



*Araştırma Makalesi / Research Article*


## **Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi Yeraltı Sularının Kirlilik Riskinin Araştırılması**

### *Investigation of Groundwater Pollution Risk in Diyarbakır Organized Industrial Zone*

Merve ŞAKİ KOCAMAN<sup>1,\*</sup> , Recep ÇELİK<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1672179>

#### **MAKALE BİLGİSİ**

##### **Makale Tarihi**

*Alınış, 08 Nisan 2025*

*Revize, 05 Mayıs 2025*

*Kabul, 07 Mayıs 2025*

*Online Yayınlama, 27 Mayıs 2025*

##### **Anahtar Kelimeler**

*Yeraltı suyu, Sanayi kirliliği,  
Su kalitesi, Diyarbakır OSB*

#### **ÖZ**

Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi (DOSB) çevresinde son yıllarda artış gösteren sanayi faaliyetleri, bölgedeki yeraltı suyu kaynaklarının kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve bu durum, halk sağlığı açısından önemli bir risk unsuru teşkil etmektedir. Çalışma, Organize Sanayi Bölgesi'nin çevresindeki yeraltı su kaynaklarının kirlilik riskini değerlendirerek, içme ve sulama suyu olarak kullanım açısından uygunluğunu belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, belirlenen beş farklı noktadan alınan yeraltı suyu numuneleri fizikokimyasal ve biyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Numuneler; pH, elektriksel iletkenlik, nitrat, nitrit, sodyum ve ağır metaller gibi çevresel açıdan önemli parametreler incelenmiş; elde edilen veriler, ulusal ve uluslararası içme ve sulama suyu kalitesi standartları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, sanayi faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesi üzerinde önemli etkiler yarattığını ve bazı bölgelerde suyun doğrudan kullanımının sağlık açısından risk oluşturabileceğini göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, sanayi bölgelerinde etkin atık yönetimi stratejileri geliştirilmesi ve yeraltı suyu kirliliğinin izlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sanayi kaynaklı su kirliliğinin önlenmesine yönelik sürdürülebilir su yönetimi politikalarının uygulanması önerilmektedir. Ayrıca, ilgili kurum ve kuruluşların denetim mekanizmalarını güçlendirmesi ve çevresel farkındalık düzeyini artırmaya yönelik eğitim faaliyetlerinin yaygınlaştırılması da bu sürecin etkinliği açısından büyük önem arz etmektedir.

**\*Sorumlu Yazar**

**E-posta Adresleri:** [mervesakikocaman@gmail.com.tr](mailto:mervesakikocaman@gmail.com.tr) (Merve ŞAKİ KOCAMAN), [recep.celik@dicle.edu.tr](mailto:recep.celik@dicle.edu.tr)

(Recep ÇELİK)

## ARTICLE INFO

### Article History

Received, 08 April 2025

Revised, 05 May 2025

Accepted, 07 May 2025

Available Online, 27 May 2025

### Keywords

Groundwater, Industrial pollution, Water quality, Diyarbakır OIZ

## ABSTRACT

The increasing industrial activities around the Diyarbakır Organized Industrial Zone (OIZ) have negatively impacted the quality of local groundwater resources, posing potential risks to public health. This study aims to assess the pollution risk in groundwater near the OIZ and evaluate its suitability for drinking and irrigation purposes. Groundwater samples were collected from five selected locations and analyzed through physicochemical and biological tests. Parameters such as pH, electrical conductivity, nitrate, nitrite, sodium, and heavy metals were measured and compared with national and international water quality standards. The results indicate that industrial activities significantly affect groundwater quality, and in some locations, water use without treatment may pose health hazards. The findings underline the need for effective waste management strategies and regular monitoring of groundwater in industrial regions. It is recommended that sustainable water management policies be implemented to mitigate pollution risks. Additionally, strengthening institutional inspection mechanisms and promoting environmental awareness through educational programs are considered essential steps toward ensuring the long-term protection of water resources.

## 1. GİRİŞ

Yeraltı suyu, dünyadaki tatlı su kaynaklarının yaklaşık %30'unu oluşturarak insan yaşamı ve ekosistemlerin devamlılığı açısından vazgeçilmez bir kaynaktır. Yeraltı suları, içme suyu ihtiyacından tarımsal sulamaya, sanayi süreçlerinden enerji üretimine kadar birçok alanda kritik bir rol oynar. Ancak, dünya genelinde artan sanayi faaliyetleri, bu değerli kaynağın kalitesini ve sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Sanayi bölgeleri, özellikle yoğun kimyasal üretim, ağır metal kullanımı ve atık yönetimindeki eksiklikler nedeniyle yeraltı sularını kirletebilme potansiyeline sahiptir. Genellikle çevresel tahribatın yanı sıra, toplum sağlığı üzerinde de ciddi olumsuz etkiler görülmektedir [1].

Yeraltı sularının kirlilik riskine dair yapılan uluslararası ve ulusal çalışmalar, sanayi bölgelerinin yeraltı sularının kirlenmesinde etkilidir. Özellikle hızlı kentleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olarak yeraltı sularına karışan kimyasal maddelerin ve organik kirleticilerin giderek artması, bu konuda kapsamlı çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Sanayi bölgelerinde yapılan bir çalışmada, nitrat ve nitrit tespit edilmiştir. Bu durum, yalnızca su kalitesini değil, aynı zamanda tarımsal üretim ve gıda güvenliğini de tehdit etmektedir [2].

Özyonar, Karagözoğlu ve Atmaca (2024) tarafından yapılan çalışmada, elektrokoagülasyonun içme suyundaki doğal organik madde giderimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İçme sularından doğal organik maddelerin (DOM) elektrokoagülasyon (EC) prosesiyle giderilme potansiyelini araştırmaktadır. Sivas 4 Eylül Barajı'ndan alınan su numuneleri üzerinde yapılan deneylerde, çözünen organik karbon (ÇOK) ve UV254 absorbans parametreleri kullanılarak arıtma verimliliği değerlendirilmiştir. Alüminyum ve demir elektrotlarla yapılan EC sürecinde, başlangıç pH değeri, akım yoğunluğu ve

elektroliz süresinin giderim verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, alüminyum elektrotları ile %78 ÇOK ve %94,5 UV254 giderme verimi sağlanırken, demir elektrotları ile bu oranların sırasıyla %65,4 ve %80,3 olduğunu göstermiştir. Ayrıca, enerji ve elektrot tüketimi açısından EC prosesinin ekonomik değerlendirmesi yapılmış ve içme suyu arıtımında etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur [3].

Endüstriyel faaliyetlerde su tüketiminin azaltılması ve suyun verimli kullanımının sağlanması amacıyla atık suların proseste tekrar kullanımına yönelik metodolojik bir değerlendirme sunmaktadır. Çalışmada, ulusal çevre mevzuatına uygun olarak hazırlanması gereken teknik raporların içeriği ve hazırlanma süreci incelenmiştir. Sektörel raporlar ve profesyonel deneyimler ışığında oluşturulan bu çalışma, idari süreçleri kolaylaştıracak ve sürdürülebilir su kullanımı açısından uygulanabilir öneriler sunmaktadır [4].

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), yeraltı sularını kirleten başlıca 10 kaynağı; derin kuyular, pestisitler, ticari gübreler, fosseptik çukurlar, içme suyu kuyuları, atıksu lagünleri, arıtma tesisleri, sulama amaçlı pompaj kuyuları, yeraltı suyunu besleyen yüzeysel sulara atık deşarj eden sanayi tesisleri ve katı atık depolama alanları olarak sıralamaktadır. Kirletici kaynaklar, yeraltı sularının kalitesini tehlikeye atmakta ve ekosistem sağlığını tehdit etmektedir [5].

Evsel ve sanayi atıklarının belirli alanlarda birikmesi, atık sularının fosseptik çukurlarında toplanması ve tarımda yüksek verim elde etmek amacıyla gübre ile pestisit kullanımının artırılması, yeraltı suyu kirliliğine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Genelde, yeraltı su kaynaklarının kimyasal kirlenmesini hızlandıran başlıca etmenlerdir [6].

Organize Sanayi Bölgesi'nin büyük bir kısmını oluşturan tekstil endüstrisi, sanayi atıklarının önemli bir kaynağını teşkil etmektedir. Bu bağlamda, Organize Sanayi Bölgesi'nin ortak kanalında deşarj edilen atıksuların %90'ından fazlasını tekstil sanayi atıksuları oluşturmaktadır. Tekstil sanayi atıksularında bulunan boya, yüzey aktif maddeler ve diğer kimyasal bileşikler, aerobik mikroorganizmaların enzimatik aktivitelerini engelleyerek biyolojik arıtma verimliliğini önemli ölçüde azaltmakta, hatta bazı durumlarda bu süreçlerin tamamen işlevsiz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu tür kirleticilerin biyolojik arıtma ünitelerine aşırı miktarlarda ulaşmasını önlemek için, biyolojik arıtma öncesinde toksik bileşiklerin büyük ölçüde uzaklaştırılmasını sağlayacak bir ön arıtma sürecinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, arıtma tesisinin etkinliğini artırarak çevresel kirlenmenin önlenmesine katkı sağlamaktadır [7].

Organize Sanayi Bölgesi'nde, metal işleme, tekstil, gıda ve inşaat malzemeleri üretimi gibi çok çeşitli sanayi faaliyetleri yürütülmektedir. Bu çeşitlilik, potansiyel kirleticilerin farklı türlerini de beraberinde getirmektedir. Örneğin, metal işleme sektöründe kullanılan ağır metallerin yeraltı sularına

sızma riski oldukça yüksektir. Tekstil sektörü ise genellikle boyar maddeler, ağır metaller ve çeşitli organik kirleticilerle ilişkilidir. Gıda sektöründen kaynaklanan organik kirlilikler ise yeraltı suyunda oksijen seviyesinin azalmasına ve dolayısıyla ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilmektedir [8].

Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi, coğrafi konumu ve stratejik önemi nedeniyle Türkiye'nin doğusunda önemli bir ekonomik faaliyet merkezidir. Bölge, farklı sektörlerde faaliyet gösteren birçok sanayi kuruluşunu barındırmaktadır. Ancak, bu durum aynı zamanda yeraltı su kaynaklarının korunması açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Diyarbakır, özellikle tarım ve hayvancılıkla geçinen geniş bir nüfusa sahip olduğu için, yeraltı sularının kalitesi yalnızca sanayi sektörü için değil, aynı zamanda kırsal kesimde yaşayan halk için de hayati öneme sahiptir [9].

Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nde yeraltı sularının mevcut kirlilik düzeyleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışma, sanayi faaliyetlerinin yeraltı sularına olan etkilerini belirlemek ve potansiyel kirleticilerin yayılma riskini değerlendirmek için kapsamlı bir yaklaşım sunmayı amaçlamaktadır. Araştırma, alan çalışması, laboratuvar analizleri ve istatistiksel modelleme gibi çok yönlü bir yöntemle gerçekleştirilmiştir. Çalışma Diyarbakır ili özelinde olmasına rağmen bu konuda yapılan çalışmaların azlığı, bu araştırmayı yalnızca yerel düzeyde değil, ulusal düzeyde de önemli hale getirmektedir. Ayrıca sonuçlar, yeraltı su kaynaklarının korunması için hem bölgesel hem de ulusal düzeyde politika önerileri geliştirilmesine katkı sağlayacak ve sanayi bölgelerinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik yeni stratejiler geliştirmek için bir rehber niteliği taşıyacaktır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1 Çalışma Alanı ve Örneklem Tasarımı**

Bu araştırma, Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi (DOSB) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi, tekstil, gıda, metal işleme, inşaat malzemeleri ve plastik sektörlerini barındıran önemli bir sanayi merkezidir. Bölgenin yarı kurak iklimi, yeraltı su kaynaklarının sanayi ve tarımsal kullanımlar açısından büyük önem taşımasına yol açmaktadır. Sanayileşmenin yeraltı su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla yapılan bu çalışmada, toplamda 921 hektarlık bir alana yayılan ve beş etapta gelişen sanayi bölgesinde, sanayi tesisleri, atık bertaraf sahaları ve yerleşim alanlarının konumları dikkate alınarak, stratejik bir şekilde belirlenen beş örneklem noktası kullanılmıştır. Bu noktalar, sondaj kuyuları ve doğal kaynaklardan seçilmiş olup, potansiyel kirletici kaynakların akış yönleri ve çevresel etkileri göz önünde bulundurularak yerleştirilmiştir.

Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi beş etap olarak gösterilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi Haritası

## 2.2 Örneklemeye Süreci ve Laboratuvar Analizleri

Yeraltı suyu örnekleri, 2024 yılı yaz ve kış dönemlerinde toplanarak, su kalitesinin mevsimsel değişikliklerden nasıl etkilendiği belirlenmiştir. Örnekler, kontaminasyonu önlemek amacıyla steril polietilen şişelere alınmış ve 4°C'de muhafaza edilerek laboratuvara taşınmıştır. Yeraltı suyu kalitesini belirlemek için yapılan analizler, akredite bir laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametreler arasında fizikokimyasal özellikler (pH, iletkenlik, bulanıklık), kimyasal kirleticiler (nitrat, nitrit, sülfat, kalsiyum karbonat, sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve ağır metaller) ve biyolojik kirleticiler (çözünmüş oksijen seviyesi) yer almaktadır. Analizler, Türk Standartları (TS), Amerikan Halk Sağlığı Birliği (APHA) ve ISO standartlarına uygun şekilde yapılmış, ayrıca kalite kontrol önlemleri kapsamında, örneklemeye ve laboratuvar analizlerinde standart referans materyaller kullanılmış ve cihaz kalibrasyonları düzenli olarak yapılmıştır.

**Tablo 1.** Su Kalite Parametreleri Standart Limitleri

Parametre	TS 266 (İçme Suyu Standardı)	APHA Sınırı	ISO Sınırı	Birim
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	-
İletkenlik	2500	1500	2500	µS/cm
Bulanıklık	5	5	5	NTU
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50	45	50	mg/L
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0.5	1	0.5	mg/L
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	250	250	250	mg/L
Kalsiyum (Ca <sup>2+</sup> )	200	75	100	mg/L
Magnezyum (Mg <sup>2+</sup> )	50	30	30	mg/L
Sodyum (Na <sup>+</sup> )	200	200	200	mg/L
Potasyum (K <sup>+</sup> )	-	-	-	mg/L
Çözünmüş Oksijen (DO)	-	>5	>5	mg/L
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01	mg/L
Kadmiyum (Cd)	0.003	0.003	0.003	mg/L
Demir (Fe)	0.3	0.3	0.3	mg/L
Çinko (Zn)	5	5	5	mg/L

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nden temin edilen yeraltı suyu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen fizikokimyasal ve biyolojik analizler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sanayi faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koyarak potansiyel kirletici kaynakların belirlenmesine ve bu kirlilik seviyelerinin çevresel ile halk sağlığı açısından taşıdığı risklerin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Analiz sonuçları, bölgede yeraltı su kaynaklarının çeşitli parametreler açısından önemli ölçü de etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca, mevsimsel farklılıkların su kalitesi üzerindeki etkileri belirlenmiş ve kimyasal kirleticilerin yeraltı suyu içindeki dağılımı haritalandırılarak bölgedeki kirlilik yoğunluğu değerlendirilmiştir. Bu bulgular, hem bölgesel hem de ulusal düzeyde sürdürülebilir su yönetimi politikalarının geliştirilmesine temel oluşturabilecek önemli bir veri tabanı sağlamaktadır.

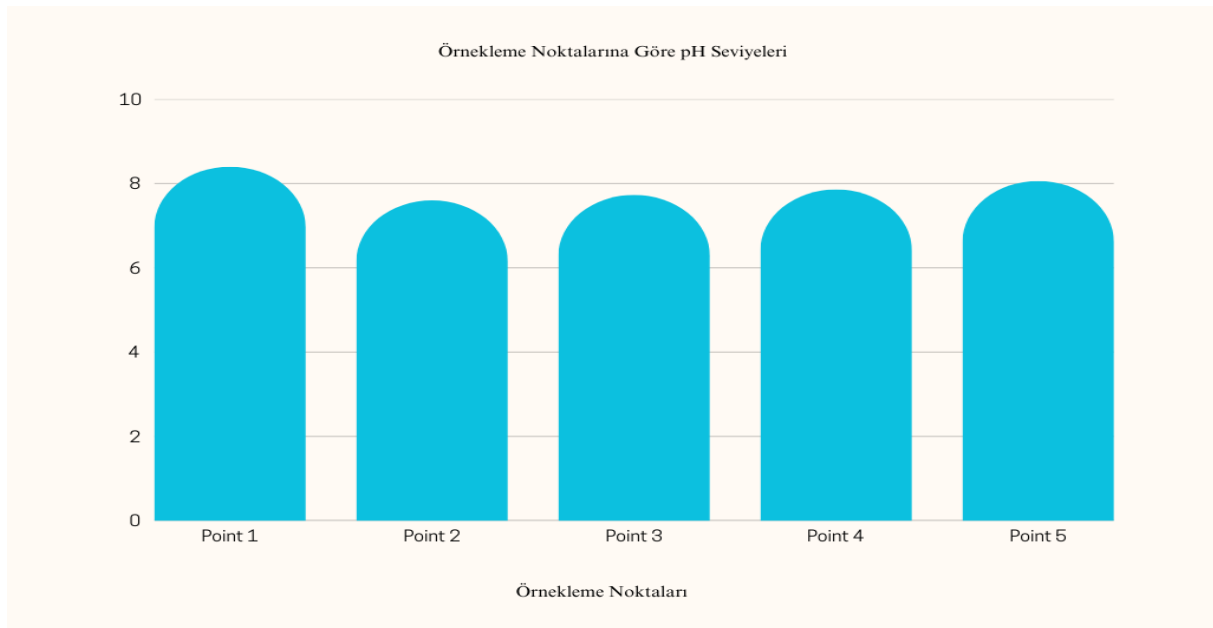
Analizler sonucunda, pH seviyelerinin genel olarak nötr ile hafif bazik aralıkta (7.56-8.40) değiştiği görülmüştür. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 426 µS/cm ile 844 µS/cm arasında değişmiş olup, bu durum bazı alanlarda çözünmüş iyon yoğunluğunun arttığına işaret etmektedir. Nitrat konsantrasyonlarının 8.30 mg/L ile 32.32 mg/L arasında değişmesi ve ortalama olarak 22.278 mg/L olarak belirlenmesi, sanayi ve tarımsal faaliyetlerin azot temelli kirliliğe neden olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, sülfata, magnezyum ve kalsiyum seviyelerinin sırasıyla 6-104 mg/L, 16.27-26.32 mg/L ve 47.68-119.65 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen seviyeleri ise 7.45 mg/L ile 10.8 mg/L arasında olup, bu değerler suyun oksijen içeriğinde yerel farklılıkların bulunduğu işaret etmektedir. Elde edilen veriler, sanayi faaliyetlerinin bölge genelinde yeraltı suyu kalitesi üzerinde çeşitli etkilerinin bulunduğu işaret etmekte ve bu etkinin parametrelere göre farklılaştığını göstermektedir. Bu nedenle, ilerleyen dönemlerde su kalitesinin korunması amacıyla

düzenli izleme programlarının uygulanması ve uygun su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Ölçüm Değerleri ve Ölçüm Noktaları

Parametre	Minimum	Ortalama	Maksimum
pH	7.56	7.922	8.40
İletkenlik	426	551	844
Nitrat (mg/L)	8.30	22.278	32.32
Sülfat (mg/L)	6	34.2	104
Magnezyum(mg/	16.27	20.024	26.32
Kalsiyum (mg/L)	47.68	70.766	119.65
Çözülmüş Oksijen(Mg/L)	7.45	8.892	10.8

Şekil2’de, pH seviyelerinin örnekleme noktalarına göre değişimi gösterilmektedir. Çoğu nokta 7 civarında bir pH değeri ile nötr özellik göstermektedir. Ancak bazı noktalar hafif bazik (8 üzerinde) seviyelere çıkmaktadır. PH değerlerindeki bu değişiklikler, bölgedeki jeokimyasal yapı, sanayi faaliyetleri ve atık yönetim uygulamalarından kaynaklanıyor olabilir. Nötr seviyelere yakın değerler genelde içme suyu açısından olumlu olsa da, yüksek pH değerleri sudaki minerallerin dengesizliğine ve kimyasal reaksiyonlara neden olabilir.

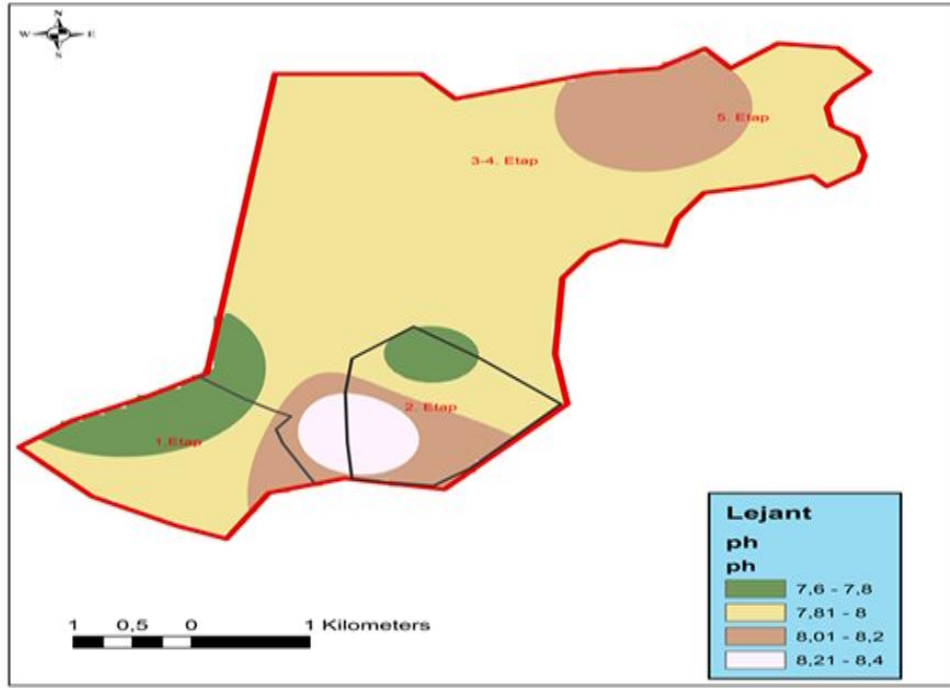


**Şekil 2.** Örnekleme Noktalarına göre pH Seviyeleri

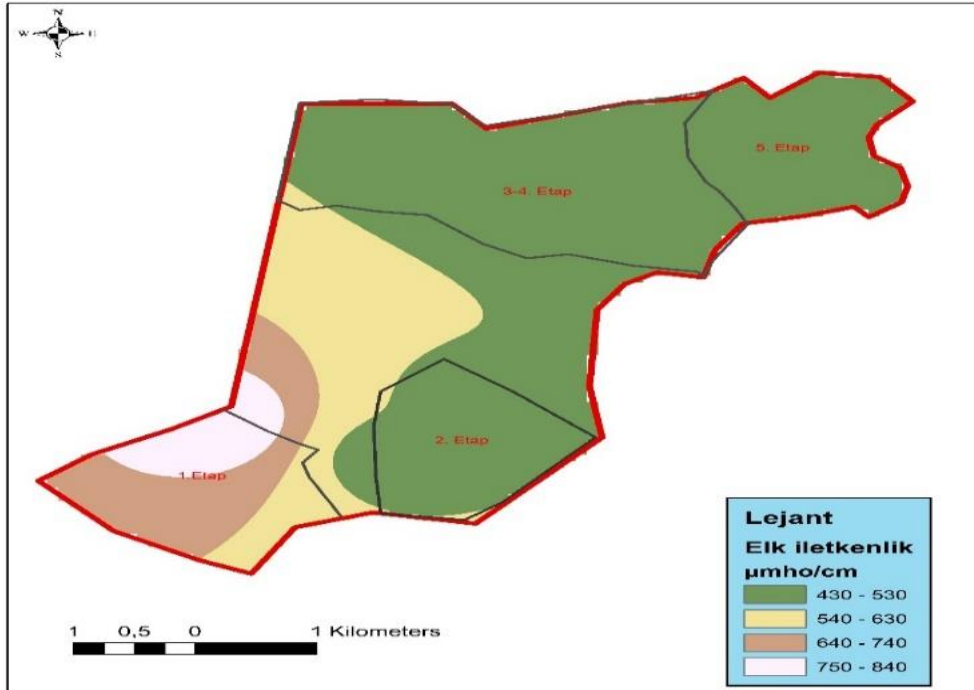
Şekil 3’te bölgedeki pH dağılımını mekânsal olarak analiz ederek su kalitesindeki değişimleri göstermektedir. 1. Etap, 7,6-8 pH aralığında olup, nötr seviyeye en yakın bölge olarak suyun doğal yapısını büyük ölçüde korunduğunu göstermektedir.2.Etap,7.6-8, en yüksek pH seviyelerine de sahip çözülmüş madde içeriğinin daha fazla olabileceğini işaret etmektedir. Bu mekânsal dağılım, bölgedeki su kalitesinin jeolojik yapı ve antropojenik etkilerle değiştiğini göstermekte olup, detaylı hidrojeokimyasal analizlerin gerekliliğini vurgulamaktadır 3. 4. ve 5. Etaplar, haritada sarı renk yoğun



olarak gösterilmiş olup, 7,81-8,2 aralığında pH değerlerine sahiptir; bu durum hafif alkali özellik gösterdiğini ve doğal süreçlerin baskın olabileceğini göstermektedir.



Şekil 3. Örneklemeye Noktalarına göre pH Seviyeleri Haritası



Şekil 4. Örneklemeye Noktalarına göre Elk İletkenlik Haritası

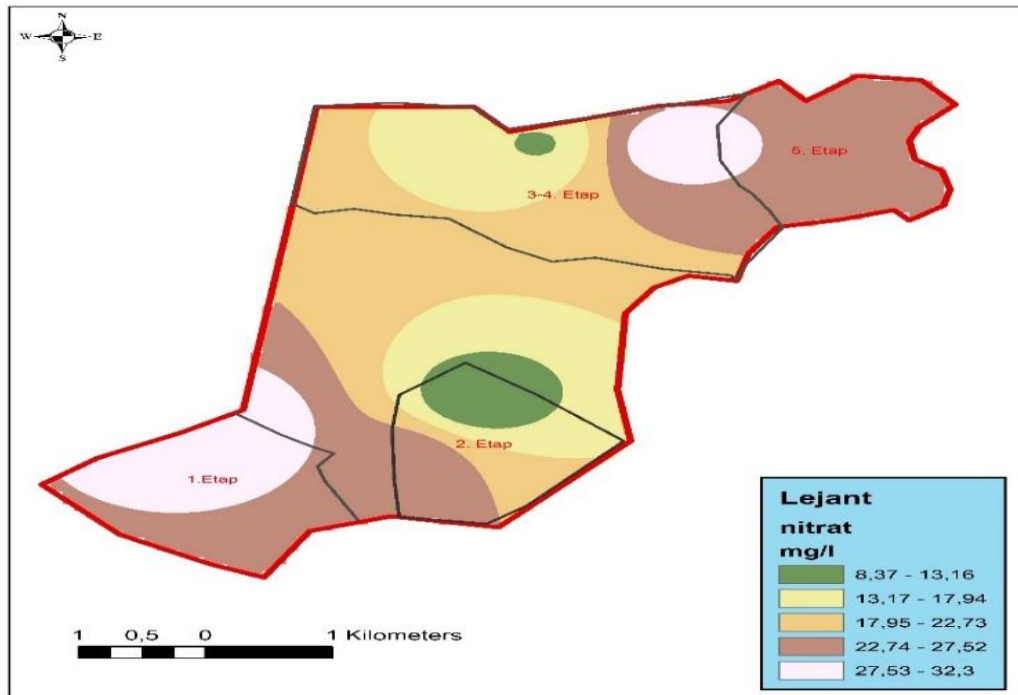


Şekil 4’te bölgedeki su kalitesi, elektriksel iletkenlik değerleriyle doğrudan ilişkilidir. Yüksek iletkenlik değerleri, suyun daha fazla çözülmüş madde ve kirletici içerdiğini, bu da su kalitesinin bozulduğunu gösterir. Özellikle 1. Etaptaki 540-840  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasındaki iletkenlik değerlerinin, 640-740  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arası yoğunluklu bölgelerde daha belirgin olması, bu alanlarda suyun daha fazla kirletici içerdiğini işaret etmektedir. Diğer etaplar (2-3-4-5) ise 430-530  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında daha düşük iletkenlik değerleri sergileyerek, bu bölgelerde su kalitesinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu veriler, bölgedeki su kirliliğinin yerel farklılıklar gösterdiğini ve belirli alanlarda su kalitesinin önemli ölçüde bozulduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 3.** Mevsimsel Karşılaştırma

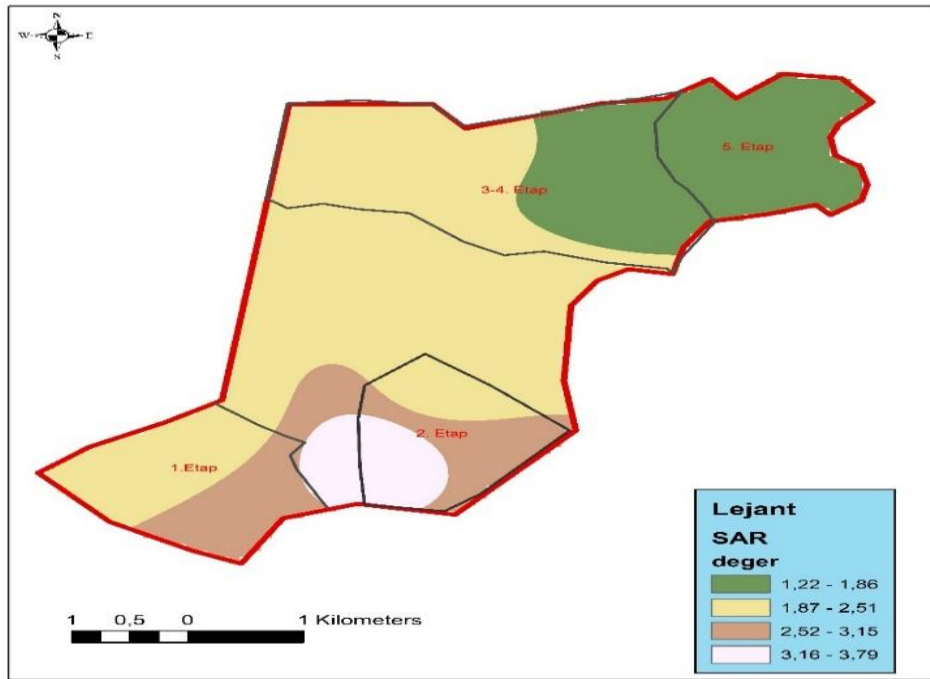
Mevsim	Ortalama pH	Ortalama EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Ortalama Nitrat (mg/L)
Yaz	7.35	665.1	30.4
Kış	7.15	731.6	27.4

Tablo 3, Yaz aylarında, su kalitesinin daha yüksek kirlilik gösterdiği, özellikle elektriksel iletkenlik ve nitrat değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, yaz mevsiminde suyun daha fazla kirletici içerdiğini ve tarımsal faaliyetlerin, sulama uygulamalarının suya etkisini işaret etmektedir. Kış aylarında ise, su kalitesinin daha iyi olduğu, iyonik kirliliğin ve nitrat seviyelerinin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu değişiklikler, mevsimsel su kullanımı ve tarımsal faaliyetlerdeki farklılıklara bağlı olarak suyun kirlilik düzeyindeki mevsimsel değişiklikleri yansıtmaktadır.



**Şekil 5.** Örneklemeye Noktalarına göre Nitrat Konsantrasyon Dağılımı Haritası

Şekil 5'te bölgedeki nitrat konsantrasyonlarının genel dağılımını göstermektedir. Sonuç olarak, nitrat seviyelerinin 20-30 mg/L arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu değer, içme suyu açısından 50 mg/L' lik sınırın altında kaldığı için genellikle güvenli kabul edilmektedir. Ancak, 50 mg/L'ye kadar çıkan seviyeler potansiyel bir kirlilik kaynağı olarak değerlendirilmelidir. Tarımsal gübre kullanımı ve endüstriyel atıkların yeraltı sularına sızması, bu konsantrasyonların yüksek olmasının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Nitratın yüksek seviyeleri, özellikle içme suyu açısından sağlık riski oluşturabilir ve bölgedeki su kalitesinin bozulduğuna işaret etmektedir. Bu veriler, nitrat konsantrasyonlarının bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir.



Şekil 6. Örnekleme Noktalarına Göre SAR Dağılımı Haritası

Şekil 6'da bölgede ki değerlendirme noktalarına göre, SAR değerlerinin 1.22 ile 3.79 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Düşük SAR değerleri, suyun tarımsal sulama için daha uygun olduğunu gösterirken, yüksek SAR değerleri ise toprakta sodyum birikimi riski oluşturabilir ve bu da uzun vadede toprak sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu sonuçlar, sulama suyu kalitesini değerlendirirken SAR değeri yüksek olan bölgelerde sodyum birikiminin önüne geçmek için uygun yönetim stratejileri geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Sodyum Su Yüzdesi [%]

Ölçüm Noktası	SAR	Su Sınıfı	Sodyum Su Yüzdesi [%]
Ölçüm Noktası 1	3.80	Orta Derece	24.91
Ölçüm Noktası 2	1.98	İyi Su	10.4
Ölçüm Noktası 3	2.16	İyi Su	13.88
Ölçüm Noktası 4	2.10	İyi Su	13.59
Ölçüm Noktası 5	1.22	İyi Su	3.85

Tablo 4, değerlendirilen farklı noktalar için sodyum su yüzdesi ve su sınıfını göstermektedir.

**Tablo 5.** Wilcox Değerlerine göre Su Kalitesi

Ölçüm Noktası	Wilcox'a Göre Su Kalitesi
Ölçüm Noktası 1	Dikkatli kullanım gerektirir
Ölçüm Noktası 2	Sulama için uygun
Ölçüm Noktası 3	Sulama için uygun
Ölçüm Noktası 4	Sulama için uygun
Ölçüm Noktası 5	Sulama için uygun

Ölçüm Noktası 1, “dikkatli kullanım gerektirir,” diğer noktalar ise sulama için uygun veya çok uygundur (Tablo 5).

SAR  $\approx$  3.80, Sodyum Yüzdesi  $\approx$  24.91% (Orta, Dikkatli kullanım gerektirir): Bu su, yüksek sodyum içeriği ile toprak yapısına zarar verebilir. Bu yüzden dikkatli kullanılmalı, sulama teknikleri ve toprak izleme yöntemleri uygulanmalıdır.

SAR  $\approx$  1.98 - 2.16, Sodyum Yüzdesi  $\approx$  10.4% - 13.88% (İyi, Sulama için uygun): Bu su örnekleri, sulama için genellikle uygundur ve toprak sağlığına zarar verme riski düşüktür. Sodyum yüzdesi makul seviyelerde olduğundan, tarım verimliliği için güvenli sulama sağlanabilir.

SAR  $\approx$  1.22, Sodyum Yüzdesi  $\approx$  3.85% (İyi, Sulama için çok uygun): Bu su, düşük sodyum içeriği ile sulama için son derece uygun olup, toprak sağlığını olumsuz etkilemeden verimli bir şekilde kullanılabilir.

Wilcox'a göre, sulama için en uygun su örnekleri düşük SAR ve sodyum yüzdesine sahip olanlardır, çünkü bu suyun toprağa zarar verme potansiyeli düşüktür. Ancak, yüksek SAR değeri olan su örneklerinde (örneğin SAR  $\approx$  3.80), dikkatli bir kullanım gereklidir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nde yürütülen sanayi faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesine olan etkilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Sonuçlar, sanayi kaynaklı kirliliğin su kaynakları üzerinde önemli değişimlere yol açtığını ve belirli parametrelerde sınır değerlerin aşıldığını göstermektedir. Bu durum, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de halk sağlığı açısından dikkatle ele alınması gereken bir konudur. [10].

Genel olarak pH değerlerinin nötr ile hafif bazik aralıkta değiştiği belirlenmiş olsa da bazı örnekleme noktalarında pH seviyesinin 8'in üzerine çıkması, sanayi kaynaklı alkalın bileşiklerin suya karıştığını göstermektedir. Literatürde, sanayi tesislerinin özellikle metal işleme ve kimyasal üretim süreçlerinde yüksek baziklik oluşturabilecek atıklar ürettiği belirtilmektedir. Bu durum, uzun vadede

suyun kimyasal dengesinde değişikliklere yol açarak ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir [11].

Elektriksel iletkenlik seviyelerinin bazı bölgelerde yüksek bulunması, çözülmüş iyonların yoğunluğunun arttığını göstermektedir. Özellikle sanayi ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar, suyun iletkenlik değerini artırarak suyun kalitesini olumsuz etkileyebilir. Mevsimsel değişimlerle birlikte bu parametrede belirgin dalgalanmalar gözlenmiş olup, özellikle yaz aylarında suyun iletkenliğinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklık seviyeleri nedeniyle kirleticilerin daha yoğun hale gelmesiyle açıklanabilir [12].

Bölgedeki yeraltı sularında tespit edilen nitrat konsantrasyonları, su kalitesi açısından önemli bir gösterge olup, özellikle bazı örnekleme noktalarında 50 mg/L'ye kadar ulaşan seviyeler dikkat çekicidir. Nitrat kirliliğinin temel kaynağı, özellikle tarımsal faaliyetlerde kullanılan azot bazlı gübrelerin toprağa nüfuz ederek yeraltı sularına sızmasıdır. Bu durum, suyun kalitesini olumsuz yönde etkileyerek insan sağlığı ve ekosistem üzerinde ciddi riskler oluşturmaktadır [13].

Nitratın insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça ciddidir. Yüksek seviyelerde nitrat içeren suyun tüketimi, vücutta nitrite dönüşerek kanın oksijen taşıma kapasitesini düşürebilir. Özellikle bebeklerde "mavi bebek sendromu" olarak bilinen hastalığa neden olabilen bu durum, ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Ayrıca, nitratın uzun vadeli maruziyeti bazı kanser türleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, yeraltı sularındaki nitrat seviyelerinin belirlenen sınır değerler içinde tutulması kritik öneme sahiptir [14,15].

Mevsimsel analizler, nitrat seviyelerinin özellikle yaz aylarında artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı dönemlerde gübrelerin daha fazla kullanılması ve bu kirleticilerin yüzeyden yeraltı sularına daha hızlı taşınması ile ilişkilidir. Literatürdeki diğer çalışmalar da, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde nitratın başlıca kirletici kaynaklardan biri olduğunu doğrulamaktadır [16,17].

Nitrat kirliliği yalnızca insan sağlığını tehdit etmekle kalmaz, aynı zamanda ekosistem üzerinde de olumsuz etkiler yaratır. Yeraltı sularında biriken nitrat, yüzey sularına taşınarak sucul ekosistemlerde besin dengesini bozabilir. Özellikle alg çoğalmasını teşvik ederek ötrofikasyon'a yol açabilir, bu da oksijen seviyelerinin düşmesine ve su ekosistemindeki organizmaların yaşam koşullarının olumsuz etkilenmesine neden olabilir [18,19].

Bu kapsamda, nitrat kirliliğinin azaltılmasına yönelik önlemler alınması gerekmektedir. Gübre kullanımının daha kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi, organik tarım uygulamalarının teşvik

edilmesi ve düzenli su kalitesi izleme programlarının oluşturulması, bu sorunun çözümüne katkı sağlayabilecek stratejiler arasında yer almaktadır [20].

Sanayi ve tarımsal faaliyetlerin yeraltı su kaynakları üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar, bu kirleticilerin giderilmesine yönelik arıtma yöntemlerinin etkinliğini de tartışmaktadır. B. E. Nalbur ve E. Karaelli (2019) tarafından yapılan bir çalışma, petrol türevleri içeren atık suların arıtılabilirliğini inceleyerek, endüstriyel atıkların yeraltı sularına olası etkilerini ortaya koymuş ve uygun arıtma yöntemlerinin belirlenmesine yönelik katkı sağlamıştır. Literatürdeki benzer çalışmalar, nitrat kirliliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulayarak, bu sorunun kontrol altına alınabilmesi için etkin yönetim stratejilerine duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Nitrat konsantrasyonlarının yüksek seviyelere ulaşması, hem insan sağlığı hem de ekosistem açısından ciddi riskler oluşturmakta olup, tarımsal gübre kullanımının bilinçli ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi, su kaynaklarının sürekli izlenmesi ve su yönetimi politikalarının güçlendirilmesi, bu kirliliğin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir [21,22,23].

SAR değerlerinin 1.22 ile 3.80 arasında değişkenlik göstermesi, bölgedeki sulama suyu kalitesinin mekânsal ve zamansal farklılıklara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük SAR seviyeleri, sulama suyunun toprak yapısını olumsuz etkileme riskinin düşük olduğunu ve bitkisel üretim için daha uygun koşullar sunduğunu göstermektedir. Ancak, SAR değerlerinin özellikle 3.80 seviyesine ulaşması, sodyum iyonlarının toprakta birikerek uzun vadede toprak yapısını bozabileceğini ve geçirgenliğini azaltabileceğini işaret etmektedir. Bu durum, toprağın su tutma kapasitesini düşürerek sulama verimliliğini olumsuz etkileyebilir ve erozyon riskini artırabilir. Bu bağlamda, yüksek SAR değerine sahip suların kullanımında, toprak sağlığını koruyacak ve tarımsal verimliliği sürdürülebilir kılacak uygun yönetim stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. Bu stratejiler arasında sulama suyu kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, uygun sulama tekniklerinin benimsenmesi ve toprak düzenleyicilerinin kullanımı yer almaktadır. Söz konusu önlemler, uzun vadede tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak açısından kritik öneme sahiptir.

Wilcox sınıflandırmasına göre, sulama amacıyla kullanılacak en uygun su örnekleri, düşük SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) ve düşük sodyum yüzdesine sahip olanlardır. Bu tür sular, toprak yapısını olumsuz etkileme riski taşımadan güvenli bir şekilde kullanılabilir. Örneğin, SAR değeri yaklaşık 1.22 ve sodyum yüzdesi yaklaşık 3.85 olan bir su örneği, tarımsal sulama açısından son derece uygun olup, toprak struktürünü koruyarak uzun vadede verimliliği artırabilir.

Bununla birlikte, SAR değerinin 1.98 ile 2.16 arasında değiştiği su örnekleri de tarımsal sulama için uygun kabul edilse de, nispeten daha yüksek sodyum içeriği nedeniyle toprakta zamanla birikme

riski taşımaktadır. Bu nedenle, bu tür suların kullanımı sırasında sulama tekniklerinin optimize edilmesi ve toprak tuzluluğunun düzenli olarak izlenmesi önem arz etmektedir.

SAR değeri 3.80'e ulaşan su örnekleri, yüksek sodyum içeriği nedeniyle daha dikkatli bir kullanım gerektirmektedir. Yüksek SAR değerine sahip sular, zaman içinde toprakta sodyum birikmesine neden olarak toprağın geçirgenliğini ve su tutma kapasitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, toprak verimliliğini düşürerek uzun vadede tarımsal üretimi olumsuz etkileyebilir. Bu tür suların kullanımı söz konusu olduğunda, sulama sistemlerinin iyileştirilmesi, uygun drenaj uygulamalarının devreye alınması ve toprak düzenleyicilerinin kullanımı gibi önlemler alınmalıdır [24,25,26].

Sulama suyunun kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, SAR ve sodyum seviyelerinin kontrol altında tutulması, tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, su yönetimi politikalarının geliştirilmesi ve sulama uygulamalarının bilimsel temellere dayandırılması, hem tarımsal üretkenliği artıracak hem de toprak sağlığının korunmasına katkı sağlayacaktır.

#### **4. SONUÇLAR**

Sonuç olarak, Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesi'nde gerçekleştirilen yeraltı suyu analizleri, bölgedeki su kaynaklarının sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik yükü nedeniyle önemli çevresel risk altında olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Doğal kaynakların bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı, yeraltı sularının yanı sıra, doğrudan ilişkili olan bitkiler, sucul canlılar ve diğer pek çok türün yaşam alanlarını tehdit ederek ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Bu durum, biyolojik çeşitliliği ciddi anlamda azaltmakta ve ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokmaktadır. Ayrıca, temiz su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi, sadece bölgesel değil, küresel ölçekte gelecek nesillerin yaşam kalitesini düşürmekte ve onları ciddi sağlık riskleri ile karşı karşıya bırakmaktadır. Dolayısıyla, su kaynaklarının korunması, sadece bireysel değil, aynı zamanda toplumsal ve kurumsal sorumlulukları da içeren kapsamlı ve stratejik bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması ve insan sağlığının korunması için su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi ve korunmasına yönelik bütüncül politikaların acilen uygulanması büyük önem arz etmektedir.

#### **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar, bu çalışma kapsamında herhangi bir çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan etmektedirler.

## ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

## YAZARLARIN KATKILARI

Merve ŞAKİ KOCAMAN: Yazma - orijinal taslak hazırlama, yazma - gözden geçirme ve düzenleme, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme, analiz, inceleme, analiz araçlarını sağlama, proje yönetimi, finansman edinimi. Recep ÇELİK: Gözetim ve liderlik sorumluluğu, metodoloji, analiz, yazma-gözden geçirme ve düzenleme, doğrulama.

## KAYNAKLAR

- [1] E. Turan ve E. Bayraktar, “Türkiye’nin su yönetim politikaları: Ulusal,” *Ulusal*, c. 6, sayı. 2, ss. 1–10, 2020.
- [2] S. Sünal ve S. Erşahin, “Türkiye’de tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği,” *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, c. 5, sayı. 2, ss. 22–30, 2012.
- [3] F. Özyonar, B. Karagözoğlu ve E. Atmaca, “İçme suyundan elektrokoagülasyon prosesi ile doğal organik madde giderimi,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 27, sayı. 4, ss. 102–111, 2011.
- [4] A. Alkur, P. Uyanık, S. Göncü, Z. Yiğit Avdan ve K. Gedik, “Endüstriyel atık suların proste tekrar kullanılabilirliğine yönelik metodolojik değerlendirme,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, c. 16, sayı. 1, ss. 30–42, 2024.
- [5] Ü. Şahin, T. Tunç ve S. Örs, “Yeraltı suyu kirliliği açısından atık su kullanımı,” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, c. 4, sayı. 1, ss. 33–39, 2011.
- [6] T. Öztürk, “İzmit evsel ve tehlikeli katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı sularının elektro-ve kimyasal koagülasyon yöntemleri ile arıtılabilirliğinin incelenmesi,” Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 2006.
- [7] G. E. Üstün, S. K. Akal Solmaz ve K. Kestioğlu, “Organize sanayi bölgelerinde atıksu arıtımı: Bursa’dan bir O.S.B. örneği,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 9, sayı. 1, ss. 75–83, 2004.
- [8] A. H. Dökmeci, S. Özden Çelik, G. Kaykioğlu ve A. Öngen, “Tekirdağ’da Çorlu ilinde endüstriyel alanlardaki toprakta ağır metal kirliliğinin çevresel ve insan sağlığı açısından etkileri,” *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 19, sayı. 2, ss. 543–553, 2017.
- [9] T. Ekemen Keskin, F. Girişen ve Z. Başbüyük, “Yer altı sularında arsenik kirliliği: Kaman (Kırşehir, Türkiye) örneği,” Uluslararası Su ve Atıksu Arıtma Teknolojileri Sempozyumu (ISHAD 2018), Kırşehir, Türkiye, 06-07 Aralık, 2018.
- [10] R. Çelik, “Diyarbakır tarihi Sur Bölgesinin yeraltısuyu potansiyelinin incelenmesi,” *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, c. 8, sayı. 2, ss. 693–704, 2017.



- [11] E. Topçu ve İ. Taş, “Sulama suyu kalitesi açısından Çanakkale–Biga Ovası yeraltı sularının durumu,” *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU J. Agric. Fac.)*, c. 8, sayı. 1, ss. 38–47, 2020.
- [12] R. Bakış, H. Koyuncu, A. Özkan, M. Banar, G. Yılmaz ve E. Yörükoğulları, “Porsuk Havzası yüzeysel ve yeraltı suyu kirlilik düzeyinin belirlenmesi,” *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 12, sayı. 2, ss. 159–168, 2011.
- [13] A. Bildik ve L. Baş, “Investigation of nitrate, nitrite pollution levels and organic matter amounts of artesian waters of Aydın region,” *Animal Health Prod and Hyg*, vol. 11, no. 2, pp. 103–110, 2022.
- [14] Ö. Özdestandan ve A. Üren, “Gıdalarda nitrat ve nitrit,” *Akademik Gıda*, c. 8, sayı. 6, ss. 35–43, 2010.
- [15] M. H. Ward, R. R. Jones, J. D. Brender, T. M. de Kok, P. J. Weyer, B. T. Nolan, C. M. Villanueva ve S. G. van Breda, “Drinking water nitrate and human health: An updated review,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 7, pp. 1–31, 2018.
- [16] E. Olhan ve Y. Ataseven, “Türkiye’de içme suyu havza alanlarında tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirliliği önlemeye yönelik yasal düzenlemeler,” *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, c. 6, sayı. 2, ss. 177–186, 2009.
- [17] Ö. Erdoğan, B. Karakaş ve M. Zeybek Yünlü, “Karpuz Çayı (Antalya) su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere göre belirlenmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, c. 17, sayı. 2, ss. 225–236, 2022.
- [18] N. Doğan-Sağlamtimur ve B. Sağlamtimur, “Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 7, sayı. 1, ss. 1–14, 2018.
- [19] Ş. Tulun ve M. Bilgin, “Sızıntı sularında çeşitli kirleticilerin elektrokoagülasyon yöntemiyle gideriminin incelenmesi,” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 23, sayı. 9, ss. 1055–1058, 2017.
- [20] B. Gemici, C. Yücedağ, E. Karakoç ve D. Algur, “Kuyu suyunda bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi: Bartın örneği,” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 6, sayı. 1, ss. 32–40, 2015.
- [21] B. Erol Nalbur ve E. Karaelli, “Petrol içeren atık suların arıtılabilirliği ve arıtım sisteminin tasarlanması,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, c. 24, sayı. 1, ss. 123–133, 2019.
- [22] S. Tokmak ve S. Köseoğlu, “Yeraltı sularında nitrat kirliliği,” *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 13, sayı. 1, ss. 62–89, 2000.
- [23] B. Cüre, “Kimyasal ve organik gübrelerin çevre üzerine etkisi,” *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, c. 3, sayı. 2, ss. 75–83, 2022.
- [24] M. K. Gökkuş, M. C. Bağdatlı ve H. İ. Oğuz, “Yeraltı sularının ağır metal ve sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi ve mekânsal olarak haritalandırılması: Nevşehir-Gülşehir ilçesi örneği,” *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 14, sayı. 1, ss. 64–81, 2024.
- [25] A. Alver ve E. Baştürk, “Karasu Nehri su kalitesinin farklı su kalite indeksleri açısından değerlendirilmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 23, sayı. 2, ss. 488–497, 2019.

- [26] M. Yılmaz, “Türkiye’de yeraltı suları yönetiminin yasal ve kurumsal açıdan incelenmesi,” *DÜSBED – Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 13, sayı. 27, ss. 1–10, 2021.

*Copyright © 2025 Şaki Kocaman and Çelik. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).*