, siyah rengini ise mangan vermektedir. Kırmızı renkteki su, demirin hidroksit şeklinde çökmesi ve demir (II) iyonlarının, demir (III) iyonuna oksitlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bazı durumlarda su dağıtım boruları, su içindeki fazla demirin çökmesiyle tıkanıklık göstermektedir. Sularda renk sorununa, yer üstü sularından daha çok yer altı sularında rastlanılmaktadır (Güler, 1997).

Renk ile bulanıklık birbirinden ayrı iki farklı parametrelerdir. Bulanık bir suyun renk tayini yapılmak isteniyorsa, önce suyun süzülmesi ve daha sonra renginin incelenmesi gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Sularda renk tayini, bulanıklık giderici işlemlerden sonra kalan durgun suyun rengini belirleme esasına dayanmaktadır. Su örneği, derişimi belirli renkli çözeltiler ile karıştırılıp platin-kobalt çözeltilerinden oluşmuş renkli cam diskler ile karşılaştırılarak yapılmaktadır. Renk tayini için bir başka metod ise spektrofotometre ile ölçüm yapmaktır (Laboratuvar Hizmetleri, 2012).

Suyun normalde renksiz olması beklenmektedir. Tayinde renk, 5 platin-kobalt ünitesini geçerse, su içilebilir olarak kabul edilmemektedir (Güler, 1997).

Tablo 3. TSE, EC ve WHO'ya Göre Renk Birimi (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Renk (Co-Pt birimi)	20	20	15

2.3.1.3 Bulanıklık

Bulanıklık; su içerisinde bulunan çözünmüş ya da askıda kalmış partiküllerden meydana gelen kirlenme olarak nitelendirilmektedir. Bulanıklık; su içinde bulunan kil, organik madde, silis, mikroorganizmalar, suda tortu oluşturabilecek kalsiyum karbonat, demir hidroksit ve alüminyum hidroksit gibi maddelerden kaynaklanabilmektedir (Kahraman, 2007).

Organik madde içeren bulanık sular, aynı zamanda içerisinde patojen mikroorganizmalar da bulundurabileceğinden, bu sulara şüpheyle bakılması gerekmektedir. Önceden temizlense dahi, bulanık suların içilmesi ve kullanılması önerilmemektedir. Bulanık sular, su dağıtım borularında tortu oluşturarak korozitif etki yaratmaktadır. Bu nedenle bulanık suların, endüstri ve sanayide de kullanılması sakıncalıdır (Demirer, 1995).

Bulanıklık, sularda organik maddelerden kaynaklandığı kadar organik olmayan maddelerden de kaynaklanmaktadır ve bu maddeler suyun içerisinde bakteri oluşumunu da etkilemektedir. Aynı zamanda bakteri oluşumu da bulanıklığı artırmaktadır ve bu durum insan sağlığı açısından tehlike arz etmektedir.

Bulanıklık tayini, türbidimetrik yöntem ile yapılmaktadır. Türbidimetre cihazı ile yapılan bulanıklık tayininin birimi, Nephelometrik Turbidity Unit (NTU)'dir (MEGEP, 2011).



Şekil 4. Bulanıklık Ölçer (Portatif Türbidimetre) (MEGEP, 2011)

İçme ve kullanım sularında bulanıklık tayini; filtre edilebilirlik, dezenfeksiyon ve estetik açıdan önem teşkil etmektedir. Ayrıca sularda bulanıklık tayini, spektrofotometre ya da karşılaştırma metodu ile de yapılabilmektedir.

Tablo 4. TSE, EC ve WHO'ya Göre NTU Birimi (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Bulanıklık (NTU birimi)	5	4	5

2.3.1.4. Elektriksel İletkenlik (EC)

Yapısında anorganik madde bulundurmayan sular, saf su grubuna girererek elektrolit özellik göstermemektedir. Sudaki ısı düzeyi ile elektriksel iletkenlik arasında doğru orantı vardır. Bu sebeple, suyun elektriksel iletkenliği aslında yapısındaki elektrolit miktarına bağlıdır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Bir maddenin iletkenliği; ısı, elektrik ve sesi iletme, aktarma gücü veya kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. İletkenlik birimi SI birim sisteminde Siemens/metre (S/m), Amerika'da milimhos/santimetre (mmho/cm)'dir. Sembolü 'k' ya da 's''dir. İletkenlik kapasitesi çok küçük olan doğal suların ölçümü genellikle, mikromhos/santimetre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) cinsinden ifade edilmektedir (WEB_3).



Şekil 5. Laboratuvar ve Manuel Tip Kondüktometreler (Kimya Teknolojisi, 2012)

İçme ve sulama sularında özgül elektriksel iletkenlik (EC) değeri, su kalitesini belirleyen önemli bir parametredir. Sularda, sıcaklık ile iyonlaşma hızı arttıkça buna paralel olarak elektriksel iletkenlik değerleri de artmaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den fazla sularda bu orantıdan bahsedilememektedir (Şahinci, 1991).

Elektriksel iletkenlik (EC), su içerisinde çözülmüş iyonların veya toplam çözülmüş tuzların (TDS) toplamıdır. Elektriksel iletkenlik, 1 cm^3 suyun 25°C'deki iletkenliği olarak tanımlanmaktadır ve sıcaklıktaki 1°C'lik artış yaklaşık olarak elektriksel iletkenliği %2 oranında artırmaktadır (Örgev ve İnanç, 2004).

ABD Tuzluluk Diyagramı ile yapılan değerlendirmede, C1 sınıfında yer alan 0-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenlik değerine sahip sular az tuzlu; C2 sınıfında yer alan 250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri arasında iletkenlik gösteren sular orta tuzlu; C3 sınıfında yer alan 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri arasında iletkenlik gösteren sular yüksek tuzlu ve C4 sınıfında yer alan 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha yüksek iletkenliğe sahip sulara aşırı yüksek tuzlu sular denilmektedir. Bu tuz derişimleri düşünüldüğünde, canlıların sulu ortamda yaşamlarını sürdürebilmeleri için, ortamdaki tuz derişimine karşı direnç kazanmaları gerekmektedir (Güven, 2004).

Kaliteli bir kaynaktan gelen su, elektrik akımına karşı direnç göstermektedir. Kaynağın debisine ve suyun hareket etmesine (toprak tabakalarından süzülmesine) bağlı olarak suda mineral madde yüklenmesi genellikle değişkenlik göstermemektedir. Kalitesiz kaynaklarda ise; yağmurlardan kaynaklı fazla su, çatlaklar arasından sızdığı zaman suyun hem debisi hem de elektriksel iletkenliği değişkenlik göstermektedir (Bilgin, 2003).

Saf su, organik olmayan maddeler içermediğinden iletkenlik göstermemektedir. Sudaki iyon derişiminin artması, iletkenliği de artırmaktadır. Bu bağlamda suda çözünen iyon derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artış göstermektedir (WEB_3). Sulara ait tipik iletkenlik değerleri Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 5. Sulara Ait Tipik İletkenlik Değerleri

	Ultra saf su	İçme suyu	Deniz suyu
İletkenlik	$5,5 \times 10^{-6}$ S/m	0,005-0,05 S/m	5 S/m

Tablo 6. TSE, EC ve WHO'ya Göre Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
İletkenlik 20' (uS/cm)	2500	2500	2500

2.3.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

Su, bağlı olduğu kaynağına ve çevresine göre yapısında metal iyonları ve kimyasal başka maddeler içerebilmektedir. Bu kimyasal maddeler, çoğu zaman sağlığı tehdit edecek unsurlar olarak; tat, renk ve koku değişimine neden olmayabilirler. Zararları vücuda alındıktan hemen sonra ya da yıllar sonra ortaya çıkabilmektedir. Bu etkilerden korunabilmek adına öncesinde, su analiz edilmelidir. Sularda metal iyonları ve kimyasal maddeler belirli sınırlar içinde olması gerekmektedir. Bazı maddelerin suda bulunması ise hiç istenilmemektedir (MEGEP, 2011).

İçme ve kullanım suyu analizinde bakılması gereken başlıca parametreler; alkalinite, sülfat, klorür, askıda katı madde, florür, demir, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bor, çinko, bakır, mangan, sodyum adsorpsiyon oranı ve sertliktir. Bu parametrelerin, insan sağlığını kötü yönde etkilememesi için belirli sınırlar içinde olması gerekmektedir. Her bir parametrenin değer aralığı yönetmeliklerle belirlenmiş olup, bu değerlerin aşılması durumunda içme suyu olarak kullanımına izin verilmemektedir. Sınır değeri aşan suların, çeşitli işlemlere tabi tutularak istenilen değerlere düşürülmesi gerekmektedir (Laboratuvar Hizmetleri, 2012).

Sulama sularının da tıpkı içme suları gibi bitki sağlığına zarar vermeyecek ve toprak yapısını bozmayacak özelliklere sahip olması gerekmektedir. Analizi yapılmamış sulama suları, toprağı kısa sürede çoraklaştırıp tarımda düşük verime neden olabilmektedir. Sulama sularının kalitesi, suyun içindeki maddelerin cinsi ve düzeyine bağlıdır. Suyun kalitesini belirlemek adına çeşitli analizler yapılmalıdır. Analiz sonuçlarına göre, sulama suyunun kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmektedir. Eğer sulama suyu kullanılabilir ise, hangi toprak ve bitki türü için kullanılabileceği belirlenebilmektedir (Laboratuvar Hizmetleri, 2012).

2.3.2.1. Toplam Sertlik

Toplam sertlik; suyun içme, kullanma, tarım ve birçok sanayi alanında kullanımına göre önemli bir kalite özelliğini ifade etmektedir. Suların sertlik derecesi, suyun içinde çözülmüş halde bulunan magnezyum ve kalsiyumun tuzlarından ileri gelmektedir. İçinde çözülmüş halde kalsiyum ve magnezyum tuzları bulunduran suların sertliği, bu tuzların derişimi ile doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile içindeki kalsiyum ve magnezyum tuzlarının derişimi yüksek olan suyun, sertlik derecesi de yüksek olmaktadır. Sertlik derecesi yüksek olan sular, toprak verimi için sulama suyu olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle, yüksek sertlikteki su ile sulanan toprak yumuşak (mineralce zengin), düşük sertlikteki su ile sulanan toprak ise sert (sodyumca zengin) ve çorak olmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu, 1997).

Sodyum ve potasyum içeren sabunlar sert karakterdeki su ile temas ederse, sodyum ve potasyum iyonları ile magnezyum ve kalsiyum iyonları yer değiştirerek çökelek oluşturmaktadır. Bu durum sertliğe neden olan iyonların (magnezyum ve kalsiyum) tümünün çökmesine kadar devam etmektedir. Ortamda mevcut magnezyum ve kalsiyum iyonları çöktükten sonra sabun köpürmeye başlamaktadır. Suyun asitlik derecesi fazla olduğunda, sodyum ve potasyum sabunları parçalanarak, serbest yağ asitlerine dönüşür. Bu nedenle su sertliği giderilirken, su içerisinde varsa bu tür asitlerin de giderilmesi gerekmektedir (Gıda Teknolojisi, 2012).

Suda çözülmüş olarak bulunan kalsiyum ve magnezyum minerali; klor, sülfat, bikarbonat ve az miktarda nitrat tuzları formunda da bulunabilmektedir. Özellikle kalsiyum bikarbonat ve kalsiyum sülfat sularda sertlik oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Organik olmayan tüm tuzlar suda çözünürler. Çoğu tuzların aksine bazı tuzların ($\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_3$) çözünürlüğü, sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Düşük rakımlı yerlerde, zemin ile temas yüzeyi geniş olduğundan, tuz derişimi de yüksektir. Suda en fazla bulunan anorganik maddeler; kalsiyum, magnezyum, klorür, sülfat ve sodyum karbonattır. Sularda çözülmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları, su kaynatıldığında çözünmeyen karbonatlar halinde çöker; bu nedenle bunların oluşturduğu sertliğe “geçici sertlik”, diğer tuzların oluşturduğu sertliğe de “kalıcı sertlik” denilmektedir. Çünkü bu tuzların oluşturduğu sertlik, suları kaynatmakla geçmemektedir. Sözü geçen tüm tuzlardan kaynaklanan sertlik ise “toplam sertlik” olarak nitelendirilmektedir. Sudaki kalsiyum ve magnezyumun sülfat tuzları, kalıcı

sertliği; kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları ise geçici sertliği oluşturmaktadır. Geçici sertliği oluşturun bikarbonat tuzları su ve ısı işlemine tabii tutulduğunda,



denklemine göre ayrışmaktadırlar. Karbonatlı bileşikler çökerken meydana gelen ya da sularda önceden erimiş olarak bulunan serbest karbondioksit umaktadırlar. Suyun kalıcı sertliği genellikle, topraktaki alkali maddelerin sülfatları ile klorrlerinden oluşun sertliktir. Bu tür sertlik, ısıtılmakla giderilememesine karşılık, sülfatlardan kaynaklanan kalıcı sertlik, sodyum karbonat ile giderilmektedir (Demirer, 1995).



Sudaki sertlik derecesi ile ilgili birçok ölçek hazırlanmıştır. lkeler tarafından kullanılan sertlik derece birimleri Tablo 7’de verilmiştir. Bu ölçeklerden en çok kullanılan ‘‘Fransız Sertlik Derecesi’’ dir.

Tablo 7. Sertlik Derecesi Birimleri (Güven, 2004)

Sertlik Derecesi	1 Fransız Sertlik Derecesi	1 Alman Sertlik Derecesi	1 İngiliz Sertlik Derecesi	1 Rus Sertlik Derecesi	1 Amerikan Sertlik Derecesi
Esas Alınan zellik	10 mg/L CaCO ₃	10 mg/L CaO	14,28 mg/L CaCO ₃	1 mg/L Ca	17,16 mg/L CaCO ₃

1 L suda, 10 mg kalsiyum karbonat ya da buna eşit düzeyde diğer sertlik verici iyonların bulunması durumunda o suyun sertliği 1 Fransız Derecesi (1 Fr⁰) olarak tanımlanmaktadır.

1 Fr⁰ = 1.42 Alman sertlik derecesi,

1 Fr⁰ = 1.79 İngiliz sertlik derecesi,

1 Fr⁰ = 1.72 Amerikan sertlik derecesi,

1 Fr⁰ = 0.25 Rus sertlik derecesidir (Güler, 1997).

Buna göre suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması Tablo 8’deki gibidir.

Tablo 8. Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması (Bozyiğit ve Karaaslan, 1998)

Yumuşak Sular	0–75 mg/L
Orta Sert Sular	75–150 mg/L
Sert Sular	150–300 mg/L
Çok Sert Sular	300 mg/L ve üzeri

Suyun sertliğinin fazlasının ya da azlığının sağlığa verebileceği zararlar ilgili kesin bir sınır belirlenmemiştir. Ancak saf su ayarında olan yumuşak suların, vasat sert sulara oranla daha sağlıklı oldukları bilinmektedir. Yüksek sertlikteki suların mideye ağır gelmesi ve sindirimlerinin yumuşak sulara oranla daha güç olması nedeniyle yaklaşık bir sınır olarak içme sularının toplam sertliğinin 30 Fransız derecesi (30°F) ve kalıcı sertliğinin de 12 Fransız derecesi (12°F)'ni geçmemesi önerilmektedir (Demirer, 1995).

Sularda, geçici sertlik ile kalıcı sertliğin toplamına da sertlik bütünü ya da toplam sertlik denilmektedir.

$$\text{Toplam Sertlik} = \text{Kalıcı Sertlik} + \text{Geçici Sertlik}$$

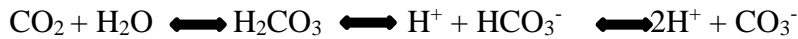
Suların sertlikleri, kolorimetrik titrasyon yöntemi ve sabun eriyiği yöntemi kullanılarak analiz edilmektedir. Sulardaki sertlik; kaynatma, doğal (zeolit) ve yapay, sulu sodyum, alüminyum silikatlarla içinden geçirme işlemleri ile giderilebilmektedir. Sodyum silikat bileşikler içeren bir kaptan suyun geçirilmesi ile baz değişimi oluşturulmaktadır. Bu olay sırasında sertliğe neden olan kalsiyum ve magnezyum iyonları, sodyum iyonu ile yer değiştirerek suların sertlik derecesi düşürülmektedir (Güler, 1997).

2.3.2.2. Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat)

Suyun alkali olma özelliği, asitleri nötralize edebilme özelliği olarak da bilinmektedir. Çoğu zaman bu özellik yanlış anlaşılakta ve pH'ı 7'den yüksek sulara alkali sular denilmektedir. Bazen pH'sı 7'den az olmasına rağmen içinde bulundurduğu tuzlar ile asitleri nötralize eden dolayısıyla alkali özelliğe sahip yer altı suları da bulunabilmektedir (Güler, 1997).

Suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötrleştirme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Sularda karbonat, bikarbonat dengesi ortamın bazlılığını ortaya çıkarmaktadır. Sudaki asitlik, içinde bulundurduğu karbondioksitten ileri gelmektedir. Bu nedenle sudaki asitliğin artışı ile birlikte aynı oranda ortamdaki karbondioksit düzeyi azalmaktadır. Bu orandan faydalanılarak sucul ekosistemdeki alkalinite düzeyi tespit edilebilmektedir (Tanyolaç, 2004).

Alkalinitenin üç formundan söz edilebilir. Bunlar; bikarbonat (metil oranj alkalinitesi), karbonat (fenolftalein alkalinitesi) ve OH⁻ (hidroksit) alkalinitesidir (Tanyolaç, 2004).



Karbondioksit, bikarbonat ve karbonat iyonları, suyun kimyası üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu türlerin birbirine oranı suyun pH'sını tamponlayarak değiştirebileceği gibi, özellikle karbonat iyonu, birçok mineralin de çökmesine neden olabilmektedir. Suda çözünen CO₂ bileşiği aşağıdaki denge tepkimelerini vermektedir (Manahan, 1994).



İçme ve kullanım suyundaki alkaliliğin en önemli özelliği, sert suların yumuşatılması için suya ilave edilmesi gereken kireç-soda miktarının hesaplanmasında kullanılmasıdır. Su dağıtım borularının aşınmasına yol açan korozyonun kontrol edilmesinde, alkaliliğin rolü büyüktür. Sağlık üzerine bilinen zararlı bir etkisi yoktur fakat alkaliliği fazla olan sular içimi hoş olmadığından tercih edilmemektedir (Güler, 1997).

2.3.2.3. Askıda Katı Madde (AKM)

Doğal ve atık sularda bulunan koloidal ya da çözünmüş haldeki maddeler katı maddeler olarak adlandırılmaktadır. Suda bulunan filtre edilebilen katı maddeler ve filtre edilemeyen katı maddelerin toplamına, sudaki 'toplam katı madde' denilmektedir. Filtre edilebilen katı maddeye çözülmüş katı madde, filtre edilemeyen katı maddeye ise askıda katı madde denilmektedir (Akçadağ, 2014).

Askıda katı madde (AKM), sularda bulanıklık için kullanılan bir ifade olup, doğal sularda 10 mg/L'den az olabileceği gibi 1000 mg/L'den fazla da olabilmektedir. Askıda katı

madde, parçacık haldeki maddelerin suya katılımı ile oluşmaktadır ve bu durum sudaki kirliliğin göstergesidir (Mutlu ve Tepe, 2004).

Yüksek derişimlerde katı madde içeren atık sular, arıtma tesisi çıkış suyunun kalitesini ve alıcıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Alıcı su ortamında, askıda katı madde değeri ne kadar çok olursa çökelme ve dip çamuru oluşumu da o kadar çok olmaktadır. Yüksek seviyede katı madde içeren sular, içme ve kullanım suyu olarak kullanılmamaktadır. Sudaki katı madde düzeyi, bulanıklığa ve sertliğe neden olmakla birlikte suyun yumuşatma işleminde seçilecek yöntemi de tayin etmektedir (Akçadağ, 2014).

Suyun içindeki toplam askıda katı madde, belirli bir düzeyden sonra suyun kirlenmesine sebep olmaktadır. Yüksek derişimde askıda katı madde içeren suyun yoğunluğu, bulanıklığı, toksik maddeleri artarak, ışık geçirgenliği ile oksijen düzeyi azalmaktadır. Bu nedenle suda yaşayan canlılar da zarar görmektedir. Askıda katı maddelerin zararlı etkisinin derecesi, yapısında bulunan maddenin türü ve miktarına göre değişmektedir. Aynı zamanda bu zararlı etki, su canlılarının da cinsi ve büyüklüğüne göre değişim göstermektedir (Katı Madde Tayini, 2013).

Suda bulunan askıda katı maddelerin varlığı, tat ve koku sorunu yaratmaktadır. Su örneğindeki askıda katı madde değerinin hesaplanması, gravimetrik yöntem ile yapılmaktadır. Sudaki askıda katı madde düzeyi, endüstriyel işletme şartlarında bir iletkenlik ölçer ile ölçülmektedir. Suda yüksek düzeyde bulunan katı maddeler, dağıtıcı borular içerisinde tortuya sebep olmaktadır. Ayrıca içme suyunda yüksek derişimde bulunması ishale sebep olmaktadır. Askıda katı madde miktarı çok düşük olan sular agresif ve aşındırıcı sular olarak tanımlanmaktadır. Bu agresif sular depolanmak istenirse, deponun metal yerine plastik olması tercih edilmektedir (MEGEP, 2011).

2.3.2.4. Florür (F)

Florür iyonu, doğada tek başına serbest halde bulunmamaktadır. Başka elementlerle bileşik oluşturabilen florür (CaF_2 , NaF , HF , vb.) genellikle kayalık bölgelerdeki yer altı sularında, yüzey sularında, bitkilerde ve atmosferde bulunmaktadır. İçme suyu için faydalanılan göl, nehir gibi yüzey sularında bulunan florür iyonu derişimi 0-6,5 mg/L aralığında bulunabilmektedir. Yer altı sularında ise florür iyonu derişimi, içerisinde bulunan

bileşiklere, sıcaklığa, akiferin derinliğine, fiziksel, kimyasal ve jeolojik özelliklerine, kayaç ve toprağın gözenekliliği ve asitliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Benefield ve diğerleri, 1982).

İnsan metabolizması için vücudun gereksinimi olan flor, esas olarak içme sularından alınmaktadır. Suda bulunan florür iyonu ve derişimi, geçirimli toprakların bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle vücudun ihtiyacı olan flor derişimi 0,8-1 mg/L olup bu düzeye göre ayarlama işlemleri yapılmaktadır (Demirer, 1995).

Suda bulunan flor iyonu, volkanik kayaçların bileşiminde bulunan kalsiyum florür (CaF_2)'den ileri gelmektedir. Florür iyonu daha çok, derinden alınan sularda, petrol kuyularındaki tuzlu sularda ve son dönemlerde volkanizma geçirmiş arazilerden çıkan sularda görülmektedir. Yüzeysel sularındaki flor derişimi genellikle 1 ppm'i geçmemektedir. Metabolizmaya alınan florün az olması diş çürümelerine neden olurken, florün çok olması ise dişlerde beneklere yol açmaktadır (Güler, 1997).

Flor ile ilgili araştırmalar genellikle diş sağlığı açısından yapılmıştır. Vücuda alınan flor 1,5-4 mg/L derişimlerde 'dental fluorosis' hastalığına neden olabilmektedir. Florün 0,5-1,5 mg/L derişiminde ise diş sağlığına yararlıdır ve 0,5 mg/L'den az olduğu durumlarda ise diş hassasiyetine neden olabilmektedir (Dissanayake, 1991).



Şekil 6. Yüksek Düzeydeki Florürün Dişlere Etkisi (Fluorosis) (MEGEP, 2011)

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte (Resmi Gazete, 17.02.2005 sayı:25730) sularındaki flor derişiminin 1,5 mg/L düzeyini aşmaması gerektiği bildirilmektedir.

Suda bulunan florürün fazlası; alüminyum sülfat, ters ozmos, aktif karbon, magnezyum, kalsiyum fosfat gibi kimyasallarla ve aktif alüminyum oksidi, granüler trikalsiyum fosfat yatakları ya da iyon değiştirici reçineler ile süzme yoluyla artırılabilir (MEGEP, 2011).

Tablo 9. TSE, EC ve WHO'ya Göre Florür Değerleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Florür (F)	1,50	1,50	1,50

2.3.2.5. Klorür

Klorür iyonu hemen hemen tüm doğal sularda bulunmakla birlikte, mineral tuz yataklarından süzülen ve deniz suyu etkisinde bulunan sularda daha yüksek düzeyde bulunmaktadır. Çünkü deniz suyunda bulunan sodyum klorür (NaCl)'ün iyon derişiminin yarısından fazlasını klorür iyonu oluşturmaktadır (Barlas, 1995). İçme suyunda bulunan klorür iyonu derişimi sağlıklı su için önemli bir göstergedir. Genellikle içme suyunda bulunan klorür iyonu derişimi 30 mg/L'yi geçmemektedir. Deniz ve kaya tuzu yataklarının çevresinde bulunan sularda bu değer yükselmektedir (Çıl ve Alas, 2002). İçme suyunda bulunan yüksek düzeydeki klorür iyonu, sağlık tehlikesi yaratmamakta ancak suyun tadını bozmaktadır. Tat eşik değerinden dolayı sudaki klorür derişimi 250 mg/L'den fazla olmamalıdır (Karpuzcu, 2005).

Klorür iyonu bütün doğal sularda bulunmaktadır. Çözünürlüğü fazla olan klorür iyonu, normal ve kirli sularda en çok bulunan iyonlardan biridir. Doğal sularda, bir mg/L'den bir kaç bin mg/L'ye kadar klorür iyonuna rastlanmaktadır. Sularda ani klorür derişiminin görülmesi, o suyun endüstriyel kirlenmeye maruz kaldığı şüphesini doğurmaktadır. Yer altı suyundaki klorür iyonu derişimi azalma gösteriyorsa, bu azalma sadece yağmura bağlı olabilmektedir. Bu bağlamda klorür iyonu, kaynak sularının izlenmesi açısından bir kıstas olarak kabul edilebilmektedir. İçme sularında tat eşiği klorür değeri 200-300 mg/L'dir. Bu eşik sodyum klorür (NaCl) için 210 mg, potasyum klorür (KCl) için 310 mg ve kalsiyum klorür (CaCl) için 222 mg/L'dir. Belirlenmiş olan bu sınır düzeyinin üzerinde bulunan sular, özellikle kahvenin tadını etkilemektedir. Suda 250 mg/L klorür varlığı, tat yönünden ideal kabul edilmektedir (Güler, 1997). Suda, organik ve organik olmayan maddelerin absorpsiyonundan, okside ya da klorüre olarak kalan ve suların dezenfekte edilmesinde esas

rol alan değerine serbest klor denilmektedir. Serbest klor değeri fazla olan sularda, koku ve lezzet sorunu yaşanmaktadır (Demirer, 1995).

Klorür iyonu, tüm doğal ya da kullanılmış sularda yaygın biğimde bulunan bir iyondur. Bu iyon suya başlıca iki kaynaktan karışmaktadır. Birincisi, suya topraktan çözünerek alıcı su kaynağına karışması, ikincisi ise idrar ve temizlik sularının alıcı su kaynağına karışmasıdır. Toprakten karışan klorürün, insan sağlığına bir sakıncası bulunmadığı bilinmektedir. Toprakten karışan klorür iyonu serbest halde bulunmamaktadır ve daha çok sodyum klorür (NaCl), lityum klorür (LiCl) ve potasyum klorür (KCl) gibi alkali metal bileşikleri ile magnezyum klorür (MgCl₂), kalsiyum klorür (CaCl₂) gibi toprak alkali metal bileşikleri oluşturarak görülmektedir (MEGEP, 2011).

Klor yer altı sularına; deniz, yağmur ve kar sularından karışmaktadır. Suda yüksek derişimlerde bulunan klor iyonu tuz tadı oluşurmaktadır. Bu iyon, vücutta sodyum iyonu ile birlikte kanın bileşeninde bulunarak kanın osmotik basıncını dengelemektedir (Atabey, 2005).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te (Resmi Gazete, 17.02.2005 sayı:25730), içme ve kullanım sularının dezenfekte edilmesi için klor kullanılması durumunda, şebeke suyunun en uç noktalarından alınan su örneğinin en yüksek klor derişiminin 0,5 mg/L olması gerektiği bildirilmiştir.

Tablo 10. TSE, EC ve WHO'ya Göre Klorür Değerleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Klorür (Cl)	250	250	250

2.3.2.6. Demir (Fe)

Yer kabuğunda en çok bulunan ikinci metal demirdir. Yer kabuğundaki demir miktarı yaklaşık olarak %5'tir. Buna karşın doğal sulardaki demir miktarı oldukça azdır. Element halde doğada çok az bulunan demir, iyon halindeki demir(II) (Fe²⁺) ve demir(III) (Fe³⁺) olup, oksijen ve sülfür içeren bileşiklerle tepkime oluşurma eğilimleri yüksektir. Bu tepkime sonunda; karbonatlar, oksitler, sülfidler ve hidroksitler oluşabilmektedir. Demir, doğada daha

çok demir oksitleri halinde bulunmaktadır. Erime noktası 1535⁰C olan demirin özgül ağırlığı ise 25⁰C’de 7,86 g/cm³’tür (Güler ve Çobanoğlu, 1994; WHO, 1996).

Demir, doğada çok bulunmasına karşın doğal sularda düşük düzeyde bulunmaktadır. Bunun sebebi su içindeki demirin hızlı çökerek sudan ayrılmasıdır. Demir suda iki değerlikli halde bulunabilmektedir. Bunlar demir(II) (ferro) ve demir(III) (ferri) iyonlarıdır. Ferro demir kararlı bir iyon olmayıp ortamda oksijen varsa,



tepkimesi gereğince demir(III)hidroksit halinde çökerek sudan ayrılmaktadır. İndirgeyici koşullar altında bu tepkime tersine dönerek suda yüksek değerde ferro demir bulunabilmektedir. Ferri demir, genellikle alkali sularda koloidal halde görülmektedir. Klor ilavesi ya da havanın etkisi ile demir, ferri haline yükseltgenerek demir(III)oksidi oluşturmaktadır. Özel koşullarda, havadan sakınmaksızın alınan laboratuvar su örneklerinin çoğunda demir, demir(III)oksit şeklinde bulunmaktadır. Alkali yüzey sularında demir, nadir olarak 1 mg/L değerinden fazla derişimlerde bulunabilmektedir. 0,3 mg/L’den daha fazla demir içeren suların tadı acıdır. Yüksek derişimde demir içeren suların kullanımı, günlük ve endüstride kullanılmaya uygun değildir. Çünkü bu sular, bazı bakterilerin oluşumuna (alg oluşumu) zemin hazırladıkları gibi, hidroksitleri halinde çökerek su dağıtım borularını tııkayabilmektedir (Güler, 1997).

İçme suyu dağıtım borularının yapı malzemesi olarak demir kullanılmaktadır. Demirin oksit bileşikleri ise boya ve plastiklerde renk pigmenti olarak kullanılırken, diğer demir bileşikleri gıda boyaları ve insan sağlığında demir eksikliği tedavisinde kullanılmaktadır. Demir tuzu ise suyun işlenmesinde çöktürme amaçlı kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; WHO, 1996).

Demir, USEPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) tarafından içme suları için ikinci derece bulunması istenmeyen madde olarak değerlendirilmektedir. Sudaki tavsiye edilen mevcut demir düzeyi 0,3 mg/L (ppm)’dir. Bu düzey, suyun kimyasal yapısındaki kalite değişimine bakılarak değerlendirilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Saf suda 40 µg/L demir (Fe²⁺) derişimi, tat olarak algılanabilmektedir. Mineralli bir kaynak suyu, 500 µg/L toplam çözünmüş katı madde içeriyorsa bu suyun demir tat eşik düzeyi 0,12 mg/L’dir. Artezyen sularında bulunan 0,3 mg/L demir derişimi ise duyuusal anlamda hissedilebilmektedir (WHO, 1996).

Suda bulunan demir, çoğu kimyasal tepkimede katalizör görevi yapmaktadır. Ayrıca hayvanların solunum pigmentlerinde demir elementi bulunmaktadır. Bitkilerde bulunan klorofilin yapısında demir bulunmamasına rağmen üretiminde bulunması zorunlu olmaktadır. Suda demir oksit düzeyi, 0,2-2 ppm olduğu zaman, alglerin büyümesi hızlanmaktadır. Suda bulunan demir oksit düzeyi 5 ppm'i aştığı zaman toksik etki yaratmaktadır fakat suda bulunan kalsiyum tuzları ve organik bileşikler tampon etkisi göstererek bu toksik etkiyi ortadan kaldırmaktadır (Tanyolaç, 2004). Metabolizmaya alınan yüksek demir derişimi, zehirleyici etki göstererek hemoglobin bozukluklarına neden olmaktadır (Coates, 2014).

Demir, içme suyuna jeolojik değişimlerden ve demir ihtiva eden suni gübrelerden karışmaktadır. Demirin metabolizmadaki yetersizliği; halsizlik, yorgunluk, anemi, baş ağrısı, saç dökülmesi, tırnak kırılması ve uyku düzensizliğine neden olurken, demirin metabolizmadaki aşırısı; baş dönmesi, mide ağrısı ve karaciğer yetmezliğine yol açmaktadır (Atabey, 2005). İçme suyundaki demir derişimi 2 mg/L seviyesine çıkması bile sağlığı kötü yönde etkilememektedir ancak suyun lezzetini ve görüntüsünü değiştirmektedir (WHO, 2006).

Demir, insan metabolizması için dışarıdan alınması gereken zorunlu bir elementtir. İnsanın demir elementine bağlı minimum gereksinimi; yaşı, fizyolojik durum, cinsiyet ve demirin biyolojik yararlılığına bağlı olarak 10-15 mg/gün aralığında değişim göstermektedir. Demirin metabolizmadaki ortalama öldürücü dozu 200-250 mg/kg'dır. Ancak, tek seferde 40 mg/kg düzeyindeki dozun direkt vücuda alınımı ölüme neden olmaktadır. Demir zehirlenmeleri sonucu; ishal, kusma, uyku hali, şok, beniz solukluğu, karın üst bölgesinde ağrı ve siyanoz (morarma) gözlenmektedir. Ayrıca siroz ve bazı alerjik rahatsızlıklar da görülebilmektedir (WHO, 1996).

Tablo 11. TSE, EC ve WHO'ya Göre Demir Değerleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Demir (Fe)	0,2	0,2	0,3

2.3.2.7. Mangan (Mn)

Mangan, yeryüzünde en yüksek düzeyde bulunan metallere biridir ve çoğunlukla demirle birlikte bulunmaktadır. Mangan, doğada serbest halde bulunmayarak, bileşikleri (MnO_2 , MnF_3 , vb.) şeklinde bulunmaktadır. İnsan metabolizmasında mangan, birçok enzimin fonksiyonunu ve çalışmasını yerine getirmektedir. Doğada en çok bulunan mangan bileşikleri; Mn^{+2} , Mn^{+4} ve Mn^{+7} iyonları içermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; WHO, 2004; WHO, 2008).

Birçok yüzey suyunda ve yer altı suyunda mangan elementi bulunabilmektedir. Ancak yer altı suları, yerüstü sularına göre daha çok mangan içermektedir. Deniz suyundaki mangan derişimi 0,4-10 $\mu g/L$ olarak belirlenmiş olup ortalama 2 $\mu g/L$ 'dir. Taze sulardaki derişimler ise 1-200 $\mu g/L$ aralığındadır. İnsanlar, manganı içme sularından daha çok gıdalardan almaktadır. ABD'de yapılan bir çalışma sonucu günde 2 litre su içen bir insanın günlük 20 mg mangan alabileceği görülmüştür. Mineral içme suları ise metabolizmaya alınan mangan miktarını önemli derecede artırabilmektedir (WHO, 2004).

Toprak ya da kayaç tortularının yapısında bulunan mangan, doğa olayları ile çözünerek suya karışmaktadır. Demir düzeyi fazla olan sularda, genellikle mangana da rastlanılmaktadır. Ancak bu sularda mangan değeri çok azdır ve çoğu zaman 0,3 mg'ı geçmemektedir. Mangan(II) (Mn^{2+}) iyonu da demire benzer özellikler göstermektedir. Demir gibi oksitlendiği zaman, siyah tortu şeklinde çökmektedir. Endüstride kullanılan sularda bulunan mangan etkisi, demirin etkisi ile hemen hemen aynıdır. Ancak mangan, suda bakteri üremesine demirden daha çok zemin hazırlayarak ve oluşturduğu çökelekler ile su dağıtım borularının tıkanmasına sebep olmaktadır. Suda 0,5 mg/L'den fazla manganın bulunması lezzeti olumsuz etkilemektedir. Yüksek derişimde bulunan manganlı sular, evlerde çamaşır yıkamaya uygun olmayıp endüstri alanında bu suların arıtılması gerekmektedir (MEGEP, 2011).

Demir, kahverengimsi lekeler oluştururken mangan gri ve siyah lekeler oluşturmaktadır. Bu kendine has özellikleri nedeni ile demir ve mangan derişimleri yüksek sular; gıda, deri, plastik, kağıt ve dokuma gibi sanayi kollarında kullanıldıklarında, ürünün tadında ve renginde değişime sebep olmaktadır. Çökelek oluşturan manganın, filtrasyon yöntemi ile giderilebilirmesine rağmen çökelek oluşturmeyen manganın giderimi için oksidasyon ve filtrasyon yöntemi birlikte uygulanmaktadır (MEGEP, 2011).

Suda mangan derişiminin 0,1 mg/L'nin üzerinde olması, istenmeyen tat oluşumu ile çamaşır ve tesisatta lekelerle neden olmaktadır. Sudaki manganın 0,02 mg/L kadar çok düşük derişimlerde olması ise dağıtım boruları içerisinde tabaka oluşturmasına ve bu tabakanın siyah çökelek olarak dökülebilmesine neden olmaktadır. Birçok ülkede mangan sınır değeri 0,05 mg/L olarak belirlenmiştir (WHO, 2004).

Mangan, insanlar da dahil olmak üzere birçok canlı için esansiyel bir elementtir. Yüksek derişimlerde vücuda alındığı zaman sağlık üzerine olumsuz etkileri görülmektedir. Çok yüksek düzeyde metabolizmaya alınan mangan ile ortaya çıkan sendrom, 'manganizm' olarak bilinmektedir ve parkinson hastalığına benzer etkileri vardır (WHO, 2004; WHO, 2008). Ayrıca metabolizmadaki yüksek mangan derişimi, insanlarda alzheimer hastalığına da yol açabilmektedir (Finkelman ve diğerleri, 2001).

Yetişkin bir birey metabolizmasındaki toplam mangan düzeyi, yaklaşık olarak 10-20 mg/kg'dır. Mangan düzeyi, insan yaşı ve metabolizmasına göre değişiklik göstermektedir. Mitokondri bakımından zengin olan organlarda (böbrek, bağırsak ve karaciğer) mangan derişimi daha yüksektir. İnsanlarda yüksek derişimdeki manganın yarattığı etki, psikolojik ve sinirsel rahatsızlıklarına sebep olabilmektedir. Hayvanlarda; büyümede gerileme, kansızlık, mide ve bağırsaklarda rahatsızlığa neden olmaktadır. Bitkilerde ise, yaşlı yaprak ve dokularda mangan oksitin çökmesine bağlı olarak kahverengi ve siyah lekeler oluşmaktadır (Topbaş ve diğerleri, 1998). Mangan, doğada bulunan en az toksite gösteren elementlerden biridir. Birkaç olay dışında, sudaki mangandan kaynaklı bir zehirlenme vakası görülmemiştir.

Tablo 12. TSE, EC ve WHO'ya Göre Mangan Derişimleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Mangan (Mn)	0,05	0,05	0,10

2.3.2.8. Bakır (Cu)

Bakır doğada; deniz, yüzey, yer altı ve içme sularında bulunmaktadır. Buralarda bakırın bulunma durumu kompleks iyonlar halinde ya da koloidal haldedir. İçme suyu kaynaklarında bakır iyonu, nadir olarak görülmektedir. İçme suyunda bulunan bakır, su dağıtım

ekipmanlarındaki bazı noktalarda ortaya çıkabilmektedir. Evlerde bulunan su tesisatlarında kullanılan bakır borular ve bağlantı sistemlerinin aşınması sonucu, bakır bulaşması (kontaminasyon) gerçekleşmektedir. Aşınmaya neden olan faktörler; yüksek sıcaklık, düşük pH (<8), düşük toplam çözünmüş katı madde, yüksek miktarda çözünmüş oksijen ve karbondioksittir. Yumuşak sular, genel anlamda sert sulara oranla daha aşındırıcı etkiye sahiptir. İyon değişimi yöntemi ile yumuşatılmış sularda, bakır derişiminin arttığı da görülmektedir (Skipton ve diğerleri, 2013; WHO, 2004).

Bakır ve bileşenleri doğada ve yüzey sularında bulunabilmektedir. Sudaki bakır oranı; suyun pH'sı, karbonat derişimi ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır derişimi, suyun kaynağından ya da arıtılmış suda bulunan bakır derişiminden daha yüksek olabilmektedir. Çünkü bakır tuzları, su dağıtım borularındaki çamurlaşma kontrolünde, manganın yükseltgenmesinin sağlanmasında ve depolardaki bakteri oluşumunun kontrolünde kullanılmaktadır. Pirinç, bronz borular ve bağlantı borularının aşınması sonucunda suya karışan bakır iyonları ölçülebilmektedir (Güler, 1997). Bakır, içme sularında bazen açık mavi ya da mavi-yeşil bir renk oluşturarak tesisat donanımlarında lekeler oluşturabilmektedir (Skipton ve diğerleri, 2013; WHO, 2004).

Suda bulunan bakırın zararlı bir etkisi olmadığı bilinmektedir. Ancak bakır; alüminyum ve çinko gibi yapı malzemesi olarak kullanılan boruların korozyonunu artırmaktadır. Suda 1 mg/L'den fazla bakır bulunması çamaşırlarda leke yapabilmektedir. Bakırın 5 mg/L düzeyinde olması suya renk vererek acı bir tat oluşturmaktadır (Güler, 1997).

Yüzey ve yer altı sularında bulunan bakırın kaynağı başlıca; evsel, sanayi ve madencilik atıklarıdır. ABD'de yapılan pek çok çalışmada yüzey sularında bulunan bakır derişiminin 0,0005-1 mg/L aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Sudaki bakır derişimi; pH, sertlik ve su dağıtım donanımlarında bakır iyonu bulunması gibi birçok parametreye bağlı olabilmektedir. ABD, Avrupa ve Kanada'daki pek çok çalışmanın sonucunda, içme sularındaki bakır değerinin $\leq 0,005$ ile >30 mg/L arasında değiştiği ve sudaki bakır varlığının temel kaynağının içme suyu şebeke sisteminin korozyonundan kaynaklı olduğu saptanmıştır. Yüksek derişimli karbonatlı sularda, suyun dağıtım sırasında sudaki bakır derişimi çoğunlukla artış göstermektedir (WHO, 2004; WHO, 2006).

İnsan metabolizması için bakır önemli bir elementtir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), halk su sağlayıcıları için bakır düzeyini 1,3 ppm olarak belirlemiştir. İçme suları için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiş olan bakır

derişimi ise 2 ppm'dir (Skipton ve diğerleri, 2013; WHO 2004; WHO 2006). İnsan kanında litrede 0,8 mg bakır(II) (Cu^{2+}) iyonu bulunmaktadır. Vücuttaki bakır; eritrosit oluşumundaki doku demirinin serbest bırakılmasında, merkezi sinir sistemi ile kemik ve bağ dokusu gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Yüksek derişimde vücuda bakır alınması durumunda; mukoza iltihaplanması, karaciğer, böbrek, damar hastalıkları ve depresyon ile devam eden merkezi sinir sistemi tahripleri görülebilmektedir (Güler, 1997).

İnsanlarda bakır zehirlenmesi, akut ve kronik olarak iki şekilde görülmektedir ve akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenmektedir. Yiyecek ve içeceklere kazara bakır içeren maddelerin karışması ile ya da kasıtlı olarak bakır tuzlarının yutulması neticesinde zehirlenme meydana gelmektedir. Akut bakır zehirlenmelerinin sonucu olarak gözlenen semptomlar; tükürük salgısının artması, ishal, mide ağrısı ve bulantı şeklinde görülmektedir. Ayrıca vücuda alınan bakır düzeyine bağlı olarak sonuç koma ya da ölüm de olabilmektedir (Akar, 2000; Güler ve Çobanoğlu, 1997; Karataş, 2004; WHO, 2004).

Yüksek derişimde bulunan bakır, bitkiler için de toksik etki göstermektedir. Bu etki, ilk olarak bitki köklerinde başlamaktadır ve daha sonra yapraklara taşınarak birçok fizyolojik işlemi engelleyebilmektedir. Bakır; bitkilerde büyümeyi, protein sentezini, fotosentezi, enzim aktivitesini ve mineral alımını etkileyerek metabolik aktivitelerini değiştirebilmektedir (Cambrolle ve diğerleri, 2015).

Tablo 13. TSE, EC ve WHO'ya Göre Bakır Derişimleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Bakır (Cu)	2,0	2,0	2,0

2.3.2.9. Çinko (Zn)

Doğada bol miktarda bulunan çinko elementi, yeryüzü kabuğunun %0,004'ünü oluşturmaktadır. Çinkonun en çok bulunan minerali, çinkonun ana maddesi sayılan sfalerit (ZnS)'tir. Sfalerit; kurşun, bakır, kadmiyum ve demir sülfürle beraber bulunmaktadır. Çinko derişimi toprakta, 1-300 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Güler, 1997).

Atmosferdeki çinko derişimi, kaynağına bağı olarak değişim göstermektedir. Çinkonun; oksit, sülfür ve karbonatları yüksek klorürlü sularda çözünmektedir. Çinko sülfat tuzları ise çinko hidroksit ve çinko karbonat şeklinde hidroliz olmaya yatkındır. Doğal sularda çinko, az düzeyde bulunmaktadır. Çinko düzeyi, musluk suyunda bulunan, galvanizli pirinç borular ve diğer çinko malzemeli yapılardan gelen çinko nedeni ile yüzey sularından daha çoktur. Musluk suyunda bulunan çinko düzeyi, 0,01-1 mg/L arasında değişiklik göstermektedir (Güler, 1997).

Çinko, çoğunlukla galvanizli boruların aşınması ile suya geçmektedir. Yetişkin bir insan, günde gıda takviyesi ile birlikte toplamda 12 mg çinko almaktadır. İçme suyu ile alınan çinko değeri 400 µg'ı geçmemektedir (MEGEP, 2011).

Çinkonun varlığı suya ilaç tadı vermektedir. Bir litre suda 5 mg'dan fazla çinkonun varlığı suda yanar döner bir renk oluşturmaktadır. Ayrıca çinko, suyun kaynaması sırasında yağlı bir film tabakası meydana getirmektedir. Bu düzey (5mg/L), tavsiye niteliği taşıyıp problem çıkmaması adına çinko derişiminin bu düzeyin altında tutulması gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Çinko zehirlenmeleri, insanda nadir görülen bir durumdur. Çinko fazlalığı, metabolizmada bakır fonksiyonunu da engellemektedir. Çinko, vücutta yaklaşık 200 enzim ve diğer proteinler için kullanımı mutlak gerekli bir elementtir. Ayrıca, protein metabolizması, nükleik asit ve hücre bölünmesinde rol oynamaktadır. Çinko hayvanlar üzerinde; kas gelişimini engelleme, kansızlık, gelişimde gerileme ve doğurganlığın azalması gibi istenmeyen etkiler meydana getirmektedir (Topbaş ve diğerleri, 1998).

2.3.2.10. Magnezyum (Mg)

Magnezyum yer altı sularına çoğunlukla, dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), magnezyumlu kalker ve serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın çözünmesi ile karışmaktadır. Suyu sertlik veren magnezyum, insan kalbini koruyarak, ritim bozukluklarını engellemektedir. İçme suyu olarak yumuşak sular kullanıldığı zaman, kalp ve damar hastalıklarının yaygınlığının arttığı tespit edilmiştir (Finkelman ve diğerleri, 2001). Ancak bazı çalışmalarda da sert suların kalp hastalıkları karşısında koruyucu olmadığı bildirilmiştir (Morris ve diğerleri, 2008). Ayrıca su sertliğinin, insan sağlığına faydası ile ilgili klavuzlara yazılmış bir

öneri bulunmamaktadır (WHO, 2008). Vücuda magnezyumun aşırı alınması, bağırsak rahatsızlıklarına sebep olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Suda bulunan karbondioksit, silikatlı ve karbonatlı minerallerdeki magnezyumun suya geçmesini sağlamaktadır. Silisli ve granit içerikli toprakların içinde bulunan sularda, yaklaşık 5 mg/L kadar magnezyum bulunmaktadır. Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ve kireç taşı ihtiva eden sulardaki magnezyum derişimi 10-15 mg/L civarındadır. Magnezyum sülfat ve magnezyum klorür bileşikleri suda kolay çözünmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Magnezyum, suyun sertliğini oluşturan iyonlardan biridir ve sıcak sularda kırılğan bir kabuk meydana getirmektedir (Colloquium, 1975). İnsan metabolizması için gerekli bir mineral olan magnezyum; kas, kemik ve sinirsel dokularda bulunmaktadır. Magnezyum, metabolizmada daha çok hücre içi bir eleman olarak görev almaktadır ve alyuvarların yapısında bulunmaktadır. Plazmadaki düzeyi yaklaşık %2,5 mg kadardır. Magnezyumun hücrelerdeki düzeyi ise daha fazla olmaktadır. Sağlıklı bir bireyin günlük alması gereken magnezyum miktarı 35-50 mg civarındadır (Güler, 1997). Vücuda alınan magnezyum düzeyi, 35-50 mg'dan daha fazla olması durumunda, görme bozukluğuna ve göz tahribatına neden olmaktadır. Ayrıca magnezyum, bağırsak rahatsızlığı ile birlikte ishal oluşturunca bir etki yaratmaktadır. Suda bulunan magnezyum iyonu, suyun geçici toprak yapısına bağlı olup, suya acı tat vermektedir (MEGEP, 2011).

2.3.2.11. Bor (B)

Bor, volkanik arazilerden çıkan sularda ve sıcak su kaynaklarında yüksek derişimde bulunmaktadır. Bunun haricinde, borat içerikli deterjanların kullanıldığı yerlerdeki sularda yüksek derişimde bor bulunabilmektedir. Suda saptanan yüksek derişimdeki borun en büyük zararlı etkisi; daha çok tarım ve sulamada karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte kullanım ve içme suyunda, su ürünlerinde ve hayvan sulamasında da farklı zararlı etkileri görülmektedir (Hornick ve diğerleri, 1970).

Bor, sularda borik asit (H_3BO_3) olarak bulunmaktadır. Bor derişimi, organik maddelerce zenginleştirilmiş tortul kayalarda 1000 ppm'e kadar çıkabilmektedir. Andezitlerden gelen sularda, diğer volkanik kayalara kıyasla daha çok düzeyde bor bulunmaktadır. Klorür içerikli sular ise genellikle 10-50 ppm derişimi arasında bor içermektedir (Eroğlu ve Aksoy, 2003).

Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için bor minerali önemli bir yere sahiptir. Fakat borun sulama sularındaki derişimi ya da topraktaki çözünürlüğü, bitkinin ihtiyacından fazla olduğu takdirde, bitkinin büyümesini ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkiler sudan aldıkları bor mineralini, kökten yaprağa taşıyarak, yaprakların kenar ve uç kısımlarında depolamaktadır. Sulama sularındaki yüksek bor derişimi, toprağın gözenekliliğini düşürerek, bitki köklerinin hava almasını engelleyip, kurummasına neden olmaktadır. Ayrıca bitkilerin yapraklarında dökülme, lekelenme, çürüme ve meyvelerde olgunlaşmadan dökülme gibi etkiler de göstermektedir (Güler, 1997). Vücuda alınan yüksek derişimdeki bor, sağlığı olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek bor derişimli içme suyu, insanda bağırsak rahatsızlıkları ve kilo kaybına sebep olmaktadır (Badruk, 2003).

Tıbbi araştırmalar sonucu, bor bileşikleri toksik maddeler sınıfından ikinci grupta yer almaktadır. Bor mineralinin; azot, kalsiyum ve bakır gibi besin metabolizmasında yararlı bir etkisi vardır. Borun insan metabolizmasına olan faydası, bitkilere olan faydası kadar net bilinmemektedir. Metabolizmadaki bor eksikliğinde; magnezyum, fosfor ve kalsiyum emiliminde de azalma görülmektedir. Bor, metabolizmada birçok organın faaliyetinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak vücuda alınan yüksek derişimdeki bor; kalp rahatsızlığını, kan bileşenlerinde değişimi, çocukların zihinsel gelişimini, sinir ve üreme sistemlerini olumsuz etkilemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yetişkin bir bireyin günde 1-13 mg bor minerali almasının yeterli olduğunu bildirmiştir (Wolska ve Bryjak, 2013).

İnsanlar tarafından meyve, sebze gibi yiyecek ve içeceklerden alınan bor miktarı ortalama 10-20 mg kadardır. Yiyecekler ve su ile alınan bor, kısa süre içinde ve tamamen vücut tarafından soğurulmaktadır. Ancak bor vücutta depolanmayarak, idrar yoluyla atılmaktadır. Yetişkin bireyler için borun öldürücü dozu 5-45 gram olduğu farklı kaynaklarda belirtilmiştir (Güler, 1997).

Tablo 14. TSE, EC ve WHO'ya Göre Bor Derişimleri (WEB_2)

Standart	TSE 266	EC	WHO
mg/L	Türk Standartları Enstitüsü	Avrupa Birliği	Dünya Sağlık Örgütü
Bor (B)	1,0	2,0	2,0

2.3.2.12. Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum yer altı sularına; jips, kalsit, anhidrit ve aragonit gibi silikatlı olmayan minerallerin çözünmesi ve piroksen, amfibol ve anortit gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi ile karışmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). İnsan vücudu günde yaklaşık 1 gram kalsiyuma ihtiyaç duymaktadır. Sudaki kalsiyum derişiminin 1000 mg/L'den yüksek olması, insanda böbrek taşı oluşumuna ve damar sertliğine neden olmaktadır (Atabey, 2005). Kalsiyum, suda sertlik yaratan iyonlar içinde yer almaktadır (Finkelman ve diğerleri, 2001).

Doğada bulunan başlıca kalsiyum kaynakları; karbonatlar (CaCO₃ yani kireç taşı ya da mermer), jips (CaSO₄ yani alçı taşı), aragonit, anhidrit, dolomit (CaMg(CO₃)₂) ve apatit mineralleridir. Silikat taşları, %1-10 oranında kalsiyum iyonu içermektedir. Kalsiyum silikatlar, yağmur ve havanın etkisi ile çözünebilen kalsiyum tuzlarına ve kil minerallerine dönüşmektedir. Suda bulunan kalsiyum iyonunun kaynağını ise sülfatlı ve karbonatlı kalsiyum bileşikleri oluşturmaktadır. Bu sebeple sularda bulunan kalsiyum iyonu farklı derişimlerde bulunabilmektedir. Kalsiyum içeren sularda aynı zamanda karbonat ve sülfat iyonları da bulunuyorsa, bu iyonlar kalsiyum karbonat (CaCO₃) ve kalsiyum sülfat (CaSO₄) şeklinde çökerek bir kabuk meydana getirmektedir. Bu kabuk, su dağıtım borularının iç yüzeyinde bir katman oluşturarak, borunun aşınmasını engellemektedir. Sulama sularında bulunan kalsiyum, toprağın yapısı ve geçirgenliği bakımından yararlıdır (Güler, 1997).

Kalsiyum metali, eritilmiş olan halojenürün elektrolizi ile elde edilmektedir. Kalsiyumun en önemli bileşikleri, kalsiyum oksit (CaO) ve kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂)'tir. Bu kalsiyum oksit bileşikleri, doğada bulunan kalsiyum karbonatın (CaCO₃), özel fırınlarda 1000-1100°C'ye kadar ısıtılması, yani yakılması ile elde edilmektedir. Oluşan kalsiyum oksite (CaO) sönmemiş kireç de denilmektedir. Kalsiyum oksit, suda çözüldüğü zaman yüksek miktarda ısı (18 kcal/mol) açığa çıkarıp, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) yani sönmüş kireç meydana getirmektedir. Oluşan sodyum hidroksit süspansiyonundan klor (Cl₂) gazı geçirilecek olursa, kalsiyum hipoklorit ve kalsiyum hipoklorit + kalsiyum klorür karışımı elde edilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).



(Kalsiyum hipoklorit ya da Kireç kaymağı)

Oluşan bu bileşik hidrojen ile tersinir tepkime vererek HOCl (hipokloröz asit)'i oluşturmaktadır.



Kalsiyum hipoklorit (Ca(OCl)_2), hem mikroorganizmaları tahrip eder hem de boyaları okside etkisi ile bozarak tekstil endüstrisinde ağartıcı olarak kullanılmaktadır. Havada %0,03 oranında mevcut olan karbondioksit etkisi ile kalsiyum karbonat yüzeylerinde düşük miktarda kalsiyum bikarbonat oluşmaktadır. Bu nedenle kireç taşlarıyla teması olan tüm sular, çözünmüş kalsiyum bikarbonat içermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Kalsiyum, insan metabolizması için en önemli katyonlardan biridir. Vücutta kalsiyum, en çok kemikte, hidroksiapatit kristalleri şeklinde fosfatlar ile birlikte bulunmaktadır. Ayrıca kalsiyum florür (CaF_2), az düzeyde diş minesinde bulunmaktadır. Kalsiyumun kan plazmasındaki düzeyi ortalama %10 civarındadır. Kalsiyum metabolizmada; kanın pıhtılaşmasında, kasların fonksiyonunda, hücre zarının geçirgenliğinde ve sinirsel aktivitesinde önemli rol oynamaktadır. Yetişkin bir insan vücuduna günde 800 mg kadar kalsiyum almaktadır. Bunun 700 mg kadarı dışkı yolu ile atılırken, kalan 100 mg vücut içinde kemiklerde depo edilmektedir. Vücutta depolanan kalsiyumun da yine bir kısmı dışkı yolu ile dışarı atılmakta, böbrek yoluyla ise çok az miktarda kalsiyum dışarı atılmaktadır (WHO, 2008).

İçme suyu için kullanılan yer altı sularındaki kalsiyum derişimi, 10-100 mg/L arasında değişmektedir. Bu kalsiyum derişimi, 500-1000 mg/L'ye kadar çıkabilmektedir. Sudaki kalsiyum derişiminin artması, sertliği artırıp buna paralel olarak sabunun köpürmesini azaltmaktadır. Ayrıca suyun tadını da değiştirmektedir. Kalsiyumun sulama sularında bol olması, sodyum yüzdesinin artışı azaltıp bu artışlardan doğacak olumsuzlukları önlemektedir. Bitki gelişimde önemli rol oynayan kalsiyum iyonunun (Ca^{+2}), sulama sularında bulunması gereken derişimi 2,5-4,2 meq/L aralığında olması gerektiği bilinmektedir (Will ve Faust, 1999).

Vücuda direkt olarak zararlı etkisi bulunmayan kalsiyum, kemik ve diş yapısı için yarar sağlamaktadır. Kalsiyum, suda sertliği artırdığı için taş yapma potansiyelini de artırmaktadır. Suda bulunan kalsiyum derişiminin çok düşük olması ise korozitif etki yaratabilmektedir. Suda bulunan kalsiyum suyun geçtiği toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak farklı derişimlerde görülebilmektedir (MEGEP, 2011).

2.3.2.13. Potasyum (K)

Yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerden yedinci sırada potasyum yer almaktadır. Buna karşın doğal sularda potasyum derişimi oldukça azdır. Bazı jeokimyasal prosesler ve absorpsiyon nedeniyle potasyum toprakta kalır ve suya fazla geçmemektedir. Çoğu suda potasyum derişimi 20 mg/L'den daha az olduğu bilinmektedir. Ancak daha yüksek derişimlerde potasyum da görülebilmektedir. Bu durum suyun bulunduğu yer şekilleri ve toprağın yapısı ile ilgilidir (Güler, 1997).

Yer altı sularında bulunan potasyum derişimi, potasyumlu minerallerin (potasyumlu feldspat gibi) bozunumuna, duyarlı potasyum minerallerinin (illit) oluşmasına, iyon değişimine ve gözenek sularının yer altı sularını beslemesine bağlı olarak değişmektedir (Atabey, 2005). İnsan ve tarım ile ilgili olan etkileri sodyum ile benzerlik göstermektedir. Potasyumun kaynağını; endüstriyel atıklar, tarımsal gübreler, toprak ve kayaç yapısı oluşturmaktadır (MEGEP, 2011).

Potasyum (K^+), bitkiler için önemli bir besin kaynağıdır ve sulama sularında mutlaka bulunması istenmektedir. Potasyum, etkileri bakımından sodyumla benzerlik gösterse dahi ABD Tuzluluk Laboratuvarı'nda yapılan analizler sonucunda, sulama sularında ve toprakta herhangi bir olumsuzluk meydana getirmediği görülmüştür (Tuncay, 1994). Potasyum, sularda çok düşük derişimlerde bulunmaktadır. Sulama sularında bulunan potasyum derişiminin yüksek olması, suda gübrenin ya da diğer kirletici unsurların varlığını işaret etmektedir (Ayyıldız, 1990; Will ve Faust, 1999).

Ortalama 70 kg ağırlığında olan bir insan vücudunda, toplam 4000 meq potasyum minerali bulunmaktadır. Bunun yalnızca %2'sinden daha az bir değeri hücre dışı (ekstrasellüler) sıvıda yer almaktadır. Yiyecekler ile alınan ve absorbe edilemeyen %5-10 arasında olan potasyum ise dışkı yolu ile atılmaktadır. Diğer bir kısım potasyum ise böbrekler yoluyla idrar ile dışarı atılmaktadır (Güler, 1997).

Potasyum, her zaman görülmemekle beraber çok nadir hallerde yüksek derişimlerde bulunmaktadır ve yüksek derişim toksik etki göstermektedir. Potasyum iyonunun kandaki eksikliğinde; kaslarda kramplar, kalpte ritim bozuklukları, vücutta yorgunluk ve kabızlık görülmektedir. İçme suyunda bulunan potasyumun düşük veya yüksek derişiminin insan sağlığına doğrudan bir etkisi bulunmadığı bilinmektedir (Selinus ve diğerleri, 2005).

2.3.2.14. Sodyum (Na)

Sulama suyu kalitesi yönünden doğrudan etkili olan en önemli katyon sodyumdur. Doğada, sulara en fazla bulunan tuz sodyum klorür (NaCl)'dür (Varol ve diğerleri, 2005). Sodyum zehirlenmesi kalsiyum varlığında azalmaktadır. Hatta kalsiyum derişiminin artırılması zehirlenmeyi tam anlamıyla önleyebilmektedir. Sodyumun etkisi, sodyum ve kalsiyum katyonlarının derişimine bağılı olduğundan zehirlilik etkisinin tam anlamı ile değerlendirilmesi SAR (sodyum adsorpsiyon oranı) değerine bakılarak yapılmaktadır (Erdin, 2006). Sulama suyunun kalitesini belirleyen sodyum iyonu ve buna bağılı alkalilik oluşturma tehlikesi, sodyum iyonunun derişiminin yanında diğer iyonların da toplam derişimine göre, oransal değerinin yüksek olmasına bağılıdır (Akay Sönmez ve Kaplan, 1996). Buna göre sulama suyundaki sodyum derişimi düşük olsa dahi, sodyumun diğer iyonların toplamına oranı yüksek bir değer ifade ediyorsa yine sodyumun zararı oluşabilmektedir (Ayrancı, 2006).

Sodyum katyonunun, toplam katyonlara oranı tarımda önem teşkil etmektedir. Ayrıca sodyum oranının yüksek olması, toprağın geçirgenliği için de önemlidir. Yüksek derişimdeki sodyum, bitkilerde zehirlenmeye neden olmaktadır. Bitkide tipik sodyum zehirlenmesi belirtileri; kökten gövdeye doğru ve kenarlara doğru yaprak yanması şeklinde görülmektedir. Ayrıca yüksek sodyum derişimi, toprağın fiziksel yapısını bozduğu için, dolaylı yoldan bitki gelişimini de engellemektedir (Er, 2016). Yüksek basınçlı buhar kazanlarında, beslenme suyundaki sodyumun değerinin 2-3 mg/L olan limit derişimi önemlidir. Gerek görüldüğü zaman sudaki yüksek sodyum, hidrojenle değişme prosesi ve damıtma yöntemi ile giderilebilmektedir. Metabolizmadaki su ve sodyum dengesinin kontrolü, hormonal ve sinirsel sistem dahil olmak üzere birçok komplike olay sonucu meydana gelmektedir. Bu denge, metabolizmada sodyum emiliminden daha çok sodyum atılması ile sağlanmaktadır. İnsan sağlığı ve lezzet bakımından en normal ve önerilen sodyum derişimi 200 mg/L'dir (Güler, 1997).

Sodyum yer altı sularına; en çok plajiyoklaz feldspatların ayrışması, kil minerallerinin baz değişimi ve evaporitlerin bozunumu sonucunda karışmaktadır. Yetişkin sağlıklı insanlarda sodyumun zararlı bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca sudaki sodyum derişimi ile hipertansiyon oluşumu arasında ispatlanmış bir ilişki bulunmamaktadır (Selinus ve diğerleri, 2005).

İçme suyunda ve besinlerde bulunan sodyum iyonunun sağlık açısından belirlenmiş bir sınır değeri yoktur. Fakat 200 mg/L derişiminin üzerinde sodyum olması, hoş olmayan tat ve kokuya sebep olmaktadır. Ayrıca sodyum, klor iyonları ile birleşerek tuzluluk hissi yaratmaktadır. Sudaki sodyum fazlalığı; toprak yapısı, deniz katkısı, endüstriyel ve kirlenmeden kaynaklanabilmektedir (MEGEP, 2011).

Tablo 15. TSE, EC ve WHO'ya Göre Sodyum Derişimleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Sodyum (Na)	200	200	200

2.5.2.15. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sulama sularının kalite standartlarının belirlenmesinde diğer bir önemli parametre sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)'dır. Ancak sınıflamanın kesin sınırlarını belirlemek oldukça zordur. Toplam çözülmüş tuz derişimi (EC: elektriksel kondüktivite) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasında logaritmik ters bir ilişki vardır. Suyun elektriksel iletkenlik (EC) değeri arttıkça, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) azalış göstermektedir (Kanber ve diğerleri, 1990). Sodyum adsorpsiyon oranının hesaplanması için sulama suyunun içerdiği sodyum (meq/L), kalsiyum (meq/L) ve magnezyum (meq/L) iyonlarının derişim değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda sodyum katyonunun, kalsiyum ve magnezyum katyonlarına oranı ile sodyum adsorpsiyon oranı aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir (Eddy, 2014).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Sodyum adsorpsiyon oranı, toprak içindeki suda ve sulama suyunda bulunan sodyumun, baskın iyon olduğu durumu göstermektedir. Yüksek sodyumlu sularda, toprak parçacıkları birbirinden ayrılmaktadır. Böylece topraktaki gözeneklilik (porozite) azalmakta ve büyük boşluklar tıkanmaktadır. Bu durumda hava ve suyun toprak içine teması engellenmektedir (Resmi Gazete, 20 Mart 2010).

Sodyum adsorpsiyon oranı kavramı, değişebilir sodyum iyonunun, toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkisine dayanmaktadır. Suyun elektriksel iletkenlik (EC) değeri yükseldikçe aynı SAR değerine sahip suyun sodyumluluk sınıfı da değişiklik göstermektedir (Ayyıldız, 1990). Sulama suyunun sınıflandırılması için geliştirilen sistemlerden, dünyada ve ülkemizde en çok kullanılanı “ ABD Tuzluluk Laboratuvar Sistemi ” sınıflandırılmasıdır. Bu sınıflandırma, tuz derişimini ve sodyum adsorpsiyon oranını göz önüne alarak geliştirilmiştir. ABD Tuzluluk Diyagramı sınıflandırmasına göre; elektriksel iletkenlik (EC) değeri 0-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (C1), 250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (C2), 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (C3) ve 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den fazla (C4) olan sulardır. Sodyum adsorpsiyon oranı değerlerine göre ise; az sodyumlu sular 1. sınıf (S1), orta sodyumlu sular 2. sınıf (S2), yüksek sodyumlu sular 3. sınıf (S3) ve çok yüksek sodyumlu sular 4. sınıf (S4) olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır (Sağlam ve Adiloğlu, 1997).

Yapılan çeşitli laboratuvar çalışmaları sonucu, topraktaki sodyum adsorpsiyon oranının, toprak tarafından adsorbe edilmiş sodyum derişimini etkilediği bulunmuştur. Ayrıca sodyum adsorpsiyon oranı değerinin, suyun sodyum ya da alkali zararının bir indeksi olarak kullanılmasında bir kıstas olduğu görülmüştür. Sulama suyunun SAR değerinin arttığı durumda, topraktaki değişen sodyumun yüzdesi artar ve toprak sodikleşmeye doğru eğilim göstermektedir (Sağlam ve Adiloğlu, 1997). Yüksek sodyum oranı, sulamada kullanılan kaynağa alkalilik tehlikesi oluşturabilmektedir. Bundan dolayı SAR'a göre sınıflandırmada dikkate alınan ana faktör, değişebilir sodyum yüzdesi ve bunun toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan olumsuz etkisidir (Tuncay, 1994).

Suların SAR değeri, sulama suyu olarak kullanıma uygunluğunun belirlenmesinde en fazla yararlanılan parametrelerden birini oluşturmaktadır. Sulama suyunda bulunan yüksek sodyum derişimi, sulamadan sonra toprak üzerinde kabuksu yapılarının oluşumuna neden olarak, toprağın fiziksel yapısını bozup, geçirgenliğini azaltmaktadır. Bu durumdaki toprakta, bitki kökleri hava alamayarak, üretim kalitesi düşmektedir (Şahinci, 1991). Bu bağlamda su kimyası çalışmalarında, sodyum adsorpsiyon oranı daha çok önem taşımaktadır.

2.3.2.16. Sülfat (SO₄⁻²)

Sülfatlar, doğada bulunan ağır metal sülfürlerinin, atmosferik olaylar ile kısmen oksitlenerek, suda çözünmesi ile oluşmaktadır. Büyük bir kısmı tortul (sedimanter) kayalardan çözünse dahi doğada en yaygın bulunan mineral jipstir (Güler, 1997).

Kükürt ihtiva eden kaya ve minerallerin ayrışma, parçalanma ve oksidasyonu sonucu oluşan sülfatlar, sulama sularında daha az toksik etki göstermektedir. Yüksek derişimde bulunan sülfat iyonları, kalsiyum iyonunun çökmesine sebep olur ve bitkilerde toksik etki yaratmaktadır (Ayyıldız, 1990). Sulama sularında sülfatın bulunma aralığı 0-20 meq/L arasında değiştigi ön görülmektedir (Ayers ve Westcot, 1989).

Sülfat iyonu yer altı sularına; jips, gübre ve tarımsal ilaç olarak kullanılan kükürtlerle karışabilmektedir (Tuncay, 1994). Bazı endüstriyel atık suların sülfat derişimi fazladır ve doğal sulara karışıklarında onların da sülfat derişimini artırmaktadır. Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonucunda oluşturdukları; koku, tat, korozyon ve toksite gibi problemleri ile önemli kirleticiler arasında yer almaktadır. Suda bulunan yüksek derişimli sülfatın anlamı; yüksek sodyum tuzu, yüksek asitlik ve yüksek sertliktir (MEGEP, 2011).

Sülfat tuzları (kurşun, stronsiyum ve baryum sülfat hariç) suda çözünebilir bileşiklerdir. Çözünmüş olan sülfatlar, sülfüre indirgenebilir ya da hidrojen sülfür halinde buharlaşarak havaya karışabilmektedir. Ayrıca çözünmeyen bir tuz olarak çökebilir veya canlı organizmalarla birleşebilmektedir (Güler, 1997).

Su kaynaklarında bulunan sülfat genellikle; toprağın yapısında bulunan sülfat, tarımda kullanılan sülfat içerikli gübreler ile sülfürik asit, ilaç sanayi, atık kağıt, şeker fabrikası ve süt endüstrisi atıklarının suya karışmasından kaynaklanmaktadır. Sülfat iyonu, özellikle su canlıları için incelenmesi gereken en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Bitki gelişimi için de önemli sülfat iyonu, bütün sulama sularında bulunması istenmektedir. Sülfat içerikli sular beton ve demir boruların; tahrip olmasına, aşınmasına ve dayanıklılıklarını kaybetmesine neden olmaktadır (Atabey, 2005).

Su; yüksek derişimde sülfat içerip, özellikle düşük alkaliniteye sahipse su dağıtım sistemlerinde metallerin aşınmasına neden olmaktadır. Sanayilerden atılan atıklarda ve minerallerin kavrulması işleminde suya sülfat verilmektedir. Fosil yakıtların yanması ile atmosferik kükürtdioksit (SO₂) meydana gelmektedir. Kükürtdioksitin katalitik oksitlenmesi

ile kükürttrioksit (SO_3) oluşmaktadır. Oluşan kükürttrioksit su buharı ile birleşerek sülfirik asiti (H_2SO_4) oluşturmaktadır. Meydana gelen bu bileşik de asit yağmuru ya da asit karı şeklinde yeryüzüne inmektedir. Kayaç ve topraktan çözeltiye geçen katyonlar genellikle sülfat ile çözünebilen bileşikler vermektedir. Bu durum, suda yüksek derişimdeki sülfata neden olmaktadır (Güler, 1997). Sülfat, yer altı sularına anhidrit ve jipsten karışmaktadır. Önemli kirleticiler arasında yer alan sülfür bileşikleri; tat, koku, korozyon ve toksitite gibi problemlere neden olmaktadır. Magnezyum sülfat ve sodyum sülfat bileşikleri metabolizmada müshil etkisi yaratacağından dolayı 250 mg/L üst sınırla sınırlandırılmışlardır (Atabey, 2005).

Yetişkin bir insanın günde aldığı sülfat düzeyi hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. İnsan metabolizmasında sülfat, bağırsaklarda az miktarda absorbe edilmektedir. Sülfat, hücre zarından çok yavaş geçerek hızla böbreklerden atılmaktadır. İnsanlarda 1-2 gram sülfat, müshil etkisi göstererek bağırsakları temizlemektedir ve bu değer çocuklar için 21 mg/kg/gün olarak verilmektedir. Tat veren ve en çok kullanılan sülfat tuzlarının tat başlangıç değerleri; sodyum sülfat için 200-500 mg/L, kalsiyum sülfat için 250-900 mg/L, magnezyum sülfat için 400-600 mg/L olarak belirlenmiştir (Güler, 1997).

Tablo 16. TSE, EC ve WHO'ya Göre Sülfat Derişimleri (WEB_2)

Standart mg/L	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü
Sülfat (SO_4^{2-})	250	250	250

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Kullanılan Cihazlar

Yapılan çalışmada; pH metre, kondüktometre, spektrofotometre, etüv, desikatör, buzdolabı, manyetik karıştırıcı, hassas terazi, distile su arıtıcı ve çeker ocak kullanıldı.

3.1.2. Su Örneklerinin Toplanması ve Hazırlanması

Su örnekleri, Aydın ilinde bulunan artezyen sularından alındı. Aydın iline bağlı olan 9 ilçeden toplam 17 su örneği toplandı. Örnekler; Germencik, Kuşadası, Köşk, Çine, Söke, Yenipazar, Bozdoğan, Efeler (Merkez) ve Koçarlı ilçelerinde bulunan kuyu sularından alındı (Şekil 7).



Şekil 7. Artezyen Suyu Örneklerinin Toplandığı İlçeler

Örnekler, 2018-2019 yılları sonbahar ve kış mevsimlerinde alınmış olup orta seviyede yağış olan dönemde her su örneği noktasından 1L olmak koşulu ile toplamda 17 su örneği

(17L) toplandı. Örnekler, kuyu suyu yaklaşık 5 dk akıtıldıktan sonra alüminyum folyo ile sarılmış plastik şişeler, 3-4 defa kuyu suyu ile çalkalanıp daha sonra dolduruldu. Şişelerin ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra üzerindeki etikete su örneğinin alındığı yer, tarih ve saat not düşüldü. Toplanan örnekler, analizler yapılmaya kadar +4°C ve karanlık ortamda bekletildi.

Tablo 17. Su Örneği Alınan İlçeler ve Sayıları

İlçe Adı	Örnek Sayısı	İlçe Adı	Örnek Sayısı	İlçe Adı	Örnek Sayısı
Efeler	3	Köşk	1	Kuşadası	1
Bozdoğan	1	Söke	2	Koçarlı	1
Germencik	6	Çine	1	Yenipazar	1

3.1.3. Kullanılan Kimyasallar ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması

Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler ve formülleri aşağıda verilmiştir. Deneyleerde kullanılan standart çözeltiler ve hazırlanışı Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Analizlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Formülleri

	Malzemenin Adı	Kimyasal Formülü
1	Amonyak	NH_3
2	Amonyum Klorür	NH_4Cl
3	Baryum Klorür Kristali	BaCl_2
4	EDTA (Etilendiamin Tetra Asetikasit)	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$
5	Eriokrom Siyahı T	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$
6	Etil Alkol (Etanol)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
7	Fenolftalein	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$
8	Gliserin	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$
9	Hekza Metilen Tetramin	$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$
10	Hidrazin Sülfat	$(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SO}_4$
11	Hidroklorik Asit	HCl
12	Metil Oranj	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$
13	Sodyum Hidroksit	NaOH
14	Sodyum Klorür	NaCl
15	Sodyum Sülfat	Na_2SO_4
16	Sülfürik Asit	H_2SO_4

Tablo 19. Bulanıklık Tayininde Kullanılan Çözeltiler

	Stok Çözeltiler	Çözeltilerin Hazırlanması
1	Standart Hidrazin Sülfat Çözeltisi	1 g hidrazin sülfat 100 mL'lik balon jodede saf su ile çözüldü, çalkalandı ve işaret çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
2	Standart Hekza Metilen Tetramin Çözeltisi	10 g hekza metilen tetramin 100 mL'lik balon jodede saf su ile çözüldü, çalkalandı ve işaret çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
3	Stok Süspansiyon Çözeltisi (400 Birimlik)	100 mL'lik ölçülü balon jojeye 5 mL standart hidrazin sülfat çözeltisi ve 5 mL standart hekza metilen tetramin çözeltisi konulup karıştırıldı. 25-30 °C'de 24 saat bekletildi. Daha sonra saf su ile işaret çizgisine kadar tamamlanıp karıştırıldı.
4	Standart Süspansiyon Çözeltisi (100 Birimlik)	Stok süspansiyon çözeltisinden 25 mL alındı ve 100 mL'lik ölçülü balon jojeye saf su ile işaret çizgisine kadar seyreltilip karıştırıldı.

Tablo 20. Sülfat Tayininde Kullanılan Çözeltiler

	Stok Çözeltiler	Çözeltilerin Hazırlanması
1	Kondisyonlama Reaktifi (koruyucu-yardımcı çözelti)	25 mL gliserin, 15 mL derişik HCl, 150 mL distile su, 50 mL %95'lik etil alkol ve 37,5 g NaCl'den oluşan çözeltidir. Çözelti bileşenleri yukarıdaki sıra ile birbirine katıldı. Bu çözelti BaSO ₄ kolloidlerinin analiz süresi boyunca stabil kalmalarını sağladı.
2	Stok Sülfat Çözeltisi	0.0739 g susuz NaSO ₄ 105°C'de 1 saat kurutuldu. Bir miktar saf su ile çözüldü, 500 mL'lik balon jojeye aktırılarak hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlandı. Bu çözeltinin 1 mL'sinde 100 µg SO ₄ ²⁻ bulunmaktadır.
3	Tanık (kör) Çözelti	50 mL'lik balon jojeye bir miktar saf su konulduktan sonra üzerine 2,5 mL kondisyonlama reaktifi ve 0,1 g BaCl ₂ kristali eklenerek karıştırıldı. Üzerine saf su eklenerek hacim çizgisine kadar tamamlandı.

Tablo 21. Alkalinite (Karbonat – Bikarbonat) Tayininde Kullanılan Çözeltiler

	Stok Çözeltiler	Çözeltilerin Hazırlanması
1	0,01 N H ₂ SO ₄ Çözeltisi	1 L'lik balon jøjeye bir miktar saf su konuldu ve üzerine 0.28 mL derişik H ₂ SO ₄ ilave edilip karıştırıldı. Hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
2	0,02 N NaOH Çözeltisi	1 L'lik balon jøjeye bir miktar saf su konuldu ve üzerine 0.8 g NaOH konulup karıştırıldı. Hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
3	Fenolftalein İndikatör Çözeltisi	1 g fenolftalein, 100 mL %98'lik etil alkol içerisinde çözdürüldü. Üzerine 100 mL saf su ilave edildi. 0,02 N NaOH ile hafif pembe renk görülünceye dek titre edildi.
4	Metil Oranj İndikatörü Çözeltisi	0,05 g metil oranj 100 mL saf suda çözüldü.

Tablo 22. Toplam Sertlik Tayininde Kullanılan Çözeltiler

	Stok Çözeltiler	Çözeltilerin Hazırlanması
1	0,01 M EDTA Çözeltisi	3.75 g EDTA'nın üzerine çözeltinin pH'sını yaklaşık 10,5'e ayarlamak için 17 mL 1 M NaOH ile çözüldü. 1 L'lik balon jøjeye konulup hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
2	NH ₄ OH + NH ₄ Cl Tampon Çözeltisi	6,5 g NH ₄ Cl, 40 mL NH ₃ içerisinde çözüldü ve 100 mL'lik balon jøjede hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.
3	Eriokrom Siyah T İndikatörü	0,05 g eriokrom siyah t, 20 g NaCl ile bir havanda pudra haline getirildi ve koyu renkli şişede muhafaza edildi.

3.2. Yöntem

3.2.1. Titrimetrik Yöntem ile Yapılan Tayinler

3.2.1.1. Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat) Tayini

Alkalinite, su içinde çözülmüş durumda bulunan karbonat, bikarbonat ve hidroksit iyonları değerlerinin toplamıdır. Alkalinite değerinin belirlenmesinde kullanılan yöntem asit sarfiyatına dayanmaktadır. Bu yöntem ile su örneklerindeki karbonat, bikarbonat ve toplam alkalinite değerleri hesaplandı (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

5 mL'lik su örnekleri beyaz bant süzgeç kâğıdı ile 100 mL'lik erlenlere süzüldü. 1-2 damla fenolftalein indikatöründen örneklere damlatıldı. Daha önceden ayarlanmış olan 0.01 N H₂SO₄ çözeltisi (ayarlı H₂SO₄ çözeltisi, üç anlamlı sayı hassaslığında hazırlandı) ile pembe renkten renksiz olana kadar titre edilip sarfiyat kaydedildi. Renksiz olan çözeltilerin üzerine metil oranj indikatöründen 1-2 damla eklenip, karıştırıldı. Ayarlı 0,01 N H₂SO₄ çözeltisi ile renk sarıdan, soğan kabuğu kırmızısına geçinceye kadar titre edilip hacim kayıt edildi. Alkalinite değerleri aşağıdaki denklemler ile hesaplandı.

V_f : Fenolftaleynli ortamdaki asit sarfiyatı

V_m: Metil oranjlı ortamdaki asit sarfiyatı

V_t : Toplam asit sarfiyatı

$$\text{Karbonat alkalinitesi ppm CO}_3 = \frac{N_{H_2SO_4} \cdot V_f \text{ (mL)} \cdot 50 \cdot 1000 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

50 = CaCO₃'ün eşdeğer ağırlığı (Ma/Td)

$$\text{Bikarbonat alkalinitesi ppm HCO}_3 = \frac{N_{H_2SO_4} \cdot (V_m - V_f) \text{ (mL)} \cdot 61 \cdot 1000 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

61 = HCO₃⁻'ün eşdeğer ağırlığı (Ma/Td)

$$\text{Toplam alkalinite ppm CaCO}_3 = \frac{N \text{ H}_2\text{SO}_4 \cdot V_t \text{ (mL)} \cdot 50 \cdot 1000 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

3.2.1.2. Toplam Sertlik Tayini

Bu yöntemde titrasyon çözeltisi olarak EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) ya da bunun sodyum tuzu kullanılmaktadır. Bu bileşikler genelde, EDTA olarak ifade edilirler ve Ca^{+2} , Mg^{+2} ve diğer iki değerlikli sertliğe sebep olan kompleksler verirler. Dolayısıyla kalsiyum ve magnezyum değeri de bu yöntemle belirlenmiş olur (Gıda Teknolojisi, 2012).



Rutin analizlerde, ayarlı EDTA çözeltisi, 1 mL EDTA 1 Fransız Sertlik Derecesine (1 Fr⁰) yani 10 ppm CaCO_3 'a ekivalent olacak şekilde hazırlanır. Bu da 1/50 N ya da 0,01 M EDTA çözeltisidir.

50 mL'lik su örnekleri beyaz bant süzgeç kâğıdından geçirilerek 250 mL'lik erlenlere alındı. Örneklerin pH'ını 10'da tutmak için $\text{NH}_4\text{Cl-NH}_4\text{OH}$ tampon çözeltisinden 0,8 mL her bir erlene ilave edildi. Sertlik indikatörü olarak kullanılan Erio krom siyahı-T'den 0,05 g eklenerek, 0,01 M EDTA çözeltisi (Tritriplex III) ile titrasyona başlandı. Titrasyon şarap kırmızısı renginden, maviye dönene kadar devam edildi ve harcanan EDTA sarfiyatı not edildi. Toplam sertlik (CaCO_3) değerleri aşağıdaki denklemler ile hesaplandı.

$$\text{Toplam Sertlik} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{M \text{ EDTA} \cdot V \text{ EDTA (mL)} \cdot 50 \cdot 1000 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

50 = CaCO_3 'ın eşdeğer ağırlığı (Ma/Td)

3.2.2. Spektrofotometre ile Yapılan Tayinler

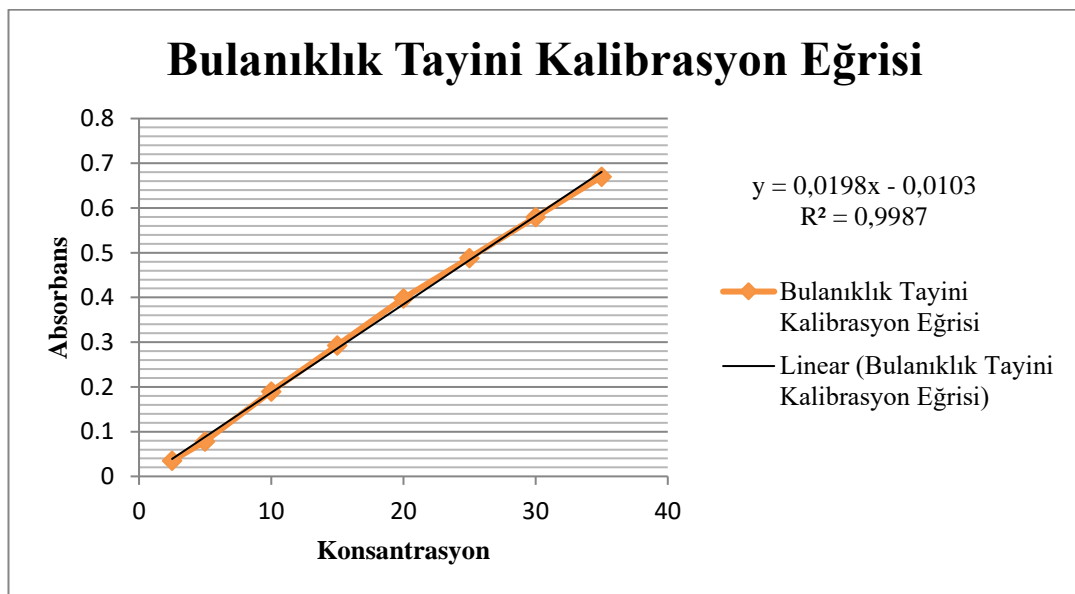
3.2.2.1. Bulanıklık Tayini

Spektrofotometrik yöntem ile yapılan bulanıklık tayini; mikroorganizmaların uygun dalga boyundaki ışığı absorbe etme özelliklerinden faydalanılarak, bulanıklığın tespiti esasına dayanmaktadır.

50 mL'lik ölçülü balon jodelere sırası ile 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 ve 20 mL hacimlerinde standart süspansiyon çözeltisinden konuldu. Distile su ile hacim çizgisine kadar seyreltilip, karıştırıldı. Daha sonra 450 nm'ye ayarlı spektrofotometre cihazı ile ölçümler yapıldı ve sonuçlar kayıt edildi. Ortaya çıkan veriler ile kalibrasyon eğrisi oluşturuldu.

Tablo 23. Standart Süspansiyon Hacmine Karşı Bulanıklık Şiddeti ve Absorbans Değerleri

Standart Süspansiyon Hacmi (mL)	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0
Bulanıklık Şiddeti (NTU)	5	10	15	20	25	30	35	40
Absorbans (nm)	0,018	0,037	0,057	0,076	0,092	0,112	0,129	0,149



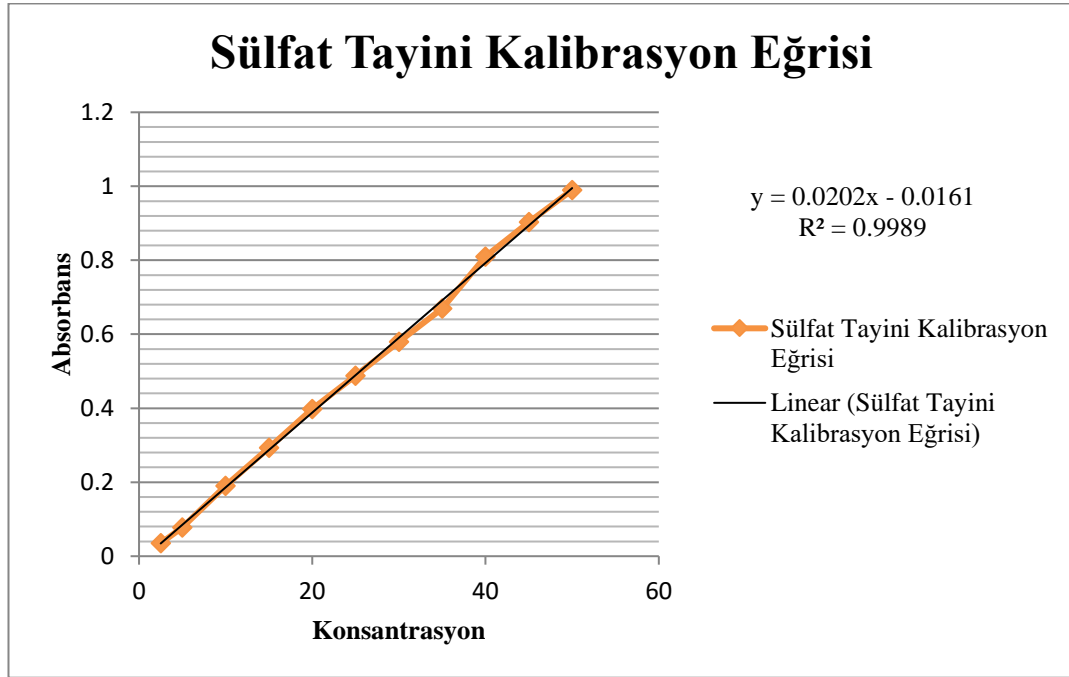
Şekil 8. Bulanıklık Tayini Kalibrasyon Eğrisi

3.2.2.2. Sülfat Tayini

Tanık çözelti kullanılarak spektrofotometrenin sıfır ayarı yapıldı. Hazırlanan stok çözeltilerden sırası ile 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 mL alınarak 50 mL'ye saf su ile seyreltildi ve 100 mL'lik beherlere aktarıldı. Üzerine 5 mL kondisyonlama reaktifinden ve 0,2 g BaCl₂ kristali eklenerek, cam baget yardımıyla 1 dakika karıştırılıp 4 dakika beklendi. Çözeltiler, hemen kuvarz ölçme küvetine alınıp 420 nm dalga boyunda ölçümleri yapıldı. Okunan değerler kaydedildi ve kalibrasyon eğrisi çizildi.

Tablo 24. Derişimi Bilinen Sülfat Çözeltisine Karşı Absorbans Değerleri

Derişimi Bilinen Sülfat Çözeltisi (mL)	2,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Absorbans (nm)	0,035	0,078	0,19	0,293	0,398	0,488	0,58	0,671	0,81	0,903	0,99



Şekil 9. Sülfat Tayini Kalibrasyon Eğrisi

3.2.3. Hizmet Alımı ile Yapılan Tayinler

Devlet Su İşleri 21. Bölge Müdürlüğü tarafınca yapılan analizler; klorür ve amonyaktır. Bu analizler, sıvı iyon kromatografisi yöntemi ile gerçekleştirildi. İyon kromatografi yönteminin temel prensibi; iyon değiştirme reçineleri aracılığı ile iyonları ayırma ve tayin etmeye dayanır. Anyon değiştirme reçineleri anyonları ayırmak için, katyon değiştirme reçineleri ise katyonları ayırmak için kullanılmaktadır. Katı bir maddenin yapısında olan iyonların, bu katı maddenin temas halinde olduğu, çözelti içindeki aynı cins yüklü olan, farklı iyonlarla denge kurularak değiştirilmesi özelliğine dayanmaktadır (ALUM, 2021).

Su örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bor, sodyum adsorpsiyon oranı, demir, çinko, bakır ve mangan analizleri Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde yaptırıldı.

4. BULGULAR

4.1. Analiz Hesaplamaları

Bu çalışmada titrimetrik yöntem (alkalinite, toplam sertlik tayini) ve spektrofotometrik yöntem (bulanıklık, sülfat tayini) kullanıldı. Su örneklerinde hizmet alımı ile yapılan tayinler; pH, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klorür, bor, SAR, demir, çinko, bakır, mangan ve amonyak tayinleridir.

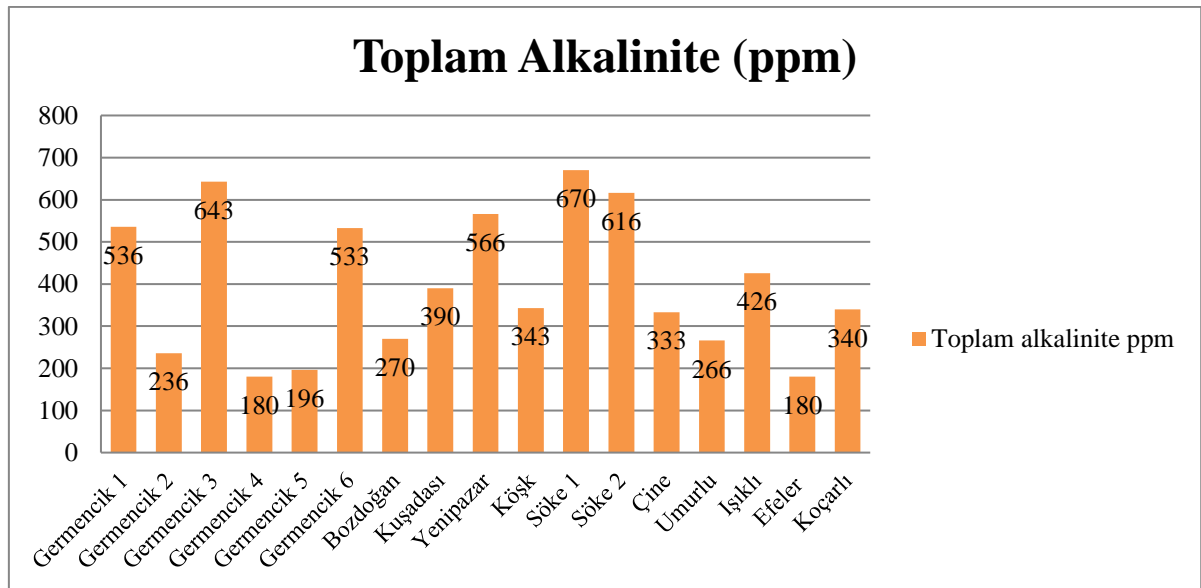
4.1.1. Alkalinite (karbonat-bikarbonat) Tayini Hesaplaması

Su örneklerindeki toplam alkalinite değerinin belirlenmesi için en az 3 kez titrasyon işlemi yapıldı ve bu sonuçların ortalaması alınıp formülde yerine konuldu.

$$\text{Toplam alkalinite ppm CaCO}_3 = \frac{N \text{ H}_2\text{SO}_4 \cdot V_t \text{ (mL)} \cdot 50 \cdot 1000 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

Tablo 25. Alkalinite Tayini Ortalama Sarfiyat ve Alkalinite Değerleri

İLÇELER	1. Titrasyon (mL)	2. Titrasyon (mL)	3. Titrasyon (mL)	Ortalama Sarfiyat (mL)	Toplam Alkalinite Değeri (ppm)
Germencik 1	5,4	5,4	5,3	5,36	536
Germencik 2	2,4	2,3	2,4	2,36	236
Germencik 3	6,5	6,3	6,5	6,43	643
Germencik 4	1,7	1,9	1,8	1,8	180
Germencik 5	2,0	1,9	2,0	1,96	196
Germencik 6	5,4	5,4	5,2	5,33	533
Bozdoğan	2,8	2,6	2,7	2,7	270
Kuşadası	3,9	4,0	3,8	3,9	390
Yenipazar	5,7	5,6	5,7	5,66	566
Köşk	3,4	3,4	3,5	3,43	343
Söke 1	6,6	6,8	6,7	6,7	670
Söke 2	6,2	6,1	6,2	6,16	616
Çine	3,3	3,4	3,3	3,33	333
Umurlu	2,6	2,7	2,7	2,66	266
Işıklı	4,3	4,3	4,2	4,26	426
Efeler	1,9	1,7	1,8	1,8	180
Koçarlı	3,4	3,5	3,3	3,4	340

**Şekil 10.** Toplam Alkalinite Değerlerinin İlçeler Arasındaki Kıyas Grafiği

4.1.2. Toplam Sertlik Tayini Hesaplaması

Su örneklerindeki toplam sertlik değerinin belirlenmesi için en az 3 kez titrasyon işlemi yapıldı ve bu sonuçların ortalaması alınıp formülde yerine konuldu.

$$\text{Toplam Sertlik} = \frac{mg}{L} \text{ CaCO}_3 = \frac{M \text{ EDTA} \cdot V \text{ EDTA (mL)} \cdot 50 \cdot 1000 \left(\frac{mL}{L}\right)}{V \text{ numune (mL)}}$$

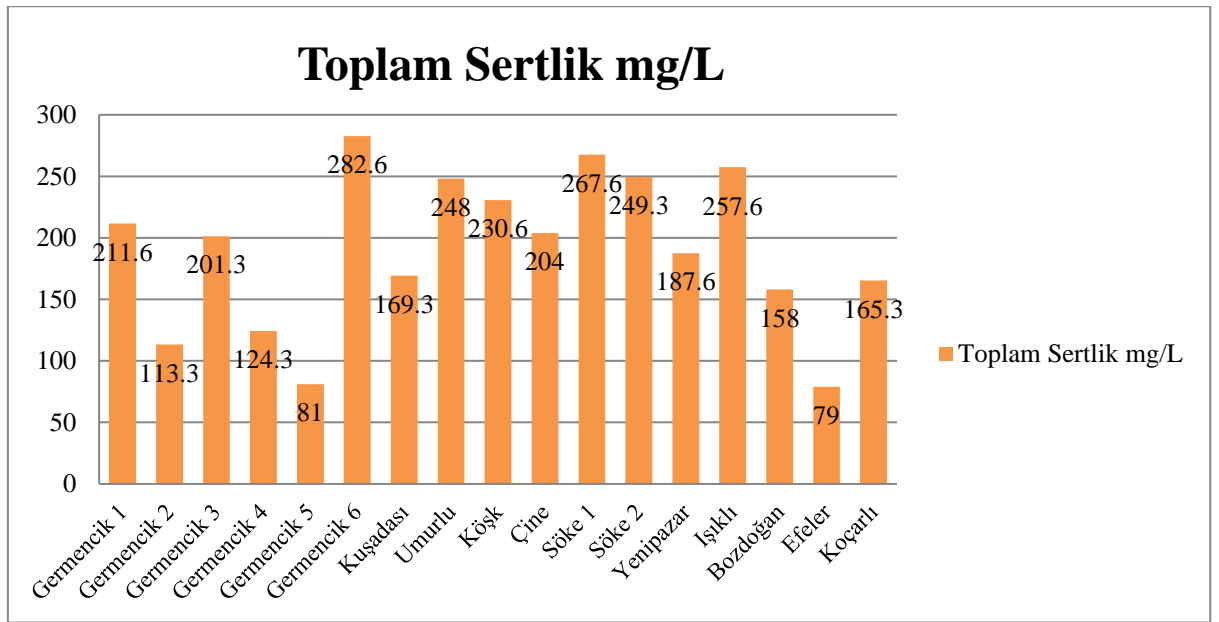
Tablo 26. Toplam Sertlik Tayini Ortalama Sarfiyat ve Toplam Sertlik Değerleri

İLÇELER	1. Titrasyon (mL)	2. Titrasyon (mL)	3. Titrasyon (mL)	Ortalama Sarfiyat (mL)	Toplam Sertlik Değeri (mg/L)
Germencik 1	21	21,5	21	21,16	211,6
Germencik 2	11,2	11,5	11,3	11,33	113,3
Germencik 3	20,3	20	20,1	20,13	201,3
Germencik 4	12,5	12,4	12,4	12,43	124,3
Germencik 5	8,2	8	8,1	8,1	81
Germencik 6	28,4	28,2	28,2	28,26	282,6
Bozdoğan	16,7	17	17,1	16,93	169,3
Kuşadası	24,6	25	24,8	24,8	248
Yenipazar	23,2	22,9	23,1	23,06	230,6
Köşk	19,8	21	20,4	20,4	204
Söke 1	26,5	27	26,8	26,76	267,6
Söke 2	24,7	25,2	24,9	24,93	249,3
Çine	18,6	18,9	18,8	18,76	187,6
Umurlu	26	25,6	25,7	25,76	257,6
Işıkli	15,6	16	15,8	15,8	158
Efeler	7,7	8,1	7,9	7,9	79
Koçarlı	16,4	16,7	16,5	16,53	165,3

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından sular sertliklerine göre içerisindeki CaCO_3 düzeyine göre Tablo 27'deki gibi sınıflandırıldı.

Tablo 27. Dünya Sağlık Örgütü Tarafından Suların Sertliklerine Göre Sınıflandırılması

Yumuşak Sular	0-75 mg/L
Orta Sert Sular	75-150 mg/L
Sert Sular	150-300 mg/L
Çok Sert Sular	300 mg/L ve üzeri



Şekil 11. Toplam Sertlik Değerlerinin İlçeler Arasındaki Kıyas Grafiği

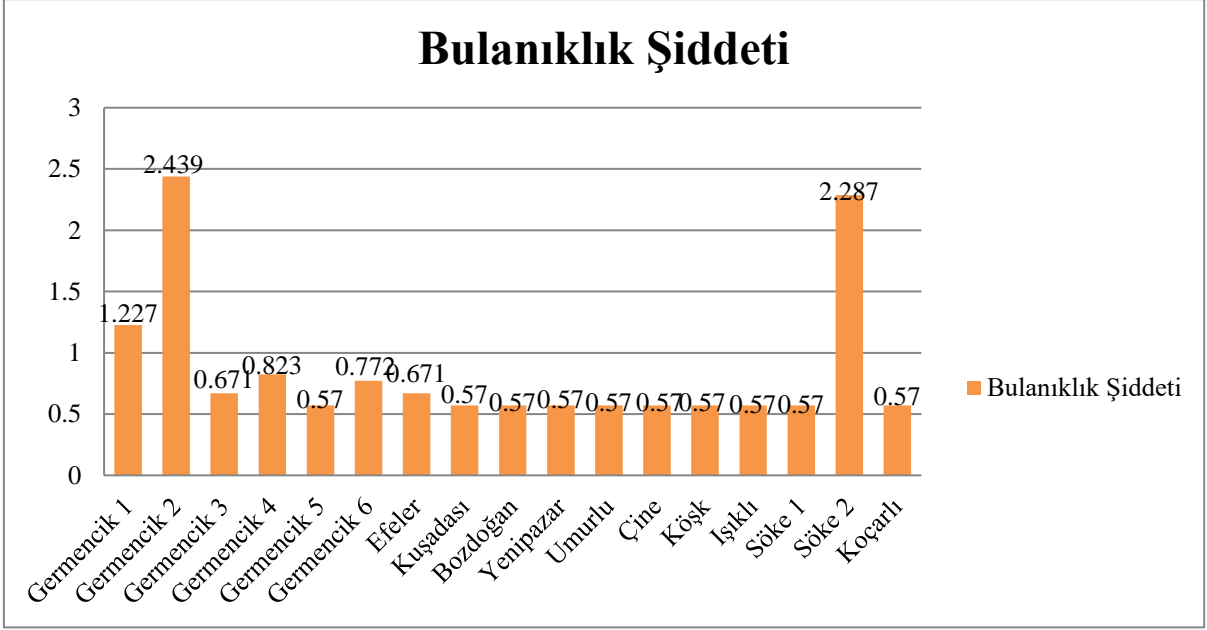
4.1.3. Bulanıklık Tayini Hesaplaması

Kalibrasyon eğrisi oluşturulduktan sonra yeterli miktardaki su örneği kuvarz küvete alındı ve 450 nm dalga boyunda optik yoğunluk ölçüldü. Kalibrasyon eğrisi kullanılarak bulanıklık şiddeti belirlendi. Ölçülen değerlerin çoğu ölçüm aralığının altında kaldığı için bulanıklık saptanamadı. Kalibrasyon eğrisi sonucu grafiğin formülü;

$y = 0,0198x - 0,0103$ $R^2 = 0,9987$ 'dir. Okunan absorbans değerleri, denklemdaki 'y' yerine yazılarak su örneğindeki bulanıklık şiddeti NTU birimi cinsinden bulundu.

Tablo 28. Bulanıklık Tayini Absorbans Değerleri ve Bulanıklık Şiddeti

İlçeler	Absorbans (nm)	Bulanıklık Şiddeti (NTU)
Germencik 1	0,014	1,227
Germencik 2	0,038	2,439
Germencik 3	0,003	0,671
Germencik 4	0,006	0,823
Germencik 5	0,001	0,570
Germencik 6	0,005	0,772
Efeler	0,003	0,671
Kuşadası	0,001	0,570
Bozdoğan	0,001	0,570
Yenipazar	0,001	0,570
Umurlu	0,001	0,570
Çine	0,001	0,570
Köşk	0,001	0,570
Işıklı	0,001	0,570
Söke 1	0,001	0,570
Söke 2	0,035	2,287
Koçarlı	0,001	0,570



Şekil 12. Bulanıklık Değerlerinin İlçeler Arasındaki Kıyas Grafiği

4.1.4. Sülfat Tayini Hesaplaması

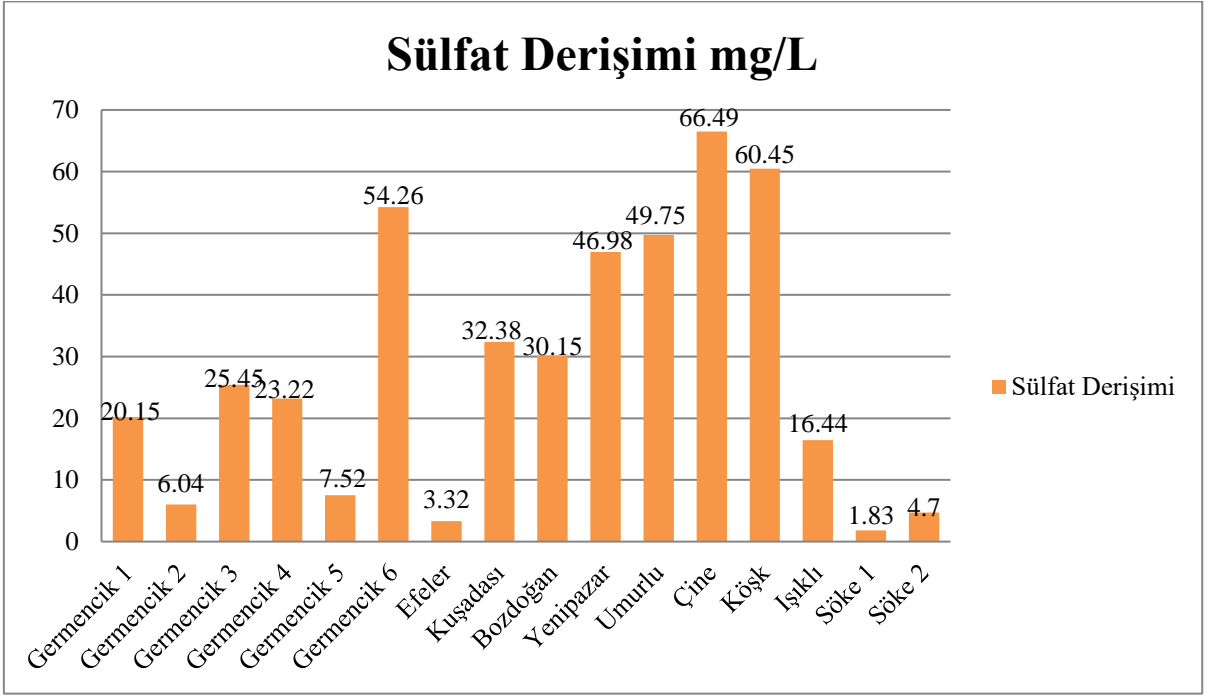
Kalibrasyon eğrisi oluşturulduktan sonra yeterli düzeydeki su örneği kuvarz küvete alındı ve 420 nm dalga boyunda optik yoğunluk ölçüldü. Kalibrasyon eğrisi kullanılarak, sülfat derişimi belirlendi. Ölçülen değer, ölçüm aralığının üstünde ise seyreltme yapıldıktan sonra okuma yapıp seyreltme oranına göre sonuç hesaplandı. Kalibrasyon eğrisi sonucu grafiğin formülü;

$$y = 0,0202x - 0,0161 \quad R^2 = 0,9989 \text{ olarak hesaplandı.}$$

Okunan absorbans değerleri yukarıdaki denklemde, (y) yerine yazılarak su örneğindeki sülfat derişimi hesaplandı.

Tablo 29. Sülfat Tayini Absorbans Değerleri ve Sülfat Derişimleri

İlçeler	Absorbans (nm)	Sülfat Derişimi (mg/L)
Germencik 1	0,391	20,15
Germencik 2	0,106	6,04
Germencik 3	0,498	25,45
Germencik 4	0,453	23,22
Germencik 5	0,136	7,52
Germencik 6	1,080	54,26
Efeler	0,051	3,32
Kuşadası	0,638	32,38
Bozdoğan	0,593	30,15
Yenipazar	0,933	46,98
Umurlu	0,989	49,75
Çine	1,327	66,49
Köşk	1,205	60,45
Işıkli	0,316	16,44
Söke 1	0,021	1,83
Söke 2	0,079	4,70
Koçarlı	1,097	55,10



Şekil 13. Sülfat Derişimlerinin İlçeler Arasındaki Kıyas Grafiği

4.1.5. Ağır Metallerin Tayin Sonuçları

Tablo 30. Ağır Metal Derişim Sonuçları

İlçeler	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)
Umurlu	1.16	0.08	0.36	0.16
Yenipazar	0.78	0.07	0.21	0.31
Kuşadası	3.05	0.62	0.28	0.24
Koçarlı	2.37	1.20	0.36	0.33
Bozdoğan	1.87	0.08	0.03	0.27
Köşk	0.84	0.09	0.27	0.26
Efeler	0.44	0.11	0.34	0.35
Germencik 1	1.21	0.10	0.31	0.38
Germencik 2	1.40	0.12	0.05	0.30
Germencik 3	0.74	0.10	0.01	0.29
Germencik 4	1.57	0.06	0.04	0.35
Germencik 5	1.52	0.09	0.13	0.35
Germencik 6	1.08	0.11	0.56	0.29
Söke 1	2.94	0.12	0.02	0.35
Söke 2	2.74	0.13	0.08	0.37
Işıklı	1.02	0.09	0.35	0.38
Çine	1.32	0.12	0.03	0.22

4.1.6. Diğer Parametrelerin Sonuçları

Tablo 31. pH, EC, Buharlaşma Kalıntısı, Na, K, Ca, Mg, Cl, B ve SAR Değerleri

İlçeler	pH	EC (µS/cm)	Askıda Katı Madde (mg/l)	Na (me/l)	K (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	B (mg/l)	SAR	Sınıf
Umurlu	7.48	1675	1060	6.30	0.33	7.00	36.50	0.06	1.35	C3-S1
Yenipazar	6.93	1378	760	1.48	0.95	8.70	41.08	0.13	0.30	C3-S1
Kuşadası	7.53	1295	740	1.87	0.06	11.55	25.25	0.11	0.44	C3-S1
Koçarlı	7.49	1222	520	2.17	0.20	3.60	6.33	0.08	0.98	C3-S1
Bozdoğan	7.84	715	480	0.70	0.06	0.65	15.50	0.06	0.24	C2-S1
Köşk	7.65	1202	760	2.00	0.19	2.85	10.08	0.06	0.79	C3-S1
Efeler	7.56	4070	2260	27.30	1.33	9.25	10.67	5.18	8.65	C4-S1
Germencik 1	7.14	2070	1160	10.17	0.19	10.45	13.83	5.12	2.92	C3-S1
Germencik 2	7.92	599	520	1.52	0.10	0.70	6.33	0.10	0.81	C2-S1
Germencik 3	7.3	2020	1240	12.52	0.38	5.60	33.58	5.17	2.83	C3-S1
Germencik 4	7.73	686	360	1.87	0.06	0.70	33.58	0.37	0.45	C2-S1
Germencik 5	8.42	160	100	0.26	0.03	0.10	8.08	0.05	0.13	C1-S1
Germencik 6	7.97	2480	1180	14.87	0.31	8.45	99.08	4.93	2.03	C4-S1
Söke 1	7.91	1569	820	3.13	0.17	7.60	78.75	0.43	0.48	C3-S1
Söke 2	7.89	2840	1500	16.52	0.37	5.60	60.25	0.92	2.88	C4-S1
Işıklı	7.41	934	440	1.57	0.08	8.35	32.58	0.06	0.35	C3-S1
Çine	6.96	1597	1020	4.43	0.15	5.60	28.33	0.04	1.08	C3-S1

Tablo 32. Klorür ve Amonyak Değerleri

İlçeler	Klorür (mg/L)	Amonyak (mg/L)
Umurlu	221,29	0
Yenipazar	25,27	0
Kuşadası	76,16	0
Koçarlı	54,21	0
Bozdoğan	11,65	0
Köşk	58,35	0
Efeler	687,88	0
Germencik 1	272,06	0
Germencik 2	27,93	0
Germencik 3	230,34	0
Germencik 4	12,98	0
Germencik 5	10,30	0,077
Germencik 6	256,69	0
Söke 1	79,29	1,42
Söke 2	496,60	8,15
Işıkli	17,39	0
Çine	120,56	0

5. TARTIŞMA

Hızla artan dünya nüfusu, sanayileşme, kentleşme ve tarım alanlarında kullanılan gübre ile pestisitler özellikle yer altı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Dünyada ve ülkemizde çoğunlukla içme suyu olarak yer altı suları kullanılmaktadır. İnsanlar için elzem olan suyun niteliği sağlık bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle suyun niteliği ile ilgili olarak kalitesi de önemlidir (Atabey, 2005; Canik, 2007).

Yer altı suyunun oluşumu, nitelikleri ve kirliliği hidrojeoloji biliminin alanı olup, suyun sağlığa olan etkisi ile ilgili araştırmalar tıbbi jeoloji dalının araştırma alanı içerisinde yer almaktadır. Tıbbi jeoloji araştırmaları, su kalitesinden doğabilecek sağlık sorunlarının önceden belirlenip, önlem alınabilmesi açısından önem taşımaktadır (Varol ve diğerleri, 2008).

pH;

pH'ın sağlık üzerine bilinen doğrudan bir etkisi yoktur. Ancak sucul ortamda bulunan bakteri, virüs ve diğer mikroorganizmaların ortamdaki uzaklaştırılması bakımından pH'ın dolaylı bir etkisi vardır. pH değerinin yüksek ya da düşük olması, suda bulunan diğer kirletici unsurların toksitesini de değiştirmektedir.

Yapılan bir çalışmada; Aydın Regülatörünün sağ sulama ana kanalı boyunca seçilen yaklaşık 5500 ha'lık alandan alınan yer altı su örneklerinin pH değerlerinin 6,523 – 8,240 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kanber, 2007).

Öztürk (2009), Söke Ovasında, kuyulardan alınan su örneklerinde pH değerlerini 6,73 ile 8,02 arasında belirtmiştir.

Aydın ili sınırlarında yapılan bir araştırmada, yılın kurak dönemleri ile yılın yağışlı dönemlerinde alınan su örneklerinde pH değerlerinin 6,26 ile 7,9 arasında olduğu tespit edilmiştir (Uçmaklıoğlu, 2011).

Er (2016) Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sulardan; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında aldığı su örneklerinde pH değerlerini 6,65 ile 10,58 arasında rapor etmiştir. Araştırmacı aldığı 7 örnekten 3'nün 4. sınıf (zararlı), kalan 4'ünün ise 3. sınıf (kullanılabilir) su kalitesinde olduğunu belirtmiştir.

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanma suyu pH sınır değeri 6,5 ile 9,5 arasındadır. Yapılan araştırmada, analizi yapılan suların pH değerlerinin (6,93 ile 8,42) bölgede yapılan diğer su analizlerinde olduğu gibi, alt ve st sınır değerler arasında olduğu tespit edildi.

Bulanıklık;

Bulanıklık değerlerinin, 0,570 ile 2,439 mg/L arasında değiştiği ve birim çevirmeden faydalanılarak TSE 266 tarafından belirlenen 5 NTU sınır değerini aşan iki farklı rneğin (Germencik 2 ve Söke 2) olduğu saptandı. Bulanıklık sebebinin, askıda bulunan kolloidal maddelerden kaynaklandığı görüldü. Tüketime sunulmadan önce arıtma işlemine tabii tutulması sebebi ile kuyu suları, Şehir Şebeke sularına göre daha bulanıktır. Bulanık sular sadece yapısında; organik madde, kil, silis bulundurmaz ayrıca patojen mikroorganizmalar da bulundurabilir. Bu sebeple bulanık sular, arıtılmadan içilmemeli ve kullanılmamalıdır.

Elektriksel İletkenlik (EC);

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu elektriksel iletkenlik (EC) en yüksek değeri 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada yapılan ölçümler sonucunda, elektriksel iletkenlik değerinin iki su rneği haricinde, sınır değerler arasında olduğu saptandı. Sularda sıcaklık ile iyonlaşma hızı arttıkça, elektriksel iletkenlik değerleri de artış göstermektedir. Elektriksel iletkenlik (EC), su içerisinde znmş iyonların veya toplam znmş tuzların (TDS) toplamının değeri olarak bilinmektedir. Bu tanım doğrultusunda elektriksel iletkenlik değeri yüksek olan Efeler ve Söke 2 ilçelerinden alınan su örneklerinde znmş iyon ve tuz derişiminin fazla olduğu saptanırken, bu suların aşırı yüksek tuzlu sular sınıfında yer aldığı görüldü.

Kanber (2007); yer altı su örneklerinde elektriksel iletkenlik düzeylerini, 704 ile 4810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olduğunu bildirmiştir

Er (2016), Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sulardan aldığı örneklerde elektriksel iletkenlik düzeylerini 650 ile 4150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olduğu rapor edilmiştir. Araştırıcı aldığı 7 örnekten 6'sının 3. sınıf (tehlikeli), kalan 1'inin ise 2. sınıf (az zararlı) su kalitesinde olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlara göre, 3. sınıf olduğu tespit edilen örneklerin sulama suyu olarak kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir.

Toplam Sertlik;

Suyun sertliği içerdiği erimiş kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelmektedir. Toplam sertlik için TSE tarafından belirlenmiş belirli bir sınır aralığı olmamakla birlikte suyun sertliğinin fazlasının yahut azlığının sağlığa zararlı olabileceği hakkında kesin bir yargı yoktur. Bu araştırmada su örneklerinin toplam sertlik sınıflandırılması Tablo 33'teki gibidir.

Tablo 33. Suların Sertlik Sınıfları

Yumuşak Sular	0 – 75 mg/L	
Orta Sert Sular	75 – 150 mg/L	Germencik 2, Germencik 4, Germencik 5, Efeler
Sert Sular	150 – 300 mg/L	Germencik 1, Germencik 3, Germencik 6, Bozdoğan, Kuşadası, Yenipazar, Köşk, Söke 1, Söke 2, Çine, Umurlu, Işıklı, Koçarlı
Çok Sert Sular	300 ve üzeri mg/L	

Söke Ovasında yapılan bir çalışmada; kuyu sularından alınan su örneklerinde toplam sertlik düzeylerinin, Haziran döneminde orta sert sınıfında, Ağustos döneminde ise çok sert su sınıfında olduğu rapor edilmiştir (ztrk, 2009).

Aydın Regülatörünün sağ sulama ana kanalı boyunca seçilen bir alandan alınan yer altı su örneklerinde, toplam sertlik düzeylerinin çok sert su sınıfına girdiği bildirilmiştir (Kanber, 2007).

Alkalinite (Karbonat-Bikarbonat);

Sularda bikarbonat ve karbonat dengesi, ortamın alkalinitesini ortaya koymaktadır. Alkalinitenin sağlık yönünden bilinen olumsuz bir etkisi yoktur, ama alkaliliği fazla olan sular içimi hoş olmadığından toplum tarafından rağbet görmemektedir.

Aydın ili sınırları içerisinde yapılan bir çalışmada; yer altı su örneklerinde karbonat düzeylerinin 0,130 ile 2,400 me/L (6,5-120 ppm) arasında olduğu, bikarbonat düzeylerinin ise 0,513 ile 3,890 me/L arasında olduğu rapor edilmiştir (Kanber, 2007).

Öztürk (2009), Aydın Söke ovasındaki yer altı su örneklerinde karbonat düzeylerini 0 ile 4,128 me/L (0-206,4 ppm), bikarbonat düzeylerini ise 0,75 ile 9,35 me/L arasında rapor etmiştir.

Er (2016), Aydın Buharkent yöresindeki jeotermal sulardan Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında aldığı su örneklerinde toplam alkalinite düzeylerini 291,30 ile 1957,70 mg/L

arasında tespit etmiştir. Araştırmacı su örneklerindeki yüksek alkalinite düzeylerini, jeotermal kaynakların etrafındaki kalsiyum karbonat yoğunluğundan kaynaklandığını bildirmiştir.

Yapılan çalışmada su örneklerinin toplam alkalinite değerleri, 180 ile 670 ppm arasında bulundu. 30 ile 500 mg CaCO₃/L aralığındaki alkalinite değerleri genellikle kabul edilmektedir. Söke ve Germencik ilçelerinden alınan su örneklerinin alkalinite değerleri 500 ppm üzerinde tespit edildi. Bu durumun Er ve diğerleri, (2016)'nın bulgularına benzer olduğu ve bölgede bulunan jeotermal sulardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer su örneklerinin alkalinite değerleri kabul edilebilir sınırlar arasındadır.

Askıda Katı Madde;

Askıda katı madde (AKM), suların bulanıklığının bir ifadesi olup doğal sularda 10 mg/L'den az olabileceği gibi 1000 mg/L'den fazla da olabilmektedir. Çalışmamızda askıda katı değeri 1000 mg/L'den fazla olan ilçeler; Koçarlı, Kuşadası, Bozdoğan, Işıklı, Efeler, Köşk ve Germencik'in 6. noktasından alınan su örnekleridir. Askıda katı madde, parçacık haldeki maddelerin suya katılımı ile oluşmaktadır ve bu durum sudaki kirliliğin göstergesidir.

Aydın Söke Ovasında yapılan bir çalışmada; su örneklerindeki askıda katı madde oranlarının 0,01 ile 0,36 mg/L arasında olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacı, istatistiksel olarak Haziran ve Ağustos ayları arasında aldığı su örneklerinde askıda katı madde düzeylerinin %0,001 oranında farklı olduğunu bildirmiştir (Öztürk, 2009).

Klorür;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu klorür iyonu en yüksek değeri 250 mg/L'dir. Suda yüksek derişimdeki klorür iyonu, tuzluluk hissi yaratmaktadır. Bu bağlamda, klorür derişiminin 250 mg/L'den fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Bu derişimin aşılması halinde sağlık yönünden bir tehlike teşkil etmese dahi, su tat bakımından içilemez hale gelmektedir. Yapılan çalışmada klorür derişimi, Efeler, Germencik 1, Germencik 6 ve Söke 2 bölgesinden toplanan su örneklerinin 250 mg/L sınır düzeyinden yüksek olduğu tespit edildi. Analiz sonucu su örneklerinde yüksek derişimde tespit edilen klorür iyonu varlığı, yer altı suyuna çeşitli kirleticilerin karışmış olabileceğini göstermektedir.

Öztürk (2009) yaptığı çalışmada; Haziran ve Ağustos aylarında Söke Ovasında kuyu sularındaki klor derişimini 0,003 ile 3,388 me/L arasında rapor etmiştir. Araştırmacı, regresyon analiz sonuçlarına göre aylar arasında %0,01 düzeyinde önemli farklılık olduğunu bildirmiştir.

Demir;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu demir elementi en yüksek değeri 0,2 mg/L olarak belirlenmiştir. Litrede 0,5 mg demir ve mangan içeren içme sularında, mürekkep tat ve kokusu hissedilmektedir. Vücuda alınan aşırı demir, sağlık sorunlarına neden olmaktadır.

Aydın Bölgesi sularında demir derişimlerinin, araştırcılar tarafından bulunan sonuçları farklılık göstermektedir. Kanber (2007) 0,282 ile 0,538 mg/L; ztrk (2009) 0,01 ile 0,77 mg/L ve zdoğan ve diğerleri, (2016) 0,017 ile 0,186 mg/L arasında tespit etmişlerdir.

Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde demir derişimlerinin 0 ile 4,22 mg/L arasında olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca sulama suyunda sınır değerlerin 5 mg/L olduğunu ve incelenen örneklerde bu sınır değerin aşılmadığı bildirilmiştir (Er, 2016).

Yapılan çalışmada hiçbir su örneğinin sulama suyu için kabul edilen 5mg/L sınır değerini aşmadığı görüldü.

Mangan;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu mangan derişimi en yüksek değeri 0,05 mg/L olarak belirlenmiştir. Suda mangan derişiminin 0,1 mg/L'nin üzerine çıkması, istenmeyen tat ile çamaşırlarda ve tesisat donanımlarında lekelere neden olmaktadır. Suda mangan derişiminin 0.02 mg/L kadar düşük olması ise bakır borular üzerinde bir tabaka oluşturarak korozyona neden olabilmektedir. Birçok ülkede mangan için standart değer 0.05 mg/L olarak belirlenmiştir. Araştırmada incelenen örneklerdeki mangan miktarının, sınır değerler üzerinde olduğu görüldü.

Kanber (2007), Aydın sınırlarında yer altı sularından aldığı örneklerde mangan derişimlerini 0,003 ile 0,538 mg/L arasında bildirmiştir. Yapılan analizler sonucunda 19 numunenin 7'sinin sınır değerin üzerinde olduğu rapor edilmiştir.

Aydın Söke Ovasında yapılan bir çalışmada; incelenen sulardaki mangan içerikleri 0 ile 0,45 mg/L arasında bulunmuştur. Araştırcı kuyu sularından aldığı 8 örnekte mangan derişimlerini yüksek tespit etmiş, örneklerin geri kalanında ise mangana rastlanmadığını bildirmiştir (ztrk, 2009).

Aydın Germencik Alangüllü bölgesinde, 7 farklı bölgeden alınan su örneklerinden sadece birinde 0,00828 mg/L derişimde mangana rastlandığı bildirilmiştir (Özdoğan ve diğerleri, 2016).

Er (2016) tarafından Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde mangan derişimlerinin 0 ile 0,42 mg/L arasında olduğu rapor edilmiştir. Analizi yapılan 7 su örneğinden, sadece Ocak ayında 2 su örneğinde mangana rastlanılmıştır. Er (2016), yalnızca Ocak ayında mangan derişiminin yüksek çıkmasının nedeni olarak; su akış yönünün değiştirilmesi ve bölgede faaliyet gösteren jeotermal santralin atık suları yere basma yapmadan, nehre deşarj etmesinden kaynaklı olduğunu rapor etmiştir.

Yapılan çalışmada, bütün su örneklerinde mangan düzeyi TSE'nin belirlediği sınır değerinin üzerinde olduğu görüldü. Su örneklerinin içerdiği mangan düzeyi her ne kadar TSE sınırlarının üzerinde ise de kıta içi su kaynakları sınıflarına göre 2. ve 3. sınıf su kalitesindedir. Su örneklerindeki mangan düzeyinin, bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığı kanısına varıldı.

Bakır;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu bakır elementi en yüksek derişimi 2 mg/L olarak belirlenmiştir. Suda bulunan bakırın, insan sağlığına zararı yoktur. Ancak; alüminyum, çinko, demir ve mangan gibi boruların aşınımını artırmaktadır. Bu değer 5 mg/L olması halinde, bakır suya belirgin bir şekilde acı bir lezzet vermektedir.

Söke Ovasında; sulama suyu örneklerinde bakır elementine rastlanmadığı saptanmıştır (Öztürk, 2009). Özdoğan ve diğerleri (2016)'nin yaptığı bir çalışmada, bakır derişimlerinin 0 ile 0,793 mg/L arasında olduğu ve sınır değeri aşan örneğin olmadığı bildirilmiştir.

Er (2016), Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yaptığı bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde bakır derişimlerinin tayin sınır değerlerinin altında olduğunu belirtmiştir.

Yukarıdaki Araştırmacıların araştırma bulgularına benzer şekilde; yapılan çalışmada incelenen tüm su örneklerindeki bakır derişiminin, yapılan analizler doğrultusunda sınır değerler arasında olduğu görüldü.

Çinko;

Sularda çinko elementi için TSE tarafından belirlenmiş belirli bir sınır değer olmamakla birlikte sudaki çinko düzeyinin fazlasının yahut azlığının sağlığa zararlı olabileceği hakkında kesin bir kanıya varılamamıştır. Çinko, genellikle galvanizli boruların korozyonu ile suya karışmaktadır ve suya ilaç tadı vermektedir. Sağlıklı bir insan, gıdalarla ortalama günde 12 mg çinko almaktadır. İçme suyu ile alınan çinko düzeyi 400 mikro gramı geçmemektedir.

Kanber (2007), Aydın Regülatörünün sağ sulama ana kanalı boyunca yaklaşık 5500 ha'lık alandan aldığı yer su örneklerinde; çinko derişimlerini 0,145 ile 0,277 mg/L arasında rapor etmiştir.

Aydın İli Söke Ovasında yapılan diğer bir çalışmada; kuyu sularında çinko derişimleri 0,01 ile 0,47 mg/L bulunmuştur ve aylara göre yapılan istatistiksel değerlendirmede aylar arasında önemli bir farklılık olmadığı rapor edilmiştir (Öztürk, 2009).

Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan bir araştırmada; araştırmacı, Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında aldığı su örneklerinde çinko derişimlerini 0 ile 3,27 mg/L arasında tespit etmiştir (Er, 2016).

Yapılan çalışmada, tüm ilçelere ait su örneklerinde yüksek derişimlerde çinkoya rastlanılmadı.

Magnezyum;

Sularda magnezyum elementi için TSE tarafından belirlenmiş belirli bir sınır aralığı bulunmamaktadır. Sudaki magnezyumun aşırısı sertliğe sebep olmaktadır. Sudaki magnezyumun, suyun geçtiği toprak yapısına bağlı olduğu bilinmektedir ve suya acılık vermektedir.

Er (2016), Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yaptığı bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde magnezyum derişimlerini 2,46 ile 343,40 mg/L arasında tespit etmiştir. Jeotermal doğal çıkış suyu olarak seçilen bu istasyonlarda, yüksek magnezyum derişimi, başka kaynaklardan su karıştığını göstermektedir. Er (2016), istasyonlardaki yüksek magnezyum derişiminin sebebini, su örneklerinin jeotermal atık suyunun nehre karıştığı noktadan alınmasından kaynaklı olduğunu belirtmiştir.

Yapılan çalışmada, incelenen su örneklerinde magnezyum derişimi 6,33 ile 99,08 me/L arasında bulundu. Su örneklerindeki magnezyum derişiminin azlığının ya da fazlalığının sertlikle ilgili olduğu görülmektedir.

Bor;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu bor elementi en yüksek değeri 1 mg/L olarak belirlenmiştir. Bor, sıcak su kaynaklarında ve volkanizmanın görüldüğü arazilerden çıkan sularda oldukça yüksek derişimlerde bulunmaktadır. Bunun dışında, boratların deterjan olarak kullanıldığı yerlerde, sulardaki bor derişiminin yüksek olduğu bilinmektedir.

Kanber (2007), su örneklerindeki bor derişimini 0,634 ile 8,234 mg/L arasında belirtmiştir. Diğer bir çalışmada Öztürk (2009), Söke Ovasında kuyu sularının bor derişimini 0,02 ile 0,65 mg/L arasında bildirmiştir ve istatistiksel olarak Haziran ve Ağustos ayları arasında aldığı su örneklerinde bor düzeylerinin %0,01 oranında farklı olduğunu rapor etmiştir.

Özdoğan ve diğerleri (2016); araştırma alanındaki sıcak sularda 3,0 ile 4,1 mg/L seviyelerinde yüksek sayılabilecek düzeyde bor yoğunluğu içerdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, yüksek bor derişimi içeren sıcak suları, tekrar tekniğine uygun olarak çıkarıldığında yer altına geri enjekte edilmezse, Büyük Menderes Havzasında bor kirliliği tehlikesine neden olabileceğini öngörmüşlerdir. Bu bağlamda havzadaki sıcak sular; enerji üretimi, kaplıca, sera, ısıtma ve diğer kullanım amaçları için çıkarılarak kullanıldıktan sonra hazneye tekrar basılmaları (reenjeksiyon) gerektiğini rapor etmişlerdir.

Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde bor derişimlerinin 0,32 ile 5,20 mg/L arasında olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacı, bor bakımından yönetmelikte belirtilen sulama suyu sınıfına göre, analizi yapılan 7 örnekten sadece 1'inin 2. sınıf su kalitesinde olduğunu, diğer örneklerin ise 5. sınıf su kalitesinde olduğunu bildirmiştir (Er, 2016).

Yapılan araştırmada bor derişimi 1 mg/L' den fazla olan örnekler; Efeler, Germencik 1, Germencik 3 ve Germencik ilçesinin 6. noktasından alınan su örnekleridir. Yüksek bor derişiminin, Er (2016)'in çalışması bulgularında olduğu gibi deterjan ile kirlenme ve bölgede bulunan jeotermal santral ile ilişkilendirilebilmektedir.

Kalsiyum;

Sularda kalsiyum elementi için TSE tarafından belirlenen belirli bir sınır aralığı bulunmamaktadır. Kalsiyumun insan metabolizmasına doğrudan zararlı bir etkisi saptanmamıştır hatta kemik yapısı için faydalıdır ancak suda kalsiyumun fazla olması içim bakımından problem teşkil edebilmektedir. Ayrıca sudaki fazla kalsiyum, suyun taş yapma potansiyelini de artırmaktadır. Kalsiyumun çok düşük olması ise, korozitif etki yaratabilmektedir. Sudaki kalsiyum derişimi, doğrudan suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır. Kalsiyum derişiminin yüksek olması suyun tadını değiştirerek sertliğe neden olur ve sabunun köpürmesini azaltmaktadır.

Aydın İlinde kuyu sularında kalsiyum derişimini Kanber (2007), 0,510 ile 1,980 me/L; Öztürk (2009), Söke Ovasında kalsiyum derişimleri 0,2 ile 21,29 me/L; Özdoğan ve diğerleri (2016) 0,1131 ile 1,1779 mg/L ve Er (2016) ise 24,84 ile 408,57 mg/L arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Yapılan çalışmada, kalsiyum derişimi yüksek su örneği gözlenmedi. Örneklerin kalsiyum düzeyleri 0,65 ile 11,55 me/L arasında tespit edildi.

Potasyum;

Sularda potasyum elementi için TSE tarafından belirlenmiş belirli bir sınır aralığı bildirilmemiştir. İçme suyundaki düşük veya yüksek potasyum derişiminin insan sağlığına doğrudan bir etkisi bulunmamaktadır. Çoğu sulardaki potasyum derişiminin 20 mg/L'den daha az olduğu bilinmektedir. Ancak, daha yüksek derişimlerde potasyumun bulunduğu da gözlenmiştir. Bu durum, suyun bulunduğu jeolojik biçimi ile ilgili olmaktadır. Kaynağını; toprak yapısı, endüstriyel kirlenme ve tarımsal gübreler oluşturmaktadır.

Yapılan bir çalışmada; Aydın Regülatörünün sağ sulama ana kanalı boyunca seçilen bir alandan alınan yer altı su örneklerinin potasyum değerlerinin 1,480 ile 47,707 me/L arasında değiştiği bildirilmiştir (Kanber, 2007).

Öztürk (2009), Aydın İli Söke Ovasında; kuyu su örneklerinin potasyum derişimlerinin 0,03 ile 1,13 me/L arasında olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, yapılan çalışma sonucunda istatistiksel olarak Haziran ve Ağustos ayları arasında aldığı su örneklerinde potasyum düzeylerini %0,01 oranında farklı olduğunu bildirmiştir.

Aydın sınırları içinde yapılan bir çalışmada; su örneklerindeki potasyum derişimi 1,47 ile 196,64 mg/L arasında değiştiği bildirilmiştir (Özdoğan ve diğerleri, 2016).

Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde potasyum derişimlerinin 5,69 ile 141,03 mg/L arasında olduğu belirtilmiştir. Potasyum derişiminin yüksek olduğu örneklerde, Eylül ve Mayıs aylarında jeotermal atık suların nehre karışma noktası olan istasyondan alındığı bildirilmiştir. Ayrıca Ocak ayında, doğal su çıkışının nehre karışma noktası olan istasyonda, en yüksek potasyum derişiminin gözlemlendiği rapor edilmiştir (Er, 2016).

Yapılan araştırmada, su örneklerinde çok yüksek ya da çok düşük derişimlerde potasyum gözlenmedi. Yukarıdaki araştırmacıların bulgularının aksine, Aydın bölgesi artezyen sularında potasyum düzeyleri 1,33 me/L'nin altında bulundu.

Sodyum;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu sodyum elementi en yüksek değeri 200 mg/L olarak belirlenmiştir. Sodyum, sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etkili olan en önemli katyondur. Doğada, sularda en fazla bulunan sodyum tuzu, sodyum klorürdür (NaCl). Suda, sodyum derişiminin sağlık yönünden önerilen bir sınır değeri bulunmamaktadır. Ancak 200 mg/L'nin üzerinde sodyum olması kötü bir tat oluşturup, tuzluluk hissiyatı yaratmaktadır.

Aydın bölgesi yer altı sularında Kanber (2007) yaptığı bir çalışmada, su örneklerinin sodyum derişimlerini 8,390 ile 49,140 me/L arasında değıştiğini belirtmiştir.

Aydın İli Söke Ovasında; analizi yapılan kuyu suyu örneklerinde sodyum derişimlerinin 0,77 ile 39,45 me/L arasında olduğu belirtilmiştir. Araştırmacı, istatistiksel olarak Haziran ve Ağustos ayları arasında aldığı su örneklerinde yapılan regresyon analizi sonucu örnekler arasında sodyum düzeylerinin %0,01 oranında farklı olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı, sulama suyu sınıflandırması ölçütüne göre analizini yaptığı kuyu sularının, iyi su sınıfında olduğunu rapor etmiştir (Öztürk, 2009).

Özdoğan ve diğerleri (2016), yer altı su örneklerindeki sodyum derişimlerini 26,25 ile 1503,62 mg/L arasında saptamışlardır. Araştırmacılar, 7 farklı yerden aldıkları su örneklerinde 5 örneğin sınır değerler üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yapılan bir çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde sodyum derişimlerinin 112,81 ile 1679,99 mg/L arasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, analizi yapılan 7 örnekten 6'sında yüksek sodyum derişimi tespit edilmiştir. Bölgede bulunan jeotermal sulardan elektrik üretimi yapan tesisler,

atık jeotermal sularını tekrar basma (reenjeksiyon) yapmadan doğrudan Büyük Menderes nehrine deşarjı sonucunda, yer altı sularındaki sodyum derişiminin arttığı rapor edilmiştir (Er, 2016).

Çalışmada; 200 mg/L'den fazla derişimde bulunan örnekler; Efeler, 27,3 me/L (621mg/L); Germencik 1, 10,17 me/L (233,9 mg/L); Germencik 3, 12,52me/L (287,96 mg/L); Germencik 6, 12,52 me/L (342,01 mg/L) ve Söke 2, 16,52 me/L (379,96 mg/L) bölgesinden alınan su örnekleridir. Suda bulunan yüksek sodyum derişiminin; toprak yapısı ve deniz katkısının yanı sıra evsel ve endüstriyel kirlenmeden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR);

Sularda sodyum adsorbsiyon oranı için TSE tarafından belirlenmiş belirli bir sınır aralığı bulunmamaktadır. Sodyum adsorbsiyon oranı, sulama sularının kalite ölçütlerinin belirlenmesinde önemli olan bir belirleyicidir. Fakat sınıflamanın kesin sınırlarını belirlemek çok zordur. Elektriksel iletkenlik (EC) ile sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) arasında logaritmik, ters bir ilişki söz konusudur. Suyun EC değeri yükseldikçe, SAR değeri azalmaktadır. Sulama suyunda bulunan yüksek sodyum derişimi sulamadan sonra toprak üzerinde kabuksu yapıların oluşumuna sebep olarak toprağın yapısını bozmakta ve geçirgenliğini azaltmaktadır (Kanber ve diğerleri, 1990). Araştırmada, sodyum adsorbsiyon oranı yüksek olan örnek gözlenmedi.

Kanber (2007)'in Aydın sınırları içinde yaptığı bir çalışmada; yer altı su örneklerinde saptanan SAR değerlerini 0,873 ile 22,913 arasında olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, aldığı 18 örnekten 15'inin 1. sınıf (çok iyi), kalan 3'ünün ise 3. sınıf (kullanılabilir) sulama suyu kalitesinde olduğunu rapor etmiştir.

Sülfat;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu sülfat iyonu en yüksek değeri 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Sülfat iyonu, sulama sularında daha az toksik özellik taşımaktadır. Sularda bulunan yüksek derişimli sülfat iyonları, kalsiyumun çökmesine neden olurlar ve bitkilere toksik etki yaratabilmektedir. Sülfatın sulama sularında bulunma aralığı 0 ile 1000 mg/L arasında değiştiğı gözlenmiştir. Su kaynaklarındaki sülfat, genellikle sülfat içeren toprak yapısından, atık kâğıt, şeker fabrikası, ilaç sanayi, tarım arazilerinde kullanılan sülfatlı gübrelerden ve süt endüstrisi atıklarının alıcı su kaynağına karışmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmada, sülfat derişimi 250 mg/L'den yüksek örnek gözlenmedi.

Kanber (2007) yaptığı çalışmada; yer altı sularının sülfat derişimlerini 0,665 ile 5,195 me/L arasında belirtmiştir.

Aydın İli Söke Ovasında yapılan araştırmada; su örneklerinin sülfat derişimleri 6,42 ile 42,84 me/L arasında bildirilmiştir. Araştırıcı, bazı kuyu sularının sülfat düzeyi, sınır değerin üzerinde olduğundan sulama için uygun olmayan su sınıfında yer aldığını tespit etmiştir. Araştırıcı; yüksek sülfat derişimli kuyu sularını salma sulamada kullanacak ise bir sorun oluşturmadığını ancak damla sulamada kullandığında ise damlama başlıklarının tıkanmasına sebep olabileceğini bildirmiştir (Öztürk, 2009).

Aydın İli yer altı ve içme sularında yapılan bir çalışmada ise su örneklerindeki sülfat derişimi 67,354 ile 690,284 mg/L arasında bulunmuştur. Araştırıcılar, sudaki sülfat derişiminin yüksek olmasının nedeninin, bölgenin toprak ve kayaç yapısından kaynaklandığını rapor etmişlerdir (Özdoğan ve diğerleri, 2016).

Er (2016), Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularda yaptığı çalışmada; Eylül, Ocak ve Mayıs aylarında alınan su örneklerinde sülfat derişimlerini 33,22 ile 400,0 mg/L arasında tespit etmiştir. Araştırma sonucunda, Ocak ve Mayıs aylarında alınan 7 örnekten 3'ünün yüksek sülfat içerdii, kalan 4'ünün ise sülfat derişimlerinin normal seviyede olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yüksek sülfat içeriğinin nedeni olarak, alınan su örneklerinin jeotermal atık suyunun karışma noktasında olduğu bildirilmiştir.

Amonyak;

TSE'nin belirlemiş olduğu içme ve kullanım suyu amonyum iyonu en yüksek değeri 0,5 mg/L olarak belirlenmiştir. Amonyak (NH_3) ve amonyum (NH_4^+) sağlığa zararlı olmamasına karşın içme suyunda bulunmaları istenilmemektedir. Yapılan çalışmada, 17 örnekten 0,5 mg/L'den daha yüksek derişimde bulunan amonyak içerikli ilçeler; Söke 1 ve Söke 2 bölgesinden alınan su örnekleridir. Kalan 15 su örneğinde amonyak miktarı belirlenmedi. Bir içme suyu kaynağında yüksek derişimde amonyak ya da amonyum bulunması, o kaynağın atık su karışması sebebiyle kirlenmiş olduğuna işaret etmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma; Aydın İlindeki içme ve kullanım suyu olarak faydalanılan artezyen sularının, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve kalitelerini belirlemek amacıyla gerçekleştirildi. Araştırma, 2018-2019 yılları sonbahar ve kış aylarında yürütüldü ve Aydın İlinin 9 ilçesinden tesadüfi olarak toplanan 17 artezyen suyu örneği fizikokimyasal olarak değerlendirildi. İlçelerden alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına göre;

1-İçme ve kullanmaya uygunluk açısından TSE 266'nın belirlediği ölçütleri dikkate aldığımızda, çalışmadaki su örneklerinin bu pH değerleri arasında olduğu tespit edildi.

2-Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin, TSE 266 tarafından belirlenen 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sınır değerini aşan iki farklı su örneği (Efeler ve Söke 2) olduğu saptandı. Yapılan Araştırmada, yer altı su örneklerindeki yüksek iletkenlik değerlerinin sonuçlarının nedeni; yağış ve buharlaşma, suların yeryüzüne çıkma yolları, toprak yapısı ve tuzlu suların su örneklerine karışmasından kaynaklandığı kanısına varıldı.

3-Bulanıklık değerlerinin yalnızca Germencik 2 ve Söke 2 örneklerinde TSE 266 tarafından belirlenen 5 NTU sınır değerini aştığı saptandı. Bulanıklık sebebinin, askıda bulunan kolloidal maddelerden kaynaklandığı görüldü. Bulanık sular sadece yapısında; organik madde, kil, silis bulundurmaz ayrıca, patojen mikroorganizmalar da bulundurabilir. Bu sebeple bulanık sular, arıtılmadan içilmemeli ve kullanılmamalıdır.

4-Toplam sertlik için TSE tarafından belirli bir sınır aralığı bildirilmemiştir. Örneklerin 4'ünün orta sert sınıfında yer aldığı, kalan 13'ünün sert su sınıfında yer aldığı tespit edildi. Sert suların yapısında kalsiyum ve magnezyum iyonu derişimi fazladır bu nedenle sert sularla sulanan toprak yumuşak, düşük sertlikte sulanan toprak ise sert olmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre; su örneklerinin sertlik derecelerinin suyun ihtiva ettiği tuz düzeyi ve bölgenin jeolojik yapısına bağlı olduğu belirlendi.

5-Alkalinite ile pH değeri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Suyun asitliği azaldıkça, alkalinite değeri artış gösterir. Sudaki yüksek alkalinite ve pH, sıcaklığın da arttığı durumlarda su içindeki amonyum iyonunu amonyağa dönüştürür. Bu durumda su, canlılar ve mikroorganizmalar için tehlike oluşturacaktır. Yapılan araştırmada, alkalinite değeri çok yüksek veya çok düşük derişimlerde su örneği görülmedi.

6-Askıda katı madde (AKM ya da buharlaşma kalıntısı) değeri için TSE 266 tarafından belirlenen bir sınır aralığı bulunmamaktadır. Ancak sulama suları için 1000 mg/L'den yüksek derişimde askıda katı madde değeri tercih edilmemektedir. Çalışmadaki 17 su örneğinden 9'unun (Koçarlı, Kuşadası, Bozdoğan, Kuşadası, Bozdoğan, Işıklı, Efeler, Köşk ve Germencik 6) askıda katı madde değeri 1000 mg/L'den yüksek olduğu görüldü. Bu değerin yüksek olmasının nedeninin içerisinde kolloidal olarak bulunan parçacıklardan ileri geldiği düşünöldü.

7-Çalışmada klorür derişimi, 4 su örneğinde (Efeler, Germencik 1, Germencik 6 ve Söke 2) TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek sınır değer 250 mg/L'nin üzerinde bulundu. Suda bulunan klorür iyonunun, denizellik ve toprak yapısıyla ilgili olduğu kanaatine varıldı.

8-Çalışmadaki su örneklerinde demir düzeylerinin sulama suyu sınır değeri (5mg/L) aşmadığı görüldü. Örnekler arasındaki demir derişimindeki kısmi farkın; su dağıtım borularının korozyonundan, demir içeren suni gübrelere, bölgede faaliyet gösteren maden işletmelerinin atıklarını nehirlere deşarj etmesinden ve bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığı düşüncesine varıldı.

9-Mangan için TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek sınır değeri 0,05 mg/L olarak bildirilmiştir. Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında ise; bu değerin uzun süreli sulamada 0,2 mg/L, kısa süreli sulamada 10 mg/L olarak bildirildi. Yapılan çalışmada, tüm su örnekleri yüksek derişimde mangan içerdiğinden kısa süreli sulama sınıfında yer aldığı belirlendi. Mangan derişiminin yüksek olmasının; bölgenin jeolojik yapısı ya da endüstriyel atıkların suya karışma olasılığında kaynaklandığı düşünöldü. Yüksek derişimin, demirle aynı etkiyi gösterdiği saptandı.

10-Bakır için TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek sınır değer 2 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucu, tüm örneklerin bakır derişim değerlerinin sınır değerler arasında olduğu görüldü.

11-Çinko için TSE 266 tarafından belirlenen bir sınır değeri bildirilmemiştir. USEPA, sulara çinko için sınır değeri 5mg/L olarak belirlemiştir. Yapılan çalışmada, su örneklerinde yüksek derişimlerde çinko varlığına rastlanılmadı.

12-Magnezyum, yer altı sularına genellikle; dolomit, magnezyum içeren kalker ve serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın çözünmesiyle karışmaktadır.

Magnezyum, suyun sertliğini oluşturan iyonlardan biridir. Yapılan çalışmada, su örneklerinde çok düşük ya da çok yüksek magnezyum değeri saptanmadı.

13-Bor için TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek derişim değeri 1 mg/L olarak belirlenmiştir. Araştırmada, 1 mg/L'nin üzerinde olan 4 su örneği (Efeler, Germencik 1, Germencik 3 ve Germencik 6) gözlendi. Bor minerali, sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularda yüksek derişimde bulunmaktadır. Ayrıca borat içerikli deterjanların kullanıldığı yerlerde yüksek derişimde bor görölmektedir. Suda yüksek derişimde bulunan bor, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilerken, insanlarda bağırsak rahatsızlıkları ve kilo kaybına neden olur. Araştırmadaki su örneklerinde yüksek bor derişiminin, bölgede bulunan jeotermal santralin atık sularından ve evsel atıklardan kaynaklandığı kanısına varıldı.

14-Kalsiyum için TSE 266 tarafından belirlenmiş bir sınır aralığı bulunmamaktadır. Sudaki kalsiyum derişimi, toprak yapısına bağılı olup insan sağılığında büyük bir yer kaplamaktadır. Çalışmada, kalsiyum derişimi yüksek su örneği görölmedi.

15-Potasyum için TSE 266 tarafından belirlenmiş bir sınır değeri bulunmamakla birlikte insan sağılığı üzerinde direkt bir etkisinin olmadığı da bilinmektedir. Potasyum, bitkiler için gerekli bir besin maddesi olup, sulama sularında bulunması istenir. Sularda yüksek derişimlerde potasyum varlığı, zirai gübrenin karıştığına işaret etmektedir. Çalışmadaki su örneklerinde, çok yüksek ya da çok düşük derişimlerde potasyum varlığı görölmedi.

16-TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek sodyum değeri 200 mg/L olarak bildirildi. Bu sınır değerin üzerinde kalan 5 su örneği (Efeler, Germencik 1, Germencik 3, Germencik 6 ve Söke 2) olduğu belirlendi. ABD Tuzluluk Diyagramına göre analizi yapılan su örneklerinin tümü S1 (az sodyumlu su) sınıfında yer aldı. Sudaki yüksek sodyum derişiminin; toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kirlenmeden kaynaklandığı düşünöldü.

17-SAR değeri yüksek sular; toprağın yapısını bozup, alkaliliğe sebep olarak, bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Su kimyası çalışmalarında SAR değerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada SAR değeri yüksek su örneği görölmedi.

18-Sülfat iyonu yer altı sularına; jips, gübre ya da tarımsal ilaç olarak kullanılan kükürtle karışabilmektedir. TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek sülfat değeri 250 mg/L olarak bildirildi. Çalışmada, 250 mg/L'nin üzerinde sülfat derişimine sahip su örneği gözlenmedi. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite

parametreleri sülfat derişimine göre su örnekleri 1. sınıf kalitede olduğu belirlendi (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 07.01.1991 sayı:20748).

19-Amonyak ya da amonyum iyonu hayvansal atıklardan meydana gelen en temel azotlu atık üründür. Aynı zamanda amonyak, azot içeren organik maddelerin ayrışmasından da açığa çıkmaktadır. TSE 266 tarafından belirlenen en yüksek amonyak ya da amonyum değeri 0,5 mg/L olarak bildirildi. Sudaki yüksek amonyak ya da amonyum varlığı; gübrelemede, evsel ve endüstriyel kirlenmede artışa işaret etmektedir. Bu çalışmada, 17 su örneği arasından sadece 3 örnekte amonyak varlığı görüldü. Bu örneklerden 2'sinin (Söke 1 ve Söke 2) 0,5 mg/L sınır değerini aştığı tespit edildi. Yüksek derişimde amonyum varlığı saptanan su örneklerinin, su ürünleri yem fabrikası civarından alındığı belirlendi. Bu açıdan gerekli merciler tarafından, halk sağlığı ve çevre sağlığı açısından çeşitli önlemlerin alınması gerektiği düşünöldü.

Aydın İli Germencik, Söke ve Efeler ilçesi su örneklerinin analiz sonuçları bu ilçelerde endüstriyel ve evsel kirlenmenin bulunduğunu düşöndürmektedir. Su, yaşamımızın en önemli ve en doğal ihtiyaçlarından biridir. Çevrenin bölgedeki su kirliliği üzerine etkisini araştırmak amacıyla geniş kapsamlı çalışmalara gerek vardır.

KAYNAKLAR

- Akar, A. (2000). *İçme Suyu Kalitesi Açısından Kirlilik Parametrelerinin İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akay Sönmez, S., Kaplan, M. (1996). Kumlucu ve Finike Yöreleri Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 288-303.
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Düzenli, S., Güney, K., Kurt, F. (2012). *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Atabey, E. (2005). *Tıbbi Jeoloji*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. (1989). *Water Quality for Agriculture*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Ayrancı, Y. (2006). Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi)*, 20(39) 32-36.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Badruk, M. (2003). Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları. M. Toksoy (Ed.), *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı* içinde (13. bs., ss. 259-271). İzmir: TMMOB Makine Mühendisleri Odası.
- Barlas, M. (1995). Akarsu Kirlenmesinin Biyolojik ve Kimyasal Yönden Değerlendirilmesi ve Kriterleri. *Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu*, (465-479).
- Benefield, L., Judkins, J., Weand, B. (1982). *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Bilgin, M. (2003). *Niğde İli İçme Sularının Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriyolojik Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Bozyiğit, R., Karaaslan, T. (1998). *Çevre Bilgisi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

- Cambrolle, J., Fernandez, J. G., Figueroa, E., Cantos, M. (2015). Evaluating Wild Grapevine Tolerance to Copper Toxicity. *Chemosphere*, (120:171-178). doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.06.044.
- Canik, B. (2007). *Hidrojeoloji Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası*. Ankara: Ertem Yayınevi.
- Coates, T.D. (2014). Physiology and Pathophysiology of Iron in Hemoglobin-Associated Diseases. *Free Radical Biology and Medicine*, (72: 23-40), doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2014.03.039.
- Colloquium, P. (1975). *Hardness of Drinking Water and Public Health*. Luxembourg: Commission of the European Communities by Pergamon Press.
- Çıl, O. Ş., Alas, A. (2002). Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 11(42), 40-44.
- Demirer, M.A. (1995). *Su Hijyeni Besin Hijyeni*. Ankara: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi.
- Dissanayake, C. (1991). The fluoride problem in the ground water of Sri Lanka — environmental management and health. *International Journal of Environmental Studies*, 38(2-3), 137-155. doi: 10.1080/00207239108710658
- Eddy, M., Tchobanoglous G., Stensel H., Tsuchihashi R., Burton F. (2014). *Wastewater Engineering Treatment And Resource Recovery* (5nd ed.). Volume 2. Mc. Graw Hill Education.
- Er, S. (2016). *Aydın-Buharkent Yöresindeki Jeotermal Sularında Bazı Kirlenici Parametrelerin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Erdin, E. (2006). *Sulama Suyu Sorunlarına Genel Bakış*. 10 20, 2020 tarihinde <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc144.htm> adresinden erişildi.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E. (1973). *Yeraltı Suları Jeolojisi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Eroğlu, A., Aksoy, N. (2003). *Jeotermal Suların Kimyasal Analizi*. VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri, 149-183, İzmir.

- Finkelman, R.B., Skinner, H.W., Plumlee, G.S., Bunnell, J.E. (2001). *Medical Geology. Geotimes*, 46(11), 20-23.
- Güler, Ç. (1997). *Su Kalitesi*. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1994). *Su Kirliliği*. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:12, Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1997). *Kimyasallar ve Çevre*. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50, Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Güven, G. (2004). *Büyük Menderes Nehri, Aydın Yöresi Yüzeysel Sularında Bazı Kirleticilerin Düzeylerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Hornick, R.B., D., M., Greisman, S.E., Woodward, T.E., Dupont, H.L., Dawkins, A.T., Synder, M.J. (1970). Typhoid Fever: Pathogenesis and Immunologic Control. *The New England Journal of Medicine*, 283: 686-691. doi: 10.1056/NEJM197009242831306
- Iğdır Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi [ALUM]. (2021). <https://www.usak.edu.tr/UsersData/duyuru/1618/tan%C4%B1t%C4%B1m.pdf> adresinden erişildi.
- Kahraman, Ü.C. (2007). *Konya Garnizon Birliklerindeki Kuyu Suları ile Şehir Şebeke Sularının Su Kalitesi ve Ağır Metaller Yönünden Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kanber, P. (2007). *Aydın İli Bazı Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kanber, R., Kırdar, C., Tekinel, O. (1990). *Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları*. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Karataş, M. (2004). *Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metallerin İncelenmesi Bitki ve Topraktaki Birikimi Tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karpuzcu, M. (2005). *Su Temini ve Çevre Sağlığı*. İstanbul: Kubbealtı Neşriyatı Yayınevi.

- Katı Madde Tayini. (2013). Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi 2. Dönem, Kayseri.
- Manahan, S. (1994). *Environmental Chemistry*. Chelsea: Lewis Publishers.
- Morris, R.W., Walker, M., Lennon, L.T., Shaper, A.G., Whincup, P.H. (2008). Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15(2), 185-189. doi: 10.1097/HJR.0b013e3282f15fce
- Mutlu, E., Tepe, Y. (2004). Hatay Harbiye Kaynak Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Sayı:6*, 77-88.
- Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi. (2011). *Görünmez Stratejik Kaynak: Sınırşan Yeraltı Suları (Rapor No:7)*. Ankara: ORSAM Su Araştırmaları Programı.
- Örgev, C., İnanç, İ. (2004). *Doğal Zeolit'in Doğal Kaynak Sularında pH, İletkenlik ve Sertlik Özelliklerinin Düzenleyicisi Olarak Kullanımı*. İstanbul: Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT.
- Özdoğan, M., Üstündağ, A. Ö., Demirel, H. (2016). Aydın İli Yeraltı Sularının Hayvancılık İçin İçme Suyu Kalitesi Bakımından Değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 113-121. doi: 10.25308/aduziraat.294195
- Özkan, Ş. (2020). *Nevşehir Üniversitesi Ortak Seçmeli Dersler Dersi*. 09 29, 2020 tarihinde <https://sistem.nevsehir.edu.tr/bizdosyalar/f8a987205a58ceb7eae605ea5ee4314/SUYUN%20SIRADI%C5%9EI%20K%C4%B0MYASI.pdf> adresinden erişildi.
- Öztürk, S. (2009). *Aydın Söke Ovasında Yoğun Sulu Tarım Yapılan Bazı Pilot Alanlardaki Yeraltı Sularının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Resmi Gazete. (07.01.1991). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği*. Resmi Gazete Sayı: 20748.
- Resmi Gazete. (17.02.2005). *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*. Resmi Gazete Sayı: 25730.
- Resmi Gazete. (20 Mart 2010). *Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği*. Ankara: Resmi Gazete T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.

- Sağlam, M., Adiloğlu, A. (1997). *Su Kalitesi (2. baskı)*. Tekirdağ: Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Salihoğlu, I. (1997). *Ülkemizde Su Kaynakları ile İlgili Kuruluş ve Yasalar. Su Kalitesi Yönetimi Semineri Bildiri Kitabı*. Ankara.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P. (2005). *Essentials of Medical Geology (1nd ed.)*. Sweden: Academic Press.
- Skipton, S.O., Dvorak, B.I., Woldt, W.E., Drda, S. (2013). *Drinking Water: Copper*. Nebreska-Lincoln: Neb Guide UNL Extension Publication.
- Şahinci, A. (1991). *Doğal Suların Jeokimyası*. İzmir: Reform.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Çevre Sağlığı, Suların Analiz Parametreleri (850CK0011)*. Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). *Gıda Teknolojisi İçme ve Kullanma Suyu Analizleri (541GI0091)*. Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). *Kimya Teknolojisi, Kondüktometre (524KI0302)*. Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). *Laboratuvar Hizmetleri Sularda Fiziksel Analizler (524LT0044)*. Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2014). *Aile ve Tüketici Hizmetleri Yer Altı Su Kaynakları*. Ankara.
- Tanyolaç, J. (2004). *Limnoloji Tatlı Su Bilimi*. Ankara: Hatiboğlu Yayınevi.
- Topbaş, M.T., Brohi, B.R., Karaman, R. (1998). *Çevre Kirliliği*. Ankara: T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları.
- Tuncay, H. (1994). *Su Kalitesi (I. Basım)*, no:512. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Referans Malzemeler Laboratuvarı. (2014). *Suda Askıda Katı Madde Tayini Yeterlilik Testi Raporu (Rapor No: KAR-G3RM-210.2014.02)*. Gebze/Kocaeli.

- Uçmaklıoğlu, S. (2011). *Aydın'da İçme Suyu Nitrit ve Nitrat Düzeylerinin Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (YBSK) ile Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Uslu, O., Türkman, A. (1987). *Su Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü.
- Ünal, A.A., Sargın, A.H. (2001). *Yeraltı Suyu Kirliliği*. Ankara: UNESCO International Hydrological Programme Dünya Su Günü Etkinlikleri D.S.İ. Genel Müdürlüğü.
- Varol, F., Bellitürk, K., Sağlam, M.T. (2005). Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(4). doi: 10.1501/Tarimbil_0000000554
- Varol, S., Davraz, A., Varol, E. (2008). Yeraltı Suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7(4), 351-356.
- WEB_1. (2020). 9 29, 2020 tarihinde www.wwf.org.tr: https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/tatli_su/ adresinden erişildi.
- WEB_2. (2020, 11 4). 01 15, 2021 tarihinde <http://www.gngsu.com.tr/images/teknik-bilgiler/icme-suyu.pdf> adresinden erişildi.
- WEB_3. (2020, 10 10). 10 3, 2020 tarihinde Water Conductivity - Lenntech: <https://www.lenntech.com.tr/applications/water-conductivity.htm> adresinden erişildi.
- WHO. (1996). *Iron in Drinking-Water* (2nd ed.). Vol. 2 Health Criteria and Other. Geneva: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.
- WHO. (2004). *Copper in Drinking-Water*. Geneva: WHO Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.
- WHO. (2004). *Manganese in Drinking-Water*. Geneva: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.
- WHO. (2006). *Chemical Aspects Guidelines for Drinking Water Quality*. Geneva: First Addendum to Third Edition Volume 1, 296-460 World Health Organization.
- WHO. (2008). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva: World Health Organization 3rd edition: Volume 1 - Recommendations.

- Will, E., Faust, J.E. (1999). Irrigation Water Quality For Greenhouse Production. *The University of Tennessee Agricultural Extension Service*, 5.
- Wolska, J., Bryjak, M. (2013). Methods for Boron Removal from Aqueous Solutions — A Review. *Desalination*, 310: 18-25. doi: 10.1016/j.desal.2012.08.003

T.C
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“Aydın İlindeki Artezyen Sularının Fizikokimyasal Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Reyhan HANSU

...../...../.....

ÖZ GEÇMİŞ

Soyadı, Adı : HANSU Reyhan
Uyruk : T.C.
Doğum yeri ve tarihi : Ankara / 10.09.1992
E-posta : reyhan.hansu@gmail.com
Yabancı dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi
Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya	03.11.2016

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Ünvan
2016-2017	Aydın Çözüm Temel Lisesi	Kimya Öğretmeni