



## **Bartın Nehri'nin Fizikokimyasal Özelliklerinin Yağışlı ve Kurak Dönemlerdeki Değişimi**

### **The Change of Physicochemical Properties of Bartın River in Rainy and Dry Periods**

**Gülten Güneş** <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bartın, TÜRKİYE  
Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [ggunes@bartin.edu.tr](mailto:ggunes@bartin.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 13.02.2019

DOI:10.21205/deufmd.2019216308

Kabul Tarihi / Accepted: 13.05.2019

Araştırma Makalesi/Research Article

Atıf şekli/ How to cite: GÜNEŞ, G. (2019). Bartın Nehri'nin Fizikokimyasal Özelliklerinin Yağışlı ve Kurak Dönemlerdeki Değişimi. DEUFMD, 21(63), 761-774.

#### **Öz**

Bu çalışmada, yağışlı ve kurak dönemlerin Bartın Nehri su kalitesi üzerindeki etkisinin fizikokimyasal parametrelerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple temmuz, ağustos ayları kurak dönemi; kasım, aralık, şubat ayları ise yağışlı dönemi temsilen örnekleme zamanları olarak seçilmiştir. pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı değerleri Hanna (HI 9812-5) multi parametre probu; çözünmüş oksijen ise çözünmüş oksijen ölçer (Jenway 970) ile belirlenmiştir. Askıda katı madde, süzme seti kullanılarak gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), KOİ spektrofotometrik yöntem (Hach Lange DR 6000) ile belirlenmiştir. Örnekler ISO 5667-3:2018'e uygun olarak alınmış; analizler ise ASTM (1995) ve APHA (1998)'ya uygun olarak yapılmıştır. Ortalama KOİ konsantrasyonu 116 mg/L olarak belirlenmiş olup, IV. sınıf yüzeysel sular için belirlenmiş limit değerinin 1.66 katıdır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içme suları için bildirilmiş limit değerden (5 mg/L) yüksektir. PO<sub>4</sub>-P ortalama 0.17 mg/L olup yüzeysel sularda ötrofikasyon için belirlenmiş sınır değerden (0.1 mg/L) yüksektir. Çalışmada ayrıca Horton Metoduna göre pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, KOİ ve TÇK için su kalite indeksi (WQI) hesaplanmıştır. Ortalama WQI değerleri TS 266 (2013), EPA (2018) ve WHO (2018) içme suyu standart değerlerine göre sırasıyla 1939, 1916 ve 956 olarak belirlenmiştir. Su kalite indeksi (WQI) yağışlı dönem ve kurak dönem için sırasıyla 1719 ve 1430 olarak belirlenmiştir. Şiddetli yağmur yağışı nehirde askıda katı madde (AKM) ve bulanıklığı arttırmıştır. Yağış suları ile birlikte taşınan partiküllerin (silt, kil vb.) yağışlı dönemde su kalitesinde düşüşe neden olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak nehir suyunun içme, sulama ya da endüstriyel amaçlı kullanımı mümkün değildir. Ancak uygun su arıtma teknolojileri ile arıtıldıktan sonra kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bartın Nehri, Su Kirliliği, Su Kalite Yönetimi, Su Kalite İndeksi

**Abstract**

In this study, it is aimed to determine the effect of rainy and dry periods on the water quality of Bartın River by physicochemical parameters. For this reason, July, August were selected for the dry period, while November, December and February were selected for the rainy period. pH, electrical conductivity, total dissolved solids were measured with Hanna (HI9812-5) multi parameter probe. The dissolved oxygen was determined by the dissolved oxygen meter (Jenway 970). The suspended solids were determined by the gravimetric method using the filter set. Nitrate, sulfate phosphate, COD was determined by spectrophotometric method (Hach Lange DR 6000). The samples were taken in accordance with the ISO 5667-3: 2018. The analyzes were performed in accordance with ASTM (1995) and APHA (1998). The mean COD concentration was determined as 116 mg/L. This value is 1.66 times the specified limit value for 4<sup>th</sup> class surface waters. It is also higher than the limit value (5 mg/L) reported by the World Health Organization (WHO) for drinking waters. PO<sub>4</sub>-P was determined as 0.17 mg/L. This value is higher than the limit value specified for eutrophication in surface waters (0.1 mg/L). In addition, the water quality index for pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, COD and TDS was calculated according to the Horton Method. The mean WQI values were determined as 1939, 1916 and 956 according to TS 266 (2013), EPA (2018) and WHO (2018) drinking water standard values, respectively. Water quality index (WQI) was determined as 1719 and 1430 for rainy period and dry period, respectively. Heavy rainfall increased the suspended solids (AKM) and turbidity in the river. It is thought that the particles (silt, clay, etc.) carried with the precipitation water cause a decrease in the water quality in the rainy period. As a result, it is not possible to use river water for drinking, irrigation or industrial purposes. However, it can be used after purification with appropriate water treatment technologies.

**Keywords:** *Bartın River, Water Pollution, Water Quality Management, Water Quality Index*

**1. Giriş**

Yüzeysel sular sucul canlılar için yaşam alanı oluşturmalarının yanı sıra evlerde, endüstrilerde ve tarım alanlarında çeşitli amaçlarla kullanılmaktadırlar. Bununla beraber su kirliliği son yıllarda tüm canlılar ve ekosistem için ciddi tehlike oluşturmaktadır. Bu sebeple yüzeysel suların kalitesinin belirlenmesi ve korunması, pek çok ülkede en önemli çevresel konular arasında yer almaktadır [1]. Yüzeysel su kalitesine etki eden kaynaklar doğal ve antropojenik kaynaklar olmak üzere 2 sınıfta kategorize edilmesine rağmen, günümüzde antropojenik kaynaklardan oluşan etkinin daha fazla olduğu bildirilmiştir. Gerek evsel, endüstriyel atıksu deşarjları (noktasal kaynak) gerekse tarımsal alanlardan taşınan sular (yayıllı kaynak) yüzeysel sularda kirliliğe neden olan en önemli kaynaklar olarak bildirilmiştir [2,3,4]. Evsel ve endüstriyel atıksular deşarj edildikleri su otamlarında organik, inorganik, nütrient, termal, radyoaktif kirlilik olmak üzere pek çok kirlilik türüne neden olup, su kalitesinde önemli oranda azalmaya neden olmaktadır [5]. Benzer şekilde yağış ve sulama suları da tarımsal

alanlardaki gübre, pestisit, hayvan atıkları ve patojenlerin (bakteri, virüs) su kaynaklarına taşınmasına neden olup su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedirler.

Organik kirlilik ve nütrient kirliliği gelişmiş ülkelerde yüzeysel sular için en önemli kirlilik türü olarak belirlenmiştir. Organik kirlilik su kaynaklarında çözünmüş oksijen tüketimine neden olurken [6], nütrient kirliliği de sularda alg patlamasına neden olmaktadır [7]. Ötrofikasyon sürecinde var olan alg kütleleri yüzeysel sularda çözünmüş oksijen eksikliğine neden olmaktadır [8,9]. Fosfat yüzeysel sulara noktasal ve noktasal olmayan pek çok kaynak ile taşınmaktadır. Kayaçların ve minerallerin doğal olarak parçalanması, tarım alanlarından taşınma, erozyon ve sedimentasyon noktasal olmayan kaynaklar iken; evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları en önemli noktasal kaynaklardır.

En önemli nitrat kaynakları ise kimyasal gübrelerin düzenli kullanımı, evsel atıksular ve evsel atık depolama alanlarıdır [10]. Bartın nehrinde su kirliliğine neden olan en önemli kaynaklar evsel atıksu deşarjları, yağış suları ile taşınan silt, kil, gübre ve pestisitler, evlerin

bahçelerinde depolanan hayvan atıkları ve atmosferik depolama olarak düşünülmektedir. Özellikle kuvvetli yağış sonrası nehre taşınan kil, silt vb. maddeler nehirde bulanıklığa ve renk değişimine neden olmaktadır. Ayrıca nehirde yaz aylarında önemli derecede koku problemi olmakta ve zaman zaman balık ölümleri gözlenmektedir

Literatürde Bartın Nehri ile ilgili yapılmış çok fazla çalışma bulunmamakla birlikte, bir çalışmada sadece bir noktadan alınan numunelerle 12 ay süresince sıcaklık, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH gibi bazı fiziksel kalite parametreleri ölçülmüştür [11]. Bu çalışmada elektriksel iletkenliğin mevsimsel değişim göstermediği, pH'nın en yüksek yaz mevsiminde belirlendiği, diğer parametrelerin kış mevsiminde daha yüksek kalite sınıfında yer aldığı bildirilmiştir.

Yine Çorlu deresinde yapılan bir başka çalışmada [12] özellikle endüstriyel atıksu deşarjlarının su kalitesini olumsuz yönde etkilediği; bazı noktalarda artan su sıcaklığı nedeni ile çözünmüş oksijenin azaldığı ve flora ve faunanın olumsuz etkilendiği bildirilmiştir.

Kahramanmaraşta bulunan Karaçay Nehri su kalitesinin fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerle araştırıldığı bir diğer çalışmada, özellikle evsel atıkların karıştığı noktadan ileri mesafelerde, karbon, azot ve fosfor içeren taşınmış maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmasının çözünmüş oksijen eksikliğine neden olduğu bildirilmiştir [13].

Kahramanmaraşta bulunan Aksu Çayında yapılan bir çalışmada biyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreler analiz edilmiş sonuç olarak Aksu Çayı'nın alkali özellikte olduğu ve bu durumun evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ile ilgili olduğu bildirilmiştir [14].

Antalya Havzası'nda bulunan Aksu Nehrinde yapılan diğer bir çalışmada ise fizikokimyasal parametreler yağışlı ve kurak olmak üzere iki farklı dönemde araştırılmış ve nehir suyunun alkali özellikte olduğu, antropojenik kaynaklardan dolayı özellikle bazı noktalarda çözünmüş oksijen, bulanıklık ve KOİ değerlerinin ilgili yönetmeliklerde izin verilen sınır değerleri aştığı bildirilmiştir [3].

Atıksu arıtma tesisleri atıksularda bulunan kirleticilerin örneğin patojenlerin, fosforun, azotun, organik maddelerin, ağır metallerin ve toksik kimyasalların yüzeysel sulara deşarj edilmeden önce arıtılmasını sağlarlar. Bartın

Atıksu Arıtma Tesisi, Şubat 2017 tarihinde işletmeye alınmasına rağmen terfi merkezlerinin yetersiz olmasından dolayı nehre halen bazı noktalardan atıksu deşarjı yapılmakta ve atıksu arıtma tesisi çıkış suları da nehre deşarj edilmektedir. Şehirde bulunan organize sanayi bölgesinde atıksu arıtma tesisi işletilmektedir. Bartın nehrinin gerek sucul canlılar, gerekse insanlar için önemi düşünüldüğünde, nehir suyu kalitesinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Özellikle yaz aylarında hissedilen rahatsız edici koku problemi ve zaman zaman gözlenen balık ölümleri ile kış aylarında özellikle yağış sonrası gözlenen renk ve bulanıklık bu çalışmanın yapılmasındaki en önemli nedenleri oluşturmaktadır. Bu sebeple bu çalışma, yaz aylarını kapsayan kurak ve kış aylarını kapsayan yağışlı dönemlerde Bartın Nehri su kalitesinin fizikokimyasal parametreler ile araştırıldığı bir durum çalışmasıdır. Bartın Nehri su kalitesinin kurak ve yağışlı olmak üzere 2 farklı dönem için hem fiziksel hem de kimyasal parametreler ile araştırılması ve nehir için bu kapsamda bir çalışmanın daha önce yapılmamış olması çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma Bartın İli sınırları içerisinde bulunan Bartın Nehri'nde yapılmıştır. Bartın Nehri, Kocaçay ve Kocanaz Çayı olarak iki ayrı koldan beslenir ve oluşturduğu ırmak yaklaşık 15 km. yol katederek Boğaz mevkiinden Karadeniz'e ulaşır. Akış hızı dakikada 12 m olup, denize her yıl 1.000.000.000 m<sup>3</sup> su akıtmaktadır.

### 2.1. Örnekleme alanı ve örnekleme

Su örnekleri Temmuz 2017, Ağustos 2017, Kasım 2017, Aralık 2017, Şubat 2018 tarihlerinde 2 noktadan alınmıştır. Daha önceki bölümde de açıklandığı gibi Bartın Nehrine endüstriyel atıksu deşarjı yapılmamaktadır. Sadece bazı noktalardan evsel atıksu deşarjı yapılmaktadır. Daha önce yapılmış çalışmada 12 ay örnekleme yapılmış ve yaz ve kış aylarında bazı parametreler için (ÇO, pH, Eİ, sıcaklık) belirgin fark olduğu bildirilmiştir [11]. Bu sebeple, önceki çalışmanın sonuçları, nehir için mevcut kirlilik kaynakları ve yaz, kış aylarında hissedilen (koku) ve gözlenen (balık ölümleri, renk, bulanıklık) değişimler de dikkate alınarak bu çalışmada, nehir suyu kalitesinin yağışlı dönem ve kurak dönem olmak üzere 2 ayrı dönemde tespit edilmesine karar verilmiştir.

Örnekleme noktaları, atıksu deşarj noktalarından sonra tam karışımın gerçekleştiği yerler tahmin edilerek seçilmiş ve lokasyonları Şekil 1’de gösterilmiştir. Numune almadan önce bütün kaplar laboratuvarında deterjan ile yıkanmış, durulanmış ve distile su ile 3-4 kez çalkalanarak hazırlanmıştır. Su örnekleri plastik kap ile yüzeyden yaklaşık olarak 40 cm derinden alınmıştır [15]. Fizikokimyasal parametreler analiz edileceği için numune şişeleri numune ile ağzına kadar üstte hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuş ağzı sıkıca kapatılarak laboratuvarında 4°C’de muhafaza edilmiştir [16]. pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, toplam çözülmüş katılar arazide ölçülmüştür. Nitrat analizleri aynı gün yapılmış ve diğer analizler için numuneler pH=1-2 olacak şekilde ayarlanıp 4°C’de muhafaza edilmiştir.



**Şekil 1.** Örneklem noktalarının lokasyonları

Sıcaklık, renk, bulanıklık, askıda katı madde (AKM), toplam çözülmüş katılar (TÇK) ve elektriksel iletkenlik fiziksel parametreler; çözülmüş oksijen (ÇO), pH, nitrat, sülfat, fosfat, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) kimyasal parametreler olarak belirlenmiştir. pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözülmüş katı (TÇK) değerleri Hanna (HI 9812-5) multi parametre probu, çözülmüş oksijen ise oksijen ölçer (Jenway 970) ile ölçülmüştür. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), KOİ spektrofotometrik yöntem (Hach Lange DR 6000) ile belirlenmiştir. Nitrat, sülfat ve fosfat analizleri APHA (1998)’e [17] göre yapılmıştır. Hazırlanan standart numuneler ile kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve yöntemine uygun olarak hazırlanan numunelerin fotometrik olarak

değerlendirilmesi yapılmıştır. KOİ analizi için tüplere sırasıyla 1.5 mL potasyum dikromat-civa sülfat çözeltisi, 3.5 mL sülfürik asit-gümüş sülfat karışım çözeltisi ve 2.5 mL numune eklenerek termoreaktörde 148°C’de 2 saat ısıtılmış ve spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda okunmuştur [18]. Bulanıklık Hach 2100Q Portable Türbidimetre, renk ise Hach Lico 620 ile belirlenmiştir.

Veri değerlendirmesi sırasında istatistiksel analizler Microsoft Excel programı ile yapılmıştır. Temmuz ve ağustos ayları için elde edilen veriler kurak dönemi; kasım, aralık ve şubat ayları için elde edilen veriler ise yağışlı dönemi temsil edecek şekilde değerlendirilmiştir. Kalite sınıflandırması Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine [19] göre yapılmıştır. Su kalite indeksinin belirlenmesi için WHO (2018) [20], TS 266 (2013) [21], EPA (2018a)’da [22] bildirilmiş standart değerler kullanılmıştır.

## 2.2. Su kalite indeksi (WQI)’nin belirlenmesi

Su kalite indeksi (WQI), genel olarak su kirliliğinin tespiti ve değerlendirilmesi için kullanılır ve farklı kalite parametrelerinin suyun genel kalitesine olan etkisinin ölçütü olarak tanımlanabilir [23, 24]. Bu çalışmada su kalite indeksi (WQI) Horton Metoduna göre denklem (1) ile hesaplanmıştır.

$$WQI = \sum q_n W_n / \sum W_n \quad (1)$$

q<sub>n</sub>= n. su kalite parametresinin kalite oranı.

W<sub>n</sub>= n. su kalite parametresinin birim ağırlığı.

### 2.2.1 Kalite oranı (q<sub>n</sub>)

Kalite oranı (q<sub>n</sub>), denklem (2)’ye göre hesaplanmıştır.

$$q_n = [(V_n - V_{id}) / (S_n - V_{id})] \times 100 \quad (2)$$

V<sub>n</sub>= Örneklem yerinde n. su kalite parametresinin değeri.

V<sub>id</sub>= Temiz su için n. su kalite parametresinin değeri (pH için 7 diğer tüm parametreler için 0).

S<sub>n</sub>= n. su kalite parametresi için izin verilebilir standart değer

### 2.2.2. Birim ağırlık (W<sub>n</sub>)

Birim ağırlık (W<sub>n</sub>) denklem 3’e göre hesaplanmıştır.

$$W_n = k / S_n \quad (3)$$

$S_n = n$ . su kalite parametresi için izin verilen standart değer.

$k =$  Orantısallık sabitidir ve denklem 4'e göre hesaplanmıştır.

$$k = \left[ 1 / \left( \sum_{n=1,2,3,\dots,n} 1/S_n \right) \right] \quad (4)$$

### 2.2.3. Efektif ağırlık (Ea)

Su kalite indeksi üzerinde en fazla etkisi olan parametreyi belirlemek için her bir parametrenin efektif ağırlığı belirlenmiştir. Tif ağırlık denklem 5'e göre hesaplanmıştır.

$$E_a = \frac{W_n \times q_n}{WQI} \times 100 \quad (5)$$

Su kalite indeks değerlerine göre su kalite durumları ve muhtemel kullanım alanları Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** WQI ve karşılık gelen su kalite durumları

Sıra No	WQI	Durum	Muhtemel Kullanımları
1	0-25	Mükemmel	İçme, sulama ve endüstriyel
2	26-50	İyi	Evsel, sulama ve endüstriyel
3	51-75	Makul, uygun	Sulama ve endüstriyel
4	76-100	Kötü	Sulama
5	101-150	Oldukça kötü	Sulama için sınırlı kullanım
6	>150	İçme suyu olarak uygun değil	Kullanım öncesi uygun arıtma

### 3. Bulgular

#### Askıda katı madde, renk ve bulanıklık

Su kalite parametreleri ile ilgili ölçüm sonuçları Tablo2'de gösterilmiştir. Bulanıklık, süspansiyon ya da çözünmüş halde bulunan maddelerden dolayı dağılan ışığın ölçümüdür. Askıda veya çözünmüş maddeler, kil, silt, organik veya inorganik maddeler, çözünür renkli organik bileşikler, plankton ve diğer mikroskopik organizmalar sularda bulanıklığa neden olabilirler. Bulanıklık suyun optik özelliğini olumsuz yönde etkileyerek ışık geçişini engeller.

Bu çalışmada askıda katı madde konsantrasyonu ortalama 17 mg/L, bulanıklık ise 19 NTU olarak belirlenmiştir. Bulanıklık, EPA (2008 b) [25] tarafından yüzeysel sular için belirlenmiş olan  $\leq 29$  değerinden düşüktür. Askıda katı madde ile bulanıklık arasında pozitif güçlü korelasyon belirlenmiş olup  $R=0.8$ ,  $R^2=0.6$  olarak belirlenmiştir. Renk ise ortalama 29 PCU olarak belirlenmiştir. Suda askıda ya da çözünmüş olarak bulunan maddeler suyun rengini etkilemektedir. Demir, mangan gibi metaller, humus, turba gibi organik maddeler, çözünmüş organik asitler (humik asit, fulvik asit vb.), planktonlar, bitkiler ve atıksular doğal sularda renge neden olmaktadır. Askıda maddelerin neden olduğu renk geçici (zahiri renk), çözünmüş maddelerin neden olduğu renk ise gerçek renk olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada renk ile bulanıklık arasında anlamlı korelasyon ( $R=0.15$ ,  $R^2=0.02$ ) bulunamamıştır.

#### Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik sudaki çözünmüş katı madde ile ilgili bir indekstir. Yüksek elektriksel iletkenlik değerleri, yüksek kimyasal ayrışma ile açıklanabilir [26]. Elektriksel iletkenlik (Eİ) ortalama 465  $\mu\text{s/cm}$  olarak belirlenmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine [19] göre kalite sınıflandırmasında II. kalite su sınıfında yer almaktadır.

#### Toplam çözünmüş katılar (TÇK)

Toplam çözünmüş katılar çözünmüş halde, inorganik tuzları (kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonat, klorür, sülfatları) az miktarda organikleri kapsar. Su kaynağı yatağında ya da havzada bulunan tuz depoları, karbonat depoları, mineral su kaynakları ve atıksu deşarjları yüzeysel sularda çözünmüş katıların en önemli nedenleridir. Bu çalışmada toplam çözünmüş katılar (TÇK) ortalama 232 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu değer EPA [25] tarafından I. kalite sınıfında sular için belirlenmiş ortalama değerden (500 mg/L) düşüktür. TÇK ile Eİ arasında pozitif pozitif yüksek korelasyon belirlenmiştir ( $R=0.75$ ,  $R^2=0.56$ ).

#### pH

pH, suyun asidik ya da bazikliğini gösteren önemli bir parametredir. pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması ile hesaplanabilir.  $\text{pH} < 7$  olan sular asidik sular,  $\text{pH} > 8$  olan sular alkali sular olarak sınıflandırılır. Bu çalışmada pH ortalama 8.5 olarak belirlenmiştir. Bu sebeple nehir suyu

alkali özelliktedir. pH değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği [19] ve EPA [25] tarafından birinci kalite sınıfında yer alan sular için belirlenmiş pH aralığında (6.0-8.5) bulunmaktadır. Bu çalışmaya benzer şekilde evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarının etkisi altında bulunan nehirler için de bazik pH değerleri bildirilmiştir [11,12,13,14].

### **Çözünmüş oksijen (ÇO)**

Doğal sular ve atıksulardaki çözünmüş oksijen (ÇO), su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara bağlıdır. Doğal sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonu, oksijenin atmosferdeki kısmi basıncı, su içerisindeki konsantrasyonu ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Ayrıca su da bulunan fotosentetik canlılar (alg) özellikle gündüzleri suyun oksijen konsantrasyonunda artışa neden olurlar. Çözünmüş katı madde ve sıcaklık arttıkça ÇO azalır. Bu çalışmada çözünmüş oksijen konsantrasyonu ortalama 10 mg/L olarak belirlenmiş olup I. kalite su sınıfı aralığında yer almaktadır. Sucul canlılar için en uygun ÇO konsantrasyonu 4.0-6.0 mg/L aralığındadır [27]. Bu sebeple nehirdeki ÇO konsantrasyonu biyolojik yaşam için de uygundur.

### **Nitrat**

Azot ve fosfor bileşikleri yüzeysel su kalitesini etkileyen en önemli nütrientlerdir [3]. Bu nütrientler aynı zamanda ötrofikasyon prosesine neden olmaktadır [7]. Nitrat konsantrasyonu ortalama 0.9 mg/L, NO<sub>3</sub>-N ise 0.21 mg/L olarak belirlenmiştir. NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu <3 mg/L olduğundan YSKY'ye [18] göre I. kalite su sınıfında yer almaktadır. EPA'nın yüzeysel sular için belirlemiş olduğu limit değer ≤10 mg NO<sub>3</sub>-N /L 'dir [25].

### **Fosfat**

Özellikle ortofosfatlar daha hızlı absorbe edildikleri için ötrofikasyon sürecinde azottan daha etkilidirler [28]. Fosfat konsantrasyonu 0.3-0.84 mg/L aralığında değişmiş olup, ortalama konsantrasyon 0.52 mg/L olarak belirlenmiştir. Azot ve fosfor bileşikleri yüzeysel sularda nütrient kirliliğine neden olan en önemli bileşikler olup, yüksek konsantrasyonlarda ötrofikasyona neden olmaktadır [7, 28, 29]. Ülkemizde YSKY'ye [19] göre orto fosfat fosfor değeri I. sınıf sular için <0.05 mg/L, IV. sınıf sular için >0.65 mg/L olarak bildirilmiştir. Yüzeysel sularda ötrofikasyon kontrolü için toplam fosfor sınır değeri max 0.1 mg/L olarak bildirilmiştir [3,30]. Bu çalışmada PO<sub>4</sub>-P

konsantrasyonu 0.1-0.3 mg/L aralığında değişmiş olup, ortalama konsantrasyon 0.17 mg/L'dir. III. sınıf kalite sınıfındadır. Ayrıca yüzeysel sularda ötrofikasyon kontrolü için bildirilmiş limit değeride (max:0.1 mg/L) aşmıştır. Bu sonuçlar Bartın Nehrin'de evsel atıksu deşarjlarının etkili olduğunu doğrulamaktadır.

### **Sülfat**

Atmosferik depolama, sülfat içeren gübreler, evsel endüstriyel atıksu deşarjları (sülfirik tuzlar), su da bulunan sülfürlü bileşiklerin bakteriyel oksidasyonu, topraktaki organik maddelerin bakteriyel olarak ayrışması yüzeysel sularda en önemli sülfat kaynaklarıdır [31,32,33,34]. Bu çalışmada sülfat konsantrasyonu 37-43 mg/L aralığında değişmiş olup ortalama 41 mg/L olarak belirlenmiştir. Aşırı sülfat borularda korozyona, sularda sertliğe neden olmaktadır. TS 266, içme suları için SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değerini 250 mg/L olarak belirlemiştir [21]. Bu çalışmada belirlenen konsantrasyonlar TS 266'ya uygundur.

### **Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)**

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), evsel ve endüstriyel atık suların organik kirlilik derecesini belirlemek için kullanılan önemli parametrelerden biridir. Bu analiz yöntemi, sulardaki karbonlu maddelerin karbondioksit dönüşmesi için gerekli olan oksijeni ifade etmektedir. Analizde oksijen yerine yüksek oksitleyici özellikte oksidant kullanılır. Sonuç olarak KOİ ne kadar yüksek olursa, su içerisindeki organik kirliliğin de o kadar yüksek olduğu anlaşılır [35]. Bu çalışmada kimyasal oksijen ihtiyacı 34-196 mg/L aralığında değişmiş ve ortalama 116 mg/L olarak belirlenmiştir. Ortalama KOİ değeri YSKY'ye göre IV. sınıf sular için belirlenmiş 70 mg/L'den yüksektir. Sonuç olarak, devam eden evsel atıksu deşarjları nehir için en önemli kirlilik kaynağı olarak düşünülmektedir.

### **3.1 Su kalite parametrelerinin kurak ve yağışlı dönemlerde değişimi**

Su kalite parametrelerinin kurak ve yağışlı dönem için değişimi Tablo 3'te gösterilmiştir. Kurak ve yağışlı dönemler için farklılık gösteren parametreler sıcaklık, ÇO, pH, TÇK, Eİ ve renk olarak belirlenmiştir. Yüzeysel sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıcaklıkla ters orantılı olduğundan kış aylarını kapsayan yağışlı dönemde su sıcaklığı düşük, ÇO konsantrasyonu yüksektir. Kurak dönem için

konsantrasyon ortalama 8.2 mg/L, yağışlı dönem için ise 11 mg/L olarak belirlenmiştir. Her iki dönem için de ÇO bakımından I. kalite sınıfında yer almaktadır. ÇO konsantrasyonu sucul yaşam için de uygundur. Nehir için daha önce yapılan çalışmada da benzer eğilim belirlenmiş olmasına rağmen [11], bu çalışmada

kurak dönem için belirlenmiş ortalama ÇO konsantrasyonu önceki çalışmaya göre daha yüksektir. Şener vd. [3] bu çalışmadakine benzer şekilde yağışlı dönemde ÇO konsantrasyonunun kurak döneme göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

**Tablo 2.** Su kalite parametreleri ile ilgili analiz sonuçları ve istatistiksel sonuçlar

Parametre	07/17	08/17	11/17	12/17	02/18	Ortalama	SS	Medyan	Min	Max
AKM (mg/L)	31	13	10	19	12.8	17	8	13	10	31
TÇK (mg/L)	255	298	195	238	173	232	49	238	173	298
Eİ (µs/cm)	465	535	495	453	375	465	59	465	375	535
Sıcaklık (°C)	21	26	11	9	10.8	16	8	11	9	26
Bulanıklık (NTU)	27	11	13	30	14	19	9	14	11	30
Renk (PCU)	16	28.5	43	45.5	14	29	15	29	14	46
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.0	0.93	0.87	1.2	0.71	0.9	0.2	1	0.7	1.1
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.23	0.21	0.20	0.26	0.16	0.21	0.04	0.21	0.2	0.3
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	41	42	37	42	43	41	2	42	37	43
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	0.19	0.27	0.20	0.10	0.09	0.17	0.08	0.19	0.09	0.27
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/L)	0.6	0.84	0.6	0.31	0.29	0.5	0.2	0.6	0.3	1
KOI (mg/L)	34	196	81	105	166	116	65	105	34	196
ÇO (mg/L)	9	7.7	8.6	10	13	10	2	9	8	13
pH	8	8	8.45	8.8	9	8.5	0.4	8	8	9

PCU: Platinum-Cobalt Unit, NTU: Nephelometric Turbidity Unit, SS: Standart Sapma.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu bir çok parametre (sıcaklık, tuzluluk, fotosentetik aktivite, organik kirlilik)'den etkilenmektedir. Suda bulunan çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu, atmosferik çözünmeyi, ayrıca sırasıyla oksijen üreten ve tüketen ototrofik ve heterotrofik süreçleri yansıtır. Bu sebeple su sıcaklığının artıp yağışların azaldığı ve güneşin oldukça etkili olduğu kurak dönemde, fotosentetik aktivitenin nehirdeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu arttırdığı düşünülmektedir. Her ne kadar alg varlığını belirlemek için klorofil-a konsantrasyonunun belirlenmesi gerekse de, nehir rengi fotosentetik canlıların varlığı hakkında bilgi vermektedir. Kurak ve yağışlı dönemde nehir renginin değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir.

Burdur Gölünde yapılmış bir çalışmada ortalama sıcaklığın 10.7°C olduğu mart ayında belirlenmiş en yüksek ÇO konsantrasyonu (16.73 mg/L), bu ayda belirlenen yüksek klorofil-a değeri ile açıklanmıştır. Araştırmacılar fitoplankton aktivitesinin çözünmüş oksijen konsantrasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir [36]. Benzer şekilde bu çalışmada da, fotosentetik aktivitenin özellikle güneş ışınlarının etkili olduğu kurak dönemde, nehirdeki ÇO konsantrasyonunu olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Çalışmada en ilginç tespitlerden bir tanesi yağışlı ve kurak dönem için belirlenen bulanıklık değerlerinin aynı olmasıdır. Bulanıklık her iki dönem için de ortalama 19 NTU olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte bu dönemlerde bulanıklığa neden olan

bileşiklerin farklı olduğu düşünülmektedir. Yağışlı dönemde özellikle hemen yağış sonrasında, yağış suları ile nehre taşınan silt, kil gibi toprak partikülleri bulanıklığın esas nedeni olarak düşünülmektedir. Kurak dönemde ise silt ve kil gibi toprak bileşenleri olmasa da mikroorganizmaların, planktonların, çözülmüş organik ve inorganik bileşiklerin bulanıklığın esas nedeni olduğu düşünülmektedir. Yağış sonrasında artan silt,

	Kurak Dönem		Yağışlı Dönem	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS
AKM (mg/L)	22	12.7	14	4.6
TÇK (mg/L)	276.3	30.1	202	33
Nitrat (mg/L)	0.96	0.0	0.91	0.22
Sülfat (mg/L)	42	0.5	40	3.21
Fosfat (mg/L)	0.7	0.2	0.40	0.17
KOİ (mg/L)	115	114	117	43.8
ÇO (mg/L)	8.2	0.6	11	2.47
Sıcaklık (°C)	23.6	3.1	10	1.09
Bulanıklık (NTU)	19	11.5	19	9.78
pH	8.1	0.1	8.8	0.28
Eİ (µs/cm)	500	49.5	441	60.8
Renk (PCU)	22	9.2	34	17.5

Yine de yoğun yağışın hemen sonrasında (Aralık 2017) alınan su numunesinde AKM ve bulanıklık değerinde artış belirlenmiştir (Tablo 2.). Benzer şekilde Blume vd., [37]; Ejaz vd., [38] yaptıkları çalışmada yağışın hemen sonrasında AKM ve bulanıklık değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Renk parametresi yağışlı dönem için 34 PCU, kurak dönem için 22 PCU olarak belirlenmiştir. Bu sebeple yağışlı dönemde yağış suları ile taşınan silt, kil gibi toprak bileşenlerinin nehirde renk parametresini etkilediği düşünülmektedir. Toprakta bulunan organik maddelerin (fulvik asit, humik asit vb.) yağış suları ile çözülmüş olarak nehre taşınması kışın renk parametresinin daha yüksek olmasının bir diğer nedeni olabilir. TÇK ve Eİ değerlerinin kurak dönemde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Kış aylarını

kil gibi bileşenler belirli bir bekleme süresi sonrasında nehirin tabanına çökeltmektedirler. Bu bileşikler çökelirken bulanıklığa neden olduğu bilinen su da aslı halde bulunan mikroorganizma ve diğer organik ve inorganik bileşiklerin de çökmesine neden olabilirler.

**Tablo 3. Su kalite parametrelerinin yağışlı ve kurak dönemlere göre değişimi**

kapsayan yağışlı dönemde artan su miktarı ve debisinin, çözülmüş tuzların seyrelmesine ve doğru orantılı olarak Eİ'nin de azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Kara ve Çömlekçioğlu [13] yağışların arttığı kışın ayında Karaçay nehrinde Eİ'nin azaldığını bildirmişlerdir. Şener vd. [3] Aksu nehrinde Eİ değerlerinin kurak dönemde yağışlı döneme göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bartın Nehri'nde daha önce yapılan çalışmada da en düşük Eİ değeri ocak ayı için bildirilmiştir [11].



(a)



(b)

**Şekil 2.** Kurak dönem (a) ve yağışlı dönem (b) için Bartın Nehri renk değişimi.



Ortalama pH yağışlı dönemde 8.8, kurak dönemde ise 8.1 olarak belirlenmiştir. Bu sebeple nehir suyu her iki dönemde de alkali özelliktedir. Kışın yağış sularının yaz mevsimine göre daha fazla olması ve bu suların araziden taşınarak nehre dökülmesi nehir suyu pH'ında artışa neden olabilir. Yağış suları nehre dökülünceye kadar geçtikleri arazide bulunan bileşikler de çözerek nehre taşınır. Bu sebeple toprakta bulunabilecek alkali bileşiklerin yağış suyu ile birlikte taşınması, nehir suyu pH'ının artmasına neden olabilir. Yazın su miktarının az olması ve bakteriyel oksidasyondan dolayı artan CO<sub>2</sub>, pH'ın azalmasına neden olabilir

**Nitrat** konsantrasyonu yağışlı dönemde 0.91, kurak dönemde ise 0.96 mg/L olarak belirlenmiştir. NO<sub>3</sub>-N ise 0.16 ve 0.26 mg/ aralığında değişip ortalama 0.21 mg/L olarak belirlenmiştir. Kurak dönem için ortalama 0.22 mg NO<sub>3</sub>-N/L, yağışlı dönem için ise 0.20 mg NO<sub>3</sub>-N/L olarak belirlenmiştir. YSKY'ye [19] göre I. kalite sınıfı için NO<sub>3</sub>-N < 3 mg/L, IV. Kalite sınıfı için >20 mg/L olarak bildirildiğinden Bartın Nehri suyunda nitrat ve nitrat azotu bakımından sorun bulunmamaktadır. Bu konsantrasyonlar TS 266 [21] tarafından bildirilen içme suyu standart değerine de uygundur. Diğer parametrelerde olduğu gibi nitratta da yağışlı dönemde azalma olmuştur. Evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ile tarımsal kirliliğin etkisi altında bulunan Karacaay Nehrinde yapılan çalışmada da debinin arttığı kasım ayında NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonu yaklaşık 20 mg/L iken ekim ayında yaklaşık 50 mg/L olarak bildirilmiştir. Aksu nehri içinde yağışlı dönem de ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonu 2.58 mg/L, kurak dönem için 2.91 mg/L olarak belirlenmiştir. Yüzeysel sularda nitratin en önemli kaynağı doğal ve sentetik gübrelerin kullanıldığı tarım arazileri ile endüstriyel ve evsel atıksu deşarjlarıdır. Bartın'da tarım yoğun olarak yapılmaya da küçük çaplı bahçe tarımı yapılmaktadır. Bu sebeple en önemli nitrat kaynağının evsel atıksu deşarjları olduğu düşünülmektedir.

**Fosfat** konsantrasyonu kurak dönemde ortalama 0.71 mg/L, yağışlı dönemde ise 0.4 mg/L olarak belirlenmiştir. Fosfat fosforu ise kurak dönemde 0.23 mg/L, yağışlı dönemde ise 0.13 mg/L olarak belirlenmiştir. Kurak dönemde fosfor konsantrasyonu ötrofikasyon sınır değerini (0.1 mg/L) aşmaktadır. Her ne kadar fitoplankton belirlemesi için klorofil-a sayımının yapılması gerekse de kurak dönemde nehir rengi için gözlenen koyu yeşil renk

fitoplankton artışının göstergesi olarak düşünülmektedir. Kurak dönemde azalan yağışlarla birlikte nehirde su miktarı da azalmaktadır. Aynı zamanda devam eden evsel atıksu deşarjlarının kurak dönemde nehir de fosfor konsantrasyonunda artışa neden olduğu düşünülmektedir. Şener vd. [3] fosfat konsantrasyonunu kurak dönem için 0.5, yağışlı dönem için 0.44 mg/L olarak bildirmişlerdir. Kara ve Çömlekçioğlu [13] ise Karacaay Nehri etrafında bulunan tarım arazilerinde kullanılan gübrelerden dolayı fosfat bileşiklerinin sulama ve yağış suları ile birlikte nehre karıştığını bildirmişlerdir.

**Sülfat** konsantrasyonu kurak dönemde 42 mg/L yağışlı dönemde ise 40 mg/L olarak belirlenmiştir. Bartın Nehri için olası sülfat kaynakları evsel atıksu deşarjları ve toprakta organik maddelerin bakteriyel ayrıştırılması olarak düşünülmektedir. Endüstriler üretim prosesleri sırasında çok fazla tuz kullanmakta olup sülfat tuzları da bunlardan biridir. Bu sebeple endüstriyel atıksu deşarjlarının yoğun olduğu yüzeysel sularda SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> konsantrasyonu daha yüksek bildirilmiştir. Aksu nehri için yağışlı ve kurak dönemde sırasıyla 376.68 ve 403 mg/L olarak belirlenen ortalama konsantrasyonlar bu düşüncüyü desteklemektedir.

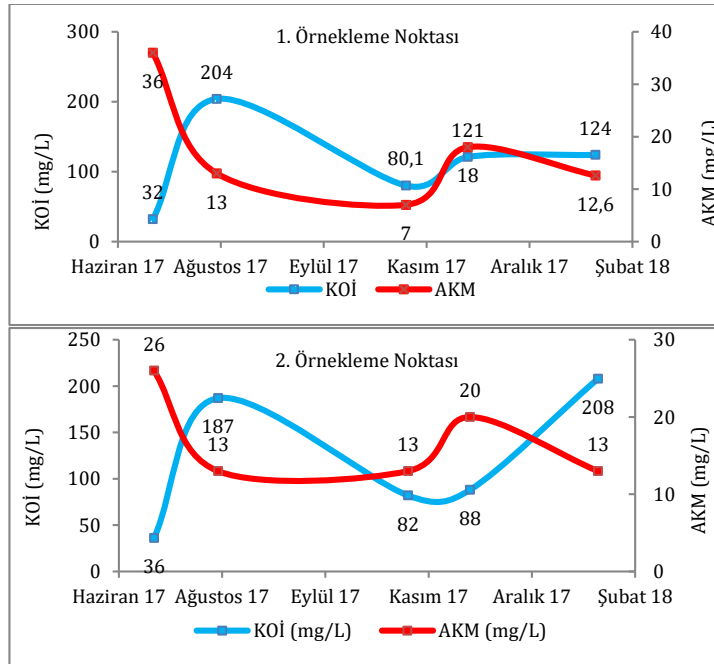
**Kimyasal oksijen ihtiyacı**, kurak dönem ve yağışlı dönem için sırasıyla 115 mg/L ve 117 mg/L olarak belirlenmiştir. Belirlenen değerler YSKY'ye [19] göre IV. kalite sınıfında yer almaktadır. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi atıksu arıtma tesisi işletmeye alınmasına rağmen terfi merkezlerinin yetersizliğinden dolayı nehre evsel atıksu deşarjları devam etmektedir. Kurak dönemde debi ve su miktarının azalması ile birlikte nehir adeta durgun su kütlesi halini almaktadır. Bu durum kirletici konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır. Yağışlı dönemde nehirde su miktarı ve debi artmaktadır. Bu durum bazı kirleticilerin seyrelmesine neden olmaktadır. Yine de yağış suları taşıdıkları toprak partikülleri ile birlikte toprakta bulunan organik bileşiklerinde (turba, humus vb.) yüzeysel sulara taşınmasına neden olabilir. Gediz Nehrin'de 5 farklı noktada yapılan çalışmada da KOİ'nin 20-291 mg/L aralığında değiştiği bildirilmiştir [39]. Bu durum nehre yapılan endüstriyel atıksu deşarjı ile açıklanmıştır. Aksu Nehrinde ise KOİ konsantrasyonu kurak dönemde 15.14-178.09 (ortalama 32.55 mg/L) yağışlı dönemde ise

13.4-157.6 (ortalama 28.81 mg/L) olarak belirlenmiştir [3]. AKM ve KOİ'nin zamana göre değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Askıda katı madde (AKM) ile KOİ arasında  $R=-0.6$ ,  $R^2=0.36$  olarak belirlenmiştir. Her iki parametre arasında belirlenen negatif korelasyon organik maddenin AKM tarafından adsorbe edilerek su ortamından uzaklaştırılması ile açıklanabilir

### 3.2 Su kalite indeksinin değerlendirilmesi

Bu çalışmada Bartın Nehri su kalitesi, su kalite indeksi (WQI) metoduna göre belirlenmiş ve su kalite indeksi Horton Metoduna göre hesaplanmıştır. Her bir örnekleme döneminde pH,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ , KOİ, TÇK, renk, bulanıklık parametreleri için WQI hesaplanmıştır. Her bir parametre için, WQI ve su kalite tipi Tablo 4 'te ,, her bir parametre için izin verilebilen standart değerler, birim ağırlık ve efektif ağırlık değerleri ise Tablo 5' te gösterilmiştir. Örnekleme noktaları için belirlenen değerler arasında önemli bir fark olmadığından WQI örnekleme zamanı dikkate alınarak hesaplanmıştır. WQI'ye göre su kalitesinin oldukça kötü olması, su numunelerinin alındığı noktaların nehirin şehir içinden geçen kısımlarında bulunması ve bu bölgelerde evsel atıksu deşarjlarının olması ile

açıklanabilir. Yine tarım alanlarından taşınan yağış suları ile atıksu arıtma tesisi çıkış suyu deşarjının nehirin su kalitesi üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Şener vd., [3] Aksu Nehri için yaptıkları çalışmada nehirin atıksu deşarjlarının yoğun olduğu kısımlarında su kalitesinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Parametrelerin birim ağırlıkları efektif ağırlıkları ile karşılaştırıldığında en yüksek efektif ağırlık değerleri bulanıklık, KOİ pH ve renk için belirlenmiştir. En düşük efektif ağırlık değerleri ise  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ve TÇK için elde edilmiştir. WHO [20], TS 266 [21], EPA [22] tarafından bildirilmiş içme suyu standart değerlerine göre ortalama WQI değerleri sırasıyla 1939, 1916 ve 956 olarak belirlenmiş olduğundan, nehir suyu kalitesi oldukça kötü olup, içme suyu olarak kullanılması mümkün değildir. Kullanılabilmesi için uygun su arıtma prosesleri ile suyun arıtılması ve içme suları için belirlenmiş ilgili standart değerlerin sağlanması gerekir. WQI değerleri kurak ve yağışlı dönemler için değerlendirildiğinde WHO [20] TS 266 [21] ve EPA [22] standart değerlerine göre WQI değerleri kurak dönem için sırası ile 1700, 1679, 911; yağışlı dönem için ise 2098, 2074 ve 986 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. AKM ve KOİ'nin zamana göre değişimi

**Tablo 4.** WQI değerleri ve su kalite tipleri

Örnekleme Tarihi	WQI (TSE 266)	WQI (EPA 2018)	WQI (WHO 2018)	Su Kalite Tipi
07/2017	2041	2013	428	İçme suyu olarak uygun değil.
08/2017	1360	1345	1393	İçme suyu olarak uygun değil.
11/2017	1181	1171	668	İçme suyu olarak uygun değil.
12/2017	2468	2439	943	İçme suyu olarak uygun değil.
02/2018	2644	2612	1346	İçme suyu olarak uygun değil.
Ortalama	1939	1916	956	İçme suyu olarak uygun değil.
Kurak Dönem	1700	1679	911	İçme suyu olarak uygun değil.
Yağışlı Dönem	2098	2074	986	İçme suyu olarak uygun değil.

**Tablo 5.** Su kalite parametrelerinin standart değer (S<sub>n</sub>) ve birim ağırlıkları (W<sub>n</sub>) ve efektif ağırlıkları (E<sub>a</sub>)

	S <sub>n</sub> <sup>1</sup>	k	W <sub>n</sub>	E <sub>a</sub>	S <sub>n</sub> <sup>2</sup>	k	W <sub>n</sub>	E <sub>a</sub>	S <sub>n</sub> <sup>3</sup>	k	W <sub>n</sub>	E <sub>a</sub>
pH	8	0.714	13.397	0.69	8	0.704	13.205	0.69	8.5	1.641	19.31	2.02
NO <sub>3</sub>	50	0.714	0.0265	0.001	45	0.704	0.0323	0.00	50	1.641	0.06	0.01
SO <sub>4</sub>	250	0.714	0.04653	0.002	250	0.704	0.0458	0.00	250	1.641	0.11	0.01
TÇK	1500	0.714	0.00736	0.000	500	0.704	0.0653	0.00	1000	1.641	0.04	0.00
Renk	20	0.714	6.37679	0.33	15	0.704	11.174	0.58	15	1.641	26.04	2.73
Bulanıklık	1	0.714	1586.3	81.82	1	0.704	1563.5	81.6	5	1.641	145.74	15.25
KOİ	5	0.714	332.660	17.16	5	0.704	327.91	17.1	5	1.641	764.14	79.98

S<sub>n</sub>1: TSE 266 (2013) standart değerleri, S<sub>n</sub>2: EPA (2018) standart değerleri, S<sub>n</sub>3: WHO (2018) standart değerleri

Renk=PCU, Bulanıklık (NTU), diğerleri mg/L

Kurak dönem için ortalama 1430, yağışlı dönem için ise 1719 olarak belirlenmiştir. Özellikle AKM ve bulanıklığın yüksek olduğu zamanlarda WQI değerlerinin arttığı ve su kalitesinin düştüğü belirlenmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Elde edilen analiz sonuçları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği [19] ile karşılaştırıldığında, Bartın Nehri fosfor bakımından III. sınıf, KOİ bakımından IV. sınıf kalite özelliğine sahiptir.

Fosfat fosforu ortalama 0.17 mg/L olarak belirlenmiş olup bu değer yüzeysel sularda ötrofikasyon için belirlenmiş sınır değerden (0.1 mg/L) yüksektir. Sularda organik kirliliğin ölçütü olarak kabul edilen KOİ konsantrasyonu ortalama 116 mg/L olup, IV. sınıf yüzeysel sular için belirlenmiş limit değerinin 1.66 katıdır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suları için bildirilmiş limit değerden (5 mg/L) yüksektir [20].

WHO [20] ve TS 266 [21]'de fosfor ya da fosfat için limit değer bildirilmediğinden su kalite indeksi (WQI) hesaplanırken fosfat parametresi kullanılmamıştır. Yine de analiz sonuçları

değerlendirildiğinde KOİ ve PO<sub>4</sub>-P değerleri YSKY [19]'de bildirilmiş limit değerlerden yüksektir. İçme suları için WHO [20], TS 266 [21] ve EPA [22] tarafından belirlenmiş limit değerleri aşan parametreler KOİ ve PO<sub>4</sub>-P olduğundan, nehir için organik kirlilik ve nütrient kirliliği en önemli kirlilik türleri olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak elde edilen veriler nehir için olası kirlilik kaynağının evsel atıksu deşarjları olduğunu doğrulamaktadır. Kurak ve yağışlı dönemler için farklılık gösteren parametreler sıcaklık, ÇO, fosfat, pH, TÇK, Eİ ve renk olarak belirlenmiştir. Bulanıklık her iki dönem için aynı iken AKM kurak dönem de daha yüksek belirlenmiştir. Yine de bir kaç günlük şiddetli yağış sonrasında alınan Aralık 2017 numunesinde AKM ve bulanıklık değerleri bir önceki ve bir sonraki örnekleme göre daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum yağış sularının silt, kil gibi inorganik toprak bileşikleri ile organik bileşikleri yüzeysel sulara taşınması ile açıklanabilir. TÇK, fosfat ve Eİ yağışlı dönemde azalırken; pH, ÇO ve renk

parametrelerinde artış belirlenmiştir. Bu durum yağışlı dönemde artan su miktarı nedeni ile bazı parametrelerin konsantrasyonlarında azalma ve yine araziden taşınan yağış suları ile bazı parametrelerin konsantrasyonlarında artış ile açıklanabilir. WHO [20], TS 266 [21], EPA [22] tarafından bildirilmiş içme suyu standart değerleri baz alınarak hesaplanan WQI değerleri >150 olduğundan nehir suyu kalitesi içme, sulama ve endüstriyel amaçlı kullanım için uygun değildir. Kullanılabilmesi için uygun arıtma teknolojileri ile arıtılması ve ilgili standartlarda bildirilmiş limit değerlerin sağlanması gerekir.

KOİ, renk ve bulanıklık parametrelerinin efektif ağırlıklarının yüksek olması, evsel atıksu deşarjlarının ve yağış sularının su kalitesi üzerinde etkili olduğunu doğrulamıştır. Kurak ve yağışlı dönemler için WQI değerleri sırası ile 1430 ve 1719 olarak belirlenmiş olup, özellikle yağışlı dönemde artan AKM ve bulanıklığın su kalitesinde düşüşe neden olduğu belirlenmiştir.

#### Kaynakça

- [1] Arain, M.B., Kazi, T.G., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., Shah, A., 2008. Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere* 70, s. 1845-1856.
- [2] Qadir, A., Malik, R.N., Husain, S.Z., 2008. Spatio-temporal variations in water quality of Nullah Aik-tributary of the river Chenab, Pakistan. *Environmental Monitoring Assessment*, Cilt 140, s. 43-59.
- [3] Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A. 2017. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, Cilt 584-585, s.131-144.
- [4] Anteneh, Y., Zeleke, G., Gebremariam, E. 2018. Assessment of surface water quality in Legedadie and Dire catchments. *Acta Ecologica Sinica*, Cilt 38, s. 81-95.
- [5] Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., Sinha, S. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study. *Water Research*, Cilt 38, s. 3980-3992.
- [6] Shivayogimath, C.B., Kalburgi, P.B., Deshannavar, U.B., Virupakshaiah, D.B.M., 2012. Water quality evaluation of river Ghataprabha. *India I Res. J. Environ. Sci.* Cilt 1, 12-18.
- [7] Soulsby, C., Langan, S.J., Neal, C. 2001. Environmental change, land use and water quality in Scotland: current issues and future prospects. *Science Of The Total Environment*, Cilt 265, s. 387-394.
- [8] Fakayode, S.O., 2005. Impact assessment of industrial effluent on water quality of the receiving Alaro River in Ibadan, Nigeria. *Afr. J. Environ. Assess. Manag.* 10, 1-13.
- [9] Minareci, O., Ozturk, M., Egemen, O., Minareci, E., 2009. Detergent and phosphate pollution in Gediz River, Turkey. *Afr. J. Biotechnol.* 8 (15), 3568-3575.
- [10] Shrimali, M., and Singh, K.P. 2001. New methods of nitrate removal from water. *Environmental Pollution*, Cilt 112, s. 351-359.
- [11] Ucuñ Özel, H., Gemici, B., 2016. Bartın Irmağı Kirlilik Profiline Fiziksel Parametrelerle Belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7(1): 52-58.
- [12] Taş, M., Kırgız, T., Arslan, N., Çamur-Elipek, B., Güher, H. 2008. Çorlu Deresi'nin (Tekirdağ) Oligochaeta Faunası ve Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Zamana Bağlı Değişimi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 25, 4: 253-257

- [13] Kara, C., Çömlekçioğlu, U., 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 7(1).
- [14] Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F., 2006. Aksu Çayı'nda (kahraman maraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*,4 (1), 93-103.
- [15] ISO 5667-3:2018 (en) Water quality — Sampling — Part 3: Preservation and handling of water samples.
- [16] Larsen, D., Swihart, G.H., Xiao, Y., 2001. Hydrochemistry and isotope composition of springs in the Tecopa basin, southeastern California, USA. *Chem. Geol.* 179, 17-35.
- [17] APHA, 1998. Standard methods for the examination of water and, waste water. In: Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (Eds.). *America Public Health Association*, Washington, DC.
- [18] American Society for Testing and Materials (ASTM)1995. Standard test methods for chemical oxygen demand (dichromate oxygen demand) of water. D1252-95, ASTM Annual Book of Standards. American Soc. Testing & Materials, Philadelphia, Pa.
- [19] Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY). Resmi Gazete Tarihi/Sayı:10.08.2016/29797.
- [20] World Health Organization (WHO) 2018. A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality.
- [21] TS 266, 2013. İnsani Tüketim amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi/Sayı: 07.03.2013/28580.
- [22] EPA, 2018a. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables.
- [23] Horton, R. K. 1965. An index number system for rating water quality. *Journal Water Pollution Control Federation*, Cilt 37, s. 300-305.
- [24] Sahu, P., Sikdar, P.K., 2008. Hydrochemical framework of the aquifer in and around East Kolkata wetlands, West Bengal, India. *Environ. Geol.* Cilt 55, s. 823-835.
- [25] EPA, 2018b. Chapter 62-302 Surface Water Quality Standards. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl\\_section62-302.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/fl_section62-302.pdf)
- [26] Oinam, J.D., Ramanathan, A.L., Linda, A., Singh, G. 2011. A study of arsenic, iron and other dissolved ion variations in the groundwater of Bishnupur District. Manipur India *Environ. Earth Sci.* Cilt 62, s.1183-1195.
- [27] Avvannavar, M.S., Shrihar, S., 2008. Evaluation of water quality index for drinking purposes for river Netravathi, Mangalore, South India. *Environ Monit Assess.* 143:279
- [28] Sharpely, A.N., McDowell, R.W., Kleinman, P.J., 2001. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant Soil*, Cilt 237, s. 287-307.
- [29] Handa, B.K. 1990. Contamination of Groundwaters by phosphate. *Bhu-jal News.* 5:24-36.
- [30] Anonymous, 1998. Water pollution and control regulations in Turkey. *Formal Gazette* 199 (19), 13-74.
- [31] Wayland, K., Long, D., Hyndman, D., Pijanowski, B., Woodhams, S., Haack, K., 2003. Identifying relationships between Baseflow geochemistry and land use with synoptic sampling and R-mode factor analysis. *J. Environ. Qual.* 32, 180-190.
- [32] Sidle, W.C., Roose, D.L., Shanklin, D.R., 2000. Isotopic evidence for naturally occurring sulfate pollution of ponds in the Kankakee River Basin, Illinois-Indiana. *J. Environ. Qual.* 29 (5), 1594-1603.
- [33] Bahar, M.M., Yamamuro, M., 2008. Assessing the influence of watershed land use patterns on major ion chemistry of river waters in the Shimousa Upland Japan. *Chem. Ecol.* 24 (5), 341-355.
- [34] Varol, S., Davraz, A., 2015. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/ Turkey). *Environ. Earth Sci.* 73, 1725-1744.
- [35] Amneera, W.A., Najib, W.A.Z., Yusof, S.R.M., Ragunathan, S., 2013. "Water quality index of Perlis River, Malaysia". *Int. J. Civ. Environ. Eng.* 13 (2), 1-6.
- [36] Gülle, İ., Turna, İ.İ., Güçlü, S.S., Küçük, F., Gülle, P., Güçlü, Z. 2008. Burdur Gölü'ndeki Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, pH ve Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Dikey Yönde Değişimi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 25, 4: 283-287
- [37] Blume, K.K., Macedo, J.C., Meneguzzi, A., Silva, L.B., Quevedo, D.M., Rodrigues, M.A.S.,

2010. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. *Braz. J. Biol. Cilt 70*, s.1185-1193.

[38] Ejaz, N., Hashmi, H.N., Ghuman, A.R., 2011. Water quality assessment of effluent receiving streams in Pakistan: a case study of Ravi river. *Mehran Univ. Res. J. Of Eng. Technol.* 30, s. 383-396.

[39] Öner, Ö., Çelik, A., 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzasından Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. *Ekoloji* 20, 78, 48-52.