



Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) Su Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi

Numan Emre GÜMÜŞ*

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar ve Uygulamalar Merkezi, Karaman, Türkiye

Geliş Tarihi: 11 Aralık 2020

Kabul Tarihi: 19 Şubat 2021

Basım Tarihi: 31 Mart 2021

Atıf yapmak için: Gümüş, N.E. (2021). Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) Su Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(1), 120-127.

How to cite: Gümüş, N.E. (2021). Determination Of Water Quality And Heavy Metal Pollution Of Akarçay Stream (Afyonkarahisar). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(1), 120-127.

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8275-3871>

***Sorumlu yazarın:**

Numan Emre GÜMÜŞ
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar ve
Uygulamalar Merkezi, Karaman, Türkiye.
✉: numanemregumus@kmu.edu.tr

Öz: Akarçay Havzası sanayi ve tarımsal faaliyetler ile evsel atık suların yoğun baskısı altındadır. Havzaya adını veren Akarçay Akarsuyu' da bu antropojenik etkilere maruz kalmaktadır. Bu sebeple Akarçay da üç farklı istasyondan Nisan-2019 ile Mart-2020 arasında mevsimsel olarak alınan su örneklerinde bazı fizikokimyasal ve ağır metal parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Pearson Korelasyon İndeks (PCI) istatistik metodu ile değerlendirilmiştir. PCI analizine göre Akarçay Akarsuyunda fizikokimyasal ve ağır metaller birbirleriyle pozitif ve negatif korelasyon göstermiştir. Bulunan sonuçlar ulusal ve uluslararası kalite kriterlerinde yer alan limit değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçülen ortalama ağır metal (Co, Mo, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) değerlerinin hepsi I. kalite su sınıfı içerisinde yer almaktadır. Mangan ve nikelin ölçülen maksimum değerleri ise Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliğine (SKKY) göre II. kalite su sınıfındadır. Akarçay Akarsuyu fizikokimyasal parametreleri, SKKY' ye göre III-IV. sınıf arasında değişim göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, akarçay akarsuyu, PCI, su kalitesi.

Determination of Water Quality and Heavy Metal Pollution of Akarçay Stream (Afyonkarahisar)

Abstract: Akarçay Basin is under excessive pressure from industrial and agricultural activities and domestic wastewater. Akarçay Stream, which gives the basin its name, is also exposed to these anthropogenic effects. For this reason, some physicochemical and heavy metal parameters were examined in the water samples taken seasonally between April-2019 and March-2020 from three different stations in the Akarçay Stream. Pearson Correlation Index statistical methods were used during the evaluation of the obtained results. According to PCI, physicochemical and heavy metal parameters showed positive and negative correlation with each other in Akarçay Stream. The obtained results have been compared to the limit values included within the national and international quality criteria. All of the measured average heavy metal (Co, Mo, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) values are within the I. quality water class according to the Water Quality Control Regulation (WPCR). The measured maximum values of manganese and nickel are in II. quality water class according to WPCR. The physicochemical parameters in Akarçay Stream was found to be class III-IV according to WPCR.

***Corresponding author's:**

Numan Emre GÜMÜŞ
Karamanoğlu Mehmetbey University,
Scientific and Technological Research and
Applications Center, Karaman, Turkey
✉: numanemregumus@kmu.edu.tr

Keywords: Heavy metal, akarçay stream, PCI, water quality.

GİRİş

Dünya nüfusunun hızlı artışına paralel olarak endüstrileşme birçok çevre sorununa neden olmuş ve tatlı su kaynaklarının kalitesini düşürmüştür. Su kirliliği ve temiz su kaynaklarına erişim eksikliği insanlık için neredeyse sınırlayıcı bir faktör haline gelmiştir. Lotik ekosistemler, endüstriyel ve belediye atık sularının taşınması ve tarım alanlarından su akışındaki rolleri nedeniyle kirliliğe karşı en savunmasız tatlı su kütleleri arasındadır. Sulak alanlarda su kirliliği kontrolü, su kalitesi yönetimi için gerekli olup suyun varlığı kadar kalitesi de büyük önem taşımaktadır (Karadavut vd., 2011; Varol, 2020). Su kalitesi yönetimi için çok sayıda su kalitesi parametresinin değerlendirilmesi ve etkili bir kirlilik kontrolü gereklidir (Köse vd., 2014; Tokatlı, 2015). Su kaynaklarının beslediği ekosistemlerin korunması ve kontrol altına alınması, ekolojik dengenin sürekliliği ve su kaynaklarından verimli bir şekilde faydalanmak için, belirli dönemlerde tekrarlanmak suretiyle su kalitesi izlenmeli ve kirlilik değişimini etkileyen önemli faktörlerin tanımlanması ve uygun tedbirlerin alınması sağlanmalıdır (Cüce vd., 2020; Kalıpci vd., 2017a; Karadavut vd., 2012). Özellikle; içme ve kullanma suyu olarak yararlanılan akarsu, baraj ve göllerin çevresindeki noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynaklar kontrol altına alınmalıdır (Kalıpci vd., 2017b).

Ülkemizin ekonomik büyüme hızı son yıllarda artış gösterirken zirai faaliyetler, sanayileşme, nüfus artışı ile beraber şehirleşme de giderek yaşamı olumsuz etkilemeye başlamıştır. Bu durum tüm doğal kaynaklarda olduğu gibi başta su kaynaklarının aşırı kullanımı, bırakılan katı, sıvı ve gaz atıklardan dolayı kirlenmeyi de beraberinde getirmektedir. Bu yüzden gerek denizlerimiz gerekse tatlı sularımız ve yer altı sularımızın önemli ölçüde kirlilikten etkilenmektedir. Dolayısıyla kolaylıkla çevresel kirlilikten etkilenebilen su kaynaklarının su kalite düzeylerinin kontrol altında tutulması ve izlenmesi ön plana çıkmaktadır (Verap vd., 2017).

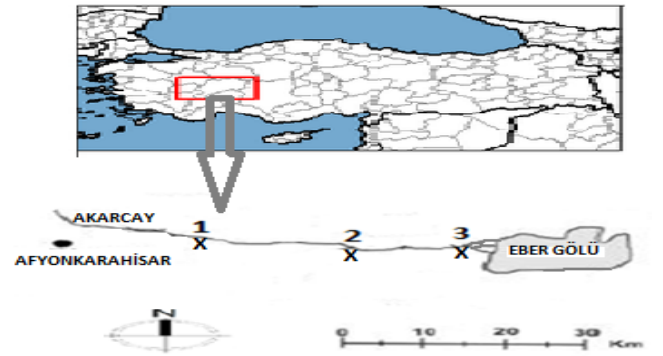
Akarçay eskiden halk arasında içme suyu olarak kullanılmasına rağmen günümüzde birçok yerleşim merkezi, termal tesis ve tarımsal alanlardan geçtikten sonra su kalitesi gittikçe kötüleşmektedir (Kargioğlu vd., 2012). Afyonkarahisar kanalizasyonu, tarım alanlarının kirleticileri ve organize sanayi atıklarına maruz kalmaktadır. Atıksular büyük ölçüde arıtılmamakta ya da arıtmada yetersiz kalmaktadır. Akarçay Türkiye su kalitesi kontrol yönetmeliğine (SKKY) göre IV. Sınıf kalitede suya sahiptir (DKMPGM, 2008).

Akarçay Akarsu'ndaki akış rejiminin düzensizliği ve debinin düşüklüğünden dolayı evsel ve endüstriyel atıkların oluşturduğu kirlilik yükünün artması nedeniyle kirliliğin yaşam alanlarına olumsuz etkileri çok daha hızlı olmaktadır (Serteser ve ark., 2008). Bu çalışmada, yoğun

kirliliğe maruz bırakılan Akarçay suyunda bazı fizikokimyasal ve ağır metal parametrelerinin mevsimsel olarak araştırılması ulusal ve uluslararası su yönetmeliklerine göre değerlendirilerek kirlenme ile ilgili problemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı ve örnek alma noktaları: Akarçay havzası batı-iç Anadolu'da bulunmaktadır. Havzaya adını veren Akarçay Akarsuyu 80 km uzunluğunda Eber gölüne dökülen Afyonkarahisar bölgesinin en önemli akarsuyudur (Burgan vd., 2013). Örnekler Nisan-2019 ile Mart-2020 arasında mevsimsel olarak toplanmıştır. Örnek alınan istasyonlar Eber Gölü girişi de olmak üzere 3 noktadan seçilmiştir. 1. İstasyon 38°41'3.64"K 30°46'30.8"D, 2. İstasyon 38°39'50.71"K 31° 0'57.46"D, 3. İstasyon 38°38'55.52"K 31° 5'12.64"D (göl girişi) koordinatlarındadır. İstasyonların Akarçay'ın üzerindeki konumları Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Akarçay Akarsuyu örnek alınan istasyonlar.
Figure 1. Sampling stations of Akarçay Stream.

Fizikokimyasal Analizler: İstasyonlardan alınan örneklerde pH, sıcaklık, iletkenlik ve çözülmüş oksijen değerleri arazide Hach Lange HQ40d cihazı ile ölçülmüştür. Numuneler; "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine" uygun bir şekilde alınmış ve cam şişelerde, ışık almayacak biçimde, +4°C sıcaklıkta muhafaza edilerek laboratuvar ortamına taşınmıştır. Laboratuvarda aynı gün içerisinde su örneklerinde kimyasal oksijen ihtiyacı amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, klorofil-a, toplam fosfat, klorür, toplam sertlik, sülfat ve renk değerleri kitler yardımıyla Hach Lange markalı spektrofotometre (DR 2800) ile ölçülmüştür. Bulanıklık değeri Hach Lange 2100AN cihazı ile ölçülmüştür. Askıda katı madde tayini APHA 1985' e ve klorofil-a Parsons & Strickland (1963)' e göre yapılmıştır. Ağır metal (Co, Mo, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) analizleri ICP-OES cihazı ile 3 tekrarlı çalışılmıştır. Ölçülen element konsantrasyonları UME EnvCRM 02 (Tubitak UME) akarsuda elementler referans maddesinden elde

edilen element konsantrasyonları ile doğrulanarak kontrol edilmiştir. ICP-OES Agilent 720 marka cihaz RF gücü:1200W, dedektör: CCD, nebulizer gaz akış hızı:1.0 ml min⁻¹, plazma gaz akış hızı: Argon(Ar) gazı, 15 ml min⁻¹ özelliklerine sahiptir.

Akarçay akarsuyunda sulama suyunu sınıflandırmak için Potansiyel Tuzluluk (PS), Toplam Sertlik (mg/L) ve Elektriksel İletkenlik (μS/cm) gibi sulama indeksleri kullanılarak hesaplanmış ve yorumlanmıştır.

Potansiyel Tuzluluk (PS), aşağıda ki formüle göre hesaplanmaktadır (Donenn, 1964; Özer ve Köklü, 2019)

$$PS = Cl^- + 0,5SO_4^{2-}$$

İstatistiksel analizler: Fizikokimyasal ve ağır metal parametrelerinin birbirleri arasında ki ilişkiyi değerlendirmek için Pearson Korelasyon İndeksi (PCI) SPSS 22 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Akarçay suyundan mevsimsel olarak alınan fizikokimyasal ve ağır metal değerleri tespit edilmiştir. Fizikokimyasal ve ağır metallerin yıllık ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Akarçay suyunda mevsimsel olarak alınan örneklerde parametreler arasındaki ilişki Pearson Korelasyon analizi ile belirlenmiş ve Tablo 3' de belirtilmiştir Akarçay suyunun sonuçları SKKY (2015), TS 266 (2005), EPA (2009), EC (2015) ve WHO (2017) kalite değerleriyle kıyaslanmıştır (Tablo 2). Sulama suyu kalitesi potansiyel tuzluluk, toplam sertlik indeksi ve elektriksel iletkenlik indeksi gibi değerlendirme kriterleri kullanılarak yorumlanmıştır.

Tablo 1. Akarçay Akarsuyu fizikokimyasal ve ağır metal yıllık ortalama seviyeleri.

Table 1. Annual average levels of heavy metals and physicochemical of Akarçay Stream.

Parametre	Min	Max	Ort	Standart sapma	SKKY
Sıcaklık (°C)	11,5	27,8	16,95	6,11	
pH	7,61	8,65	8,05	0,32	
İletkenlik (μS/cm)	706	7120	2408	1792	III
Çözünmüş O ₂ (mg/L)	<2	7,17			IV
Bulanıklık (NTU)	2,65	613	105,29	172,46	
Renk(Pt-Co)	18	418	110,54	118,27	III
AKM (mg/L)	6	930	149,27	285,33	
KOİ (mg/L)	36,1	185	110	59,21	IV
Klorür (Cl ⁻) (mg/L)	74,8	736	304,72	186	III
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/L)	87	286	135,4	58,18	III
Toplam Sertlik (°dH)	12,9	24,3	19,6	4,38	
Amonyum Azotu (NH ₄ ⁺ -N) (mg/L)	0,17	20	5,6	7,23	IV
Nitrit Azotu (NO ₂ ⁻ -N) (mg/L)	0,3	3,45	0,966	1,53	IV
Nitrat Azotu (NO ₃ ⁻ -N) (mg/L)	0,5	17,4	3,83	6,58	I
Toplam fosfat (PO ₄) (mg/L)	0,24	8,4	4,82	3,07	IV
Klorofil-a (mg/L)	1,2	550	92,75	163,7	
Kobalt (μg/l)	1	5	2	1	I
Molibden (μg/l)	1	4	3	1	
Bor (μg/l)	420	1710	932	479	I
Kadmiyum (μg/l)	000,4	000,8	000,6	000,1	I
Krom (μg/l)	0,06	10,6	2	3	I
Bakır (μg/l)	0	0,94	0,15	0,34	I
Demir (μg/l)	0	171,6	61,6	71,9	I
Mangan (μg/l)	9	178	49	64,9	I
Nikel (μg/l)	0	36	8,5	10,5	I
Kurşun (μg/l)	0	1	0,17	0,40	I
Selenyum (μg/l)	0	2,5	0,23	0,77	I
Çinko (μg/l)	0	50,7	13,9	11	I

Akarçay da çalışma süresince SKKY (2015) göre ölçülen sıcaklık, pH ve nitrat azotu değerleri I. Kalite, klorür, sülfat, renk ve iletkenlik değerleri III. Kalite, çözünmüş oksijen, KOİ, Amonyum azotu ve nitrit azotu IV. kalite su sınıfı içerisinde. Akarçay da nitrat azotunun I. kalitede nitrit ve amonyum azotunun IV. kalitede olduğundan dolayı Akarçay havzasında tarımsal kirliliğin değil evsel ve gıda kökenli endüstriyel kirliliğin etkili olduğu söylenebilir. Akarçay'da evsel ve endüstriyel atıkların fazla olması ile birlikte debisinin düşük olması çözünmüş oksijen değerlerinin düşük olmasını açıklamaktadır.

Akarçay da çalışma süresince ölçülen pH değerlerinin 7,61-8,65°C arasında değiştiği ve ortalama

pH'nın 8,05 olduğu belirlenmiştir. Bazı aylar pH değeri 8,5'un üzerine çıkarken genel olarak tüm yıl boyunca tüm istasyonlarda mevsimsel ortalama pH değerleri nötr ile hafif alkali olarak değerlendirilebilir. Ülkemizdeki diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Kızılırmak Nehri'nde 7,77-8,78 arasında (Bakan ve Cüce, 2007), Ergene Nehri'nde 7,33-8,17 arasında (Tokatlı, 2020), Yağlıdere Çayı'nda 6,96-8,57 arasında (Uncumusaoğlu & Akkan, 2017) ve Kozlu Deresi'nde 7,89-8,64 arasında (Zeydan vd., 2019) bulunmuştur.

Avrupa Birliği Komisyonu Tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla bildirilen EC direktifine göre *Cyprinid* türleri için sudaki çözünmüş oksijen seviyesinin 4 mg/L'nin altına düşmemesi gerekmektedir

(EC, 2015). Kış mevsimi haricinde çözünmüş oksijen değerleri 4 mg/L'nin çok altında bulunmuştur. Bu durum, ekolojik toleransı geniş ve ekstrem şartlara dayanıklı birkaç omurgasız ve alg türleri dışında, Akarçay da balık gibi yüksek yapılı omurgalı canlıların yaşayabilmesine imkan vermemektedir (Tokatlı, 2020).

Buharlaşmanın çok yağışın az olduğu mevsimlerde klorür değerleri daha yüksek bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik ve klorür değerlerinin yüksek oluşu bulduğumuz sonuçları doğrulamaktadır.

Tablo 2. Ulusal ve uluslararası bazı su yönetmeliklerine göre kalite standartları.

Table 2. Quality standards according to some national and international water regulations.

SKKY	I	II	III	IV	TS 266	EC	WHO	EPA
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30	-	-	-	-
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	<6,0-9,0 >	6,5-9,2	6,5-9,5	6,5-8,8	6,5-8,5
İletkenlik (µS/cm)	-	-	-	-	2500	2500	-	-
Çöz O ₂ (mg/L)	8	6	3	< 3	-	-	-	-
AKM	-	-	-	-	5	-	-	5
Bulanıklık (NTU)	-	-	-	-	5	-	5	-
Renk (Pt-Co)	5	50	300	>300	20	-	15	15
KOİ (mg/L)	25	50	70	>70	-	-	-	-
Cl(mg/l)	25	200	400	> 400	250	250	250	250
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	200	200	400	> 400	250	250	250	250
PO ₄ -P (mg/l)	<0,03	0,16	0,65	>0,65	-	-	-	-
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	0,2	1	2	> 2	0,5	0,3	-	-
NO ₂ -N(mg/l)	0,002	0,01	0,05	> 0,05	0,5	0,5	0,2	-
NO ₃ -N(mg/l)	5	10	20	> 20	50	50	50	45
Bakır (µg/l)	≤20	50	200	>200	2000	2000	2000	1300
Bor (µg/l)	<1000	<1000	<1000	>1000	-	-	500	-
Çinko (µg/l)	200	500	2000	>2000	-	-	-	5000
Demir (µg/l)	300	1000	5000	>5000	200	200	300	300
Kadmiyum (µg/l)	3	5	10	>10	5	-	3	5
Kobalt (µg/l)	10	20	200	>200	-	-	-	-
Krom (µg/l)	≤20	50	200	>200	50	-	50	100
Kurşun(µg/l)	10	20	50	>50	10	-	10	15
Mangan (µg/l)	100	500	3000	>3000	50	-	400	50
Nikel (µg/l)	≤20	50	200	>200	20	20	70	-
Selenyum(µg/l)	10	10	20	>20	10	-	10	50

Suların yakın zamanda kirlendiğini gösteren en önemli göstergelerden biri amonyum azotunun beklenmedik şekilde artmasıdır (Gümüş & Akköz, 2020). Yaptığımız çalışmada Akarçay'da amonyum azotu ve nitrit azotu yıllık ortalaması (5,6-0,96 mg/L) SKKY (2015)' ye göre IV. sınıftadır. Akarçay Akarsu'unda yapılan önceki çalışmalarda Kıvrak ve ark. (2013) ile Burgan vd. (2013) bulduğumuz değerlere yakın değerler bulmuşlardır. Nitrat azotunun ortalama yıllık değeri (3,83 mg/L) TSE (2005), EC (2015), WHO (2017) ve EPA (2009) kriterlerini aşmamıştır. SKKY (2015)' ye göre I. sınıftadır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) özellikle tatlı ve deniz sularında kirliliğin bir göstergesidir. KOİ ile kuvvetli kimyasal oksitleyicilerle, doğal ve kirlenici organik maddelerin parçalanması için gerekli olan oksijen miktarı saptanabilmektedir. (Egemen, 2011). Mikrobiyal kirlenmeyle birlikte organik maddelerin bozunma hızı artar. Bu sebeple çözünmüş oksijen değerleri düşer ve KOİ değerleri artar. Bu sonuç Akarçay da kışın azalan KOİ miktarını açıklamaktadır. Kıvrak vd. (2012) Akarçay'da ortalama KOİ değerini 91 mg/L tespit etmişlerdir. Çalışmamızın değerleri bu çalışmayla paralellik göstermektedir.

Bütün doğal sularda bulunmakla birlikte, klorür tuzlarının fazla çözünürlüğe sahip olması nedeniyle normal

ve kirlili sularda en çok bulunan iyonlardandır. Normal sularda 1 mg/L' den birkaç bin mg/L' ye kadar rastlanılabılır. Sularda ani bir klorür konsantrasyonu yüksekliği suyun endüstriyel kaynaklı bir kirlilik ile karıştığının düşünülmesine neden olur (Güler & Çobanoğlu, 1997). Çalışmamızda ortalama klorür değeri 304 mg/L bulunmuştur. Akarçay Akarsu'yunda suyunda klorür değerleri SKKY (2015) kriterine göre kışın tüm istasyonlarda II. kalitede yazın beşinci istasyonda IV. kalite de diğer mevsimlerde tüm istasyonlarda III. kalitede bulunmuştur. Klorür değeri TSE (2005), EC (2015), WHO (2017) ve EPA (2009) kriterlerine göre yaz ve sonbahar mevsiminde tüm istasyonlarda sınır değerini aşmıştır.

Sülfat suya yağmur aracılığıyla sülfatlı sedimanlardan geçer. Yüzey sularında sülfat az bulunur (Tanyolaç, 2010). Akarçay suyunda ortalama sülfat değeri 135 mg/L' dir. Burgan vd. (2013) Akarçay'da yaptıkları çalışmada sülfat değerlerini SKKY (2015) göre I. kalitede bulmuştur. Bulduğumuz değerler Sülfat değerlerinin SKKY (2015) göre I. kalitede olsa bile diğer çalışmalara göre yüksek çıkması Akarçay çevresinde yapılan yoğun zirai faaliyetlerin neticesi olabilir.

Yaptığımız çalışmada askıda katı madde Akarçay Akarsuyunda ortalama 147,29 mg/L olarak bulunmuştur. Askıda katı madde ve bulanıklık değerleri tüm mevsim ve

istasyonlarda TSE (2005) ve WHO (2017) kriterini aşmıştır. Tüm planktonik alglerin kuru ağırlığının % 1-2' lik kısmını oluşturması nedeniyle, alg biomasi ölçümlerinde bir gösterge olarak değerlendirilir (Egemen, 2011). Gündoğdu & Çarlı (2020) Sinop Karasu Çayı suyunda AKM değerini ortalama 0,150 mg/L olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda AKM değerleri literatür çalışmalarına göre daha yüksek değerlerde bulunması evsel ve endüstriyel kirli suların nehre deşarjlarından meydana gelebilir. Yüzeysel sularında bulunan tarımsal ve evsel atıklar çözünmüş maddelerin yoğunluğu, planktonların aşırı çoğalması ve yoğunluğunu arttırarak bulanıklık, renk, askıda katı madde ve klorofil-a değerlerini sınır değerlerinin çok üstünde arttırmıştır.

Fosfat su ortamına doğal yollarla girebildiği gibi, yapay gübrelerden ve endüstriyel atıklardan da geçebilmektedir. Sucul ekosistemlerde fosfatın aşırı bulunması neticesinde algler çoğalır ve sularda koku ve tat sorunlarına neden olabilir (Güler & Çobanoğlu, 1997). SKKY (2015) göre ölçülen toplam fosfat değeri kışın 2. istasyon hariç tüm değerlerde IV. kalite su sınıfı içerisinde yer almaktadır. Akarçay Akarsuyunda yapılan önceki çalışmalarda Kıvrak ve ark. (2013) ile Burgan ve ark. (2013) bulduğumuz değerlerle benzer değerler bulmuşlardır.

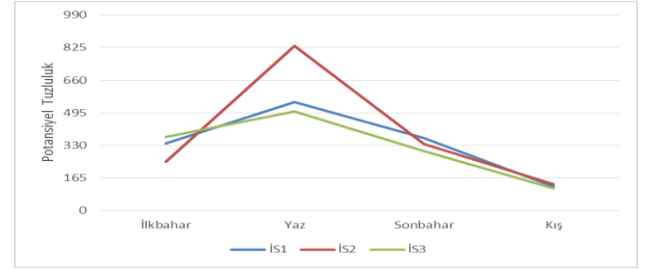
Akarçay da çalışma süresince ölçülen ortalama toplam sertlik değerleri 19,6 °dH olduğu tespit edilmiştir. Bu değer Klee, 1990' a göre 0-8 °dH aralığına sahip sular yumuşak sular olarak adlandırılırken, 8 °dH'den sonra sertlik özellikleri oluşmaktadır. Dolayısıyla Akarçay suyu çok sert su sınıfına girmektedir.

Ölçülen ortalama ağır metal (Co, Mo, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) değerlerinin hepsi I. kalite su sınıfı içerisinde yer almaktadır. Yaz mevsiminde ölçülen mangan (178 µg/L) ve nikelin (36 µg/L) maksimum değerleri SKKY (2015)' e göre II. kalite su sınıfındadır. Mangan EPA (2009) nikel ise EC (2015) de belirtilen sınır değerleri aşmıştır. Arıman ve ark. (2007), çeşitli nehirlerde manganez ortalamalarını şu şekilde tespit etmişlerdir; Yeşilirmak'ta 91 µg/L, Abdal'da 134 µg/L, Mert'te 358 µg/L, Kürtün'de 206 µg/L, Engiz'de 928 µg/L ve Kızılırmak'ta 310 µg/L. Dalkıran ve ark., (2020) Mustafakemalpaşa Çayı suyunda yaptığı çalışmada maksimum mangan değerini 137 µg/L bulmuştur. Sönmez ve ark., (2012), Karasu Irmak suyunda nikel değerlerini SKKY 2015' göre II. Kalite sınıfında bulmuştur.

Potansiyel tuzluluk, sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir. PS değerinin 165 ppm' den düşük olması sulama amaçlı kullanım için suyun uygun olduğunu göstermektedir (Özer & Köklü, 2019).

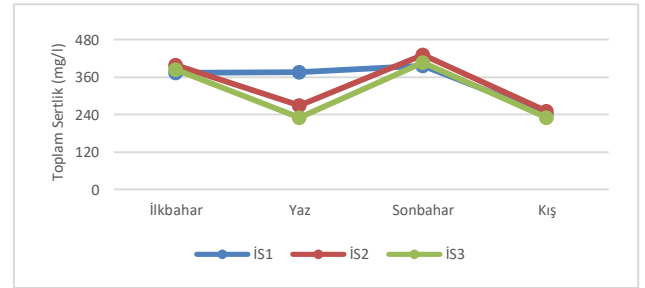
İstasyonlar için mevsimsel olarak hesaplanan PS değerleri, Kış mevsimi haricinde sulama suyu açısından uygun olmadığı belirlenmiştir.

Sulama sularının toplam sertlik konsantrasyonu <60 (mg/l) kadar yumuşak, 60-120 (mg/l) arası orta sert, 120-180(mg/l) arası sert, <180 (mg/l) üzeri ise çok sert su sınıfına girmektedir (Klee, 1990). Toplam sertlik bakımından suyun sınıflandırılması, verilerin hepsinin çok sert su tipinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Mevsimsel potansiyel tuzluluk değerleri.

Figure 2. Potential salinity of the seasonal values.

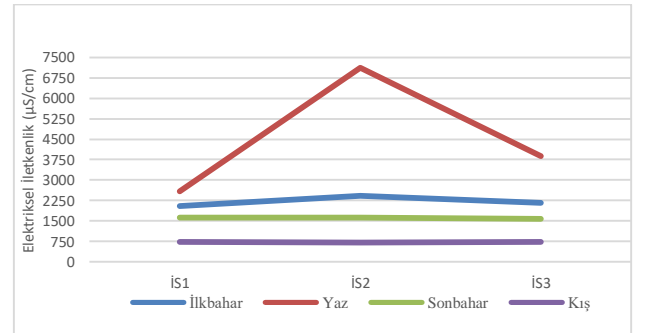


Şekil 3. Mevsimsel toplam sertlik değerleri.

Figure 3. Total hardness of the seasonal values.

Sulama sularının elektriksel iletkenlik indeksi 250-750 (µS/cm) arası iyi, 750-2000 (µS/cm) arası izin verilebilir, 2000-3000 (µS/cm) arası şüpheli, >3000 üzeri (µS/cm) üzeri ise sulama suyu açısından uygun görülmemektedir (Wilcox, 1955). Elektriksel iletkenlik bakımından suyun sınıflandırıldığı kış mevsiminde iyi, sonbahar mevsiminde izin verilebilir, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise şüpheli ve uygun olmayan su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Bu da Akarçay'ın sulama suyu olarak kullanılmasının kurak dönemlerde tuzluluk tehlikesi oluşturduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Mevsimsel elektriksel iletkenlik değerleri.

Figure 4. Electrical conductivity of the seasonal values.

Akarçay Akarsu sularında mevsimsel olarak alınan örneklerin tespit edilen ortalama fizikokimyasal ve ağır metal verileri arasında tespit edilen istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler ve korelasyon katsayı değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Suda parametreler arasındaki ilişkiler 0,05 anlam seviyesinde ($p < 0,05$), pH; Chl-a ile negatif yönde, sıcaklık; Ph, klorür, sülfat, nitrat azotu ve nikel ile pozitif yönde, iletkenlik; sülfat, amonyum azotu ve demir ile pozitif yönde, çözünmüş O₂; toplam sertlik ile negatif yönde, Bulanıklık; Molibden ile negatif yönde, nitrat azotu ile pozitif yönde, AKM; klorür, nitrat azotu ve demir ile pozitif yönde, KOİ; Molibden ile negatif yönde, klorür; nitrat azotu ve kobalt ile pozitif yönde; sülfat; nikel ve krom ile pozitif yönde, molibden ile negatif yönde, toplam sertlik; renk ile pozitif yönde, amonyum Azotu; nikel ile pozitif yönde, toplam fosfat; demir ve renk ile pozitif yönde, kobalt ve molibden ile

negatif yönde, Chl-a; Mo ile negatif yönde, kobalt; nitrit azotu ile pozitif yönde, demir; Mangan, Nikel ve krom ile pozitif yönde korelasyon göstermektedir. 0,01 anlam seviyesinde ($p < 0,01$) sıcaklık; amonyum azotu, nitrit azotu ve kobalt ile pozitif yönde, molibden ile negatif yönde, iletkenlik; akm, klorür, nitrit azotu, nitrat azotu, krom ve nikel ile pozitif yönde, bulanıklık; renk, sülfat ve Chl-a ile pozitif yönde, renk; sülfat ve Chl-a ile pozitif yön e, molibden ile negatif yönde, AKM; krom ve nikel ile pozitif yönde, KOİ; toplam fosfat, mangan ve kobalt ile pozitif yönde, klorür; amonyum azotu, nitrit azotu, krom ve nikel pozitif yönde, sülfat; nitrit azotu, nitrat azotu ve Chl-a ile pozitif yönde amonyum azotu; nitrit azotu ile pozitif yönde nitrit azotu; nitrat azotu ile pozitif yönde, toplam fosfat; mangan ile pozitif yönde, kobalt; molibden ile negatif yönde, krom; nikel ile pozitif yönde bakır; demir ile pozitif yönde korelasyon göstermektedir.

Tablo 3. Parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisini gösteren Pearson Korelasyon Index tablosu.

Table 3. Pearson Correlation Index table showing the relationship between parameters.

	°C	pH	E.İ	ÇözO ₂	NTU	Renk	AKM	KOI	Klorür	Sülfat	T.S.	Amn	Nitrit	Nitrat	T.P	Chl-a	Co	Mo	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	
°C	1																							
pH	,011	1																						
E.İ	,690*	-,070	1																					
ÇözO ₂	-,400	-,230	-,467	1																				
NTU	,580	-,460	-,345	-,154	1																			
Renk	,525	-,503	,215	-,233	,928**	1																		
AKM	,360	-,235	,824**	-,202	-,027	-,094	1																	
KOI	,520	-,049	,210	-,453	,172	,453	,128	1																
Klorür	,730*	,158	,891**	-,610*	,133	,018	,732*	,261	1															
Sülfat	,673*	-,268	,681*	-,313	,890**	,738**	-,302	,097	,468	1														
T.S	-,272	,507	-,242	-,634*	-,485	-,299	-,246	,273	,020	-,447	1													
Amn	,776**	,430	,694*	-,276	,114	-,067	,463	,118	,829**	,394	-,177	1												
Nitrit	,951**	,079	,739**	-,299	,583	,425	,393	,255	,751**	,741**	-,390	,867**	1											
Nitrat	,641*	-,362	,864**	-,241	,682*	,477	,628*	-,029	,655*	,892**	-,552	,510	,741**	1										
T.P.	,523	-,139	,221	-,587	,355	,623*	,048	,918**	,236	,235	,271	,047	,273	,071	1									
Chl-a	,430	-,633*	,224	-,095	,927**	,903**	,017	,135	,029	,763**	-,475	-,060	,418	,587	,353	1								
Co	,788**	,103	,425	-,560	,208	,327	,294	,778**	,628*	,255	,198	,538	,608*	,203	,697*	,163	1							
Mo	-,852**	,374	-,509	,244	-,673*	-,745**	-,340	-,694*	-,455	-,622*	,364	-,396	-,718*	-,544	-,693*	-,650*	-,753**	1						
Cr	,577	-,217	,974**	-,319	,342	,206	,879**	,113	,792**	,664*	-,367	,580	,646*	,887**	,131	,264	,279	-,464	1					
Cu	,134	,165	,558	-,224	,007	,045	,462	,275	,296	,270	,014	,193	,147	,321	,225	-,151	-,025	-,082	,579	1				
Fe	,427	-,364	,695*	-,424	,393	,510	,617*	,586	,434	,527	-,101	,110	,319	,571	,625*	,356	,348	-,581	,724*	,736**	1			
Mn	-,034	-,327	-,030	-,326	,065	,392	,013	,738**	-,156	-,079	,332	-,470	-,294	-,171	,764**	,109	,247	-,291	-,021	,377	,648*	1		
Ni	,676*	-,143	,974**	-,311	,324	,214	,872**	,227	,824**	,635*	-,368	,673*	,723*	,843**	,217	,237	,398	-,554	,981**	,584	,725*	-,008	1	

* korelasyon 0,05 seviyesinde önemli ($p < 0,05$); ** korelasyon 0,01 seviyesinde önemli ($p < 0,01$). °C:Sıcaklık E.İ: Elektriksel İletkenlik, Çöz. O₂: Çözünmüş O₂, NTU: Bulanıklık, AKM: Askıda katı madde, KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı, T.S.: Toplam sertlik., Amn: Amonyum azotu, T.P.: Toplam fosfat, Chl-a: Klorofil-a.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Akarçay Akarsuyu su kalitesinin fizikokimyasal analiz sonuçları SKKY (2015)’ye göre çözünmüş oksijen, KOİ, amonyum azotu, nitrat azotu ve toplam fosfat IV. sınıf, iletkenlik renk, klorür, III. sınıf arasında değişmiştir. Toplam sertlik Klee (1990)’e göre çok sert su sınıfındadır. İletkenlik, klorür, sülfat, amonyum azotu ve nitrit azotu EC (2015) sınır değerini, bulanıklık, renk ve nitrit azotu WHO (2017) sınır değerini, AKM ve renk EPA (2009) sınır değerini, iletkenlik, bulanıklık, AKM, renk, amonyum azotu ve nitrit azotu TSS 266 (2015) sınır değerini aşmıştır. Ağır metal sonuçlarında sadece yaz mevsiminde maksimum tespit edilen mangan ve nikel SKKY (2015)’ e göre II. kalite iken diğer metaller hiç bir mevsimde ve istasyonda sınır değerlerini aşmamıştır. Tüm istasyonlar için sulama suyu Potansiyel Tuzluluk (PS), Toplam Sertlik (mg/L) ve Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) bakımından olumsuz bulunmuştur. Akarçay Havzasında tarımın yoğun olarak yapılması bilinçsiz tarım ilacı ve gübre kullanımı, Akarçay’ a yetersiz veya hiç artılmadan endüstri, evsel atık ve kaplıca sularının verilmesi ile sulama amaçlı tarım

arazilerine su çekilmesi su kirliliğinin esas nedenleri arasında gösterilebilir.

Sonuç olarak; Akarçay Havzasına adını da veren Akarçay’ın su kalitesini arttırmak, sucul ekosistem üzerindeki antropojenik baskıyı azaltmak ve çevresindeki halkın sağlığını korumak için; Akarçay Havzasında suyun yönetiminde bütüncül yaklaşıma ağırlık verilmeli, havzada sürdürülebilir tarım projelerinde su ve tarım bir bütün olarak ele alınmalı ve modern sulama tekniklerine geçilmeli, bilinçsiz tarım ilacı ve gübre kullanımının önüne geçilmeli, Fabrika atıkları düzenli arıtılmalı ve atık tesisleri düzenli denetlenerek tam kapasite çalışması sağlanmalı, Su kirliliğini en aza indirmek için bütün kurumların ve yöre halkının ortaklaşa uygulayabileceği etkin projeler üretilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- APHA. (1985). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, 16th ed. Washington: 40 p.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2007). Orta Karadeniz kıyı

- şeridi nehirleri su ve sediman ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi. 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji 24-27 Ekim 2007*, İzmir, Türkiye.
- Bakan, G. & Cuce, H. (2007).** Water/sediment quality assessment and SOD studies in Kızılırmak River at the Black Sea coast of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **16**(12A), 1544.
- Burgan, H.İ., İçağa, Y., Bostanoğlu, Y. & Kilit, M. (2013).** Akarçay Akarsuyu 2006-2011 Dönemi Su Kalite Eğilimi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, **19**(3) 127-132. DOI: [10.5505/pajes.2013.46855](https://doi.org/10.5505/pajes.2013.46855)
- Cüce, H., Kalıpcı, E., Taş, B. & Yılmaz, M. (2020).** Rakım Farklılığı Nedeniyle Oluşan Meteorolojik Değişimlerin Su Kalitesine Olan Etkilerinin CBS ile Değerlendirilmesi: Morfolojik Olarak Farklı İki Göl için Bir Karşılaştırma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* **10**(1), 1-26. DOI: [10.31466/kfbd.649297](https://doi.org/10.31466/kfbd.649297)
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Taş, D., Karabayırlı, G., Atak, S., Arda Koşucu, T.N., Coşkun, F. & Akay, E. (2020).** Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) su kalitesinin faktör analizi kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, **16**(1), 124-137. DOI: [10.22392/actaquatr.610888](https://doi.org/10.22392/actaquatr.610888)
- DKMPGM. (2008).** *Akşehir Eber gölleri sulak alan yönetim planı (2008-2012)*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü.
- Doneen, L.D. (1964),** *Notes on water quality in agriculture*. Department of Water Science and Engineering, University of California, Davis.
- EC. (2015).** *European Communities. Commission directive 2015 CD (EU) 2015/1787 of 6 October 2015 amending annexes II and III to council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. European Council, Brussels, Belgium.
- EPA. (2009).** *United States Environmental Protection Agency. Edition of the drinking water standards and health advisories*; [Erişim Tarihi: 16 Ocak 2020]. Erişim Adresi <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>
- Egemen, Ö. (2011).** *Su kalitesi*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın no:14, 6. baskı, 150s, Bornova-İzmir.
- Güler, İ. & Çobaoğlu, Z. (1997).** *Su kirliliği*. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No: 43. 1. Baskı. 92 s. Ankara. ISBN 975-7572-60-8.
- Gümüş, N.E. & Akköz, C. (2020).** Eber Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Araştırılması. *LimnoFish*. **6**(2), 153-163. DOI: [10.17216/LimnoFish.638567](https://doi.org/10.17216/LimnoFish.638567)
- Gündoğdu, A. & Çarlı, U. (2020)** Sinop Karasu Çayı Fizikokimyasal Özellikleri ve Mikrobiyolojik Kirliliğinin Araştırılması. *MKU. Tar. Bil. Derg.* **25**(2), 284-299. DOI: [10.37908/mkutbd.690179](https://doi.org/10.37908/mkutbd.690179)
- Karadavut, I.S., Saydam, A.C., Kalıpcı, E., Karadavut, S. & Özdemir, C. (2011).** A Research For Water Pollution Of Melendiz Stream In Terms Of Sustainability Of Ecological Balance. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **6**(1), 65-80.
- Karadavut, S., Delibas, L., Kalıpcı, E., Özdemir, C. & Karadavut, I.S. (2012).** Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **7**(2), 171-182.
- Kargoğlu, M., Serteser, A., Kıvrak, E., İçağa, Y. & Konuk, M. (2012).** Relationships between epipellic diatoms, aquatic macrophytes, and water quality in Akarçay Stream, Afyonkarahisar, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **41**(1), 74-84. DOI: [10.2478/s13545-012-0009-z](https://doi.org/10.2478/s13545-012-0009-z)
- Kalıpcı, E., Cüce, H. & Toprak, S. (2017a).** Damsa Barajı Nevşehir Yüzey Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Mekansal Analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, **7**(1), 312-319.
- Kalıpcı, E., Cüce, H. & Toprak, S. (2017b).** Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Kullanılarak Mamasın Barajı Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **6**(2), 351-361. DOI: [10.28948/ngumuh.341144](https://doi.org/10.28948/ngumuh.341144)
- Kıvrak, E., Uygun, A. & Kalyoncu, H. (2012)** Akarçay'ın (Afyonkarahisar) Su Kalitesini Değerlendirmek İçin Diyatome İndekslerinin Kullanılması. *AKÜ FEBİD*, **12**, 27-38.
- Klee, O. (1990).** *Wasser untersuchen: einfache Analysenmethoden und Beurteilungskriterien*. Heidelberg, Wiesbaden, Quelle u. Meyer, p. 230.
- Köse, E., Tokatlı, C. & Çiçek, A. (2014).** Monitoring stream water quality: A statistical evaluation. *Pol. J. Environ.Stud.*, **23**(5), 1637.
- Özer, Ç. & Köklü, R. (2019).** Aşağı Sakarya Akarsu Su Kalitesinin Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, **5**(2), 237-246. DOI: [10.21324/dacd.483146](https://doi.org/10.21324/dacd.483146)
- Parsons, R.T. & Strickland, J.D. (1963).** Discussion of spectrofotometric determination of marine plant pigments with revise dequations for as ceraining

- chlorophyll and carotenoids. *J. Mar Res.* **21**(3), 155-163. DOI: [10.1016/0011-7471\(65\)90662-5](https://doi.org/10.1016/0011-7471(65)90662-5)
- Serteser, A., Kargıoğlu, M., İçağa, Y. & Konuk, M. (2008).** Vegetation as an indicator of soil properties and water quality in the Akarçay Stream (Turkey). *Environmental Management*, **42**(5), 764.
- SKKY. (2015).** *Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik.* Yayımlandığı resmi gazete: Tarih 15 Nisan 2015, Resmi gazete no: 29327
- Tanyolaç, J. (2010).** *Limnoloji (Tatlısu Bilimi).* Ankara: Hatipoğlu Yayınevi, 297s.
- Tokath, C. (2015).** Assessment of the water quality in the Meriç Stream: as an element of the ecosystem in the Thrace Region of Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, **24**(5), 2205-2211.
- Tokath, C. (2020).** Ergene nehir havzası su kalitesinin çok değişkenli istatistik analizler kullanılarak değerlendirilmesi. *LimnoFish*, **6**(1), 38-46. DOI: [10.17216/LimnoFish.524036](https://doi.org/10.17216/LimnoFish.524036)
- TSE-TS 266. (2005).** *İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları: Türk Standartları.* Ankara.
- Sönmez, A., Hisar, O. & Yank, T. (2012).** Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **43**(1), 69-77.
- Uncumusaoglu, A. & Akkan, T. (2017).** Assessment of water quality of Yağlıdere stream Turkey using multivariate statistical techniques. *Polish Journal of Environmental Studies*, **26**(4), 1715-1723. DOI: [10.15244/pjoes/68952](https://doi.org/10.15244/pjoes/68952)
- WHO. (2017).** *Guidelines for drinking-water quality;* [cited 2020 Jan 06]. Available from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>
- Wilcox, L.V. (1955).** *Classification and Use of Irrigation Waters.* USDACircular No. 969, 19 p
- Varol, M. (2020).** Spatio-temporal changes in surface water quality and sediment phosphorus content of a large reservoir in Turkey. *Environmental Pollution*, **259**, 113860. DOI: [10.1016/j.envpol.2019.113860](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113860)
- Verep, B., Mutlu, T., Çakır, V. & Aydın, G. (2017).** Derepazarı Deresinin (Rize-TÜRKİYE) Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Bazı Su Kalite Standartlarına Göre Değerlendirilmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **2**(1), 19-22. DOI: [10.35229/jaes.297643](https://doi.org/10.35229/jaes.297643)
- Yılmaz Öztürk, B. & Akköz, C. (2014).** Investigation of water quality of Apa dam lake (Çumra-Konya) and according to the evaluation of PCA. *Biological Diversity and Conservation*, **7**(2), 136-147.
- Zeydan, Ö., Özdoğan, N., Taştepe, P.Ş. & Demirtaş, D. (2019).** Kozlu deresinde (Zonguldak) su kalitesinin incelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, **5**(2), 187-197. DOI: [10.21324/dacd.451775](https://doi.org/10.21324/dacd.451775)