

Ordu İli İçme Suyu Kaynaklarında ve Şebeke Sularındaki Metal(oid) Düzeylerinin Belirlenmesi

Derya BOSTANCI¹ , Seda KONTAŞ YALÇINKAYA^{2*} , Serdar YEDİER³ ,
Evren TUNCA⁴ , Salih ALKAN⁵ 

Öz

Bu çalışmada Ordu ilinin şebeke suları (Altınordu, Perşembe, Ünye) ve içme suyu kaynaklarındaki (Melet Irmağı, Kacalı Deresi, Cevizdere) arsenik, alüminyum, kadmiyum, bakır, demir, manganez, nikel, kurşun ve çinko birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Su numuneleri akarsuların su arıtma tesisine giriş bölgelerinden ve şebekedeki musluk sularından mevsimsel olarak ilgili istasyonları temsil edecek şekilde toplanmıştır. Metal(oid) analizleri induktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ile tayin edilmiş ve mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. İlkbahar ve kış mevsimlerinde Ünye şebeke suyunda bakır konsantrasyonunun uluslararası limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada incelenen tüm içme suyu kaynakları ve şebeke sularındaki alüminyum, demir, manganez ve çinko konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün limitlerini aşmamış olsa da bazı mevsimlerde konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışmadaki su numunelerinde araştırılan tüm metal(oid)lerin konsantrasyonlarının ulusal standartların ilgili sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir. Ancak su arıtımı yeterli seviyede olsa da şebeke sistemlerinde istenmeyen bazı olumsuz durumlardan kaynaklı şebeke sularında metal(oid)lerin varlığı hala söz konusudur. Bunun için içme suyu kalitesinin ve şebeke hattının düzenli bir şekilde takibinin yapılması, ek olarak şebeke suyu içerisindeki metal varlığının giderilmesine yönelik tedbirler alınması da önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Cevizdere, İçme suyu, Kacalı Deresi, Melet Irmağı, Şebeke suyu.

Determination of Metal(oid) Levels in Drinking Water Resources and Tap Waters in Ordu Province

Abstract

In this study, it was aimed to determine the accumulation levels of arsenic, aluminum, cadmium, copper, iron, manganese, nickel, lead, and zinc in the tap waters (Altınordu, Çarşamba, Ünye) and drinking water resources (Melet River, Kacalı Stream, Cevizdere) of Ordu Province. The water samples were collected seasonally from the entrance areas of the rivers to the water treatment plant and from the tap water in the distribution network, representing the relevant stations. Metal(oid) analyzes were determined by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) and compared seasonally. It was determined that the copper concentration in Ünye tap water in spring and winter was above international limits. Although the concentrations of aluminum, iron, manganese, and zinc in all drinking water sources and tap water examined in the study did not exceed the limits of the World Health Organization (WHO), it was determined that their concentrations increased in some seasons. In addition, it was determined that the concentrations of all metal(oids) investigated in the water samples in the study were within the relevant limits of national standards. However, even if the water treatment is at a sufficient level, the presence of metal(oids) in the network waters is still possible due to some undesirable negative situations in the network systems. For this purpose, it is important to regularly monitor the drinking water quality and the network line, and also take measures to eliminate the presence of metal in the network water.

Keywords: Heavy metal, Cevizdere, Drinking water, Kacalı Stream, Melet River, Tap water.

^{1,3}Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu, Türkiye, deryabostanci@gmail.com, serdar7er@gmail.com

²Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye, sedakontasyalcinkaya@gmail.com

⁴Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye, evren_tunca@yahoo.com

⁵Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu, Türkiye, salihalkan@gmail.com

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Geliş/Received: 13.02.2024

Kabul/Accepted: 22.04.2024

Yayın/Published: 18.06.2024

1. Giriş

Suyun evrende bulunan en değerli doğal kaynak olduğu ve susuz bir yaşamın mümkün olmadığı aşikardır. Yıllar içerisinde insan popülasyonunun artmasıyla beraber kaliteli içme suyuna olan talep de artmıştır. Sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte, metaloid ve ağır metallerin suya karışması su kirliliğini de arttırmıştır. Ayrıca, bu kirliliğin insanlar ve diğer biyolojik sistemler üzerindeki toksik etkileri göz önüne alındığında konu endişe verici bir hal almaktadır. Farklı araştırmacılar da dünyanın farklı bölgelerinde bu konuyla ilgili çalışmalar gerçekleştirmişlerdir (Chakrabarty ve Sarma, 2011; Mohod ve Dhote, 2013).

Dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de içme suyu kaynaklarının korunması ve temiz içme suyu temini sorunlarıyla karşı karşıya kalınmaktadır. Türkiye’nin birçok bölgesinde bulunan su kaynaklarının yaygın şekilde kirlendiğine dair çalışmalar sunulmuştur (Sönmez ve ark., 2012; Yılmaz ve ark., 2014; Kalipci ve ark., 2017a; Gümüş, 2021). Özellikle içme suyu olarak kullanılan doğal su kaynaklarının durumu hakkında hayati önem taşıyan verilerin elde edilmesi ve su kaynaklarının durumlarının izlenmesi önemlidir. Gelişen analiz teknikleriyle günümüzde bu bilgilere ulaşmak kolaylaşmış ve dikkate değer ilerlemeler kaydedilmiştir. Ancak içme suyu kaynağı olarak yararlanılan büyük havzalar kadar küçük havzaların da değerlendirilmesi gerekmektedir. Ordu ilinin yüksek su kaynağı potansiyeline rağmen, bazı durumlar su kaynaklarını zaman zaman tehdit edebilmektedir.

Melet Irmağı’nda daha önce bazı balık türleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda arsenik ve diğer ağır metallere bağlı etkiler bildirilmiştir (Kontaş ve Bostancı, 2020a; 2020b; 2020c). Ordu ili içme suyu kaynakları ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır (Kaya ve ark., 2021; Dağlıoğlu, 2023). Birçok araştırmacı Ordu ilinin farklı su kaynaklarında çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiş ve çok azı ağır metal kirliliğiyle ilgili çalışmalar üzerinde yoğunlaşmıştır (Ustaoğlu ve ark., 2020; Kurucu ve Bostancı, 2022; Tepe ve ark., 2022).

Tüm organizmalar ve çevre için gerekli olan elementler belirli bir düzeyin üzerine çıktığında toksik etki gösterebilmektedir (Mohod ve Dhote, 2013). Metal(oid)ler besin zinciriyle birlikte üst seviyelere taşınabilirler (Chakrabarty ve Sarma, 2011). Bu nedenle, en fazla ihtiyaç duyduğumuz doğal su kaynakları ve içme sularındaki metal(oid) ve ağır metal düzeylerinin tespiti önemlidir.

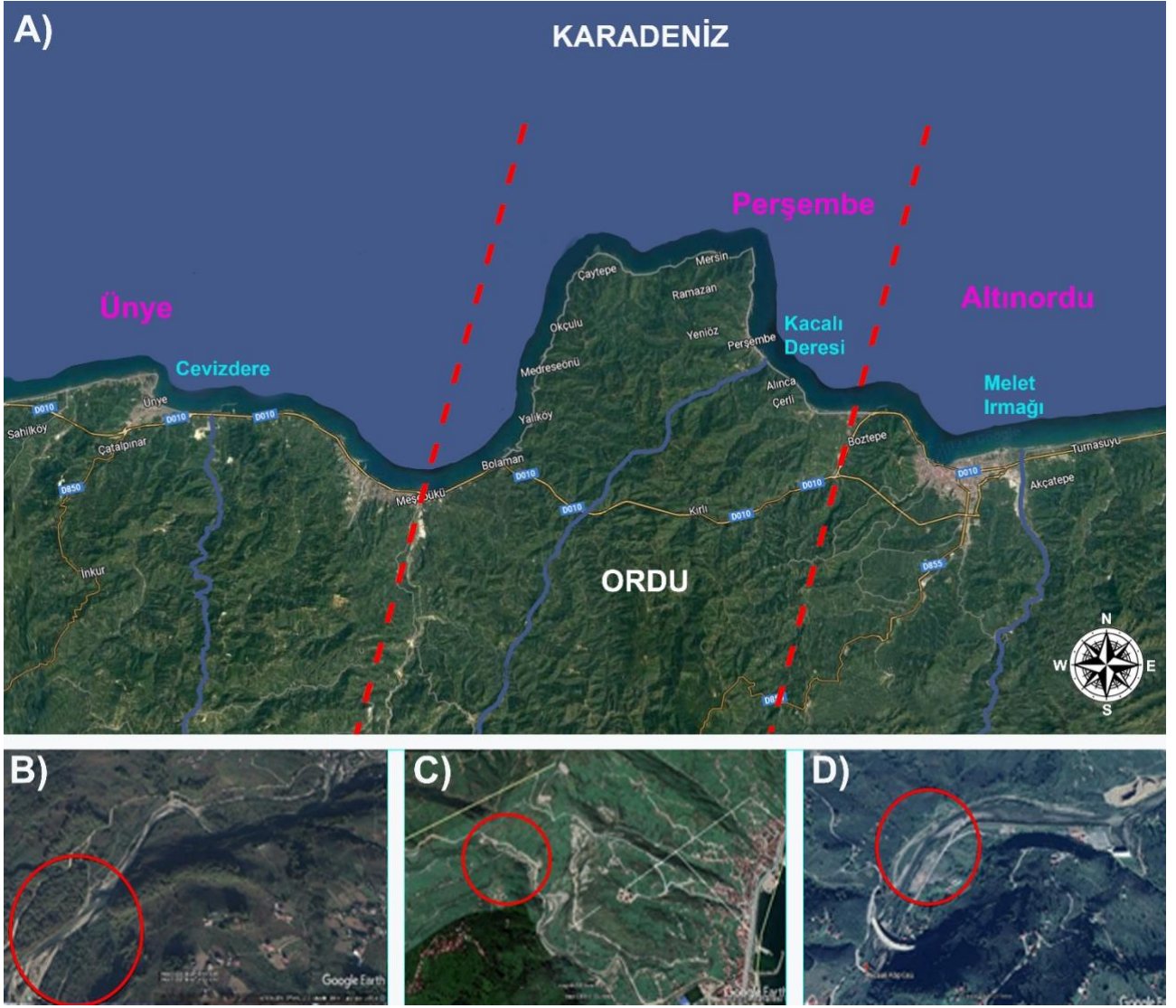
Ordu'nun önemli su kaynaklarından biri olan Melet Irmağı, 40°18' - 41°08' kuzey paralelleri ile 36°52' - 38°12' doğu meridyenleri arasında bulunan, 161 km uzunluğunda bir akarsudur (Anonim, 2004). Irmak çevresinde tarım ve sanayi alanları bulunmaktadır. Ayrıca nehrin jeolojik konumu, zengin maden yatakları ve evsel atıklardan kaynaklanan ağır metallerin oluşumu, fındık tarımı ve kullanılan tarım ilaçları nehrin başlıca kirlilik kaynaklarıdır. Örnekleme noktalarının üst bölgesinde ise madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü Kabadüz ilçesi bulunmaktadır (Kontaş ve Bostancı,

2020a). Ordu ilinin Perşembe ilçesinde bulunan Kacalı Deresi, 41°03'27.45'' kuzey ve 37°46'45.63'' doğu koordinatlarındadır. Kacalı Deresi fitocoğrafik bakımdan Avrupa-Sibirya floristik bölgesi içerisinde (Davis, 1965; Bayrak Özbucak ve Taş, 2016). Perşembe ilçesinin içme suyu kaynağı olan Kacalı Deresi yaklaşık 9,5 km uzunluğundadır (DSİ, 2014). Dere çevresinde tarım alanları yer almaktadır ve hayvancılık faaliyetleri de sürdürülmektedir. Dere boyunca yerleşim alanları da bulunmaktadır. Canik dağlarından doğan Cevizdere, Karadeniz'e dökülür ve uzunluğu 57,45 km'dir. Ordu ilinin Ünye ilçesinde yer alan bir deredir ve ilçenin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Aynı zamanda tarım, hayvancılık ve arıcılık faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. Cevizdere'nin etrafında kentsel yerleşim bölgeleri bulunmaktadır. Ayrıca, Cevizdere vadisi içerisinde Ünye Çimento Fabrikası ve birçok işletme de faaliyetlerini sürdürmektedir (DSİ, 2001).

Su kalitesinin düzenli olarak test edilmesi, güvenli ve güvenilir bir su kaynağı sağlamanın önemli bir adımıdır (Borah ve ark., 2009; Chakrabarty ve Sarma, 2011). Bu çalışmada, Ordu ili içme suyu kaynaklarının gelecekteki güvenli kullanımı için güvenilir bir veri sağlanması ve sucul sistemlerin iyileştirilmesi için gerekli politikaların uygulanmasına yardımcı olunması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, üç farklı içme suyu kaynağı (Melet Irmağı, Kacalı Deresi, Cevizdere) ve şebeke sularında (Altınordu, Perşembe, Ünye) mevsimsel olarak alüminyum, nikel, arsenik, kadmiyum, kurşun, manganez, demir, bakır ve çinko seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

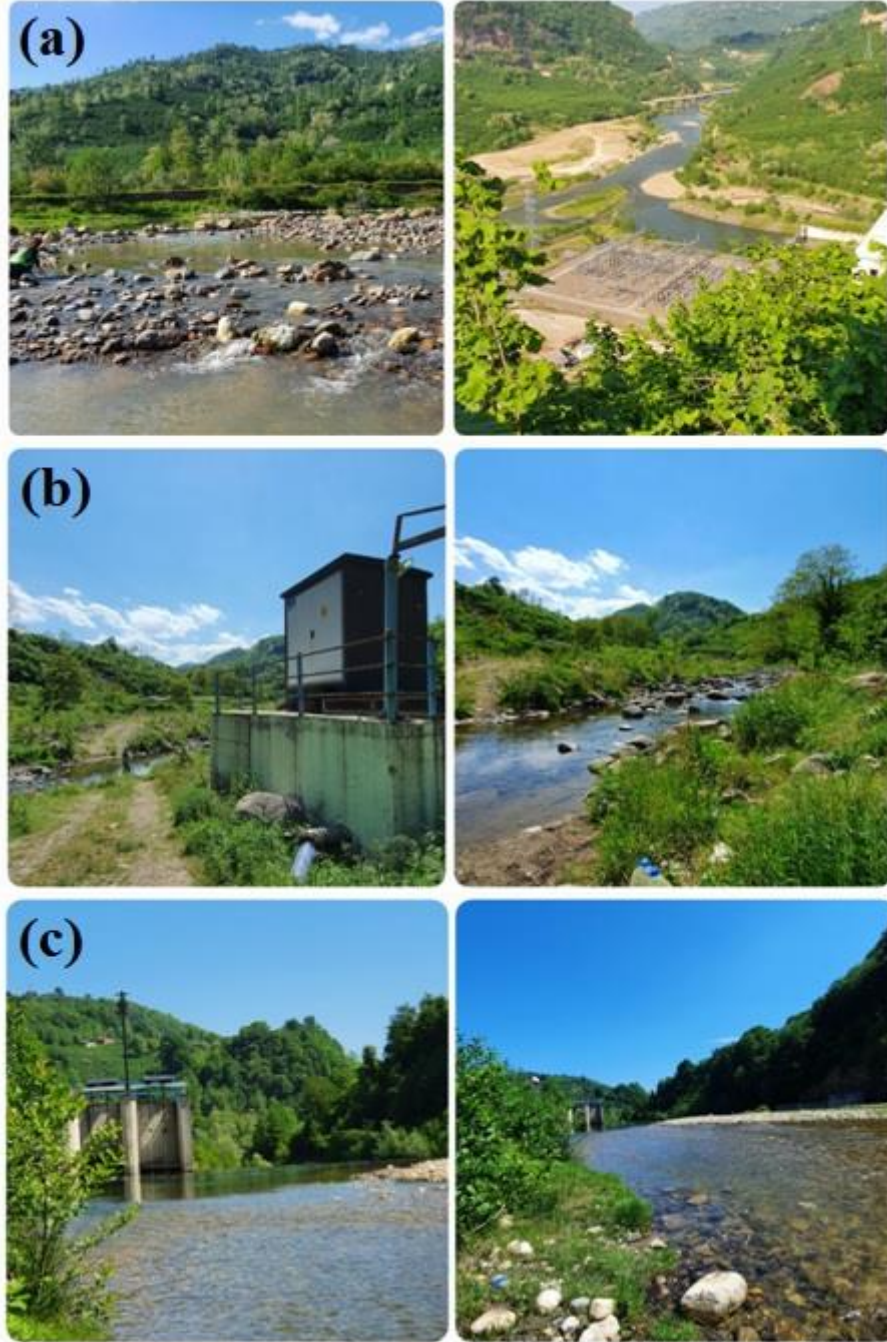
2. Materyal ve Metot

Altınordu ilçesinin şebeke suyu Melet Irmağı'ndan, Perşembe ilçesinin şebeke suyu Kacalı Deresi'nden ve Ünye ilçesinin şebeke suyu ise Cevizdere'den sağlanmaktadır. Şekil 1'de örnekleme noktalarının genel bir görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 1. A: Örnekleme istasyonlarının genel görünüşü, B: Cevizdere örnekleme bölgesi, C: Kacalı Deresi örnekleme bölgesi, D: Melet Irmağı örnekleme bölgesi

Melet Irmağı (Altınordu), Kacalı Deresi (Perşembe) ve Cevizdere (Ünye) sularının şebeke sistemine katıldığı noktalar Şekil 2 (a, b, c)'de görülmektedir.



Şekil 2. Melet Irmağı (a), Kacalı Deresi (b), Cevizdere (c)

Su numuneleri, üç akarsu üzerinden ayrı ayrı suyun arıtıma giriş bölgelerinden ve şebeke suyu numuneleri çalışma için belirlenen evlerdeki musluk sularından toplam 6 istasyon olmak üzere Ocak-Aralık 2020 tarihleri arasında mevsimsel olarak toplanmıştır. Su numuneleri, belirlenen istasyonlardan rasgele birkaç noktadan toplanmış ve temsili bir numune oluşturmak üzere seyreltik HCl ile durulanmış temiz ve steril 1 litrelik polietilen kutulara doldurulmuştur. Toplanan numuneler buz aküleri yardımıyla soğuk ortamda laboratuvara taşınmış ve doğrudan güneş ışığı almamasına

dikkat edilmiştir. Su örneklerinin sıcaklık (°C), pH, çözünmüş oksijen (ÇO) (%) ve oksijen doygunluğu (OD) değerleri Hach Lange multiparametre cihazı kullanılarak yerinde tayin edilmiştir. Ağır metal analizleri için standart prosedürlere göre (APHA, 1998) su numuneleri 0.45 µm nitroselüloz zar filtre yardımıyla filtre edilmiş, numunelerin pH'ını 2'nin altında tutmak amacıyla nitrik asit eklenmiştir. Su numuneleri falcon tüplerine alınarak analizlere kadar +4 C°'de saklanmıştır. Alüminyum (Al), arsenik (As), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) elementlerinin analizleri Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi (SUBİTAM)'nde bulunan Agilent Technologies/7700X ICP-MS Systems marka İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile üç tekrarlı şekilde yapılmıştır. Ağır metal konsantrasyonları µg/L olarak ifade edilmiştir.

Suların analiz sonuçları, Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY, 2008), içme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik (İSKA, 2019) ve insani tüketim amaçlı sular (TS 266, 2005) gibi ulusal yönetmelikler ile karşılaştırılmıştır (Tablo 1). İçme suyu standartlarında (TS 266, 2005), Sınıf 2 sular (kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular) içerisinde yer alan Tip 2- içme ve kullanma suları değerleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1992) ve A.B.D. Çevre Koruma Örgütü (USEPA, 2004) gibi uluslararası örgütler tarafından belirlenen limit değerlerle de karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Ulusal standartlara göre kabul edilebilir bazı fiziko-kimyasal parametreler ve metal(oid) konsantrasyonlarının (µg/L) değerleri

	TS 266	SKKY, 2008				İSKA, 2019		
	(2005)	I	II	III	IV	A1	A2	A3
Sıcaklık (C°)	-	25	25	30	> 30	-	-	-
pH	≤ 9,5 - 6,5 ≤	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 9,0	6,5 - 9,0 ≤	≤ 9,5 - 6,5 ≤	≤ 9,5 - 6,5 ≤	≤ 9,5 - 6,5 ≤
ÇO (mg/L)	-	8	6	3	< 3	-	-	-
OD (%)	-	90	70	40	< 40	-	-	-
Al	200	300	300	1000	> 1000	200	500	2000
As	10	20	50	100	> 100	10	40	100
Cd	5	3	5	10	> 10	5	15	50
Cu	2000	20	50	200	> 200	2000	5000	20000
Fe	200	300	1000	5000	> 5000	200	1000	2000
Mn	50	100	500	3000	> 3000	50	100	250
Ni	20	20	50	200	> 200	20	30	200
Pb	10	10	20	50	> 50	10	50	100
Zn	-	200	500	2000	> 2000	3000	6000	12000

Tablo 2. Uluslararası Standartlara göre kabul edilebilir metal(oid) konsantrasyonlarının değerleri ($\mu\text{g/L}$)

	WHO (1992)	USEPA (2004)
Alüminyum	100	50-200
Arsenik	10	10
Kadmiyum	3	5
Bakır	20	1000
Demir	-	300
Manganez	100	50
Nikel	70	100
Kurşun	10	10
Çinko	5000	5000

Su numunelerinin fiziko-kimyasal parametreleri ve metal(oid) konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Ayrıca, mevsimler arası farklılıklar da 0,05 önem düzeyinde Kruskal-Wallis testi yardımıyla belirlenmiştir. İstatistiksel testler MINITAB 16.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Ordu ilinin içme suyu kaynaklarında ve şebeke sularında belirlenen bazı fiziko-kimyasal parametreler ve metal(oid)lerin konsantrasyonları ulusal ve uluslararası kabul edilebilir maksimum limitleri ile birlikte belirtilmiş ve karşılaştırılmıştır. Akarsulardan toplanan su numunelerinin ve şebeke ağlarından toplanan musluk sularının ölçülen fiziko-kimyasal parametreleri Tablo 3-7’de sunulmuştur. Su numunelerinin değerleri genel olarak ulusal içme suyu kalite standartlarında izin verilen limitlere uymaktadır (SKKY, 2008; TS 266, 2005; İSKA, 2019) (Tablo 1).

İlkbahar mevsiminde, tüm akarsu kaynakları ve şebeke sularında sıcaklık ve pH değerleri I. sınıf kalitededir (SKKY, 2008; TS 266, 2005; İSKA, 2019). Ancak, Melet Irmağı, Kacalı Deresi ve Cevizdere ile tüm şebeke sularındaki çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerlerinin III. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir (SKKY, 2008). Yaz mevsiminde içme suyu kaynağı olarak kullanılan tüm akarsularda ve şebeke sularında sıcaklık, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri I. sınıf su kalitesinde (SKKY, 2008), pH değerleri ise Kacalı Deresi ve Perşembe şebeke suyunda III. sınıf su kalitesindedir (SKKY, 2008; TS 266, 2005; İSKA, 2019). Sonbahar mevsiminde, Ünye şebeke suyunda pH değeri III. Sınıf su kalitesindeyken, diğer istasyonların tümünde sıcaklık ve pH değerleri I. sınıf su kalitesindedir (SKKY, 2008; TS 266, 2005; İSKA, 2019). Ayrıca, tüm akarsular ve şebeke sularında çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerlerinin III. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir (SKKY, 2008). Kış mevsiminde Altınordu, Perşembe ve Ünye

şebeke suları ile tüm akarsuların sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri I. sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY, 2008) (Tablo 1-3).

Tablo 3. Akarsulardan toplanan içme suları ve şebeke sularının sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri (İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar, K: Kış)

		Sıcaklık (°C)	pH	Çözünmüş O ₂ (mg/L)	Oksijen Doygunluğu (%)
İ	Melet Irmağı	20,3 ± 0,033	7,92 ± 0,006	3,33 ± 0,033	36,46 ± 0,120
Y		25,3 ± 0,033	8,24 ± 0,064	8,02 ± 0,012	98,63 ± 0,186
S		22,8 ± 0,067	8,12 ± 0,014	4,76 ± 0,033	55,03 ± 0,470
K		15,0 ± 0,088	7,85 ± 0,012	8,33 ± 0,145	81,33 ± 0,549
İ	Kacalı Deresi	19,8 ± 0,145	7,75 ± 0,014	3,17 ± 0,033	34,86 ± 0,353
Y		25,5 ± 0,001	8,65 ± 0,037	7,99 ± 0,012	98,60 ± 0,11
S		21,9 ± 0,067	7,90 ± 0,012	4,93 ± 0,133	58,06 ± 0,088
K		10,5 ± 0,100	7,88 ± 0,015	9,66 ± 0,033	88,70 ± 0,709
İ	Cevizdere	20,6 ± 0,033	7,53 ± 0,113	3,43 ± 0,033	38,80 ± 0,265
Y		25,0 ± 0,057	8,11 ± 0,073	8,43 ± 0,080	98,40 ± 0,057
S		21,7 ± 0,033	8,37 ± 0,020	5,33 ± 0,088	62,46 ± 0,481
K		14,2 ± 0,033	8,33 ± 0,006	8,56 ± 0,088	84,53 ± 0,233
İ	Altınordu	20,1 ± 0,100	7,84 ± 0,021	3,20 ± 0,057	35,43 ± 0,384
Y		25,4 ± 0,033	8,20 ± 0,003	7,68 ± 0,047	94,70 ± 0,611
S		22,9 ± 0,088	7,97 ± 0,044	5,20 ± 0,057	60,50 ± 0,321
K		15,1 ± 0,033	7,27 ± 0,068	7,90 ± 0,115	82,27 ± 2,070
İ	Perşembe	19,9 ± 0,153	7,82 ± 0,029	3,20 ± 0,001	35,36 ± 0,088
Y		25,5 ± 0,057	8,53 ± 0,043	8,21 ± 0,049	99,23 ± 0,033
S		22,1 ± 0,100	8,10 ± 0,064	5,03 ± 0,033	59,26 ± 0,606
K		11,9 ± 0,318	8,09 ± 0,056	9,56 ± 0,133	88,46 ± 0,841
İ	Ünye	20,4 ± 0,033	7,89 ± 0,044	3,36 ± 0,066	36,33 ± 0,318
Y		25,1 ± 0,066	7,95 ± 0,011	7,54 ± 0,038	98,33 ± 0,133
S		21,7 ± 0,057	8,55 ± 0,009	4,73 ± 0,219	62,13 ± 0,433
K		13,6 ± 0,133	8,07 ± 0,094	9,06 ± 0,167	86,03 ± 0,546

İlkbahar mevsiminde en yüksek sıcaklık, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri Cevizdere'de, en yüksek pH değeri ise Melet Irmağı'nda ölçülmüştür. İlkbahar mevsiminde sudaki çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri Cevizdere'de III. ve IV. sınıf kalitede

belirlenmiştir. Yaz mevsiminde en yüksek sıcaklık değeri Kacalı Deresi ve Perşembe şebeke suyunda, en yüksek pH değeri Kacalı Deresi'nde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri Cevizdere'de, en yüksek oksijen doygunluğu değeri Perşembe şebeke suyunda ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde en yüksek sıcaklık değeri Altınordu şebeke suyunda, en yüksek pH değeri Ünye şebeke suyunda, en yüksek çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değeri Cevizdere'de tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise, en yüksek sıcaklık değeri Altınordu şebeke suyunda, en yüksek pH değeri Cevizdere'de, en yüksek çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değeri Kacalı Deresi'nde ölçülmüştür.

Bu çalışmada, sıcaklık değeri tüm akarsular ve şebeke sularında yaz mevsiminde en yüksek, kış mevsiminde en düşük değerdedir. Yaz mevsiminden sonraki en yüksek su sıcaklığı ise sonbahar mevsiminde ölçülmüştür (Tablo 3). Küresel ısınma sebebiyle yaz mevsiminden sonraki sezonun daha sıcak geçtiği görülmekte ve bunun da sonbahar mevsiminde su sıcaklığının artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, su numuneleri arasındaki sıcaklık farkının gün içi hava sıcaklık değişimlerinden ve ölçüm zamanları arasındaki güneş ışını açılarından da kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Serdar, 2015). Akuatik habitatlarda pH değeri, sudaki CO₂ ile ilişkilidir. Sucul bitkiler ve fitoplanktonlar bu habitatlarda fotosentez sonucu ortamdaki CO₂'in azamasına ve buna bağlı olarak da pH'nin yükselmesine sebep olurlar (Boyd, 1990). Bu çalışmada, akarsulardaki pH değerlerinde dalgalanmalar görülmemektedir (Tablo 3). Bunun da çalışılan akarsulardaki vejetasyonların birbirleri ile benzerlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde çözünmüş oksijen değerlerinde oluşan mevsimsel farklılıkların da, su sıcaklığındaki değişimlerden kaynaklandığı ve çalışmamızda özellikle kış mevsimindeki yağışlardan kaynaklı sudaki çözünmüş oksijen miktarının arttığı anlaşılmaktadır (Tablo 3). Literatürde, oksijenin suda çözünebilirliğinin sıcaklıkla ters orantılı olduğu rapor edilmektedir (Tanyolaç, 2009). Ancak, bu çalışmada yaz mevsiminde de çözünmüş oksijen miktarı değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle yaz mevsimi gibi güneşli günlerde, sucul bitkiler ve fitoplanktonların fotosentetik aktivitelerindeki artışlar, sucul ortamdaki çözünmüş oksijen miktarının artışına neden olur. Bu da çalışmamızda yaz mevsimindeki çözünmüş oksijen miktarı değerlerini desteklemektedir.

Afyonkarahisar'da içme suyu olarak kullanılan Akarçay akarsuyunun su kalitesinin giderek kötüleştiği bildirilmiş, kanalizasyon, sanayi ve tarım atıklarıyla kirlendiği ancak arıtmanın yetersiz kaldığı belirtilmiştir (Kargıoğlu ve ark., 2012). Ayrıca, Akarçay suyunun ulusal su kalitesi kontrol yönetmeliğinde çözünmüş oksijen değeri bakımından IV. sınıf kalitede olduğu bildirilmiştir (DKMPGM, 2008; SKKY, 2008; Gümüş, 2021). Isparta Deresi'nde çözünmüş oksijen değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 7,16 mg/L, 5,46 mg/L, 7,08 mg/L ve 5,93 olarak bildirilmiştir (Kalyoncu ve ark., 2016). Taş ve ark. (2015), Melet Irmağı aşağı havzasında yaptıkları çalışmada çözünmüş oksijen değerini 9,59 mg/L, oksijen doygunluğunu ise % 107,6 olarak bildirmiştir. İçme suyu kaynaklarında ve şebeke sularında ölçülen çözünmüş oksijen miktarı, suyun

sıcaklığına, arıtma işlemleri ve şebeke boyunca ilerlerken gerçekleşen biyokimyasal süreçlere bağlı olarak değişim gösterir. Genel olarak kullanıma sunulan içme suyunun çözünmüş oksijen konsantrasyonu yeterlidir. Şebeke suyunda gerçekleşebilecek mikroorganizma üremesi ve uzun bir süre su sıcaklığının yükselmesi, içme suyundaki çözünmüş oksijen miktarının düşüşüne sebep olur (Oğuz, 2015).

Su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi yanında bu parametre değerlerinin balıklar üzerindeki etkilerinin izlenmesi de su kaynağının sağlığını değerlendirmek açısından önemlidir. Avrupa Birliği Komisyonunun direktifine göre özellikle Cyprinid türleri için tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla sudaki çözünmüş oksijen miktarının 4 mg/L'nin altına düşmemesi gereklidir (EC, 2015). Yapılan bu çalışmada, ilkbahar mevsiminde tüm akarsu kaynaklarının sularında çözünmüş oksijen değerleri 4 mg/L'nin altında ölçülmüştür. Yapılan bir çalışmada, Akarçay suyunda kış mevsimi haricinde çözünmüş oksijen değerleri 4 mg/L'nin çok altında bulunmuştur. Bu durum, ekolojik toleransı geniş ve ekstrem şartlara dayanıklı birkaç omurgasız ve alg türleri dışında, balık gibi yüksek yapılı omurgalı canlıların yaşayabilmesine imkân vermemektedir (Tokatlı, 2020). Bu çalışmada ise, tüm akarsu ve şebeke sularında kış mevsiminde çözünmüş oksijen değeri daha yüksektir. Soğuyan suyun oksijeni tutma kapasitesi arttığından dolayı, kış mevsiminde çözünmüş oksijen miktarı da yükselmiş olabilir (Kalyoncu ve ark., 2016).

Tüm su numunelerindeki alüminyum, nikel, arsenik, kadmiyum, kurşun, mangan, demir, bakır ve çinko konsantrasyonları mevsimsel olarak değerlendirilmiş ve Tablo 4-7'de sunulmuştur. Al, Ni, As, Cd, Pb, Mn, Fe ve Zn konsantrasyonları WHO (1992), USEPA (2004), SKKY (2008) ve İSKA (2019)'ya göre, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsiminde tüm akarsular ve şebeke sularında belirlenen sınır değerleri aşmamıştır. Akarsuların ve şebeke sularının metal(oid) konsantrasyonlarının mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Melet Irmağı'nda ilkbahar mevsiminde Al, kış mevsiminde ise Mn ve Zn konsantrasyonları diğer mevsimlere göre yüksektir. Melet Irmağı için Al, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). Altınordu şebeke suyunda Al, Fe, Cu ve Zn konsantrasyonlarının özellikle yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Altınordu şebeke suyu için Al, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). Kacalı Deresi'nde ilkbahar ve kış mevsimlerinde Al, sonbahar mevsiminde Fe ve yaz mevsiminde Zn konsantrasyonları diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Kacalı Deresi için Al, Mn, Ni, Cu, Zn, As ve Cd konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). Perşembe şebeke suyunda yaz ve sonbahar mevsimlerinde Al ve Fe konsantrasyonları diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Özellikle yaz mevsiminde Zn konsantrasyonu oldukça yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. Perşembe şebeke suyu için tüm element konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Cevizdere suyunda kış mevsiminde Mn, yaz mevsiminde ise Zn konsantrasyonları diğer mevsimlere göre yüksektir. Cevizdere için tüm element konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). Ünye şebeke suyunda yaz ve kış mevsimlerinde Zn ve Al elementleri diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Ayrıca, Ünye şebeke suyunda tespit edilen bakır elementi değeri ilkbahar mevsiminde $30,555 \mu\text{g/L}$ ve kış mevsiminde $58,935 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş ve II. sınıf su kalitesi için belirtilen limitleri geçmemiştir (SKKY, 2008). İlkbahar ve kış mevsimlerinde Cu konsantrasyonlarının WHO (1992)'nin belirttiği limitlerin oldukça üzerinde olduğu da belirlenmiştir. Ünye şebeke suyu için Al, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Cd konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkları istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Tablo 4. İlkbahar mevsiminde akarsular ve şebeke sularının metal(oid) konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) değerleri

	Melet Irmağı	Altınordu	Kacalı Deresi	Perşembe	Cevizdere	Ünye
Al	$25,736 \pm 0,815$ (24,422 - 27,230)	$19,982 \pm 0,676$ (18,747 - 21,077)	$17,254 \pm 0,912$ (15,462 - 18,449)	$1,325 \pm 0,289$ (1,007 - 1,903)	$0,748 \pm 0,111$ (0,529 - 0,887)	$0,947 \pm 0,119$ (0,708 - 1,067)
Mn	$1,309 \pm 0,100$ (1,126 - 1,472)	$0,862 \pm 0,065$ (0,791 - 0,992)	$1,093 \pm 0,053$ (1,015 - 1,193)	$0,669 \pm 0,104$ (0,501 - 0,859)	$0,334 \pm 0,039$ (0,289 - 0,412)	$0,200 \pm 0,051$ (0,133 - 0,301)
Fe	$10,581 \pm 0,590$ (9,528 - 11,567)	$5,264 \pm 0,287$ (4,910 - 5,832)	$9,642 \pm 0,226$ (9,214 - 9,980)	$6,638 \pm 0,151$ (6,377 - 6,899)	$3,561 \pm 0,236$ (3,147 - 3,965)	$3,518 \pm 0,074$ (3,402 - 3,657)
Ni	$0,257 \pm 0,011$ (0,238 - 0,275)	$0,338 \pm 0,008$ (0,328 - 0,354)	$0,190 \pm 0,017$ (0,168 - 0,224)	$0,201 \pm 0,015$ (0,182 - 0,231)	$0,362 \pm 0,008$ (0,348 - 0,378)	$0,347 \pm 0,009$ (0,330 - 0,362)
Cu	$5,427 \pm 0,163$ (5,100 - 5,602)	$7,057 \pm 0,110$ (6,877 - 7,257)	$3,856 \pm 0,093$ (3,716 - 4,033)	$4,859 \pm 0,053$ (4,791 - 4,965)	$3,705 \pm 0,134$ (3,443 - 3,881)	$30,555 \pm 0,312$ (30,010 - 31,092)
As	$0,711 \pm 0,071$ (0,574 - 0,816)	$0,426 \pm 0,022$ (0,401 - 0,472)	$0,639 \pm 0,008$ (0,626 - 0,654)	$0,527 \pm 0,012$ (0,503 - 0,539)	$0,540 \pm 0,012$ (0,523 - 0,563)	$0,567 \pm 0,017$ (0,535 - 0,594)
Cd	$0,197 \pm 0,001$ (0,195 - 0,198)	$0,206 \pm 0,001$ (0,204 - 0,208)	$0,201 \pm 0,002$ (0,197 - 0,203)	$0,194 \pm 0,001$ (0,193 - 0,196)	$0,196 \pm 0,001$ (0,195 - 0,197)	$0,192 \pm 0,0001$ (0,191 - 0,193)
Pb	$0,342 \pm 0,017$ (0,307 - 0,363)	$0,323 \pm 0,016$ (0,297 - 0,353)	$0,363 \pm 0,012$ (0,339 - 0,378)	$0,288 \pm 0,038$ (0,212 - 0,329)	$0,403 \pm 0,008$ (0,393 - 0,420)	$0,411 \pm 0,038$ (0,358 - 0,486)
Zn	$7,126 \pm 0,340$ (6,454 - 7,556)	$8,588 \pm 0,348$ (7,930 - 9,115)	$6,239 \pm 0,091$ (6,059 - 6,349)	$5,269 \pm 0,303$ (4,666 - 5,622)	$3,918 \pm 0,135$ (3,647 - 4,063)	$2,608 \pm 0,280$ (2,213 - 3,148)

Tablo 5. Yaz mevsiminde akarsular ve şebeke sularının metal(oid) konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) değerleri

	Melet Irmağı	Altınordu	Kacalı Deresi	Perşembe	Cevzidere	Ünye
Al	9,250 \pm 1,430 (6,440 - 11,100)	83,223 \pm 0,528 (82,665 - 84,278)	6,044 \pm 0,072 (5,905 - 6,144)	59,230 \pm 1,190 (57,750 - 61,580)	7,119 \pm 0,224 (6,741 - 7,518)	8,991 \pm 0,622 (7,876 - 10,026)
Mn	0,758 \pm 0,028 (0,702 - 0,791)	4,892 \pm 0,127 (4,754 - 5,145)	0,397 \pm 0,007 (0,389 - 0,412)	3,868 \pm 0,061 (3,749 - 3,950)	1,174 \pm 0,033 (1,126 - 1,238)	0,579 \pm 0,032 (0,524 - 0,635)
Fe	11,503 \pm 0,386 (10,775 - 12,088)	34,043 \pm 0,641 (33,175 - 35,295)	9,996 \pm 0,266 (9,690 - 10,526)	20,856 \pm 0,602 (20,088 - 22,043)	9,861 \pm 0,303 (9,343 - 10,393)	7,271 \pm 0,160 (6,952 - 7,439)
Ni	0,456 \pm 0,017 (0,425 - 0,485)	1,901 \pm 0,063 (1,776 - 1,987)	0,413 \pm 0,017 (0,394 - 0,448)	0,838 \pm 0,014 (0,816 - 0,865)	0,785 \pm 0,013 (0,770 - 0,812)	0,837 \pm 0,013 (0,818 - 0,863)
Cu	4,699 \pm 0,027 (4,645 - 4,736)	16,551 \pm 0,416 (15,719 - 16,985)	4,967 \pm 0,115 (4,808 - 5,191)	5,000 \pm 0,151 (4,698 - 5,158)	5,394 \pm 0,066 (5,301 - 5,522)	18,660 \pm 0,172 (18,417 - 18,993)
As	0,634 \pm 0,085 (0,519 - 0,801)	0,699 \pm 0,102 (0,495 - 0,821)	0,585 \pm 0,013 (0,559 - 0,598)	0,334 \pm 0,025 (0,293 - 0,380)	0,712 \pm 0,029 (0,674 - 0,769)	1,096 \pm 0,051 (1,019 - 1,193)
Cd	0,226 \pm 0,001 (0,225 - 0,227)	0,217 \pm 0,002 (0,216 - 0,220)	0,200 \pm 0,002 (0,199 - 0,201)	0,208 \pm 0,001 (0,206 - 0,209)	0,210 \pm 0,001 (0,207 - 0,212)	0,204 \pm 0,002 (0,199 - 0,207)
Pb	0,488 \pm 0,005 (0,479 - 0,496)	2,056 \pm 0,062 (1,983 - 2,181)	0,531 \pm 0,036 (0,483 - 0,603)	0,954 \pm 0,004 (0,949 - 0,963)	0,559 \pm 0,010 (0,543 - 0,578)	0,498 \pm 0,086 (0,341 - 0,637)
Zn	12,789 \pm 0,213 (12,463 - 13,190)	102,260 \pm 1,620 (99,130 - 104,530)	13,842 \pm 0,345 (13,170 - 14,313)	105,010 \pm 1,790 (101,630 - 107,740)	19,644 \pm 0,188 (19,346 - 19,991)	14,646 \pm 0,680 (13,523 - 15,873)

Tablo 6. Sonbahar mevsiminde akarsular ve şebeke sularının metal(oid) konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) değerleri

	Melet Irmağı	Altınordu	Kacalı Deresi	Perşembe	Cevzidere	Ünye
Al	2,599 \pm 0,099 (2,500 - 2,798)	2,719 \pm 0,335 (2,082 - 3,217)	1,982 \pm 0,159 (1,664 - 2,142)	0,330 \pm 0,170 (0,009 - 0,529)	1,465 \pm 0,177 (1,126 - 1,724)	2,201 \pm 0,226 (1,783 - 2,560)
Mn	0,226 \pm 0,065 (0,155 - 0,356)	0,215 \pm 0,091 (0,032 - 0,323)	0,401 \pm 0,061 (0,289 - 0,501)	0,021 \pm 0,034 (0,023 - 0,088)	0,349 \pm 0,048 (0,289 - 0,445)	0,416 \pm 0,045 (0,345 - 0,501)
Fe	5,488 \pm 0,176 (5,275 - 5,838)	5,113 \pm 0,126 (4,887 - 5,322)	21,600 \pm 15,800 (5,700 - 53,200)	2,853 \pm 0,081 (2,700 - 2,978)	3,961 \pm 0,103 (3,756 - 4,075)	4,778 \pm 0,018 (4,747 - 4,811)
Ni	1,405 \pm 0,038 (1,347 - 1,478)	0,660 \pm 0,009 (0,641 - 0,673)	0,311 \pm 0,038 (0,239 - 0,371)	0,316 \pm 0,007 (0,301 - 0,325)	0,503 \pm 0,027 (0,475 - 0,557)	0,682 \pm 0,029 (0,631 - 0,732)
Cu	6,950 \pm 0,065 (6,871 - 7,080)	7,330 \pm 0,127 (7,155 - 7,578)	4,971 \pm 0,135 (4,780 - 5,233)	5,576 \pm 0,117 (5,437 - 5,809)	4,100 \pm 0,075 (3,999 - 4,248)	9,355 \pm 0,124 (9,195 - 9,598)
As	0,939 \pm 0,102 (0,833 - 1,142)	0,542 \pm 0,054 (0,444 - 0,630)	0,728 \pm 0,073 (0,582 - 0,809)	0,561 \pm 0,010 (0,547 - 0,583)	0,414 \pm 0,030 (0,368 - 0,471)	0,649 \pm 0,017 (0,614 - 0,670)
Cd	0,209 \pm 0,0001 (0,208 - 0,209)	0,199 \pm 0,001 (0,197 - 0,200)	0,206 \pm 0,002 (0,202 - 0,209)	0,195 \pm 0,0001 (0,194 - 0,195)	0,211 \pm 0,002 (0,208 - 0,214)	0,204 \pm 0,001 (0,202 - 0,208)
Pb	0,497 \pm 0,010 (0,476 - 0,509)	0,467 \pm 0,015 (0,445 - 0,495)	0,463 \pm 0,004 (0,454 - 0,469)	0,417 \pm 0,037 (0,343 - 0,466)	0,491 \pm 0,016 (0,471 - 0,523)	0,465 \pm 0,096 (0,317 - 0,646)
Zn	6,973 \pm 0,095 (6,786 - 7,098)	9,358 \pm 0,360 (8,720 - 9,968)	6,876 \pm 0,091 (6,765 - 7,056)	2,968 \pm 0,221 (2,546 - 3,294)	8,041 \pm 0,270 (7,701 - 8,575)	12,192 \pm 0,486 (11,569 - 13,149)

Tablo 7. Kış mevsiminde akarsular ve şebeke sularının metal(oid) konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$) değerleri

	Melet Irmağı	Altınordu	Kacalı Deresi	Perşembe	Cevizdere	Ünye
Al	14,307 \pm 0,311 (13,789 - 14,865)	47,042 \pm 0,782 (45,508 - 48,077)	15,280 \pm 2,460 (12,360 - 20,180)	32,626 \pm 0,699 (31,650 - 33,979)	8,190 \pm 1,430 (5,430 - 10,210)	7,996 \pm 0,440 (7,159 - 8,653)
Mn	4,471 \pm 0,059 (4,385 - 4,586)	9,436 \pm 0,265 (8,929 - 9,823)	6,343 \pm 0,205 (6,127 - 6,752)	2,856 \pm 0,055 (2,744 - 2,912)	14,785 \pm 0,221 (14,357 - 15,094)	1,695 \pm 0,023 (1,651 - 1,729)
Fe	11,778 \pm 0,851 (10,706 - 13,459)	18,523 \pm 0,606 (17,602 - 19,667)	8,472 \pm 0,328 (7,915 - 9,051)	22,301 \pm 0,531 (21,465 - 23,286)	7,373 \pm 0,360 (6,720 - 7,962)	2,538 \pm 0,183 (2,173 - 2,729)
Ni	2,031 \pm 0,023 (1,988 - 2,068)	2,978 \pm 0,021 (2,939 - 3,012)	0,381 \pm 0,031 (0,338 - 0,443)	0,563 \pm 0,010 (0,547 - 0,582)	0,026 \pm 0,006 (0,014 - 0,036)	0,875 \pm 0,035 (0,821 - 0,941)
Cu	5,159 \pm 0,049 (5,083 - 5,251)	7,490 \pm 0,084 (7,345 - 7,638)	1,984 \pm 0,071 (1,849 - 2,089)	4,785 \pm 0,077 (4,697 - 4,940)	1,029 \pm 0,049 (0,937 - 1,108)	58,935 \pm 0,316 (58,468 - 59,536)
As	0,153 \pm 0,017 (0,122 - 0,182)	0,638 \pm 0,021 (0,602 - 0,674)	0,186 \pm 0,026 (0,154 - 0,237)	0,002 \pm 0,029 (0,0001 - 0,055)	0,618 \pm 0,012 (0,594 - 0,634)	0,502 \pm 0,016 (0,479 - 0,535)
Cd	0,238 \pm 0,001 (0,236 - 0,240)	0,192 \pm 0,001 (0,191 - 0,193)	0,194 \pm 0,001 (0,192 - 0,196)	0,239 \pm 0,001 (0,237 - 0,240)	0,187 \pm 0,001 (0,186 - 0,189)	0,199 \pm 0,001 (0,198 - 0,201)
Pb	1,304 \pm 0,076 (1,225 - 1,456)	1,018 \pm 0,005 (1,007 - 1,026)	0,487 \pm 0,045 (0,399 - 0,548)	1,497 \pm 0,077 (1,351 - 1,613)	0,399 \pm 0,030 (0,338 - 0,430)	0,799 \pm 0,007 (0,786 - 0,811)
Zn	13,523 \pm 0,358 (12,816 - 13,981)	17,571 \pm 0,549 (16,476 - 18,181)	5,338 \pm 0,379 (4,583 - 5,768)	8,685 \pm 0,247 (8,242 - 9,094)	1,430 \pm 0,194 (1,236 - 1,818)	16,310 \pm 0,546 (15,374 - 17,266)

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre, Ordu ilinin ilçeleri olan Altınordu, Perşembe ve Ünye’de içme suyu ve diğer şekillerde tüketilen ve kullanılan sulardaki metal(oid)lere maruz kalma durumları alüminyum, manganez, çinko, demir ve özellikle Ünye şebeke suyunda bakır elementi yönünden daha muhtemeldir. Ünye şebeke suyunda Cu elementi ilkbahar ve kış mevsimlerinde SKKY (2008)’de belirtilen I. sınıf su kalitesi sınır değerini aşmıştır. İçme suyunda izin verilen bakır sınırı $20,0 \mu\text{g/L}$ ’dir (WHO, 1992). Cu elementi uluslararası standarda göre belirtilen limitlerin de oldukça üzerinde bulunmuştur (WHO, 1992). Bakır elementinin konsantrasyonundaki artış çeşitli sebeplerle açıklanabilir. Bakır elementi kaplama, kablolar, insektisit ve gıda katkı maddesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Poyraz, 2014). Su kaynaklarına alglerin büyümesini baskılamak amacıyla küçük miktarlarda bakır tuzlarının bilinçli olarak eklendiği ve tarımsal pestisit sprelerinde bakırın organik ve inorganik bileşiklerinin yaygın olarak bulunduğu bildirilmiştir (Chakrabarty ve Sarma, 2011). Ayrıca, bakır konsantrasyonundaki artışın su tesisatında gerçekleşmiş olabilecek korozyondan kaynaklanabileceği de düşünülmektedir. Bakırın suya bakır su borularından ve su tesisatının bakır bağlantı parçalarından aşınarak karışabildiği belirtilmiştir (Yalçın ve Gürü, 2002). Suda zaman zaman oluşabilecek mikroorganizma artışı da suyun taşındığı borularda korozyona yol açabilmektedir (Oğuz, 2015). Akarsuların akışı boyunca birçok tarım alanı ve fındık bahçeleri göze çarpmaktadır. Bu alanlarda tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmekte ve pestisitler kullanılmaktadır. Suda ortaya çıkan yüksek miktarlardaki bakır konsantrasyonunun ana sebebinin kullanılan bu pestisitler olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, özellikle tarımsal faaliyetlerde kullanılan bakır

içerikli pestisitlerin doğada yüksek miktarlarda birikime yol açtığı vurgulanmıştır (Ustaoglu ve ark., 2015).

Kalyoncu ve ark. (2016) Isparta Çayı'nda kış aylarında sudaki Cu konsantrasyonunun arttığını bildirmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimlerinde ise Ünye şebeke suyunda Cu elementi ulusal yönetmeliklerde belirtilen limit değeri aşmamış ve belirtilen sınırlar içerisinde kalmıştır (SKKY, 2008). Akarçay'da daha önce yapılan çalışmada, ortalama Cu konsantrasyonunun Ulusal Yönetmelikte belirtilen limitleri aşmadığı bildirilmiştir. Ayrıca manganez (178 µg/L) ve nikel (36 µg/L) konsantrasyonlarının yaz aylarında arttığı ve uluslararası sınır değerlerin üzerinde olduğu belirtilmiştir (Gümüş, 2021). Bakırın daha düşük konsantrasyonları ise, oksitlerle birlikte çökmenin veya mineral yüzeylerdeki emilimin bir sonucu olarak açıklanabilir (Chakrabarty ve Sarma, 2011).

Çalışma bölgesi genel olarak incelendiğinde, jeolojik konumu itibariyle kayaçların ve alüvyal dolguların yaygın olduğu ve özellikle bakır, kurşun, gümüş, çinko, demir, altın ve manganez yataklarının bulunduğu bir alandır (Anonim, 2023). Dolayısıyla, belirtilen metallerin suya karışıp suda tespit edilmesinde, antropojenik etkilerin yanı sıra bölgede doğal olarak bulunmasının da büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Yaz mevsiminde alüminyum ve çinko elementlerinin konsantrasyonlarının Altınordu şebeke suyunda oldukça fazla düzeyde artış gösterdiği dikkat çekmektedir. Alüminyum suyla en fazla taşınma potansiyeli olan elementtir (Akman ve ark., 2014). Alüminyum suya doğal olarak veya yapay nedenlerle karışabilir. Su arıtımı esnasında koagülasyon işlemi için Al tuzları kullanılmaktadır. Alüminyumun giderilmesi ise yalnızca suda doğal olarak bulunduğu gerçekleşmektedir. Diğer tüm durumlarda alüminyumun suya karışmasının engellenmesi gereklidir (Yılmaz ve ark., 2014). Ayrıca, alüminyum klorür ve alüminyum sülfat, yüzey sularındaki doğal organik maddelerin giderilmesinde kullanılmaktadır (Akman ve ark., 2014). Bununla birlikte, manganez, demir, nikel, bakır, arsenik ve kurşun elementlerinin de Altınordu şebeke suyundaki konsantrasyonları Melet Irmağı suyuna oranla daha yüksek bulunmuştur. Yılmaz ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, Düzce Konuralp'ten alınan musluk suyu örneğinde Fe değeri (305,5 µg/L)'nin Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen sınır değerlerin üzerinde bulunduğunu bildirmişlerdir. Farklı lokasyonlardaki içme sularıyla yapılan bazı çalışmalarda ise, Fe konsantrasyonları sınır değerler içerisinde tespit edilmiştir (Sorlini ve ark., 2013). Ulusal yönetmeliklere göre, bu çalışmada özellikle alüminyum, manganez, çinko ve demir konsantrasyonları farklı içme suyu kaynakları ve şebeke sularında mevsimsel olarak değişiklikler gösterse de belirtilen sınır değerleri sağlamaktadır ve I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir (SKKY, 2008). Akarçay'da yapılan çalışmada, belirlenen ortalama Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd değerlerinin I. sınıf su kalitesinde olduğu bildirilmiştir. Bu akarsuda yazın mangan (178 µg/L) ve nikel (36 µg/L) konsantrasyonları II. sınıf su kalitesindedir. Mn ve Ni elementlerinin uluslararası limitlere göre de yüksek olduğu belirtilmiştir (Gümüş, 2021). Karasu Irmağı suyunda da Ni elementi

konsantrasyonunun II. sınıf su kalitesinde olduğu bildirilmiştir (Sönmez ve ark., 2012). Kalyoncu ve ark. (2016) Isparta Deresi'nde suda Cu ve Zn elementlerinin tespit edilemediğini, Cd, Mo ve Se elementlerinin yazın, Cr, Cu ve Ni elementlerinin kışın, Fe ve Mn elementlerinin sonbaharda, Pb ve Zn elementlerinin ilkbaharda arttığını bildirmişlerdir.

Su kaynaklarının kalitesinin sürekli olarak değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bakır gibi ağır metaller temel eser elementlerdir ancak içme suyunda fazla miktarda bulunursa toksisite gösterirler. İçme suyundaki insan zehirlenmeleriyle en sık bağlantılı olan ağır metaller arasında kurşun, demir, kadmiyum, bakır, çinko, krom sayılabilir. Bu elementlere vücut tarafından küçük miktarlarda ihtiyaç duyulur ancak büyük dozlarda toksik olabilirler (Mohod ve Dhote, 2013). İçme ve kullanma suyu olarak değerlendirilen kaynaklarda, ulusal ve uluslararası standartlarda izin verilen sınır değerler üzerinde olan element konsantrasyonları toksisiteye neden olur. Elementlerin sebep olduğu toksisitenin bilinen ölümcül etkileri arasında zihinsel bozukluklar ve merkezi sinir sistemi fonksiyonlarının hasar görmesi, azalması veya enerji seviyesinin düşmesi yer almaktadır. Ayrıca kan bileşiminde düzensizliğe neden olarak, böbrekler ve karaciğer gibi hayati organların kötü etkilenmesine yol açarlar (Khan ve ark., 2011).

Poyraz (2014) Marmara, Ege ve Karadeniz bölgeleri bazında ağır metal maruziyetlerini incelemiştir. Buna göre, Karadeniz bölgesindeki insanların alüminyum ve nikel elementlerine diğer bölgelere oranla daha fazla maruz kaldığını bildirmiştir. Ayrıca, Marmara Bölgesi'nde yaşayan insanlar mangan, bakır ve kurşun elementlerine, Ege Bölgesi'nde yaşayan insanlar ise demir ve çinko elementlerine daha fazla maruz kalmaktadır. Su kaynaklarındaki ağır metal değişiminin ve ağır metal değişimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi, su kaynağının geleceğiyle ilgili tedbirlerin alınması sağlanmalıdır (Karadavut ve ark., 2012; Gümüş, 2021). Özellikle, içme suyu olarak kullanılan su kaynaklarının kirlenmesine yol açan kirleticilerin kontrol altına alınması önemlidir (Kalipci ve ark., 2017a; 2017b).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Gelişmeye devam eden bir şehir olan Ordu iliyle Altınordu, Perşembe ve Ünye ilçelerinde alt yapıların oluşturulmasında ve mevcut alt yapıların korunmasında aksaklıklar yaşanabilmektedir. İnsanların sağlıklı kullanma ve içme suyuna ulaşmaları için su arıtımı yeterli seviyede olsa da şebeke sistemlerinde istenmeyen bazı olumsuz durumların yaşanabileceği görülmüştür. Bu sebeple, eski borular ve isale hatları ile bakımı yapılmamış hatların ortaya çıkardığı metal kirliliğinin, belirlenen standartlara uygun içme ve kullanma suyuna ulaşmayı zorlaştırdığı düşünülmektedir.

Ünye şebeke suyunun ilkbahar ve kış numunelerinde, Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği limitlerden endişe verici derecede daha yüksek konsantrasyonda bakır bulunmuştur. İçme suyu

numunelerinde bakırın tespiti, insan sağlığı açısından risk oluşturabilir. Dolayısıyla, hem su kaynağı olarak kullanılan Cevizdere'nin hem de Şebeke suyu sistemindeki suyun, içme ve diğer amaçlarla kullanılmadan önce iilebilirliğinin dikkatle test edilmesi gereklidir. Bakır elementinin yüksek bulunmasında, antropojenik kaynakların katkısı da göz ardı edilmemelidir. Akarsuların çevresinde bulunan ve tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlarda pestisit kullanımının kontrollü ve bilinçli bir Şekilde uygulanmasının, su kaynaklarındaki yüksek bakır birikimini engellemede etkili olacağı düşünölmektedir. İleriki çalışmalarda, kış ve ilkbahar mevsimlerinde Ünye Şebeke suyunda tespit edilen bakır elementinin nereden kaynaklandığı ve suya nasıl karıştığı araştırılması da uygun olacaktır. Bu sebeple, Şebeke sularının izlenmesi kadar Şebeke hattının da itinayla takibe alınması, gerekli müdahalenin zamanında yapılması açısından önem arz etmektedir.

Teşekkür

Bu alışma, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından desteklenen G-2004 kodlu GÜdümlü projenin bir kısmını kapsamaktadır. Desteklerinden dolayı Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

ıkar atışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar atışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Akman, Ö., Atasever, S., Güçlü, E., Gümüş, G., andar, T. (2014). Alüminyum ve insan [PDF document]. Retrieved from: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwip09i7kJmEAXW2AdsEHRNNBbwQFnoECA4QAQ&url=http%3A%2F%2Ftip.baskent.edu.tr%2Fkw%2Fupload%2F464%2Fdosyalar%2Fcg%2Fsempozyum%2Fogrsmpzsnm13%2F13.P1.pdf&usg=AOvVaw2J6hnogVQZ7zpDcjLlO0n7&opi=89978449> (Erişim tarihi: 07 Şubat 2024).

- Anonim, (2004). Ordu çevre durum raporu, T.C. Ordu Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Ordu.
- Anonim, (2023). Ordu çevre durum raporu. T.C. Ordu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Ordu.
- APHA (American Public Health Association), (1998). *Standard method for examination of water and wastewater* (20th ed.). Wahington, DC: APHA.
- Bayrak Özbucak, T., ve Taş, B., (2016). Kacalı Deresi riparian alanının (Perşembe, Ordu) makrofit florası. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 117-125.
- Borah, K. K., Bhuyan, B., ve Sarma, H. P., (2009). Heavy metal contamination of groundwater in the tea garden belt of Darrang District, Assam, India. *E-Journal of Chemistry*, 6(S1), 501-507.
- Boyd, C.E., (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station Press.
- Chakrabarty, S., ve Sarma, H.P., (2011). Heavy metal contamination of drinking water in Kamrup district, Assam, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 179, 479–486.
- Dağlıoğlu, Y., (2023). Ordu ili içme suyu kaynaklarının mühendislik nanopartiküllerinin konsantrasyonları bakımından incelenmesi ve değerlendirilmesi [PDF document]. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/369542315_Ordu_Ili_Icme_Suyu_Kaynaklarinin_Muhendislik_Nanopartikullerinin_Konsantrasyonlari_Bakimindan_Incelenmesi_ve_Degerlendirilmesi (Erişim tarihi: 02 Şubat 2024).
- Davis, P. H., (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Island* (Vol. I-IX). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- DKMPGM, (2008). Akşehir Eber gölleri sulak alan yönetim planı (2008-2012). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü.
- DSİ, (2001). Ordu-Ünye-Cevizdere, Kuşdoğan, Düzköy, Denizbükü köyleri ve arazilerinin Cevizdere taşkın ve kıyı oyuntusundan korunmasına ait ön inceleme raporu. DSİ 7. Şube Müdürlüğü, Samsun.
- DSİ, (2014). Devlet Su İşleri Müdürlüğü, DSİ 75. Şube Müdürlüğü, Ordu.
- E.C., (2015). European Communities. Commission directive 2015 CD (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending annexes II and III to council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. European Council, Brussels, Belgium.
- Gümüş, N. E., (2021). Akarçay akarsuyu (Afyonkarahisar) su kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(1), 120-127.
- İSKA, (2019). İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik, 6 Temmuz 2019, Resmî Gazete Sayı: 30823.
- Kalipci, E., Cüce, H., ve Toprak, S., (2017a). Damsa Barajı Nevşehir yüzey suyu kalitesinin coğrafi bilgi sistemi ile mekansal analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 312-319.
- Kalipci, E., Cüce, H., ve Toprak, S., (2017b). Coğrafi bilgi sistemleri (Cbs) kullanılarak Mamasın Barajı yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 351-361.
- Kalyoncu, H., Özcan, C., ve Tekin-Özcan, S., (2016). Isparta Deresi'nin su ve sedimentlerindeki ağır metal birikiminin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (Ek Sayı 1), 268-280.
- Karadavut, S., Delibas, L., Kalipci, E., Özdemir, C., ve Karadavut, I. S., (2012). Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2), 171-182.
- Kargıoğlu, M., Serteser, A., Kıvrak, E., İçağa, Y., ve Konuk, M., (2012). Relationships between epipellic diatoms, aquatic macrophytes, and water quality in Akarçay Stream, Afyonkarahisar, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 41(1), 74-84.
- Kaya, Y., Karaman, Ü., ve Yolalan, G., (2021). Ordu ili kaynak sularının parazit varlığı açısından değerlendirilmesi. *ODÜ Tıp Dergisi*, 8(1), 14-18.
- Khan, S. A., Din, Z. U., Ihsanullah, ve Zubair, A., (2011). Levels of selected heavy metals in drinking water of peshawar city. *International Journal of Science and Nature*, 2(3), 648- 652.
- Kontaş, S., ve Bostancı, D., (2020a). Genotoxic effects of environmental pollutant heavy metals on *Alburnus chalcoides* (Pisces: Cyprinidae) inhabiting Lower Melet River (Ordu, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 104, 763-769.
- Kontaş, S., ve Bostancı, D., (2020b). Ağır metal varlığında *Vimba vimba* bireylerindeki genotoksik hasarın tespiti. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 2090-2100.
- Kontaş, S., ve Bostancı, D., (2020c). Balıklarda genotoksik hasarın belirlenmesine yönelik bir araştırma: *Capoeta banarescui* örneği. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(2), 144-152.

- Kurucu, G., ve Bostancı, D., (2022). Ordu'nun derelerindeki fiziko-kimyasal özelliklere yeni katkılar: Curi Deresi (Ünye-Ordu). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 700-708.
- Mohod, C. V., ve Dhote, J., (2013). Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(7), 2992-2996.
- Oğuz, T. C., (2015). *İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri*. Uzmanlık Tezi, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 92s.
- Poyraz, B., (2014). Farklı lokasyonlardan alınan içme sularında ağır metal analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 16-27.
- Serdar, S., (2015). Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- SKKY, (2008). Su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, 13 Şubat 2008, Resmî Gazete Sayı: 26786.
- Sorlini, S., Palazzini, D., Sieliechi, J. M., ve Ngassoum, M. B., (2013). Assessment of physical-chemical drinking water quality in the Logone Valley (Chad-Cameroon). *Sustainability*, 5(7), 3060-3076.
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., ve Yanık, T., (2012). Karasu Irmağı'nda ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.
- Tanyolaç, J., (2009). *Limnoloji (Tatlısu Bilimi)*. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.
- Taş, B., Yılmaz, Ö., ve Kurt, I., (2015). Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye)'nda su kalitesinin göstergesi olan epipelik diatomeler. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(7), 610-616.
- Tepe, Y., Şimşek, A., Ustaoglu, F., ve Taş, B., (2022). Spatial-temporal distribution and pollution indices of heavy metals in the Turnasuyu Stream sediment, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 818.
- Tokatlı, C., (2020). Ergene nehir havzası su kalitesinin çok değişkenli istatistik analizler kullanılarak değerlendirilmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(1), 38-46.
- TS 266, (2005). İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları, Türk Standartları Enstitüsü No: TS 266, Ankara.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), (2004). Global Program of action, Why the Marine Environment Needs Protection From Heavy Metals UNE/GPA Coordination office. Retrieved from: http://www.oceansatlas.org/unatlas/uses/unep textsph/wastesph/260_2_gpa.2004
- Ustaoglu, D., Terzioğlu, K., Türe, H., Yılmaz, E., ve Tunca, E., (2015). Sucul ortamlardaki bakırın (Cu), su mercimeği (*Lemna minor* Linneaus 1753) ile fitoremediasyonu. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 10-22.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., ve Taş, B., (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, 113, 105815.
- WHO (World Health Organization), (1992). Our planet, our health, Report of the WHO comission on health and environment World Health Organization, Geneva, 2. Retrieved from: <http://www.who.int/en/>
- Yalçın, H., ve Gürü, M., (2002). *Su Teknolojisi*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Yılmaz, M., Kara, İ. H., Poyraz, B., ve Mayda, A. S., (2014). Konuralp Beldesi'nde içme sularının elementer analizi ve içerdiği ağır metaller: Şebeke suyu, doğal kaynak suyu ve zezem suyunun karşılaştırılması. *Konuralp Tıp Dergisi*, 6(3), 54-58.