



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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA İLİNDE YER ALTI SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN
İLÇELER BAZINDA İNCELENMESİ**

BÜŞRA FIRAT KAYSI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**Şanlıurfa
2024**

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA İLİNDE YER ALTI SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN
İLÇELER BAZINDA İNCELENMESİ

BÜŞRA FIRAT KAYSI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Tez Danışmanı: Prof. Dr. AYŞE DİLEK ATASOY

Şanlıurfa
2024

TEŞEKKÜR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında yardımlarını bir an olsun esirgemeyen, öneri ve fikirleri ile bana daima yol gösteren saygı değer danışmanım Prof. Dr. A. Dilek ATASOY' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimi almaya karar vermemde büyük destekleri olan aileme ve dostlarıma teşekkürü borç bilirim.

Büşra FIRAT KAYSI, 2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET	cxxiii
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ii
SİMGELER	iii
KISALTMALAR	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. Suyun Tanımı, Kalite Standartları ve Sağlık Açısından Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Fayda Beklentileri	1
1.3. Kabul Edilebilir Limitlerin Dışında Olan Kirleticilerin Giderim Yöntemleri	3
1.3.1. Bazik veya Asidik Yeraltı Sularının Nötralizasyon Yöntemleri	3
1.3.2. Yeraltı Sularında Yüksek İletkenlik İçin Arıtım Yolları	5
1.3.3. Yeraltı Sularında Yüksek Amonyum İçin Arıtım Yolları	6
1.3.4. Yeraltı Sularında Yüksek Nitrat İçin Arıtım Yolları	8
1.3.5. Yeraltı Sularında Yüksek Florür İçin Arıtım Yolları	9
1.4. İncelenen Parametreler Bazında Su Kaynaklarının Jeolojik Özellikleri	10
1.4.1. Bazik / Asidik Özellik Gösteren Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı	10
1.4.2. İletkenlik Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı	11
1.4.3. Amonyum Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı	13
1.4.4. Nitrat Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı	13
1.4.5. Florür Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı	14
1.5. Çalışma Kapsamında Analizleri Yapılan Parametreler, Limit Değerleri, Sudaki Muhtemel Kaynakları ve Su Kalitesi Üzerinde Etkileri	16
1.5.1. pH Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri	19
1.5.2. İletkenlik Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri	21
1.5.3. Amonyum Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri	23
1.5.4. Nitrat Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri	26
1.5.5. Florür Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri	30
1.6. Yeraltı Suyu Kalite Parametreleri	32
1.7. Şanlıurfa'nın Coğrafi Konumu Ve Su Kaynaklarına Genel Bakış	33
1.8. Yeraltı Suyunun Tanımı, Kaynağı, Önemi ve Kullanım Alanları	34
1.9. Yeraltı Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi ve Korunması	36
1.10. Yeraltı Su Kalitesini Etkileyen Faktörler	37
1.10.1. Doğal Faktörler (Toprak Yapısı, Kayaç Türleri, Yağış Miktarı)	37
1.10.2. İnsani Faktörler (Sanayi Atıkları, Tarımsal Faaliyetler, Kentsel Gelişim)	37
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	39
3. GEREÇ VE YÖNTEM	42
3.1. Materyal	42
3.1.1. Şanlıurfa İlinin Jeolojik ve Hidrojeolojik Yapısı, Yeraltı Suyu Rezervleri ve Akış Dinamikleri	42
3.1.1.1. Şanlıurfa İli Akçakale İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	45
3.1.1.2. Şanlıurfa İli Birecik İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	46
3.1.1.3. Şanlıurfa İli Bozova İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	48
3.1.1.4. Şanlıurfa İli Ceylanpınar İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	50
3.1.1.5. Şanlıurfa İli Eyyübiye İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	51
3.1.1.6. Şanlıurfa İli Halfeti İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	53

3.1.1.7. Şanlıurfa İli Haliliye İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	55
3.1.1.8. Şanlıurfa İli Harran İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	57
3.1.1.9. Şanlıurfa İli Hilvan İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	59
3.1.1.10. Şanlıurfa İli Karaköprü İlçesi Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri ve Akış Dinamikleri	61
3.1.1.11. Şanlıurfa İli Siverek İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	62
3.1.1.12. Şanlıurfa İli Suruç İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	64
3.1.1.13. Şanlıurfa İli Viranşehir İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri	66
3.2. Yöntem	68
4. BULGULAR	70
4.1. DeneySEL Çalışmalar ve Sonuçlar	70
4.1.1. pH Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	70
4.1.2. İletkenlik Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	73
4.1.3. Amonyum (NH ₄ ⁺) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	78
4.1.4. Nitrat (NO ₃ ⁻) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	82
4.1.5. Florür (F ⁻) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	89
5. TARTIŞMA	93
5.1. Şanlıurfa İli İlçelerinin Yeraltı Su Kalitesinin Yıllar Bazında Karşılaştırılması	93
6. SONUÇLAR	101
7. ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	111
EKLER	112

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA İLİNDE YER ALTI SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN İLÇELER BAZINDA İNCELENMESİ

BÜŞRA FIRAT KAYSI

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Tez Danışman: Prof. Dr. AYŞE DİLEK ATASOY

Yıl: 2024, Sayfa : 112

Şanlıurfa; 2170110 kişi nüfusa sahiptir ve 13 ilçeden oluşmaktadır. İlin büyük kısmında yeraltı su kaynakları içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, 2021 yılında Şanlıurfa'nın 13 İlçesindeki su kuyularından alınan yer altı su numunelerinin analiz sonuçlarını içermektedir. Sonuçların, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, TSE TS-266 ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafınca belirlenen içme suyu kalite standartlarına uygunluğu araştırılmış ve ilçelerin yeraltı suyu kalitesi belirlenmiştir. Yeraltı su değerlerinin uygun olmadığı yerleşim yerlerinde kirlетici unsurlar ve uygunsuzluğa sebep olan faktörler araştırılmıştır. Uygunsuz kaynakların kullanılmaya devam edilmesi halinde ortaya çıkması muhtemel problemler araştırılmış ve giderim yollarına değinilmiştir. Böylelikle Şanlıurfa ilçelerinde sürdürülebilir su yönetimi adına birtakım arıtma, iyileştirme ve koruma önerileri sunulmuştur. Bu çalışma, ilçelerdeki yeraltı su kaynaklarından alınan su numunelerinin; İletkenlik, pH, Nitrat (NO_3^-), Amonyum (NH_4^+) ve Florür (F^-) parametrelerinin analiz sonuçlarını içermektedir. Analizler Gaziantep Halk Sağlığı Laboratuvarlarında yapılmış olup, 13730 adet numunenin analizleri gerçekleştirilmiştir. 'Hq40D cihazı TS-EN-ISO-10523 standardı metoduyla 3766 Noktada pH parametresi', 'Hq40D cihazı TS-9748-EN-27888 standardı metoduyla 3766 Noktada İletkenlik parametresi' 'Spektrofotometre cihazı hazır kit metoduyla 3766 Noktada Amonyum parametresi' 'iyon Kromatografi cihazı TS-EN-ISO 10304-1 metoduyla 1216 noktada Nitrat parametresi' ve 'İyon Kromatografi cihazı TS-EN-ISO 10304-1 metoduyla 1216 noktada Florür parametresi' ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Yönetmelikte pH sınır değerleri 6.5-9.5 arasındadır. Çalışmada maksimum pH değeri Eyyübiye ilçesinde 9.79, minimum pH değeri ise Siverek İlçesinde 7.2 olarak tespit edilmiştir. Yönetmelikte belirtilen iletkenlik sınır değeri 2500 microS/cm'dir. Çalışmada Eyyübiye, Akçakale ve Harran İlçelerinde 3 kaynakta iletkenliğin 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den yüksek, 10 kaynakta sınır değerlerde (2020-2360 $\mu\text{S}/\text{cm}$) olduğu tespit edilmiştir. Yönetmelikte amonyum değeri 0.5 mg/L şeklinde sınırlandırılmıştır. Çalışmada kaynakların Amonyum değeri 0 mg/L-0.28 mg/L arasında tespit edilmiştir. Yönetmelikte maksimum Nitrat değeri 50 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada 190 kaynakta Nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L'den yüksek olduğu belirlenmiş ve maksimum değer 560.03 mg/L olarak Suruç ilçesinde tespit edilmiştir. Florür parametresinin maksimum sınır değeri 1.5 mg/L'dir. Çalışmada 5 kaynakta konsantrasyonun 1.5 mg/L'yi aştığı ve maksimum değer 2.9 mg/L olarak Hilvan İlçesinde tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Şanlıurfa, Florür, İçmesuyu, Nitrat, Yeraltısuyu

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF GROUND WATER QUALITY PARAMETERS ON THE BASIS OF DISTRICTS IN ŞANLIURFA PROVINCE

BÜŞRA FIRAT KAYSI

HARRAN UNIVERSITY

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Thesis Supervisor: Prof. Dr. AYŞE DİLEK ATASOY

Year: 2024, Page : 112

Şanlıurfa; It has a population of 2170110 people and consists of 13 districts. In most parts of the province, underground water resources are used as drinking and utility water. This study includes the analysis results of groundwater samples taken from water wells in 13 districts of Şanlıurfa in 2021. The compliance of the results with the drinking water quality standards determined by the Regulation on Water for Human Consumption, TSE TS-266 and the World Health Organization (WHO) was investigated and the underground water quality of the districts was determined. In settlements where groundwater values are not suitable, pollutants and factors causing unsuitability were investigated. Possible problems that may arise if inappropriate resources continue to be used have been investigated and ways to eliminate them have been mentioned. Thus, some purification, improvement and protection suggestions have been presented for sustainable water management in Şanlıurfa districts. This study includes water samples taken from underground water resources in the districts; It includes analysis results of conductivity, pH, Nitrate (NO₃-), Ammonium (NH₄+) and Fluoride (F-) parameters. The analyzes were carried out in Gaziantep Public Health Laboratories and 13730 samples were analyzed. 'Hq40D device pH parameter at 3766 Points with the TS-EN-ISO-10523 standard method', 'Hq40D device Conductivity parameter at 3766 Points with the TS-9748-EN-27888 standard method' 'Ammonium parameter at 3766 Points with the Spectrophotometer device ready kit method' 'ion Chromatography device 'Nitrate parameter at 1216 points with TS-EN-ISO 10304-1 method' and 'Fluoride parameter at 1216 points with Ion Chromatography device TS-EN-ISO 10304-1 method' were measured and evaluated. pH limit values in the regulation are between 6.5-9.5. In the study, the maximum pH value was determined as 9.79 in Eyyübiye district, and the minimum pH value was 7.2 in Siverek district. The conductivity limit value specified in the regulation is 2500 microS/cm. In the study, it was determined that the conductivity was higher than 2500 µS/cm in 3 sources in Eyyübiye, Akçakale and Harran Districts, and at limit values (2020-2360 µS/cm) in 10 sources. In the regulation, the ammonium value is limited to 0.5 mg/L. In the study, the Ammonium value of the sources was determined between 0 mg/L-0.28 mg/L. The maximum Nitrate value is determined as 50 mg/L in the regulation. In this study, it was determined that the Nitrate concentration was higher than 50 mg/L in 190 sources and the maximum value was determined as 560.03 mg/L in Suruç district. The maximum limit value of the fluoride parameter is 1.5 mg/L. In the study, it was determined that the concentration exceeded 1.5 mg/L in 5 sources and the maximum value was 2.9 mg/L in Hilvan District.

KEYWORDS: Şanlıurfa, Fluoride, Drinking Water, Nitrate, Groundwater

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Nitrifikasyon ve Amonifikasyon Tepkimeleri.....	26
Şekil 1.2.	Nitrifikasyon Döngüsü	26
Şekil 1.3.	Azot Devri.....	29
Şekil 3.1.	Akçakale İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	46
Şekil 3.2.	Birecik İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	48
Şekil 3.3.	Bozova İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	50
Şekil 3.4.	Ceylanpınar İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	51
Şekil 3.5.	Eyyübiye İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	53
Şekil 3.6.	Halfeti İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	55
Şekil 3.7.	Haliliye İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	57
Şekil 3.8.	Harran İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	59
Şekil 3.9.	Hilvan İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	61
Şekil 3.10.	Karaköprü İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	62
Şekil 3.11.	Siverek İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	64
Şekil 3.12.	Suruç İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü.....	66
Şekil 3.13.	Viranşehir İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü	67
Şekil 4.1.	2021 Yılı İlçeler Bazında pH Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası	73
Şekil 4.2.	2021 Yılı İlçeler Bazında iletkenlik Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası	78
Şekil 4.3.	2021 Yılı İlçeler Bazında Amonyum Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası	81
Şekil 4.4.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi Nitrata Hassas Alanlar Haritası	83
Şekil 4.5.	Şanlıurfa Yeraltı Sularında Yüksek Nitrat Tespit Edilen Köylerin Haritası	84
Şekil 4.6.	2021 Yılı İlçeler Bazında Nitrat Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası.....	86
Şekil 4.7.	2021 Yılı İlçeler Bazında Florür Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası	91
Şekil 5.1.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için pH Değişimi	94
Şekil 5.2.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için İletkenlik Değişimi	95
Şekil 5.3.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için Amonyum Değişimi	96
Şekil 5.4.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için Nitrat Değişimi (1)	98
Şekil 5.5.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için Nitrat Değişimi (2)	98
Şekil 5.6.	2021, 2022 ve 2023 Yılları için Florür Değişimi	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre sınır değerler	16
Çizelge 3.1.	Yeraltı Su Kompozisyonu ile Litoloji İlişkisi (Doğdu, 2013, Demir Yetiş, 2013)	44
Çizelge 4.1.	2021 Yılı Maksimum pH Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları	71
Çizelge 4.2.	2021 Yılı Minimum PH Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları	71
Çizelge 4.3.	2021 Yılı İlçeler Bazında PH Uygunsuzluk Yüzdesi	72
Çizelge 4.4.	Wilcox (1955)'e göre genel tuzluluk özellikleri	75
Çizelge 4.5.	2021 Yılı Maksimum İletkenlik Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları	75
Çizelge 4.6.	2021 Yılı İlçeler Bazında İletkenlik Uygunsuzluk Yüzdesi	76
Çizelge 4.7.	2021 Yılı Maksimum Amonyum Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları	80
Çizelge 4.8.	2021 Yılı İlçeler Bazında Amonyum Uygunsuzluk Yüzdesi	80
Çizelge 4.9.	2021 Yılı Maksimum Nitrat Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları (190 parametreden en yüksek olan 10 adet nokta)	84
Çizelge 4.10.	2021 Yılı İlçeler Bazında Nitrat Uygunsuzluk Yüzdesi	85
Çizelge 4.11.	2021 Yılı Maksimum Florür Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları	89
Çizelge 4.12.	2021 Yılı İlçeler Bazında Florür Uygunsuzluk Yüzdesi	90
Çizelge 5.1.	Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında pH Parametresinin Yıllara Göre Değişimi	93
Çizelge 5.2.	Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında İletkenlik Parametresinin Yıllara Göre Değişimi	95
Çizelge 5.3.	Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Amonyum Parametresinin Yıllara Göre Değişimi	96
Çizelge 5.4.	Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Nitrat Parametresinin Yıllara Göre Değişimi	97
Çizelge 5.5.	Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Florür Parametresinin Yıllara Göre Değişimi	99

SİMGELER

%: Yüzde

< : Küçüktür

> : Büyüktür

@: mail simge

C: Derece

f : Frekans

g : Gram

K: potasyum

L : Litre

m: metre

N: Azot

P : Fosfor

t : zaman

T : Süre (Gün)

° : derece

μ : Mikro

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

CaCO₃ : Kireç

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

cm : Santimetre

CO₂ : Karbondioksit

DSİ : Devlet Su İşleri

DSÖ/WHO : Dünya Sağlık Örgütü

MAX : Maximum

mg : miligram

No : Numara

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

ppm : parts per million

TÇK : Toplam Çözünmüş Katı

TDS : Çözünmüş Katı Madde

TS : Toplam Sertlik

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

USEPA : Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı

vb : ve benzeri

YÖK : Yükseköğretim Kurulu

ZVI : Sıfır Valansiyel Demir

µS : microsiemens

µS/cm : Mikro Siemens / Santimetre

1. GİRİŞ

1.1. Suyun Tanımı, Kalite Standartları ve Sağlık Açısından Önemi

Su, iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşur. Kokusuz, tatsız, renksiz saydam özelliklere sahip bir sıvıdır. Su, insanlar için fizyolojik ihtiyaçların yanı sıra, sağlık, hijyen, toplumsal ve ekonomik gereksinim kaynağıdır. Yetişkin bir insanın günlük fizyolojik su ihtiyacı 2- 2.5 L dir. Bunun 600 cm³ kadarı katı besinlerle alınır.

Nüfus başına düşen su miktarı, 1 günde 1 kişi için gereken ‘L’ cinsinden su miktarı olarak hesaplanır. Burada nüfus artışı da göz önünde bulundurulmalıdır. Merkezi su temin tesisi olan küçük yerleşim yerleri için kişi başına günde 100 L su düşerken, kentler için en az kişi başı günde 250 L su öngörülmektedir. Özellikle şehirlerde su miktarı üzerinde durulurken ev ihtiyaçları dışında sokakların temizliği, park, bahçe bakımı, yangınlarda kullanılacak su ihtiyacı gibi durumlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yerleşim yeri yakınında endüstri kuruluşları fabrikalar varsa ve merkezi su tesisinden yararlanıyor ise kişi başına düşen su miktarı artar, nitekim endüstri merkezlerinde su miktarının kişi başına günde 1000 litreye kadar ulaştığı kabul edilmektedir.

İçme suyu ve diğer kullanım amaçlı sular için belirli kalite standartları bulunmaktadır. TSE TS-266 Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, tarafınca belirlenen içme suyu kalite standartları, suyun güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için gereklidir. Sağlık açısından, bu standartlara uymayan suların tüketilmemesi gerekmekte olup, tüketimin gerçekleşmesi halinde canlılarda çeşitli hastalıkların ortaya çıkması muhtemeldir. Su, canlıların yaşamı için vazgeçilmez unsurlardan biridir. Dünyanın %70’inden fazlası sularla kaplıdır. İnsan vücudunun yaklaşık %70’i sudur. Canlıların temel hücresinden başlayarak doku, organ ve sistemlerde karakteristik bir özellik olarak görülen madde alışverişinde, sıvı bir ortam gerekir.

1.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Fayda Beklentileri

Bu tezin temel amacı, Şanlıurfa ilindeki yeraltı suyunun, ilçeler bazında belirli kirletici parametrelerin (pH, İletkenlik, Amonyum, Nitrat ve Florür) kaynaklarını ve miktarlarını tespit etmek, yeraltı sularının kalitesini belirlemek, bu suların kullanım durumunu değerlendirmek, uygunsuz parametrelerin neden olabileceği olumsuz şartları ve hastalıkları irdeleyerek arıtım yollarını araştırmaktır. Su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bu parametrelerin takibi büyük önem

taşımaktadır.

Tarımsal aktiviteler, yeraltı suyu için noktasal olmayan (yayılı) kaynakları oluştururlar. Gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan sentetik gübreler nitrat kirliliğinin en önemli kaynağıdır. Yine tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan pestisitler yeraltısuyuna toksik organik kimyasalların karışmasına neden olurlar. Hayvan atıklarının açık alanlarda kontrolsüz depolanması patojenlerle birlikte nitrat, amonyum gibi kirleticilerin yeraltı suyuna karışmasına neden olur. Atmosferik depolama sonucunda toprakta depolanan kirleticilerde yeraltı suyu kirliliğine neden olmaktadır (Güneş, 2018).

Yeraltısularının ova genelinde yoğun tarımsal faaliyetler ve hayvancılıktan kaynaklanan azot türevleri bakımından kirlilik seviyeleri incelenmiştir. Antropojenik kökenli bu kirliliğin tespit edilmesi amacı ile sulara amonyum (NH_4), nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) analizleri yapılmıştır. Şanlıurfa ilinde yapılan yoğun tarım faaliyetleri, artarak devam eden gübre kullanımı ve kırsal yerleşim yerlerinde geçim kaynağı olarak yapılan hayvancılık faaliyetleri göz önüne alınarak amonyum ve nitrat değerleri izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ülke genelinde ilgili Bakanlıkların yaptıkları çalışmalar doğrultusunda oluşturulan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik vb. gibi çalışmalarda yer alan kabul edilebilir limitler açısından değerlendirilmiştir.

Florür ise yeraltı suları için takip edilmesi gereken diğer önemli parametredir. Doğal sulara genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunur. Ancak, volkanik kayalar, mika mineralleri (sirolit, florit, flor apatit) ve termal kaynaklar doğal sulara yüksek florür konsantrasyonlarına neden olmaktadır. Flor ile ilgili yaygın araştırmalar diş sağlığı açısından yapılmıştır. 4 mg/L' den fazla flor değeri dental ve iskelet sisteminde florosis hastalıklarına, 1.5–4 mg/L konsantrasyonlarında dental florosis hastalığına sebep olabilmektedir. 0.5–1.5 mg/L konsantrasyonlarında diş sağlığına yararlıdır ve <0.5 mg/L'den az olduğunda diş hassasiyetine sebep olabilmektedir (WHO, 1991).

Daha önce Şanlıurfa ili için yapılan benzer çalışmada, Karaköprü ilçesine bağlı Sarım ve Viranşehir ilçesine bağlı olan Karataş köylerinde yeraltı sularında yüksekliği tespit edilmiş olan florür parametresinin, söz konusu yerleşim yerlerinde yaşayan yerel halkta zaman içerisinde diş, kemik ve iskelet hastalıklarına neden olduğu belirlenmiştir (Yeşilnacar ve ark., 2016).

Çalışmada izlenen diğer parametre olan iletkenlik de yeraltı suları için takip edilmesi gereken önemli parametrelerdendir. Su kalitesi için gösterge bir parametredir ve elektrik akımını iletme kabiliyetinin ifadesidir. İletkenlik yaygın olarak kirlilik izlemesinde kullanılmaktadır. Doğal nehirlerin ve göllerin iletkenlikleri genellikle 10-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyesinde olmaktadır. Bu seviyenin üzerindeki değerler ise kirlilik olduğunu gösterir. Fenol, alkol ve şeker gibi organik bileşikler elektrik akımını iyi iletmediklerinden, suda bulunduklarında düşük iletkenliktedirler. Ancak, klor, nitrat, sülfat ve fosfat anyonları ya da sodyum magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum katyonlar gibi inorganik çözünmüş katıların varlığında suyun iletkenliği artmaktadır (Thomann ve Mueller, 1987). İletkenlik, klorür ve sülfat ise tuzlu su ya da başka girişleri gösteren kirleticileri temsil etmektedir. Suların içindeki iyon derişimlerinin artması da elektriksel iletkenlik değerinde artış olduğunu göstermektedir (Lawson 1995).

Saf su molekülü elektrik geçirmez. Suda bulunan safsızlıklar çoğaldıkça suyun iletkenliği artar. Suyun iletkenliği ölçülerek suyun içindeki çözünmüş mineral maddelerin seviyesi belirlenebilir. ‘İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği’ ne göre, müsaade edilen en yüksek iletkenlik değeri 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’dir, ancak böyle bir su sağlığa zararlı değilse lezzeti bozuk ve içimi zor olmaktadır. Ayrıca yüksek iletken sular sert su olarak tabir edilmekle birlikte, suda sertlik oluşumu yaşandığı takdirde su şebekelerinde ve borularda kabuk oluşumu gözlenir.

1.3. Kabul Edilebilir Limitlerin Dışında Olan Kirleticilerin Giderim Yöntemleri

1.3.1. Bazik veya Asidik Yeraltı Sularının Nötralizasyon Yöntemleri

Yeraltı sularının pH değerinin nötralize edilmesi, yani asidik suların asit değerinin düşürülmesi veya bazik suların pH değerinin azaltılması, suyun kullanım amacına uygun hale getirilmesi için önemlidir. İçme suyu, tarımsal sulama veya sanayi kullanımı gibi farklı amaçlar için suyun pH değerinin belirli bir aralıkta olması gerekebilir. pH dengesinin düzenlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılır:

Bazik Suların Nötralize Edilmesi: Bazik (alkali) suyun pH değerini düşürmek için genellikle asidik bileşikler eklenir. Bu işlem sırasında kullanılabilecek maddeler ve yöntemler şunlardır:

Sülfürik Asit veya Hidroklorik Asit Ekleme: Güçlü asitlerin kontrollü miktarlarda eklenmesi suyun pH değerini hızlı bir şekilde düşürebilir (Güngören, 2024). (<https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=ph-hesabi-dersi-2014.pdf>)

Karbon Dioksit (CO_2) Enjeksiyonu: CO_2 gazının suya enjekte edilmesi, karbonik asit oluşturarak suyun pH değerini düşürebilir (Ölmez ve Saraç, 2019).

İyon Değişim Reçineleri: İyon değişim reçineleri bazen bazik katyonları (örneğin, sodyum) suyun içinden çıkarmak ve asidik hidrojen iyonları ile değiştirmek için kullanılabilir (Odabaşı, 2024). (file:///C:/Users/LAST%20B%C4%B0L%C4%B0C5%9E%C4%B0M/Downloads/ileri%20ar%C4%B1t%C4%B1m-11.%20hafta.pdf)

Asidik Suların Nötralize Edilmesi: Asidik suyun pH değerini yükseltmek için alkali maddeler eklenir. Bu işlem sırasında kullanılabilecek maddeler ve yöntemler şunlardır:

Kalsiyum Hidroksit (Sönmemiş Kireç) veya Sodyum Hidroksit (Kostik Soda) Ekleme: Bu maddeler suya eklenerek suyun pH değerini artırabilir (Ölmez ve Saraç, 2019).

Kalsiyum Karbonat (Kireçtaşı) veya Magnezyum Oksit: Bu maddeler doğal olarak suyun pH değerini artıracak şekilde çözünerek asidik suyu nötralize edebilir.

Kireç Doyması: Kireç doyması yöntemi, suya kireç ekleyerek suyun pH'ını yükseltir ve suyun geçtiği yatakta oluşan kalsiyum karbonat katmanı ek olarak suyu filtre eder.

pH Dengesinin Düzenlenmesi İçin Genel Yöntemler:

Kimyasal Düzeltme: Yukarıda belirtilen kimyasal maddelerin eklenmesi suyun pH değerini ayarlamak için en yaygın yöntemdir.

Asidik suların havalandırılması serbest karbondioksitin buharlaşmasına ve pH'ın yükselmesine yardımcı olabilir.

Doğal Tamponlama: Doğal su yatakları bazen kendi tamponlama

kapasitelerine sahiptir. Örneğin, kalsiyum veya magnezyum gibi mineraller içeren kayaçlar, asidik suları nötralize edebilir.

Karıştırma: Farklı pH değerlerine sahip suların karıştırılması ortak bir pH değerine ulaşılmasını sağlayabilir.

Biyo-filtrasyon: Bazı mikroorganizmalar suyun pH değerini etkileyebilir, bu nedenle biyolojik filtreler bazen pH dengesini düzenlemek için kullanılır.

Su kalitesini düzenlemek için hangi yöntemin kullanılacağı, suyun kimyasal bileşimi, kullanılacak suyun miktarı ve suyun kullanım amacı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Herhangi bir pH düzeltme işlemi uygulanmadan önce suyun kapsamlı analizi yapılmalı ve uygun olan yöntem uzmanlar tarafından belirlenmelidir (USEPA, 2024).

1.3.2. Yeraltı Sularında Yüksek İletkenlik İçin Arıtım Yolları

Yeraltı sularında yüksek iletkenlik değeri, çözünmüş katı maddelerin yüksek konsantrasyonlarının bir göstergesidir. Yüksek iletkenlik, genellikle suyun yüksek miktarda mineral ve diğer inorganik maddeler içerdiğini gösterir. Yüksek iletkenlik değerlerine sahip su, içme suyu olarak kullanıldığında hoş olmayan bir tat verebilir ve endüstriyel süreçlerde veya tarımsal sulamada sorunlara neden olabilir.

Yüksek iletkenlik değerini düşürmek için çeşitli su arıtma yöntemleri kullanılır:

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis - RO): Suyun, yarı geçirgen bir membran aracılığıyla yüksek basınç altında zorlanarak katı maddelerden arındırıldığı etkili bir yöntemdir. Bu işlem, çözünmüş katıları, mineralleri ve tuzları suyun içinden çıkarır ve iletkenliği önemli ölçüde düşürebilir.

İyon Değişimi: İyon değişim reçineleri, su içindeki istenmeyen iyonları (örneğin, sodyum, kalsiyum, magnezyum ve demir gibi) alıp yerlerine genellikle hidrojen veya sodyum gibi diğer iyonları bırakarak, suyun iletkenliğini düşürür.

Distilasyon: Suyun kaynatılarak buharlaştırılması ve daha sonra bu buharın yoğunlaştırılarak tekrar sıvı hale getirilmesi işlemidir. Bu yöntem, suyun içindeki hemen hemen tüm çözünmüş katıları ve mineralleri ayırır, böylece iletkenliği

düşürür.

Elektrodiyaliz: Elektrik akımının kullanıldığı, yarı geçirgen membranlara dayanan bir diğer yöntemdir. İyonlar, yüklü membranlar aracılığıyla hareket ederek suyun iletkenliğini azaltır.

Ultrafiltrasyon: Bazı durumlarda, ultrafiltrasyon sistemleri suyun içindeki büyük molekülleri ve partikülleri çıkarmak için kullanılabilir. Ancak, bu yöntem çözünmüş katı maddeleri etkili bir şekilde uzaklaştırmak için tek başına yeterli olmayabilir.

Karbon Filtreleme: Aktif karbon filtreler, organik maddeleri ve bazı inorganik maddeleri suyun içinden uzaklaştırmak için kullanılır, ancak yüksek iletkenlik düşürme konusunda sınırlı etkilere sahiptir.

Nanofiltrasyon: Ters ozmoz ile karşılaştırıldığında, nanofiltrasyon membranları daha büyük gözeneklere sahip olup, belirli çözünmüş katıları ayırırken bazı minerallerin geçmesine izin verebilir.

Yüksek iletkenlik değerinin düşürülmesi için hangi arıtma yönteminin kullanılacağı, suyun kimyasal bileşimi, arıtılacak suyun miktarı ve suyun kullanım amacına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu yüzden herhangi bir arıtma işlemine başlamadan önce suyun detaylı bir analizinin yapılması ve en uygun yöntemin uzmanlar tarafından belirlenmesi önemlidir (USEPA, 2024).

1.3.3. Yeraltı Sularında Yüksek Amonyum İçin Arıtım Yolları

Yeraltı sularında yüksek amonyum (NH_4^+) konsantrasyonları, genellikle çeşitli insan faaliyetlerinden kaynaklanır ve bu durum su kalitesi için bir endişe kaynağıdır. Yüksek amonyum seviyeleri, suyun tat ve koku sorunlarına yol açabilir, ayrıca nitrit ve nitrat gibi zararlı yan ürünlere dönüşüm potansiyeli taşır, bu da insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Yeraltı sularında amonyum düzeylerini düşürmek için birkaç arıtma yöntemi kullanılmaktadır:

Biyo-filtrasyon/Biyolojik Denitrifikasyon: Bu yöntem, amonyaktan nitrit ve nitrat oluşumunu sağlayan nitrifikasyon sürecini ve daha sonra bu nitratların azot gazına dönüşümünü sağlayan denitrifikasyon sürecini içerir. Amonyum, öncelikle nitrit (NO_2^-) ve sonra nitrat (NO_3^-) iyonlarına oksitlenir. Daha sonra bazı bakteriler

bu nitratları azot gazına (N_2) dönüştürür. Bu süreçler aerobik ve anaerobik koşullarda gerçekleşebilir.

İyon Değişimi: İyon değişimi, amonyumu suyun içinden alıp yerine başka iyonları (genellikle sodyum veya potasyum iyonları) bırakarak çalışır. Bu yöntem, özellikle suyun sertliğini de düşürmenin yanı sıra amonyum içeriğini azaltmak için kullanılır. İyon değişimi amonyak giderimi için alternatif bir yoldur. Bu yöntemde iyon değiştirici olarak amonyak karşısında yüksek seçiciliği olan klinoptilolit kullanılması amonyum giderim konusunda etkili bir yol olduğu, konu ile ilgili yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Koon ve Kaufmann, 1975; Liberti ve ark., 1979; Komarowski ve Yu, 1997; Nguyen ve Taner, 1998; Baykal ve Güven, 1997).

Hava Şerbetlemesi (Air Stripping): Bu yöntem, suda çözünmüş amonyum iyonlarını amonyak gazına dönüştürmek ve bu gazı havaya uçurmak için kullanılır. Amonyak, pH'ın yükseltilmesiyle gaz haline gelir ve sonra hava şerbetleme kuleleri kullanılarak suyun yüzeyinden atılır.

Kimyasal Oksidasyon: Kimyasal oksidanlar kullanılarak amonyum doğrudan nitratlara dönüştürülebilir. Bu işlem genellikle klor veya ozon gibi oksidasyon maddeleri kullanılarak gerçekleştirilir.

Ters Ozmoz ve Nanofiltrasyon: Yüksek basınçla suyu yarı geçirgen bir membran üzerinden geçirerek çözünmüş katı maddelerin (TDS) ve amonyum iyonlarının ayrılmasını sağlayan fiziksel arıtma yöntemleridir.

Aktif Karbon Filtrasyonu: Amonyumun adsorpsiyonu için kullanılır, ancak bu yöntem genellikle yalnızca düşük konsantrasyonlarda etkilidir ve genellikle diğer arıtma yöntemleriyle kombinasyon halinde kullanılır.

Kum Filtrasyonu: Kum filtreleri, suyun içinden amonyumu ve diğer katı maddeleri fiziksel olarak filtrelemek için kullanılabilir, ancak genellikle bu işlem biyo-filtrasyon ile birlikte kullanılır.

Amonyumun yeraltı sularından arındırılması için en uygun yöntemin belirlenmesi, suyun kimyasal bileşimi, arıtılacak suyun miktarı, suyun son kullanım amacı ve ekonomik faktörler gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Herhangi bir arıtma işlemine başlamadan önce suyun detaylı bir analizinin yapılması ve en uygun yöntemin uzmanlar tarafından belirlenmesi önemlidir (USEPA, 2024).

1.3.4. Yeraltı Sularında Yüksek Nitrat İçin Arıtım Yolları

Yeraltı sularındaki yüksek nitrat seviyeleri, insan sağlığı ve çevre için çeşitli riskler oluşturabilir. Nitratin su kaynaklarından etkili bir şekilde uzaklaştırılması için çeşitli arıtma yöntemleri kullanılır:

İyon Değişimi: İyon değişim sistemleri, su içindeki nitrat iyonlarını diğer iyonlarla (genellikle klorür iyonları ile) değiştirerek çalışır. Bu sistemler, evsel kullanım için suyun arıtılmasında kullanılabilir, ancak tükenen reçinelerin düzenli olarak yenilenmesi veya rejenerasyonu gerektirir.

Biyo-filtrasyon/Biyolojik Denitrifikasyon: Biyolojik denitrifikasyon işlemi, nitrata azot gazına dönüştüren belirli bakterileri kullanır. Bu süreç genellikle anoksik (oksijensiz) koşullar altında gerçekleşir ve karbon kaynağı gerektirir (örneğin, metanol veya etanol gibi).

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis - RO): Ters ozmoz sistemleri, yüksek basınç altında suyu yarı geçirgen bir membran üzerinden zorlayarak nitrat da dahil olmak üzere birçok çözünmüş katıyı suyun içinden ayırabilir. Bu yöntem, ev ölçeğinden endüstriyel ölçeğe kadar çeşitli uygulamalar için etkilidir.

Distilasyon: Distilasyon, suyun kaynatılarak buharlaştırılmasını ve ardından bu buharın yoğunlaştırılarak tekrar sıvı hale getirilmesini içeren bir süreçtir. Bu yöntem, nitrat da dahil olmak üzere suyun içindeki hemen hemen tüm çözünmüş katıların etkili bir şekilde uzaklaştırır.

Elektrodiyaliz: Elektrodiyaliz, elektrik akımının kullanıldığı ve yarı geçirgen membranlara dayanan bir su arıtma yöntemidir. Bu süreçte, nitrat iyonları elektriksel yükler aracılığıyla suyun içinden uzaklaştırılır.

Nanofiltrasyon: Nanofiltrasyon, ters ozmoz ile benzer bir proses olup, biraz daha büyük gözenekli membranlar kullanır. Bu yöntem, suyun içindeki nitrat da dahil olmak üzere belirli çözünmüş katıların ayırır.

Kimyasal Redüksiyon: Bazı kimyasal süreçler, nitrata daha az zararlı formlara indirgeyebilir. Örneğin, sıfır valansiyel demir (ZVI) kullanarak kimyasal redüksiyon yapılabilir.

Doğal Denitrifikasyon: Bazı su kaynaklarında, doğal olarak oluşan denitrifikasyon süreçleri nitrat seviyelerini azaltabilir. Bu süreçler genellikle su tabanındaki veya toprak içindeki anoksik koşullarda gerçekleşir.

Aktif Karbon Filtreleme: Aktif karbon filtreleri, organik bileşiklerin ve bazı inorganik maddelerin adsorpsiyonunda etkili olabilir, ancak nitrat için sınırlı etkisi vardır ve genellikle başka arıtma yöntemleriyle birlikte kullanılır.

Nitrat arıtımı için en uygun yöntemin seçimi, suyun nitrat seviyesi, kullanılacak suyun miktarı ve kalitesi, arıtma işleminin maliyeti ve suyun son kullanım amacı gibi faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, nitrat arıtma sürecine başlamadan önce detaylı bir su kalitesi analizi yapılmalı ve en uygun arıtma yöntemi uzmanlar tarafından belirlenmelidir (USEPA, 2024).

1.3.5. Yeraltı Sularında Yüksek Florür İçin Arıtım Yolları

Yeraltı sularındaki yüksek florür seviyeleri, dişlerde ve kemiklerde fluorosis riskini artırabilir. Standartlara göre içme suyunda optimal florür konsantrasyonunun 1.5 mg/L civarında olması gerekir. İdeal olmayan yüksek seviyelerde florürü azaltmak için çeşitli arıtma yöntemleri mevcuttur:

Adsorpsiyon (Adsorption): Florür iyonlarının yüzeyine yapışarak ayrılmasını içeren bir süreçtir. Aktif alümina, kemik kiri ve diğer adsorbanlar, florürü suyun içinden etkili bir şekilde uzaklaştırmak için kullanılabilir.

İyon Değişimi: İyon değişim reçineleri, su içindeki florür iyonlarını diğer zararsız iyonlarla (genellikle kalsiyum veya sodyum iyonları ile) değiştirerek florür seviyesini düşürebilir.

Ters Ozmoz; Yarı geçirgen bir membran kullanarak suyun içindeki florür dahil olmak üzere çözünmüş katıları uzaklaştırır. Bu yöntem, hem evsel hem de ticari uygulamalar için etkilidir.

Distilasyon: Suyu buharlaştırarak ve ardından buharı yoğunlaştırarak florür de dahil olmak üzere suyun içindeki tüm mineralleri ve çözünmüş katıları uzaklaştırır.

Elektrodiyaliz: Elektrik akımının yardımıyla florür iyonlarının suyun içinden

uzaklaştırılmasını sağlar. Bu yöntem özellikle yüksek florür konsantrasyonları için etkilidir.

Koagülasyon/Çökeltme (Precipitation): Kimyasal maddeler ekleyerek florür iyonlarını çökeltirler halinde suyun içinden ayırmayı içerir. Örneğin, kalsiyum bazlı bileşikler (kireç) kullanılarak suya eklenir ve florür kalsiyum florür (CaF_2) gibi çözünmez bir bileşik oluşturur.

Nanofiltrasyon: Ters ozmoz gibi, ancak daha büyük gözenekli membranlar kullanarak florürü suyun içinden ayırabilir.

Biyo-sorpsiyon: Belirli mikroorganizmalar veya bitki materyalleri kullanarak florürün biyolojik olarak adsorbe edilmesi sürecidir.

Kristalizasyon: Florürün kristalize edilerek katı bir formda ayrılması işlemidir.

Doğal Kireçleme: Suya kalsiyum karbonat (CaCO_3) ekleyerek kalsiyum florür gibi çözünmez tuzların oluşmasını sağlamak. Florür arıtımı için en uygun yöntemin seçimi, suyun florür seviyesi, kullanılacak suyun miktarı ve kalitesi, arıtma işleminin maliyeti ve suyun son kullanım amacı gibi faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, florür arıtma sürecine başlamadan önce detaylı bir su kalitesi analizi yapılmalı ve en uygun arıtma yöntemi uzmanlar tarafından belirlenmelidir.

1.4. İncelenen Parametreler Bazında Su Kaynaklarının Jeolojik Özellikleri

1.4.1. Bazik / Asidik Özellik Gösteren Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı

Yeraltı sularının asidik veya bazik olması, genellikle ilgili bölgenin jeolojik yapısından etkilenir. Yeraltı suyu kalitesi ve pH değeri, suyun geçtiği kayaç türleri, toprak özellikleri, atmosferik etkiler ve insan kaynaklı etkinlikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olmaktadır.

pH' sı nötral özellikte olan yeraltı sularında çözünen amonyak daha az toksit amonyum iyonu (NH_4^+)'na dönüşür; ki daha sonra nitrat (NO_3^{-2}) formuna okside olabilir. Yağmur suyunda bulunan kirleticiler toprağa yada bitki yapısına girer ve yeraltı, yüzey suları kimyasını etkiler (Badruk, 2024).

Asidik Yeraltı Suları Bulunan Bölgelerin Jeolojik Özellikleri:

Suların pH'ı sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi göstermektedir. Su içerisindeki H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak suyun asidik veya bazik özelliği değişmektedir.

İçeriği Silis (SiO_2) Ağırlıklı Kayaçlar; Granit ve kuvarsit gibi silika zengini kayaçlar, asidik yeraltı sularının oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Bu tür kayaçlar, suda çözünebilecek tamponlayıcı bazik bileşikler içermezler. Organik zengin topraklar ise 'Turba' gibi yüksek organik madde içeriğine sahip topraklardır, suyun asidik hale gelmesine yol açabilir. Organik asitlerin suya karışması pH değerini düşürmektedir.

Bazik Yeraltı Suları Bulunan Bölgelerin Jeolojik Özellikleri:

Karbonat Kayaçlar; Kireçtaşı ve dolomit gibi karbonatlı kayaçlar, suda çözünür ve bikarbonat iyonlarına dönüşerek suyun pH değerini yükseltir ve bazik bir karakter kazandırır.

Bazalt ve Diğer Mafik Kayaçlar; Magnezyum ve demir gibi bazik mineraller açısından zengin kayaçlar, suyun bazik hale gelmesine katkı sağlar.

Alkali Topraklar; Bazı bölgelerde, yüksek pH değerine sahip topraklar, yeraltı suyunun da bazik olmasına sebep olabilir. Yeraltı Suyunun Yüzeyle Etkileşimi; Yeraltı suyunun yüzey sularıyla karışımı veya yüzeyden sızan suyun etkileri, suyun kimyasal bileşimini etkileyebilir. Örneğin, yüzeydeki kireçtaşı çökeltileri yeraltı suyuna katılarak pH'ı yükseltebilir.

Bu genel özelliklerin yanı sıra, yeraltı sularının pH değerini etkileyebilecek diğer faktörler arasında yeraltı suyunun akış yolu, yeraltındaki sıcaklık, basınç koşulları ve çevredeki insan aktiviteleri sayılabilir. Her bölgenin kendi jeolojik, hidrolojik ve çevresel özellikleri, yeraltı suyu kalitesini ve pH seviyesini belirleyen karmaşık faktörler arasında yer alır. Bu nedenle spesifik bir bölge için kesin sonuçlara varmak, o bölgede kapsamlı jeolojik ve hidrolojik araştırmalar yapılmasını gerektirir.

1.4.2. İletkenlik Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı

Yeraltı sularında elektriksel iletkenliğin (EC) yüksek olması genellikle suda

çözünmüş tuzların ve diğer iyonların yüksek konsantrasyonları ile ilişkilidir. Yeraltı sularının yüksek iletkenliğe sahip olduğu ilçelerin ve yerleşim yerlerinin jeolojik özellikleri, bu iyonların kaynaklarına işaret edebilir. İşte bu tür bölgelerin karakteristik jeolojik özellikleri:

Evaporit Yatakları: Yeraltı suyunun yüksek iletkenlik gösterdiği bölgeler genellikle, jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve diğer evaporit minerallerinin yoğun olduğu kayaçlarla ilişkilidir. Bu minerallerin çözünmesi, suyun elektriksel iletkenliğini artırır (Yüksel, 2007).

Bazı volkanik kayaçlar, suda çözünebilen mineraller içerebilir ve bu da yüksek iletkenlik ile sonuçlanabilir. Kireçtaşı ve dolomit gibi karbonat kayaçları, yeraltı suyunda çözünmüş kalsiyum ve magnezyum iyonlarının kaynağı olabilir (Yüksel, 2007).

Madencilik ve Endüstriyel Faaliyetler: Madencilik, kimyasal işleme tesisleri ve diğer endüstriyel faaliyetler, sulara çeşitli tuzlar ve kimyasallar ekleyebilir. Bunlar, suyun iletkenliğini önemli ölçüde artırabilir.

Tarım Alanları: Yoğun tarım faaliyetlerinin olduğu bölgelerde, gübre ve pestisitler yeraltı suyuna sızabilir ve çözünmüş iyon konsantrasyonunu artırarak iletkenliği yükseltebilir.

Kurak ve Yarı Kurak Bölgeler: Kuraklık ve yüksek buharlaşma oranları, yeraltı suyunda tuzların yoğunlaşmasına yol açabilir. Bu durum, iletkenliğin artmasına neden olur.

Yüzey Suyu ve Yeraltı Suyu Etkileşimi: Yüzey sularının tuzlu veya mineralce zengin olduğu bölgelerde, bu suların yeraltı suyuyla etkileşimi sonucunda yeraltı suyunun iletkenliği artabilir.

Yeraltı suyundaki yüksek iletkenlik, sadece suyun içilebilirliğini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda tarımsal sulama için de sorunlar yaratabilir. Tuzlu sular bitkilerin su ve besin alımını engelleyebilir ve toprak kalitesini bozabilir. Bu nedenle, yüksek iletkenliğe sahip yeraltı sularının yönetimi ve kullanımı, özellikle bu suyun içme suyu veya tarımsal sulama suyu olarak kullanılacağı durumlarda, dikkatli bir şekilde planlanmalıdır (Ekmekçi ve ark., 2005).

1.4.3. Amonyum Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı

Amonyum değeri yüksek olan yeraltı sularının ortaya çıktığı jeolojik yapı genellikle şu özellikleri taşır:

Organik Madde Zenginliği: Yeraltı sularında yüksek amonyum dağılımları genellikle organik madde bakımından zengin jeolojik katmanlardan sızar. Örneğin turba, lignit veya diğer organik madde içeren sedimanter kayalar bu tür suları barındırabilir (Yılmaz, 2024).

Azotlu Bileşiklerin Varlığı: Azot bileşenleri (nitrat, nitrit, ve azot gazı) içeren iyon ve gazlar geniş aktivite yoluyla amonyum üretimini gerçekleştirebilir. Amonyum, azotun biyolojik dönüşümlerinin bir ara ürünüdür. Toprak ve bitki yapısında amonyum varlığı yeraltı suyu ve yeraltı su kaynağının yapısına geçebilmektedir (Uzun, 2020).

Azot Kaynak Kayalar: Jeolojik matristeki amonyum feldispat gibi amonyum içeren mineraller de yeraltı suyunda daha yüksek amonyum konsantrasyonlarına katkıda bulunabilir.

Yeraltı Sularının Yavaş Hareketi: Yeraltı suyunun yavaş hareket ettiği veya neredeyse statik olduğu jeolojik yapılar, amonyumun su içeriğine geçmesini kolaylaştırır (Günhan, 2014).

Antropojenik Etkiler: Endüstriyel atık sızıntıları, çöplükler, kanalizasyon ve bunların drenajı gibi insan kaynaklı etkiler, yeraltı sularının jeokimyasını etkileyebilir ve amonyum konsantrasyonlarını artırabilir (Gültekin, 2015).

Bu özelliklerin bir veya birkaçının bir araya gelmesi, mevcut su temininde amonyum miktarının yükselmesine neden olabilir. Yüksek amonyum seviyeleri genellikle sularda arıtma ihtiyacı gerektirir, çünkü amonyum insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturmaktadır.

1.4.4. Nitrat Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı

Yeraltı sularında nitrat (NO_3^-) değerlerinin yüksek olması genellikle, bölgedeki insan etkinlikleri ve tarım uygulamaları ile doğrudan ilişkilidir ve jeolojik yapının özelliklerinden daha çok bu etkinliklerin sonucudur. Ancak, jeolojik yapının nitrat kirliliğinin yayılımını ve konsantrasyonunu etkileyebilen bazı özellikleri vardır.

Toprak Özellikleri: Geçirgen topraklar ve alüvyal depozitler gibi hızlı su infiltrasyonuna izin veren topraklar, yüzeyden yeraltı suyuna nitrat sızmasını kolaylaştırır. Ağır kil içerikli topraklar ise daha az geçirgendir ve nitratin yeraltı suyuna ulaşmasını yavaşlatabilir.

Kaya Yapısı: Çatlaklı ve boşluklu kayaçlar (örneğin, kireçtaşı ve diğer karbonat kayaçlar) suyun ve çözünmüş maddelerin hızlı hareket etmesine olanak tanır. Bu tür yapılardaki yeraltı suyu rezervuarları, yüzeydeki nitrat kaynaklarından daha kolay etkilenebilir.

Hidrojeoloji: Su tablasının derinliği ve yeraltı suyunun akış hızı gibi hidrojeolojik faktörler, nitratin yeraltı suyu sistemlerine taşınmasını ve dağılımını etkiler. Yüzeysel su tablası ve yavaş hareket eden yeraltı suyu, nitrat kirliliği riskini artırabilir.

Toprak Kullanımı ve Arazi Yönetimi: Yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı, yüksek miktarda sentetik gübre ve hayvansal atığın kullanıldığı alanlar, yeraltı suyunda yüksek nitrat seviyelerine neden olabilir.

Kuraklık ve Sulama Uygulamaları: Sulama sırasında kullanılan su miktarı ve yöntemi, yeraltı suyu nitrat seviyelerini etkileyebilir. Aşırı sulama, nitratin toprak profili boyunca derinlere taşınmasını hızlandırabilir.

Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı: Bitki örtüsünün nitrati kullanma kapasitesi ve arazi kullanımı desenleri, yeraltı suyuna nitrat sızmasını etkileyebilir. Ormanlık alanlar gibi yüksek nitrat kullanımına sahip ekosistemler, tarım alanlarına kıyasla genellikle daha düşük nitrat sızıntısı gösterir.

Yeraltı suyunda yüksek nitrat değerleri, insan sağlığı için riskler taşıyan ciddi bir çevresel sorundur. Bu nedenle, nitrat kirliliğinin izlenmesi, yönetilmesi ve kontrol altına alınması için bütüncül bir yaklaşım gereklidir. Bu yaklaşım, tarımsal uygulamaların optimize edilmesi, gübre kullanımının düzenlenmesi, atık su arıtma tesislerinin etkinliğinin artırılması ve yeraltı suyu koruma bölgelerinin oluşturulmasını içerebilir (Süenal ve Erşahin, 2012).

1.4.5. Florür Değeri Yüksek Olan Yeraltı Su Kaynaklarının Jeolojik Yapısı

Yeraltı sularında florür değerlerinin yüksek olması, genellikle doğal jeolojik koşullar ve kayaların mineralojik bileşimi ile ilişkilidir. Florürün yeraltı suyuna girmesi, belirli türdeki minerallerin su ile teması ve bu minerallerin çözünmesi sonucunda meydana gelir. Florür değerlerinin yüksek olduğu ilçelerin ve yerleşim yerlerinin jeolojik özellikleri:

Florit (CaF_2) Zengini Kayaçlar: Florürün en yaygın mineral kaynaklarından biri florittir. Bu mineralin bol miktarda bulunduğu kayaçlar, suların yüksek florür konsantrasyonlarına sahip olmasına neden olabilir (Eğri ve ark., 1999).

Fosfat Mineralleri: Apatit gibi fosfat mineralleri de florür içerebilir. Bu minerallerin bulunduğu kayaçlar ve sedimanlar, suların florür içeriğini artırabilir (Büyükkınacı, 2024; Berker, 2024).

Volkanik Kayaçlar: Bazı volkanik kayaçlar özellikle bazalt ve riolit gibi, florür içeren mineralleri barındırabilir. Bu tür kayaçların erozyonu ve çözünmesi, suların florür seviyelerini yükseltebilir.

Granitik Kayaçlar: Granit ve diğer granitoid kayaçlar, florür içeren mineraller olan muskovit, biyotit ve topaz gibi mineralleri içerebilir. Bu kayaçların aşınması sırasında florür serbest kalabilir ve yeraltı suyuna karışabilir.

Termal Sular: Hidrotermal ve jeotermal aktivitenin etkili olduğu alanlardaki sular genellikle yüksek florür konsantrasyonlarına sahiptir. Bu sular, derin yerkabuğundaki minerallerle etkileşerek yüzeye çıktığında yüksek miktarda florür taşıyabilirler.

Alkali Topraklar ve Sedimanlar: Alkali koşullar, florür iyonlarının kayaçlardan çözünmesini kolaylaştırır. Alkali çöller ve yüksek pH'lı topraklar florür seviyelerinin yükselmesine katkıda bulunabilir. Yeraltı sularında yüksek florür seviyeleri, uzun süreli maruz kalma ile diş ve kemik florozu gibi sağlık sorunlarına neden olabilir. Diş florozu, dişlerin yapısında değişikliklere ve renklenmelere yol açarken, kemik florozu ise kemiklerin sertleşmesine ve kırılganlaşmasına neden olabilir. Ayrıca düşük konsantrasyonlarda florür, diş çürüklerini önlemeye yardımcı olabilir.

Bu nedenle, yeraltı suları kullanılan bölgede florür seviyelerinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekirse suyu arıtmak için tedbirlerin alınması önemlidir.

Florürün giderilmesi için çeşitli su arıtma teknolojileri kullanılabilir, bunlar arasında ters osmoz, iyon değişimi ve adsorpsiyon yöntemleri bulunur.

1.5. Çalışma Kapsamında Analizleri Yapılan Parametreler, Limit Değerleri, Sudaki Muhtemel Kaynakları ve Su Kalitesi Üzerinde Etkileri

Çalışma kapsamında Şanlıurfa ili ilçelerinde bulunan yeraltı su kaynaklarından 2021 yılında alınan su numunelerinin beş adet kalite parametrelerinin analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, 2022 ve 2023 yıllarında, yine Şanlıurfa ili ilçelerine ait yeraltı su kaynaklarında, aynı parametrelerin ilçeler bazında analizleri gerçekleştirilmiş ve yıllara göre ilçelerin su kalitesi değişimleri değerlendirilmiştir.

2021 yılında yapılan ölçümlerde, standartlarca belirlenen limit değerleri sağlamayan parametreler ve yerleşim yerlerinde, yeraltı su kaynaklarında arıtım yollarının değerlendirildiği, arıtımın mümkün olmadığı kaynakların kullanımının durdurulduğu görülmüştür. Söz konusu yerleşim yerlerinde, tüm ilçenin su ihtiyacını karşılayacak içmesuyu arıtma tesislerinin projelendirilerek hayata geçirildiği veya yine aynı yerleşim yerinde farklı yeraltı su kaynaklarının halkın kullanımına sunulduğu ve bazı yerleşim yerleri için ‘Grup Su’ projelerinin değerlendirildiği, böylelikle kesintisiz ve sağlıklı su tedarikinin devamlılığının sağlandığı görülmüştür. Çizelge 1.1. de tez çalışmasında analizleri yapılan parametrelerin sınır değerleri verilmiştir. (Resmi Gazete, 2024). (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/02/20050217-3.htm>)

Çizelge 1.1. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre sınır değerler

	En küçük değer	En büyük değer	Parametre Birimi
pH Parametresi	6.5	9.5	
İletkenlik Parametresi		2500	microS/cm
Amonyum Parametresi		0.5	mg/L
Nitrat Parametresi		50	mg/L
Florür Parametresi		1.5	mg/L

pH; Sularda hidrojen iyonu derişiminin ölçüsüdür. Bir bileşikteki hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanır ve matematiksel olarak;

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Suyun pH değeri 0-14 arasında değişir; hidrojen iyonlarının artması pH'ın düşmesine, hidrojen iyonlarının azalması veya hidroksit iyonlarının büyümesi ise pH'ın artmasına neden olur. Buna göre pH skalasında pH= 0-7 asidik, pH= 7-14 bazik ve pH= 7 nötrdür. Suyun pH'ı, suda çözünmüş olan karbonat, bikarbonat ve serbest karbondioksitlerin konsantrasyonuna bağlıdır. Serbest karbondioksitler (CO_2) yalnızca pH 5'in altında olduğunda, bikarbonat iyonları (HCO_3) pH 7-9 arasında çoğunlukta, karbonat iyonları (CO_3^{2-}) pH 9.5-10'dan sonra önem kazanır.

İletkenlik; suyun elektrik akımını iletme kapasitesidir. İletkenlik su kirliliğinin izlenmesi için yaygın olarak kullanılır. Suyun iletkenliği, içinde çözünen iyonlara bağlıdır. Suyun iletkenliği ölçülerek suda çözünmüş minerallerin miktarı hakkında fikir elde edilir. Suyun iletkenlik değeri arttıkça, genellikle suyun sertlik değeri de artmaktadır ve bu sular 'sert su' olarak değerlendirilir. Bu değer arttıkça su artık içilemez hale gelir.

Yeraltı sularının tuzluluk değerinin belirlenmesinde, tuz içeriği göstergelerinden biri olan elektriksel iletkenlik (EC) parametresi kullanılmaktadır. EC değerine göre sulama suyu sınıfı 4 sınıfta incelenmektedir. Bunlar : Az Tuzlu Su (C1), Orta Tuzlu Su (C2), Fazla Tuzlu Su (C3), Çok Fazla Tuzlu Su (C4) olarak sınıflandırılmaktadır.

Amonyum (NH_4^+); atık, kanalizasyon veya hayvan atıklarının suya karıştığını gösterir. Hastalık yapıcı etkisi mevcuttur. En yüksek limit değeri 0,5 mg/L olarak belirlenmiştir.

Nitrat (NO_3^-); tarımda gübre kullanımı suyun nitrat içeriğini artırmaktadır. Nitrat insan sağlığına negatif etkilerinden dolayı gıdalarda ve içme sularında istenmeyen bir bileşiktir. Bu nedenle literatürde izin verilen en yüksek Nitrat değeri 50 mg/L olarak yönetmelikle belirlenmiştir.

Nitrat (NO_3^-), sudaki yüksek çözünürlüğünden dolayı insan sağlığına tehdit oluşturan ve sucul ortamlarda önemli kalite problemlerine sebep olan bir kirlenici

parametredir. Özellikle yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, genellikle azot bazlı gübrelerin yanlış kullanımı veya atıksu deşarjlarından kaynaklanmaktadır. İnsan vücudunda biriken aşırı nitrat, çocuklarda methemoglobinemiye, yetişkinlerde ise sindirim sistemi kanserlerine neden olmaktadır (Sadler ve ark., 2016; El-Hanache ve ark., 2019; Rao ve ark., 2019). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, içme suyunda nitrat için izin verilen maksimum konsantrasyon 50 mg/L'dir (Edition, 2011).

Su kalitesi ve su kaynaklarının niteliği insan sağlığını doğrudan etkiler. Kimyasal bulaşanlar halk sağlığını tehdit etmektedir. Endüstriyel ve tarımsal atıklar nitrözaminler ve diğer kanserojenik bileşiklerle teması artırmaktadır. Nitratin suda ve gıdalarda artmasının nedeni topraktaki organik maddelerden, azotlu gübrelerin kullanılmasından ve kimyasal/endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır. Sulardaki nitrat ve nitrit düzeyleri su kalitesinin önemli indikatörleridir (Cemek ve ark., 2007).

Florür (F^-); İnsan bedeninde varolmasının en büyük kaynağı içme suyudur. Florür genel olarak doğal sularda düşük miktarlarda bulunur. Ancak, mika mineralleri (sirolit, flor apatit, florit) volkanik kayalar ve termal kaynaklar nedeniyle yeraltı sularında florür muhtevasının artmasına sebep olmaktadır (Yeşilnacar, ve ark., 2012). Yönetmelikçe belirlenen üst sınır Florür değeri 1.5 mg/L'dir.

Canlı metabolizması için gereken iz element olan flor, kemik ve dişlerde depolanmaktadır. Florür, içme suyunda, bilhassa çocuklar için diş ve kemik gelişimi ve sağlığı bakımından 1-1.5 mg/L konsantrasyon değerlerinde bulunmalıdır (Yeşilnacar ve ark, 2011). Gelişim döneminde olan çocuklarda diş çürümelerini minimize ederek, diş sağlığının korunmasına olanak sağlamaktadır. Dolayısı ile içme suyunda florür iyonunun 1 mg/L' den az olduğu yerlerde, suni olarak suya florür iyonu ilave edilmektedir (Yeşilnacar ve ark, 2011).

Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, Şanlıurfa şehrinde yer alan, Sarım ve Karataş köylerinde, ilköğretim çağındaki öğrencilerde rastlanılan diş çürümeleri ve dişlerdeki şekil bozuklukları neticesinde, bu bölgelerde suda florür iyonu araştırması yapılmıştır. Söz konusu köylerde, İlköğretim öğrencilerinde zayıf ve orta dereceli florozis bulgularına rastlanmıştır. Bu araştırmalar ile, bölge halkının içme ve kullanma sularını son 10-15 yıl içinde kendi imkânları ile açtıkları 100-150 metre derinlikteki kuyulardan sağladıkları tespit edilmiş ve bu kuyulardan alınan su numunelerinde gerçekleştirilen kimyasal analizler sonucunda, sulardaki florür konsantrasyonunun (1.32 – 3.48 mg/L), Dünya Sağlık Örgütü'nün öngördüğü aralığın (0.50 – 1.50 mg/L) ve ulusal yönetmeliklerdeki sınır değerlerinin üzerinde

olduğu bulunmuştur (Yeşilnacar, 2001; Yeşilnacar ve ark, 2012).

1.5.1. pH Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri

Suda çözünen mineraller, pH değerini etkilemektedir. Kalsiyum ve magnezyum gibi bazik özellik gösteren mineraller, suyun pH değerini yükseltmekte kükürt mineraller pH değerini düşürmektedir. Karbondioksitin (CO_2) suda çözünmesi karbonik asit oluşturmakta ve suyun pH değerini düşürmektedir. Yeraltı suları genellikle yüksek CO_2 konsantrasyonlarına sahiptir ve asidik pH değerlerine yol açmaktadır.

Yeraltı su kaynağına sızması muhtemel endüstriyel atıksuların muhteva ettiği asit veya baz içeren kimyasallar da suyun pH değerini etkilemektedir. Arıtma tesislerinde kullanılan kimyasallar yeraltı su kaynağına sızarak (örnek, klor ve fosforik asit) suyun pH değerini değiştirebilmektedir. Hava kirliliğinin sonucu olarak atmosfere karışan kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksitler (NO_x), yağışla birlikte yerde bulunan su kaynaklarının pH seviyelerini düşürebilmektedir.

Bitki örtüsü ve mikroorganizmalar tarafından üretilen organik asitler, suyun pH değerini düşürebilmektedir. Bazı kayaç türleri, özellikle kireçtaşı gibi alkali maddeler içerenler, suyla temas ettiğinde pH değerini yükseltmektedir (Ethicwater, 2024). (<https://www.ethicwater.com.tr/2022/09/16/su-kalitesi-su-testinde-ph-nedir/>).

Bazik ve asidik yeraltı sularının çevreye ve insan sağlığına etkileri, suyun pH değerine, yani asidik ($\text{pH} < 7$), nötr ($\text{pH} \approx 7$) veya bazik ($\text{pH} > 7$) olmasına bağlı olarak değişir. Bu özellikler, suyun çözünmüş mineralleri ve diğer maddeleri taşıma kapasitesini etkileyebilir ve bu da hem çevresel hem de sağlık üzerinde önemli sonuçlara yol açabilmektedir.

Asidik su, topraklardan ve kayalardan ağır metalleri çözerek ekosistemlere ve içme suyu kaynaklarına taşımaktadır. Bu durum su canlıları ve insan sağlığı açısından olumsuz bir durumdur. Toprakların asitlenmesine yol açarak bitki büyümesini ve tarım ürünlerini de olumsuz etkilemektedir. Ağır metallerin (kurşun, civa, arsenik vb.) yüksek çözünürlüğü nedeniyle, bu tür suların tüketimi insan sağlığı için ciddi riskler taşıyabilir. Maruz kalma durumunda, bu ağır metallerin birikmesi nedeniyle, kanser, nörolojik bozukluklar ve böbrek hastalıkları gibi ciddi sağlık sorunları yaşanmaktadır (Cantürk, 2002).

Yüksek pH seviyeleri, bazı ağır metallerin çökmesine ve birikmesine neden olabilir ve borular kazanlar ve dağıtım sistemlerinde kabuk oluşumu, taşlaşma, kireçlenme denilen enerji ve ekonomik kayıplar yaratan durumlara neden olur. Bor gibi bazı elementler yüksek pH' da daha çözünür hale gelebilir ve bu durum bitkiler için toksik olabilir. Yüksek pH seviyeleri, bazı insanlar için sindirim sorunlarına veya ciltte tahrişe neden olabilir.

Her iki durumda da, yeraltı suyunun doğrudan tüketimi önerilmez. Su, uygun arıtma prosedürlerinden geçirilmeli ve içme suyu standartlarına uygun hale getirilmeli, böylece pH seviyesi nötralize edilerek insan sağlığına ve çevreye zarar verme riski en aza indirgenmelidir.

Yeraltı Suyu Kalitesi ve pH İlişkisi

Yeraltı suyunun pH değeri, suyun içindeki kimyasalların çözünürlüğünü etkiler. Örneğin, düşük pH değerleri (asidik koşullar) metal çözünürlüğünü artırarak suyun aşırı metal içeriğine sahip olmasına neden olabilir. Yüksek pH değerleri (bazik koşullar) ise bazı iyonların çökelti olarak ayrılmasına neden olabilir ve suyun sertlik değerinin artışına yol açabilir. Asidik su, boru hatlarında ve diğer altyapı veya dağıtım elemanlarında metallerin çözünerek suya karışmasına neden olabilir. Ayrıca pH değeri, su ekosistemlerindeki canlılar için hayati öneme sahiptir. Çoğu sucul organizma dar bir pH aralığında hayatta kalabilir ve çoğalabilir. pH seviyelerinde ortaya çıkan önemli değişiklikler, sucul canlıları olumsuz etkileyebilir. Özellikle asit koşulları balıklar için toksik olabilir. Bazik koşullar da benzer şekilde zararlı olabilir. Dolayısıyla yeraltı suyundaki pH değişimleri etkileşim halinde oldukları yüzeysel suların pH seviyelerini de etkileyerek su canlılarını tehdit edebilir.

pH, özellikle ağır metallerin su içindeki hareketliliğini gösteren temel faktörlerden biridir. Asit yağmurları ve endüstriyel atıklar gibi insan kaynaklı faktörler, toprak ve yeraltı suyunun pH değerini düşürebilir ve dolayısıyla suyun kimyasını etkileyebilir. Yeraltı suyunun pH değeri toprak kimyasını oluşturur, bu da bitki örtüsü ve tarımın sınırlarını doğrudan etkiler. Bazı bitkiler asitli veya bazik toprakları tercih ederken, çoğu bitki hafif asitli veya nötr aralıkta daha iyi performans gösterir. Ayrıca, pH, topraktaki besin elementlerinin bitkiler tarafından alımını etkilemektedir.

Su kaynağı yakınında yürütülen madencilik faaliyetleri sırasında açığa çıkan kükürt mineralleri reaksiyona girerek sülfürik asit üretilebilir. Bu, asit madeni drenajı

olarak bilinen ve suyunun pH değerini önemli ölçüde düşürebilen bir etki yaratmaktadır. Bu durum, su koşullarını ciddi derecede bozabilir. Yeraltı suyundaki pH değişiklikleri, endüstriyel sızıntılar, atık depolama tesislerinden sızıntılar veya maden faaliyetleri gibi insan kaynaklı etkilerin bir göstergesi olabilir.

1.5.2. İletkenlik Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri

Sudaki yüksek iletkenlik değeri, suyun içerisinde yüksek konsantrasyonda çözünmüş iyonların varlığından kaynaklanır. İletkenlik, bir çözeltinin elektrik akımını iletme miktarını ölçer ve genellikle mikroS/cm (mikroSiemens / santimetre) cinsinden ifade edilir. İletkenliği etkileyen çeşitli nedenler; çözünmüş mineraller ve tuzlar, tarımsal faaliyetler, jeolojik koşullar, asit yağmurları, sıcaklık, çözünmüş gazlar ve biyolojik faaliyetler olarak sıralanabilir.

Suda çözünmüş haldeki tuzlar (sodyum klorür, magnezyum sülfat) ve mineraller suyun iletkenliğini artırır. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan gübrelerde bulunan azot ve fosfor gibi besin elementleri ve endüstriyel atıklar ve evsel atıklar, çeşitli kimyasalların ayrıştırılması sudaki iletkenliği doğrudan etkilemektedir (Oğuz, 2015).

Atmosferdeki kirlilik nedeniyle oluşan asit yağmurları, su kaynaklarına sülfat ve nitrat gibi iyonlar aktarmaktadır. Sıcaklık değişimi, suyun iyonlarını çözme yeteneğini artırır ve bu da iletkenliği yükseltir. Karbondioksit gibi gazların suda çözünmesi sonucu oluşan karbonik asit, iletkenliği yükseltir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018)(<http://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/asityagmurlariteknikraporu.pdf>).

Su ekosistemlerindeki mikroorganizmaların faaliyetlerinin sonucu çözünmüş organik maddeler ve iyonlar suya geçerek iletkenliği değiştirmektedir (file:///C:/Users/LAST%20B%C4%B0L%C4%B0%C5%9E%C4%B0M/Downloads/Limnoloji%20B%C3%B6l%C3%BCm%206.pdf).

Yüksek iletkenlik değerleri, suyun kalitesi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Suyun iletkenliğinin belirlenmesi ve arıtımı, bu suyun kullanım amacına ve miktarına göre değişkenlik gösterir. Yüksek iletkenlik değerleri genellikle suyun tuzluluğunun yüksek olduğunu göstermekte ve içmesuyu olarak kullanılmadan önce arıtım basamaklarının uygulanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, suyun iletkenliğinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekirse uygun arıtım

elzemdir (Taşan, 2021).

İletkenliği Yüksek Suların Çevreye ve Sağlığa Olumsuz Etkileri

Yüksek iletkenliğe sahip sular genellikle yüksek tuzluluk seviyelerine sahiptir, bu da toprakların tuzluluk seviyesini artırmakta ve tarım arazilerinin verimliliğini düşürmektedir. Tuzluluk seviyelerindeki artış, su ekosistemlerinin yapısını ve işleyişini etkileyebilir, tuz toleransı düşük olan sucul canlıların yaşamını tehdit edebilir. Yüksek iletkenlik içme suyu için istenmeyen tat ve koku sorunlarına yol açabilir ve su arıtma maliyetlerini artırabilir.

Yüksek tuzluluk seviyeleri hipertansiyon (yüksek tansiyon) riskini artırabilir ve mevcut kalp hastalıklarının kötüleşmesine neden olabilir. Yüksek iletkenliğe sahip sular bazen ağır metalleri de içerebilir, bu da uzun vadede ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Yüksek mineralli suyun aşırı tüketimi, özellikle kalsiyum ve magnezyum gibi bazı minerallerin birikmesi nedeniyle böbrek taşlarına neden olabilir.

İletkenliği Yüksek Suların Çevreye ve Sağlığa Olumlu Etkileri

Yüksek iletkenliğe sahip yeraltı suları, bazı mineraller açısından zengin olabilir ve bu mineraller tarımsal toprakları zenginleştirebilir. Yüksek mineralli termal sular terapötik özelliklere sahip olabilir ve sağlık turizmi için değerli bir kaynak olarak kullanılabilir. İnsan vücudu için gerekli olan bazı mineralleri sağlayabilir. Ancak, bu minerallerin alımı dengeli ve kontrollü olmalıdır. İletkenlik değeri, yeraltı suyu kalitesini belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir. Yüksek iletkenliğe sahip yeraltı suyunun kullanılması, özellikle içme ve sulama suyu olarak kullanılacağı zaman dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Suyun içindeki mineral içeriği, uygun arıtma yöntemleriyle düzenlenerek insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilmelidir. Ayrıca, tuzluluk ve minerallerin tarım arazileri üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulmalı ve uygun tarımsal yönetim uygulamaları benimsenmelidir.

Yeraltı Suyu Kalitesi ve İletkenlik İlişkisi

Yüksek iletkenlik değerleri genellikle suyun yüksek tuz oranının göstergesidir. Tuzlu yeraltı sularının tarımsal sulamada kullanılması toprakların tuzlanmasına ve bitkisel üretimde kayıplara neden olur. Suda ve toprakta içeriğinde

olan tüm tuzların kaynağı, kayaların jeokimyasal ayrışmasından kaynaklıdır. Farklı bir tuz kaynağı ise, tuzlu yeraltısuları veya kuyulardan fazla su çekilmesi sebebi ile deniz suyunun iç bölgelere hareket etmesidir. Ayrıca aşırı miktarda kullanılan kimyasal gübrelerinde su kaynaklarının tuzluluk oranlarını arttırıcı etkide bulunduğu söylenebilir (Taşan, 2021).

Tuzlu ve yüksek iletken yeraltı suları insan tüketimi için de uygun değildir. Yüksek iletkenlik değerleri bitki yetiştirme, sulama sistemleri ve endüstriyel kullanım gibi alanlarda olumsuz etkilere yol açmaktadır. Tuzluluk, toprak verimliliğini azaltmakta ve suyun kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. İletkenlik değeri, yeraltı suyu kalitesini belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir.

Tuzluluk değeri yüksek olan sular ile yapılan tarım alanları sulamalarında, hem toprağın tuzluluk içeriği hemde drene olan suların tuzluluk değerlerinin artışına sebebiyet verilmektedir. Ayrıca ihtiyaçtan fazla olarak ve dengesiz sulama yapılması halinde, toprak taban suyu seviyesinde yükselme meydana gelmektedir. Taban suyu seviyesinin artması ve tuzluluk değerinin yükselmesi gibi sebeplerden ötürü, tarım arazilerinin yapısının deforme olması, sulamanın sürdürülebilirliğini negatif yönde etkilemektedir (Demir ve Kılıç, 2012)

Yüksek iletkenlik değerleri bitki yetiştirme, sulama sistemleri ve endüstriyel kullanım gibi alanlarda olumsuz etkilere yol açmaktadır. Tuzluluk, toprak verimliliğini azaltmakta ve suyun kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Tesisat ve su şebekelerinde ise yüksek iletken sular boru çeperlerinde birikme yaparak et kalınlığını arttırmakta ve şebeke içinde çeperde tutunarak daraltıcı etki yaratmaktadır. Kabuk oluşumu olarak ifade edilen bu durum, su tesisatının zarar görmesine ve bakım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, iletkenlik değeri yeraltı suyu kalitesi üzerinde önemli bir göstergedir ve suyun kullanım alanları, sulama uygulamaları ve insan sağlığı açısından dikkate alınması gereken bir parametredir. Yeraltı suyu kalitesini belirlemek ve sürdürülebilir şekilde yönetmek için iletkenlik değerinin ölçülmesi ve takibi önemlidir.

1.5.3. Amonyum Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri

Sudaki amonyum seviyesindeki artışın birkaç potansiyel kaynağı olabilir. Sorun analizi yapılırken olası kaynakların adım adım belirtilmesi önemlidir. Tarımsal alanlarda kullanılan azotlu gübreler, yağmur ve sulama suları yoluyla topraktan sulara sızabilir. Bu gübreler genellikle amonyum azotu içerir. Çiftliklerdeki hayvan

atıkları da miktarca yüksek amonyum içermekte bu atıkların doğru bir şekilde uzaklaştırılmaması halinde yeraltı sularına sızabilmektedir. Evsel atıksu sistemlerinden veya endüstriyel tesislerden gelen arıtılmamış ya da yetersiz arıtılmış atıksular, yeraltı sularına karışarak, bu sulara amonyum aktarabilir. Eğer bir atıksu arıtma tesisi düzgün çalışmıyorsa, normale göre daha yüksek amonyum seviyelerine sahip çıkış atık suyuna sahip olmaktadır. Azot içeren ürünlerin bir parçası olarak, nitrit ve nitrat gibi diğer azot formları mikroorganizma faaliyetleri yoluyla amonyuma dönüşebilir. Organik maddeler ise (bitki ve hayvan kalıntıları) su ortamında mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak amonyumu ortaya çıkarılabilir. Madencilik faaliyetleri sırasında kullanılan patlayıcılar ve diğer kimyasallar amonyumun yeraltı su kaynaklarına sızmasına neden olabilir. Yüksek pH değerlerinde, amonyak (NH_3) su ortamına geçebilmektedir. Oksijensiz ortamlar, amonyumun nitrit ve daha sonra nitratlara oksitlenmesini engelleyebilen anoksik koşullar yaratır. Bu, suda amonyum kazancına yol açabilir.

Yüksek amonyum seviyeleri, sucul canlılar için toksik olabilmektedir. Özellikle daha yüksek pH değerlerinde, amonyum amonyak gazına dönüştüğünde bu durum ortaya çıkmaktadır.

Sularda Yüksek Amonyumun Çevreye ve Sağlığa Olumsuz Etkileri Amonyum bakımından zengin su ekosistemlerinde alg patlamalarına neden olabilir, bu durum oksijen seviyelerinin düşmesine ve balıkların ve diğer sucul canlıların ölümüne yol açabilir. Amonyum, nitrit ve nitrat gibi diğer azot bileşiklerine dönüşebilir. Nitrit özellikle toksiktir ve sucul canlılar için zararlı olabilir. Amonyum, bitkiler tarafından doğrudan alınabilen bir azot kaynağıdır ve düşük konsantrasyonlarda bitki büyümesini destekleyebilir. Ancak yüksek değerlerde amonyum içeren suyun toprağa uygulanması, nitrifikasyon sürecinde toprak asidifikasyonuna (asitlenmesine) yol açabilir ve bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir. Azot doğal olarak -3 ile +5 arasında değişen değerlikli çeşitli bileşikler halinde bulunur (Orhon ve Arhan, 1994).

Azotun organizmalar tarafından kullanılabilmesi, ancak bazı süreçler geçirerek nitrit ve nitratlar haline dönüşmesi sayesinde mümkün olmaktadır. Azot gazının bu kullanılabilir bileşikler haline dönüşmesine azot fiksasyonu denir. Azot fiksasyonu kısmen atmosferde meydana gelmektedir. Özellikle elektrik deşarjları sırasında meydana gelen enerji sayesinde azot, oksijen ile birleşerek nitrit ve nitratlara dönüşür ve yağışla toprağa girerek bitkiler tarafından kullanılır.



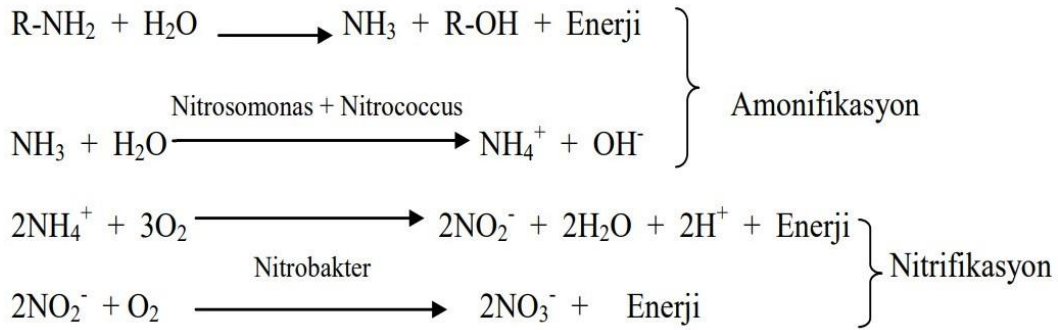
Fakat büyük ölçüde fiksasyon, topraktaki bazı bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Bu bakterilerin bir kısmı, organik maddeleri parçalayarak bunları organizmaların kullandıkları azot bileşiklerine çevirirler.

Proteinler veya Benzeri bileşikler = ((R-NH₂ + CO₂) karmaşık amino bileşikleri) + Başka Ürünler + Enerji (Aminizasyon)

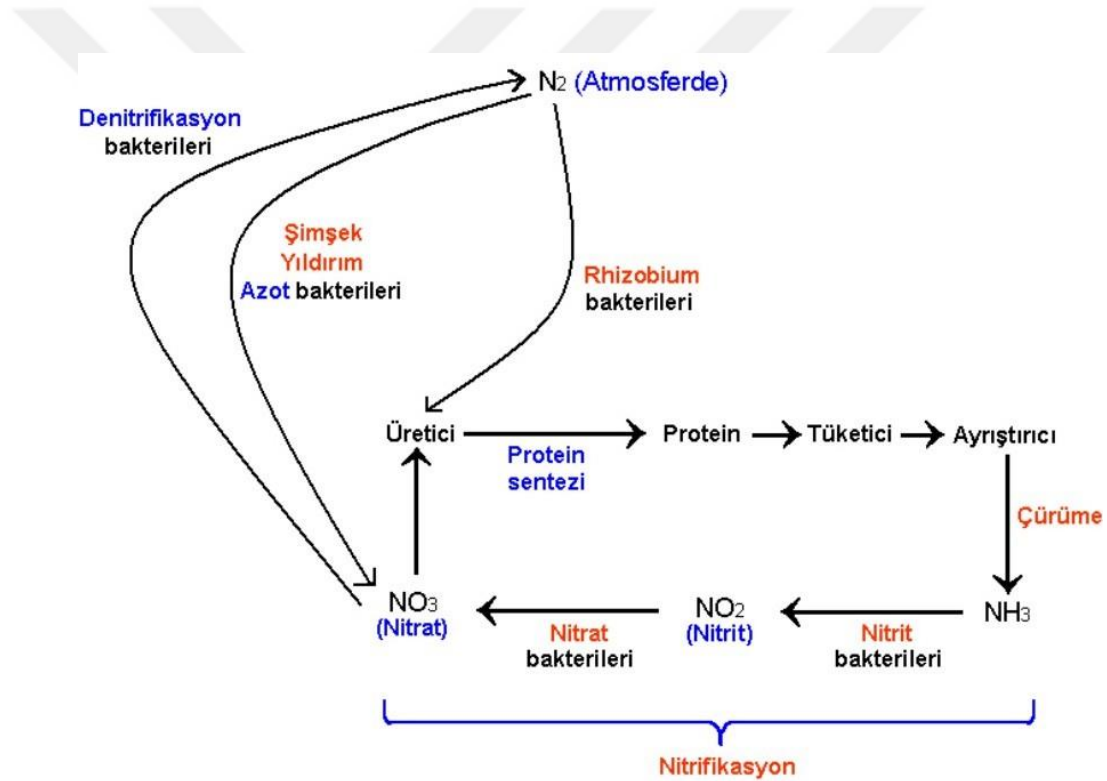
Yüksek amonyum içeriği, özellikle karaciğer fonksiyon bozukluğu olan kişilerde metabolik sorunlara neden olabilir. Nitritlere dönüşebilen amonyum, bebeklerde 'mavi bebek sendromu' olarak da bilinen metemoglobinemiye yol açabilir. Metemoglobinemi, kanın oksijen taşıma kapasitesinin azalmasına neden olan ciddi bir durumdur. Amonyumun nitratlara dönüşümü, uzun süreli maruz kalma durumunda nitrat zehirlenmesine neden olabilir. Nitratlar kanserojen olabilecek nitrozaminlerin oluşumunu teşvik edebilir.

Yeraltı Suyu Kalitesi ve Amonyum İlişkisi

Amonyum değeri genellikle organik kirlilik seviyesini belirlemek için kullanılır. Yüksek amonyum konsantrasyonları, organik maddelerin parçalanması sonucu oluşabilir ve suyun kirlilik derecesini gösterebilir. Amonyumun yüksek seviyeleri sulama suyunun kalitesini etkileyebilir ve bitki sağlığına zarar verebilir. Amonyum bitkiler üzerinde toksik etkilere neden olabilir ve verimliliği azaltabilir. Amonyum seviyeleri içme suyu kalitesini etkileyebilir. Yüksek amonyum konsantrasyonları içme suyunun tadını, kokusunu ve rengini olumsuz yönde etkileyebilir. Amonyumun yüksek olması, boru hatları ve su depolama tankları gibi altyapı sistemlerinde korozyon riskini artırabilir. Bu durum su tesisatının zarar görmesine ve suyun iletiminde sorunlara yol açabilir. Genel olarak, yeraltı sularındaki amonyum seviyeleri insan sağlığı ve çevre için potansiyel riskler taşır. Bu nedenlerle, amonyum değeri yeraltı suyu kalitesi için önemli bir parametre olarak kabul edilir. Amonyum seviyelerinin izlenmesi, analiz edilmesi ve kontrol altında tutulması, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması açısından önemlidir. Suyun kullanımı öncesinde, suyun amonyum ve diğer azot bileşikleri açısından test edilmesi ve gerekli arıtma işlemlerinin uygulanması önemlidir. Kimyasal arıtma, biyolojik arıtma veya diğer ileri arıtma teknikleri, amonyum seviyelerini güvenli limitlere indirebilir ve suyun içme suyu veya diğer kullanımlar için güvenli hale gelmesini sağlayabilir.



Şekil 1.1. Nitrifikasyon ve Amonifikasyon Tepkimeleri



Şekil 1.2. Nitrifikasyon Döngüsü

1.5.4. Nitrat Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri

İçme ve kullanma sularının sağlık açısından uygun olabilmesi için suyun kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik niteliklerinin belli standartlarda bulunması gereklidir. Kimyasal nitelikler açısından insan sağlığı için gerekli olan veya doğal olarak suda bulunabilen parametreler; Oksijen, Karbondioksit, İyot, Flor, Kalsiyum,

Magnezyum, Sodyum klorür vb. dir. Amonyak, Nitrat, Nitrit, Cıva, Kurşun, Arsenik, Deterjanlar, Pestisitler, Gübre vb.gibi maddeler içme ve kullanma sularında olmaması gereken zararlı maddelerdir. Normal şartlarda suda bulunmaması gereken maddelerden olan nitrat, nitrit ve klorür gibi maddeler organik maddelerin parçalanma ürünleri olup içme ve kullanma sularında görülmesi suyun organik maddeler ile kirlendiğinin göstergesidir (Meriç, 2004).

Nitrat, yeraltı sularına doğal kökenli unsurlardan daha çok antropojen kökenli olarak alıcı ortamlarda azotta önemli artışlara sebebiyet verir. Hatta gübreler, hayvan atıkları, kentsel ve endüstriyel atıklar yeraltı suyunda nitrat kirliliğinin önemli kaynağı olarak düşünülür (WHO, 2011). Nitrat, yeraltı sularında, en problemli, en yaygın ve büyük miktarda bulunan potansiyel kirleticilerden biridir (Keeney, 1986).

Yeraltı sularında nitratin kaynağı; doğal kaynaklar, atıklar, gübreleme ve sulu tarım olarak sayılabilir (Canter, 1997). Nitrat pek çok doğal su ortamlarında makul konsantrasyonlarda bulunur ancak gerek atık suların deşarjı ve gerekse gübre kullanımına bağlı olarak nitrat konsantrasyonu yeraltı sularında yüksek değerlere çıkarak zararlı bir kirletici halini alabilir. Sudaki nitrat kaynakları, doğal süreçlerden insan etkinliklerine kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. Fazla nitratin suya karışmasının temel nedenleri; tarımsal faaliyetler, atıksu, doğal süreçler, endüstriyel kaynaklar, yağmur ve kar, erozyon, yeraltı suyu ve yüzey suları arasındaki etkileşim gibi faktörlerdir.

Sentetik ve organik gübreler, bitki büyümesi için gerekli olan azotu sağlar. İnsan atıkları ve evsel atıksu sistemlerinde oluşabilecek sızıntılar da nitratin yeraltı suyuna karışmasına neden olur (Demirel ve Tepe 2015).

Fazla nitrat içeren suyun insan sağlığına ciddi etkileri olabilir, özellikle bebeklerde mavi bebek hastalığı olarak bilinen metemoglobinemi riskini artırabilir. Çevresel olarak, yüksek nitrat seviyeleri yüzeysel sularda ötrofikasyona, yani su kütlelerinde aşırı besin değerlerine ve sonuç olarak alg patlamalarına ve oksijenin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle nitratin kontrol altında tutulması önemlidir.

Sularda Yüksek Nitrat Değerinin Çevreye ve Sağlığa Olumsuz Etkileri

Kirlenmiş olan yeraltı suları, içinde bulunan birçok mikroorganizma nedeni ile çeşitli hastalıklara yol açabilir. Su içinde bulunan çözünmüş veya çözünmemiş inorganik tuzlar, bakteriler, parazitler, virüsler ve bitkisel maddeler birçok hastalığın

nedeni olmaktadır. (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Örneğin; Nitrozamin, kana renk veren hemoglobini, methemoglobine yükseltgeyerek kan içeriğinde oksijen taşımamını durdurur. Yeni doğan bebeklerde nitrat konsantrasyonunun 3,6 mg/L 'yi aşması durumunda methemoglobin hastalığı (mavi bebek sendromu)'na sebebiyet verir (Forman ve ark., 1985). Dolayısıyla bebeklerin sindirim sistemlerinde nitratı giderecek enzimlerin henüz gelişmemiş olması bu hastalığın kaynağı olarak değerlendirilir. Bebekler, nitratı nitrite dönüştüren bakterilerin sindirim sistemlerinde daha yüksek aktiviteye sahip olduğundan, nitrat zehirlenmesine karşı özellikle hassastır. Bu, kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltan ve ciddi sağlık sorunlarına veya ölüme neden olabilen metemoglobinemiye yol açabilir. Yüksek nitrat seviyeleri, vücutta nitrozaminlerin oluşumunu arttırarak bazı kanser türleriyle ilişkilendirilmiştir, örneğin mide ve yemek borusu kanseri (Wasik ve ark., 2001).

Ayrıca aşırı nitrat alımı, tiroid bezinin işlevini bozarak hipotiroidizme ve diğer endokrin bozukluklara neden olabilir. Yüksek nitrat seviyelerine maruz kalma, uzun vadede diğer sağlık sorunlarına katkıda bulunabilir.

İçme suyundaki nitrat konsantrasyonları için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve diğer sağlık otoriteleri belirli güvenlik standartları belirlemiştir. Bu standartlar, nitrat konsantrasyonlarının belirli bir seviyenin altında tutulmasını gerektirir. Bu nedenle, nitrat seviyesi yüksek olan yeraltı suları, insan tüketimi için kullanılmadan önce uygun arıtma yöntemleriyle işlenmelidir.

Nitrat Parametresinin Yeraltı Suyu Kalitesi Üzerindeki Etkileri;

Yeraltı sularına yüksek azot girdileri nitrat ve nitrit konsantrasyonlarını arttırmaktadır (Yetiş, R., 2015). Nitrat ve nitrit tabiatın her yerinde karşımıza kolayca çıkabilen parametrelerdendir. Bunlar azot döngüsünün nitrifikasyon kademesinde, azot tutucu bakteriler vasıtasıyla doğal bir şekilde oluşan inorganik iyonlardır (Durmaz ve ark., 2007).

Azot döngüsü, bitkilerin yapı ve fonksiyonlarında çok önemli rol oynayan azot, doğada bir döngü halindedir. Bu döngüde azotun temel kaynağı atmosferde gaz halinde bulunan serbest azot (N₂) ve organik maddenin yapısında bulunan bağlı azottur
(<https://www.mku.edu.tr/files/898-d8a17cf1-ed25-43bb-b999-c214b0700d37.pdf>)



Şekil 1.3. Azot Devri

Hiç bir işlem görmeden içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilen dünyanın en büyük tatlı su kaynağı olan yeraltı sularında, nitrat ve nitritin kontaminasyonu su kalitesinde bozulma ve bu suyu kullananlarda kronik rahatsızlıklar görülmektedir (Selekt ve ark., 2017).

Bu nedenle yeraltı su kaynaklarının kalitesini bilmek önemlidir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat kirliliği, yeraltı suyu kalitesini olumsuz etkilemektedir. Gübreler ve tarım ilaçları nitrat kirliliğine yol açmakta ve bitki yetiştirme alanlarında verimliliği azaltmaktadır. Yüksek nitrat seviyelerine sahip bir su kaynağı, genellikle tarımsal faaliyetlerden, atıklardan veya endüstriyel kirlilikten kaynaklanabilir. Bu durumda, yüksek nitrat seviyelerine sahip bir su kaynağı için aşağıdakiler düşünülebilir:

Sulama Uygulamaları: Yüksek nitrat seviyelerine sahip suyun bitki sulamasında kullanılması bitkiler için zararlı olabilir ve toprağın tuzluluğunu

artırabilir.

İçme Suyu Kalitesi: Yüksek nitrat seviyeleri içme suyu kalitesini olumsuz etkileyebilir ve insan sağlığı için risk oluşturabilir. Bu durumda içme suyu arıtma sistemlerinin kullanılması gerekebilir.

Çevresel Etkiler: Yüksek nitrat seviyeleri çevresel etkilere yol açabilir, sucul ekosistemleri bozabilir ve su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir.

Bu nedenlerle, yüksek nitrat seviyelerine sahip bir su kaynağı genellikle kalite sorunlarına ve çeşitli sağlık ve çevresel risklere işaret edebilir. Bu durumda, nitrat seviyelerinin izlenmesi, analiz edilmesi ve kontrol altında tutulması önemlidir.

1.5.5. Florür Parametresinin Kaynağı ve Kapsamlı Etkileri

İnsan için en önemli florür kaynağı sudur. Yüzey suları litrede 1 mg'dan daha az florür içerirken, yeraltı sularının florür oranı ise içinden geçtikleri arazinin jeolojik yapısıyla ve temas ettikleri florürlü maddelerin cins ve miktarlarına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin volkanik orijinli bölgelerde, sularda florür konsantrasyonları oldukça yüksektir (Sungur ve ark., 1981).

Sularda Florür Değerinin Çevreye ve Sağlığa Etkileri

Florürün çevresel etkileri genellikle çevreye doğrudan zarar vermekten çok, insanlar ve hayvanlar üzerindeki sağlık etkileri yoluyla dolaylı olarak ortaya çıkar. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda florür içeren sularla sulanan bitkiler bu minerali biriktirebilir ve bu da insanlar ve hayvanlar tarafından tüketildiğinde sorunlara yol açabilir.

Düşük konsantrasyonlarda (genellikle 0.7-1.2 ppm arasında) florür içeren su, diş çürüklerini önlemeye yardımcı olabilir ve diş minesini güçlendirir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda gelişim dönemlerindeki çocuklarda, yüksek florür seviyelerine maruz kaldıklarından dişlerinde lekelenmeler ve mine hasarı oluşabilir. Bu durum dental florozis olarak bilinir ve dişlerin görünümünü etkileyebilir. Çok yüksek sıcaklıklarda (genellikle 4 mg/L üzerinde) uzun süreli florür maruziyeti, parmakların sertleşmesine ve kemiklerin kırılma eğilimine, hatta kemik deformasyonlarına yol açarak iskelet florozisine neden olmaktadır. Yüksek florür maruziyeti tiroid bezinin kalıcılığını sürdürebilir ve tiroid hormonlarının üretimi düşebilir. Nörolojik etkiler ve

sistematik gelişmeler üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilecek araştırmalar bulunmaktadır. Yüksek seviyelerde alım böbrekler üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Uzun süreli ve yüksek düzeyde florür alımı, kemiklerde ağrıya, sertleşmeye ve eklem hasarına neden olan skeletal floroze yol açabilir. Aşırı florür, kemiklerin yapısını değiştirerek kırılabilirliğini artırabilir ve kemiğin büyümesi ve yoğunluğu üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Tiroid bezinin işlevini bozabilir ve hipotiroidizme neden olabilir.

Florürün insan sağlığı üzerindeki etkileri, maruz kalınan konsantrasyona ve maruz kalma süresine bağlıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu için güvenli kabul edilen maksimum florür değerini 1.5 mg/L olarak sınırlamıştır. Ancak, bu değer yerel şartlar, iklim ve diğer florür kaynaklarına bağlı olarak değişebilir. Florür seviyesi yüksek olan yeraltı sularının kullanımında, özellikle içme suyu olarak kullanılacaksa, florür seviyelerini düşürmek için uygun arıtma yöntemlerinin uygulanması önemlidir. Bunlar arasında ters ozmoz, distilasyon ve adsorpsiyon prosesleri gibi teknikler bulunur. Florür seviyeleri yüksek olan su kaynaklarından kaçınılmalı ve alternatif içme suyu kaynakları sağlanmalıdır.

Florür Parametresinin Yeraltı Suyu Kalitesi Üzerindeki Etkileri;

Suya florür veren başlıca mineral, volkanik kayaların bileşiminde bulunan kalsiyum florürdür. Bu tuzun çözünürlüğü azdır. Derinlerden alınan sularda özellikle petrol kuyularındaki tuzlu sularda ve volkanizma geçirmiş arazilerden gelen sularda florür yüksektir (WHO, 1970).

Yeraltı suyunun akış yolu boyunca karşılaşılan kayaç türleri, florür içeriğini doğrudan doğruya etkilemektedir. Örneğin florit gibi florür açısından zengin mineraller içeren kayaçlar suya daha fazla florür vermektedir. Suyun sıcaklığı da florürün suda erimesini artırabilir, bu da termal kaynaklarda ve sıcak iklimlerde florürün daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Bağlar, 2009).

Yeraltı suyunun derinliği de florür miktarını etkilemektedir. Daha derin su kaynakları genellikle yüzeydeki suya göre daha yüksek florür oranlarına sahiptir. Suyun derinliği, akış hızı ve temastan kaynaklanan maddelerin kimyasal yapısı gibi faktörler, suyun florür seviyesi değiştirmektedir (Sargın, 2010).

1.6. Yeraltı Suyu Kalite Parametreleri

Yeraltı suyunun kalitesi, fiziksel (renk, koku, sıcaklık, bulanıklık), kimyasal (pH, çözünmüş katılar, ağır metaller, nitratlar, vb) ve biyolojik (mikroorganizmalar) parametreler ile değerlendirilir. Bu parametreler, suyun kullanım amacına uygunluğunu ve insan sağlığına etkilerini belirlemektedir.

Fiziksel Kalite Parametreleri:

Suyun fiziksel özellikleri; renk, bulanıklık, tat, koku ve sıcaklık olarak sıralanmaktadır. Renk ve bulanıklık, suyun rengi ve berraklığı, içindeki partikül miktarı hakkında bilgi vermektedir. Suyun bulanıklığı, içerdiği kolloidal haldeki organik ve inorganik maddelerden ileri gelmektedir (Dikbaş, 2012).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te Resmi Gazete (2005) sulardaki bulanıklık "tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişimin olmadığı ve yüzeysel suyun arıtılması durumunda, arıtmadan sonra sudaki bulanıklığın 0.1 NTU (Nephelometrik bulanıklık üniteleri) değerinin aşılması" gerektiği bildirilmektedir.

Suyun sıcaklığı, biyolojik faaliyetleri etkiler ve suyun taşıdığı maddeler üzerinde etkili olabilmektedir.

Tat ve koku ise suyun kalitesi hakkında önemli bir göstergedir. Kötü tat ve koku suyun içilebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Suların, içinde erimiş halde bulunan maddeler (NaCl_2 , MgCl_2 , CaSO_4 vb.) ve organizmalar (Diyatome, Klorofise, Siyanofise, Protozoa, Krustaceler ve Algler) suda belli bir miktardan fazla bulunursa, sulara özel koku ve tat vermektedir. Bu tad ve kokular rahatsız edicidir. Sular tuzlu, acı, ekşi tatda; balıksı, küfümsü, baharatsı, otsu vb. kokuda olabilir. Suların içinde bulunan ve kokuya neden olan mikroorganizmaları yok etmek için kimyasallar uygulanır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Kimyasal Kalite Parametreleri:

Suyun kimyasal özellikleri; pH iletkenlik ve çözünmüş maddeler olarak sıralanmaktadır. pH, suyun asidik, nötr veya bazik olma derecesini belirler. İçme suyu amacı ile kullanılan kaynaklarda suyun pH'sı nötr veya hafif alkali olmalıdır. Kaynak sularında pH 7.0-8.5, içme ve kullanma sularında İnsani Tüketim Amaçlı

Sular Hakkındaki Yönetmelikte Resmi Gazete (2005) standartlarına göre pH 6.5-9.5 sınırları içinde olmalıdır. (Demirer 1995). Elektriksel iletkenlik suda çözünmüş tuz miktarını göstermekte ve Toplam Çözünmüş Katılar (TÇK) sudaki çözünmüş tüm katı maddelerin miktarını ifade eder ve iletkenlikle ilişkilidir. Yeraltı sularının kalitesini belirlemek için bu parametreler düzenli olarak izlenmeli ve değerlendirilmelidir. Su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bu parametrelerin takibi büyük önem taşımaktadır.

Nitrat, parçalanmış organik maddelerin azotlarının oksidasyonu ile meydana gelen tamamen mineralize olmuş ve kirlilik bakımından belirli bir miktara kadar zararsız kabul edilebilmektedir. Derin olmayan yeraltı sularında litrede 1 mg kadar bulunabilirler. Fakat çok derin yeraltı sularında da fazla miktarda (500-1000mg/L) bulunduğu saptanmıştır. 20 mg/L 'den fazla nitrat içeren sularla hazırlanan mamalarla beslenen 6 aylığa kadar bebeklerde siyanozla ortaya çıkan methaemoglobinemi'ye neden olduğu saptanmıştır. Çünkü altı aylığa kadar olan bebeklerde mide pH'sı 4.9' un üstündedir. Bu pH derecesinde midede nitratları nitrite indirgeyen bakteriler kolayca üreyebilir ve nitratları nitrite dönüştürebilir. Böylece kana karışan nitritler hemoglobine bağlanarak okside olmasını engeller. Sonuçta methaemoglobinemi denilen ve siyanozla kendini gösteren zehirlenme ortaya çıkar (Demirer, 1995).

Yeraltı sularının kalitesini belirlemek için bu parametreler düzenli olarak izlenmeli ve değerlendirilmelidir. Su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bu parametrelerin takibi büyük önem taşımaktadır.

1.7. Şanlıurfa'nın Coğrafi Konumu Ve Su Kaynaklarına Genel Bakış

Şanlıurfa, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alır ve Suriye ile sınır komşusudur. Dağlık ve tepelik alanlarla kaplı olan bu il, Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü gibi merkez ilçeleri ile bilinir. Göbeklitepe gibi tarihi alanlara sahip olmasıyla ünlü olan Şanlıurfa, aynı zamanda Fırat ve Dicle nehirlerinin yakınında konumlanmıştır. Bu nehirler ve Atatürk Barajı gibi yapay su kaynakları, bölgenin su ihtiyacını büyük ölçüde karşılamaktadır. Ayrıca, Harran Ovası gibi önemli tarım alanlarına su sağlayan yeraltı suyu rezervleri de mevcuttur. 2170110 kişilik bir nüfusu bulunmaktadır. (TUİK, 2023). Şanlıurfa 13 ilçeye sahiptir. Şanlıurfa'nın merkez 3 ilçesinde (Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü) içme ve kullanma suyu Şanlıurfa Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisinden karşılanmakta olup, arıtma tesisinin ham su kaynağı Atatürk Baraj Gölüdür. Atatürk Baraj Gölünün hacmi 48.7 milyar m³

ve ilin içme suyu ihtiyacı için kaynaktan çekilen yıllık ortalama su miktarı 115 milyon m³ tür. Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü ilçelerinin kırsal yerleşim yerlerinde ve diğer ilçelerde yeraltı suları yani kuyu suları içme ve kullanma suyu olarak kullanılmakta olup ilçelerin nüfusuna ve ilçelerde bulunan yeraltı suyu kaynağı adedine bağlı olarak yeraltı su kaynaklarından çekilen yıllık ortalama su miktarı 175 milyon m³tür. Bu çalışmada, analizler Gaziantep Halk Sağlığı Laboratuvarlarında yapılmış olup, 13730 adet numunenin analizleri gerçekleştirilmiştir.

1.8. Yeraltı Suyunun Tanımı, Kaynağı, Önemi ve Kullanım Alanları

Yeraltı suyu birçok yerleşim yerinin su ihtiyacını karşılamak üzere faaliyet gösteren doğal bir su kaynağıdır. Yeryüzüne düşen yağışların bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, bir kısmı toprak tarafından emilir, bir kısmı yüzey akışına geçerek akarsulara ulaşır, bir kısmı da yüzeyden tabana sızarak kayaların çeşitli derinliklerinde ve çeşitli büyüklükteki kum, silt, çakıl gibi malzemelerin arasındaki boşluklarda ve çatlaklarda depolanır. Yeraltındaki boşluklarda veya gözeneklerde tutulan suya "yeraltı suyu" denir. Yeraltı suyu dünyadaki tatlı suyun yaklaşık %22'sini sağlamaktadır (Monroe, 2007).

Hidrolojik döngünün bir parçasıdır. Yeraltı suyu kaynakları yağışlar, okyanuslar, nehirler, göller, bataklıklar, yapay göletler ve su arıtma sistemlerinden oluşmaktadır.

Yeraltı suları, doğal süzülme ve katmanlar arası sızıntılar sonucu yerin altında biriken tatlı su kaynaklarıdır. Tarımsal sulamada, sanayi alanlarında ve halkın içme suyu ihtiyacı gibi çeşitli alanlarda kritik bir role sahiptir. Özellikle Şanlıurfa gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı suyu kaynakları yaşamın sürdürülebilirliği için hayati önem taşır. Ayrıca yeraltı suları çeşitli ekosistemlerin hayatta kalması ve desteklenmesine de yardımcı olmaktadır.

Akiferler, yeraltı suyunu tutan ve ileten kayaç ortamlardır. Suyun girebileceği veya içinden geçebileceği boyut ve miktarlarda birbirine bağlı parçalar içeren geçirgen kayaçlardan oluşmuş bölümlerdir. Yerçekimi, yeraltı suyunun aşağı doğru hareketi için gereken gücü sağlar. Yeraltı suyunun değişimi yüzeysel sulardan farklı olarak çok yavaş hareket eder. Bu nedenle yeraltı suyunun hızı, bir yılda kat edilen mesafe olarak 'm/yıl' olarak ifade edilir. Yeraltı suyunda hareket yavaş olduğu için akış düzgündür.

Yeraltı suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri ve bazı ayırt edici özellikleri vardır. En dikkat çekici fiziksel özellikleri sıcaklık, basınç hızı, basınç durumu ve seviye değişimleri gibi özelliklerdir. Yeraltı suları doğal sulardan farklı olarak belirli çözünmüş maddeler bakımından zengindir. Yeraltı sularının neredeyse tamamı kimyasal bileşimlerinde az çok belirli oranlarda elementler içerir. Bunlar; kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, sodyum klorür, demir, kükürt, azot ve silisyum gibi elementlerdir.

Yeraltı suyu, yüzeyden sızan suyun gözenekli tabakaların (kumtaşı, konglomera) veya kırık, çatlaklı (kireçtaşı) kayaçların içerisindeki boşlukları doldurmasıyla oluşur. Bu suların oluşabilmesi için gözenekli kayaçların / tabakaların yeryüzüyle bağlantısının olması gerekmektedir. Aksi takdirde su, yeraltına sızamayacağı için yeraltı suyu da oluşmayacaktır (Anonim, 2010). Yeraltı suyu, yeraltındaki geçirimli jeolojik ortamın doymuş bölgesinde yer alan kuyuları, kaynakları ve akarsu, göl, deniz gibi oluşumları besleyen sulardır.

Tüm yeraltı suyunun kaynağı yağışlardır. Yüzeye düşen yağış toprağı ıslatır ve yerçekimi etkisi ile aşağı doğru doymuş olmayan bölgeye doğru hareket eder. Su seviyesi yükseldikçe yoğunlaşma bölgesi üst bölgeye ulaşarak akifer dediğimiz su taşıyan tabakalarda depolanan yeraltı suyunu besler.

Yüzey ve yeraltı sularının kaynağı yağışlar olmasına rağmen, yeraltı suları yüzey sularından daha fazla miktarda mineral madde içermektedir. Yağmur yere düştüğünde süzölmeye başlar ve toprak ve kayalar tarafından tutulur, su temasıyla oluşan bazı maddeleri eritir. Böylece aşağıya doğru akan suya mineraller eklenmiş olur. Yeraltı suyunun kimyasal bileşenleri, temas halindeki maddelerin fiziksel özelliklerine, bileşimlerine ve temas sürelerine bağlı olarak tayin edilir. Suyun bu maddelerle temas süresi arttıkça suda daha fazla mineral çözünür (Sargın, 2010; Yetiş, 2013).

Bu kayaların suda eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda erimiş madde veya mineraller yeraltı sularına karışır. Yeraltı suyunda çözünmüş bu bileşenlerin varlığı yeraltında işleyen hidrojeolojik sistem olan farklı jeokimyasal proseslerden etkilenir. Kayaç tipi, suyun kayaçta bekleme zamanı, yeraltı suyunun orijinal kompozisyonu ve suyun akış yolunun özelliğı gibi birçok faktör yeraltı suyunun jeokimyasını etkileyen etmenler arasındadır (Salman ve Elnazer, 2015)

Dünyada yeraltı sularının %65'inin tarımsal sulama, %25'inin içme ve kullanma suyu olarak, %10'unun ise endüstri suyu olarak kullanıldığı bilinmektedir. Yeraltı suyu; kısa sürede işletmeye alınabilmesi ve genellikle arıtma gerektirmemesi nedeniyle çok uzun süre içme, kullanma, tarımsal sulama ve endüstriyel su ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılan bir kaynaktır (Orsam, 2011; Yetiş, 2013).

Yeraltı suları, birçok yerleşim alanında içme suyu ve evsel kullanım amaçlı olarak kullanılır. Dünya çapında tarım arazilerini sulamak için çok yaygın bir şekilde kullanılır. Özellikle yağışın yetersiz olduğu yerlerde düzenli üretim için kritik bir kaynaktır. Tarımsal faaliyetlerin sağlanması ve sürdürülebilmesi için suya ihtiyaç vardır. Dolayısıyla su ile tarım arasında güçlü bir bağ olduğunu söylemek yanlış olmaz. Sulama suyunun tarlaya dönüşü genellikle açık ve kapalı kanal sistemleriyle gerçekleşmektedir. Suyun yetersiz olması ya da sulama ücretlerinin yüksek olması nedeniyle tarımda çalışan insanlar yeraltı suyu sulamasından faydalanma yoluna gitmektedir.

Ekolojik denge ve habitatların korunması anlamında yeraltı suları, doğal ekosistemlerin ve vahşi yaşam habitatlarının korunması için de önemlidir. Sulak alanları, nehirler ve göller gibi su kaynakları ekolojik denge için hayati bir rol oynamaktadır. Yeraltı su kaynağından beslenen göllerde yüzme, balıkçılık gibi rekreasyonel faaliyetler yapılmaktadır. Yeraltı sıcak su kaynakları veya buharı, jeotermal enerji üretiminde de kullanılmaktadır.

1.9. Yeraltı Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi ve Korunması

Sürdürülebilir su yönetimi, gelecek nesiller için su kaynaklarının korunmasını içermektedir. Yeraltı su kaynaklarının aşırı kullanımının önlenmesi, kirlilikten korunması ve doğal yenilenme süreçlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Su tasarrufu, kirliliği önleyici tedbirler ve hukuki düzenlemeler bu konuda önemli rol oynamaktadır.

Su kaynaklarının sürdürülebilir olarak kullanımının gerçekleşebilmesi için önem arz eden iki özelliği vardır. Bunlar suyun miktarı (nicelik/potansiyel) ve su kalitesidir (nitelik). Suyun faydalı kullanımı ancak bu iki bileşenin eş zamanlı ve doğru şekilde kullanımının sağlanması ile gerçekleştirilebilir.

Ülkemizin yarı kurak bir iklime sahip olması ve ülke nüfusunun belirli bölgelerde yoğunlaşması, en fazla suya ihtiyaç duyulan tarımsal alanların; Şanlıurfa

örneğinde olduğu gibi, en kurak bölgelerde yer alması ve benzer nedenlerden dolayı, suyun miktar açısından yeterli ve dengeli dağılımından söz etmek mümkün olmamaktadır. Su kaynaklarını miktar ve kalite açısından korumak için mevcut yasal ve idari yaklaşımlar bulunmaktadır. Fakat koruma-kullanma dengesinin oluşturulması, su kaynaklarının korunması, temini, taşınması, kullanılabilir hale getirilmesi, oluşan atık suyun arıtılması ve bertarafı aşamalarının tümünün bütünleşik bir yönetim sistemi çerçevesinde düşünülmesi daha etkili olacaktır (Tarım ve Orman Bakanlığı,2024). (https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/467/Sayfa/1497/1861/DosyaGaleri/su_kaynaklarinin_kalite_miktar_olarak_korunmasi_ve_izlenmesi_grubu_calisma_belgesi.pdf).

1.10. Yeraltı Su Kalitesini Etkileyen Faktörler

Yeraltı suyu kalitesi üzerinde hem doğal hem de insan kaynaklı faktörler etkilidir. Toprak yapısı, kayaç türleri ve yağış miktarı gibi doğal faktörlerin yanı sıra, sanayi atıkları, tarımsal faaliyetler ve kentsel gelişim gibi insan etkileri de su kalitesini değiştirmektedir.

1.10.1. Doğal Faktörler (Toprak Yapısı, Kayaç Türleri, Yağış Miktarı)

Yeraltı su kalitesi üzerinde etkili olan doğal faktörler; Toprak yapısı, kayaç türleri ve yağış miktarı gibi etkenler, suyun kalitesini ve yeraltı su seviyelerini doğrudan etkilemekte olup; Kayaç türleri ve toprak yapısı, bölgenin tarım potansiyelini, jeolojik özelliklerini ve su kaynaklarının durumunu etkilemektedir. Şanlıurfa'da bulunan çeşitli toprak tipleri ve kayaçlar; bölgenin coğrafi ve jeolojik özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynar. Şanlıurfa verimli ve verimsiz topraklardan oluşur. Bunlar çoğunlukla alüvyal topraklar ve kireçtaşı zeminlerdir. Kayaç türleri ise kireçtaşı kumtaşı ve killi kayaçlardır.

Kireçtaşı; Şanlıurfa'da yaygın olarak bulunan bir kayaç türüdür. Şehrin merkezini ve Harran ovasını çevrelemektedir (Agan, 2016).

Kumtaşı; bölgede yaygın olarak bulunan bir kayaç türüdür. Genellikle suyun geçirgenliğine ve erozyona karşı dirençlidir.

Killi Kayaçlar; Şanlıurfa'da kil içeriği yüksek olan kayaçlar bulunmaktadır. Kil, suyun tutulmasını ve bitki yetiştirilmesini destekleyen bir yapıya sahiptir.

1.10.2. İnsani Faktörler (Sanayi Atıkları, Tarımsal Faaliyetler, Kentsel Gelişim)

İnsan faaliyetlerinin yeraltı su kalitesine etkileri; sanayi atıkları, tarımsal faaliyetler ve kentsel gelişim gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına ve yerel ekosistemlerin zarar görmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, yeraltı suyu kaynaklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve korunması için insan faaliyetlerinin dikkatli bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi gerekmektedir.

Sanayi Atıkları; sanayi tesislerinden kaynaklanan atık sular, arıtılmadan bertaraf edildiği takdirde yeraltı suyuna sızarak su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kimyasal atıklar, ağır metaller ve diğer kirleticiler de su kalitesini bozmaktadır.

Tarımsal Faaliyetler; Tarım alanlarında kullanılan pestisitler, gübreler ve tarım ilaçları yeraltı suyu kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve yeraltı sularına nüfuz eden bu kirleticiler su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Şanlıurfa örneğinde yeraltı su kalitesini etkileyen olumsuz faktörler, tarımda kullanılan gübre, pestisitler ve zirai ilaçlardır.

Kentsel Gelişim; Şehirleşme ve kentsel gelişim, yeraltı suyu kalitesini etkileyen bir diğer faktördür. Atık su deşarjı, fosil yakıt kullanımı, araç emisyonları ve farklı kentsel faaliyetler su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Şehirlerdeki atık su arıtma tesislerinin yetersiz olması, evsel atıkların ve endüstriyel atıkların yeraltı sularına sızmasına neden olmakta ve su kalitesini olumsuz etkilemektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ömer Akgiray (2003) tarafından yapılan ‘İçme Suyu Kalitesi Parametreleri’ çalışmasında; İçme suyu olarak kullanılacak bir suyun kalitesini ve içilebilirliğini tayin eden çok sayıda parametre olduğu belirtilmiş ve bu parametrelerin (1) fiziki ve estetik parametreler, (2) inorganik parametreler, (3) radyoaktivite ile ilgili parametreler, (4) organik parametreler ve (5) mikroorganizmalar, şeklinde tasnif edilmiş ve ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Su arıtma teknolojilerini kavrayabilmek ve verimli bir şekilde kullanabilmek için kalite parametrelerinin iyi bilinmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Fiziki Ve Estetik Parametreler; Bulanıklık, Renk, Toplam Çözünmüş Katılar, Tat Ve Koku, Sertlik başlığı altında incelenmiş ve bu parametrelerin tanımları aktarılarak içme sularındaki kaynakları, sınır değerleri ve bu parametrelerin suda tespit yolları açıklanmıştır.

İnorganik Parametreler; Alüminyum, Amonyok, Amonyum, Arsenik, Antimon, Asbestos, Bakır, Barium, Berilyum, Civa, Çinko, Demir, Manganez, Florür, Kadmiyum, Klorür, Krom, Kurşun, Nitrat, Perklorat, Selenyum, Siyanür, Sodyum, Sülfat ve Talyum başlığı altında incelenmiş ve bu parametrelerin tanımları aktarılarak içmesularındaki kaynakları, sınır değerleri ve bu parametrelerin suda tespit yolları açıklanmıştır.

Organik Parametreler; Tabii organik malzemeler (bitkiler, yosunlar, mikroorganizmalar, vb.), Ev ve ticari faaliyetlerden kaynaklanan sentetik (suni) maddeler, arıtma işlemleri sırasında suya eklenen maddeler veya kimyevi reaksiyonlar sonucunda suda oluşan yan ürünler başlığı altında incelenmiş ve bu parametrelerin tanımları aktarılarak içmesularındaki kaynakları, sınır değerleri ve bu parametrelerin suda tespit yolları açıklanmıştır.

Mikroorganizmalar; Koliform bakteriler başlığı altında incelenmiş ve bu parametrelerin tanımları aktarılarak içmesularındaki kaynakları, sınır değerleri ve bu parametrelerin suda tespit yolları açıklanmıştır.

Dursun ve ark., (2005) tarafından yürütülen 'Konya İl Merkezinde Kuyu İçme Suyu Florür Düzeylerinin Belirlenmesi' çalışması kapsamında; Florürün toprakta ve suda bulunan bir eser element olduğu ve eser elementlerin az miktarda da olsa sağlık açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Yeryüzündeki bazı florür bileşikler suda

çok iyi çözündüğü için florür; Yüzey sularında ve yeraltı sularında bulunan bir parametredir. Bu nedenle sudaki florür miktarının önemli olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, Konya şehir merkezindeki 50 içme suyu kuyusundan alınan su örneklerinde florür miktarı ölçüldü ve aynı örnek üzerinde bazı kimyasal analizler yapıldı. Florür konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle içme suyundaki florür düzeyinin diş ve kemik sağlığı açısından önemi vurgulandı. Florür ilavesinin uygun yöntemlerle yapılması gerektiği, florür ilavesinin mümkün olmadığı kuyularda bu suyu kullanan kişilerin florür içeren tablet kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Ardıç (2013) tarafından yürütülen 'İçme Suyundaki Nitrat Konsantrasyonunun İnsan Sağlığı Üzerinde Oluşturduğu Risklerin Belirlenmesi' çalışması kapsamında; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin sekiz ilinde (Eskişehir, Antalya, Bursa, Edirne, Erzurum, İzmir, Samsun ve Trabzon) rutin olarak yürütülen su kalitesi izleme çalışmaları kapsamında 2009 yılı nitrat ölçümleri değerlendirilerek bu kaynaklardaki nitrat düzeyleri değerlendirilmiştir. Nitratin insan sağlığı için oluşturduğu maruziyet ve risk seviyesi, Amerikan Çevre Ajansı'nın (USEPA) Risk Değerlendirme Modeline göre hesaplanmıştır. Ayrıca Sağlık Bakanlığı'nın söz konusu sekiz ilde kaydettiği belirlenen kanser insidans hızları kullanılarak, bulunan risk değerlerinin literatürde nitratla ilişkilendirilen kanser türleriyle bir korelasyonunun olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak, kaydedilen sekiz ildeki ortalama nitrat konsantrasyonları ve kaydedilen içme suyu tüketiminin sağlık açısından önemli bir risk oluşturmadığı görülmüştür. Tehlike Seviyeleri ile kanser insidans hızları arasında erkek ve kadın bireyler için yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, kolon kanseri, pankreas kanseri, mesane kanseri ve non-hodgkin lenfoma ile nitrat tehlike seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu ancak bu ilişkinin zayıf karakter gösterdiği söylenebilir. Mide ve böbrek kanseri ile içme suyundaki nitrat noktası arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Çavuş ve ark., (2017) tarafından hazırlanan 'Van-Merkez İçme Suyu Su Kalitesi Kriterlerinin İncelenmesi' çalışmasında Van merkezde içme suyu olarak kullanılan suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin yapıp tüketime uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Şebekelerden alınan suda bulanıklık, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, çözünmüş oksijen değeri ve pH değerleri yerinde ölçülmüştür. Laboratuvar da biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, toplam alkalinite, klorür, karbonat, bikarbonat, nitrit, nitrat, amonyak, fosfor, çinko, bakır, nikel, kobalt, siyanür, florür, alüminyum,

demir, potasyum, manganez, molibden, silisyum analizleri ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Sonuçların yönetmeliğe göre içme suyu için uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Güneş (2018) tarafından gerçekleştirilen ‘Yeraltı Suyu Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi Bartın İli Örneği’ çalışması kapsamında, yeraltısuyu kalitesinin fizikokimyasal parametrelerle araştırılması ve içme suyu ya da tarımsal alanlarda sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ilk olarak farklı noktalarda su kuyuları tespit edilerek Mart 2018, Nisan 2018 ve Mayıs 2018’de 5 bölgeden yeraltısuyu örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde, sıcaklık (T), pH, çözünmüş oksijen (ÇO), renk, bulanıklık, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam sertlik (TS), nitrat (NO₃-), sülfat (SO₄⁻²), fosfat (PO₄⁻³), toplam çözünmüş katılar (TÇK) belirlenmiştir.

Ortalama değerler T= 16°C, ÇO= 3mg/L, pH=8.3, Eİ=564 µs/cm, TS= 257 mg CaCO₃/L, bulanıklık= 4 NTU, NO₃=2.7 mg/L, SO₄⁻² = 42 mg/L, PO₄⁻³= 0.3 mg/L, TÇK=282 mg/L ve renk = 14 (Pt-Co) olarak belirlenmiştir. Toplam sertlik (TS) değeri 257 mg CaCO₃/L olarak belirlenmiş olup, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından belirlenmiş sınır değer (500 mg CaCO₃/L) altında kalmıştır. Ancak Sawyer ve McCarty (1967) tarafından yeraltı suları için bildirilmiş sınıflandırmada 3. sınıf sert sular sınıfında yer almaktadır. Sadece iki kontrol aralığının renk ve bulanıklık parametrelerinin TSE 266, DSÖ ve EPA tarafından kaydedilen limit değeri aştığı belirlenmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

2021 yılında gerçekleştirilen bu çalışma ile, su kuyularından alınan 13730 su örneğinin İletkenlik, pH, Amonyum (NH_4^+), Florür (F^-) ve Nitrat (NO_3^-) parametreleri analiz edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca, 2022 ve 2023 yıllarında, yine Şanlıurfa ili ilçelerine ait yeraltı su kaynaklarında, aynı parametrelerin ilçeler bazında analizleri gerçekleştirilmiş ve yıllara göre ilçelerin su kalitesi değişimleri incelenmiştir.

'TS-EN-ISO-10523 standart yöntemle 3766 Noktada Hq40D cihazı pH parametresi' 'TS-9748-EN-27888 standart yöntemle 3766 Noktada Hq40D cihazı İletkenlik parametresi' 'Spektrofotometre cihazı hazır kit yöntemi ile 3766 Noktada amonyum parametresi', 'İyon Kromatografisi cihazı TS EN ISO 10304-1 yöntemi ile 1216 noktada nitrat parametresi' ve 'İyon Kromatografisi cihazı TS EN ISO 10304-1 yöntemi 1216 noktada Florür parametresi' ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Bu tezde, elde edilen analiz sonuçlarının, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte belirlenen içmesuyu kalitesi standartlarına uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Böylece Şanlıurfa ilçelerin yeraltı suyu kalitesi belirlenmiştir. Yeraltı su değerlerinin uygun olmadığı yerleşim yerlerinde kirletici unsurlar ve uygunsuzluğa sebep olan faktörler araştırılmıştır. Uygunsuz kaynakların kullanılmaya devam edilmesi halinde ortaya çıkması muhtemel problemler araştırılmış ve giderim yollarına değinilmiştir. Bu çalışma, ilçelerdeki yeraltı su kaynaklarından alınmış olan 13730 adet su numunesinin pH, İletkenlik, Amonyum (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-) ve Florür (F^-) parametrelerinin analiz sonuçlarını kapsamaktadır.

3.1.1. Şanlıurfa İlinin Jeolojik ve Hidrojeolojik Yapısı, Yeraltı Suyu Rezervleri ve Akış Dinamikleri

Şanlıurfa'nın jeolojik yapısı, kireçtaşı, marn ve alüvyon gibi çeşitli kayalar türlerinden oluşmaktadır. Bu çeşitlilik, yeraltı suyunun rezervuar karakteristiğini ve akış dinamiklerini etkilemektedir. İlçeler arasında hidrojeolojik farklılıklar gözlemlenir ki bu da yeraltı suyu kalitesi, su karakteri ve su miktarı üzerinde belirleyici olmaktadır. Bölgenin hidrojeolojik yapısında alüvyal topraklar ve ovalar bulunmaktadır. Su akışının yoğun olduğu bu bölgeler, yeraltı su kaynaklarının oluşumunda ve yenilenmesinde önemli rol oynamaktadır. Şanlıurfa'nın yeraltı su

kaynaklarında bulunan kireçtaşı ve diğer su geçirgen kayaçlar, yeraltı suyunun depolanmasına ve akmasına olanak sağlamaktadır. Bu jeolojik ve hidrojeolojik yapı, Şanlıurfa'nın su kaynakları, tarım potansiyeli ve coğrafi özellikleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılması ve korunması için jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerin dikkate alınması önemli rol oynamaktadır (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Şanlıurfa genellikle mezozoik ve senozoik yaşlı kayaçlar ile örtülür. Bu kayaçlar arasında kireç taşı, marn, kil ve kum taşı gibi çeşitli litolojik üniteler bulundurmaktadır. Bölgede, neojen dönemlerden oluşan tortul kayaçlar da bulunmaktadır. Bu katmanlar, bölgesel tektonik hareketlerle şekillenmiştir. Şanlıurfa, Arap Levhası ve Anadolu Levhası'nın sınırında yer alır ve bu durum, bölgedeki jeolojik yapıyı önemli tektonik hareketlere neden olur. Bölge genellikle ince çizgiler ve kırıklarla kesilir. Bu durum, deprem potansiyeli açısından genişleme potansiyeli olarak sunulmaktadır.

Şanlıurfa, Fırat Nehri'nin önemli kollarından biri olan Dicle Nehri'nin yakınlarından dolayı büyük bir su kaynağına sahiptir ve GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) bölgesel tarım ve enerji üretimi için su kaynakları oluşturmak amacıyla dev bir kalkınma projesi kapsamında bulunan illerden biridir. Bu proje kapsamında çok sayıda baraj ve sulama kanalı inşa edilmiştir (İRAP, 2021). (https://sanliurfa.afad.gov.tr/kurumlar/sanliurfa.afad/kutuphane/SANLIURFA_IRAPpdf.pdf)

Şanlıurfa'daki su kaynakları, genellikle tortul kayaçlar içindeki akiferler tarafından sağlanmaktadır. Bu akiferler, yağış ve yüzey sularının infiltrasyonu ile yenilenir. Yeraltı su kaynakları, bölgedeki yoğun tarım faaliyetleri için kullanılır. Ancak aşırı ve vahşi sulama ile su krizi, üretimdeki düşüş ve tarımda kullanılan ilaçlama gübreleme faaliyetleri sonucu yeraltı sularında kirlenme ve hızlı tükenme yaşanmaktadır. GAP'ın sulama projeleri sayesinde tarımsal tarım potansiyeli önemli ölçüde artmaktadır. Su kalitesi, sürdürülmesi, sanayi ve evsel atıklar gibi çeşitli etmenlerden etkilenebilir. Yeraltı suyu kirliliği ve yüzey kirliliği, halk sağlığı için riskler olabilir ve bu nedenle su yönetimi büyük önem taşır (Çolak, 2011).

Şanlıurfa, yarı kurak bir iklime sahip olduğundan, su yalıtımı ve korunması özellikle önemlidir. Şanlıurfa'daki yeraltı suyu rezervleri, esas olarak tortul kaya tabakaları arasında ve karstik kireç taşlarının içindeki akiferlerde bulunur. Akiferler, suyunu depolayabilen ve filtrelenebilen korunaklı kayaçlardır. Bölgedeki akiferler,

genellikle kumtaşı, kireçtaşı ve çakıllar gibi geçirgen çatlaklardan oluşur. Yeraltı suyu rezervleri, yağışlar ve yüzey sularının sızması ile yenilenir. İlde genellikle kış aylarında görülen yoğun yağışlar, bu yenilenme süreci için önemlidir.

Fırat Nehri ve onun kolları üzerinde inşa edilen GAP barajları, yeraltı su seviyeleri üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir. Baraj gölleri ve sulama kanallarından sızan sular, yeraltı sularını ve akiferleri yeniler. Yeraltı suyu, genellikle yüksek hidrolik banttın (su seviyesi yüksek olan bölgeden) düşük hidrolik başlangıca doğru akar. Şanlıurfa'da yer alan farklı değişimler ve jeolojik yapılar, suyun hareket yönünü etkiler (Onüçyıldız, 2016)

Kuyu açma ve su çekme gibi insan faaliyetleri, yeraltı suyunun dinamiklerini etkiler. Aşırı su krizi, su oluşumunun azalması ve akiferlerin tükenmesine neden olabilir. Yeraltı su rezervleri ise suyun yeraltındaki hareketi ve depolanması ile ilgilidir. Akış dinamikleri, yağış miktarı, yeraltı kayaç yapısı ve insan faaliyetleri gibi faktörlerden etkilenir. Su seviyelerinin izlenmesi ve akış modellemesi, bu dinamiklerin anlaşılmasında yardımcı olmaktadır (Gültekin, 2015).

Çalışmada Şanlıurfa ili ilçelerindeki yeraltı suyu kaynaklarından alınan numuneler kullanılmış olup ile ait 13 adet ilçenin içme ve kullanma suyu kaynağı olan yeraltı su kuyularından örnekler alınarak, iletkenlik pH nitrat amonyum ve florür parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Literatürde sınırları verilmiş olan bu parametrik değerlerin uygunsuz sonuç verdiği kaynaklarda neden sonuç ilişkisi araştırılmıştır. Toplanan materyallerin analiz sonuçları veri alınarak söz konusu kirletici parametrenin kaynakları araştırılmıştır. Bu kaynakların; yeraltı jeolojik, hidrolojik ve litolojik yapısı, yeraltı suyu özellikleri, akış dinamikleri incelenerek sudaki etkileri araştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Yeraltı Su Kompozisyonu ile Litoloji İlişkisi (Doğdu, 2013, Demir Yetiş, 2013)

Litoloji	Olası Yeraltısuyu Kimyasal Kompozisyonu
Kumtaşı	Düşük çözünmüş madde (300-500 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} yaklaşık aynı miktarlarda; tadı iyi
Kireçtaşı	Düşük çözünmüş madde (500-800 mg/L); HCO_3^- major anyon, Ca^{+2} major katyon; tadı iyi

Dolomit	Düşük çözünmüş madde (500-800 mg/L); HCO_3^- major anyon, Mg^{+2} değeri Ca^{+2} miktarına eşit; tadı iyi
Granit	Çok düşük çözünmüş madde (300 mg/L); HCO_3^- major anyon, Ca^{+2} ve Na^+ major katyonlar; tadı çok iyi
Bazalt	Düşük çözünmüş madde (400 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} eşdeğer derecede önemli; tadı iyi
Şist	Orta derecede çözünmüş madde (1200 mg/L); HCO_3^- ve Cl^- major anyonlar, Ca^{+2} ve Na^+ major katyonlar; tadı kalitesiz fakat kullanılabilir
Marn	Düşük çözünmüş madde (300-500 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} yaklaşık aynı miktarlarda; tadı iyi
Kil ve Şeyl	Genellikle kaya tuzu ve jips içerir. Yüksek tuzluluk (900-2000 mg/L); Cl^- major, ikincil SO_4^{+2} , Na^+ major katyon, tadı yetersiz, bazen kullanılamaz
Jips	Yüksek çözünmüş madde (2000-4000 mg/L); SO_4^{+2} major anyon, Ca^{+2} , major katyon, ikincil Mg^{+2} ve Na^+ ; tadı acı, kullanılamaz

3.1.1.1. Şanlıurfa İli Akçakale İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Akçakale, Şanlıurfa iline bağlı bir ilçe olup, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır.

Jeolojik Özellikler: Akçakale ve çevresi, genellikle tortul kayalarla karakterize edilen Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin tipik özelliklerini taşır. Bölge, genellikle üçüncü dönem (Neojen) ve dördüncü dönem (Kuvaterner) tortulları ile örtülüdür. Bu tortullar, alüvyonlar, kil, silt, kumtaşı ve kireçtaşı gibi farklı malzemeler içerebilir ve genellikle düz ve geniş ovalarda bulunur (Çelik ve ark., 2016). (İRAP, 2021). (https://sanliurfa.afad.gov.tr/kurumlar/sanliurfa.afad/kutuphane/SANLIURFA_IRAPpdf.pdf)

Hidrojeolojik Özellikler: Akçakale'nin hidrojeolojik yapısı, bu tortul formasyonların su tutma ve iletim özelliklerine bağlıdır. Kireçtaşı ve kumtaşı gibi

geçirimli kayaçlar, yeraltı suyunun depolanması ve akışı için potansiyel akiferler oluşturur. Bölgedeki yeraltı suyu genellikle bu tortul kayaçlar arasındaki gözeneklilik ve çatlaklardan hareket eder.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Akçakale ve çevresindeki yeraltı suyu rezervleri, bölgenin hidrojeolojik yapısına ve yağış rejimine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Suyun yenilenme oranı, yağış miktarı, yüzey sularının infiltrasyonu ve insan faaliyetleri gibi faktörlere bağlıdır. Bölgede tarımsal sulama için yeraltı suyunun kullanımı yaygındır, bu da su seviyeleri üzerinde baskı oluşturabilir ve aşırı çekilme durumunda su tablasının düşmesine neden olabilir.

Akış Dinamikleri: Akçakale'de yeraltı suyunun hareketi, genellikle bölgenin topografyası ve mevcut hidrojeolojik koşullar tarafından belirlenir.

Akçakale'nin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, yeraltı suyu rezervleri ve akış dinamikleri, üzerinde bulunduğu tortul formasyonlar ve bu formasyonların su ile etkileşiminin bir sonucudur.



Şekil 3.1. Akçakale İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.2. Şanlıurfa İli Birecik İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Birecik, Şanlıurfa iline bağlı ve Fırat Nehri'nin kıyısında yer alan bir ilçedir.

Jeolojik Özellikler: Birecik bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin jeolojik yapısını yansıtır. Bölge, esas olarak tortul kayalardan oluşur ve bu kayalar genellikle üçüncü dönem (Neojen) ve dördüncü dönem (Kuvaterner) tortullarını içerir. Fırat Nehri'nin getirdiği alüvyonlarla oluşmuş geniş alüvyon düzlükleri, bölgenin önemli özelliklerindendir. Ayrıca, bölgede kireçtaşı, marn ve kumtaşı gibi geçirgen kayalar da bulunur (Gürpınar ve ark., 2004).

Hidrojeolojik Özellikler: Birecik'in hidrojeolojik yapısı, bölgedeki kayaların su tutma ve iletim kapasitesine bağlıdır. Fırat Nehri ve onun alüvyonları, bölgedeki yeraltı suyu dinamiklerini belirleyen ana faktörlerdendir. Kireçtaşı gibi kayalar, akiferler olarak işlev görebilir ve yeraltı suyu rezervuarları olarak hizmet edebilir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Birecik'te yeraltı suyu rezervleri, Fırat Nehri'nin etkileşime girdiği alüvyonlar ve diğer geçirgen kayaç katmanları tarafından belirlenir. Bölge, tarımsal sulama ve içme suyu ihtiyaçları için yeraltı suyu kaynaklarına bağlıdır. Ancak, su çekilmesinin aşırı olduğu durumlarda, yeraltı su seviyelerinde düşüşler ve diğer olumsuz çevresel etkiler meydana gelebilir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Yeraltı suyunun akış dinamikleri, bölgenin jeolojik yapısı ve Fırat Nehri'nin alüvyonlarının infiltrasyon kabiliyetine bağlıdır. Su tablasının derinliği ve yeraltı suyunun hareketi, yerel jeolojik koşullar, bölgedeki yağış miktarı ve insan faaliyetleri tarafından etkilenir.

Birecik Barajı ve Hidroelektrik Santrali, Fırat Nehri üzerinde kurulmuş önemli bir yapıdır ve bölgesel su kaynakları üzerinde belirleyici bir rol oynar. Baraj, sulama ve enerji üretimi için su sağlarken, aynı zamanda nehir akış rejimini ve dolayısıyla yeraltı suyunun yenilenme oranlarını da etkiler (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2021). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/sanl-urfa_-cdr2020-20211118131834.pdf).



Şekil 3.2. Birecik İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.3. Şanlıurfa İli Bozova İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Bozova, Şanlıurfa iline bağlı bir ilçedir ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alır.

Jeolojik Özellikler: Bozova ve çevresi, Güneydoğu Anadolu'nun karakteristik tortul kayaçlarına sahiptir. Bölge, çeşitli jeolojik zaman dilimlerine ait kayaçlarla kaplıdır ve genellikle Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait tortul formasyonlar bulunur. Bu formasyonlar arasında alüvyonlar, kil, marn, kumtaşı ve kireçtaşı gibi çeşitli litolojik özellikler gösteren kayaçlar yer alabilir (İRAP, 2021). (https://sanliurfa.afad.gov.tr/kurumlar/sanliurfa.afad/kutuphane/SANLIURFA_IRAPpdf.pdf)

Hidrojeolojik Özellikler: Bozova'da, geçirimli kayalar suyu depolayabilir ve akiferler olarak işlev görebilir. Bunlar, yeraltı suyunun yerel kaynaklarının önemli bileşenleridir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Bozova'nın yeraltı suyu rezervleri, yağış miktarı, yüzey sularının infiltrasyonu, evapotranspirasyon ve insan faaliyetleri gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Bölge tarımının büyük bir kısmı yeraltı su kaynaklarına dayanır ve bu nedenle bu kaynakların yönetimi önemlidir.

Akış Dinamikleri: Yerel ölçekte, Atatürk Barajı ve diğer su yapıları, Bozova'nın hidrojeolojik rejimini etkileyebilir. Baraj, hem sulama hem de enerji üretimi için kullanılır ve su kaynaklarının yönetimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015).
(https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Bölgelerin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini belirlemek için genellikle jeofizik araştırmalar, sondaj verileri ve yeraltı suyu modellemesi gibi yöntemler kullanılır. Bu bilgiler, yerel yönetimler, su kaynakları mühendisleri ve çevre bilimciler tarafından su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve korunması için kullanılır.



Şekil 3.3. Bozova İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.4. Şanlıurfa İli Ceylanpınar İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Ceylanpınar, Şanlıurfa iline bağlı, Suriye sınırına yakın bir konumda bulunan bir ilçedir.

Jeolojik Özellikler: Ceylanpınar, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin tipik tortul kayaçlarına sahip bir alandır. Bölge, genellikle Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait tortul formasyonlarla kaplıdır. Bunlar arasında alüvyonlar, kumtaşları, killi kayaçlar ve kireçtaşları bulunabilir. Bu tür tortul tabakalar, genellikle düzlükler ve ovalar üzerinde bulunur ve bölgenin tarım için uygun zeminler oluşturmalarına katkı sağlar (Çelik ve ark., 2016).

Hidrojeolojik Özellikler: Ceylanpınar'ın hidrojeolojik yapısı, bölgedeki kayaçların su depolama ve geçirgenlik özelliklerine bağlıdır. Kireçtaşı gibi daha geçirgen kayaç katmanları, yeraltı suyu akiferleri oluşturabilir ve suyun yeraltında depolanmasına ve akışına olanak tanır.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Ceylanpınar'da yeraltı suyu rezervleri, yağış rejimi, yüzey sularının infiltrasyonu, tarımsal sulama gibi insan etkinlikleri ve bölgesel

hidrojeolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bölge, geniş tarım arazileri için önemli miktarda yeraltı suyu kullanmaktadır. Bu kullanım, zamanla yeraltı su seviyelerinde değişikliklere neden olabilir sahiptir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Ceylanpınar'da, yeraltı su akışı ve yenilenme oranları, özellikle tarımsal sulama dönemlerinde su talebine bağlı olarak değişebilir.



Şekil 3.4. Ceylanpınar İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.5. Şanlıurfa İli Eyyübiye İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Eyyübiye, Şanlıurfa il merkezine bağlı bir ilçedir ve tarihi, kültürel ve jeolojik

açıdan zengin bir alandır.

Jeolojik Özellikler: Eyyübiye ve Şanlıurfa bölgesi, Güneydoğu Anadolu'nun tortul kayaç yapısı içinde yer alır. Bölge, Neojen ve Kuvaterner zaman dilimlerine ait tortul kayaçlardan oluşmuş alüvyon düzlükler, kumtaşları, kireçtaşları ve killi kayaçlar gibi çeşitli litolojik özellikler gösteren kayaçlar içerir. Ayrıca bölge, tarihte birçok farklı medeniyetin etkisiyle şekillenmiş zengin bir kültürel stratigrafiye de sahiptir.

Hidrojeolojik Özellikler: Şanlıurfa bölgesi, genellikle sıcak ve kuru bir iklime sahiptir ve bu da bölgesel hidrojeolojik koşulları etkiler. Eyyübiye'de yeraltı suyunun önemli bir kısmı, kireçtaşı gibi kayaçların oluşturduğu akiferlerden sağlanır. Bu tür kayaçlar, genellikle iyi su depolama ve iletim kapasitesine sahiptir, ancak aşırı su çekilmesi yeraltı su seviyelerinde düşüşlere yol açabilir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Eyyübiye'nin yeraltı suyu rezervleri, bölgesel yağış rejimi, suyun yüzeyden yeraltına infiltrasyonu ve tarımsal sulama gibi insan faaliyetleri tarafından etkilenir. Şanlıurfa genelinde, özellikle yaz aylarında yoğun tarımsal sulama nedeniyle yeraltı su seviyelerinde düşüşler gözlemlenebilir (Benek ve ark., 2024).

Akış Dinamikleri: Eyyübiye'de yeraltı su akış dinamikleri, kayaçların geçirgenlik özellikleri, yeraltı su seviyeleri ve bölgesel jeolojik yapıya bağlıdır. Yeraltı su akışı, doğal olarak su tablasının eğimi ve yerçekimi etkisiyle yönlendirilir.

Eyyübiye ve Şanlıurfa bölgesinin yeraltı su kaynaklarının durumunu ve dinamiklerini daha iyi anlamak için, Devlet Su İşleri (DSİ), yerel yönetimler ve akademik kuruluşlar tarafından yürütülen jeolojik ve hidrojeolojik etütler, sondajlar ve izleme çalışmaları önem taşır. Bu çalışmalar, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak ve su yönetimi politikalarını şekillendirmek için kritik bilgiler sunar.



Şekil 3.5. Eyyübiye İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.6. Şanlıurfa İli Halfeti İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Halfeti, Şanlıurfa iline bağlı tarihi ve doğal güzellikleri ile bilinen bir ilçedir. Fırat Nehri'nin kıyısında yer alan Halfeti, Birecik Barajı'nın yapılmasıyla birlikte sular altında kalan eski yarımada üzerinde kurulu yeni ve eski yerleşim alanlarından oluşur. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, Fırat Nehri ve barajın varlığından büyük ölçüde etkilenmiştir.

Jeolojik Özellikler: Halfeti bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin genel jeolojik yapısına uygun olarak, tortul kayalarla karakterizedir. Bölgede genellikle kireçtaşı, marn, kumtaşı ve alüvyon gibi farklı tipte kayalar bulunmaktadır. Bu kayalar, bölgenin jeolojik geçmişi boyunca biriken tortul tabakaların sonucudur.

Hidrojeolojik Özellikler: Fırat Nehri'nin varlığı, Halfeti'nin hidrojeolojisinde belirleyici bir faktördür. Bölgede nehir ve yeraltı sularının etkileşimi, su kaynaklarının dağılımı ve kalitesi üzerinde önemli bir rol oynar. Kireçtaşı gibi geçirgen kayalar yeraltı suyunun hareketini ve depolanmasını sağlayan akiferler işlevi görebilir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü,

2015).(https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf).

Yeraltı Suyu Rezervleri: Halfeti'nin yeraltı suyu rezervleri, Fırat Nehri'nin yanı sıra yerel yağış rejimi, tarımsal sulama ve evapotranspirasyon gibi faktörlere bağlıdır. Birecik Barajı'nın yapılması, hem yeraltı su seviyelerini hem de bölgesel akış dinamiklerini etkilemiştir. Baraj, aynı zamanda bölgedeki sulama ve su temini için önemli bir kaynak haline gelmiştir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf).

Akış Dinamikleri: Fırat Nehri ve baraj, Halfeti'nin su akış dinamiklerini doğrudan etkiler. Nehir boyunca ve baraj rezervuarı etrafında yeraltı su akışı, kayaçların geçirgenliği ve yerçekiminin etkisi altında gerçekleşir. Baraj gölünün oluşumu, nehir kenarındaki yeraltı su seviyelerini yükseltmiş ve bu da jeolojik ve hidrojeolojik dinamikleri değiştirmiştir.



Şekil 3.6. Halfeti İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.7. Şanlıurfa İli Haliliye İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Haliliye, Şanlıurfa'nın merkez ilçelerinden biridir ve bölgenin genel jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini yansıtır. Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alır ve bu bölge, genellikle karstik yapıları, tortul kayaçları ve geniş düzlük alanları ile bilinir.

Jeolojik Özellikler: Haliliye ve çevresindeki jeolojik yapısı, Neojen ve Kuvaterner dönemlerinde oluşmuş tortul tabakalardan kaynaklanır. Bu tabakalar arasında kumtaşı, kireçtaşı, marn ve alüvyonlar gibi çeşitli kayaç türleri bulunur. Bölgede ayrıca, kireçtaşı tabakaları içerisinde gelişmiş karstik yapılar ve mağaralar da bulunabilir.

Hidrojeolojik Özellikler: Haliliye'nin hidrojeolojisi, kireçtaşı gibi çözünebilir

kayaçların varlığından etkilenir. Bu kayaçlar, suda çözünerek yeraltı su akiferlerini ve karstik boşlukları oluşturabilir. Bu tür yapılarda yeraltı suyunun depolanması ve akışı genellikle oldukça dinamiktir ve karstik sistemler, genellikle yeraltı sularının hızlı hareket ettiği ve büyük miktarda su deposu oluşturduğu alanlardır.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Haliliye'nin yeraltı suyu rezervleri, bölgeye özgü yağış rejimi, yüzey sularının infiltrasyonu, tarımsal sulama ve nüfusun su kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Şanlıurfa bölgesi genel olarak yarı kurak bir iklime sahip olduğundan, yeraltı suyu kaynaklarına olan talep yüksektir ve bu da rezervler üzerinde baskı oluşturabilir.

Akış Dinamikleri: Yeraltı su akış dinamikleri, suyun yeraltındaki hareket yollarını ve akış hızını ifade eder. Haliliye ve çevresinde, karstik akiferlerde yeraltı suyu hızlı bir şekilde hareket edebilir ve yer yer fişkırmaya (artezian) kaynaklarına yol açabilir. Yeraltı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi, bölgede yaşayan insanlar ve tarımsal faaliyetler için hayati önem taşır.



Şekil 3.7. Haliliye İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.8. Şanlıurfa İli Harran İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Harran, Şanlıurfa iline bağlı tarihi ve kültürel zenginlikleriyle bilinen bir ilçedir. Aynı zamanda, dünyanın en eski üniversitelerinden birine ev sahipliği yapmış ve tarihte önemli bir bilim merkezi olarak tanınmıştır. Harran Ovası, verimli topraklarıyla ünlüdür ve bölge, tarımsal faaliyetler için önemli bir yer teşkil eder. Jeolojik ve hidrojeolojik açıdan Harran, Şanlıurfa'nın genel özelliklerini taşır

Jeolojik Özellikler: Harran bölgesi, geniş alüvyal ova karakteristiğine sahiptir. Bu ova, Fırat Nehri ve diğer su kaynaklarından gelen sedimentlerin birikimiyle oluşmuş verimli topraklardan meydana gelir. Bölgede ayrıca, Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait tortul kayalar da bulunur. Bunlar arasında kumtaşı, kireçtaşı ve killi şeyller gibi çeşitli kayaç türleri yer alır (Seyrek ve ark., 2024).

Hidrojeolojik Özellikler: Harran Ovası, geniş bir yeraltı su akiferine sahiptir. Bu akifer, bölgenin su ihtiyacını karşılayan önemli bir kaynaktır. Yeraltı suyu, tarımsal sulama için esas su kaynağıdır ve bu nedenle bölgede yoğun olarak kullanılır. Kireçtaşı ve diğer karbonatlı kayalar, suyun depolanması ve hareketi için uygun alanlar sağlar (Küçük, 2024). (https://web.harran.edu.tr/assets/uploads/other/files/muhendis/files/RA%C5%9E%C4%B0D_K%C3%9C%C3%87%C3%9CK_B%C4%B0T%C4%B0RME_%C3%96DEV%C4%B0.pdf)

Yeraltı Suyu Rezervleri: Harran Ovası'nın yeraltı su rezervleri, bölgedeki yağış miktarına, yüzeyden yeraltına infiltrasyon oranına, tarımsal sulama uygulamalarına ve bölge nüfusunun su kullanımına bağlı olarak değişir. Yarı kurak iklim koşulları ve yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle yeraltı su seviyeleri üzerinde baskı oluşabilir ve bu durum, rezervlerin sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir (Çelik ve ark., 2016). (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Harran Ovası'nda yeraltı su akışı, kayaların geçirgenliği, yeraltı kayaç yapısı ve suyun yüzeyden yeraltına sızma oranları gibi faktörlere bağlıdır. Bölgede, yeraltı su akışı genellikle yavaş ve düzenlidir. Ancak, aşırı su çekilmesi yeraltı su seviyelerinin düşmesine ve buna bağlı olarak ekolojik ve ekonomik sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir.



Şekil 3.8. Harran İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.9. Şanlıurfa İli Hilvan İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Hilvan, Şanlıurfa iline bağlı bir ilçedir ve bu bölge genel olarak Mezopotamya'nın doğu ucunda bulunan yarı kurak bir alandır.

Jeolojik Özellikler: Hilvan ve çevresindeki jeolojik yapısı, genellikle Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait tortul kayalardan oluşur. Bölgede alüvyonlar, kumtaşları, kireçtaşları ve marnlar gibi sedimentler yaygındır. Bu kayalar, tarihsel süreçte bölgeye hakim olan su kaynakları ve iklim koşulları tarafından biriktirilmiş ve şekillendirilmiştir.

Hidrojeolojik Özellikler: Hilvan bölgesinin hidrojeolojisi, özellikle yeraltı suyunun varlığı ve hareketi açısından önem taşır. Kireçtaşı gibi karbonatlı kayalar yeraltı suyunun hareketine ve depolanmasına imkan tanır ve bu da karstik akiferlerin oluşumuna yol açabilir. Bu tür akiferler, yeraltı suyunun sürdürülebilir kaynaklarını oluşturur ve bölgenin su ihtiyacını karşılar.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Hilvan'da yeraltı suyu rezervleri, bölgede yapılan sulama faaliyetleri ve yerel yağış miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Yarı kurak iklim koşulları ve yoğun tarımsal kullanım, yeraltı su seviyelerinde azalmaya ve dolayısıyla rezervlerin tükenmesine yol açabilir. Bu nedenle, bölgede yeraltı suyunun etkin bir şekilde yönetimi ve korunması büyük önem taşır (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015).(https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Hilvan'da, yeraltı su akışı genellikle yeraltı kayaç yapısının özelliklerine göre belirlenir ve bu, suyun yüzeyden yeraltına sızma oranlarını etkiler.



Şekil 3.9. Hilvan İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.10. Şanlıurfa İli Karaköprü İlçesi Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri ve Akış Dinamikleri

Karaköprü, Şanlıurfa ilinin merkez ilçelerinden biridir.

Jeolojik Özellikler: Karaköprü bölgesinin jeolojisi, Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait tortul tabakalar ile karakterize edilir. Bu tabakalar arasında kireçtaşları, marnlar, kumtaşları ve alüvyonlar gibi çeşitli kayaç türleri bulunabilir. Bölge genellikle düz ve hafif eğimli topraklara sahiptir, bu da tarımsal faaliyetler için uygun koşullar yaratır.

Hidrojeolojik Özellikler: Karaköprü ve çevresindeki hidrojeolojik yapının önemli bir bölümü, yeraltı suyu akiferlerine bağlıdır. Kireçtaşı gibi karbonatlı kayaçlar, karstik özellikler gösterebilir ve yeraltı sularının depolanması ve akışı için

uygun ortamlar sunabilir. Bu karstik yapılar, genellikle yeraltı suyunun hızlı hareket ettiği ve büyük miktarda su depolayabilen sistemlerdir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Karaköprü'deki yeraltı suyu rezervleri, bölgenin yağış rejimi, yüzey sularının infiltrasyonu, tarımsal sulama ve bölge nüfusunun su kullanım ihtiyaçları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Şanlıurfa genel olarak yarı kurak bir iklime sahip olduğu için, yeraltı su kaynaklarına olan talep yüksektir ve bu da su seviyelerinin düşmesine yol açabilir.

Akış Dinamikleri: Karaköprü bölgesinde, yeraltı suyunun hareketi kayaçların geçirgenliği, yeraltı yapısı ve karstik boşlukların varlığına bağlı olarak değişebilir.



Şekil 3.10. Karaköprü İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.11. Şanlıurfa İli Siverek İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Siverek, Şanlıurfa iline bağlı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan büyük bir ilçedir. Bölge, hem jeolojik yapısı hem de hidrojeolojik özellikleri

bakımından çeşitlilik gösterir ve önemli yeraltı su kaynaklarına sahiptir.

Jeolojik Özellikler: Siverek ilçesinin jeolojik yapısı, genellikle tortul kayalar ve volkanik faaliyetlerin etkilerini yansıtır. Bölge, Neojen ve Kuvaterner dönemlerine ait kireçtaşı, marn, konglomera, kumtaşı ve alüvyon gibi çeşitli tortul kayalarla kaplıdır. Ayrıca, volkanik tüf ve bazalt gibi volkanik kökenli kayalar da bölgede bulunabilir. Bu kayalar, bölgenin jeolojik tarihinde önemli rol oynamış ve topoğrafyanın şekillenmesine katkıda bulunmuştur.

Hidrojeolojik Özellikler: Siverek, özellikle yeraltı su kaynakları açısından zengin bir bölgedir. Yeraltı sularının dağılımı ve hareketi, bölgedeki kayaların çeşitliliği ve suyun sızma oranlarına göre değişiklik gösterir. Karbonatlı kayalar (kireçtaşı gibi) ve volkanik kayaların varlığı nedeniyle, bölgede karstik özellikler gösteren akiferler ve yeraltı su yolları bulunabilir. Bu akiferler, genellikle yeraltı su rezervlerinin önemli bir kısmını oluşturur.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Siverek'in yeraltı su rezervleri, bölgesel yağış miktarları, yüzey sularının sızma oranları, tarımsal sulama uygulamaları ve yerel halkın su kullanım alışkanlıkları gibi faktörlerden etkilenir. Yarı kurak iklim koşulları ve yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle yeraltı su seviyeleri üzerinde baskı oluşabilir, bu da rezervlerin azalmasına ve aşırı kullanım sonucunda kaynakların tükenmesine yol açabilir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Siverek'te yeraltı su akışı, kayaların geçirgenliği, hidrolojik gradyanlar, yeraltı yapısı ve mevcut su kullanımı gibi faktörler tarafından belirlenir. Yeraltı su akışı genellikle yavaştır, ancak karstik akiferlerde daha hızlı hareket edebilir.



Şekil 3.11. Siverek İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.12. Şanlıurfa İli Suruç İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Suruç, Şanlıurfa ilinin güneyinde, Türkiye-Suriye sınırına yakın bir konumda

yer alan bir ilçedir.

Jeolojik Özellikler: Suruç ilçesi jeolojik olarak, çoğunlukla tortul kayalardan oluşan bir yapıya sahiptir. Bölgede geniş alüvyal ova alanları bulunur ve bu alanlar, esas olarak kum, kil, çakıl ve diğer alüvyon birikintileri ile kaplıdır. Bu yüzey formasyonları, antik dönemlerdeki akarsu ve göl birikintilerinin sonucudur ve genellikle tarım için uygun verimli topraklar oluştururlar (Çelik ve ark., 2016). (İRAP, 2021). (https://sanliurfa.afad.gov.tr/kurumlar/sanliurfa.afad/kutuphane/SANLIURFA_IRAPpdf.pdf)

Hidrojeolojik Özellikler: Suruç ilçesinin hidrojeolojisi, yeraltı su kaynaklarının varlığı ve dağılımı ile yakından ilişkilidir. Bölge, yeraltı suyunun bol olduğu alüvyal ova alanlarına sahiptir ve bu alanlar, suyun infiltrasyonuna ve yeraltı su akiferlerinin beslenmesine elverişlidir. Suruç'ta karstik yapılar daha az yaygın olabilir, ancak bölge, yeraltı suyunun geniş alüvyal depolama alanlarına sahiptir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Suruç, yeraltı su rezervleri açısından zengin bir bölge olup, bu su kaynakları önemli ölçüde tarımsal sulama ve yerel tüketim için kullanılmaktadır. Suruç Ovası, bölgenin ana yeraltı su kaynağıdır ve bölgenin tarımsal üretkenliği için hayati öneme sahiptir. Ancak, aşırı sulama ve iklim değişikliği gibi faktörler, yeraltı su seviyeleri üzerinde baskı oluşturabilir ve uzun vadede su kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit edebilir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015).

(https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf)

Akış Dinamikleri: Suruç bölgesinde, yeraltı suyunun hareketi, alüvyonların geçirgenliği ve suyun yeraltı tabakalarında nasıl dağıldığına bağlıdır. Yeraltı sularının aşırı kullanımı, su seviyelerinin düşmesine ve akış dinamiklerinin değişmesine neden olabilir.



Şekil 3.12. Suruç İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.1.1.13. Şanlıurfa İli Viranşehir İlçesi Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özellikleri, Yeraltı Suyu Rezervleri Ve Akış Dinamikleri

Viranşehir, Şanlıurfa iline bağlı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir ilçedir. Bölge genel olarak yarı kurak bir iklime sahiptir ve bu da bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir.

Jeolojik Özellikler: Viranşehir ilçesinin jeolojik yapısı, genellikle mezozoik ve senozoik dönemlere ait tortul kayalarla karakterize edilir. Bu kayalar arasında kireçtaşı, marn, kumtaşı ve alüvyonlar gibi çeşitli sedimentler bulunabilir. Bölge, düz ova alanları ve hafif dalgalı topografyaya sahip olup, bu da tarımsal faaliyetler için uygun koşullar sağlar (Yılmaz, 2024).

Hidrojeolojik Özellikler: Viranşehir'de hidrojeolojik yapının büyük bir kısmı yeraltı suyu akiferlerine bağlıdır. Bölgedeki kireçtaşı gibi karbonatlı kayalar, karstik özellikler gösterebilir ve yeraltı sularının depolanması ve akışı için uygun ortamlar

sunabilir.

Yeraltı Suyu Rezervleri: Viranşehir'in yeraltı suyu rezervleri, bölgenin yağış rejimi, yüzey sularının infiltrasyon oranları, tarımsal sulama ve yerel halkın su kullanım ihtiyaçları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bölge, genel olarak susuzluk ve kuraklık riski ile karşı karşıya olduğundan, yeraltı su kaynaklarına olan talep oldukça yüksektir ve bu da su seviyelerinde düşüşe ve tükenmeye yol açabilir (Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015). (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf).

Akış Dinamikleri: Viranşehir'de, yeraltı su akışı, kayaçların geçirgenliği, yeraltı su yapısı ve mevcut su kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Bölgede, yeraltı suyunun hareketi genellikle yavaştır, ancak karstik alanlarda daha hızlı olabilir.



Şekil 3.13. Viranşehir İlçesi Su Kuyusuna Ait Yapının Yüzeyden Görünümü

3.2. Yöntem

Şanlıurfa ilçelerindeki yeraltı su kaynaklarından alınan su numunelerinin;; pH, iletkenlik, amonyum, nitrat ve florür analizleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında ‘Hq40D cihazı TS-EN-İSO-10523 standardı ile 3766 Noktada pH parametresi’

‘Hq40D cihazı TS-9748-EN-27888 standardı ile 3766 Noktada İletkenlik parametresi’ ‘Spektrofotometre cihazı hazır kit metoduyla 3766 Noktada Amonyum parametresi’

‘İyon Kromatografisi cihazı TS EN ISO 10304-1 standardı yöntemi ile 1216 noktada nitrat parametresi’

‘İyon Kromatografisi cihazı TS EN ISO 10304-1 standardı yöntemi 1216 noktada Florür parametresi’ ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Hq40D cihazı; Birbirinin yerine kullanılabilen akıllı elektrotlar ile değer otomatik olarak tanımakta ve tüm ilgili verileri depomaktadır. Farklı kablo uzunluklarına sahip saha elektrotları dayanıklı ve ölçüm yapılması zor olan noktalarda bile ölçüm yapılmasını sağlamaktadır. PH ve iletkenlik parametrelerinin ölçümü bu cihaz ile yapılmaktadır. PH parametresi aralığı TS-EN-İSO-10523 standardına göre değerlendirilmiş olup iletkenlik ise TS-9748-EN-27888 standardına göre değerlendirilmiştir.

TS-EN-İSO-10523 standardı; pH değeri 2 - 12 arasında olan, iyon şiddeti $I = 0.3 \text{ mol/kg}$ çözücünden düşük (iletkenlik: $y_{25}^{\circ\text{C}} < 2000 \text{ mS/m}$) ve sıcaklığı $0^{\circ\text{C}} - 50^{\circ\text{C}}$ aralığında olan yağmur, içme ve maden suyu, yüzme suyu, yüzey suyu ve yeraltı suyu ile evsel ve sanayi atık sularının ve sulu çamurların pH değerlerinin belirlenme yöntemini kapsamaktadır.

TS-9748-EN-27888 standardı; Bir Avrupa standardı olan EN 27888, suyun iletkenlik seviyesinin belirlenmesine yönelik bir test yöntemi açıklamaktadır. Bu standart, tüm su türlerinin ölçümü için bir yöntem belirtir. Elde edilen değer, yüzey sularının, su temini ve arıtma tesislerindeki proses sularının ve atık suların kalitesini izlemek için kullanılır. Ülkemizde de Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından bu standart şu başlıkla yayınlanmıştır: TS 9748 EN 27888/T1 Su kalitesi - Elektriksel

iletkenlik tayinidir. Söz konusu standart, tüm su türlerinin elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi için bir yöntem sunmaktadır. Çalışmada Hq40D; elektrotsuz, çift kanallı portatif multimetre cihazı ile 0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 200.0 mS/cm aralığında ölçüm yapılarak elde edilen sonuç TS-9748-EN-27888 standardına göre değerlendirilmiştir. TS-9748-EN-27888 standardı tüm su tiplerinde elektriksel iletkenlik ölçüm metodlarını kapsamaktadır.

Spektrofotometre cihazı hazır kit metodu; Bu cihaz ve metod ile amonyum parametresinin analizleri yapılmıştır. Su analizlerinde kullanılan spektrofotometrik hazır test kitleri reaktif ve küvet test olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada reaktif kitler kullanılmış olup hazır kitler, Hach metod, 8038 kod ile (0.02 - 2.50 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$) ölçüm aralığında analizler gerçekleştirilmiştir. 21194-49 kodlu Nessler Reagent, 23766-26, kodlu Mineral Stabilizer, 23765-26 kodlu Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent reaktifleri kullanılarak yapılmıştır.

İyon Kromatografi cihazı TS EN ISO 10304-1 standardı metoduyla; Nitrat ve Florür parametresi analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan iyon kromatografi cihaz markası 'Thermo Scientific' modeli DIONEX ICS 1100, ve 9-10 mM Na_2CO_3 eluent kullanılmaktadır. Oda sıcaklığı 23 ± 3 C ve pompa akış aralığı 0.00–5.00 mL/dakika arasındadır. Anyon analizleri yapan cihaz tek enjeksiyonda florür, klorür, nitrit, bromür, nitrat, fosfat, klorit, bromat ve sülfat parametrelerini analiz etmektedir. 1 mL/dk pompa akışı ve minimum 100 μL numune enjeksiyonu ile 20 dakika içerisinde baseline seviyesinde ayırma gerçekleşmektedir. Flor, klor, nitrit, nitrat, bromür, fosfat, klorit, bromat ve sülfat anyonlarının tek enjeksiyonda ayırabilen PEEK ya da paslanmaz çelik malzemeden yapılmış 250x4mm ve 50x4 mm ön kolonlar kullanılmaktadır. Kolonlar Dionex ION PAC AS9-HC RFIC 250x4mm ve Dionex ION PAC AS9-HC RFIC 50x4 özelliktedir.

TS-EN-İSO-10304-1 standardı; Su kalitesi çözünmüş florür, klorür, nitrit, ortofosfat, bromür, nitrat ve sülfat iyonlarının sıvı iyon kromatografisi ile tayini bölüm 1-az kirlenmiş sular için kullanılan metottur. ISO 10304-1: 2007, iyonların sıvı kromatografisi ile içme suyu, yeraltı suyu, yüzey suyu, atık su, sızıntı suları ve deniz suyundaki çözünmüş bromür, klorür, florür, nitrat, nitrit, ortofosfat ve sülfatın belirlenmesine yönelik bir yöntemi belirtir. İptal edilen TS EN ISO 10304-1:1997; yerine halihazırda TS EN ISO 10304-1/ AC:2012 kullanılmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar

Çalışma kapsamında Şanlıurfa ili su kuyularından alınan 13730 adet su numunesinin; İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik kapsamında; pH, İletkenlik, Amonyum, Nitrat ve Florür değerleri incelenmiştir. İncelenen parametrelerin maksimum ve minimum olduğu ilçeler ve yeraltı su kaynaklarının bulunduğu yerleşim yerleri tablolar halinde sunulmuştur. Ayrıca 2021 yılı içerisinde tüm ilçelerden alınan numunelerde pH, iletkenlik, amonyum, nitrat ve florür değerlerinin standartlara uygunluğu, uygunsuzluğu ve toplam yeraltı su kaynağı adedi verilerek yüzdelik hesaplama yapılmıştır. Yüzdelik değerlerine göre uygunsuz olan yeraltı suyu kaynak sayısı, toplam yeraltı suyu kaynak sayısının %10' undan fazla olan parametreler ilçe bazında haritalandırılmış ve kirlilik değerlerine göre ilçe kirlilik haritaları renklendirilerek oluşturulmuştur.

4.1.1. pH Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

pH değerlerinin 7 den büyük olması içme suyunun alkali bir su olduğunu, pH değerlerini 7 den düşük olması ise içme suyunun asidik özellikte bir su olduğunu gösterir. Bir sıvının pH değeri 14 birime bölünebilir; 0 ile 7 arası asidik, 7 ile 14 arası baziktir. PH değeri 7 olan sıvılar nötrdür. Çok asidik veya alkali suların tüketiminin sindirim sistemi ve metabolizma üzerinde olumsuz etkileri vardır. Dolayısıyla suyun pH değeri insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Söz konusu çalışmada 1 yeraltısu kaynağında pH değerinin 9.5 yüksek olduğu, 2 noktada sınır değerlerde olduğu, en düşük yeraltısu pH değerinin 7.2 olduğu ve incelenen kaynaklarında ise suyun pH sınırın 7 den küçük olmadığını yani suların asidik özelliklerde olmadığı tespit edilmiştir. PH sı 9'un üzerinde olan yani alkali özellikte olan sular; hayvanlarda deri ve göz tahrişine neden olmaktadır. İnsanlarda, pH nın 10'un üzerinde olması, göz. deri ve mukozalarda bozulmaya neden olmakta ve hassas kişilerde ise mide-bağırsak tahrişine sebep olmaktadır.

Alkali veya asidik özellik içeren sularda pH dengeleyici kimyasalların (Fosforik Asit, Laktik Asit, Asetik Asit, Sitrik Asit Anhidrat, Sitrik Asit Monohidrat, Tri Sodyum Sitrat) sağlanması veya farklı bir su kaynağı kullanılması tavsiye edilir. Şanlıurfa ili örneğinde 3766 izleme noktasından alınan örneklerin analiz edildiği yere bağlı olarak pH'nın yüksek olduğu izleme noktaları; Eyyübiye İlçesi Kanatlı İzleme Noktası, Eyyübiye İlçesi Payamlı İzleme Noktası ve Eyyübiye İlçesi Hayrat İzleme Noktasıdır. Bazik olan bu yeraltı sularında ilçe kırsalında hayvancılık ve tarım

faaliyetleri yapıldığı için amonyağın suda çözündüğü ve yeraltı suyuna OH⁻ İyonu verdiği böylece bu etkiyi oluşturduğu düşünülmektedir. (Uğuz, 2023)

pH yüksek olan alkali değere sahip izleme noktaları çizelge 4.1’ de gösterilmiştir. pH değeri düşük olan asidik izleme noktaları ise çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 2021 Yılı Maksimum pH Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları

İLÇE	İZLEME NOKTASI	PH (mg/L) (Min:6.5 Max:9.5)
Eyyübiye	Kanatlı	9.79
Eyyübiye	Hayrat(Dilimli)	9.5
Eyyübiye	Sayar(Payamlı)	9.11
Siverek	Küçük Düğer	8.78
Harran	Şahintepesi	8.78
Eyyübiye	Bardacık	8.72
Eyyübiye	Çamurlu	8.69
Viranşehir	Ekinciler	8.65
Eyyübiye	Bardacık	8.61
Birecik	Arslanlı Köyü (Han Mezrası)	8.6

Çizelge 4.2. 2021 Yılı Minimum PH Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları

İLÇE	İZLEME NOKTASI	PH (mg/L) (Min:6.5 Max:9.5)
Siverek	Işıldar	7.2
Bozova	Akmagara	7.25
Bozova	Aylan	7.25
Bozova	Boz Jgk-Bozova İlçe Jandarma Komutanlığı	7.28

Bozova	75.Yıl	7.28
Siverek	Bayer	7.3
Haliliye	Sarıtaş	7.32
Haliliye	Ağaçlı (Küçüksenemağara)	7.33
Haliliye	Susuz	7.35
Eyyübiye	Eyb Yenice Mahallesi	7.37

Çizelge 4.3. 2021 Yılı İlçeler Bazında PH Uygunsuzluk Yüzdesi

Analiz Türü:

Kontrol

Parametre:

pH

Tarih Aralığı:

01.01.2021

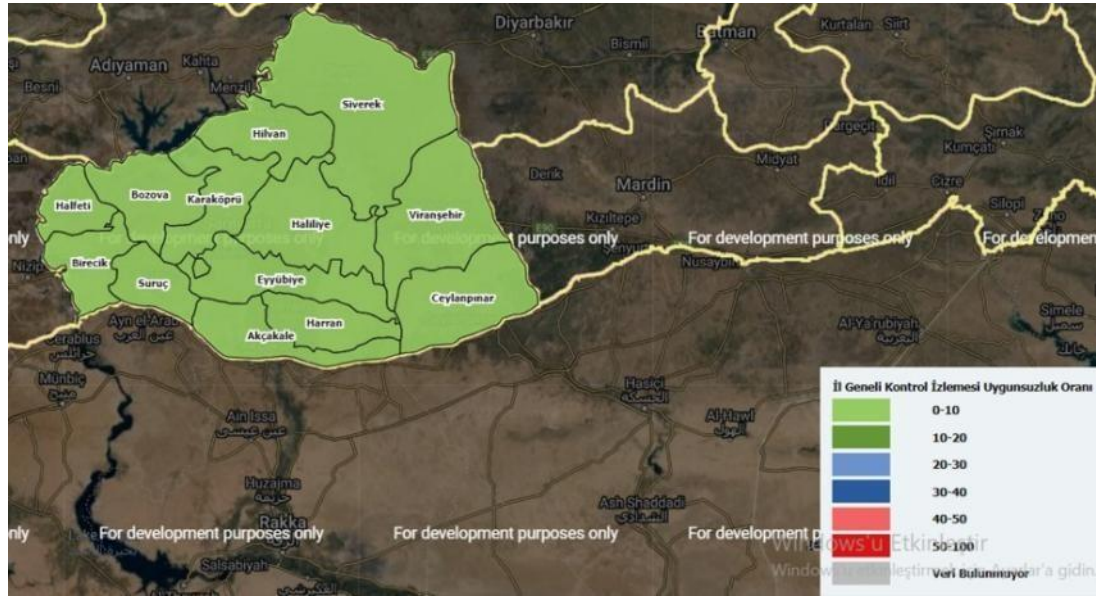
31.12.2021

☐ Takip Numunesi mi?

Listele

Yerleşim	Uygun	Uygun Olmayan	Toplam	%
Akçakale	301	0	301	0
Birecik	82	0	82	0
Bozova	167	0	167	0
Ceylanpınar	184	0	184	0
Eyyübiye	609	1	610	0,16
Halfeti	80	0	80	0
Haliliye	647	0	647	0
Harran	262	0	262	0
Hilvan	159	0	159	0
Karaköprü	255	0	255	0
Siverek	419	0	419	0
Suruç	185	0	185	0
Viranşehir	417	0	417	0
	3767	1	3768	

(*3766 noktadan analiz yapılmış olup 2 adet tekrar analizi yapılmıştır.)



Şekil 4.1. 2021 Yılı İlçeler Bazında pH Uygunsuzluk Yüzdesi Dağılım Haritası

4.1.2. İletkenlik Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yönetmeliğe göre insan tüketimi için izin verilen iletkenlik değeri 2500 microS/cm'dir. Söz konusu çalışmada 3 yeraltı suyu kaynağında iletkenlik değeri 2500 μ S/cm'nin üzerinde, 10 noktada sınır değerlerde (2020-2360 μ S/cm), en düşük iletkenlik değeri ise 128 μ S/cm olarak tespit edildi ve 31 su kaynağında ise iletkenliğin 200 μ S/cm olduğu görüldü. İletkenlik değerinin artması içme suyunun kirlendiği anlamına gelir. Suyun iletkenliğinin yüksek olması insan sağlığını doğrudan etkilemese de tadını bozar ve içilmesini zorlaştırır (EPA, 1993).

İçme suyunda iletkenliğin artması suyun tadını bozar ve sertliğini artırır. Sertliğin nedeni magnezyum, kalsiyum, demir gibi katyonlar ise söz konusu yeraltı suyunda yumuşatma yapılarak sertlik giderimi sağlanabilir. Sertliğin nedeni potasyum, sodyum ise sertlik giderimi için ters ozmoz ve distilasyon ünitesi önerilmektedir. Şanlıurfa ili örneğinde 3766 izleme noktasından alınan örneklerin analizine göre sınır değerin üzerinde tespit edilen yüksek iletkenlik değerleri; Eyyübiye İlçesi Sayar Gözlem Noktası, Akçakale İlçesi Ayışığı Gözlem Noktası, Harran İlçesi Varlıalan Gözlem Noktasında tespit edilmiş olup, sertliğin kaynağına göre yumuşatma işlemlerinin yapılması veya iyon değiştirici kullanılması tavsiye edilmektedir.

Daha önce; Demir ve ark., (2018) tarafından yapılmış olan 'Ceylanpınar Ovası'nda Yeraltı Suyu Tuzluluğunun Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli İncelenmesi' çalışmasında TİGEM (Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü) çiftliğine ait arazilerinde

yeralean yeraltı suyu havzasını temsil eden Ceylanpınar Ovası'nın yeraltı sularında iletkenlik değeri tespit edilmiştir. İletkenlik değeriinden yola çıkılarak yeraltı suyu tuzluluğunun ova genelindeki durumunu görsel olarak sunmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) faydalanılarak ova genelinde iletkenlik değeriine ait alansal dağılım haritaları oluşturulmuş ve yeraltı suyu tuzluğu açısından su sınıfları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Ceylanpınar Ovası'nda gerçekleştirilen arazi çalışmasında TİGEM'e ait tüm işletmeler ve bazı köylerdeki kuyular olmak üzere toplamda 45 sondaj kuyusunda iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Nisan 2012 – Ocak 2013 tarihleri arasında bahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri olarak 1 yıllık periyotta gerçekleştirilmiştir. Ceylanpınar ilçesi yeraltı suyu örneklerinde ölçülen en düşük ve en yüksek iletkenlik değeri 208-3870 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında tespit edilmiştir. EC değeri, bahar ve kış mevsiminde sulamanın azalmasından dolayı boşalma havzasında en yüksek değeriinde olup, bu değeriiler yaklaşık 1000-4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değışmiştir. Gümüşsu İşletmesi'ne ait Tüem bölgesi ve Gökçayır İşletmesi'nde standart ve mevzuatlarla belirlenmiş sınır değeri (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) göre yüksek değeriinde olup bu değeriileri aştığı, köyler ve Beyazkule İşletmesi'ne ait bölgelerde ise düşük değeriinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak su özelliklerine göre, Gümüşsu ve Gökçayır İşletme sınırında tuzluluk bakımından yeraltı suyu sınıfı sırasıyla C3 (tuzlu sular) ve C4 (çok tuzlu sular) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; Ceylanpınar Ovası yeraltı suyu tuzluluğu açısından beslenme havzası ve boşalma havzası bazında ele alınarak değeriendirilmiştir. YAS örneklerinde iletkenlik (EC) değeriileri 208-3870 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında tespit edilmiştir. Buna göre boşalma havzasında, standartlarla kıyaslanınca limit değeriileri aşan yüksek iletkenlik değeriileri ölçülmüştür. Ceylanpınar Ovası'nda Yeraltı Suyu Tuzluluğunun Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli İncelenmesi' çalışmasında yeraltı sularındaki tuzluluk içeriğinin sudaki elektrik iletkenliği arttırdığı ve temel sebebin sulama faaliyetlerinin olduğu tespit edilmiştir.

Bu tezde ise Sayar (Payamlı), Ayışığı, Varlıalan 1, Ekinciler, Aşağıderen, Akçalı (Gürgelen) 1, Varlıalan 2, Aşağıderen ve Gürgelen 2 noktalarının EC değeriileri 2250 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)' den büyük olduğu, Akçalı 2 (Gürgelen), Sıralı, Kanatlı, Başaran, Zenginova noktalarının EC değeriilerinin ise 750-2250 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) aralığında olduğu bulunmuştur. Wilcox (1955)'e göre genel tuzluluk özellikleri çizelgesi baz alındığında, söz konusu yeraltı su kaynakları, C3 ve C4 sınıfı tuzluluk kategorisinde değeriendirilebilir. (Çizelge 4.4. Wilcox (1955)'e göre genel tuzluluk özellikleri) Şanlıurfa İli örneğinde yapılan analizler sonucunda yüksek iletkenliğe sahip izleme noktaları Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Wilcox (1955)'e göre genel tuzluluk özellikleri

Kategori	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Su Sınıfı	Kategori açıklaması
C1	<250	Az tuzlu sular	Her toprak tipinde, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur.
C2	250-750	Orta tuzlu sular	Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.
C3	750-2250	Tuzlu sular	Drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.
C4	>2250	Çok tuzlu sular	Geçirgenliği ve drenajı çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Çizelge 4.5. 2021 Yılı Maksimum İletkenlik Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları

İLÇE	İZLEME NOKTASI	İLETKENLİK (Max:2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
Eyyübiye	Sayar(Payamlı)	9230
Akçakale	Ayışığı	5280
Harran	Varlıalan 1	2600
Viranşehir	Ekinciler	2360
Akçakale	Aşağıderen	2340
Harran	Akçalı(Gürgelen) 1	2320
Harran	Varlıalan 2	2310
Akçakale	Aşağıderen	2290
Harran	Gürgelen	2260
Harran	Akçalı(Gürgelen) 2	2250

Harran	Sıralı	2240
Eyyübiye	Kanatlı	2030
Viranşehir	Başaran	2020
Akçakale	Zenginova	1965

Çizelge 4.6. 2021 Yılı İlçeler Bazında İletkenlik Uygunsuzluk Yüzdesi

Analiz Türü:

Kontrol

Parametre:

İletkenlik (20 C'de İS / cm)

Tarih Aralığı:

01.01.2021

31.12.2021

☐ Takip Numunesi mi?

Listele

Yerleşim	Uygun	Uygun Olmayan	Toplam	%
Akçakale	300	1	301	0,33
Birecik	82	0	82	0
Bozova	167	0	167	0
Ceylanpınar	185	0	185	0
Eyyübiye	609	1	610	0,16
Halfeti	80	0	80	0
Haliliye	647	0	647	0
Harran	261	1	262	0,38
Hilvan	159	0	159	0
Karaköprü	255	0	255	0
Siverek	419	0	419	0
Suruç	185	0	185	0
Viranşehir	419	0	419	0
3768		3	3771	

Tematik Yap

(*3766 noktadan analiz yapılmış olup 5 adet tekrar analizi yapılmıştır.)

Şanlıurfa ili örneğinde yapılan analizlere göre sınır değerinin üzerinde tespit edilen yüksek iletkenlik değerleri; Eyyübiye İlçesi Sayar İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Ayışığı İzleme Noktası, Harran İlçesi Varlıalan İzleme Noktasında saptanmıştır.

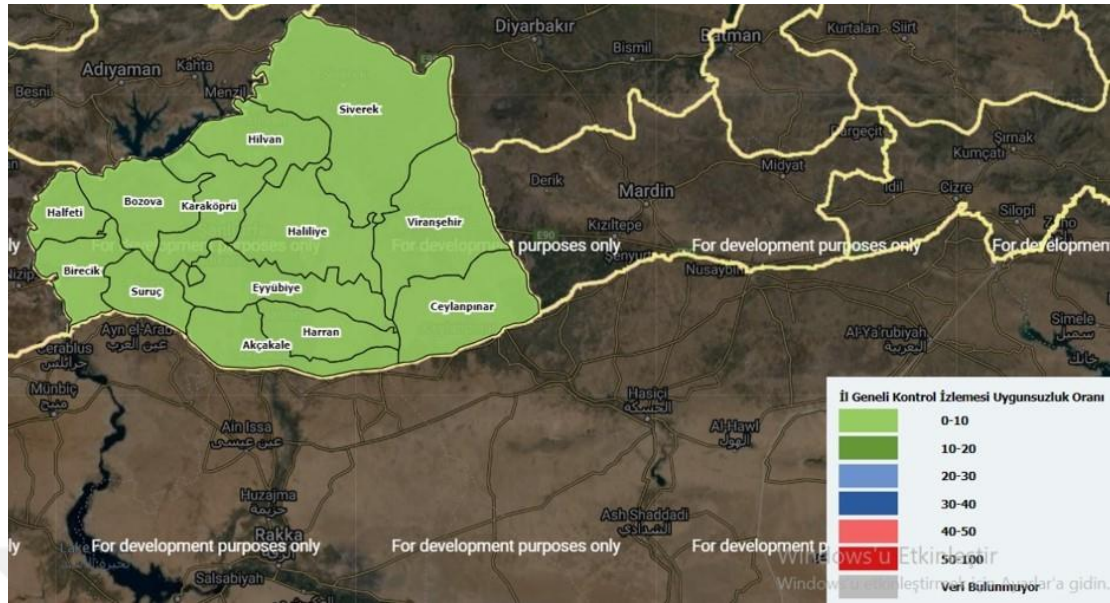
Daha önce yapılan araştırmalardan yola çıkarak iletkenlik parametresinin yüksekliği tespit edilen noktalarda, yüksek iletkenliğe neden olan faktörleri baz

olarak; Eyyübiye İlçesi Sayar İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Ayışığı İzleme Noktası, Harran İlçesi Varlıalan İzleme noktasında saptanan yüksekliğin nedenleri araştırılmıştır.

Yüzey suları ve yeraltı sularının kaynağı yağmur ve kardır. Yeraltı suları jeolojik yapısına göre yüzey sularından daha fazla mineral madde içermektedir. Yeraltı kaya yapısı, suyun kaya içinde kalma süresi, yeraltı suyunun ana içeriği ve suyun akıp geçtiği yolların jeolojik özellikleri gibi pek çok faktör yeraltı suyunun jeokimyasını etkileyen faktörler arasındadır (Salman ve Elnazer, 2020). Yeraltı suyunun kimyasal içeriği; Temas ettiği maddelerin fiziksel özelliklerine, bileşimlerine ve temas süresine bağlı olarak değişiklik gösterir. Suyun bu maddelerle temas süresi ne kadar uzun olursa, suda o kadar çok mineral madde çözünür (Sargın, 2010; Singh ve ark., 2015). Ayrıca akiferi oluşturan jeolojik yapının suda kolay çözünebilen mineraller içermesi, akiferin tuzlu su içeren yan oluşumlardan beslenmesi, yağmur suyunun veya akarsuların tuzlu toprakla veya akarsularla teması sonucu tuz içeriğinin artarak akifere girmesi veya Drenaj havzasındaki jeolojik oluşumlar, termal veya maden sularının tatlı su taşıyarak akifere girmesidir. Giriş veya gübreleme gibi sebeplerden dolayı da oluşabilmektedir (Apaydın, 2008). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde yeraltı suyunun kimyası daha hızlı değişir ve buna bağlı olarak sudaki tuzluluk miktarı da artar. Yukarıda sıralanan faktörlerin yanı sıra yerel özellikler, sulama miktarı, ortamın kuraklık koşulları gibi faktörler de bunu etkilemektedir. Ayrıca sulanan bazı arazilerde tuz oranının aşırı artması nedeniyle topraklar çoraklaşmakta ve tarım arazileri tarımsal üretime elverişsiz hale gelmektedir. Taban suyu seviyesinin yükselmesi ve tuzluluk artışı gibi nedenlerden dolayı tarımsal alanların niteliğinin bozulması sulamanın sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemekte ve ekonomik anlamda da ciddi kayıplara neden olmaktadır (Demir ve Kılıç, 2012)

Sonuç olarak Şanlıurfa ili örneğinde; Eyyübiye İlçesi Sayar İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Ayışığı İzleme Noktası, Harran İlçesi Varlıalan İzleme Noktasında tespit edilen yüksek iletkenlik değerlerinin tarım arazilerindeki sulama faaliyetleri ve ek olarak yeraltı jeolojik yapısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Eyyübiye, Akçakale ve Harran ilçelerinde kırsal noktalarda yoğun tarım faaliyetlerinin yıllardan beri süregeldiği ilaçlama gübreleme ve sulama faaliyetlerinin yapıldığı ve ayrıca bölgenin kurak iklime sahip olduğu göz önüne alınarak yeraltı su seviyesinin düşmesi ve ayrıca iklim koşulları neticesinde buharlaşma hızının yüksek olduğu baz alınarak bu üç noktada yüksek EC değerinin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. 2021 Yılı İlçeler Bazında iletkenlik Uygunluk Yüzdesi Dağılım Haritası

4.1.3. Amonyum (NH_4^+) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Toprakta bulunan bakteriler havadaki azotu amonyuma dönüştürerek toprağı azotla zenginleştirir. Daha sonra, toprakta başka tür bakteriler amonyumu nitrata dönüştürürler. Doğanın kendi nitrojeni ve nitrata modern tarımda yoktur. Bu nedenle bitkilerin, sağlıklı büyümeleri için hayvan dışkılarını (doğal gübreler) ve kimyasal olarak sağlanan azotlu bileşikler (yapay gübreler) toprağı verir. Bitkilerde bulunan azot da, bu bitkilerin ölmesi ve çürümesi ile tekrarlayan bu sürecin doğal bir parçası haline gelir. Yağmur suyu ve sulama suyu topraktaki azotlu maddeleri ayrı ayrı çözer, böylelikle azotlu maddeler suya karışır. Bu nedenle yeraltından yada yer üstünden alınan sular azotlu bileşikler bulundundur. Yönetmeliğe göre insani tüketim için uygun görülen amonyum limit değeri 0,5 mg/L dir. Su analizinde amonyum iyonlarının kanalizasyon veya hayvan atıklarından suya karışarak kirlenme olasılığı dikkate alınır. Bu ihtimali ortadan kaldırmak için NH_4^+ iyonu içeren suların bakteriyolojik açıdan incelenmesi gerekmektedir (Tarım Orman bakanlığı, 2019). (<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20EsasI%C4%B1%20Su%20Kalitesi.pdf>).

Hayvancılığın ve tarımın yoğunlaştığı bölgelerdeki kuyularda tehlikeli miktarlarda NH_4^+ iyonuyla karşılaşmak mümkündür. Bu çalışmada incelenen yeraltısuyu kaynaklarının Amonyum değeri 0 mg/L - 0.28 mg/L arasında belirlenmiş ve sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Amonyumun suda koku problemlerine

neden olmasının yanı sıra boğaz tahrişine, öksürüğe ve bronşların daralmasına neden olur (https://www.burkut.com.tr/upload/files/suda-amonyum-nitrit-nitrat-07-18_2020-10-07_13-37-50.pdf).

Amonyum değerinin yüksek olması hastalıkları beraberinde getirir. Şanlıurfa ili örneğinde, 3766 izleme noktasından alınan numunelerde amonyum değerlerinin literatürdeki sınır değerler dahilinde olduğu ortaya çıkmıştır.

Yüksek amonyum konsantrasyonlarında, iyon değiştirici işlemlerle amonyumun içme suyundan uzaklaştırılması veya başka bir su kaynağı kullanılması tavsiye edilir. Benzer çalışmalar kapsamında incelenen, Çınar (2003) tarafından yapılan 'Bigadiç Klinoptiloliti ile Sulardan Amonyum Giderimi ve Kalsiyumun Etkisi' çalışmasında, yer alan yüksek amonyum içeren suların amonyum giderim yolları incelendiğinde, iyon değiştiriciler yardımı ile arıtım göze çarpmaktadır. Çalışmada iyon değiştirici reçine olarak klinoptilolit kullanılmıştır ve kullanılan klinoptilolit, Balıkesir – Bigadiç ilçesindeki Etibank Bigadiç Bor İşletmeleri Tülü Açık Ocağından temin edilmiştir. İyon değişimi teorisine göre, sıvı faz konsantrasyonu arttıkça iyon değiştiricinin adsorplama kapasitesinin de artacağı beklenmektedir. Klinoptilolitin amonyuma karşı yüksek seçiciliği mevcuttur. (Allar, 2006)

Yapılan çalışmada düşük amonyum konsantrasyonlu sularda klinoptilolitin başarılı bir giderim sağladığı, ancak beklenildiği gibi düşük amonyum konsantrasyonu içeren suların amonyum tutma kapasitesinin de adsorpsiyon / iyon değişimi teorisine uygun olarak yüksek amonyum içeren atıksulara göre daha düşük değerler sergilediği görülmüştür. Düşük amonyum konsantrasyonlarının gideriminde Bigadiç klinoptiloliti yapılan çalışma ile önemli bir başarı göstermiştir ve bu yöntemin içme suyu kaynaklarında belirli dönemlerde meydana gelen amonyum artışlarında devreye geçirilebilecek ilave bir sistem olarak iyi bir başarı sağlanacağı düşünülmektedir. Klinoptilolitin amonyum giderimi ve su yumuşatma konusunda başarısının varolan sonuçlarla ortaya konulmuştur.

Şanlıurfa ili örneğinde her ne kadar amonyum parametresi limit değerler aralığında bulunsada, hayvancılığın yaygın olduğu kırsal yerleşim yerlerinde noktasal bazda kirleticilerin tespiti muhtemeldir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda Amonyum değeri en yüksek çıkan izleme noktaları çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 2021 Yılı Maksimum Amonyum Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları

İLÇE	İZLEME NOKTASI	AMONYUM (Max:0.5 mg/L)
Akçakale	Bolatlar	0.28
Eyyübiye	Gümüşören	0.26
Eyyübiye	Esentepe (Yukarı Yazıcı)	0.25
Siverek	Çubuklu	0.24
Eyyübiye	Çamurlu	0.24
Harran	Miyanlı	0.24
Viranşehir	Dikenli	0.24
Viranşehir	Başaran	0.24
Haliliye	Kanatlı	0.23
Haliliye	Deniz	0.23

Çizelge 4.8. 2021 Yılı İlçeler Bazında Amonyum Uygunsuzluk Yüzdesi

Analiz Türü:

Kontrol

Parametre:

Amonyum

Tarih Aralığı:

01.01.2021

31.12.2021

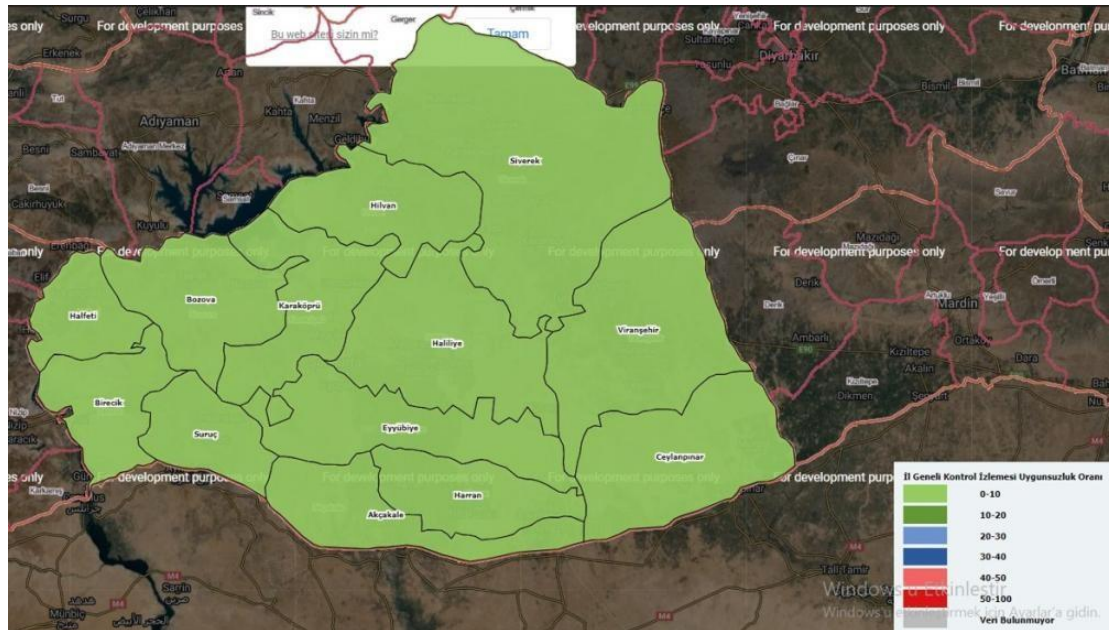
☐ Takip Numunesi mi?

Listele

Yerleşim	Uygun	Uygun Olmayan	Toplam	%
Akçakale	301	0	301	0
Birecik	82	0	82	0
Bozova	167	0	167	0
Ceylanpınar	183	0	183	0
Eyyübiye	610	0	610	0
Halfeti	80	0	80	0
Haliliye	647	0	647	0
Harran	262	0	262	0
Hilvan	159	0	159	0
Karaköprü	255	0	255	0
Siverek	418	0	418	0
Suruç	185	0	185	0
Viranşehir	418	0	418	0
	3767	0	3767	

Tematik Yap

(*3766 noktadan analiz yapılmış olup 1 adet tekrar analizi yapılmıştır.)



4.1.4. Nitrat (NO_3^-) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, maksimum Nitrat limit değerini 50 mg/L olarak belirlemiştir. Günümüzde Nitratlı gübrelerin kullanılması ve tarıma verilen destek nedeniyle sudaki nitrat miktarı yükselmektedir. Nitrat, özellikle nitrite dönüştüğünde insan sağlığına zarar vermeye başlar. Ayrıca kanserojendir. Nitratın yüksek miktarlarda insan vücuduna alınması mide kanserine sebebiyet verir. Amonyaka dönüşen nitrat, fazla miktarda olması halinde oksijensiz kalan canlının ölümüne yol açabilmektedir. Nitrat değerlerinin yüksek olduğu yerlerde; ishal enfeksiyonu, protein intoleransı ve ağır metal toksisitesi, mavi bebek sendromu ve yeni doğan ölümlerinin, diğer yerlere oranla daha fazla ortaya çıkacağı beklenmektedir.

Şanlıurfa ili örneğinde 1216 izleme noktasından alınan numuneler analiz edilmiş ve 190 su kaynağında nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Nitrat parametresi en yüksek olan 10 izleme noktası sonucu çizelge

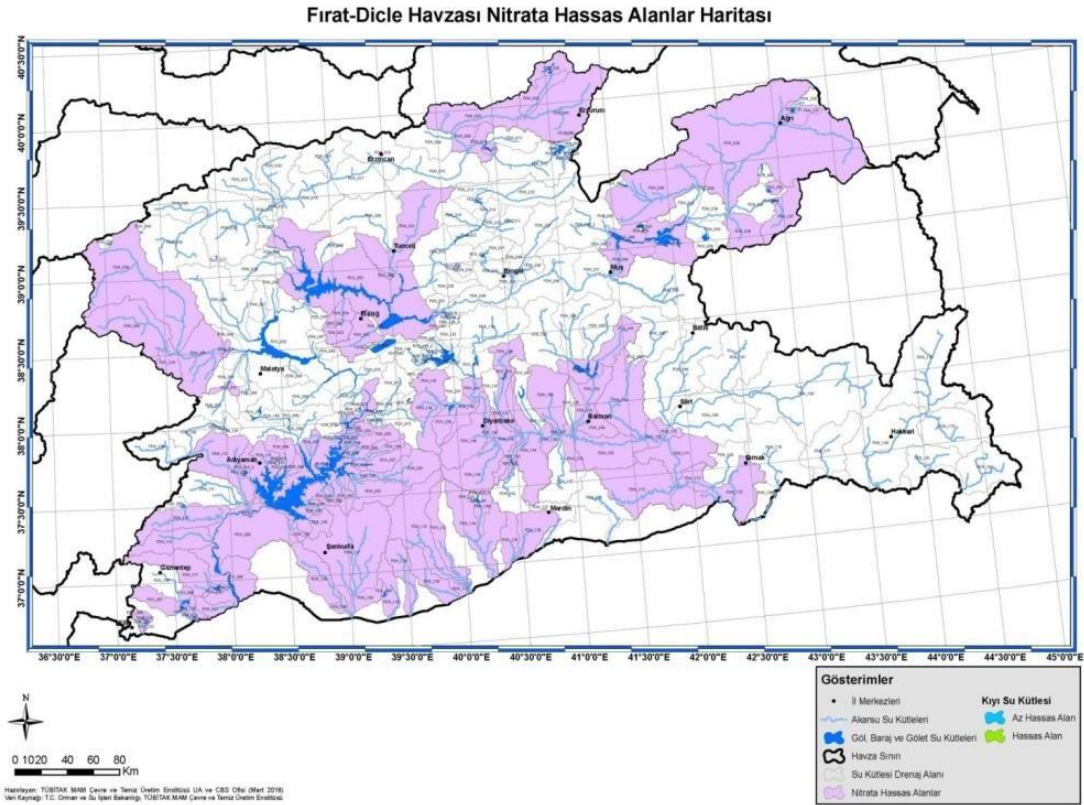
4.9' da gösterilmiştir. Söz konusu ilçelerde tarım faaliyetlerinde kullanılan zirai/kimyasal gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı ve ilçe kırsalında yürütülen küme halinde hayvancılık faaliyetleri nedeni ile yüksek nitrat sorunu yaşandığı görülmektedir.

Nitrat yeraltı sularında antropojenik kirliliğin özellikle tarımsal alanlarda gübreden kaynaklanan kirliliğin en önemli göstergesidir. Tarımsal alanlarda gübre kullanımı ve kırsal alanlarda foseptik çukurları yeraltı sularında nitrat kirliliğine neden olan en önemli kaynaklardır. (Karaoğlu ve ark., 2008) suni gübreler ve hayvan atıklarının yeraltı sularında en önemli nitrat kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Doğal şartlarda, sularda bulunan nitrat konsantrasyonu 10 mg/L'yi aşmamakta, 10 mg/L'den yüksek nitrat konsantrasyonu antropojenik kirlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Cushing ve ark., 1973).

Yüksek Nitrat içeriği olan yeraltı sularında, iyon değiştirici reçineler, membran filtrasyon ve absorpsiyon filtreleri ile Nitratın uzaklaştırılması ya da başka bir su kaynağının kullanılması tavsiye edilmektedir.

Nitrat kirliliğinin önüne geçmek için ilk olarak “Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği” 18.02.2004 (Revize, 23.07.2016) yayınlanmıştır. Daha sonra bu yönetmelikte geçen “Nitrata hassas bölgelerin

belirlenmesi” işlemi 23.12.2016 Tarihinde “Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi Ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yönetmelikte belirlenen nitrata hassas alanlar aşağıda verilen haritada (Şekil 4.4.) belirtilmiştir. Buna göre Şanlıurfa’nın yeraltı suyu kütlelerinin neredeyse tamamı Nitrata hassas bölgelerin içerisinde kalmaktadır.



Şekil 4.4. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Nitrata Hassas Alanlar Haritası

Hassas su kütleleri ile bu kütleleri etkileyen alanların belirlenmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi hakkındaki yönetmelikte belirlenen Nitrata hassas bölgeler için eylem ve tedbir planı olarak, Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliğinin 7. Maddesi’ne dayanılarak hazırlanan sulardaki Nitrat kirliliğinin önlenmesine yönelik “İyi Tarım Uygulamaları Kodu” Tebliğinde belirtilen hususların uygulanması mecbur tutulmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığı bu konu ile ilgili ayrıca TÜBİTAK MAM ile yapılan sözleşme gereğince 3 yıllık süre içinde (2019-2021) 25 nehir havzasında;

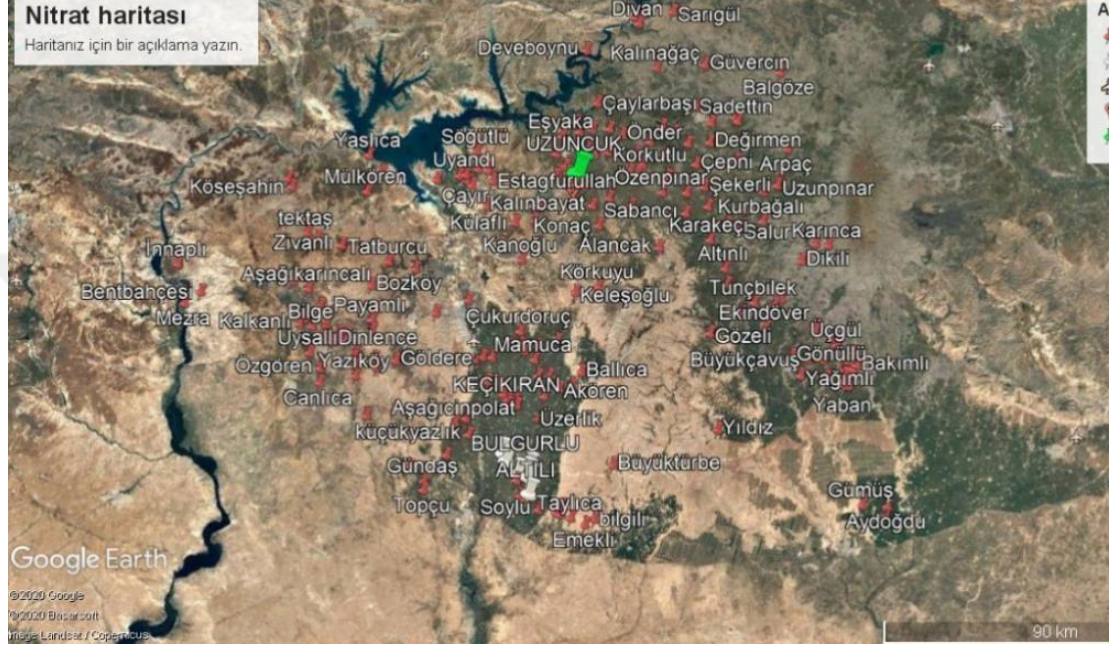
Nitrata Hassas Bölgelerin belirlenmesi,

Nitrata Hassas Bölgelerde uygulanacak Nitrat Eylem Planlarının

hazırlanması,

Eylem planlarının fayda/maliyet analizi yaptırılarak yayınlanacaktır.

Bakanlığın bu sözleşmesine göre Fırat-Dicle Havzası için raporlama tarihi Aralık-2021 olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Şanlıurfa Yeraltı Sularında Yüksek Nitrat Tespit Edilen Köylerin Haritası

Çizelge 4.9. 2021 Yılı Maksimum Nitrat Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları (190 parametreden en yüksek olan 10 adet nokta)

İLÇE	İZLEME NOKTASI	NİTRAT(Max:50 mg/L)
Suruç	Karamuk	560.03
Suruç	Yazıköy	279.41
Akçakale	Şor(Tuzluca)	248.64
Suruç	Külekli	247.1
Suruç	Kapıcı	221.94
Bozova	Binekli (Boz)	220.98
Bozova	Türkmenören	189.3

Suruç	Yukarıoylum	186.31
Akçakale	Ohalı	168.25
Karaköprü	Büyükalanlı	167.06

Çizelge 4.10. 2021 Yılı İlçeler Bazında Nitrat Uygunsuzluk Yüzdesi

Analiz Türü:

Denetim

Parametre:

Nitrat

Tarih Aralığı:

01.01.2021

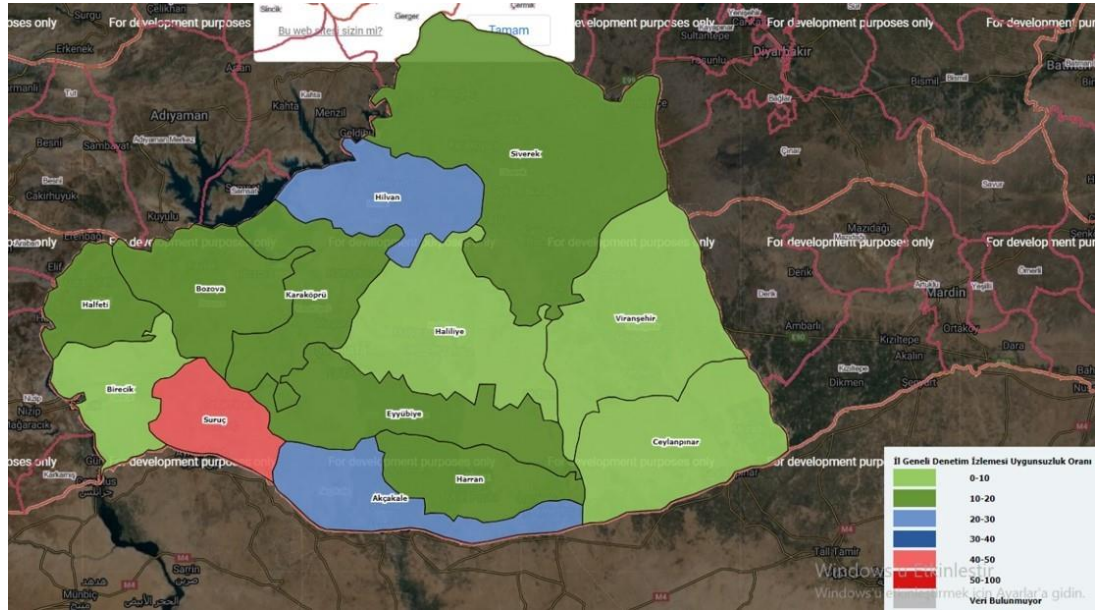
31.12.2021

☐ Takip Numunesi mi?

Listele

Yerleşim	Uygun	Uygun Olmayan	Toplam	%
Akçakale	83	31	114	27,19
Birecik	20	1	21	4,76
Bozova	49	10	59	16,95
Ceylanpınar	49	2	51	3,92
Eyyübiye	133	20	153	13,07
Halfeti	27	4	31	12,90
Haliliye	146	7	153	4,58
Harran	95	17	112	15,18
Hilvan	57	17	74	22,97
Karaköprü	40	9	49	18,37
Siverek	140	29	169	17,16
Suruç	44	30	74	40,54
Viranşehir	143	13	156	8,33
1026		190	1216	

Tematik Yap



Şekil 4.6. 2021 Yılı İlçeler Bazında Nitrat Uygunsuzluk Yüzdesi Dağılım Haritası

Şanlıurfa ili örneğinde yapılan analizlere göre sınır değerinin üzerinde tespit edilen yüksek Nitrat değerlerinin kaynağının tespiti adına, daha önce yapılan araştırmaların incelenmesi neticesinde Nitrat yüksekliği tespit edilen noktalarda bu duruma neden olan faktörler; tarımsal faaliyetler, gübre kullanımı, hayvancılık faaliyetleri ve atıksu karışımı olarak sıralanmıştır.

İbrikçi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2008), yeraltı sularından olan taban suyu, derinlerde bulunan kuyu suları ve kırsal alanlarda bulunan içme suyu ve kullanma suyunun kirlenmesinin nedeni olan tarımsal kirleticiler ile çok yakından ilgilidir. Bu kirleticilerin en büyük kaynaklarından birinin kimyasal azotlu gübreler olduğu ve bitkilerin gelişimi için azotlu gübrelere bitkilerin fazla miktarda ihtiyaç duyduğu ve dolayısıyla fazla miktarda kullanımın ise olumsuz etkileri oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Aynı doğrultuda su kaynaklarında nitrat kirliliğine yol açtığı bu sebeple Dünya Sağlık Örgütünün belirlenmiş olduğu nitrat içerik değerinin sınır değerinin altına çekmek istendiği vurgulanmıştır.

Yetiş ve ark., (2018) tarafından yapılan ‘Balıklıgöl Havzası Su Kaynaklarının Nitrat ve Nitrit Seviyelerinin Belirlenmesi’ çalışması; Su kaynaklarında nitrat ve nitrit kaynaklı bir kirlilik mevcut ise, öncelikli olarak o bölgede ve bölge civarında bulunan su kaynaklarını kirleteceği ve kirlenmiş suyu tüketen insanların sağlığının olumsuz etkileneceği göz önüne alınarak, Balıklıgöl Havza’sındaki bazı su kaynaklarında nitrat ve nitrit seviyelerinin araştırılması maksadıyla yapılmıştır. Elde edilen Nitrat ve Nitrit sonuçlarına ait alansal dağılım haritası oluşturulmuştur. Ayrıca

ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara tabi tutularak değerlendirilmiştir. Nitrit ve Nitrat konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri tarım ve hayvancılık faaliyetlerine bağlı olarak az miktarda değişim göstermiş, fakat bir noktada nitrit ve nitrat konsantrasyonlarının diğer noktalara göre daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Bu noktada Nitrit ve Nitrat miktarlarının artış göstermesi organik kirlenmenin olduğunu, oksijen miktarının azlığının ve evsel atık su sızıntılarının olduğunu ortaya koymuştur.

Altundağ (2023) tarafından yapılan ‘Harran Ovası Tabansuyu Nitrat (NO₃) Kirlilik Oranlarının Ve Kaynaklarının Belirlenmesi İle Yersel Dağılımının Haritalanması’ isimli çalışma; Harran Ovasında yaklaşık 35.000 hektarlık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında bulunan taban suyu gözlem kuyularındaki kirliliğin ortaya çıkarılması ve oadaki nitrat kirlilik düzeylerinin yersel dağılımının, temel istatistiksel ve jeostatistiksel olarak belirlenmesi ve haritalanması ile alanda nitrate hassas bölgelerin belirlenmesi ve ona uygun yönetim stratejilerinin önerilmesi amaçlanmıştır. Ovada sulamanın başlamasıyla birlikte aşırı olarak gerçekleşen tarımsal faaliyetler, aşırı ve kontrol dışı vahşi sulama, drenaj sistemlerinin yeterli olmaması ve aynı zamanda evsel atıkların ve diğer atıkların ova drenaj havzasında kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılmasıyla, çevresel sorunların meydana geldiği vurgulanmıştır. Bu çevresel sorunların başında ise yeraltı sularının kirlenmesi gelmektedir. Yeraltı sularında yaygın bulunan potansiyel kirleticilerden biri olan nitrat incelenmiş ve çoğunlukla doğal su ortamlarında makul değerlerde bulunmasına rağmen gerek atık suların deşarjı ile gerekse gübre kullanımına bağlı olarak yeraltı sularında yüksek değerlere (> 50 mg/L) ulaşabileceği vurgulanmıştır.

Bu çalışma neticesinde ise; Şanlıurfa İlindeki tüm ilçelerde Nitrat uygunsuzluğuna rastlanmış olup, maksimum Nitrat değeri ve maksimum yeraltı su kaynağı sayısı baz alınarak, Nitrat uygunsuz olan yerleşim yerlerinde tarım faaliyetlerinin yapıldığı, buna bağlı olarak gübreleme ve ilaçlama faaliyetlerinin sıklıkla gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Ayrıca hayvancılığın devam etmekte olduğu kırsal noktalarda toprak içeriğindeki kirleticilerinde tarım, sondaj vb çalışmalarla yeraltı suyuna karıştığı ve kirletici parametrelerin akifere karışmış olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle Suruç, Hilvan, Akçakale ve Harran İlçelerinde tarım faaliyetlerine bağlı olarak sulama ve gübre kullanımı neticesinde yüksek değerlere sahip olan Nitrat konsantrasyonları, ilçenin içme suyu ihtiyacını karşılayan yeraltı sularındaki tehlikeyi gözler önüne sermektedir. Gelecekte içme suyu ihtiyacı için farklı kaynaklara yönelmenin elzem olduğu bu ilçelerde Grup Suyu projelerinin hayata geçirilmesi planlanmalıdır.

Nitrat parametresi yeraltısularında önemli kirleticilerden olup, arıtım yöntemleri araştırılmıştır. Bu kapsamda Uçar ve ark., (2019) tarafından yapılan ‘Yeraltı sularından biyolojik nitrat giderimde kullanılan reaktör tipleri’ çalışmasında, biyolojik yöntemlerin, konsantre oluşturmaması, pahalı katalizörlere ihtiyaç duymaması ve hızlı reaksiyon kinetikleri gibi nedenlerden dolayı tercih edildiği vurgulanmış ve biyolojik yöntemlerde bir elektron verici varlığında nitratin indirgenmesi gerçekleştiği, elektron kaynağının organik ya da inorganik olmasına göre sürecin ototrofik ya da heterotrofik olarak isimlendirildiği açıklanmıştır. Her iki prosesin tek başlarına kullanılmaları durumunda dezavantajları olduğu, birlikte kullanıldıkları durumlarda bu dezavantajların minimize edildiği ve daha etkin nitrat giderimi sağlanabildiği değerlendirilmiştir. Biyolojik yöntemlerin kullanıldığı tekli ve çoklu reaktör sistemleri ve avantaj - dezavantajları araştırılmıştır. Nitratin sudan ayrıldığı sistemler ve nitratin nihai olarak giderildiği sistemler olarak incelenmiştir. Ayrım sistemleri adsorpsiyon, iyon değişimi ya da membran uygulamaları olarak ayrılmakta, giderim sistemleri kimyasal, elektrokimyasal ve biyolojik indirgeme olarak sıralanmaktadır. Şanlıurfa örneğinde nitrat yüksekliği tespit edilen noktalarda uygun giderim yöntemleri arasında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca çalışma kapsamında, şehrin su ihtiyacı ve tatlı su kaynaklarının yetersizliği göz önüne alınarak, hem maddi giderler hem de gelecekte ihtiyaç duyulan tatlı su kaynakları düşünülerek herhangi bir kirletici parametrenin arıtım ve giderim yollarının uygulanmasından ziyade kaynakların kirletici unsurlardan korunarak gerekli tedbir ve önlemlerin alınması, tarım, hayvancılık, gübre kullanımı ve vahşi sulama gibi faaliyetlerin kontrollü olarak yapılması ve denetlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu hususta çeşitli mevzuat ve yönetmelikler bulunmakla beraber, halkın bilinçlendirilmesi, yerel yönetimlerin de süreçlerde aktif olarak var olması gerekmektedir. Ülke genelinde ‘Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik’, ‘Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik’ ve ‘İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik’ gibi yaptırımların varlığı, su kaynaklarının korunması, izlenmesi ve gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde aktarılması adına uygulanması gereken rehberler niteliğindedir.

Yılmaz (2021) tarafından yapılan ‘Türkiye’de Yeraltı Suları Yönetiminin Yasal Ve Kurumsal Açısından İncelenmesi’ çalışmasında; Türkiye’de yıllık

kullanılabilir yüzey suyu 94 milyar m³ ve yıllık kullanılabilir yeraltı suyu miktarı da 18 milyar m³ olduğu ve ülkemizde 2020 itibarıyla kişi başına yıllık 1346 m³ kullanılabilir su miktarı varlığı tespit edilmiştir. Su varlığına göre sınıflandırma yapıldığında Türkiye'nin su azlığı çeken ülke konumunda olduğu (DSİ, 2020) dolayısıyla ilerleyen yıllarda su fakiri olan ülkeler sınıfında yer almamak için, güçlü su yönetimi politikaları izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

4.1.5. Florür (F⁻) Parametresinin Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Florür parametresinin maksimum değeri 1.5 mg/L'dir. Bu çalışmada 5 yeraltı su kaynağındaki konsantrasyonun 1.5 mg/L'yi aştığı belirlenmiştir. İnsan vücuduna minimum miktarda (eser miktarda) alınan florürün kemik, diş ve iskelet sağlığına faydaları bulunurken; Yüksek değerlerde diş, kemik, beyin, iskelet ve hafıza gibi bazı organlarda kalıcı hasarlara yol açtığı, ayrıca iskelet sistemlerinde florozis denilen hastalığa neden olduğu tespit edilmiştir. (Dissanayake, 1991).

Florürün yüksek olduğu noktalarda, yeraltı yapısının volkanik kayalardan ve termal kaynaklardan oluşması doğal florür miktarının artmasına neden olmakta ve Şanlıurfa'da 1216 izleme noktasından alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre sınır değerlerin üzerinde olduğu noktalar tespit edilmiştir. Hilvan İlçesi Uzuncuk Gözlem Noktası, Karaköprü İlçesi Sarım ve Otlukalan Gözlem Noktası, Akçakale İlçesi Dereli Gözlem Noktası ve Suruç İlçesi Pehlivanekmesi Gözlem Noktası kabul edilebilir limit değerinin üzerinde florür içeren noktalar olarak tespit edilmiş olup, bu noktalarda iyon değiştiriciler ile florür uzaklaştırılması veya farklı bir su kaynağı kullanılması tavsiye edilmektedir. Su ve atıksulardan florür giderim teknikleri; koagülasyon, adsorpsiyon, iyon değiştirici, elektrokimyasal ve membran prosesler olarak gruplandırılmaktadır. Koagülasyon suya çeşitli organik veya inorganik kimyasallar ekleyerek (koagülan) kolloid parçacıkların durağan hallerinin bozulması ve sonuçta tek başına çökmeyen bu parçacıkların bir araya gelerek kolayca çökebilen kümeler haline dönüşmesi uygulamasıdır. Koagülasyon prosesi ile florür giderimi kalsiyum ve magnezyum tuzları, poli alüminyum klorür, alüminyum ve alum, esasına dayanmaktadır. Yüksek florür içeren izleme noktaları çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. 2021 Yılı Maksimum Florür Değerine Sahip Yeraltı Suyu Noktaları

İLÇE	İZLEME NOKTASI	FLORÜR (Max: 1.5 mg/L)

Hilvan	Uzuncuk	2.9
Karaköprü	Sarım	2.63
Karaköprü	Otlukalan	2.43
Akçakale	Derehı(Akdiken)	1.86
Suruç	Pehlivankesmesi	1.84
Akçakale	Çukurca	1.38
Karaköprü	Akıncı(Mrk)	1.36
Haliliye	Yazgülü	1.35
Akçakale	Akyıldız	1.27
Bozova	Gerdek	1.26

Çizelge 4.12. 2021 Yılı İlçeler Bazında Florür Uygunsuzluk Yüzdesi

Analiz Türü:

Denetim

Parametre:

Florür

Tarih Aralığı:

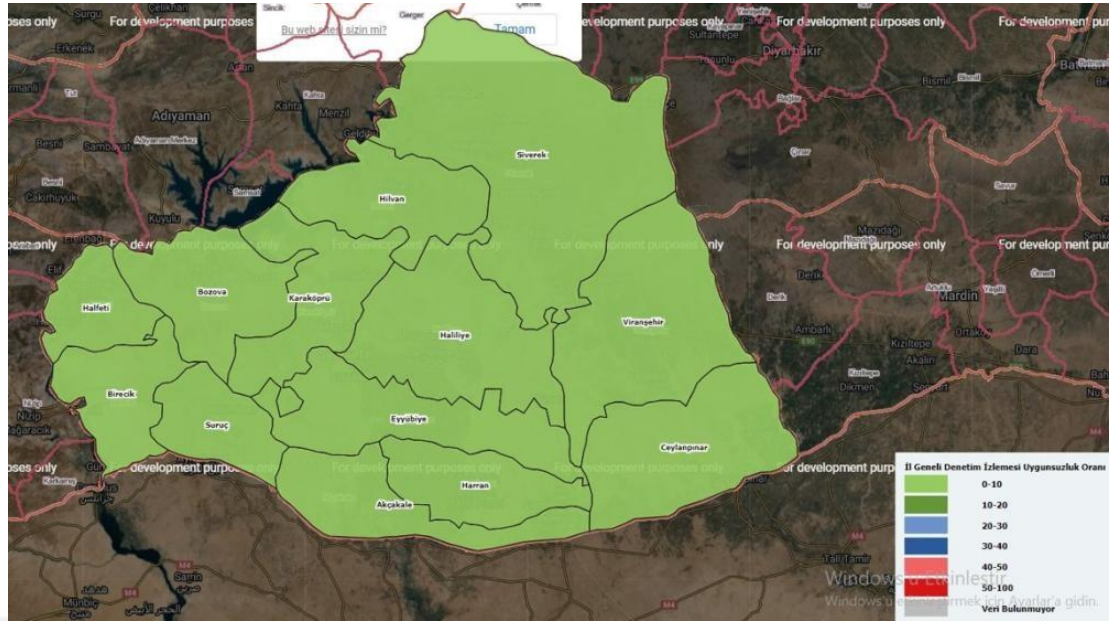
01.01.2021

31.12.2021

☐ Takip Numunesi mi?

Listele

Yerleşim	Uygun	Uygun Olmayan	Toplam	%
Akçakale	113	1	114	0,88
Birecik	21	0	21	0
Bozova	59	0	59	0
Ceylanpınar	51	0	51	0
Eyyübiye	153	0	153	0
Halfeti	31	0	31	0
Haliliye	153	0	153	0
Harran	112	0	112	0
Hilvan	73	1	74	1,35
Karaköprü	47	2	49	4,08
Siverek	169	0	169	0
Suruç	73	1	74	1,35
Viranşehir	156	0	156	0
1211		5	1216	



Şekil 4.7. 2021 Yılı İlçeler Bazında Florür Uygunsuzluk Yüzdesi Dağılım Haritası

Yetiş ve ark., (2018) ‘Karstik Bir Bölgede Yeraltı Suyunda Tespit Edilen Klorür ve Florür Değerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi: Balıklıgöl Havzası Örneği, Şanlıurfa’ çalışması örneğinde Balıklıgöl Havzasının karstik bir yapıya sahip olduğu ve yeraltı suları, içme ve sulama suyu olarak kullanılmakta olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, Nisan 2014- Ocak 2015 tarihleri arasında havzanın yeraltı sularını temsil eden 8 farklı kuyu ve kaynak noktasından bir yıllık süre ile mevsimlik olarak örnekler alınıp klorür ve florür değerleri ölçülmüştür. Yapılan çalışmalarda florürün minimum değeri yaz mevsiminde Ayzeliha noktasında 0.05 mg/L, maksimum değeri ise kış mevsiminde aynı noktada 1.08 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış döneminde yapılan ölçümlerde florür parametresinin bütün kaynaklarda yüksek olması; kış mevsiminde fazla miktarda yağın yağmur suları yeraltına sızarken, kayalarda bulunan florürü çözmesi, aynı zamanda sıcaklık ve asidite gibi parametrelerin etkisiyle olduğu ifade edilmiştir.

Atasoy ve ark., (2016) tarafından yapılan ‘Yeraltı Sularındaki Florür Ve İnsan Sağlığına Etkileri’ isimli çalışmada ise; izin verilen seviyelerin üzerindeki florür içerikleri insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı, Anadolu'nun bazı bölgelerinde de yüksek florürlü su tüketiminden kaynaklanan endemik florozis gözlemlendiği vurgulanmıştır. Yeraltı sularında florür konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde volkanik oluşumlara rastlandığı ifade edilen çalışmada ilköğrencilerinde yaygın olarak florozis vakalarının tespit edildiği edildiği ve bu durumun kuyu sularındaki yüksek florür değerleriyle ilişkili olduğu bulunmuştur. Şanlıurfa'nın Sarım ve Karataş köylerindeki kuyulardan alınan su numunelerinde

yüksek florür tespit edilmiştir.

Şanlıurfa’da, izleme noktalarından alınan numunelerin analiz sonucuna göre, Florür parametresinin sınır değerlerin üzerinde olduğu noktalar; Hilvan İlçesi Uzuncuk İzleme Noktası, Karaköprü İlçesi Sarım ve Otlukalan İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Dereli İzleme Noktası ve Suruç İlçesi Pehlivankesmesi İzleme Noktasıdır. Diğer çalışmalardaki bulgular göz önüne alınarak; Hilvan, Karaköprü, Akçakale ve Suruç İlçelerinin jeolojik yapısı dikkate alınırsa yüksek florür içeren yeraltısuyunun volkanik oluşumların varlığı ve yeraltı kayaç yapılarındaki florür muhtevası ile ilişkili olduğu düşünülebilir.



5. TARTIŞMA

5.1. Şanlıurfa İli İlçelerinin Yeraltı Su Kalitesinin Yıllar Bazında Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında, Şanlıurfa ili ilçelerinde bulunan yeraltı su kaynaklarından 2021 yılında alınan su numunelerinin pH, iletkenlik, Amonyum (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-) ve Florür (F^-) parametrelerinin analizleri yapılarak, ilçeler bazında Şanlıurfa'nın yeraltı su kalitesi değerlendirilmiştir.

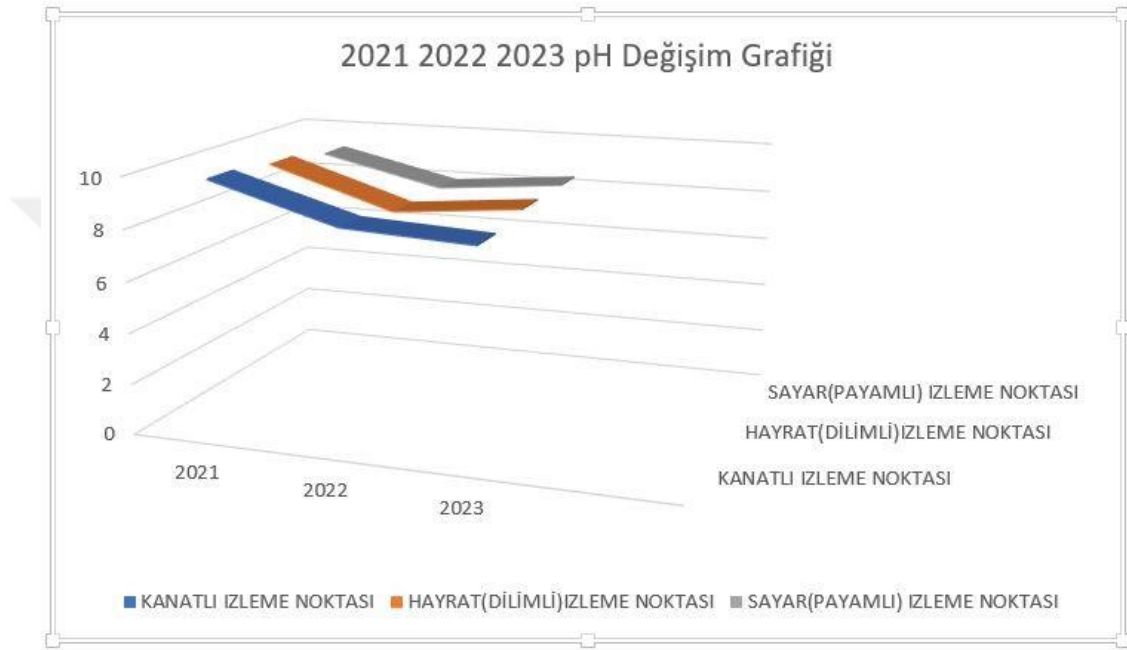
Ayrıca, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında, yine Şanlıurfa ili ilçelerine ait yeraltı su kaynaklarında, aynı parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiş ve yıllara göre su kalite değişimleri değerlendirilmiştir. Limit değerleri sağlamayan yeraltı su kaynakları içme ve kullanma suyu olarak kullanılmamakta olup, su kalite takibi amacı ile analizler gerçekleştirilmiştir.

2021 yılında yapılan analizler neticesinde pH parametresi sonuçlarına göre limit değerlerin üzerinde ve limit değerlere yakın olan üç yerleşim yerinde 2022 ve 2023 yıllarında tekrar edilen analizler neticesinde 2022 yılında pH parametresinin 2021 yılına nispeten düşüş gösterdiği ve fakat 2023 yılında bu noktaların ikisinde yükselme trendinde olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 5.1.). 2021, 2022 ve 2023 yılları için pH değişim grafiği Şekil 5.1.'de sunulmuştur. Bu değişimlerin bölgede yapılan hayvancılık faaliyetlerinin yıllar içerisinde, şehirde varlığını sürdüren besi organize sanayinin etkisi ile azalması ve tarımda yapılan sulama faaliyetleri doğrultusunda yeraltı su seviyesinin daha fazla beslenmesine bağlı olarak seyrelmesi ile ifade etmek mümkündür.

Çizelge 5.1. Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında pH Parametresinin Yıllara Göre Değişimi

pH (Min:6.5 Max:9.5)				
İlçe	İzleme Noktası	2021	2022	2023
Eyyübiye	KANATLI IZLEME NOKTASI	9.79	8.34	8.08
Eyyübiye	HAYRAT(Dİ	9.50	7,92	8.38

	LİMLİ) İZLEME NOKTASI			
Eyyübiye	SAYAR(PAY AMLİ) İZLEME NOKTASI	9.11	7.95	8.39



Şekil 5.1. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için pH Değişimi

2021 yılında yapılan analizler neticesinde iletkenlik parametresi sonuçlarına göre limit değerlerin üzerinde ve limit değerlere yakın olan üç yerleşim yerinde 2022 ve 2023 yıllarında tekrar edilen analizler neticesinde 2022 yılında iletkenlik parametresinin 2021 yılına nispeten düşüş gösterdiği ve fakat 2023 yılında bu noktaların ikisinde yükselme trendinde olduğu ve diğer noktada ise tekrar arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 5.2.). Akçakale ve Eyyübiye İlçelerinde bulunan izleme noktalarında kısmen düşüş gözlemlenirken, Harran İlçesinde bulunan izleme noktasında ise artış yaşanmıştır (Şekil 5.2.). iletkenlik parametresinin artış gösterdiği Harran İlçesinde diğer ilçelere nispeten tarım faaliyetlerinin fazla olduğu ve GAP Sulama Projesi ile ilçede yapılan kontrolsüz ve vahşi sulama ile tuzluluğun artış gösterdiği, böylece iletkenlik değerinin Harran ilçesinde diğer ilçelere kıyasla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.2. Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında İletkenlik Parametresinin Yıllara Göre Değişimi

İLETKENLİK (Max:2500 μ S/cm)				
İlçe	İzleme Noktası	2021	2022	2023
Eyyübiye	SAYAR(PAY AMLI) IZLEME NOKTASI	9230	351	337
Akçakale	AYIŞIĞI IZLEME NOKTASI	5280	633	414
Harran	VARLIALAN IZLEME NOKTASI	2600	1543	1915



Şekil 5.2. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için İletkenlik Değişimi

Amonyum parametresi Şanlıurfa İli ilçelerinde bulunan yeraltı su kaynakları için risk teşkil etmemektedir. 2021, 2022 ve 2023 yılları için amonyum değişim grafiği şekil 5.3'te sunulmuştur. Ayrıca yıllar içerisinde azalma trendinde olduğu

gözlemlenmiştir (Çizelge 5.3.).

Çizelge 5.3. Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Amonyum Parametresinin Yıllara Göre Değişimi

AMONYUM (Max:0.5 mg/L)				
İlçe	İzleme Noktası	2021	2022	2023
Akçakale	BOLATLAR IZLEME NOKTASI	0.28	0.04	0.02
Eyyübiye	GÜMÜŞÖREN IZLEME NOKTASI	0.26	0.01	0.01
Eyyübiye	ESENTEPE (YUKARI YAZICI) IZLEME NOKTASI	0.25	0.01	0.01



Şekil 5.3. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için Amonyum Değişimi

Nitrat parametresinin 2021 yılı ölçümlerinde limit değerlerin üzerinde olan 190 adet izleme noktası bulunmakla birlikte, 2021 yılında Nitrat değerinin maksimum olduğu on adet izleme noktasında 2022 ve 2023 yıllarında da ölçüm yapılarak kirlilik takibi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.4.). 2021, 2022 ve 2023 yılları için Nitrat değişim grafikleri Şekil 5.4. ve 5.5.'te sunulmuştur. Tüm bu veriler göz önüne alınarak, ilde var olan en büyük yeraltı su kaynağı kirlilik parametresinin nitrat olduğu ve tarım faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştiği yerleşim yerlerinde, gübre, ilaçlama vb kimyevi bileşenlerin toprağa, dolayısıyla ile yeraltı su kaynağına karışarak kirliletti parametrelerin yeraltı su kaynaklarına sızdığı düşünülebilir

Çizelge 5.4. Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Nitrat Parametresinin Yıllara Göre Değişimi

NİTRAT (Max:50 mg/L)				
İlçe	İzleme Noktası	2021	2022	2023
Suruç	KARAMUK SU ŞEBEKESİ	560.03	131.82	96.04
Suruç	YAZIKÖY SU ŞEBEKESİ	279.41	524.43	459.76
Akçakale	ŞOR(TUZLUCA) SU SEBEKESİ	248.64	117.04	123.48
Suruç	KÜLEKLİ SU ŞEBEKESİ	247.1	33.33	53.26
Suruç	KAPICI SU ŞEBEKESİ	221.94	133.43	113.16
Bozova	BİNEKLİ (BOZ) SU ŞEBEKESİ	220.98	38.94	23.43
Bozova	TÜRKMENÖREN SU ŞEBEKESİ	210.48	-	19.92
Suruç	YUKARIOYLUM SU ŞEBEKESİ	186.31	73.28	28.32
Akçakale	OHALI SU ŞEBEKESİ	168.25	74.05	150.19
Karaköprü	BÜYÜKALANLI SU ŞEBEKESİ	167.06	81.34	90.38

*Türkmenören izleme noktasında 2022 yılında analiz yapılmamıştır.



Şekil 5.4. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için Nitrat Değişimi (1)



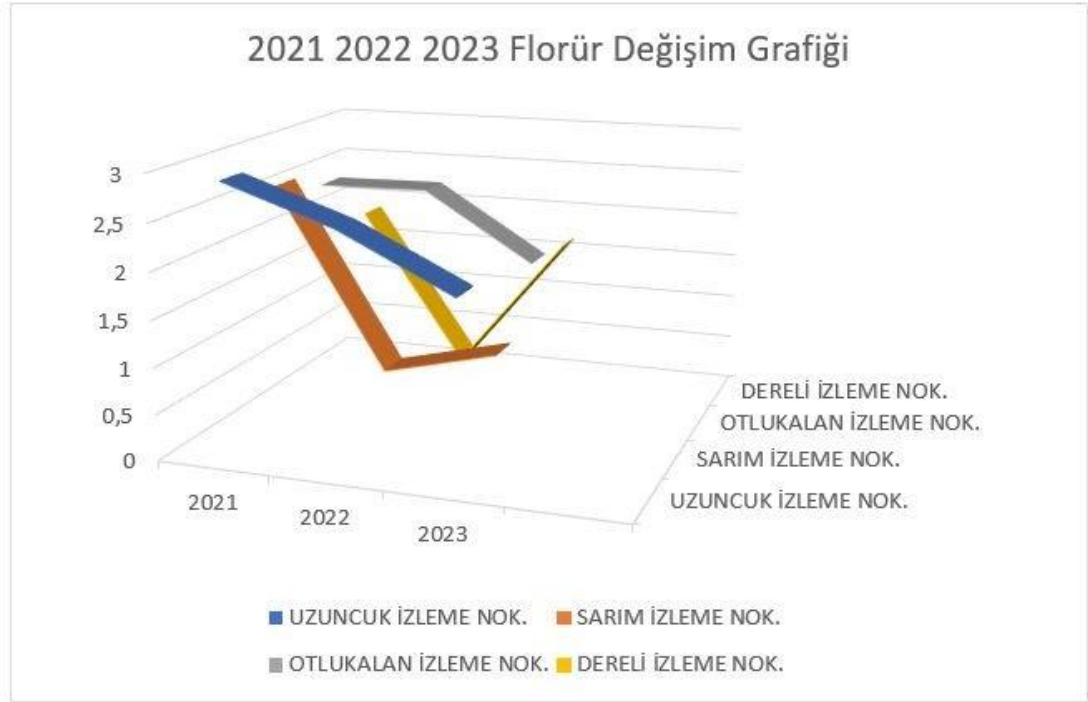
Şekil 5.5. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için Nitrat Değişimi (2)

Florür genelde doğal sularda düşük miktarlarda bulunur. Volkanik kayalar ve termal kaynaklar doğal sularda florür konsantrasyonunun yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca florür konsantrasyonları akiferlerin jeolojik, fiziksel ve

kimyasal özelliklerine, bölge toprağının porozite, asidite, sıcaklık, kuyu derinliği ve diğer kimyasal elementlerin hidrolojik çevrimdeki hareketine bağlıdır. 2021 yılında yapılan analizler neticesinde Florür parametresi sonuçlarına göre dört yerleşim yerinde limit değerlerin üzerinde ve limit değerlere yakın florür tespit edilmiştir. 2021, 2022 ve 2023 yılları için Florür değişimi Şekil 5.6'da sunulmuştur. 2022 ve 2023 yıllarında tekrar edilen analizler neticesinde 2022 ve 2023 yılında Florür parametresinin 2021 yılına nispeten düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 5.5.). Bu değişimlerin bölgede yapılan tarıma bağlı olarak, sulama faaliyetleri doğrultusunda yeraltı su seviyesinin daha fazla beslenmesi ve değerlerin seyrelmesi ile ifade etmek mümkündür.

Çizelge 5.5. Şanlıurfa İlçeleri Yeraltı Su Kaynaklarında Florür Parametresinin Yıllara Göre Değişimi

FLORÜR (Max:1.5 mg/L)				
İlçe	İzleme Noktası	2021	2022	2023
Hilvan	UZUNCUK IZLEME NOKTASI	2.9	2.5	1.92
Karaköprü	SARIM IZLEME NOKTASI	2.63	0.7	1
Karaköprü	OTLUKALAN IZLEME NOKTASI	2.43	2.45	1.71
Akçakale	DERELI(AKDIKEN) IZLEME NOKTASI	1.86	0.14	1.64



Şekil 5.6. 2021, 2022 ve 2023 Yılları için Florür Değişimi

6. SONUÇLAR

2021 yılında Şanlıurfa ili ilçelerindeki yeraltı su kaynaklarından alınan numunelerde, beş adet (pH, iletkenlik, amonyum, nitrat ve florür) kalite parametresinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her ilçenin 2021, 2022 ve 2023 yıllarında pH, iletkenlik, amonyum, nitrat ve florür değerleri bakımından sayısal olarak yıllar bazındaki değişimi incelenmiştir.

Yerel yönetimler ve denetleyici kurumların; kanunlar, yönetmelikler ve söz konusu sınırlayıcı standartlar çerçevesinde belirlenen limit değerler aralığında bulunmayan yeraltı su kaynaklarında ivedi olarak; arıtım yollarının değerlendirildiği, arıtımın mümkün olmadığı kaynakların kullanımının durdurulduğu görülmüştür. Söz konusu yerleşim yerlerinde, içme suyu arıtma tesislerinin projelendirilerek hayata geçirildiği veya mümkün olan farklı yeraltı su kaynaklarının halkın kullanımına sunulduğu, böylelikle kesintisiz ve sağlıklı su tedarikinin devamlılığının sağlandığı görülmüştür. Çalışma kapsamında 2021 yılında yapılan analizlerde söz konusu beş parametre için, limit değerler aralığında bulunmayan izleme noktalarının kullanımının durdurularak alternatif su kaynakları içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2022 ve 2023 yılında aynı izleme noktalarından alınan numuneler ile yapılan çalışmalar ile kirletici parametrelerin yıllar bazında izlenmesi gerçekleştirilmiş, artan veya azalan kirletici parametre konsantrasyonlarının sebep sonuç ilişkisi içerisinde değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde 3766 noktada pH analizi yapılmıştır. pH değeri yüksek ve bazik özellikte olan yeraltı suyu izleme noktaları; Eyyübiye İlçesi Kanatlı İzleme Noktası, Eyyübiye İlçesi Payamlı İzleme Noktası ve Eyyübiye İlçesi Hayrat İzleme Noktasıdır. Bazik olan bu yeraltı sularında Eyyübiye İlçesinin kırsal kesimlerindeki hayvancılık ve tarım faaliyetlerinin yapıldığı dikkate alındığında amonyağın suda çözünmesi ve yeraltı suyuna OH⁻ iyonu salınımı ile noktasal pH artışının yaşandığı düşünülmektedir. Alkali özelliğe sahip bu yeraltı sularını tüketen yerleşim yerlerinde; deride, gözde ve mukus zarında tahriş, hassas kişilerde ise gastrointestinal tahrişine neden olabileceği öngörülmektedir. Çalışmada yapılan analizlere göre asidik özelliğe sahip yeraltı suyu bulunmamaktadır. Sınır değerlerinin dışında kalan pH değerleri için sulara pH nötrleyici (dengeleyici) kimyasalların kullanılması veya farklı bir su kaynağının kullanılması tavsiye edilmektedir.

Şanlıurfa ilinde yeraltı suyu kalite parametrelerinin ilçeler bazında değerlendirilmesi çalışması çerçevesinde 3766 noktada iletkenlik parametresi analizi

yapılmıştır. Yüksek iletkenlik değerleri; Eyyübiye İlçesi Sayar İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Ayışığı İzleme Noktası, Harran İlçesi Varlıalan İzleme Noktasında belirlenmiştir. Suyun iletkenliğinin yüksek olması insan sağlığını doğrudan etkilemese de bu üç yerde tüketilen suyun tadının kötü ve içilmesinin zor olduğu bilinmektedir. Yüksek iletkenlik nedeniyle suda sertlik yaşanırsa borularda kabuk oluşumu gözlenebilir.

Şanlıurfa ilinde yeraltı suyu kalite parametrelerinin ilçeler bazında değerlendirilmesi çalışması çerçevesinde 3766 noktada Amonyum parametresi analizi yapılmıştır. Şanlıurfa örneğinde, yapılan analizlerin amonyum değerleri literatürdeki sınır değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Amonyum yüksekliği yaşanması durumunda ise tat ve koku problemlerinin meydana gelmesi ve yanısıra burun ve boğazda tahrişe, öksürüğe ve bronşların daralmasına neden olması söz konusudur. Amonyum değerinin yüksek olması potansiyel hastalık yapıcıdır. Yüksek amonyum konsantrasyonlarında iyon değiştirici işlemlerle amonyumun içme suyundan uzaklaştırılması veya başka bir su kaynağı kullanılması tavsiye edilir.

Şanlıurfa ilinde yeraltı suyu kalite parametrelerinin ilçeler bazında değerlendirilmesi çalışması çerçevesinde 1216 noktada Nitrat parametresi analizi yapılmıştır. Şanlıurfa'da, 190 yeraltı suyu kaynağında nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Tarım faaliyetlerinde kullanılan aşırı ve kontrolsüz zirai/kimyasal gübreler ve ilçenin kırsal kesimlerinde kümelenmiş hayvancılık faaliyetleri nedeniyle yüksek nitrat değerleri görülmüştür. Nitrat kanserojen bir maddedir ve aşırı miktarlarda alınırca, mide kanserine sebebiyet vermektedir. Nitrat değerleri yüksek olan 190 izleme aralığında, protein intoleransı, ishal enfeksiyonu ve ağır metal zehirlenmesi, mavi bebek sendromu ve yeni doğan ölümlerinin, diğer ilçelere kıyasla daha fazla ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Nitrat içeriği yüksek olan yeraltı sularında membran filtrasyon veya iyon değiştirici reçineler ile nitrat giderimi yapılması veya başka bir su kaynağı kullanılması tavsiye edilmektedir.

Şanlıurfa ilinde yeraltı suyu kalite parametrelerinin ilçeler bazında değerlendirilmesi çalışması çerçevesinde 1216 noktada Florür parametresi analizi yapılmıştır. Şanlıurfa örneğinde numunelerin analiz edildiği sınır değerlerin üzerinde yüksek Florür değerleri tespit edilen noktalar; Hilvan İlçesi Uzuncuk İzleme Noktası, Karaköprü İlçesi Sarım ve Otlukalan İzleme Noktası, Akçakale İlçesi Dereli İzleme Noktası ve Suruç İlçesi Pehlivankeşmesi İzleme Noktasıdır. Florürün yüksek olduğu noktalarda yeraltı yapısının volkanik kayalar ve termal kaynaklardan oluştuğu ve

yeraltı sularında florür konsantrasyonunun artmasına neden olduğu ve maruz kalan kişilerin uzun dönemde diş ve kemik sorunları yaşayabileceği öngörülmektedir. Bu noktalarda iyon değiştiricilerle giderim yapılması veya değişik bir su kaynağına geçilmesi tavsiye edilmektedir.



7. ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Şanlıurfa iline ait yeraltı su kaynakları incelenerek kirlilik parametrelerinin, limit değerler aralığında olmadığı yeraltı suyu kaynak noktalarında arıtım yollarının hayata geçirilmesi gerektiği, arıtımın mümkün olmadığı kirleticiler için ise, bu kaynakların kullanımının durdurularak farklı su kaynaklarının değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ayrıca yeraltı su kaynaklarının kirlenmesini önlemek ve kirlenen suların yeniden kullanılabilir hale getirilmesini sağlamak adına, çeşitli stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Öncelikle, tarımda sürdürülebilir uygulamalar benimsenmeli, kimyasal gübre ve pestisit kullanımı azaltılarak organik tarım yöntemleri teşvik edilmelidir. Tarım arazilerinde yapılan sulama uygulamaları kontroller edilerek, vahşi sulamanın önüne geçilmelidir. Sanayi tesislerinde, atık su arıtma sistemleri zorunlu hale getirilmeli ve tehlikeli kimyasalların kullanımını azaltacak alternatif yollar desteklenmelidir.

Yeraltı su kaynaklarının korunması için toplumu bilinçlendirmek amacıyla eğitim programları düzenlenmeli ve mevcut yasal düzenlemeler ışığında denetimler sıklaştırılmalıdır. Kirlenen suların yeniden kullanılabilir hale getirilmesi için gelişmiş arıtma teknolojileri, biyolojik arıtma yöntemleri ve doğal filtreleme sistemleri kullanılmalıdır. Ayrıca, atık suların geri kazanımını sağlamak için entegre sistemler kurulmalı ve yeraltı su yönetimi için uzun vadeli stratejiler geliştirilmeli, en önemli adımlardan biri ise; su kalitesi izleme sistemleri kurulmasıdır. Bu süreçte kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasında işbirliği projeleri oluşturulmalı ve yerel topluluklarla birlikte projeler hayata geçirilmelidir. Bu tür önlemler, yeraltı su kaynaklarının korunmasına ve kirli suların yeniden kullanılabilir hale getirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- AFAD. (n.d.). *Şanlıurfa IRAP*. Retrieved from https://sanliurfa.afad.gov.tr/kurumlar/sanliurfa.afad/kutuphane/SANLIURFA_IRAPpdf.pdf
- Ağan, C. (2016). A preliminary study on conservation and polishing performance of Sanliurfa limestones as traditional building material. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75(1), 13-25. <https://doi.org/10.1007/s10064-015-0724-y>
- [://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasl%C4%B1%20Su%20Kalitesi.pdf](http://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasl%C4%B1%20Su%20Kalitesi.pdf)
- Allar, A. (2006). *Yüksek konsantrasyonda amonyum içeren atıksulardan iyon değişimi ile amonyum giderimi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Apaydın, A. (2008). Çavuşköy alüvyon akiferinde (Sungurlu-Çorum) yeraltısuyunun kalitesi ve sulamada kullanılabilirliği. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 51(3), 31-40.
- Badruk, M. (n.d.). Jeotermal enerji uygulamalarında çevre sorunları.
- Bağlar, S., Nalçacı, A., & Taştekin, M. (2009). Florürlü gargaralarla diş minesinin reaksiyon kinetiğine sıcaklığın etkisi. *Journal of Environmental Biology*, 30(3), 345-350.
- Belir Baykal, N., & Akça Güven, A. (1997). [Reference not cited properly].
- Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company. Liberty, L., et al. (1979). [Reference not cited properly].
- Benek, S., Şahinalp, M. S., & Elmahtaş, N. (n.d.). Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Berker, E. (n.d.). Fosfat kimyası, kullanılış alanları ve süperfosfat.
- Burkut. (n.d.). *Suyun pH derecesi herkesi ilgilendirir*. Retrieved from <https://www.burkut.com.tr/suyun-pH-derecesi-herkesi-ilgilendirir>
- Büyükkınacı, A. (n.d.). Fosfatların jeokimyasal dağılımları ve başlıca mineralleri. *Jeoloji Yüksek Lisans Tezi*. M.T.A. Enstitüsü, Ankara, 10(4).
- Canter, L. W. (1997). *Nitrates in groundwater*. CRC, Lewis Publishers.
- Cantürk, M. (2002). TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi. www.biltek.tubitak.gov.tr/merakettikleriniz
- Cushing, E. M., Kantrowitz, I. H., & Taylor, K. R. (1973). *Water resources of the Delmarva Peninsula*. Washington: U.S. Geological Survey Professional Paper, 822.
- Çelik, M. A., Doğanürk, İ. H., & Güney, İ. (2016). 6. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu* (Uzal-CBS 2016). Adana.
- Çemek, M., Akkaya, L., Birdane, Y. O., Seyrek, K., Bulut, S., & Konuk, M. (2007). Nitrate and nitrite levels in fruit and natural mineral waters marketed in western Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3), 236-240.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (n.d.). *Şanlıurfa İÇDR 2014* . Retrieved from https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/sanliurfa_icdr2014.pdf
- Çolak, Y. (2011). *Yeraltı kaynakları mevcut durumu*. Şanlıurfa Yatırım Destek Ofisi, Şanlıurfa.
- Demir, S., & Kılıç, K. (2012). Erbaa Ovası yeraltı suyunun tuzluluğunun değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 79-86.
- Demir, S., & Kılıç, K. (2012). Farklı kullanım altındaki toprakların kıvam limitleriyle bazı toprak özellikleri arasındaki ilişki.
- Demir Yetiş, A. (2013). *Ceylanpınar Ovası ve yeraltı suyu kalitesinin ve kirlilik cazibesinin belirlenmesi* (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Bataklık Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Demirel, R., & Tepe, İ. (2015). Günümüzde helal gıda kavramı ve zootekni açısından önemi. In *Uluslararası Zootekni Bilim Kongresi* (s. 25-23). Diyarbakır: Dicle Üniversitesi.
- Demirer, A. (1995). *Su hijyeni*. Teksir, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi.
- Dikbaş, N., Kotan, R., & Dadaşoğlu, F. (2009). İçme sularından izole edilen bakterilerin tanısı ve yağ asidi metil esterleri ile antibiyotik duyarlılıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi.
- Dissanayake, C. B. (1991). The fluoride problem in the groundwater of Sri Lanka. *Environmental Management and Health*, 19(3), 195-203.
- Doğdu, M. Ş. (2013). *Şanlıurfa Balıklıgöl havzasının sürdürülebilir bir şekilde kullanımının sağlanması*. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Eğitim Notu. Şanlıurfa.
- Durmaz, H., Ardıç, M., Aygün, O., & Genli, N. (2007). Şanlıurfa ve yöresindeki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 51-54.
- Eğri, M., Erdemoğlu, S., Türkdemir, H., Genç, M., Güneş, G., Pehlivan, E., & Keven, F. (1999). Suyun florür içeriğinin çevrenin jeo-kimyasal yapısına bağlılığının incelenmesi. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 6(3), 193-196.
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun.
- Environmental Protection Agency. (n.d.). Retrieved from <https://www.epa.gov/>
- Ethic Water. (2022). *Su kalitesi: Su testinde pH nedir?*. Retrieved from <https://www.ethicwater.com.tr/2022/09/16/su-kalitesi-su-testinde-ph-nedir/>
- Forman, D., Al-Dabbag, S., & Doll, R. (1985). Nitrates, nitrites and gastric cancer in Great Britain. *Nature*, 21 February.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1997). *Su kalitesi*. Ankara: Aydoğdu Ofset.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1994). *Su kirliliği*. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları,

Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 12; 1. baskı, Ankara. ISBN975-7572-60-8

- Gültekin, O. Ş. (2015). *Yeraltısuyu miktarındaki değişimin yeraltı suyu kalitesine etkileri ve çözüm önerileri*. Ankara.
- Güneş, G. (2018). Yeraltı suyu kalitesinin fizikokimyasal parametrelerle belirlenmesi: Bartın ili örneği.
- Güngören. (2024). *PH hesabı dersi*. Retrieved from <https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=ph-hesabi-dersi-2014.pdf>
- Günhan, Ö. (2014). *Yeraltı sularının kalitesinin değerlendirilmesi açısından uygun bir metodoloji araştırması*. Ankara.
- Gürpınar, O. ve ark. (2004). Birecik (Şanlıurfa) yöresinin temel jeolojik özellikleri ve jeolojik miras envanteri. *Tuba Kültür Envanteri Dergisi*.
- Harran Üniversitesi. (n.d.). *Raşid Küçük Bitirme Ödevi*. Retrieved from https://web.harran.edu.tr/assets/uploads/other/files/muhendis/files/RA%C5%9E%C4%B0D_K%C3%9C%C3%87%C3%9CK_B%C4%B0T%C4%B0RME_%C3%96DEV%C4%B0.pdf
- İSAR Conference. (n.d.). *Conference paper*. Retrieved from https://www.isarconference.org/_files/ugd/6dc816_494830e0cbba49a8a5511403a2727f8d.pdf
- Karaoğlu, M.H., Balcı, A., ve Uğurlu, M. (2008). Kavaklıdere Bozdoğan bölgesindeki kaynak sularının fizikokimyasal açısından incelenmesi. *Muğla Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü*, 58-60, Muğla.
- Keeney, D.R. (1986). Sources of nitrate to groundwater. *Critical Reviews in Environmental Control*, 16(3), 257-304.
- Komarowski, M., & Yu, W. (1997). [Reference not cited properly]. Koon, H., & Kaufmann, H. (1975). [Reference not cited properly].
- Küçük. (2024). Retrieved from https://web.harran.edu.tr/assets/uploads/other/files/muhendis/files/RA%C5%9E%C4%B0D_K%C3%9C%C3%87%C3%9CK_B%C4%B0T%C4%B0RME_%C3%96DEV%C4%B0.pdf
- Laboratuvar. (n.d.). *Suyun analiz metotları - Amonyum tayini - Kısım 1: Manuel spektrofotometrik metot*. Retrieved from <https://www.laboratuvar.com/testler/kimyasal-testler/ts-7159-suyun-analiz-metotlari---amonyum-tayini---kisim-1-manuel-spektrofotometrik-metot/>
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking* (2nd ed.).
- Meenakshi, R., & Maheshwari, C. (2006). Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials*, 137(1), 456-463.
- Meriç, B. T. (2004). *Fosfat kimyası, kullanış alanları ve süperfosfat* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM), Ankara, Türkiye.

- Meriç, B. T. (2004). Su kaynakları yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28(1), 27-38.
- Monroe, J. S., & Wicander, R. (2007). *Fiziksel jeoloji: Yeryuvarının araştırılması* (5. basım). Thomson Brooks/Cole. (Çeviren: Kadir Dirik, Mehmet Şener).
- Moon, H. S., Chang, S. W., Nam, K., Choe, J., & Kim, J. Y. (2006). Effect of reactive media composition and co-contaminants on sulfur-based autotrophic denitrification. *Environmental Pollution*,
- Nguyen, V., & Taner, M. (1998). [Reference not cited properly].
- Odabaşı, A. (2024). *İleri arıtım 11. hafta*. [PDF dosyası]. Erişim adresi: file:///C:/Users/LAST%20B%C4%B0L%C4%B0%C5%9E%C4%B0M/Downloads/ileri%20ar%C4%B1t%C4%B1m-11.%20hafta.pdf
- Oğur, R., & Tekbaş, Ö. F. (Eds.). (2005). Fiziksel ve kimyasal su analiz yöntemleri, mikrobiyolojik su analizi. In *Temel su analiz teknikleri* (s. 36-39). Aydan Matbaacılık.
- Oğuz, T. C. (2015). İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri - Uzmanlık tezi. Ankara.
- Onüçyıldız, M., Abdulmohsin, M. S., & Büyükkaracığan, N. (2016). Fırat-Dicle havzası ve Irak su yapıları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*.
- ORSAM (Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi). (2011). *Görünmez stratejik kaynak: Sınırşan yeraltı suları*. ORSAM rapor no: 63. ISBN: 978-605-5330-10-1. Ankara.
- Ölmez, M., & Saraç, D. (2009). Su ürünleri için pH'nın önemi. *Ziraat Mühendisliği*, 1(2), 353.
- Rittmann, B. E., & McCarty, P. L. (2001). *Environmental biotechnology: Principles and applications*. McGraw-Hill.
- Rocca, C. D., Belgiorno, V., & Meriç, S. (2007). Heterotrophic/autotrophic denitrification (HAD) of drinking water: Prospective use for permeable reactive barrier. *Desalination*, 210, 194-204.
- Sadler, R., Maetam, B., Edokpolo, B., Connell, D., Yu, J., Stewart, D., Park, M. J., Gray, D., & Laksono, B. (2016). Health risk assessment for exposure to nitrate in drinking water from village wells in Semarang, Indonesia. *Environmental Pollution*, 216, 738-745. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.007>
- Salman, S. A. (2020). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in SW Qena Governorate, Egypt. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 14(3), 16-26.
- Sargin, A. H. (2010). *Yeraltı suları*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı.
- Selek, Z., & Yetiş, A. D. (2017). Assessment of nitrate contamination in a

- transnational groundwater basin: A case study in the Ceylanpınar Plain, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 76,698. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6826-6>
- Seval, S., & Erşahin, S. (2012). Türkiye’de tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği. *Doğa Bilim Dergisi*, 2, 116-118.
- Singh, S. P., Tripathi, S. K., Kumar, V., Kumar, A., & Raha, P. (2015). Hydrochemical investigation and groundwater quality evaluation for irrigation purpose in some blocks of Varanasi district, Uttar Pradesh, India. *International Journal of Tropical Agriculture*, 33(2), 1653-1660.
- Su ve Çevre. (n.d.). Retrieved from <https://www.suvecevre.com/edergi/19/120/25/>
- Sungur, T., Karapar, R., & Paya, D. (1981). Toplum sağlığı yönünden Türkiye’de içme sularında iyot ve flour konsantrasyonlarının saptanması. *Doğa Bilim Dergisi*, 198, 15, 91-100.
- Tanyeri, K. (1976). Doğu Anadolu bölgesinde endemik fluorozis. In *XIV. Türk Pediyatri Kongresi* (pp. ?).
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (n.d.). *Ekosistem Esaslı Su Kalitesi*. Retrieved from https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/BGT/Sulama_suyu_kalitesi_ve_tuzluluk.pdf
- Taşan, M. (2021). *Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk*. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. URL: https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/BGT/Sulama_suyu_kalitesi_ve_tuzluluk.pdf
- Thomann, R. V., & Mueller, J. A. (1987). *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper Collins Publishers.
- Toprak Tema. (n.d.). *Toprak azot döngüsü*. Retrieved from <https://topraktema.org/toprak-azot-dongusu>
- Türkiye Cumhuriyeti Mevzuat Bilgi Sistemi. (n.d.). Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (n.d.). Retrieved from <https://www.tuik.gov.tr/>
- Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). *Asit yağmurları teknik raporu*. Retrieved from <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/asityagmurlariteknikraporu.pdf>
- Türkiye Sağlık Bakanlığı. (n.d.). Retrieved from <http://www.saglik.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?>
- Uzun, S. (2020). Farklı azot kaynaklarının topraktaki biyostimülasyon etkilerinin değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Wasiak, E., Bahdziewicz, J., & Blasszczyk, M. (2001). Removal of nitrates from groundwater by a hybrid process of biological denitrification and

microfiltration membrane. *Process Biochemistry*, 37, 57-64.

WHO. (1970). *Fluorides and human health*. Geneva, Switzerland.

Yesilnacar, M. İ., D lgargil,  . T., Demir, A., Atasoy, A. D., Tekiner, S., Bayhan, İ., Kumral, M., & Aydogdu, M. (2012). Yeraltı sularında yüksek florür ve dental florozisin tıbbi-jeoloji açısından CBS ile değerlendirilmesi:  anlıurfa  rne i. In *1. Ulusal Sağlık Kuruluşları  evre Yönetimi Sempozyumu* (pp. 29-30). İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi.

Yeti , A. D. (2013). Ceylanpınar Ovası yeraltı suyu kalitesinin ve kırılma cazibesinin belirlenmesi (Doktora tezi).  ukurova Fen Üniversitesi, Bilimleri Enstitüsü,  evre Anabilim Bilimleri Dalı, Adana.

Yeti , D. A., Ye ilnacar, M. İ., & Selek, Z. (2011c). Ceylanpınar Ovası'nda yeraltı suyu tuzlulu unun coğrafi bilgi sistemi destekli incelenmesi.

Yeti , D. A., Ye ilnacar, M. İ., & Selek, Z. (2011d). Ceylanpınar Ovası'nda yeraltı suyu tuzlulu unun coğrafi bilgi sistemi destekli incelenmesi.

Yeti , R. (2015).  anlıurfa Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarının kalite parametrelerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  evre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.

Yılmaz, A. (n.d.). Jeolojik ortam, toprağın oluşum süreçleri ve beşeri faaliyetlerin toprak üzerindeki etkileri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.

Yüksel, A. (2007).   tepe yöresinin ( mamo lu - Adana) hidrojeolojik incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.