



Ergene Nehir Havzası Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Analizler Kullanılarak Değerlendirilmesi

Cem TOKATLI 

Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksekokulu, Laboratuvar Teknolojisi Programı

Ö Z

Ergene Nehri, Trakya bölgesinin en önemli sucul ekosistemidir. Fakat birçok akuatik sistemde olduğu gibi, Ergene Nehri'nin de, üzerindeki özellikle tarımsal ve endüstriyel baskı nedeniyle önemli derecede kirliliğe maruz kaldığı bilinmektedir. Bu çalışmada, bazı istatistik teknikler kullanılarak, Ergene Nehir Havzası'nın su kalitesinin değerlendirilmesi ve Ergene Nehri'nin, Meriç Nehri üzerindeki baskısının ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaç için, havzada belirlenen toplam 21 istasyondan su numuneleri toplanmıştır. Su numunelerinde sıcaklık, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, tuzluluk, bulanıklık, nitrat, nitrit, fosfat, sülfat, florür, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı olmak üzere toplam 15 su kalite parametresi tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, Faktör Analizi (FA), Kümeleme Analizi (CA) ve Pearson Korelasyon İndeksi (PCI) kullanılarak istatistik olarak değerlendirilmiş ve çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. FA sonuçlarına göre, üç faktör toplam varyansın %87'sini açıklamıştır. CA sonuçlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı üç küme tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, Ergene Nehri'nin yüksek miktarda kirliliğe maruz kaldığı ve genel olarak 3. – 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çorlu Çayı'nın birçok parametre açısından 4. sınıf su kalitesine sahip olduğu ve havza için çok büyük risk teşkil ettiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ergene Nehri Havzası, su kalitesi, istatistik değerlendirme

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 07.02.2019
Düzeltilme : 12.09.2019
Kabul : 06.11.2019
Yayım : 25.04.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.524036

* SORUMLU YAZAR

tokatlicem@gmail.com
Tel : +90 284 616 13 48

Water Quality Assessment of Ergene River Basin Using Multivariate Statistical Analysis

Abstract: Ergene River is the most important aquatic ecosystems in Trakya Region. But as many aquatic ecosystems, Ergene River is known to be exposed to an intensive pollution by means of agricultural and industrial pressure on the system. The aim of this study was to determine the water quality of Ergene River Basin by using some statistical techniques and to present the pressure of Ergene River on the Meriç River. For this purpose, water samples were collected from 21 stations selected on the basin. Total of 15 water quality parameters including temperature, dissolved oxygen, oxygen saturation, pH, conductivity, total dissolved solids, salinity, turbidity, nitrate, nitrite, phosphate, sulfate, fluoride, chemical oxygen demand and biological oxygen demand were investigated in water samples. The data obtained were evaluated statistically by using Factor Analysis (FA), Cluster Analysis (CA) and Pearson Correlation Index (PCI) and compared with the limit values reported by various national and international organizations. According to results FA, three factors explained 87% of the total variance. According to results CA, 3 statistically significant clusters were formed. According to the data obtained, Ergene River is exposed to significant amount of pollution and has water quality of 3. – 4. class water quality in general. In addition, Çorlu Stream has 4. class water quality in terms of many parameters and poses a great risk for the basin.

Keywords: Ergene River Basin, water quality, statistical evaluation

Alıntılama

Tokatlı C. 2020. Ergene Nehir Havzası Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Analizler Kullanılarak Değerlendirilmesi. LimnoFish. 6(1): 38-46. doi: 10.17216/LimnoFish.524036

Giriş

Hızlı artış gösteren dünya nüfusu ve hızla gelişen teknoloji ve sanayiye bağlı olarak artan çevre kirliliği, küresel bir sorun haline gelmiştir. Evsel ve endüstriyel atıklardaki artış, arıtılmaksızın deşarj

edilen kanalizasyon ve sanayi suları, tarımsal gübreler ve pestisitler ve daha birçok kirlleticiler mevcut yüzey sularını tehdit etmektedir. Tüm dünya ülkelerinin en önemli sorunlarından biri temiz ve sürdürülebilir tatlı su kaynaklarına olan ihtiyaçtır.

Özellikle yüzey sularının kalitesi ve kirliliği açısından tatlı su kaynaklarının etkin şekilde izlenmesi ve yönetimi büyük önem verilmesi gereken bir zorunluluktur (Çiçek vd. 2013; Ustaoglu vd. 2017; Ustaoglu ve Tepe 2019).

Meriç Nehir Havzası, Bulgaristan'dan doğan Meriç Nehrinin, Tunca ve Arda Nehirleri ile Türkiye topraklarına girdikten sonra Edirne İlinde birleşmeleri ile meydana gelmektedir. Meriç Havzasına ayrıca Türkiye sınırları içerisinde yaklaşık 280 km uzunluğundaki Ergene Nehri de katılmaktadır. Ergene Nehri'nin sisteme girişinden sonra Meriç Nehri su kalitesinin ciddi şekilde düştüğü ve bu durumun biyotayı olumsuz şekilde etkilediği bilinmektedir (Elipek vd. 2010; Güher vd. 2011; Tokatlı ve Başatlı 2016, 2017; Tokatlı 2017, 2018). İpsala İlçesi yakınlarında Ergene Nehri'nin katıldığı Meriç Nehri, Bulgaristan'daki kaynağından Enez İlçesi yakınlarında Ege Deniz'ine döküldüğü bölgeye kadar yaklaşık 490 km kateder. Meriç Nehir Havzası, 32.700 km² Bulgaristan, 14.600 km² Türkiye, 8.700 km² Yunanistan'da olmak üzere toplam 56,000 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Tokatlı vd. 2014; Tokatlı 2014, 2015).

Meriç – Ergene Havzası ülkemizin en üretken tarımsal alanlarından birini oluşturur ve sistemin başlıca kullanım alanı sulama suyu teminidir. Havzanın %95'i (1.223.263 hektar) tarıma elverişli, 328.039 hektar alan ise teknik olarak sulamaya elverişlidir. Pirinç başta olmak üzere, ayçiçeği, mısır, şekerpancarı, meyve ve sebze başlıca ürün çeşitlerini oluşturmaktadır. Çeltik, dünyada Antarktika hariç her kıtada yetiştirilmektedir. Fakat en yüksek verim, Türkiye'nin de içinde bulunduğu ılıman iklim kuşağından alınmaktadır. Ülkemizde 31 ilde çeltik üretimi yapılmakla birlikte, çeltik üretiminde Edirne İli birinci sırada yer almakta ve sahip olduğu çeltik tarım alanları Türkiye'nin yaklaşık % 23'ünü, pirinç üretimi ise yaklaşık % 24'ünü karşılamaktadır (TZOB 2003; Anonim 2005; Arda vd. 2015).

Havzada yürütülen yoğun tarımsal faaliyetlerin yanı sıra özellikle Lüleburgaz, Çorlu ve Çerkezköy gibi yerleşim birimlerine yakın yerlerde, endüstriyel kullanım kaynaklı su kirliliği bölgenin önemli sorunlardandır. Ergene Nehir Havzası'nda yüzlerce sanayi kuruluşu yer almaktadır ve DSİ ve Çevre ve Orman Bakanlığı'nın analizlerinde bölgenin, başlıca kirlilik kaynaklarını; evsel atıklar, organize sanayi sitelerinin meydana getirdiği kirlilik, özellikle sodyum ve tuz içeren tarımsal dönüş suyu kirliliği ve mezbaha atıklarının oluşturduğu vurgulanmıştır (Kalebaşı 1994; DSİ 1997).

Çalışmamızın amacı; bölge için büyük önem taşıyan ve kullanım alanı çok yaygın olan Ergene Nehir Havzası su kalitesinin tespit edilmesi, bazı multi – istatistiki teknikler kullanılarak elde edilen verilerin etkili şekilde yorumlanması, sistem üzerinde etkili faktörlerin tespiti ve su kalitesine göre havzanın sınıflandırılması, elde edilecek verilerin çeşitli ulusal ve uluslararası kriterler ile karşılaştırılarak havzanın su kalitesinin ortaya konulması ve bölgede daha sonra yapılacak çalışmalara kaynak sağlanmasıdır.

Materyal ve Metod

Çalışma Alanı ve Örneklerin Toplanması

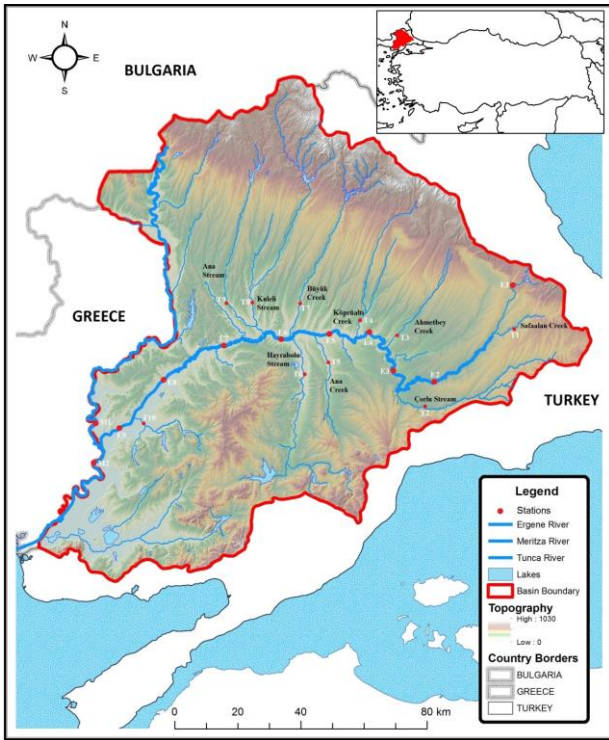
2018 yılının ilkbahar mevsiminde yapılan arazi çalışmalarında, Meriç ve Ergene Nehirleri üzerinden ve önemli yan kollardan olmak üzere, havzada belirlenen toplam 21 istasyondan, su örnekleri toplanmıştır. İstasyon bilgileri Tablo 1'de, ArcGIS programı kullanılarak çizilen Ergene Nehir Havzası ve seçilen istasyonlar ise Şekil 1'de verilmiştir. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında çekilen bazı fotoğraflar Şekil 2'de verilmiştir.

Kimyasal analizler için gerekli olan sulara ait örnekler standart metotlara uygun şekilde alınmıştır (TS EN ISO 5667-3, TS 9547 ISO 5667-12). Her istasyondan sodyum tiyosülfatlı polipropilen şişelere su örnekleri alınarak fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Tablo 1. İstasyon bilgileri.

Table 1. Information of sampling stations.

Meriç ve Ergene Nehirleri		Yan Kollar	
İstasyon	Konum	İstasyon	Konum
E1	Kavacık	T1	Safaalan Çayı
E2	Muratlı	T2	Çorlu Çayı
E3	Karamusul	T3	Ahmetbey Çayı
E4	Eskibedir	T4	Köprüaltı Çayı
E5	Oklalı	T5	Anadere Çayı
E6	Pehlivan köyü	T6	Hayrabolu Çayı
E7	Uzunköprü	T7	Büyükdere Çayı
E8	Yenicegörece	T8	Kuleli Çayı
E9	Adasarhanlı	T9	Ana Dere
M1	Küplü	T10	Sulama Kanalı
M2	Sarıcaali		Küçükaltıağaç



Şekil 1. Ergene Nehir Havzası ve seçilen istasyonlar.
Figure 1. Sampling stations in Ergene river basin.

Fizikokimyasal Parametreler

Tüm istasyonların su kalitesinin tespit edilebilmesi için suların sıcaklık, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, toplam çözülmüş katı, tuzluluk, bulanıklık değerleri arazi çalışmaları sırasında Hach Lange Markalı HQ40D Modelli Multiparametre ve 2100Q Modelli Portatif Turbidimetre cihazları ile; nitrat, nitrit, amonyum, fosfat, sülfat, florür, klorür, kimyasal oksijen ihtiyacı (*KOI*) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (*BOİ*) değerleri ise arazi çalışmalarından sonra laboratuvarında, Hach Lange Markalı Dr 890 Modelli Kolorimetre, DR 3900 Modelli Spektrofotometre ve BOD Trak II Modelli Respirometrik *BOİ* cihazları ile ölçülmüştür.

Mikrobiyolojik Parametreler

Mikrobiyolojik analizler membran filtrasyon tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm su numuleleri membran filtrasyon tekniği ile süzölmüş ve membran filtre koliform kromojenik m-FC Agar hazır besiyerine konulmuştur. Tüm besiyerleri 44.5±0.2 °C’de 24 saat inkübasyona bırakılıp otomatik koloni sayıcı (aCOLyte 3 Synbiosis) ile fotoğrafları çekilerek sayımları gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analizler

Tespit edilen multi parametrelere göre istasyonların sınıflandırılması için Bray Curtis’e göre yapılan Cluster Analizi (CA), “Past” programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler

arasındaki anlamlı ilişkilerin tespiti için kullanılan Pearson Korelasyon İndeksi (*PCI*) ve sistem üzerindeki baskı unsurlarının sınıflandırılması için kullanılan Faktör Analizi (*FA*) ise “SPSS 17” programı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2. Ergene Nehri ve önemli yan kollar.
Figure 2. Ergene river and important tributaries.

Bulgular**Ergene Nehir Havzası Su Kalitesi**

Ergene Nehri Havzası'nda, 2018 yılının ilkbahar mevsiminde, su numunelerinde tespit edilen fizikokimyasal ve mikrobiyolojik su kalite verileri Tablo 2 ve 3'te verilmiştir.

Pearson Korelasyon İndeksi (PCI)

Ergene Nehir Havzası lotik sularında tespit edilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik verileri arasında tespit edilen istatistiki olarak anlamlı ilişkiler ve korelasyon katsayı değerleri Tablo 4'te (n=21) verilmiştir.

Tablo 2. Meriç ve Ergene Nehirlerinde tespit edilen su kalite parametreleri.**Table 2.** Water quality parameters in Meriç and Ergene Rivers.

Parametre	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	M1	M2
Sıcaklık °C	16,2	20,5	22,6	22,8	22,6	20,7	22,5	20,1	18,8	18,3	18,5
ÇO mg/L	10,91	0,31	0,49	0,23	0,46	1,39	1,41	4,25	4,68	8,42	7,33
%O	115,9	3,4	5,7	2,7	5,4	15,6	16,3	46,4	49,7	88,8	81,3
pH	8,17	7,33	7,37	7,42	7,43	7,59	7,66	7,70	7,66	8,09	8,05
EC µS/cm	150	1454	2054	2500	2074	1612	1723	810	804	347	431
TDS mg/L	87	784	1092	1310	1066	885	908	445	446	189	239
Tuzluluk ‰	0,09	0,79	1,10	1,33	1,08	0,89	0,91	0,44	0,45	0,19	0,24
Bulanıklık NTU	4,31	31,90	26,70	27,30	19,30	12,20	6,36	15,90	10,00	9,24	13,80
Nitrat mg/L	0,502	0,450	0,571	0,526	0,446	1,440	1,410	2,040	1,930	1,610	1,710
Nitrit mg/L	0,010	0,054	0,078	0,070	0,053	0,112	0,146	0,132	0,106	0,020	0,033
Fosfat mg/L	0,097	0,162	0,697	0,718	0,795	0,632	0,561	0,219	0,208	0,240	0,159
Sülfat mg/L	16,9	107,0	178,0	166,0	160,0	130,0	113,0	73,7	72,9	68,7	68,2
Florür mg/L	0,119	0,313	0,351	0,402	0,382	0,416	0,460	0,186	0,282	0,230	0,218
KOİ mg/L	31,2	143,0	138,0	124,0	94,9	80,1	52,7	50,8	44,9	31,0	29,2
BOİ mg/L	2,9	18,0	32,0	25,0	15,0	13,0	8,6	12,0	11,0	10,0	7,9
FK cfu/50mL	85	189	256	291	226	285	232	287	227	261	250

Tablo 3. Yan kollarda tespit edilen su kalite parametreleri.**Table 3.** Water quality parameters in tributaries.

Parametre	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Sıcaklık °C	21,4	20,2	20,3	21,8	22,7	21,5	25,6	20,3	23,1	20,4
ÇO mg/L	11,43	0,77	12,15	8,75	11,23	11,97	8,98	8,29	6,77	7,24
%O	129,6	8,4	135,4	98,9	130,5	135,9	110,1	92,0	80,8	84,6
pH	8,21	7,74	8,06	7,66	7,87	8,13	8,05	7,75	7,80	7,90
EC µS/cm	279	3750	601	756	871	865	846	856	808	742
TDS mg/L	142	1940	324	396	446	457	407	462	412	400
Tuzluluk ‰	0,14	1,98	0,32	0,39	0,45	0,46	0,41	0,46	0,41	0,40
Bulanıklık NTU	11,00	62,20	7,07	3,38	3,12	2,84	5,80	4,13	6,01	20,40
Nitrat mg/L	1,500	1,020	3,930	7,080	4,790	3,640	6,340	7,610	6,690	2,040
Nitrit mg/L	0,046	0,124	0,146	0,134	0,039	0,057	0,071	0,065	0,450	0,042
Fosfat mg/L	1,200	1,980	0,128	0,214	0,015	0,047	0,103	0,293	0,392	0,071
Sülfat mg/L	35,8	225,0	62,9	92,9	92,0	107,0	51,0	64,3	67,6	98,9
Florür mg/L	0,092	0,233	0,241	0,289	0,443	0,315	0,267	0,371	0,405	0,309
KOİ mg/L	65,0	178,0	22,5	29,5	46,0	32,9	27,2	19,0	25,3	43,5
BOİ mg/L	9,9	51,0	4,3	6,7	8,2	8,6	17,0	9,4	10,0	9,8
FK cfu/50mL	59	282	245	268	124	125	286	280	232	240

Tablo 4. Ergene Nehir Havzası akarsu sularında tespit edilen fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkiler.**Table 4.** Relationships between physicochemical parameters in Ergene River Basin streams.

	Sıc	ÇO	O ₂ sat	pH	EC	TDS	Sal	Tur	NO ₃	NO ₂	PO ₄	SO ₄	F	KOİ	BOİ
Sıc	1														
ÇO	-,169	1													
O ₂ sat	-,109	,998**	1												
pH	-,295	,867**	,860**	1											
EC	,311	-,777**	-,765**	-,644**	1										
TDS	,292	-,790**	-,779**	-,658**	,999**	1									
Sal	,288	-,787**	-,777**	-,653**	,999**	1,000**	1								
Tur	-,033	-,654**	-,654**	-,441*	,811**	,812**	,815**	1							
NO ₃	,371	,529*	,559**	,247	-,358	-,372	-,375	-,521*	1						
NO ₂	,315	-,102	-,080	-,146	,080	,076	,072	-,062	,410	1					
PO ₄	,114	-,472*	-,471*	-,224	,735**	,729**	,731**	,726**	-,362	,095	1				
SO ₄	,292	-,746**	-,735**	-,665**	,941**	,944**	,944**	,762**	-,383	,012	,631**	1			
F	,543*	-,425	-,396	-,589**	,396	,400	,395	-,065	,194	,300	-,081	,452*	1		
COD	,136	-,765**	-,763**	-,646**	,854**	,860**	,861**	,892**	-,600**	-,110	,701**	,823**	,130	1	
BOD	,217	-,624**	-,613**	-,445*	,876**	,872**	,874**	,903**	-,328	,017	,765**	,816**	,068	,862**	1
FK	,199	-,507*	-,498*	-,461*	,406	,412	,408	,291	,153	,245	,095	,401	,324	,150	,362

Faktör Analizi (FA)

Korele veriler kullanılarak, Ergene Nehir Havzası yüzey suları ve sedimentleri ve havzanın yeraltı suları üzerinde etkili değişken faktörlerinin belirlenmesi amacıyla Faktör Analizi kullanılmıştır. Korele olmayan ya da düşük koelasyon katsayısına sahip veriler, Faktör Analizlerinin güvenilirliğini arttırmak adına değerlendirmeye alınmamıştır.

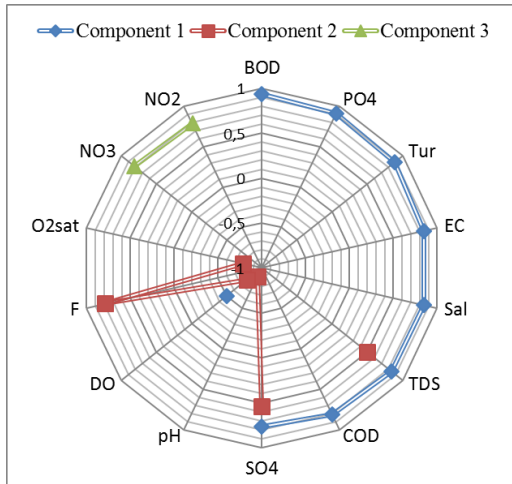
Ergene Nehir Havzası yüzey lotik sularında (Meriç ve Ege Nehirleri ve yan kollar) su kalitesi üzerine etkili değişken faktörlerin belirlenebilmesi için suda tespit edilen fizikokimyasal parametrelerden toplamda 14 değişken kullanılmıştır. Elde edilen KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) Örneklem Yeterliliği Testi sonuçları 0,747 olarak hesaplanmıştır ve örneklem büyüklüğünün oldukça iyi ve yeterli bir seviyede olduğunu göstermektedir. Birden büyük olan özdeğerler, kullanılan verilerden açıklanması gereken varyans kaynakları olarak, temel bileşenlerin değerlendirilmesi amacıyla kriter olarak seçilmiştir ve temel bileşenlerin özdeğerlerinin ifade edildiği Scree Plot Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 5. Açıklanan toplam varyanslar.

Table 5. Total variances explained.

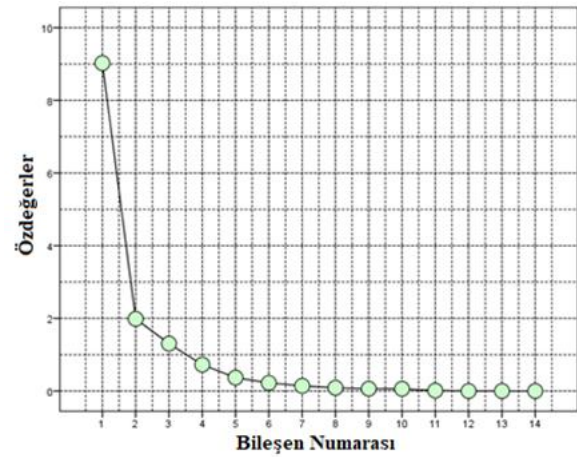
Bileşen	İlk Özdeğerler			Yüklerin Karesinin Ekstraksiyon Topamları (rotasyondan önce)			Yüklerin Karesinin Rotasyon Topamları (rotasyondan sonra)		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	9,024	64,460	64,460	9,024	64,460	64,460	6,567	46,909	46,909
2	1,986	14,187	78,647	1,986	14,187	78,647	3,981	28,434	75,343
3	1,303	9,308	87,955	1,303	9,308	87,955	1,766	12,611	87,955

Rotasyondan sonraki, 3 faktör için belirlenen 0,5'ten büyük parametre yükleri (bileşen matriksi) Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bileşen matriksleri.

Figure 4. Component matrices.

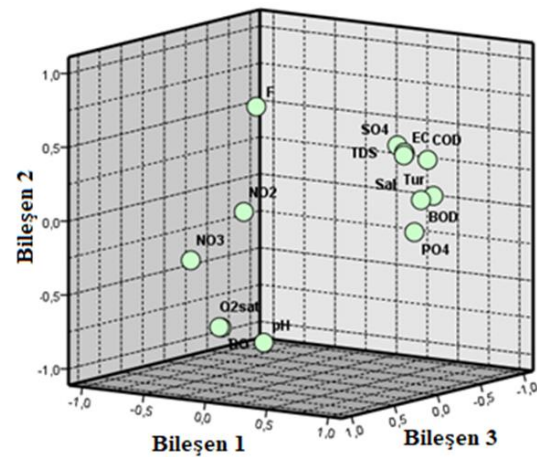


Şekil 3. Scree Plot diyagramı.

Figure 3. Scree Plot diagram.

Yüzde varyans değerleri, kümülatif yüzde varyans değerleri ve bileşen yükleri (rotasyondan önce ve rotasyondan sonra) Tablo 5'te verilmiştir. Rotasyondan sonraki toplam yüzde varyanslarına göre, 3 faktör toplam varyansın %87'sini açıklamaktadır.

Üç boyutlu bileşen diyagramı, 3 faktöre ait ilişkili değişkenleri ifade etmektedir (Şekil 5).



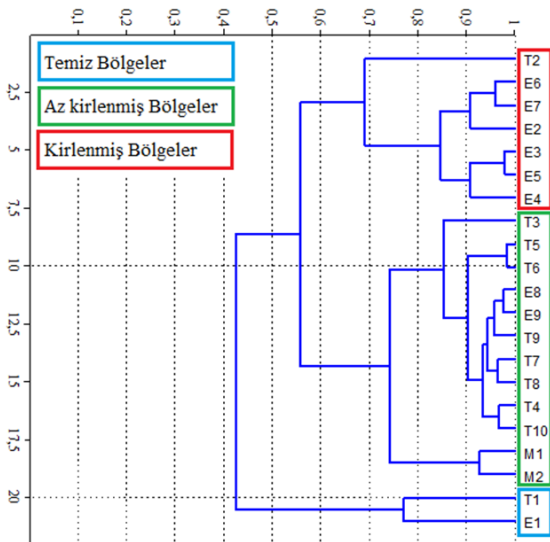
Şekil 5. Bileşen diyagramı.

Figure 5. Component diagram.

Kümeleme Analizi (CA)

Ergene Nehir Havzası üzerinde tespit edilen istasyonların, su kalitelerine göre sınıflandırılabilmesi için Kümeleme Analizi kullanılmıştır. Ergene Nehir Havzası lotik sularında tespit edilen tüm fizikokimyasal verileri kullanılarak yapılan Kümeleme Analizi (CA) sonuçlarına göre, toplam 3 küme tespit edilmiştir. CA diyagramı Şekil 6'da verilmiştir.

Ergene Nehri kaynak bölgesi (E1) ve yukarı havzada yer alan Safaalan Deresi (T1) istasyonlarını içeren 1. Küme (C1) "Temiz Bölgeler" olarak isimlendirilmiştir. Çorlu Çayı ve Safaalan Deresi hariç diğer tüm incelenen yan kolları (T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 ve T10) ve bunların nehre dökülmesiye kirlilik açısından seyreden Ergene Nehri'nin aşağı havzası (E8 ve E9) istasyonlarını içeren 2. Küme (C2) "Az Kirlenmiş Bölgeler" olarak isimlendirilmiştir. Çorlu Çayı (T2) ve Ergene Nehri orta havzası (E2, E3, E4, E5, E6 ve E7) istasyonlarını içeren 3. Küme (C3) ise "Kirlenmiş Bölgeler" olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 6. CA diyagramı.

Figure 6. CA diagram.

Tartışma ve Sonuç

Çözünmüş oksijen, su kalitesi değişiminin izlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre, Ergene Nehri'nin, kaynak bölgesi olan E1 istasyonu hariç (E1 istasyonu 1. Sınıf su kalitesine sahip), çözünmüş oksijen ve çözünmüş oksijen doygunluğu parametreleri açısından 3. – 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Havzanın önemli yan kollarından Çorlu Çayı'nın (T2 istasyonu) çözünmüş oksijen ve çözünmüş oksijen doygunluğu parametreleri açısından 4. Sınıf, diğer yan kollar ve Meriç Nehri'nin ise bu parametreler açısından

1. – 2. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (SKKY 2015). Herhangi bir zamanda suda belirlenen çözünmüş oksijen miktarı, suyun o anki sıcaklığına, su yüzeyindeki atmosferik gazın kısmi basıncına, sudaki çözünmüş tuz yoğunluğuna ve biyolojik olaylara bağlıdır ve oksijenin suda çözünebilirliği sıcaklık azaldıkça artmakta, tuz yoğunluğu arttıkça azalmaktadır (Cirik ve Cirik 1999; Tanyolaç 2009). Verilere uygulanan Pearson Korelasyon İndeksi (PCİ) sonuçlarına göre, suda tespit edilen çözünmüş oksijen verileri ile tuzluluk, TDS ve iletkenlik verileri arasında kuvvetli negatif korelasyonlar kaydedilmiştir ($p < 0,01$). Ayrıca sucul ortamlardaki çözünmüş oksijen değeri, sıcaklık ve tuzluluğun yanında bitkilerin fotosentez hızına ve sistemin trofik düzeyine bağlı olarak da farklılıklar gösterir (Akbulut ve Yıldız 2001). Yine elde edilen PCİ verilerine göre, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu verileri ile birçok organik ve mikrobiyolojik kirlenici parametresi arasında kuvvetli negatif korelasyonlar kaydedilmiştir ($p < 0,01$). Tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid türleri için sudaki çözünmüş oksijen seviyesinin 4 mg/L'nin altına düşmemesi gerekmektedir (EC 2006). Ergene Nehri ve Çorlu Çayı'nda tespit edilen çözünmüş oksijen seviyelerinin belirtilen zorunlu değerin oldukça altındadır. Bu durum, ekolojik valansı oldukça geniş ve çok dayanıklı birkaç evri-aerobios omurgasız ve alg türü haricinde, bu akarsularda balık gibi yüksek yapıli omurgalı canlıların yaşayabilmesine olanak sağlamamaktadır. Çelikkale (1994) tarafından bildirilen başka bir sınıflandırmaya göre ise, sudaki optimal çözünmüş oksijen değerlerinin alabalıklar için 9,20 – 11,50 mg/L, sazanlar için ise 5,00 – 9,00 mg/L arasında olması gerektiği kaydedilmiştir. Ergene Nehri hariç havza sularında belirlenen çözünmüş oksijen verilerinin, balık sağlığı açısından önemli bir risk teşkil etmediği tespit edilmiştir.

Bölgenin jeolojik yapısı suların pH'ını etkileyen en önemli etkenlerdendir ve tabii suların çoğu karbonat ve bikarbonat içermesi nedeniyle hafif alkali özellik gösterirler. Sucul canlılar için, en uygun pH değeri 6,5 – 8,5, balıklar için ise genel olarak 6,4 – 8,6 arasındadır (Tanyolaç 2009). pH değerlerinde gözlenecek sapmalar mevcut aralıklardan uzaklaştığı derecede sucul canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyecektir. Ergene Nehir Havzası'nı teşkil eden yan kollar ve Meriç Nehri üzerinde tespit edilen istasyonların suları pH değerleri açısından hafif alkali karaktere sahiptir ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre tüm istasyonlar pH açısından 1. – 2. Sınıf su kalitesine sahiptir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre,

Cyprinid sağlığı açısından sulardaki zorunlu pH aralığının 6 – 9 olması beklenmektedir (EC 2006). Bölgede tespit edilen pH verilerine göre Cyprinid türleri açısından herhangi bir risk söz konusu değildir. Ayrıca havza suları pH değerlerinin, Türk Standartları Enstitüsü'nün insani kullanım amaçlı sular tebliğinde pH için bildirilen 6,5 – 9,5 aralığının da dışına çıkmadığı tespit edilmiştir (TS266 2005).

Suların elektriksel iletkenliği, suda bulunan tuzların veya çözünebilir madde miktarının bir ölçüsüdür ve hem jeolojik hem de dış etkenlere bağlıdır (Höll 1979). Havza sularında tespit edilen EC değerlerinin önemli bölgesel farklar sergilediği ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, havzanın yan kollarının (Çorlu Çayı hariç) ve Meriç Nehri'nin tespit edilen EC değerleri açısından 2. Sınıf su kalitesine sahip olduğu, Ergene Nehri'nin 3. Sınıf (kaynak bölgesi hariç; E1 istasyonu 1. Sınıf su kalitesine sahip) Çorlu Çayı'nın ise tespit edilen EC değerleri açısından 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir (SKKY 2015). Su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolde elektriksel iletkenlik için belirtilen 150 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığının, neredeyse tüm havzada aşıldığı tespit edilmiştir (Uslu ve Türkman 1987).

Havza bileşenlerinde yan kollarda tespit edilen nitrat değerleri Ergene ve Meriç Nehirlerinden daha yüksek olsa da, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, genel olarak tespit edilen nitrat değerleri açısından havza sularının 1. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen nitrit değerleri açısından ise Meriç Nehri'nin 2. Sınıf, T2, T3, T4 ve T9 istasyonları hariç (bu istasyonlar 4. Sınıf su kalitesine sahip) yan kolların 2. – 3. Sınıf, Ergene Nehri kaynak bölgesinin 1. Sınıf, E2 ve E5 istasyonları hariç (bu istasyonlar 2. Sınıf su kalitesine sahip) Ergene Nehri'nin 3. – 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu ortaya konulmuştur (SKKY 2015).

Yeraltı ve yüzey sularında yer alan nitrat, bitkisel ve hayvansal atıkların içerdiği proteinlerin ayrışması neticesinde ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden ve tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelerden kaynaklanmaktadır. Nitrat, azotun akarsularda en yaygın görülen formudur ve kirlenmemiş sularda çok az miktarda görülür (Wetzel 2001; Manahan 2011). Ergene Nehir Havzası'nda incelenen tüm istasyonlarda tespit edilen nitrat değerlerinin, EPA tarafından bildirilen sağlıklı sularda aşılmaması tavsiye edilen 10 mg/L sınır değerinin altında olduğu, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği ve TS266 da, 50 mg/L olarak bildirilen sınır değerinin de altında olduğu tespit edilmiştir (EPA 1979; TS266 2005; EC 2007; WHO 2011).

Nitrit, amonyumdan nitrat'a ulaşan biyolojik oksidasyonda ara üründür ve oksijenin yeterli seviyede olmadığı, özellikle organik olarak kirlenmiş sularda oldukça yüksek seviyelere ulaşabilir (Egemen ve Sunlu 1996). Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirilen içme suyu standartlarına göre sularda nitrit değerinin 0,2 mg/L sınırını aşmaması beklenmektedir (WHO 2011). Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid sağlığı açısından sulardaki nitrit konsantrasyonunun 0,03 mg/L sınırını aşmaması beklenmektedir (EC 2006). Buna göre, neredeyse tüm Ergene Nehir Havzası'nda tespit edilen nitrit konsantrasyonları Cyprinid sağlığı açısından risk teşkil etmektedir. Ergene Nehir Havzası birçok yerleşim yerinin kanalizasyon atıklarına maruz kalmakta ve çevresinde birçok tarım arazisi bulunmaktadır. Bilindiği gibi sularda nitritin en önemli kaynakları; organik maddeler, azotlu gübreler ve bazı minerallerdir (Wetzel 2001; Manahan 2011). Bölge sularında tespit edilen oldukça yüksek nitrit değerleri, yerleşim yeri atıklarının ya hiç ya da yeterince arıtılmadan sisteme deşarj edildiğini ve havzada kullanılan tarımsal gübrelerin ekolojik açıdan önemli bir stres kaynağı olduğunu göstermektedir.

Yeraltı ve yüzey sularında bulunan fosfor, nüfus yoğunluğuna, tarımsal gübreleme metotlarına ve gübreleme sıklığına bağlıdır ve bitki örtüsü ve toprak yapısı da sularda fosfor birikimi üzerine önemli şekilde etkilidir. Ayrıca temizlik işlerinde kullanılan ve atık sularla alıcı su ortamına ulaşan deterjanların da fosfor derişimine etki eden unsurlar olduğu bildirilmiştir (Uslu ve Türkman 1987). Alıcı sulara fosfatın %91'inin evsel ve endüstriyel atıksulardan, %9'nun ise tarımsal alanlardan geldiği hesaplanmıştır (Egemen ve Sunlu 1996). Sulardaki fosfat konsantrasyonları baz alınarak Uslu ve Türkman tarafından bildirilen sınıflandırmaya göre; fosfat derişimleri 0,02 mg/L'ye kadar olan sular 1. Sınıf, 0,16 mg/L'ye kadar olan sular 2. Sınıf, 0,65 mg/L'ye kadar olan sular 3. Sınıf, 0,65 mg/L'den yüksek olan sular ise 4. Sınıf su kalitesine sahiptir (Uslu ve Türkman 1987). Bu sınıflandırma sistemine göre, Safaalan Deresi ve Çorlu Çayı hariç (bu istasyonlar 4. Sınıf su kalitesine sahip) Ergene Nehri yan kollarının ve Meriç Nehri'nin fosfat değerleri açısından 2. – 3. Sınıf su kalitesine sahip olduğu, Ergene Nehri'nin ise kaynak bölgesi hariç (E1 istasyonu 2. Sınıf su kalitesine sahip) 3. – 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Sülfatın doğal sulardaki ekolojik önemi oldukça büyüktür ve özellikle bitki büyümesi üzere biyolojik verimin artması için ortamda yeterince bulunması gerekmektedir. Eksikliği durumunda ortamdaki fitoplankton gelişimi olumsuz etkilenmekte ve bu

durum primer produktiviteyi düşürmektedir (Atıcı ve Obalı 1999; Tanyolaç 2009). SKKY'ye göre sülfat içerikleri açısından Çorlu Çayı hariç tüm havzanın 1. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çorlu Çayı'nın ise bu parametre açısından 3. Sınıf su kalitesinde olduğu kaydedilmiştir (SKKY 2015). Ayrıca bölge sularında tespit edilen sülfat değerlerinin TS266 ve EC kriterlerinde bildirilen ve 250 mg/L olan sınır değerinden de düşük olduğu belirlenmiştir (TS266 2005; EC 2007).

Sucul sistemlerde biyolojik aktivitenin ve organik madde içeriğinin önemli göstergelerinden olan Biyolojik Oksijen İhtiyacı (*BOİ*) verileri, havza sularında genel olarak oldukça yüksektir. SKKY'ne göre *KOI* değerleri açısından *T1* istasyonu 3. Sınıf, *T2* istasyonu 4. Sınıf, diğer yan kollar 1. – 2. Sınıf, Meriç Nehri 2. Sınıf ve Ergene Nehri kaynak bölgesi hariç (*E1* istasyonu 1. Sınıf su kalitesine sahip) 3. – 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (SKKY 2015). SKKY'ne göre, *BOİ* değerleri açısından genel olarak Ergene Nehri'nin kaynak bölgesi hariç (*E1* 1. Sınıf su kalitesine sahip) 3. – 4. Sınıf, Çorlu Çayı'nın 4. Sınıf, diğer yan kollar ve Meriç Nehri'nin ise 2. – 3. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (SKKY 2015). Ayrıca Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid sağlığı açısından sucul sistemlerde *BOİ* değerinin 6 mg/L'yi aşmaması gerektiği bildirilmiştir (EC 2006). Neredeyse tüm havzada tespit edilen *BOİ* değerleri belirtilen sınırı aşmaktadır ve balık sağlığı açısından önemli bir risk faktörü olarak ortaya çıkmaktadır. Sulardaki *BOİ*'nin yaklaşık olarak %33'ü tarımsal faaliyetler sonucu meydana geldiği bilinmektedir. Ayrıca bazı büyük yerleşim yerlerinde yağmur suyu çıkışlarının ve yerleşim yeri foseptiğinin aynı yolu kullanması, foseptik arıtım tesislerinin yağmur akıntısı ile karışmış foseptiği işleyemeden, hacim artışları nedeni ile yakın sucul sistemlere arıtmadan vermesi, *BOİ* değerlerinin artmasında önemli bir faktör halini alırlar (Akman vd. 2004). Havzada yürütülen yoğun tarımsal faaliyetlerin ve sisteme karışan kanalizasyon atıklarının, tespit edilen yüksek *BOİ* değerlerinin temel nedenini teşkil ettiği düşünülmektedir.

Bölgede gerçekleştirilen monokültür tarımsal uygulamalar, toprağı birçok mineraller açısından fakirleştirmektedir. Bu eksikliği gidermek için ise neredeyse tüm havza topraklarında inorganik ve fosfatlı gübreler yoğun şekilde kullanılmaktadır. Çalışmamız sonucunda elde edilen yüzey suları verilerine göre; havzanın çevresinde yer alan ve ülkemiz için büyük önem arz eden, başta çeltik olmak üzere birçok tarım arazilerinin; ve önemli derecede endüstriyel kirliliğe maruz kalan Çorlu ve Ergene Nehirlerinin, ekosistem üzerinde çok önemli

baskılar meydana getirdiği tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki analizlerden elde edilen veriler, tarımsal ve endüstriyel kirliliğin, sistem üzerindeki olumsuz etkilerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Trakya bölgemizin bu en önemli nehir havzasının kalitesini arttırmak, sucul canlılar üzerindeki stres ve baskıyı azaltmak ve yöre halkı sağlığını korumak için;

- bölgede yürütülen tarımsal faaliyetlerde monokültür uygulaması değiştirilmeli ve çiftçiler polikültür uygulamalarının tarımsal ve ekolojik faydaları konusunda bilinçlendirilmelidir,
- bölge halkının bilinçsiz kimyasal gübre ve tarımsal ilaç kullanımı engellenmelidir,
- bölgede yapılan çalışmaların sonuçları yöre halkı ile paylaşılarak karşılaşılabilecekleri olumsuzluklar kendilerine açık bir şekilde ifade edilmelidir,
- havzada yer alan sanayi kuruluşları sık sık denetime tabi tutulmalı ve atıklarını arıtmaya tabi tutmadan sisteme vermeleri engellenmelidir,
- ayrıca havzanın su kalitesi hem fiziksel hem kimyasal hem de biyolojik olarak sürekli olarak izlenmeli ve gerektiğinde hızlı şekilde müdahale edilebilmelidir.

Teşekkür

Bu araştırma, Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje no: 2017/211).

References

- Anonim. 2005. Edirne il çevre durum raporu. Edirne Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.
- Akbulut A, Yıldız K. 2001. Mogan Gölü (Ankara) planktonik Bacillariophyta üyeleri ve dağılımları. Gazi Üniv Fen Bil Ens Derg. 14(4):1081-1093.
- Akman Y, Ketenoglu O, Kurt L, Düzenli S, Güney K, Kurt F. 2004. Çevre kirliliği (çevre biyolojisi). Ankara: Palme Yayıncılık 299s.
- Arda H, Helvacioğlu İA, Meriç Ç, Tokatlı C. 2015. İpsala İlçesi (Edirne) toprak ve pirinç kalitesinin bazı esansiyel ve toksik element birikimleri açısından değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi. 8(1):7-13.
- Atıcı T, Obalı O. 1999. Susuz Göleti (Ankara) algleri ve su kalite değerlendirmesi. Gazi Üniv. Gazi Eğitim Fakültesi Derg. 19(3):99-104.
- Cirik S, Cirik Ş. 1999. Limnoloji. III. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 21. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi 166s.
- Çelikkale MS. 1994. İçsu balıkları yetiştiriciliği. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları 460s.

- Çiçek A, Bakış R, Uğurluoğlu A, Köse E, Tokatlı C. 2013. The effects of large borate deposits on groundwater quality. *Pol J Environ Stud.* 22(4):1031-1037.
- DSİ. 1997. Ergene Nehri kirliliği değerlendirme raporu. Ankara Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- EC (European Communities). 2006. EC of the European Parliament and of the council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. Directive 2006/44.
- EC (European Communities). 2007. European communities (drinking water) (no. 2). Regulations 2007, S.I. No. 278 of 2007.
- Egemen Ö, Sunlu U. 1996. Su kalitesi. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:14. Ege Üniversitesi Basımevi 153s.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1979. A review of the EPA red book quality criteria for water. Environmental Protection Agency, USA. 311s.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2002. National recommended water quality criteria: 2002. Environmental Protection Agency, 822-R-02-047.
- Elipek BÇ, Arslan N, Kirgiz T, Öterler B, Güher H, Özkan N. 2010. Analysis of benthic macroinvertebrates in relation to environmental variables of Lake Gala, a National Park of Turkey. *Turk J Fish Aquat Sc.* 10(2):235-243.
[doi: 10.4194/trjfas.2010.0212](https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0212)
- Güher H, Erdoğan S, Kirgiz T, Elipek BÇ. 2011. The Dynamics of zooplankton in National Park of Lake Gala (Edirne-Turkey). *Acta Zool Bulgar.* 63(2):157-168.
- Höll K. 1979. Wasser (untersuchung, beurteilung, aufbereitung, chemie, bakteriologie, virologie, biologie). Berlin: Auflage, de Gruyter 586p.
- Kalebaşı Y. 1994. Meriç nehrinin kimyasal kirliliğinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. Trakya Üniversitesi. 84 s.
- Manahan SE. 2011. Water chemistry: green science and technology of nature's most renewable resource. Taylor & Francis Group 398p.
- SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği). 2004. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih 31 Aralık Cuma 2004, Sayı :25687.
- SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği). 2015. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih 15 Nisan Çarşamba 2015, Sayı :259327.
- Tanyolaç J. 2009. Limnoloji. Ankara: Hatiboğlu Yayınevi 294s.
- Tokatlı C. 2014. Drinking Water quality of a rice land in Turkey by a statistical and GIS perspective: İpsala District. *Pol J Environ Stud.* 23(6):2247-2258.
[doi:10.15244/pjoes/26967](https://doi.org/10.15244/pjoes/26967)
- Tokatlı C. 2015. Assessment of the Water quality in the meriç river: as an element of the ecosystem in the Thrace Region of Turkey. *Pol J Environ Stud.* 24(5):2205-2211.
[doi:10.15244/pjoes/58780](https://doi.org/10.15244/pjoes/58780)
- Tokatlı C. 2017. Bioecological and statistical risk assessment of toxic metals in sediments of a worldwide important wetland: Gala Lake National Park (Turkey). *Arch Environ Prot.* 43(1):34-47.
[doi:10.1515/aep-2017-0007](https://doi.org/10.1515/aep-2017-0007)
- Tokatlı C. 2018. Essential and toxic element bioaccumulations in fishes of Gala and Sığircı Lakes (Meriç River Delta, Turkey). *Acta Alimentaria,* 47(4):470-478.
[doi:10.1556/066.2018.47.4.10](https://doi.org/10.1556/066.2018.47.4.10)
- Tokatlı C, Başatlı Y. 2016. Trace and toxic element levels in river sediments. *Pol J Environ Stud.* 25(4):1715-1720.
[doi:10.15244/pjoes/62678](https://doi.org/10.15244/pjoes/62678)
- Tokatlı C, Başatlı Y. 2017. Water quality of Havsa Stream Basin creeks (Thrace Region, Turkey). *VNU Journal of Science: Earth Env Sci.* 33(2):12-20.
[doi:10.25073/2588-1094/vnuees.4103](https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4103)
- Tokatlı C, Köse E, Uğurluoğlu A, Çiçek A, Emiroğlu Ö. 2014. Gala Gölü (Edirne) su kalitesinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak değerlendirilmesi. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences.* 32(4):490-501.
- TS266 2005. Sular-İnsani tüketim amaçlı sular. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20.
- TZOB (Türkiye Ziraat Odaları Birliği) 2003. Çeltik Çalışma Grubu Raporu, Sayı 1.
- Uslu O, Türkman A. 1987. Su kirliliği ve kontrolü. Ankara: T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları 398s.
- Ustaoglu F, Tepe Y, Aydın H, Akbaş A. 2017. Investigation of water quality and pollution level of lower Melet River, Ordu, Turkey. *Alınteri Zira Bilimler Dergisi.* 32(1):69-79.
- Ustaoglu F, Tepe Y. 2019. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 7(1):47-56.
[doi:10.1016/j.iswcr.2018.09.001](https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.09.001)
- WHO (World Health Organization). 2011. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA 675.
- Wetzel RG. 2001. Limnology: Lake and river ecosystems. Elsevier Academic Press 1006 p.