

Ordu ili yüzey suyu kaynaklarının kalitesinin farklı su kalite indeksleri ile değerlendirilmesi

Evaluation of the quality of surface water resources in Ordu province with different water quality indices

Arzu FIRAT ERSOY*¹ , Boubacar SIDIKI TONDE² 

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

²Thomas Sankara Üniversitesi/ Tenkodogo Üniversitesi Merkezi (CUT), 12 BP 417 Ouagadougou 12, Saaba, Burkina Faso

• Geliş tarihi / Received: 09.03.2025

• Kabul tarihi / Accepted: 24.08.2025

Öz

Bu çalışma, Ordu ilindeki yüzey suyu kaynaklarının su kalitesini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, 2023 yılı şubat ayında 15 noktada örnekleme yapılarak fiziksel, inorganik kimyasal parametreler, organik parametreler, iz elementler ve bakteriyolojik parametreler analiz edilmiştir. Ayrıca yüzey sularının kalitesinin zaman içindeki değişimini incelemek için 1995-2019 yılları arasındaki analiz sonuçları DSİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Hidrokimyasal analiz sonuçlarına göre sular Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipindedir. Yüzey sularının su kalitesini belirlemek için ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi ve ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi hesaplanmıştır. Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre; 2023 yılı şubat ayı analiz sonuçları için su kalite indeksi 11,97-167,25 arasındadır. Buna göre su örnekleri “içme için uygun olmayan”, “iyi kalite” ve “mükemmel kalite” sınıflarında yer almaktadır. 2013-2019 yılları arasındaki analizler kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre ise örneklerin büyük çoğunluğu “mükemmel kalite” ve “iyi kalite” sınıflarındadır. Ulusal sanitasyon vakfı su indeksine göre; 2023 yılı şubat ayı analiz sonuçları için su kalite indeksi 56,72-73,97 arasında değişmektedir. Buna göre su örnekleri “orta kalite” ile “iyi kalite” sınıflarında yer almaktadır. 1995-2019 yılları arasındaki analizler kullanılarak hesaplanan ağırlıklı ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi de benzer şekilde “orta kalite” ile “iyi kalite” sınıflarındadır. Elde edilen bulgular, Ordu ilindeki yüzey sularının genel olarak “iyi” ve “mükemmel” kalite sınıflarında yer aldığını göstermektedir. Ancak bazı noktalarda su kalitesinin “orta” ve “içme için uygun olmayan” seviyelere düştüğü görülmüştür. Bu nedenle, yüzey sularının kalitesinin sürdürülebilirliği için düzenli izleme çalışmalarının sürdürülmesi, olası kirlilik kaynaklarının belirlenerek kontrol altına alınması ve su yönetim stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ordu, Su kalitesi, Su kalite indeksi, Yüzey suyu kaynakları

Abstract

This study aims to determine the water quality of surface water resources in Ordu. In this context, physical, inorganic chemical parameters, organic parameters, trace elements and bacteriological parameters were analysed by sampling at 15 points in February 2023. In addition, in order to examine the change in the quality of surface waters over time, the analysis results between 1995-2019 were obtained from the General Directorate of State Hydraulic Works. According to the results of hydrochemical analyses, the waters are Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ type. Weighted arithmetic water quality index and National Sanitation Foundation water quality index were calculated to determine the water quality of surface waters. According to the weighted arithmetic water quality index in February 2023 is between 11.97-167.25. Accordingly, the water samples are classified as 'unsuitable for drinking', 'good quality' and 'excellent quality'. According to the weighted arithmetic water quality index calculated using the analyses between 2013-2019, the majority of the samples are in the 'excellent quality' and 'good quality' classes. According to the national sanitation foundation water index; in February 2023 varies between 56.72-73.97. Accordingly, the water samples are in the 'medium quality' and 'good quality' classes. The weighted national sanitation foundation water quality index calculated using the analyses between 1995-2019 is similarly in the 'moderate quality' to 'good quality' classes. The findings obtained show that the surface waters in Ordu province are generally in the 'good' and 'excellent' quality classes. However, at some points, it was observed that the water quality decreased to 'moderate' and 'unsuitable for drinking' levels. Therefore, it is recommended that regular monitoring studies should be continued for the sustainability of the quality of surface waters, possible pollution sources should be identified and controlled and water management strategies should be developed.

Keywords: Ordu, Water quality, Water quality parameters, Surface water sources

*Arzu FIRAT ERSOY, arzufirat@gmail.com.com

1. Giriş

1. Introduction

Günümüzde içme suyu eksikliği daha çok kurak bölgelerde görülse de su kalitesinin bozulması küresel ölçekte yaygın bir sorundur. Yeraltı ve yüzey sularının insan faaliyetleri nedeniyle kirlenmesi giderek daha büyük bir endişe kaynağı haline gelmektedir. Kentleşme, sanayileşme, tarımsal faaliyetler (gübre ve pestisit kullanımı dâhil), madencilik ve kıyı bölgelerde deniz suyu girişi, günümüzün en önemli su kirliliği nedenleri arasındadır. Ancak, içme suyunun güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için belirli kimyasal ve mikrobiyolojik standartlara uygun olması gerekmektedir (Tonde, 2023).

Su, tüm canlılar için hayati öneme sahip olup, ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından da kritik bir kaynaktır. Ancak, artan nüfus, sanayileşme, tarımsal faaliyetler ve iklim değişikliği gibi faktörler su kaynaklarının miktarını ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle yüzey suları, insan faaliyetlerinden doğrudan etkilendiği için su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Su Kalite İndeksi (WQI), suyun kalitesini belirlemek için belirli standart parametrelerin kullanılmasıyla elde edilen bir değerdir. Bu indeksin temel amacı, farklı birimlere sahip çeşitli su kalite parametrelerini tek bir değere indirerek, suyun genel durumunu daha anlaşılır hale getirmektir. Böylece, su kalitesi konusunda uzman olmayan kişi ve kurumlar da suyun durumu hakkında bilgi edinebilir ve verileri kolay, hızlı ve anlaşılır bir şekilde kullanabilir (Tonde, 2023). Su kalite indeksi kavramı ilk olarak Horton (1965) tarafından ortaya atılmış, daha sonra Brown vd. (1970) tarafından Genel Su Kalite İndeksi geliştirilmiştir. Zamanla, farklı kullanım amaçlarına yönelik çeşitli su kalite indeksi hesaplama yöntemleri geliştirilerek özel alanlarda uygulanmaya başlanmıştır.

Su kalitesi genel olarak bir su kütlesinin içinde bulundurduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bütünüdür. Su kirliliğinin önlenmesinde su kalite parametrelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Doğan Demir vd., 2016). Su kalitesinin değerlendirilmesinde geleneksel yöntemler, deneysel olarak belirlenen parametre değerlerinin ilgili yönetmelik ve/veya kılavuzlarla karşılaştırılmasına dayanır. Buna karşın, su kalitesi indeksleri (SKİ), veri hacmini önemli ölçüde azaltarak su kalitesinin genel durumunu daha sade ve anlaşılır bir şekilde ifade eden araçlardır (Alver & Baştürk, 2019).

Su Kalitesi İndeksi (WQI), suların genel kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan ve kolaylıkla hesaplanabilen tek bir sayısal değer sunan bir yöntemdir (Tsakiris, 2016). Bu yöntem, hızlı ve basit bir şekilde elde edilen bir değer ile ona karşılık gelen ölçek aracılığıyla su kalitesinin tanımlanmasını sağlar. WQI, çok sayıda su kalitesi parametresini bir araya getirerek, su kalitesini "çok iyi", "iyi", "zayıf" gibi anlaşılır kategorilerde ifade eder. Bu sayede, indeksten elde edilen veriler, karar vericiler ve paydaşlar için su kalitesine ilişkin hızlı ve etkili kararlar almada kolaylık sağlar (Lumb, 2011).

Şimşek vd. (2022) tarafından Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, akarsuların su kalitesinin çok zayıf, zayıf ve iyi kalite sınıflarında olduğu belirlenmiştir. Karadeniz kıyı illerinde yer alan ve ekonomik değerde su taşıyan akiferler günümüzde tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ve deniz suyu girişiminin etkisi altında kalmakta ve kalite açısından kirlenmektedir (Fırat Ersoy & Hassan, 2024). Ordu ili, Karadeniz kıyısında yer alması ve zengin su kaynaklarına sahip olması nedeniyle su kalitesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Ancak, şehirleşme, tarımsal gübre ve pestisit kullanımı, evsel ve endüstriyel atıkların su kaynaklarına karışması, yüzey sularının kalitesini tehdit eden başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Bu nedenle, Ordu ilindeki yüzey suyu kaynaklarının mevcut durumunun belirlenmesi, sürdürülebilir su yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Ordu ili yüzey suyu kaynaklarının su kalitesinin mevcut durumu belirlenerek, su kalitesi parametrelerinin zaman içindeki değişimi incelenmiştir. Bu amaca ulaşmak için iki farklı su kalite indeksi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bölgedeki su kaynaklarının korunması ve etkin yönetimi için önemli bir rehber niteliği taşıyacaktır.

2. Çalışma alanı

2. Study area

Ordu, Karadeniz Bölgesi'nin Orta ve Doğu Karadeniz bölümlerinde yer alan bir il olup, kuzeyde Karadeniz, batıda Samsun, doğuda Giresun, güneyde ise Tokat ve Sivas ile komşudur. Şehrin doğu ve güneydoğusu Giresun Dağları'nın uzantılarıyla engebeli bir yapıya sahipken, güney ve batı kesimlerinde Canik Dağları yükselmektedir. Dağlar, Karadeniz kıyısına paralel olarak uzanmaktadır. İl, $40^{\circ} 18' - 41^{\circ} 09'$ kuzey enlemleri ve $38^{\circ} 40' - 38^{\circ} 07'$ doğu boylamları arasında konumlanmaktadır (Şekil 1).

Güneyden Karadeniz'e doğru akan Akçaova Deresi, Ilıca Deresi, Bolaman Irmağı, Elekçi Deresi, Curi Deresi, Ceviz Deresi ve Akçay Deresi, Canik Dağları'nda derin vadiler oluşturarak akmaktadır. İlin en yüksek noktası, Giresun ve Sivas sınırlarının kesiştiği noktada yer alan 3107 metre yüksekliğindeki Karagöl Dağı'dır. Ordu'da yaylalar geniş yer kaplamakta olup, başlıca yaylalar arasında Çambaşı, Perşembe, Düздаğ ve Yedigözü yaylaları bulunmaktadır. Tipik Karadeniz iklimi etkisi altında bulunan ilde kışlar serin, yazlar ise ılık ve sıcak geçmektedir. Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonu verilerine göre 1927-2024 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık 14.6°C ; aylık toplam yağış ortalaması ise 1049.8 mm'dir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

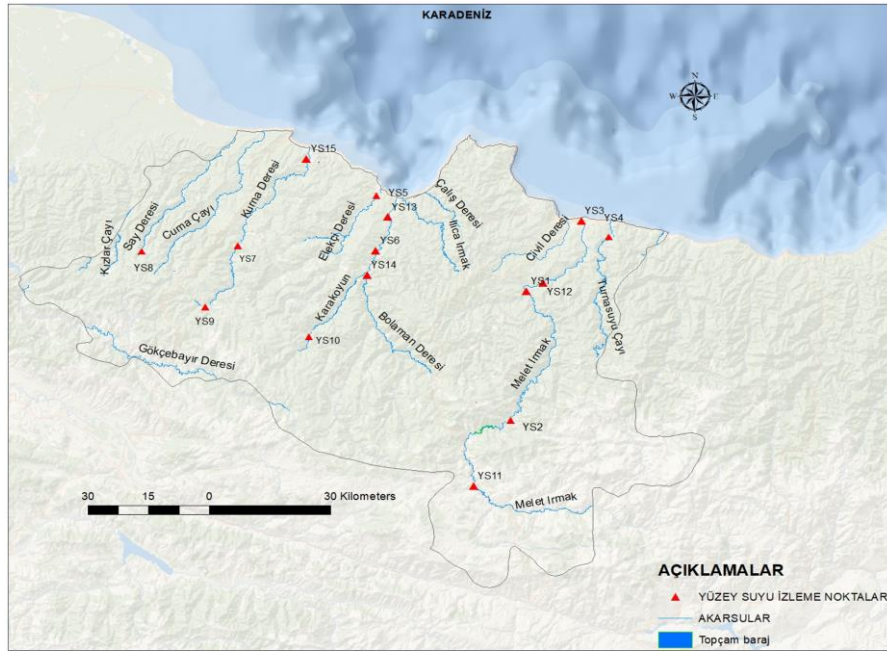
Figure 1. Location map of the study area

3. Materyal ve yöntem

3. Materials and methods

Çalışma alanındaki yüzey sularının mevcut durumunu incelemek amacıyla, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nden temin edilen verilere ait izleme noktalarından yararlanılarak yüzey suyu örnekleme yapılmıştır. Bu kapsamda, Ordu ilinde belirlenen yüzey suyu kaynaklarından, 2023 yılı şubat ayında, Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde (SKKY, 2004) belirtilen standartlara uygun olarak 15 farklı noktada su örnekleri toplanmıştır. Örnekleme için kilit kapaklı polietilen şişeler kullanılmıştır. Şişeler yüzey suyunun alındığı su ile en az iki kez çalkalanmış ve üzerinde boşluk kalmayacak şekilde tamamen doldurulmuştur (Şekil 2).

Arazi çalışmaları sırasında, suyun fiziksel parametreleri yerinde ölçülmüş, alınan su numuneleri ise detaylı analizler için Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) Laboratuvarı ile Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Su örnekleri üzerinde, arazi çalışmalarında yerinde fiziksel parametreler ölçülmüş ve alınan su numuneleri, OSKİ Laboratuvarı ile Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Laboratuvarı'nda fiziksel ve kimyasal parametreler, organik parametreler, kirlilik parametreleri ve bakteriyolojik parametreler analiz edilmiştir. Fiziksel parametrelerin ölçülmeleri için HQ440D – Multi masa üstü cihazı, pH için elektrot kullanılmıştır. Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ analizleri için Spektrofotometri yöntemi, HCO_3^- ve CO_3^{2-} kimyasal analizler için titrasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu analizler, su kalitesinin belirlenmesi ve standartlara uygunluğunun değerlendirilmesi için yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak su kalite indeksleri belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanında yüzey suyu örnekleme noktaları
Figure 2. Surface water sampling points in the study area

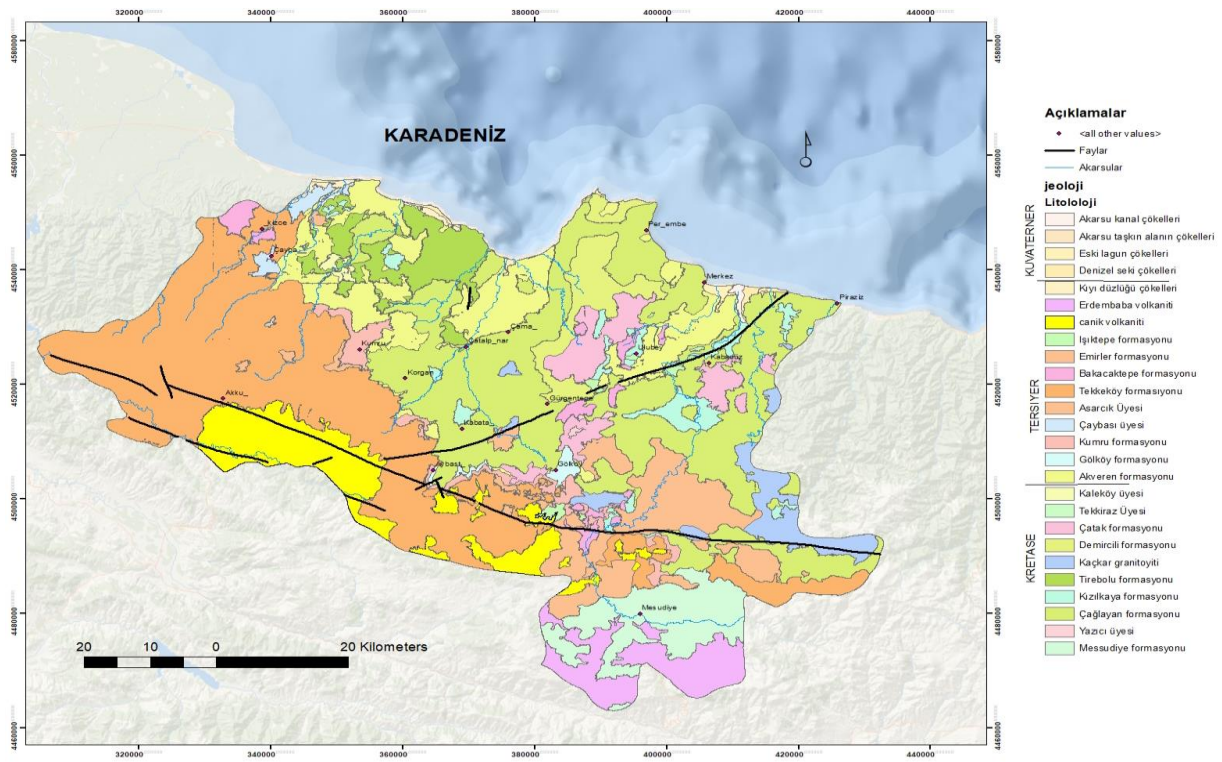
4. Jeoloji ve hidrojeoloji

4. Geology and hydrogeology

Çalışma alanı olan Ordu ili, Türkiye'nin kuzey-kuzeydoğusu boyunca uzanan ve Doğu Karadeniz Dağları olarak adlandırılan bölgede yer almaktadır. Alpin dağ oluşum sisteminin bir uzantısı olan Doğu Pontidler, [Gedikoğlu vd. \(1979\)](#) ile [Özsayar vd. \(1981\)](#) tarafından kuzey ve güney zon olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Daha sonra, Bektaş ve diğ. (1995) tarafından litolojik farklılıklara göre üç bölüme ayrılarak Kuzey Zon, Eksen Zon ve Güney Zon olarak adlandırılmıştır. Bu zonlardan Kuzey Zon, ağırlıklı olarak Eosen yaşlı volkanik ve volkano-tortul kayalarla oluşmaktadır. Güney Zon metamorfik kayalarla karakterize edilirken, Eksen Zon ise mafik ve ultramafik kayaların yaygın olduğu bir bölgedir ([Bektaş vd., 1995](#)).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde; tabanda bazalt, andezit ve piroklastları ile kumtaşı, kırmızı kireçtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve tüfit ara seviyelerinden oluşan Mesudiye Formasyonu bulunmaktadır. Bu birimin üzerinde dasit-dasitik tüf, bentonitleşmiş dasitik tüf ve bentonitlerden oluşan Erkiz Üyesi, aglomera, tüfit, bazaltik-andezitik lav, kumtaşı, silttaşı, çakıltası, kıltaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşından oluşan Çağlayan Formasyonu yer almaktadır. Killi kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, tüf aralanmasından oluşan Yazıcı Üyesi, dasit, riyodasit, trakiandezit ve piroklastlarından oluşan Kızılkaya Formasyonu ve trakiandezit, andezit, riyodasit, dasit-riyodasit tüf-breş, bentonitleşmiş dasitik tüf, bentonitlerden oluşan Tirebolu Formasyonu bu birimlerin üzerinde yüzeylenmektedir. En üstte ise kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı aralanmasından oluşan Akveren Formasyonu, eski kumsal çökelleri, güncel akarsu çökelleri, eski alüvyon ve yeni alüvyon yer almaktadır ([Tonde, 2023](#)). Çalışma alanına ait jeoloji haritası Şekil 3'te verilmektedir.

Ordu ilindeki başlıca akarsular Turnasuyu Deresi, Melet Irmağı, Bolaman Çayı, Ceviz Deresi, Elekçi Irmağı ve Cura Deresi'dir. Bu akarsular, il topraklarında derin vadiler oluşturarak Karadeniz'e dökülmektedir. Bölgedeki en uzun akarsu olan Melet Irmağı, 161 km uzunluğa sahiptir ve Altınordu ilçesinden geçerek Ordu şehir merkezinin doğusundan Karadeniz'e ulaşır. Ayrıca, Melet Irmağı Doğu Karadeniz ile Orta Karadeniz bölümlerinin doğal sınırını oluşturur. Karadeniz'e döküldüğü noktada ise, Ordu merkezinin üzerinde yer aldığı küçük bir delta meydana getirmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA, 2004 yılı 1/25000 ölçekli haritalarından derlenmiştir)
Figure 3. Geological map of the study area (Compiled from MTA 1/25,000 scale maps from 2004)

Ordu ilinde bulunan ve yaşları Üst Kretase ile Kuvaterner arasındaki döneme kadar uzanan litolojik birimler, hidrojeolojik özelliklerine göre geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırma, bölgedeki suyun yer altına sızma kapasitesini ve yeraltısu potansiyelini belirlemek açısından önemli bir kriter oluşturmaktadır. Çalışma alanında en yüksek geçirimsizliğe sahip birimler, jeoloji haritasında akarsu ve denizel-lagüner çökeller olarak tanımlanan alüvyon karakterli birimlerdir. Kuvaterner yaşlı olan bu çökeller, birincil gözeneklilik özelliği göstererek suyun kolayca geçişine imkân tanımaktadır.

Ordu il merkezi ve çevresindeki Melet, Civil, Akçaova ve Turnasuyu Dereleri, Fatsa'da Bolaman ve Elekçi Dereleri, Ünye'de ise Curi ve Ceviz Dereleri, alüvyal dolgular oluşturarak, ildeki önemli yeraltısu akiferlerini meydana getirmektedir. Bu dereler tarafından taşınan alüvyonlar, yeraltısu depolama kapasitesine sahip olup, bölgedeki su kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

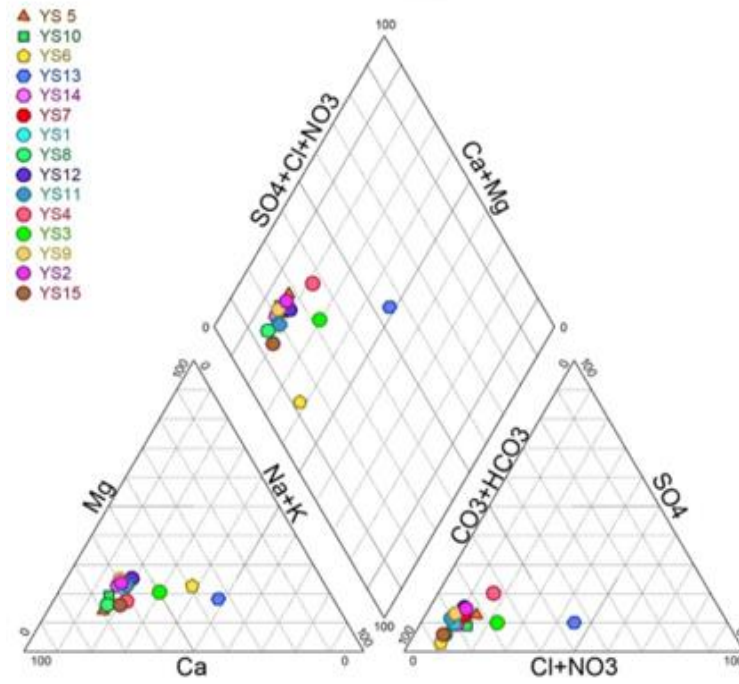
5. Hidrojeokimya

5. Hydrogeochemistry

Çalışma alanındaki yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, 2023 yılı Şubat ayında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, DSİ ve OSKİ tarafından sürekli izlenen Ordu ilinin içme suyu kaynaklarına ait kalite izleme noktalarından 15 farklı noktada su örnekleri toplanmıştır. Alınan numuneler üzerinde DO, EC, PH, T, TDS, Ca, K, Na, Mg, SO₄, Cl, HCO₃, NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, BOİ, KOİ, As, Se, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb, Zn, Al, Fe, Ni, Co ve Mo parametreler analiz edilmiştir.

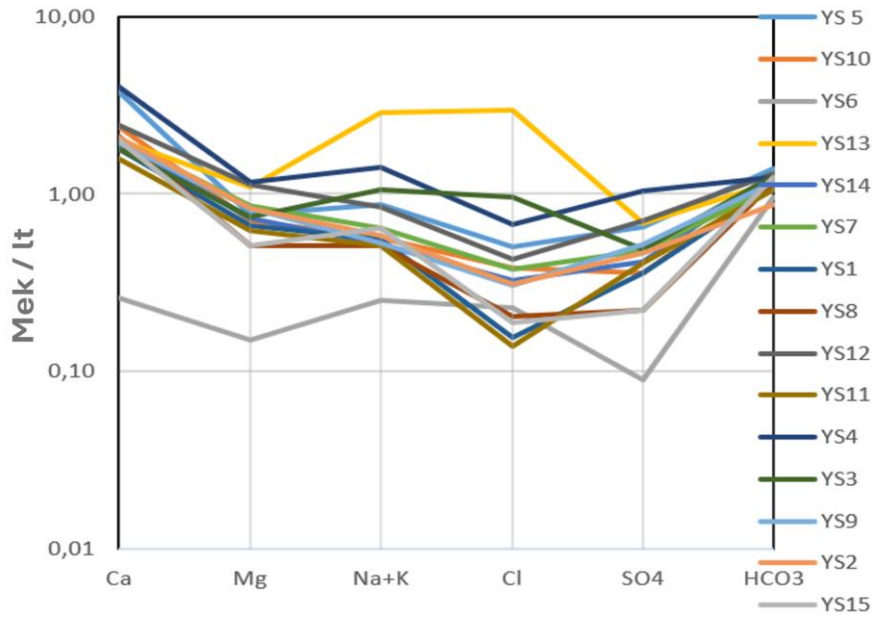
Ayrıca, yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin geçmiş yıllardaki durumunu ve zaman içindeki değişimini değerlendirmek amacıyla, 1995-2019 yılları arasında DSİ tarafından gerçekleştirilen su kalite analiz verileri incelenmiştir.

Şubat 2023'te alınan yüzey suyu analiz sonuçlarına göre oluşturulan Piper diyagramı, çalışma alanındaki yüzey sularının Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi arasında değiştiğini göstermektedir (Şekil 4). Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre ise analiz edilen suların (YS13 nolu örnek hariç) Ca²⁺ ve HCO₃⁻ iyonları açısından en yüksek değerleri sergilediği belirlenmiştir (Şekil 5). Bu durum, yüzey sularının ana bileşenlerinin bikarbonat (HCO₃⁻) ve kalsiyum (Ca²⁺) iyonları olduğunu göstermektedir. YS13 numune noktasında ise ana bileşenler Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarıdır.



Şekil 4. Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Piper diyagramına göre sınıflandırılması

Figure 4. The surface waters sampled in the study area during February 2023 were classified according to the Piper diagram



Şekil 5. Çalışma alanında 2023 yılı Şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Schoeller diyagramı

Figure 5. Schoeller diagram of surface waters sampled in February 2023 in the study area

5.1. Yüzey sularının su kalite indeksleri

5.1. Water quality indices of surface waters

Çalışma kapsamında Ordu ilinde 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait hidrokimyasal analiz sonuçları ve yüzey suyu kalitesi izleme noktalarının geçmiş yıllara ait hidrokimyasal analiz sonuçları kullanılarak su kalite indeksi belirlenmiştir. Çalışma alanındaki yüzey suları için ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi (AWWQI) ve ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) değerleri hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

5.1.1. Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

5.1.1.1. Weighted arithmetic water quality index

Ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi, su kalitesini yaygın olarak ölçülen su kalitesi değişkenlerini kullanarak saflık derecesine göre sınıflandırmakta ve buna göre su kalite indeksi tanımlamaktadır (Bilgin, 2018).

Ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$WAWQI = \frac{\sum Qi \cdot Wi}{\sum Wi} \quad (1)$$

Her parametre değeri için kalite değerlendirme ölçeği (Qi) denklem kullanılarak hesaplanır:

$$Qi = 100 \times (V_i - V_0) / (S_i - V_0) \quad (2)$$

V_i , analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin konsantrasyonudur.

V_0 , bu parametrenin saf suda bulunan ideal değeri

S_i , analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin standart değeridir.

Her su kalitesi parametresi için ağırlık (W_i), denklem kullanılarak hesaplanır:

$$W_i = K / s_i \quad (3)$$

Burada, K = orantı sabiti ve denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$K = 1 / (\sum 1/s_i) \quad (4)$$

Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre yapılan sınıflandırma Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi sınıflaması
Table 1. Weighted arithmetic water quality index classification

WAWQI Değerleri	Kalite sınıfı	Sınıflama
0-25	Mükemmel	A
26-50	İyi	B
51-75	Orta	C
76-100	Kötü	D
>100	İçme amacı için uygun değil	E

Bu çalışmada kullanılan su kalite indeksleri, Global İçme Suyu İndeksi Geliştirme ve Hassasiyet Analizi için belirlenen parametreler temel alınarak oluşturulmuştur. Seçilen parametreler, su kalitesine ilişkin temel kabul edilebilirlik ve sağlık kriterlerini doğru şekilde yansıtacak şekilde özenle belirlenmiştir (Tablo 1). Bu parametreler için standart değerler olarak, Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) tarafından belirlenen sınır değerler esas alınmıştır.

Çalışma kapsamında Ordu ilinde 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının analiz sonuçları ve yüzey su izleme istasyonlarına ait geçmiş yıllara ait analiz sonuçları kullanılarak tüm izleme istasyonlarının ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir.

2023 yılı Şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçlarına göre belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri 11,97 ile 167,25 arasında değişmektedir. En düşük su kalite indeksi değeri YS4 (Ordu Merkez) noktasında, en yüksek değer ise YS12 (Melet Irmağı) noktasında tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, YS4 örnekleme noktası en iyi su kalitesine sahip, YS12 ise en kötü su kalitesine sahip noktadır (Tablo 2).

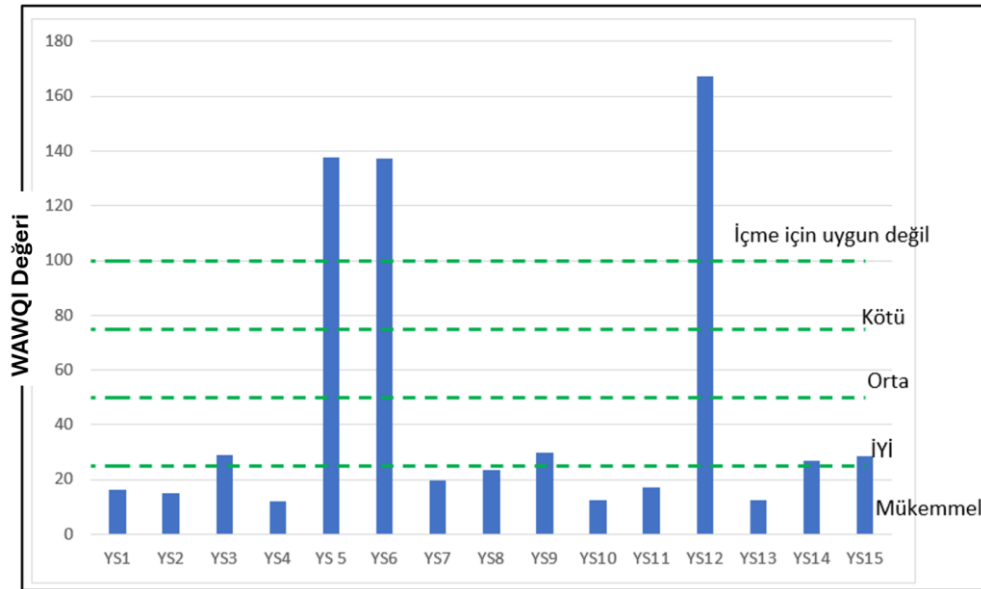
Tablo 2. 2023 yılı şubat ayı yüzey suyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi parametreleri (Qi)**Table 2.** Weighted arithmetic water quality index parameters determined for 2023 February surface water analysis results (Qi)

No	pH	As	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Al	Fe	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Cl	Ni	AWWQI	Sınıfı
YS1	54	3.85	0.7	0.13	49.8	2.1	1.9	23.8	13.6	124	16.4	24.2	6.9	2.2	5.1	16.2	M
YS2	34.8	7.31	1.02	0.09	7.6	1.4	1.2	8.8	5.8	200	28	4.8	8.8	4.4	4.4	15.1	M
YS3	50.4	4.41	0.55	0.06	16.1	0.2	0.7	12.8	14.4	200	26.2	18.7	9.3	13.6	2.8	28.8	İ
YS4	44	11.79	2.06	0.08	0.9	0.8	1.3	20.7	21.6	182	42.8	22	20	9.5	7.7	11.9	M
YS5	62.4	3.31	1.45	0.06	11	1.3	1.3	11.1	8.9	160	30	32.4	12.4	7.2	7.8	137.5	UD
YS6	7.2	0.73	0.17	0.02	4.8	0.3	0.8	6.9	25.6	206	25.6	5.3	1.7	3.2	6	137.1	UD
YS7	42	7.84	1.25	0.04	3.1	0.2	0.6	8.7	8.5	244	27.2	7.1	9.1	5.3	3.9	19.8	M
YS8	48.4	3.96	0.63	0.1	16.4	2.8	1.7	49.4	32.6	144	16.8	16.3	4.2	2.8	7.4	23.6	İ
YS9	48	6.29	0.43	0.05	13.9	0.5	0.8	14.8	17.2	180	27.2	18.2	13.1	41.9	4.1	29.9	İ
YS10	65.2	8.39	1.09	0.27	29.6	2.8	2.5	34.7	19.2	140	26.8	22.9	6.8	5.4	5.2	12.6	M
YS11	49.2	3.64	0.92	0.07	33.1	1.8	0.8	45.3	41.1	212	16.2	18.2	7.7	1.9	3.1	17.1	M
YS12	53.2	29.13	1.32	0.06	5.4	1.4	0.7	12.6	13.7	176	28.4	5.2	13.5	6.1	5.3	167.2	UD
YS13	57.6	8.39	1.09	0.27	29.6	2.8	2.5	34.7	19.2	140	26.8	4.7	9.9	4.3	5.2	12.6	M
YS14	42	3.41	0.82	0.06	16.1	0.4	1.1	13.3	13.1	200	26.6	17.1	7.9	4.6	3.3	26.9	İ
YS15	47.2	4.96	0.5	0.11	9.1	1.2	1.8	147.6	43.8	226	16.6	18.4	4.2	2.6	5.3	28.5	İ

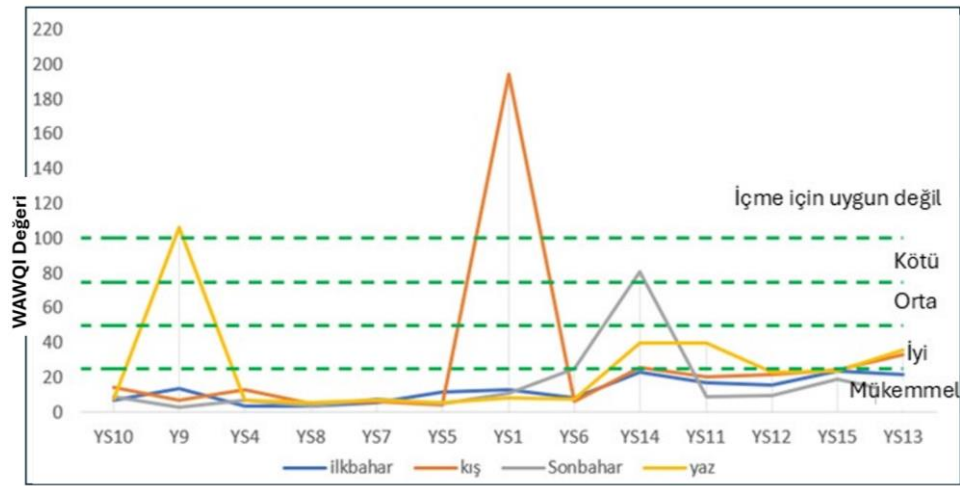
M: Mükemmel, İ: İyi, UD: İçme Amacı İçin Uygun Değil

Örnekleme noktalarına göre yapılan sınıflandırmada:

YS3, YS8, YS9, YS14 ve YS15 noktalarındaki sular “iyi kalite”, YS1, YS2, YS4, YS7, YS10, YS11 ve YS13 noktalarındaki sular “mükemmel kalite”, YS5, YS6 ve YS12 noktalarındaki sular ise “içme suyu amacıyla kullanıma uygun olmayan” sınıfta yer almıştır (Şekil 6).

**Şekil 6.** 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri**Figure 6.** Using the results of surface water analyses sampled in 2023 February calculated weighted arithmetic water quality indices

2013-2019 yılları arasında yapılan yüzey suyu analiz sonuçları, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için ayrı ayrı değerlendirilerek ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değerleri belirlenmiştir. Bu değerlendirmeye göre, 2013-2019 yılları arasında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değerleri tüm mevsimler için 0,32 ile 606,64 arasında değişmektedir. En düşük ve en yüksek su kalite indeksi değerleri, 2013 yılı yaz ve kış dönemlerinde YS1 ve YS9 örnekleme noktasında tespit edilmiştir (Şekil 7). İlkbahar mevsiminde yapılan hidrokimyasal analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre tüm yüzey suyu ölçüm noktaları “mükemmel” kalite su sınıfında, yaz mevsiminde YS9 noktası “kötü”, diğer örnek noktaları “iyi” ve “mükemmel” kalite su sınıfında, sonbahar mevsiminde YS14 noktası “kötü” ve diğer örnek noktaları “mükemmel” kalite su sınıfında, kış mevsiminde YS1 örnek noktası “içme için uygun değil”, diğer noktalar “mükemmel”, “iyi” kalite su sınıfında yer almaktadır.



Şekil 7. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

Figure 7. Weighted arithmetic water quality index prepared according to the seasons of the results of the analyses performed between 2013-2019

5.1.2. Amerikan Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi

5.1.2. American National sanitation foundation water quality index

Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi; Amerikan Ulusal Sağlık Kuruluşu (National Sanitation Foundation) tarafından 1970 senesinde farklı su kütleleri üzerinde de uygulanabilecek şekilde geliştirilmiş standart bir su kalite indeksidir (Brown, 1970). Daha sonra ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksinin geliştirilmesi çalışmalarında en önemli olan 11 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler önem sırasına göre; çözülmüş oksijen (DO), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), bulanıklık, toplam katı madde (TDS), nitrat, fosfat, ph, sıcaklık, fekal koliform, pestisit ve toksik elementlerdir. Daha sonra her parametre için derişim-değer grafiği oluşturularak ölçümler ile su kalitesi seviyesi değişiminin en iyi görüldüğü eğriler elde edilmiştir. Pestisit ve toksik elementleri için derişimin 0,1 mg/l'yi geçmesi durumunda su kalite indeksinin sıfır değeri verdiği belirlenmiş ve bu iki parametre dışında kalan 9 parametre ile su kalite indeksinin belirlenmesine devam edilmiştir.

Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$NSF - WQI = \sum_{i=1}^n QiWi \quad (5)$$

Burada; Qi = i numaralı su kalitesi parametresi için ölçülen değer, alt indeks değeri, Wi = i numaralı su kalite parametresinin ağırlık faktörü, n = su kalitesi parametrelerinin sayısını ifade etmektedir.

Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksinde kullanılan parametreler Tablo 3'te, su kalite sınıfları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 3. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksinde kullanılan parametreler
Table 3. Parameters used in the national sanitation foundation water quality index

Parametreler	Etki Faktörü
Çözülmüş Oksijen	0.17
Fekal Koliform	0.16
pH	0.11
BOİ (5-gün)	0.11
Nitrat	0.10
Fosfat	0.10
Sıcaklık	0.10
Bulanıklık	0.08
Toplam Katı Madde	0.07
Toplam	1.00

Tablo 4. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi sınıflaması**Table 4.** National sanitation foundation water quality index classification

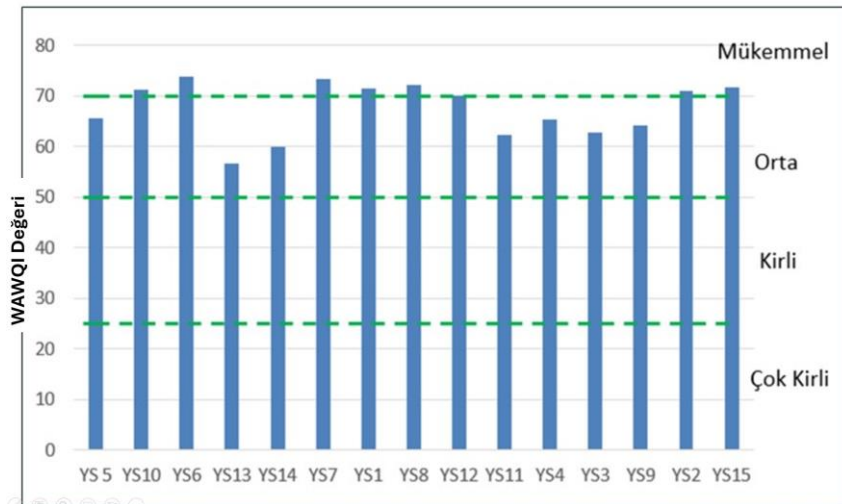
NSF-WQI Değerleri	Kalite Sınıfı
90,1-100	Mükemmel
70,1-90	İyi
50,1-70	Orta
26-50	Kirli
0-25	Çok Kirli

2023 yılı Şubat ayında örneklenen yüzey sularının Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi'ne göre değerleri 56,72 (orta kalite) ile 73,97 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En düşük su kalite indeksi YS13 istasyonunda, en yüksek su kalite indeksi ise YS6 istasyonunda belirlenmiştir (Tablo 5).

İstasyonların kalite sınıflandırmasına göre: YS10, YS6, YS7, YS1, YS8 ve YS12 istasyonları “iyi kalite”, YS5, YS13, YS14 ve YS11 istasyonları ise “orta kalite” su sınıfında yer almaktadır (Şekil 8).

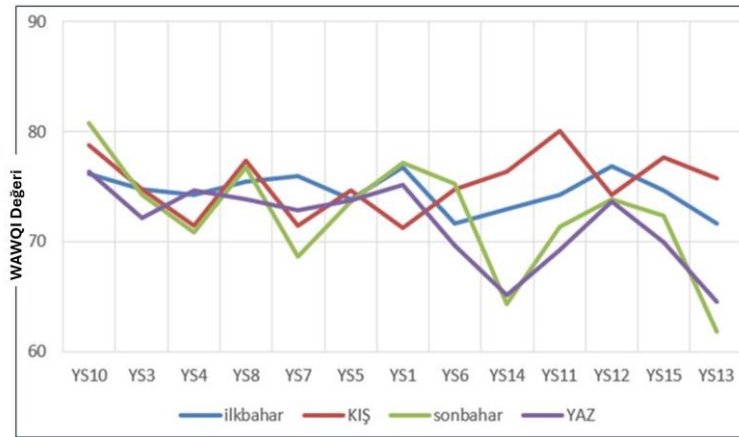
Tablo 5. 2023 yılı şubat ayı yüzey suyu analiz sonuçları için hesaplanan ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi parametreleri**Table 5.** National sanitation foundation water quality index parameters calculated for 2023 February surface water analysis results

İstasyon	BOD5	DO	NO3	PO4	pH	T	TDS	Turb.	Col.	NSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS1	6.5	16.83	5.64	9.6	6.7	3.1	6.56	5.76	10.95	71.64	İyi
YS2	6.3	16.15	11.52	9.6	8.7	3.2	4.24	0.4	10.95	71.06	İyi
YS3	6.5	16.15	6.6	9.5	7	2.4	5.84	6.32	2.4	62.71	Orta
YS4	6.3	15.81	5.88	9.4	8	3.1	5.84	2.32	8.85	65.5	Orta
YS 5	4.8	16.83	5.04	9.1	6.3	2.9	6.4	5.2	9	65.57	Orta
YS6	6.5	16.66	11.4	9.6	9.3	2.6	5.6	3.76	8.55	73.97	İyi
YS7	4.8	16.15	11.28	9.6	8	2.9	6.56	4.56	9.45	73.3	İyi
YS8	6	16.83	6.84	9.3	7	3.1	6.4	6.32	10.5	72.29	İyi
YS9	6	16.15	11.52	9.7	6.8	2.5	4.24	4.08	3.3	64.29	Orta
YS10	6.5	16.66	6	9.4	5.7	2.8	6.88	6.8	10.65	71.39	İyi
YS11	9	16.49	6.6	9.8	7	3.2	5.36	2.56	2.4	62.41	Orta
YS12	6.5	16.83	11.4	9.5	6.7	2.9	6.64	6.4	3.3	70.17	İyi
YS13	6.5	16.66	6.6	9.8	7	2.9	1.6	2.96	2.7	56.72	Orta
YS14	6.5	16.83	6.72	9.7	8	2.9	5.44	1.84	2.1	60.03	Orta
YS15	6.5	16.15	6.6	9.2	7	2.4	6.16	6.4	11.25	71.66	İyi

**Şekil 8.** 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksleri**Figure 8.** Using the results of surface water analyses sampled in 2023 February calculated national sanitation foundation water quality indices

1995-2019 yılları arasında yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi değerleri 54,7 ile 84,95 arasında değişmektedir (Şekil 9). En düşük su kalite indeksi, 54,7 değeri ile 2019 yılı sonbahar mevsiminde YS13 istasyonunda ölçülmüştür. En yüksek su kalite indeksi, 84,95 değeri ile 2013 yılı kış mevsiminde YS10 istasyonunda alınan yüzey sularına aittir.

1995-2019 yılları arasında yapılan yüzey suyu analiz sonuçları, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri ayrı ayrı değerlendirilerek ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi değerleri belirlenmiştir. İlkbahar mevsiminde yapılan hidrokimyasal analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksine göre tüm yüzey suyu ölçüm noktaları “iyi” kalite, kış mevsiminde “orta” ve “iyi” kalite, sonbahar ve kış mevsiminde “iyi” kalite su sınıfında yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi

Figure 9. National sanitation foundation water quality indexindex prepared according to the seasons of the results of the analyses performed between 2013-2019

6. Sonuçlar ve öneriler

6. Conclusions and recommendations

Bu çalışma Ordu ili yüzey suyu kaynaklarının su kalitesini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2023 yılı şubat ayında DSİ ve OSKİ'nin Ordu ilinin su kaynakları kalite izleme istasyonlarına ait 15 noktada su örnekleme yapılarak hidrokimyasal analizler yapılmıştır. Ayrıca 1995-2019 yılları arasında DSİ tarafından yapılan su analizlerine ait sonuçlar da değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm analiz sonuçları kullanılarak ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi ve ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi hesaplanmış ve yüzey suyu kaynaklarına ait su kalitesi belirlenmiştir.

2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre, bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin standartlarda verilen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. YS13 (Bolaman Çayı) örnek noktasında TDS değeri ve YS4 (Ordu Merkez göleti) örnek noktasında nitrit değeri Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerlerinden yüksektir. Tüm yüzey suların izleme noktalarına ait amonyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'da belirlenen sınır değer üstünde bulunmaktadır. YS15 (Ünye) örnek noktasında alüminyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'da belirlenen sınır değer üstünde bulunmaktadır. YS12 (Çatalkaya DSİ AĞI Merkez Ordu), YS5 (Fatsa) ve YS6 (Bolaman Çayı) örnek noktalarında cıva düzeyleri (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü'nde belirlenmiş sınır değerlerden (0,001mg/l) daha yüksektir. Yüksek iyon içerikleri bölgede sürdürülen yoğun tarımsal ve antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.

2023 yılı şubat ayı analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre YS5, YS6 ve YS12 örnekleme noktalarına ait sular “içme amacı için uygun olmayan” su kalite sınıfında, diğer yüzey suyu kaynakları ise “mükemmel kalite” ve “iyi kalite” su sınıfı olarak belirlenmiştir. YS5, YS6 ve YS12 örnekleme noktalarına ait sular “içme amacı için uygun olmayan” su kalite sınıfındadır. Bu sular kirlenmiş sulardır. Ayrıca bu kalitedeki sular yüksek cıva içeriğine sahip olan sulardır. 1995-2019 yılları arasında DSİ tarafından yapılan su analiz sonuçları kullanılarak ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Yüzey suyu örnekleri; ilkbahar mevsimi için

hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre “mükemmel kalite”; yaz mevsimi için “mükemmel kalite”, “iyi kalite” ve “kötü kalite”; sonbahar mevsimi için “mükemmel kalite” ve kış mevsimi için ise “mükemmel kalite” ve “iyi kalite” su sınıflarında belirlenmiştir. 2023 yılı şubat ayı analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksine göre tüm su örnekleri “orta kalite” ve “iyi kalite” su kalite sınıfında yer almaktadır.

Yüzey suyu kaynaklarında su kalitesinin belirlenmesi hem halk sağlığının korunması hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Temiz ve güvenli su temini, yalnızca içme suyu ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda tarımsal sulama ve endüstriyel üretim süreçlerinin etkin ve güvenilir bir şekilde sürdürülebilmesi için de gereklidir. Bu bağlamda, yüzey sularında gerçekleştirilen mevsimsel kalite izleme çalışmaları, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini desteklemenin yanı sıra potansiyel kirlenme eğilimlerinin erken tespiti açısından da büyük bir öneme sahiptir.

Teşekkür

Acknowledgement

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FDK-2020-8816 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir. Ayrıca yazarlar Devlet Su İşleri 75. Şube Müdürlüğü çalışanı Jeoloji Mühendisi Yekta YÜKSEL’e saha ve laboratuvar çalışmaları konusunda yapmış oldukları katkılardan dolayı ve Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) Laboratuvarı’na analizlerin yapılması konusundaki desteklerinden dolayı teşekkür ederler. Yazarlar makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı editör ve hakemlere teşekkür ederler.

Kaynaklar

References

- Alver, A., & Baştürk, E. (2019). Karasu Nehri su kalitesinin farklı su kalite indeksleri açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 488-497.
- Bilgin, A. (2018). Water quality index and applications. *Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology*, 4 (2), 161-170.
- Doğan Demir, A., Şahin, Ü., Demir, Y. (2016). Murat Nehri su kalite parametrelerinin trend analizi ve tarımsal açıdan kullanılabilirliği. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 414-420.
- Horton, R.K. (1965). An index number system for rating water quality. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 37, 300-306.
- Lumb A., Sharma T. C. et al. (2011a). A review of genesis and evolution of water quality index (wqi) and some future directions. *Water Quality Exposure and Health*, 3(1), 11-24.
- Lumb A., Sharma T.C. et al. (2011b). A comparative study of usa and Canadian water quality index models. *Water Quality Exposure and Health*, 3(3-4), 203-216.
- R. M. Brown et al. (1970). A water quality index—do we dare. *Water Sewage Works*, (117), 339- 343.
- Sıdık Tonde, Aboubacar. (2023). *Ordu ili yüzey ve yeraltı su kaynaklarının su kalitesi yönünden incelenmesi* [Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü].
- Şimşek, A., Türkten, H., Bakan, G. (2022). Su kalite indeksi ve istatistiksel analiz kullanılarak Orta Karadeniz Bölgesi Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri su kalitesinin değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 645-662.
- SKKY. (2004). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtı İçi Su Kaynaklarının Sınıflandırılması*. Ankara.
- Tsakiris, V. (2016). A new water quality index for bottled water assessment, *European Water*, 54(1), 19-26.
- TSE. 266. (2005). *Türk İçme Suyu Standardı*. Ankara.
- WHO. (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Fourth Edition.