

# Karadere Deresi'nin (Araklı-Trabzon) İçme ve Sulama Suyu Amaçlı Kullanım Uygunluğunun İncelenmesi

Arzu Fırat Ersoy<sup>1,\*</sup> , Esra Hatipoğlu Temizel<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon.

## Özet

Bu çalışmada Karadere Deresi'nin su kalitesi özellikleri belirlenmiş, bu amaçla yüzey suyu örnekleme yapılarak fiziksel parametreler, majör anyon-kasyon ve iz element içerikleri belirlenmiştir. Hidrokimyasal özelliklerin belirlenmesi amacıyla yüzey suyu örnekleme Ekim-2020 ve Nisan-2021 olmak üzere iki dönemde gerçekleştirilmiştir. Su örneklerine ait fiziksel özellikler, majör anyon ve kasyon analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü WHO, TS266 (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliklerine göre değerlendirilmiştir. Karadere yüzey suyunda su tipleri Ca-HCO<sub>3</sub> ve Ca-Na-HCO<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir. Karadere yüzey suyunun bu parametreler açısından WHO ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre içme suyuna uygun olduğu belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre ise tüm parametrelerin I. ve II. Sınıf sular sınıfında bulunduğu tespit edilmiştir. Kirlilik açısından incelendiğinde ise NO<sub>2</sub> içerikleri Karadere'nin IV. Sınıf su sınıfında olduğunu göstermektedir. İz element içerikleri açısından yağışlı döneme ait Al ve Fe değerlerinin TS266'da tanımlanan sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Karadere yüzey suyunun, sodyuma karşı hassas olan bitkiler dışındaki tüm bitkilerde ve orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkilerde tarımsal faaliyetlerde kullanılabilceği ortaya konmuştur.

## Anahtar Sözcükler

Yüzey Suyu Kalitesi, Hidrojeokimya, Karadere, Trabzon

## Investigation of the Suitability of Karadere River (Araklı-Trabzon) for Drinking and Irrigation Purposes

### Abstract

In this study, it was aimed to determine the water quality characteristics of Karadere River. For this purpose, physical parameters, major anion-cation and trace element analyzes were carried out by performing surface water sampling in Karadere River. In order to determine the hydrochemical properties, two periods of surface water sampling were carried out in October-2020 and April-2021. The physical properties, major anion and cation analysis results of the water samples were evaluated according to the World Health Organization WHO, TS266 (Regulation on Water Intended for Human Consumption) and Water Pollution Control Regulation. Water types in Karadere surface water were determined as Ca-HCO<sub>3</sub> and Ca-Na-HCO<sub>3</sub>. It has been determined that Karadere surface water is suitable for drinking water in terms of this physical parameters and major anions-cations according to WHO and TS266 Regulation on Water Intended for Human Consumption. According to the Water Pollution Control Regulation, all parameters were determined to be in I and II water class. When examined in terms of pollution, it is seen that Karadere surface water is in IV class water class according to NO<sub>2</sub> content. It has been determined that the Al and Fe values of the rainy period in terms of trace element contents are above the limit values defined in the TS266 Regulation on Water Intended for Human Consumption. It has been determined that Karadere surface water can be used in agricultural activities in all plants except for plants that are sensitive to sodium and in plants that need moderate salt.

### Keywords

Surface Water Quality, Hydrogeochemistry, Karadere, Trabzon

## 1. Giriş

Yeryüzünde canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için en önemli doğal kaynaklardan biri sudur. Canlılar su ihtiyaçlarını yüzey ve yeraltısularından karşılamaktadır. Yüzey sularının kullanıma kazandırılması yeraltısularının çıkartılıp işlenmesinden daha ekonomik olduğundan tercih sebebidir (Fırat Ersoy ve Hatipoğlu Temizel 2021). Ülkemizde içme ve kullanım amaçlı olarak genellikle yeraltısuyu kullanılmakta iken, özellikle son yıllarda hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve tarımsal faaliyetler gibi etkenler sonucunda yeraltısuları kirlenmeye başlamış ve bunlara alternatif olarak akarsu, göl gibi yüzey sularının kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Dünya genelinde özellikle nüfus artışı düzensiz kentleşme, sanayileşme, tarımda aşırı kimyasal kullanımı, sudan enerji elde etme gibi çalışmalar nehirler üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır.

\* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (462) 3772063 Faks: +90 (462) 3257405  
E-posta: arzufirat@gmail.com (Fırat Ersoy A),  
hatipogluusra@gmail.com (Hatipoğlu Temizel E)

Gönderim Tarihi / Received : 06/10/2022  
Kabul Tarihi / Accepted : 26/01/2022

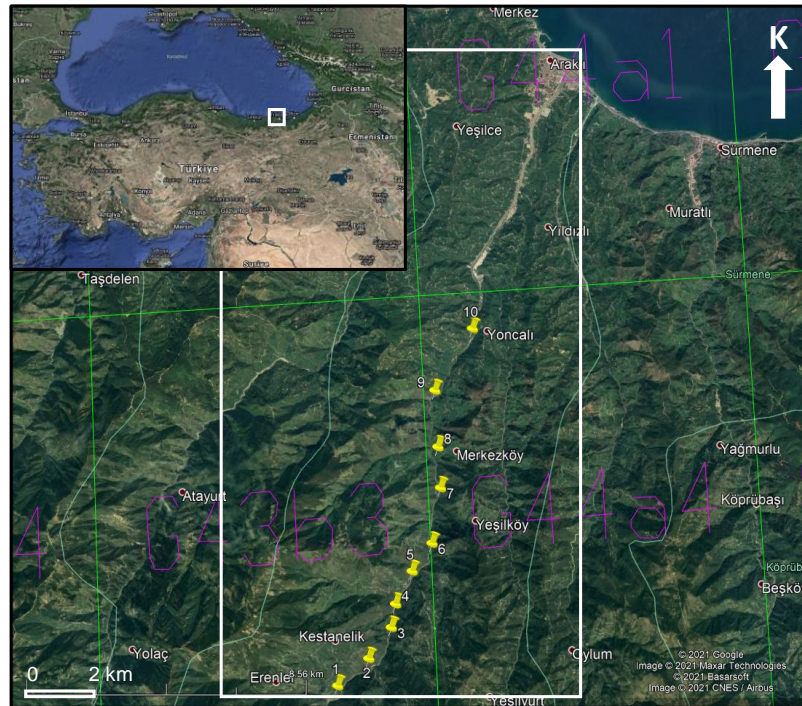
Bu durum nehir sistemlerinin doğal yapısını bozarak su kalitesinin her geçen gün azalmasına sebep olmaktadır (Jarvie vd. 2018; Chen vd. 2019). Ayrıca küresel iklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık artışları da su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemekte, akarsulardaki su miktarı azalmakta ve bu durum su havzalarında kirliliği artırmaktadır. Doğu Karadeniz'de akarsular ilçe merkezlerinden geçerek Karadeniz'e ulaşmakta ve akarsuların akış yollarındaki vadiler boyunca birçok sanayi tesisi, depolama alanları, fındık bahçeleri ve küçük ölçekli fabrikalar yer almaktadır. Bu nedenle yüzey suları sanayi tesislerinden kaynaklanan ağır metal ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot ve türevlerinin kirliliğinden olumsuz olarak etkilenmektedir.

Türkiye bulunduğu konum açısından iklim değişikliklerinden etkilenen bir bölgede yer almaktadır. Tüm bu olumsuz etkilerle birlikte su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi ve korunması giderek önem kazanmıştır. Ülkemizde yer alan çeşitli akarsuların fiziko-kimyasal özelliklerinin değerlendirilip su kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır (Ak vd. 2008; Akbulut vd. 2010; Topkara vd. 2011; Çiçek ve Ertan 2012; Gültekin vd. 2012; Kasımoğlu ve Yılmaz 2014; Bilgin ve Konanç 2016; Uzun Özel ve Gemici 2016; Zeybek ve Kalyoncu 2016; Alver ve Baştürk 2019; Ustaoglu vd. 2020).

Trabzon İl'inde Galyan Akarsuyundan 3 ayrı noktadan yaklaşık bir yıl boyunca ayda bir örnekleme yapılarak bu akarsuyun su kalitesini belirlenmiş ve nehrin matematiksel modellemesi oluşturulmuştur (Bulut ve Tüfekçi 2005). Nacar ve Satılmış (2017) yaptıkları çalışmalarında Doğu Karadeniz Havzasında Trabzon ili sınırları içerisinde kalan akarsuların Karadeniz'e taşıdıkları Toplam karbon, toplam organik karbon ve toplam inorganik karbon değerlerini belirlemişlerdir. Tunç Dede vd. (2018) Karadere Çayı su kalitesinin ağır metal konsantrasyonuna göre ağır metal kirlilik indeksini hesaplamışlardır.

Trabzon ilinde bulunan diğer akarsularda su kalitesi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Gültekin vd. (2005), Değirmendere havzasının su kalitesini incelemişler ve havzadaki suların Ca-HCO<sub>3</sub> tipinde olduğunu belirlemişlerdir. Değirmendere yüzey suyunun Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre "çok kirlenmiş su" sınıfında yer aldığını tespit etmişlerdir. Celep (2009), Trabzon ilinde bulunan yüzey ve yeraltısularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yaptığı çalışmada Karadere deresi yüzey suyunun pH, DO, TDS ve Na içeriklerine göre I. Sınıf; Mn ve PO<sub>4</sub> açısından II. sınıf ve NO<sub>2</sub>, Cu ve Ni açısından III. Sınıf sular kapsamında yer aldığını belirlemiştir. Fırat Ersoy ve Karagüllü (2018) Söğütlü havzasında yaptıkları çalışmada Söğütlü deresi yüzey suyu Fe, Mn, Al, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>3</sub> açısından "kirlenmiş su" ve "çok kirlenmiş su" sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Karadere deresi Trabzon'un doğusunda bulunan Araklı ilçesinin merkezinden geçerek Karadeniz'e dökülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası ve örnek noktaları

Karadere havzası yaklaşık 640 km<sup>2</sup>'lik alana sahiptir. Havzadaki ana akarsu Karadere olmakla birlikte bu dereyi besleyen Pervane, Kaya, Yuvalı ve Üçtaş dere gibi yan kolları da bulunmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde Karadeniz iklim tipi yaygın olarak gözlenmektedir. Bölgede yazlar genellikle orta sıcaklıkta kışlar ise ılık geçmektedir. Trabzon meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllar ortalamasına göre bölgede ortalama sıcaklık 14.5 °C, yıllık toplam yağış 803 mm'dir (MGM 2021).

Bu çalışmada Trabzon ilinde bulunan 16 akarsu havzasından birisi olan ve ilin doğusunda yer alan Karadere deresi yüzey suyunun hidrokimyasal özellikleri belirlenmiş ve suyun içme-kullanmaya uygunluğu araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda akarsuda Ekim-2020 ve Nisan-2021’de olmak üzere 2 dönemde fiziksel parametreler, majör anyon-kasyon ve iz element analizleri yapılarak elde edilen bulgular ile yüzey suyu içme-kullanma ve tarımsal sulamaya uygunluğu açısından değerlendirilmiştir. Günümüzde Karadere havzasının yüzey suyu Trabzon ilinin içme-kullanma suyu olarak kullanılmamaktadır. Yalnızca Karadere Deresi akiferinde açılmış olan kuyulardan Araklı ilçesine içme ve kullanma suyu sağlanmaktadır. Fakat giderek artan nüfus, sanayileşme ve tarımsal sulama ihtiyaçları nedeniyle önümüzdeki birkaç on yılda Trabzon ili için de ihtiyaç duyulacak duruma geleceği açıktır. Bu nedenle bu çalışmada Karadere Deresi’nin yüzey suyu kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında Karadere deresinin yüzey suyu kalitesini belirlemek amacıyla kurak sezonu temsil eden Ekim-2020 ve yağışlı sezonu temsil eden Nisan-2021’de olmak üzere 2 dönem örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Derenin akış yönünde güneyden kuzeye 20 km mesafelik bir alanda her bir örnekleme döneminde 10’ar adet olmak üzere toplam 20 adet su örneği alınmıştır (Tablo 1). Yüzey suyu örnekleri TS EN ISO 5667 Su Kalitesi Numune Alma Standardına uygun olarak alınmıştır. Her bir su örneği için 1 lt’lik polietilen (saf su ile yıkanmış) şişeler kullanılmıştır. Alınan su örnekleri etiketlenerek ilk 6 saat içerisinde analiz için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) Trabzon 22. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü’ne getirilmiştir. TURKAK (Türk Akreditasyon Kurumu) tarafından akredite olan laboratuvara, su örneklerinin majör anyon-kasyon ve iz element analizleri yapılmıştır. Majör anyon-kasyon analizleri iyon kromatografisi ile iz element analizleri ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Karadere deresi yüzey suyunun fiziksel parametreleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı’nda bulunan HACH-HQ40D marka çoklu parametre ölçer ile yerinde ölçülmüştür. Analizlerin iyon denge hatası % -5.79 ile 4.82 arasında kalmaktadır. Tüm analiz sonuçları değerlendirilerek Karadere yüzey suyunun içme ve kullanmaya uygunluğu ve su kalitesi belirlenmiştir. Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü WHO (2011), TS266 (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)’ne göre değerlendirilmiştir.

## 3. Jeoloji ve Hidrojeoloji

Doğu Pontidler’in Kuzey Zonu içinde yer alan çalışma alanında genel olarak volkanik, volkano-tortul kayalar ile tortul birimler yüzeylemektedir (Şekil 2). Çalışma alanının en yaşlı birimini bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, marn ve killi kireçtaşlarından oluşan Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu (Kandemir 2004) oluşturmaktadır. Bu birim üzerine uyumlu olarak Geç Jura-Erken Kretase yaşlı resifal kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşından oluşan Berdiga Formasyonu gelmektedir (Güven 1993). Bu birimler üzerine yine uyumlu olarak Geç Kretase yaşlı bazik karakterli volkano-tortul istiften oluşan (bazalt andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı killi kireçtaşı ve silttaşı) Çatak Formasyonu (Güven 1993) gelmektedir. Bunlar üzerine riyodasit, dasit ve piroklastitlerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu (Güven 1993) uyumlu olarak gelmektedir. Bu asidik karakterli birimler üzerine bazalt, andezit ve piroklastitleri ile çamurtaşı, kumtaşı ve tüffitten oluşan Çağlayan Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir (Güven 1993). Bazik birimler üzerine riyolit, riyodasit ve piroklastitlerinden oluşan Çayırbağ Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir. Bunlar üzerinde kumtaşı, killi kireçtaşı, marn, şeyl ve tüflerden oluşan Bakırköy Formasyonu (Güven 1993) bulunmaktadır.

Üst Kretase yaşlı Kaçkar Granitoyidi-I ise tüm bu birimleri keserek yerleşmiştir. Bu birimleri uyumsuzlukla üzerleyen Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar çalışma sahasının en genç birimlerini oluşturmaktadır (Güven 1993) (Şekil 2).

Çalışma alanının kuzey kesimlerinde Kuvaterner yaşlı blok, çakıl, kum ve silt karışımından oluşan gevşek ve tutturulmamış alüvyal çökeller yer almaktadır. Bu çökeller iyi akifer özelliğinde olup ekonomik olarak yeraltısuyu içermektedir.

Karadere akiferinin alüvyon genişliği 250-750 m, alüvyon uzunluğu 7 km ve alüvyon kalınlığı 20-34 m’dir (DSİ 2015). Karadere Deresi’nin oluşturduğu alüvyonlar serbest akifer niteliği taşımaktadır. Akarsuyun su depolama hacmi 563 hm<sup>3</sup>, yıllık ortalama akış değeri 355.14 hm<sup>3</sup>/yıl ve yağış alanı 730 km<sup>2</sup>’dir (DSİ 2015).

## 4. Bulgular ve Tartışma

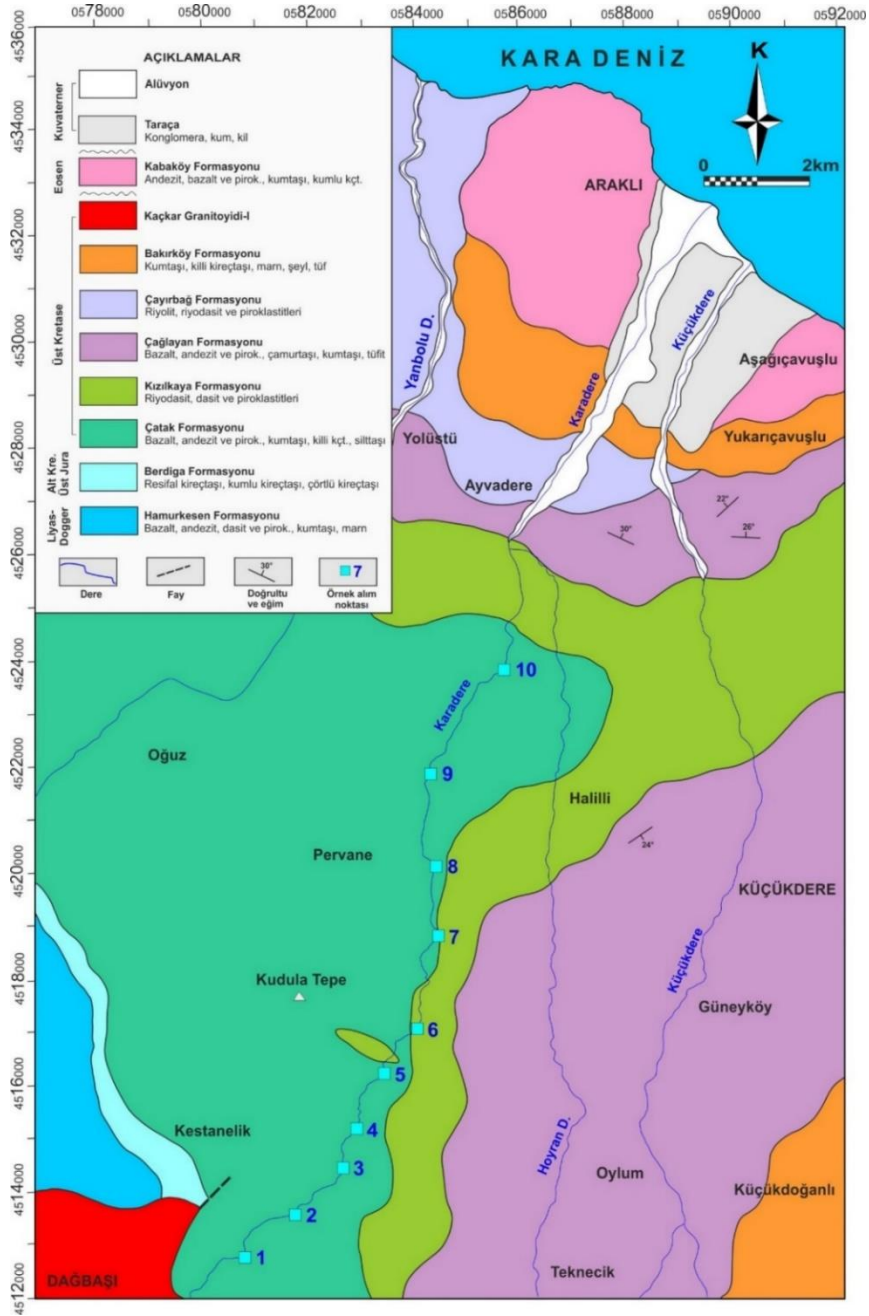
### 4.1. Hidrojeokimya

Örnek noktalarının konumlarına ait koordinat bilgileri Tablo 1’de, fiziksel parametrelere ait analiz sonuçları Tablo 2’de, kimyasal analiz sonuçları Tablo 3’te, analiz sonuçlarına göre hazırlanan su tipleri Tablo 4’te ve iz element analiz sonuçları Tablo 5’te verilmektedir.



Tablo 1: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait koordinat bilgileri

Örnek Numarası	X Koordinatı	Y Koordinatı	Z (m)
1	580856	4512739	264
2	581901	4513550	225
3	582663	4514487	224
4	582838	4515221	186
5	583418	4516229	183
6	584099	4517083	158
7	584465	4518831	130
8	584453	4520137	165
9	584440	4521940	91
10	585750	4523847	50



Şekil 2: Çalışma alanının jeoloji haritası (Güven 1993'ten sadeleştirilerek)

## 4.2. Fiziksel Parametreler ve Majör İyon İçerikleri

Çalışma kapsamında örneklenen suların EC (Elektriksel İletkenlik), TDS, T, pH ve TS (Toplam Sertlik) değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Ekim-2020’de yüzey suyu örneklerinin EC değerlerinin 371-429  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında; Nisan-2021’de ise 103-117  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değiştiği görülmektedir. İki dönem için yüzey suyu örneklerinin pH değerleri 6.5 ile 7.9 arasında değişmektedir. Ekim-2020’de yüzey suyu örneklerinin Toplam Sertlik değeri 14.53-15.80 FH arasında; Nisan-2021’de ise 4.53-5.02 FH arasındadır (Tablo 2). Yüzey suları yağışlı aylarda seyrelmeden dolayı daha az oranda, kurak aylarda ise buharlaşmanın etkisiyle daha çok iyon içerdiklerinden yerüstü sularının kimyasal özelliği zamanla değişiklik gösterir. Yüzey suyu kaynaklarının toplam iyon içerikleri kurak dönemde yüzeyde meydana gelen buharlaşmanın etkisiyle yüksek, yağışlı dönemde ise yağışın yüzey suyunu seyrelmesi nedeniyle daha düşük değerlerdedir. Karadere yüzey suyunun EC ve Toplam Sertlik değerlerinin kurak dönem (Ekim-2020) analizlerinde daha yüksek değerlerde olduğu; buna karşın yağışlı dönem (Nisan-2021) analizlerinde ise kurak döneme göre daha düşük değerlerde olduğu gözlenmektedir. Yüzey sularına ait fiziksel parametreler TSE 266 (2005), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre değerlendirildiğinde sular EC ve pH değerleri açısından içme suyuna uygundur. Toplam sertlik açısından değerlendirme yapıldığında ise su örneklerinin “çok yumuşak su” ile “orta yumuşak su” sınıfında yer aldıkları görülmektedir. Bu parametreler (Tablo 2) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde ise yüzey suyu örneklerinin TDS ve pH değerleri açısından I. Sınıf sular sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Yüzey sularının Nisan-2021’de yapılmış Çözünmüş Oksijen (DO) analiz değerlerinin 7.80-10.29 mg/L arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre I. ve II. sınıf sulara işaret etmektedir (Tablo 2).

Tablo 2: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait fiziksel parametreler

Örnek Numarası	Örnekleme Tarihi	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDS	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	PH	TS (FH)	DO (mg/L)
1	EKİM-2020	377	245	14.1	6.9	14.87	
	NİSAN-2021	107	69	11.1	6.5	4.68	10.18
2	EKİM-2020	371	241	14	6.5	14.53	
	NİSAN-2021	103	67	12.3	6.5	4.67	9.8
3	EKİM-2020	371	241	14.1	6.8	14.54	
	NİSAN-2021	104	68	14.9	6.5	4.86	10.29
4	EKİM-2020	411	267	15.3	6.9	15.13	
	NİSAN-2021	107	69	11	6.6	4.83	7.8
5	EKİM-2020	410	266	14.5	6.8	15.03	
	NİSAN-2021	112	73	13.7	7.2	4.93	9.73
6	EKİM-2020	422	274	15.3	6.9	15.42	
	NİSAN-2021	108	70	13.8	7.3	4.98	9.65
7	EKİM-2020	429	279	16	6.7	15.65	
	NİSAN-2021	110	72	12.4	7.4	5.02	10.26
8	EKİM-2020	429	279	15	6.8	15.80	
	NİSAN-2021	111	72	14.4	7.2	4.88	9.93
9	EKİM-2020	426	277	15.8	6.8	15.42	
	NİSAN-2021	114	74	12.2	7.3	4.98	9.17
10	EKİM-2020	377	245	17	6.9	14.87	
	NİSAN-2021	117	76	13.7	7.9	4.53	10.23
<b>TS266 (En Yüksek Değer)</b>		<b>2500</b>			<b>6.5-9.5</b>		

Yüzey suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Ekim-2020’de yüzey suyu örneklerinin Ca değerlerinin 47.3-50.70 mg/L arasında; Nisan-2021’de ise 14.15-15.40 mg/L arasında; Mg değerlerinin Ekim-2020’de 6.40-7.64 mg/L arasında; Nisan 2021’de ise 2.28-2.77 mg/L arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 3). Na içerikleri Ekim-2020’de 5.61-10.53 mg/L arasında; Nisan 2021’de ise 2.71-6.27 mg/L arasında değişmektedir.  $\text{HCO}_3$  değerleri Ekim-2020’de 143.9-183 mg/L arasında; Nisan 2021’de ise 54.7-73.2 mg/L arasında;  $\text{SO}_4$  değerleri Ekim-2020’de 22.82-26.24 mg/L arasında; Nisan 2021’de ise 6.23-9.13 mg/L arasında; Cl değerleri Ekim-2020’de 3.53-10.16 mg/L arasında; Nisan 2021’de ise 2.46-9.48 mg/L arasında bulunmaktadır (Tablo 3). Karadere yüzey suyunda majör anyon ve katyon içeriklerinin kurak dönemi temsil eden Ekim ayı analizlerinde yüksek olduğu; buna karşın yağışlı dönemi temsil eden Nisan ayı analizlerinde düşük olduğu belirgin bir şekilde görülmektedir (Tablo 3). Majör anyon-katyon analiz sonuçları WHO (2011) ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre değerlendirildiğinde yüzey suyu örneklerinin içme suyuna uygun oldukları belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde ise bu parametreler açısından I. Sınıf sular sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir. İncelenen yüzey suları  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  ve  $\text{NH}_4$  açısından değerlendirildiğinde ise  $\text{NO}_3$  içeriklerinin yağışlı ve kurak dönemde 1.50-3.24 mg/L arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler Karadere yüzey suyunun WHO (2011) ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe uygun olduğunu göstermektedir. Yine her iki dönemdeki  $\text{NO}_2$  ve  $\text{NH}_4$  değerlerinin WHO (2011) ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe uygun oldukları belirlenmiştir. Sular Su Kirliliği Kontrolü

Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde ise Ekim-2020 ve Nisan 2021 analiz sonuçlarına göre NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub> açısından I. Sınıf sular, NO<sub>2</sub> açısından IV. Sınıf sular sınıflarında yer aldıkları tespit edilmiştir (Tablo 3).

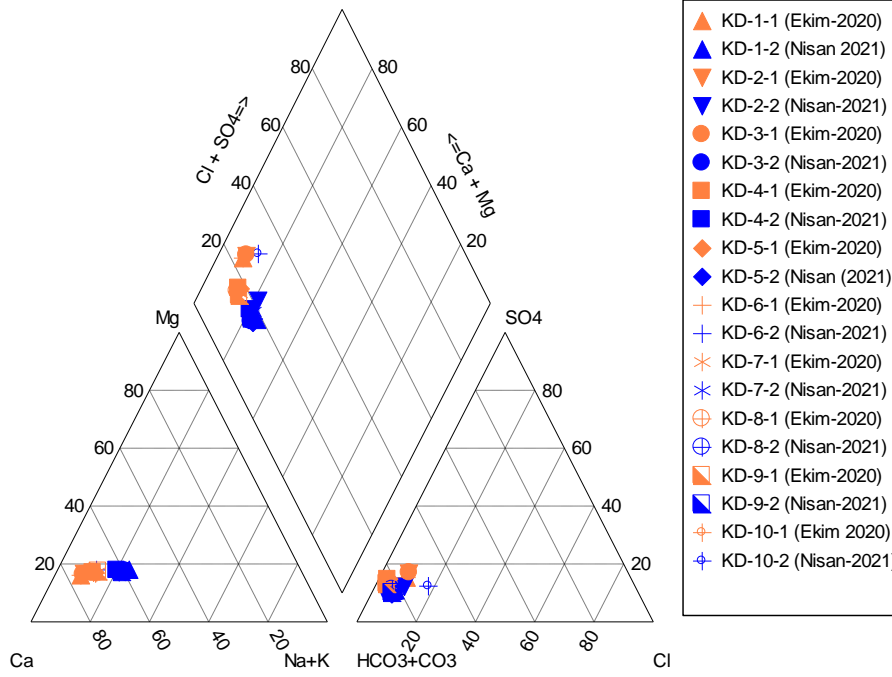
Tablo 3: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek Numarası	Örnekleme Tarihi	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	Cl (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>2</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	İyon Denge Hatası
1	EKİM-2020	48.80	6.42	5.61	1.20	149.4	24.05	10.13	3.19	0.075	0.04	0.12
	NİSAN-2021	14.15	2.7	6.27	0.7	60.2	6.45	3.1	1.5	0.067	0.32	0.66
2	EKİM-2020	47.30	6.51	6.07	1.23	144.5	25.83	10.11	2.94	0.066	0.06	0.12
	NİSAN-2021	14.48	2.46	5.22	0.68	54.7	6.80	3.95	1.57	0.067	0.14	1.06
3	EKİM-2020	47.50	6.40	6.03	1.31	143.9	26.24	10.16	3.01	0.072	0.04	0.10
	NİSAN-2021	15.12	2.64	5.98	0.67	65.8	6.27	2.71	1.57	0.067	0.17	-1.44
4	EKİM-2020	48.70	7.13	8.97	1.30	173.2	24.44	3.53	2.74	0.064	0.33	0.05
	NİSAN-2021	15.02	2.63	5.14	0.65	65.2	6.43	3.48	1.55	0.068	0.14	-3.82
5	EKİM-2020	48.10	7.20	9.40	1.42	172.0	24.70	3.94	2.82	0.064	0.33	0.06
	NİSAN-2021	15.21	2.70	6.27	0.78	73.2	6.68	3.44	1.60	0.067	0.21	-5.79
6	EKİM-2020	49.48	7.25	9.91	1.33	178.1	23.83	4.41	2.98	0.072	0.41	0.08
	NİSAN-2021	15.40	2.73	6.21	0.70	68.1	6.74	3.34	1.61	0.068	0.22	-2.57
7	EKİM-2020	50.07	7.54	10.32	1.31	182.4	22.87	4.98	3.18	0.067	0.53	0.01
	NİSAN-2021	15.37	2.77	5.74	0.71	58.9	6.34	3.09	1.56	0.068	0.18	3.41
8	EKİM-2020	50.70	7.50	9.37	1.31	183.0	22.82	4.38	3.24	0.070	0.33	0.02
	NİSAN-2021	15.04	2.72	6.08	0.82	57.6	6.23	2.46	1.59	0.067	0.25	4.82
9	EKİM-2020	49.01	7.64	10.53	1.32	181.8	22.83	4.29	2.93	0.070	0.46	-0.07
	NİSAN-2021	15.37	2.68	5.92	0.70	66.4	6.44	3.06	1.58	0.068	0.17	-1.59
10	EKİM-2020	48.80	6.42	5.61	1.20	149.4	24.05	10.13	3.19	0.075	0.04	0.12
	NİSAN-2021	14.27	2.28	2.71	0.60	64.6	9.13	9.48	2.13	0.072	0.06	-1.87
TS266 (En Yüksek Değer)		200				250		250	50	0.5	0.5	
WHO (2011)		50				50		3	-			

Suların kimyasal yapısı ve tiplerini belirleyebilmek için Piper (Şekil 3) ve Schoeller (Şekil 4) diyagramları hazırlanmıştır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (%mek/l cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflandırılması ve karşılaştırılması aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Piper diyagramına göre eşkenar üçgenler dikkate alındığında su örneklerinin her iki örnekleme döneminde de Ca-HCO<sub>3</sub> su tipinde oldukları görülmektedir. Su örneklerinde baskın katyon Ca iken baskın anyon HCO<sub>3</sub>'tür, ayrıca Cl ve SO<sub>4</sub> içerikleri oldukça düşük değerlerdedir. Eşkenar dörtgen dikkate alındığında su örneklerinde Ca > Mg+Na+K olduğu ve karbonat sertliğinin %50'den fazla yani yüksek sertlikte sular sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu tip sular CaCO<sub>3</sub> tipinde sular olarak tanımlanmaktadır. Analiz sonuçları kullanılarak elde edilen su tipleri ayrıca Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde Ekim-2020 döneminde alınan su örneklerinde su yüzeyinden meydana gelen buharlaşmanın etkisi ile baskın su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> iken; Nisan-2021 döneminde alınan su örneklerinde yağışlar nedeniyle meydana gelen seyrelmenin etkisi ile baskın su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> ve Ca-Na-HCO<sub>3</sub> tür.

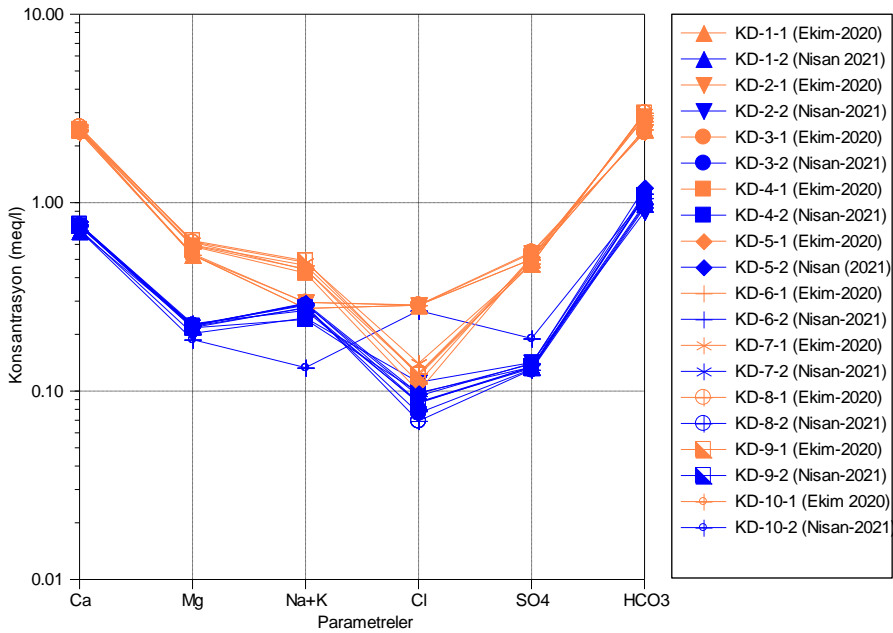
Tablo 4: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait su tipleri

Örnek Numarası	Örnekleme Tarihi	Su Tipi
1	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
2	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-HCO <sub>3</sub>
3	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
4	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-HCO <sub>3</sub>
5	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-HCO <sub>3</sub>
6	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
7	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
8	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
9	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-HCO <sub>3</sub>
10	EKİM-2020	Ca-HCO <sub>3</sub>
	NİSAN-2021	Ca-HCO <sub>3</sub>



Şekil 3: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait Piper diyagramı

Schoeller Diyagramı yarı logaritmik bir diyagramdır ve iyonların kökensel yorumlamaları hakkında bilgi verir. Her bir iyonun mek/l değerleri logaritmik düşey eksenle işaretlenerek birleştirilir. Yarı logaritmik diyagrama çizilen su analizlerinde kırık çizgilerin birbirine paralel olduğu sular genellikle aynı formasyonlardan gelen suları göstermektedir. Şekil 4'te Ekim-2020 ve Nisan-2021 tarihinde alınan 10'ar adet su örneğine ait çizilen Schoeller Diyagramı görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde iyonların mek/l değerlerini birleştiren doğruların kurak ve yağışlı dönemde birbirine yaklaşık paralel olduğu görülmektedir. Fakat Ekim-2020 döneminde yani kurak dönemde alınan yüzey suyu örneklerinin iyon içeriklerinin yağışlı dönemde alınan su örneklerinden daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum doğal hidrolojik süreçlerin bir sonucudur. Çünkü yağışlı dönemde yağış sularının yüzey sularına katkısı nedeni ile dere suyunda iyon içerikleri azalmakta; buna karşın kurak dönemde yüzey suyunda buharlaşma meydana gelmesi nedeni ile dere suyunda iyon içerikleri yükselmektedir. Analiz sonuçlarını birleştiren doğruların birbirine yaklaşık paralellik göstermesi de suların aynı jeolojik formasyonlardan beslendiğine işaret etmektedir.



Şekil 4: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait Schoeller diyagramı

### 4.3. İz Element İçerikleri

Örneklere ait iz element analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. B, Mn ve Ni içerikleri Ekim-2020 ve Nisan 2021 analiz sonuçlarına göre hem WHO (2011)'e göre hem de TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre uygun sınırlar içerisinde yer almaktadır. Cu analiz sonuçları incelendiğinde her iki dönem için de çok düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Karadere yüzey suyunda yapılan iz element analiz sonuçlarına göre Al ve Fe içeriklerinin Ekim-2020 döneminde Nisan-2021 döneminden daha düşük olduğu görülmektedir. Nisan-2021 Al ve Fe içeriklerinin TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmelikte tanımlanan sınır değerlerin üzerinde yer aldığı belirlenmiştir. İz element analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde B, Mn ve Ni açısından I. sınıf; Cu açısından I. ve II. sınıf sular; Fe açısından II. ve IV. sınıf sular; Al açısından ise III. ve IV. Sınıf sular sınıfında yer aldıkları görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 5: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait iz element analiz sonuçları

Örnek Numarası	Örnekleme Tarihi	B (µg/l)	Al (µg/l)	Mn (µg/l)	Ni (µg/l)	Cu (µg/l)	Fe (µg/l)
1	EKİM-2020	63.2	17.49	6.80	1.26	14.11	32.33
	NİSAN-2021	2.35	199.23	8.72	2.63	1.43	210.66
2	EKİM-2020	76.98	22.71	14.44	1.34	32.94	63.39
	NİSAN-2021	2.32	199.04	9.44	1.12	1.10	222.93
3	EKİM-2020	66.02	26.02	13.41	1.49	27.71	63.19
	NİSAN-2021	2.22	255.03	9.33	1.18	1.05	224.13
4	EKİM-2020	55.84	25.02	12.74	1.42	28.56	70.28
	NİSAN-2021	2.24	264.59	9.98	1.37	1.54	241.01
5	EKİM-2020	63.64	27.77	21.36	1.82	44.15	86.09
	NİSAN-2021	2.12	271.87	10.39	1.22	1.23	258.07
6	EKİM-2020	43.31	24.00	12.26	1.51	25.65	71.67
	NİSAN-2021	2.11	292.71	10.82	1.23	1.07	272.67
7	EKİM-2020	38.57	20.86	12.21	1.42	28.01	60.18
	NİSAN-2021	2.24	256.92	9.56	1.31	1.33	243.80
8	EKİM-2020	39.65	20.55	9.94	1.43	22.05	49.99
	NİSAN-2021	2.23	624.80	23.05	1.45	2.07	631.57
9	EKİM-2020	41.69	24.88	16.81	1.64	39.52	78.26
	NİSAN-2021	2.19	679.54	24.63	1.43	2.15	706.22
10	EKİM-2020	39.33	20.09	10.75	1.45	26.48	65.52
	NİSAN-2021	2.26	1195.74	46.08	2.42	4.04	1290.17
<b>TS266 (En Yüksek Değer)</b>		<b>1000</b>	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>2000</b>	<b>200</b>
<b>WHO (2011)</b>		<b>2400</b>		<b>50</b>	<b>70</b>	<b>2000</b>	



Tablo 6: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait su kalite sınıfları

Örnek Numarası	Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfı
1	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni, Al, Cu	II
	NH <sub>4</sub> , Fe	IV
2	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , B, Mn, Ni,	II
	Al	IV
3	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni, Al	II
	NH <sub>4</sub> , Cu, Fe	IV
4	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni, Al	II
	DO, NH <sub>4</sub> , Cu, Fe	IV
5	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni, Al	II
	NH <sub>4</sub> , Cu, Fe	IV
6	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	B, Mn, Ni, Al	II
	NH <sub>4</sub> , Cu, Fe	IV
7	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni, Al	II
	NH <sub>4</sub> , Cu, Fe	IV
8	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni	II
	NH <sub>4</sub> , Cu	III
9	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , B, Mn, Ni	II
	NH <sub>4</sub> , Cu	III
10	TDS, pH, DO, SO <sub>4</sub> , Cl,	I
	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , B, Mn, Ni	II
	Cu	IV

#### 4.4. Sulama Suyu Yönünden İncelenmesi

Ekim-2020 ve Nisan-2021'de alınan örneklerle ait kimyasal analiz sonuçları kullanılarak Karadere yüzey suyu sulama suyu olması yönünden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda analiz sonuçlarından yararlanılarak %Na (Wilcox 1955), SAR (Sodyum Adsorption Ratio) (Richards 1954), RSC (Rezidüel Sodyum Karbonat) (Eaton 1950), KI (Kelly İndeksi) (Kelley 1963), Mg Hazard (Magnezyum Tehlikesi) (Paliwal 1972) ve PI (Permeabilite İndeksi) (Doneen 1964) değerleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. Parametrelerin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda sıralanmıştır:

$$\% Na = [(Na^+ + K^+) \times 100] / (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+) \quad (1)$$

$$SAR = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+} / 2)^{1/2}$$

$$RSC = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$KI = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$Mg Hazard = (Mg^{2+}) / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \times 100$$

$$PI = (Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}) / (Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}) \times 100$$

(İyonlar mek/l cinsindedir).

Tablo 7: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait %Na, SAR, RSC, KI, Mg hazard ve PI değerleri

Örnek Numarası	Örnekleme Tarihi	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Hazard	PI
1	EKİM-2020	8.44	0.20	-0.52	0.08	17.94	56.22
	NİSAN-2021	23.79	0.40	0.05	0.29	24.06	104.83
2	EKİM-2020	9.24	0.22	-0.54	0.09	18.64	56.89
	NİSAN-2021	20.73	0.33	-0.04	0.24	22.32	101.175
3	EKİM-2020	9.19	0.22	-0.55	0.09	18.34	56.70
	NİSAN-2021	22.30	0.37	0.11	0.27	22.30	105.43
4	EKİM-2020	12.30	0.32	-0.19	0.13	19.55	60.75
	NİSAN-2021	19.87	0.32	0.10	0.23	22.41	105.65
5	EKİM-2020	12.89	0.33	-0.19	0.14	19.97	61.16
	NİSAN-2021	23.01	0.39	0.22	0.28	22.84	108.77
6	EKİM-2020	13.07	0.35	-0.16	0.14	19.73	60.88
	NİSAN-2021	22.42	0.38	0.12	0.27	22.61	104.87
7	EKİM-2020	13.32	0.36	-0.14	0.14	19.97	60.85
	NİSAN-2021	20.94	0.35	-0.04	0.25	23.26	98.35
8	EKİM-2020	12.27	0.33	-0.16	0.13	19.78	59.99
	NİSAN-2021	22.66	0.38	-0.03	0.27	23.08	99.74
9	EKİM-2020	13.71	0.37	-0.10	0.15	20.54	61.67
	NİSAN-2021	21.62	0.36	0.09	0.26	22.61	103.86
10	EKİM-2020	8.44	0.20	-0.52	0.08	17.94	56.22
	NİSAN-2021	12.77	0.17	0.15	0.13	21.14	111.95

Sodyum yüzdesi (%Na), suların tarımsal sulamada uygunluğunun belirlenmesi için kullanılan bir parametredir (Wilcox 1955). İncelenen sularda %Na değerlerinin Ekim-2020 dönemi analizlerinde <20; Nisan-2021 dönemi analizlerinde ise 20-40 arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). Buna göre, Karadere yüzey suyunun kurak dönemde sulama suyu olması açısından “çok iyi”; yağışlı dönemde ise “iyi” su sınıfında olduğu görülmektedir.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), alkali/sodyum tehlikesini ölçtüğü için, suların sulama suyu amacıyla kullanımının uygunluğunu belirleyen önemli bir parametredir (Richards 1954). İncelenen sularda SAR değerlerinin her iki dönemde de <10 olduğu ve bu değerler açısından sulama açısından “çok iyi” su sınıfında olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Rezidüel Sodyum Karbonat (RSC) sulama suyundaki karbonat ve bikarbonatın su kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılmaktadır (Eaton 1950). Yüzey sularındaki karbonat ve bikarbonat değerlerinin, kalsiyum ve magnezyumdan daha fazla olması, yüzey suyunun sulama için uygunluğunu etkiler. Suların Ekim-2020 dönemi analizlerine göre RSC değerlerinin negatif (-) olduğu görülmektedir (Tablo 6). Negatif değerler suyun sodyum açısından herhangi bir tehlikenin bulunmadığı ve suyun “güvenli su” sınıfında yer aldığı anlamına gelmektedir. İncelenen suların Nisan-2021 dönemi analizlerinde ise pozitif (+) RSC değerleri dikkat çekmektedir (Tablo 6). Pozitif değer su örneklerinde karbonat ve bikarbonat değerlerinin, kalsiyum ve magnezyumdan daha az olmasına işaret etmektedir. Suların RSC değerlerinin <1.25 olduğu ve buna göre sulama suyu açısından “iyi” su sınıfında bulunduğu belirlenmiştir.

Kelly İndeksi (KI), sulama suyu için önemli bir parametredir ve sodyum ölçümüne karşı kalsiyum ve magnezyum oranı olarak ifade edilir (Kelly 1963). Kelly İndeksinin 1’den büyük değeri, sudaki aşırı sodyum miktarını gösterir. Bu nedenle, Kelly İndeksinin 1’den az olması sulama için uygun kabul edilir. Tablo 6 incelendiğinde KI değerlerinin 1’den küçük olduğu görülmektedir. Bu nedenle su örnekleri sulama suyu açısından “uygun” su sınıfında yer almaktadır.

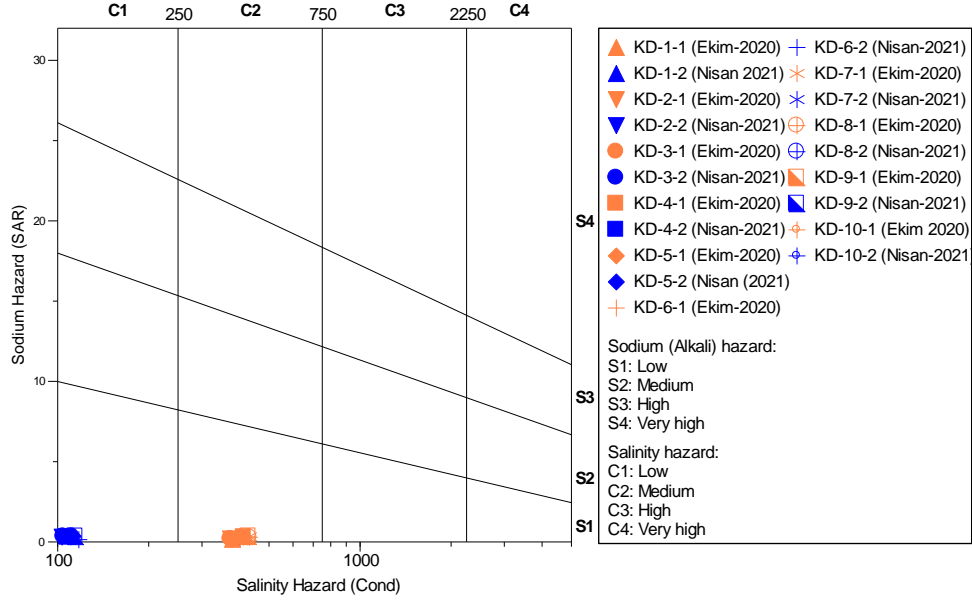
Sudaki yüksek magnezyum oranı toprağı tuzlandırmakta, bitki büyümesini ve verimini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle Mg Hazard (Mg tehlikesi) değeri hesaplanmaktadır (Paliwal 1972). Mg Hazard değerinin 50’den küçük olması suların sulama açısından uygun; 50’den büyük olması ise sulama açısından uygun olmadığı göstermektedir. Tablo 6 incelendiğinde her iki dönemde de Mg Hazard değerlerinin <50 olduğu görülmektedir. Buna göre su örnekleri sulama suyu açısından “uygun” su sınıfında yer almaktadır.

Permeabilite İndeksi (PI) değeri toprağın fiziksel özelliklerine su kalitesinin olası etkisini belirlemek için kullanılmaktadır (Doneen 1964). İncelenen suların Ekim-2020 dönemi analizlerinin PI değerlerinin 25-75 arasında değiştiği ve buna göre “iyi” su sınıfında yer aldığı; Nisan-2021 dönemi analizlerinin PI değerlerinin ise >75 olduğu ne buna göre “çok iyi” su sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 6).

Özetle; Karadere yüzey suyundan Ekim-2020 ve Nisan-2021 dönemlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan KI, SAR, RSC, KI, Mg Hazard ve PI değerlerine göre dere suyu tarımsal sulamada kullanılması açısından uygundur.

İncelenen yüzey sularının yağışlı ve kurak dönem kimyasal analiz sonuçları kullanılarak Wilcox Grafiği (Wilcox 1948) hazırlanmıştır (Şekil 5). Bu grafiğe göre Ekim-2021 döneminde yapılan analiz sonuçlarına göre Karadere yüzey suyunun C1S1 sınıfında; Nisan-2021 döneminde yapılan analiz sonuçlarına göre ise C2S1 sınıfında yer aldığı görülmektedir. C1S1 su sınıfı “düşü tuzlu-düşük sodyumlu” suya, C2S1 su sınıfı ise “orta tuzlu-düşük sodyumlu” suya karşılık gelmektedir.

Yağışlı dönemi temsil eden Nisan dönemi analiz sonuçlarına göre elde edilen orta tuzlu-düşük sodyumlu su, bu dönemde yüksek yağış miktarına bağlı olarak dere suyunda daha az iyon içeriğinin olduğunu göstermektedir. C1S1 ve C2-S1 sınıfında bulunan sular, orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkilerde sulama suyu olarak kullanılabilir niteliktedir. Sodyum açısından da örneklerin tamamı az sodyumlu olduğu için sodyuma karşı hassas bitkiler haricinde, diğer tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir özellikte sulardır.



Şekil 5: Karadere yüzey suyu örnek noktalarına ait Wilcox Grafiği

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada Trabzon ilinin doğusunda yer alan ve Araklı ilçe merkezinden geçerek Karadeniz'e dökülen Karadere'de Ekim-2020 ve Nisan-2021 dönemlerinde olmak üzere toplam 20 örnekleme noktasından fiziksel parametreler, majör anyon-kasyonlar ve iz elementler için örnekler alınmıştır.

Karadere'den alınan yüzey suyu örneklerinin her iki dönem için de EC ve pH değerlerine göre TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre içmeye uygun oldukları belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre ise örneklerin TDS ve Ph içerikleri açısından I. Sınıf sular sınıfında; Çözülmüş Oksijen açısından I. ve II. sınıf sular sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir.

Karadere yüzey suyu örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre; suların majör anyon-kasyon içeriklerinin kurak dönemde yüksek, yağışlı dönemde ise düşük olduğu, WHO (2011) ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre içmeye uygun oldukları belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde ise tüm parametreler açısından suların I. Sınıf sular sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir.

Suların NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>'e göre WHO (2011) ve TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe uygun oldukları belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde ise NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub> açısından I. Sınıf su, NO<sub>2</sub> açısından ise IV. Sınıf su sınıfında yer aldıkları görülmüştür.

Ekim-2020 döneminde (kurak dönem) alınan su örneklerinde baskın su tipi Ca-HCO<sub>3</sub>; Nisan-2021 döneminde (yağışlı dönem) alınan su örneklerinde baskın su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> ve Ca-Na-HCO<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir.

İz element analiz sonuçlarına göre, B, Mn ve Ni değerlerinin hem WHO (2011) hem de TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmeliğe göre uygun sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Yağışlı dönem Al ve Fe değerleri TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yönetmelikte tanımlanan sınır değerlerin üzerindedir.

Sonuç olarak Karadere yüzey suyunun iz element içerikleri göz önünde bulundurulduğunda içme ve kullanma için uygun olmadığı tarımsal sulamada kullanılabilirlik açısından değerlendirildiğinde ise KI, SAR, RSC, KI, Mg Hazard ve PI sonuçlarına göre tarımsal sulama için kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Dere suyunun, sodyuma karşı hassas olan bitkiler dışındaki tüm bitkilerde ve orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkilerde tarımsal faaliyetlerde kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

## Kaynaklar

- Ak O., Çakmak E., Aksungur M., Çavdar Y., Zengin B., (2008), *An Example of the Effects of Natural and Anthropologic Activities Carried out on Rivers on Aquatic Ecosystem: Yanbolu River (Arsin, Trabzon)*, Erciyes University Journal of Natural and Applied Sciences, 24(1-2), 389-400.
- Akbulut M., Kaya H., Çelik E.Ş., Odabaşı D.A., Odabaşı S. S., Selvi K., (2010), *Assessment of Surface Water Quality in the Atikhisar Reservoir and Sarıçay Creek (Çanakkale, Turkey)*, Ecology, 74(19), 139-149.
- Alver A., Baştürk E., (2019), *Karasu Nehri Su Kalitesinin Farklı Su Kalite İndeksleri Açısından Değerlendirilmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(2), 488-497.
- Bilgin A., Konanç M.U., (2016), *Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods*, Environmental Earth Sciences, 75, 1029, doi: 10.1007/s12665-016-5821-0.
- Bulut V.N., Tüfekçi M., (2005), *The determination of water quality in Kalyon Stream (Trabzon, Maçka)*, Turkish Journal of Aquatic Life, 3(4), 377-384.
- Celep S., (2009), *Trabzon ili yeraltı ve yerüstü sularının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal incelemesi ve su kalitesinin izlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Chen X., Strokal M., Van Vliet M.T.H., Stuijver J., Wang M., Bai Z., Ma L., Kroeze C., (2019), *Multi-scale modeling of nutrient pollution in the rivers of China*, Environmental Science & Technology, 53(16), 9614-9625.
- Çiçek N. L., Ertan Ö.O., (2012), *Determination of the water quality of Köprüçay River (Antalya) According to the Physico-Chemical Parameters*, Ecology, 21(84), 54-65.
- Doneen L. D., (1964), Notes on water quality in agriculture. Water Science and Engineering University of California, Paper 4001, Department of Water Sciences and Engineering, University of California.
- DSİ, Devlet Su İşleri, (2015), *Doğu Karadeniz Havzası Master Plan Çalışmaları İşİ, Doğu Karadeniz Havzası Hidrojeoloji Raporu*, 552ss., (Yayımlanmamış).
- Eaton E.M., (1950), *Significance of carbonate in irrigation water*, Soil Science, 69(2), 123-133.
- Fırat Ersoy A., Karagüllü D., (2018), *Söğütlü Deresi (Trabzon) su kalitesi parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi*, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42, 1-16.
- Fırat Ersoy A., Hatipoğlu Temizel E., (2021), *Doğu Karadeniz Bölgesi yeraltı su kaynakları, sorunlar ve çözüm önerileri*, Doğu Karadeniz Doğal Çevre Tartışmaları içinde, (Dilek Beyazlı Ed.), Livre de Lyon, Lyon France, ss.86-96.
- Gültekin F., Fırat Ersoy A. F., Hatipoğlu E., Celep S., (2012), *Determination of water quality parameters in wet season of surface water in Trabzon*, Ecology, 21(82), 77-88.
- Gültekin F., Fırat Ersoy A.F., Ersoy H., (2005), *Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi*, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 29(1), 21-34.
- Güven İ. H., (1993), *Doğu Pontidler'in 1/250.000 ölçekli kompilyasyonu*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Jarvie H.P., Smith D.R., Norton L.R., Edwards F.K., Bowes M.J., King S.M., Scarlett P., Davies S., Dils R.M., Bachiller-Jareno N., (2018), *Phosphorus and nitrogen limitation and impairment of headwater streams relative to rivers in Great Britain: a national perspective on eutrophication*, Science of The Total Environment, 621, 849-862.
- Kandemir R., (2004), *Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kasimoğlu C., Yılmaz F., (2014), *Investigation of some physical and chemical properties of tersakan stream (Muğla, Turkey)*, Balıkesir University Journal of Natural and Applied Sciences, 16(2), 51-67.
- Kelley W.P., (1963), *Use of saline irrigation water*, Soil Science, 95(6), 385-391.
- MGM, (2021), *Uzun Yıllar Tüm Parametreler Bülteni*, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nacar S., Satılmış U., (2017), *Temporal variation of organic and inorganic carbon transport from the Southeastern Black Sea (Trabzon Province) Rivers*, European Journal of Engineering and Natural Sciences, 2(1), 149-153.
- Paliwal K.V., (1972), *Irrigation with saline water*, Water Technol Cent Indian Agric Res Inst New Delhi, 2, 173-189.
- Piper A.M., (1944), *A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses*, American Geophysical Union Transactions, 25, 914-923.
- Richards L., (1954), *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Schoeller H., (1962), *Les Eaux Souterraines*, Mason et cie, Paris, 642ss.
- TSE 266, (2005), *Türk İçme Suyu Standardı*, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, 20ss.
- Topkara E.T., Özbek M., Taşdemir A., Yıldız S., Balık S., Ustaoglu M.R., (2011), *Determination of pollution level of Yuvarlak Stream (Köyceğiz-Muğla) by Using Benthic Macro Invertebrates*, Journal of Animal and Veterinary Advances, 10(9), 1194-1201.
- Tunç Dede Ö., Sezer M., Karakurt S., (2018), *Investigation of heavy metal pollution in Karadere Stream (Trabzon, Turkey) by using heavy metal pollution index model*, International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling, 1(3), 63-66.
- WHO, (2011), *Guidelines for drinking-water quality*, 4th ed., World Health Organization, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN: 978 92 4 154815 1.
- Wilcox L.V., (1948), *The quality of water for irrigation use*, U.S. Department of Agriculture Technology Bulletin, 962, 40, Washington D.C.
- Wilcox L.V., (1955), *Classification and use of irrigation water*, USDA, Circular 969, Washington, DC, 19ss.
- Ucun Özel H., Gemici B.T., (2016), *Determination of Bartın River pollution using the physical parameters*, The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University, 7(1), 52-58.
- Ustaoglu F., Tepe Y., 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, doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105815.
- Zeybek M., Kalyoncu H., (2016), *The determination of water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey) in terms of physicochemical parameters*, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(3), 223-231.