

EMET ÇAYI SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

*Cem TOKATLI **
*Esengül KÖSE, Naime ARSLAN, Özgür EMİROĞLU ***
*Arzu ÇİÇEK ****
*Hayri DAYIOĞLU*****

Alınma: 17.03.2015; düzeltme: 06.05.2016; kabul: 04.07.2016

Öz: Emet Çayı Havzası, Türkiye'nin en önemli nehir sistemlerinden biridir ve Emet Çayı Uluabat Gölü'nü (Ramsar Alanı) besleyen en önemli iki akarsudan biridir. Havzada yürütülen tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ve evsel atıklar sistem üzerinde yoğun bir kirlilik baskısı oluşturmaktadır. Bu çalışmada, biri Kınık Çayı üzerinde, biri Dursunbey Çayı üzerinde ve altısı Emet Çayı üzerinde olmak üzere Emet Çayı Havzası'nda belirlenen toplam sekiz istasyondan mevsimsel olarak su örnekleri toplanmıştır. Bölgenin su kalitesinin belirlenmesi için bazı limnolojik parametreler (nitrat azotu, nitrit azotu, amonyum azotu, sülfat, ortafosfat ve BO₅) araştırılmıştır. Elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirilmiş ve çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, havzanın önemli miktarda organik kirliliğe maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Emet Çayı Havzası, Su Kalitesi, Organik Kirlilik

Water Quality of Emet Stream Basin

Abstract: Emet Stream Basin is one of Turkey's most important river systems and one of the two most important branches of Uluabat Lake (Ramsar Area). The system is under an intensive pressure of agricultural and industrial activities and domestic wastes. In this study, water samples were collected seasonally from eight stations (one of them is on the Kınık Stream, one of them is on the Dursunbey Stream and six of them on the Emet Stream) on the Emet Stream Basin. Some lymnological parameters (nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, ammonium nitrogen, sulfate, orthophosphate, and BOD₅) were determined to evaluate the water quality. The data obtained were evaluated statistically and compared with the limit values reported by various national and international organizations. It was determined that, Emet Stream Basin is exposed to a significant organic pollution.

Keywords: Emet River Basin, Water Quality, Organic Pollution

1. GİRİŞ

Türkiye, gerek kıtaları birbirine bağlayan yarımada niteliğinden gerekse sahip olduğu iç su potansiyelinden dolayı tüm dünyanın dikkatini üzerine çekmektedir. Bu kadar stratejik bir

* Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksekokulu, Laboratuvar Teknolojisi Programı

** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

*** Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**** Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

İletişim Yazarı: Cem Tokatlı (tokatlicem@gmail.com)

konuma ve su potansiyeli varlığına rağmen, sahip olunan ekolojik zenginliklere gereken önem hala tam olarak verilememektedir. Emet Çayı, Uluabat Gölü'nü besleyen, Türkiye'nin en önemli akarsu sistemlerinden biridir. Tarımsal ve evsel atıksuların yanı sıra çok sayıda sanayi tesisi ve maden işletmelerinden kaynaklanan kirlilik yükü, Emet Çayı Havzası'nın su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Onur ve Celtemen, 2004). Emet Çayı'nın çevresinde birçok yerleşim yeri bulunmaktadır ve tüm bu yerleşim birimlerinin ve özellikle Hisarcık ve Emet ilçelerinin kanalizasyon ve atık suları büyük ölçüde arıtılmadan çaya deşarj edilmektedir (Demir ve ark, 1998; Bebek, 2001). Ayrıca tüm bu tarımsal, evsel ve endüstriyel kirlilik yükü, Emet Çayı vasıtasıyla doğrudan Uluabat Gölü'ne taşınmaktadır.

Uluabat Gölü, sucul bitkiler ve dip canlıları yönünden zengin olması, Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına sahip olması ve kuş göç yolu üzerinde yer alması sebepleriyle sadece ülkemizin değil palearktık bölgenin de uluslararası öneme sahip sulak alanlarından biridir. 15 Nisan 1998 tarihinde ve 23314 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Ramsar "Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme"nin 2. ve 3. maddeleri uyarınca Uluslararası listeye dahil edilerek ve koruma altına alınarak bu önemini tescillemiştir (Magnin ve Yarar, 1997; Bebek, 2001). Alandaki koruma ve yönetim çalışmaları Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği ve Uluabat Gölü Yönetim Planı çerçevesinde yürütülmektedir. Ancak son yıllarda, çeşitli kirlenici yüklerinden kaynaklanan su kalitesi problemleri gölün biyolojik çeşitliliğini ve kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Gölü besleyen en büyük kaynağın Mustafakemalpaşa Çayı olduğu ve kolları olan Orhaneli ve Emet Çayları'ndan kaynaklanan kirlilik yükünün Uluabat Gölüne geldiği bilinmektedir. Uluabat Gölü çevresinde 16, gölün besleyen en önemli kollar olan Mustafakemalpaşa (MKP), Orhaneli ve Emet çaylarının çevresinde 67 yerleşim yeri bulunmaktadır. Bu yerleşim birimlerinin atık suları büyük ölçüde arıtılmadan çaylara deşarj edilmekte, ayrıca Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan 54 Deri Sanayi İşletmesi ile toplam 27 Mandıra ve Mezbahanın organik ve inorganik atıkları da MKP çayına verilmektedir. Akarsu sistemleri üzerindeki en önemli kirlilik kaynakları ve deşarj bölgeleri aşağıda verilmiştir;

- Hisarcık ve Emet Bor İşletmeleri, atık sularını Emet çayına deşarj etmektedirler,
- Kestelek Bor İşletmesi, atık sularını Orhaneli çayına deşarj etmektedir,
- Tunçbilek ve Keles Linyit İşletmeleri, atık sularını Orhaneli çayına deşarj etmektedirler,
- Tunçbilek Termik Güç Santrali, atık sularını Orhaneli çayına deşarj etmektedirler,
- Harmancık Krom Madeni, atık sularını Emet çayına deşarj etmektedir.

Ayrıca bor, nehir havzalarında toprakta da bulunduğundan yağışlar ve erozyonla nehirlere, buradan da Uluabat gölüne taşınmaktadır. Yine erozyon ve aşınma sebebiyle Mustafakemalpaşa çayı Uluabat gölünde hızlı bir sedimentasyona sebep olmaktadır ve göl ağzında geniş bir delta oluşturmuştur (Demir ve ark, 1998).

Bu çalışmada, Emet Çayı Havzası'nda, Kasım 2010 – Ağustos 2011 tarihleri arasında mevsimsel olarak yapılan arazi çalışmaları sonucu bölge sularında bazı su kalite parametreleri (nitrat, nitrit, amonyum, sülfat, ortafosfat ve BOİ) araştırılmıştır. Bu tip araştırmalar sucul sistemlerdeki değişikliklerin önceden belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Havzanın su kalitesinin belirlenmesi, elde edilen veriler ışığında bölgenin gelecekteki durumunun tahmin edilmesi, olası çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve bölgede daha önce yapılan çalışmalara destek olarak yeni verileri ortaya koymakla literatürde bu konudaki veri eksikliğinin giderilmesine katkı sağlanması bu çalışmanın temel amaçlarını teşkil etmektedir. Ayrıca Emet Çayı'nın Ramsar düzeyinde uluslararası öneme sahip bir sulak alanı besleyen en önemli kollarından biri olduğu düşünülürse, çalışmanın hem ekonomik hem de biyolojik anlamda Türkiye'ye büyük katkılar sağladığı açıktır.

2. MATERYAL VE METHOD

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Emet Çayı, Kütahya ili Gediz ilçesine bağlı Soğuksu köyünden doğmakta ve Tavşanlı ilçesine bağlı Uluçam köyü yakınlarında Kütahya il sınırlarını terk etmektedir. Emet Çayı, kuzeye doğru yaklaşık 180 km yol aldıktan sonra Bursa ili Mustafakemalpaşa ilçesine bağlı Çamandar köyü yakınlarında Orhaneli çayı ile birleşir ve Mustafakemalpaşa Çayı ismini alır. Bursa'nın en büyük su kaynağı olan Mustafakemalpaşa Çayı ise yaklaşık 40 km yol aldıktan sonra, Marmara Denizinin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda uzanan tektonik kökenli ve ötrofik karakterli bir göl olan Uluabat Gölü'ne dökülür (Karacaoğlu, 2006).

Emet Çayı'nın en az antropojenik etkilere maruz kalan kaynak bölgesinden, Orhaneli Çayı ile birleştiği yere kadar olan bölgede istasyonlar belirlenmiştir. Organik ve inorganik kirlilik girdi kaynakları (evsel, tarımsal, endüstriyel vs.) göz önüne alınarak Emet Çayı üzerinde altı, Emet Çayı Havzası'nın önemli yan kollarının sisteme etkilerinin belirlenebilmesi için Kınık Çayı ve Dursunbey Çayı üzerinde birer istasyon olmak üzere toplamda sekiz istasyon belirlenmiştir. İstasyonların coğrafi bilgileri (rakım, koordinat ve mevki) Tablo 1'de, çalışma alanının haritası ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo. 1 İstasyonların coğrafi bilgileri.

İstasyonlar	Mevki	Koordinat		Rakım (m)
E1 İstasyonu	Soğuksu Köyü	39 09 835 N	029 17 396 E	838
E2 İstasyonu	A.yonca ağaç Köyü	39 16 246 N	029 13 443 E	726
E3 İstasyonu	Yağcık Köyü	39 21 064 N	029 13 712 E	697
E4 İstasyonu	Dereli Köyü	39 28 111 N	029 15 179 E	555
E5 İstasyonu	Kınık Deresi	39 39 895 N	029 02 263 E	509
E6 İstasyonu	Örenköy-Kuzköy Arası	39 37 091 N	028 55 323E	357
E7 İstasyonu	Dursunbey Çayı	39 37 454 N	028 43 445 E	305
E8 İstasyonu	Düğüncüler Köyü	39 40 321 N	028 43 450 E	270

2.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklerin Toplanması

Kasım 2010 – Ağustos 2011 tarihleri arasında mevsimlik periyotlarla yapılan arazi çalışmalarında, tüm istasyonlardan laboratuvarda yapılacak analizler için, 1 litrelik polipropilen numune şişelerine su örnekleri alınmış ve analize kadar uygun muhafaza koşullarında saklanmıştır (TS EN ISO 5667-3).

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

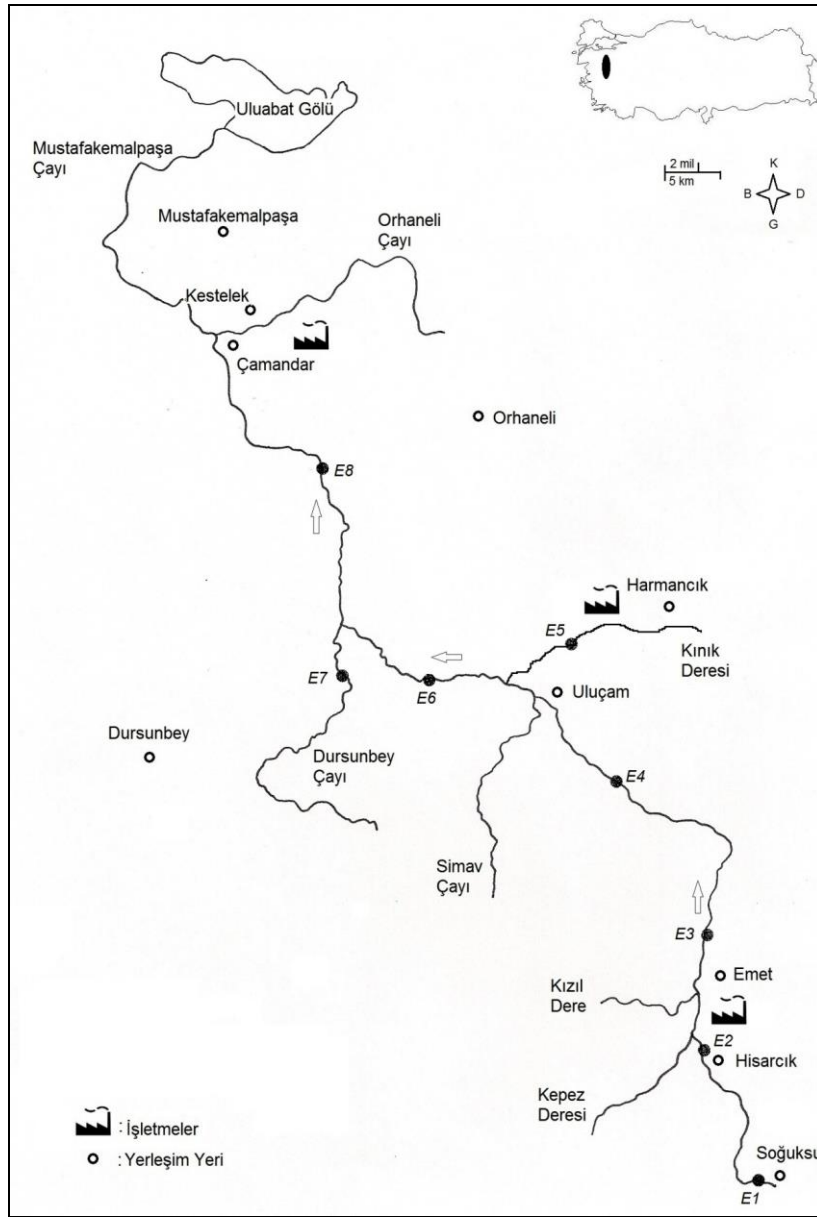
Arazi çalışmaları sırasında uygun kaplara alınan yeterli miktarda su numuneleri, uygun muhafaza koşulları altında laboratuvara getirilmiştir. Aynı gün içerisinde su örneklerinde nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu ve sülfat seviyeleri Hach Lange markalı spektrofotometre (DR 2800) ölçülmüştür. Ortafosfat ve spektrofotometrik olarak ölçülemeyen düşük seviyelerdeki nitrit azotu, nitrat azotu ve sülfat değerleri ise yine Hach Lange markalı (DR 890) multiparametre ölçüm cihazı ile tespit edilmiştir. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) değerleri ise Enotek Marka Ref. 100 cihazı ile ölçülmüştür.

2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Emet Çayı Havza sularında tespit edilen veriler; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (SKKY, 2004) bildirilen limit değerler ile, Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2002) tarafında yüzey

suları için bildirilen limit değerler ile, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından (EC, 2006) balık sağlığının korunması için yüzey sularında bildirilen limit değerler ile, Türk Standartları Enstitüsü tarafından bildirilen (TS 266, 2005) içme ve kullanma suyu limit değerler ile, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) tarafından içme suları için bildirilen limit değerler ile ve Avrupa Birliği Komisyonu tarafından (EC, 2007) içme suları için bildirilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır.

Sularda tespit edilen parametrelerin istasyonlara bağlı değişimlerini ve mevsimsel dağılımlarını ifade etmek için kullanılan Matrix Plot dağılım diyagramları “Past” istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiki farklarını belirleyebilmek için Tukey’e göre yapılan One Way Anova Testleri, veriler arasındaki anlamlı ilişkilerin tespiti için kullanılan Pearson Korelasyon Analizleri ve Scatter Dot noktalama grafikleri “SPSS 17” istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1.
Emet Çayı Havzası ve tespit edilen istasyonlar.

3. BULGULAR

Emet Çayı Havzasında, Kasım 2010 – Ağustos 2011 tarihleri arasında mevsimsel olarak araştırılan sekiz istasyonda ölçülen su kalite parametre sonuçlarının yıllık ortalama değerleri ve araştırılan istasyonlardaki su kalite parametrelerinin istatistiki farklarının ortaya konması amacıyla uygulanan One Way Anova Testi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Emet Çayı Havzasında tespit edilen su kalite parametrelerinin mevsimler ve istasyonlardaki farklılıklarına ilişkin Matriks Plot Dağılım Diyagramları ise Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Su kalite parametrelerinin yıllık ortalama değerleri

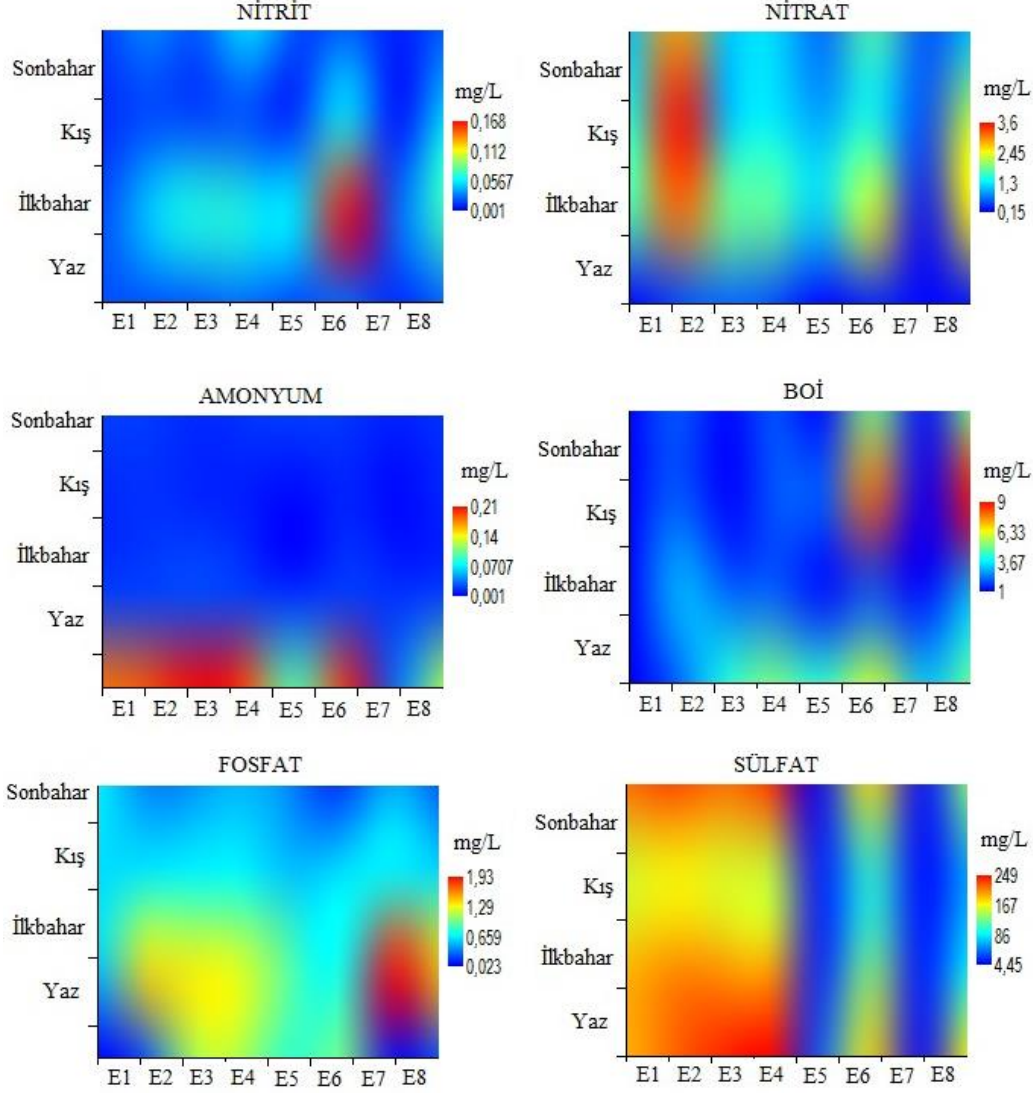
İstasyonlar	Parametreler					
	Nitrit (NO ₂ – N) (mg/L)	Nitrat (NO ₃ – N) (mg/L)	Amonyum (NH ₄ – N) (mg/L)	Ortafosfat (PO ₄) (mg/L)	Sülfat (SO ₄) (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)
E1 (min-mak) (ort-std sapma)	0,01-0,02 0,02^a -0,00	0,16-1,60 1,05^{ab} -0,64	0,01-0,18 0,06^a -0,08	0,02-0,63 0,44^a -0,28	152-214 187,5^{ac} -25,84	1-1 1^a -0,0
E2 (min-mak) (ort-std sapma)	0,02-0,05 0,03^a -0,02	0,48-3,60 2,52^a -1,39	0,01-0,19 0,06^a -0,09	0,24-1,38 0,65^a -0,51	166-228 204,5^a -27,2	2-3 2,25^{ab} -0,5
E3 (min-mak) (ort-std sapma)	0,01-0,06 0,03^a -0,02	0,58-1,80 1,11^{ab} -0,51	0,01-0,21 0,06^a -0,10	0,40-1,34 0,87^a -0,42	153-237 200,7^a -35,33	1-4 2^{ab} -1,41
E4 (min-mak) (ort-std sapma)	0,02-0,06 0,04^a -0,02	0,49-1,80 1,16^{ab} -0,54	0,01-0,19 0,06^a -0,09	0,48-1,22 0,85^a -0,35	146-249 205,7^a -45,82	2-5 2,75^{ab} -1,5
E5 (min-mak) (ort-std sapma)	0,01-0,05 0,02^a -0,02	0,15-1,10 0,68^b -0,41	0,00-0,09 0,03^a -0,04	0,35-0,87 0,62^a -0,23	7-33 15,6^b -11,78	1-4 2^{ab} -1,41
E6 (min-mak) (ort-std sapma)	0,02-0,17 0,07^b -0,07	0,35-2,40 1,46^{ab} -0,85	0,01-0,20 0,06^a -0,09	0,14-0,98 0,61^a -0,35	101-178 145,2^{ac} -36,81	2-8 5,25^b -2,5
E7 (min-mak) (ort-std sapma)	0,00-0,02 0,01^a -0,01	0,18-0,50 0,34^b -0,17	0,00-0,03 0,01^b -0,01	0,06-1,93 0,78^a -0,81	4-8 5,74^b -1,57	1-3 1,5^a -1,0
E8 (min-mak) (ort-std sapma)	0,02-0,07 0,04^a -0,02	0,25-2,50 1,50^{ab} -1,04	0,01-0,12 0,04^a -0,05	0,23-1,46 0,63^a -0,58	56-172 111^c -51,37	3-9 5,5^b -2,52

Aynı sütündeki farklı harfler, istasyonal farkın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$);
min: minimum; mak: maksimum; ort: ortalama; std sapma: standart sapma

E5 ve E7 istasyonlarında tespit edilen azotlu bileşik seviyeleri (NO₂ – N, NO₃ – N, NH₄ – N) genel olarak diğer istasyonlarda tespit edilen değerlerden oldukça düşüktür. E2 istasyonunda tespit edilen nitrat değerleri E5 ve E7 istasyonlarından, E6 istasyonunda tespit edilen nitrit değerleri ve E7 istasyonunda tespit edilen amonyum değerleri ise tüm istasyonlardan istatistiki olarak anlamlı derecede farklılık sergilemiştir ($p < 0,05$). Ayrıca yaz mevsiminde belirlenen amonyum seviyeleri neredeyse tüm havza boyunca diğer mevsimlerden önemli derecede yüksek, nitrat seviyeleri ise düşüktür. Bir yıllık arazi periyodu boyunca tespit edilen en yüksek nitrit değeri, ilkbahar mevsiminde, E6 istasyonunda (0,168 mg/L); nitrat değeri, kış mevsiminde, E2 istasyonunda (3,6 mg/L); amonyum değeri, yaz mevsiminde, E3 istasyonunda (0,21 mg/L) kaydedilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen en düşük nitrit değeri ise, kış mevsiminde, E7 istasyonunda (0,001 mg/L); nitrat değeri, yaz mevsiminde, E1 istasyonunda (0,16 mg/L); amonyum değeri, kış mevsiminde, E5 ve E7 istasyonlarında (0,001 mg/L) kaydedilmiştir.

İlkbahar ve yaz mevsimlerinde tespit edilen ortafosfat değerleri, sonbahar ve kış mevsimlerinde tespit edilen değerlere göre oldukça yüksektir ve özellikle ilkbahar mevsiminde E7 (1,93 mg/L) ve E8 (1,46 mg/L) istasyonlarında tespit edilen ortafosfat seviyelerindeki ani yükseliş dikkat çekicidir. Bölgede tespit edilen ortafosfat değerleri açısından istasyonlar arasında istatistiki bir fark tespit edilememiştir ($p < 0,05$).

Emet Çayı Havzası'nda tespit edilen sülfat değerleri, istasyonlara ve mevsimlere göre oldukça yüksek değişkenliğe sahiptir. Kış mevsiminde belirlenen sülfat değerleri diğer mevsimlerden, E5 ve E7 istasyonlarında belirlenen sülfat değerleri ise diğer istasyonlardan önemli derecede düşüktür. Yaz mevsiminde, E4 istasyonunda, 249 mg/L olarak tespit edilen sülfat değeri, çalışmamızda kaydedilen en yüksek; kış mevsiminde, E7 istasyonunda, 4,45 mg/L olarak tespit edilen sülfat değeri ise bu araştırmada kaydedilen en düşük sülfat değerleridir.



Şekil 2.

Bazı su kalite parametrelerinin Matrix Plot Dağılım Diyagramları.

Belirlenen Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) verileri açısından E6 ve E8 istasyonları, E1 ve E7 istasyonlarından anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,05$). Kış mevsiminde E6 (8 mg/L) ve E8 (9 mg/L) istasyonlarında tespit edilen ani yükselişler hariç BOİ değerlerinde önemli mevsimsel farklar kaydedilmemiştir.

Özellikle son yıllarda, su kalite çalışmaları sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesinde istatistiki tekniklerin kullanılması Türkiye'de oldukça yaygınlaşmıştır (Iscen ve ark., 2007; Akın ve ark., 2011; Tokatlı ve ark., 2012a; 2012b; Tokatlı, 2013; Tokatlı ve ark., 2013a; 2013b; 2013c; Çiçek ve ark., 2013; Tokatlı, 2014; Atıcı ve Tokatlı, 2014; Çiçek ve ark., 2014; Tokatlı ve ark., 2014a; 2014b; Köse ve ark., 2014; Köse ve ark., 2015). Bu

araştırma sonucu elde edilen veriler arasında istatistiki olarak anlamlı ilişkiler olup olmadığını tespit edebilmek için ($p < 0,05$ ya da $p < 0,01$), verilere Pearson Korelasyon Analizi uygulanmıştır ve veriler arası ilişkilerin daha güvenilir bir biçimde ortaya konulabilmesi amacıyla, tüm mevsim ve istasyonlarda belirlenen sonuçların hepsi analizlerde kullanılmıştır ($n=32$). Sularda tespit edilen parametre verileri arasında kaydedilen anlamlı istatistiki ilişkiler ve korelasyon katsayıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Su kalite verileri arasındaki ilişkiler ve korelasyon katsayıları.

n = 32	nitrit	nitrat	amonyum	ortafosfat	sülfat	BOİ
nitrit	1					
nitrat	,472**	1				
amonyum	-	-,453**	1			
ortafosfat	-	-	-	1		
sülfat	-	-	,404*	-	1	
BOİ	-	-	-	-	-	1

*: korelasyon 0,05 seviyesinde önemli ($p < 0,05$);

** : korelasyon 0,01 seviyesinde önemli ($p < 0,01$);

-: istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit edilemedi

Elde edilen korelasyon analizi verilerine göre, nitrit ve nitrat arasında kuvvetli pozitif, amonyum ve nitrat arasında ise kuvvetli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ayrıca sülfat ve amonyum arasında $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı pozitif ilişki tespit edilmiştir.

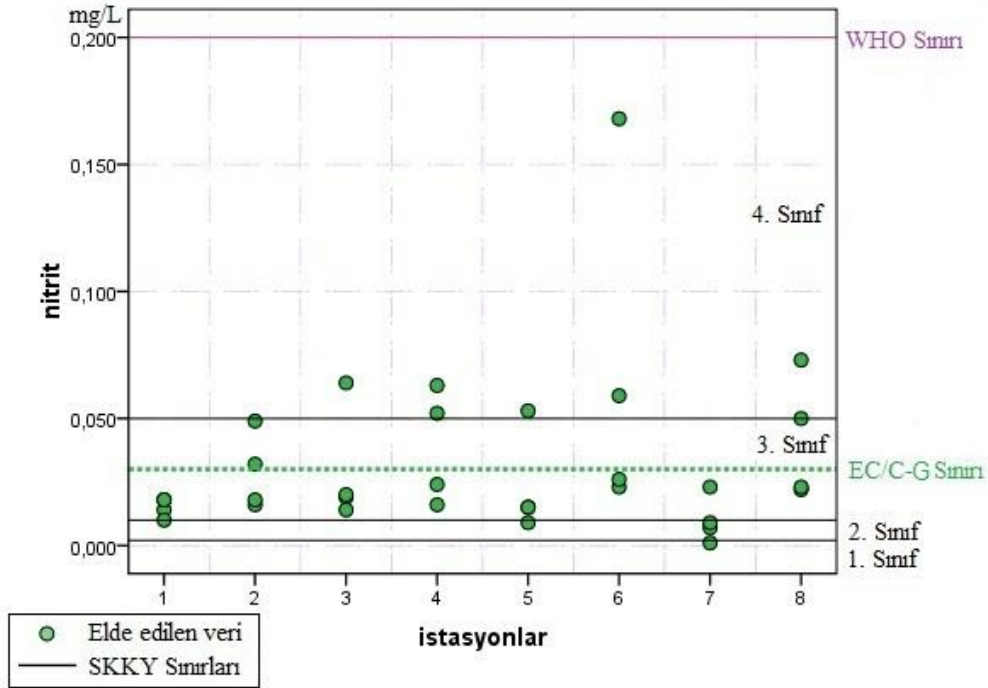
4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bölge sularında tespit edilen parametre verileri, Avrupa Birliği Komisyonu'nun tatlı sularda balık sağlığının korunması amacıyla sağlanması gereken su kalite kriterleri direktifine (EC), Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynakları Yönetmeliği'ne (SKKY), Türk Standartları Enstitüsü'nün insani tüketim amaçlı sular tebliğine (TS 266), Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları kalitesi tebliğine (WHO) ve yine Avrupa Birliği Komisyonu'nun içme suları direktifine (EC) göre değerlendirilmiştir (EC, 2006; SKKY, 2004; TS 266, 2005; WHO, 2011; EC, 2007). Çalışmamızda tespit edilen parametre sonuçlarının mevcut kriterler açısından durumunun daha anlaşılır ve görsel olarak ifade edilebilmesi amacıyla, sözü geçen kriterlerde limit değere ya da değerlere sahip her bir parametre için ayrı ayrı Scatter Dot Noktalama Diyagramları kullanılmıştır.

Emet Çayı Havzası sularında tespit edilen nitrit, nitrat ve amonyum seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafikleri Şekil 3 ($\text{NO}_2 - \text{N}$), Şekil 4 ($\text{NO}_3 - \text{N}$) ve Şekil 5 ($\text{NH}_4 - \text{N}$)'te verilmiştir.

Nitrit, amonyumdan nitrat'a ulaşan biyolojik oksidasyonda ara üründür ve nitrit ya oksitlenerek nitrate ya da indirgenerek amonyağa dönüşür. Çoğunlukla doğal sulardaki yoğunluğu düşüktür. Nedeni ise, yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarında nitritin bir ara ürün olmasıdır. Nitrit organik kirliliğin bulunduğu düşük oksijenli sularda yüksek yoğunluklara ulaşabilir ve yüksek miktarlarda bulunması halinde lağım kirlenmesini akla getirir (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). Emet Çayı Havza sularında tespit edilen nitrit değerleri oldukça yüksektir ve Emet Çayı üzerindeki istasyonlarda tespit edilen nitrit değerlerinde kademeli bir artış söz konusudur. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre bölge sularında tespit edilen yıllık ortalama nitrit değerleri açısından E1, E2, E3, E4, E5 ve E8 istasyonları 3. Sınıf, E6 istasyonu 4. Sınıf, E7 istasyonu ise 2. Sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY, 2004). Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid sağlığı açısından sulardaki nitrit konsantrasyonunun 0,03 mg/L sınırını aşmaması (EC/C-G: yönetmelik sınır değeri) beklenmektedir (EC, 2006). Buna göre,

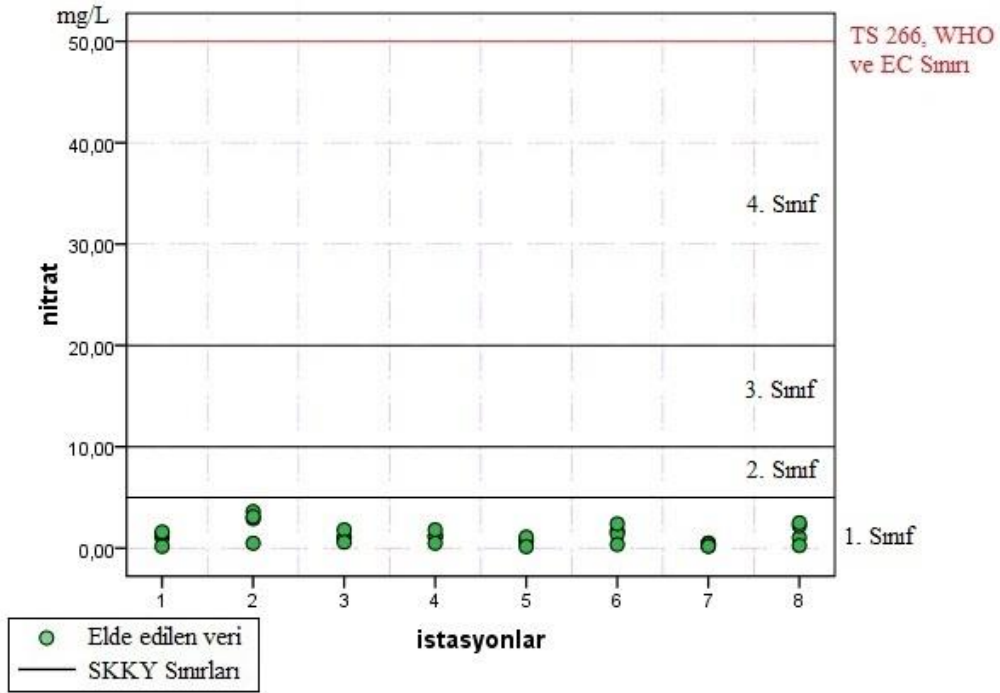
E4, E6 ve E8 istasyonlarında tespit edilen nitrit konsantrasyonları Cyprinid sağlığı açısından risk arz etmektedir. Emet Çayı birçok yerleşim yerinin kanalizasyon atıklarına maruz kalmakta ve çevresinde birçok tarım arazisi bulunmaktadır. Bilindiği gibi sulara nitritin en önemli kaynakları; organik maddeler, azotlu gübreler ve bazı minerallerdir (Barlas, 2002). Belirlenen yüksek nitrit değerleri, yerleşim yeri atıklarının ya hiç ya da yeterince arıtılmadan sisteme deşarj edildiğini ve havzada kullanılan tarımsal gübrelerin Emet Çayı için önemli bir stres kaynağı olduğunu göstermektedir. E5 ve E7 istasyonlarında tespit edilen nitrit verileri diğer istasyonlarda (Emet Çayı üzerindeki) tespit edilen değerlerden oldukça düşüktür. Bu nedenle Kınık (E5) ve Dursunbey (E7) çaylarının özellikle evsel atık deşarjları açısından Emet Çayı için herhangi bir risk teşkil etmediği, aksine özellikle Dursunbey Çayı'nın birçok parametre açısından Emet Çayı su kalitesini yükselttiği belirlenmiştir.



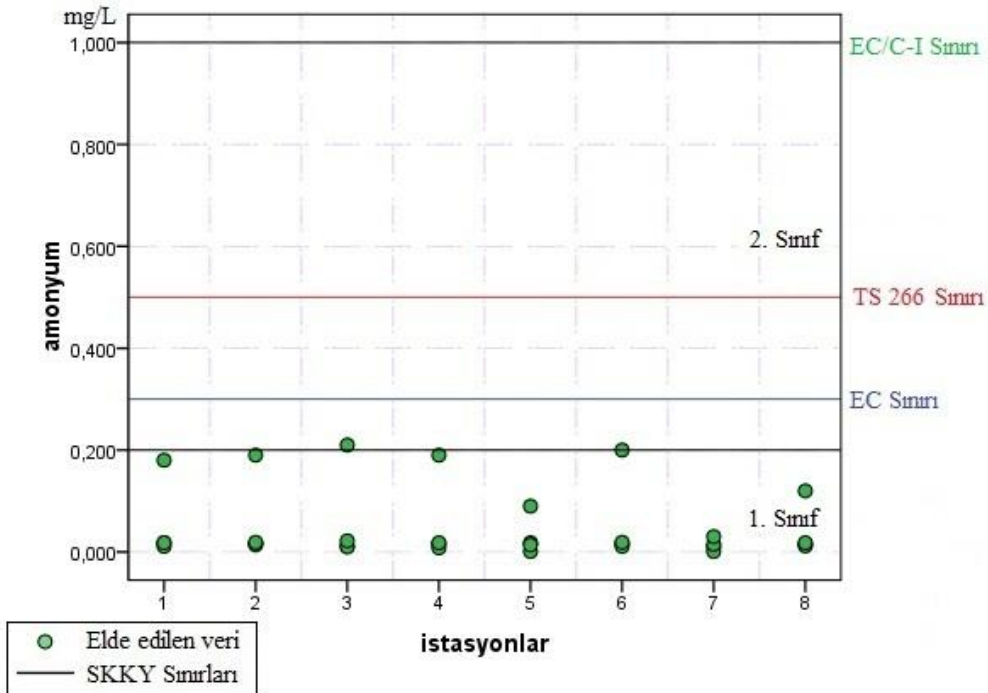
Şekil 3.

Nitrit verileri ve bazı sınır değerler.

Sularda bulunan nitrat, hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği organik maddelerin ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden ve özellikle de tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelerden kaynaklanmaktadır. Temiz sulara az miktarda görülen nitrat, azotun akarsularda en yaygın görülen formudur (Barlas, 2002). Bölgede tüm istasyon ve mevsimlerde tespit edilen nitrat değerlerinin, EPA tarafından bildirilen sağlıklı sulara aşılması tavsiye edilen 10 mg/L sınır değerinin altında olduğu, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği ve TS 266 da 50 mg/L olarak bildirilen sınır değerinin altında olduğu ve SKKY'ne göre nitrat konsantrasyonları açısından 1. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (EPA, 1979; WHO, 2011; EC, 2007; TS 266, 2005; SKKY, 2004).



Şekil 4.
Nitrat verileri ve bazı sınır değerler.



Şekil 5.
Amonyum verileri ve bazı sınır değerler.

Amonyum, genel olarak azot içeren organik maddelerin parçalanması sonucu meydana gelen bir ara üründür ve çoğu organizma için önemli ölçüde toksik değildir. Organik maddeleri bozulması, organik gübre veya inorganik amonyum kaynaklı kimyasal gübreleme, evsel ve endüstriyel atık suların deşarjı sulardaki amonyum miktarını arttıran önemli faktörlerdir ve

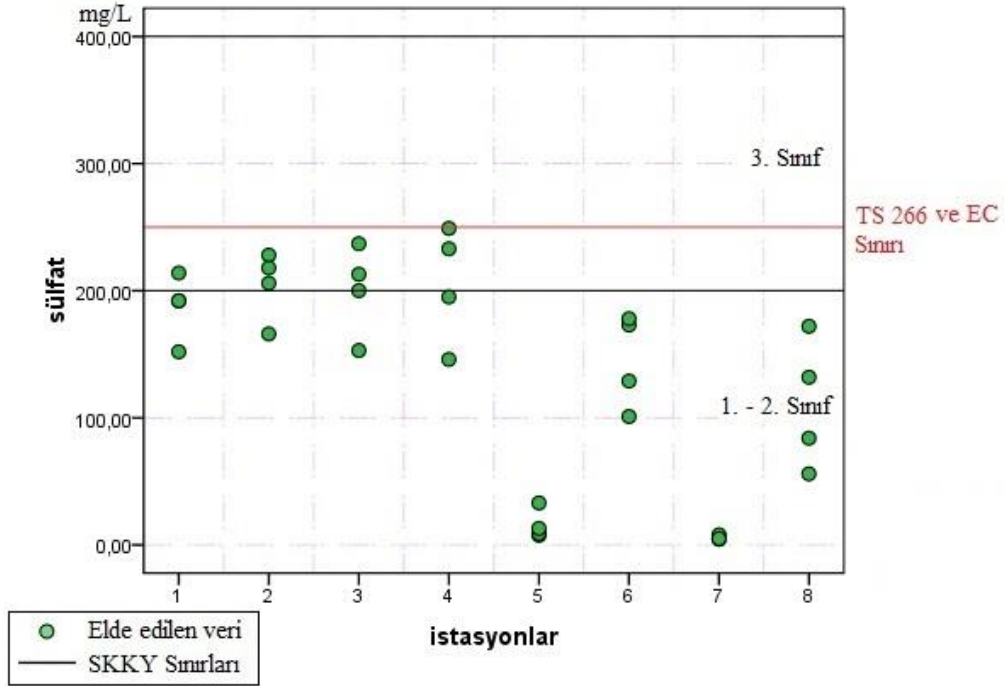
oksijenli, temiz sularda çok az miktarda amonyuma rastlanmaktadır (Egemen ve Sunlu, 1996). Bölgede tespit edilen amonyum değerlerinin, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid sağlığı açısından aşılmaması zorunlu olarak bildirilen 1 mg/L amonyum konsantrasyonu sınırından (EC/C-I: zorunlu sınır değer), Türk Standartları Enstitüsü'nün insani kullanım amaçlı sular tebliğinde bildirilen 0,5 mg/L amonyum konsantrasyonu sınırından ve Avrupa Birliği içme suyu tebliğinde belirtilen 0,3 mg/L amonyum konsantrasyonu sınırından düşük olduğu ve SKKY'ye göre tüm istasyonların amonyum azotu açısından 1. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (EC, 2006; TS 266, 2005; EC, 2007; SKKY, 2004). Bilindiği gibi deoksiasyon olayı sonucunda nitrat, nitrite ve amonyuma dönüşebilir (Egemen ve Sunlu, 1996). Ancak Emet Çayı Havza sularında amonyum seviyeleri oldukça düşüktür ve nitrat ile amonyum konsantrasyonları arasında literatür bilgileri ile paralellik gösteren kuvvetli negatif korelasyon tespit edilmiştir ($p < 0,01$).

Yüzey sularındaki fosfor, nüfus yoğunluğuna, tarımsal gübreleme metotlarına ve gübreleme sıklığına, hayvancılığa, bitki örtüsüne, toprak yapısına, atık su toplama ve arıtma sistemlerine bağlıdır. Kişi başına dışkı ve idrarla günlük fosfor atılımının 1,5 gr olduğu bildirilmiştir. Yine temizlik işlerinde kullanılan ve atık sularla alıcı su ortamına ulaşan deterjanlar da fosfor derişimine etki eden unsurlardır (Uslu ve Türkman, 1987). Ayrıca atıksulardaki ortafosfatın yaklaşık %50'sinin evsel ve endüstriyel atıklardan geldiği, tarımsal üretim alanlarından sulara karışan ortafosfat miktarının 0,2-1,0 kg P/ha/yıl olduğu, alıcı sulara ortafosfat %91'inin evsel ve endüstriyel atıksulardan, %9'nun ise tarımsal alanlardan geldiği bildirilmektedir (Egemen ve Sunlu, 1996). Sulardaki ortafosfat konsantrasyonları baz alınarak Uslu ve Türkman tarafından bildirilen sınıflandırmaya göre; ortafosfat 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, E1, E2, E5, E6 ve E8 istasyonları 3. Sınıf, E3, E4 ve E7 istasyonları ise 4. Sınıf su kalitesine sahiptir.

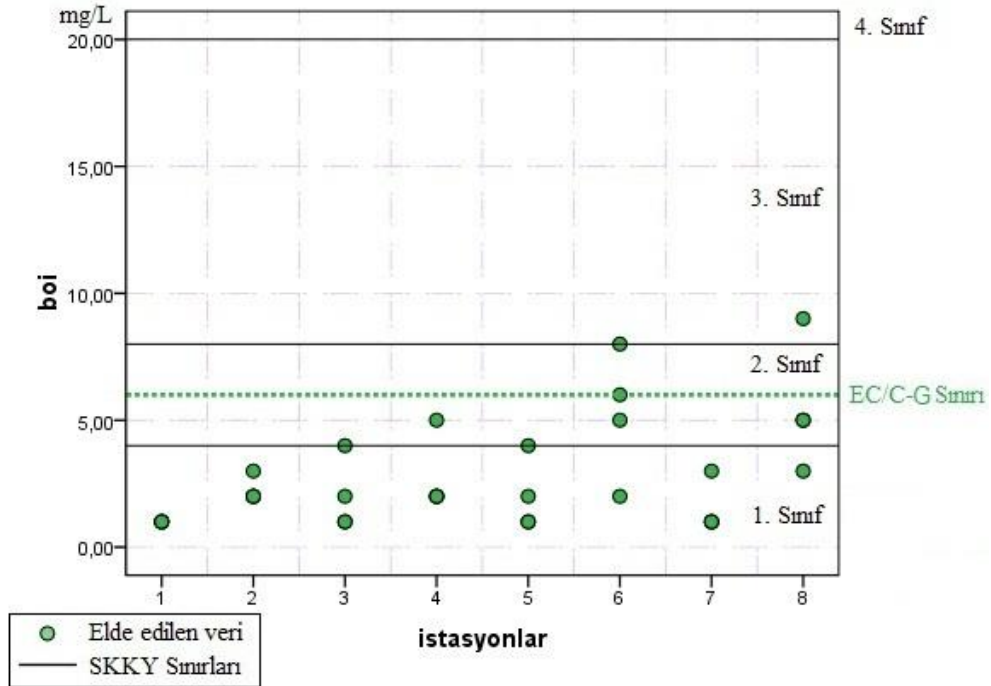
Çözünmüş inorganik ortafosfat, ototrof canlılar tarafından alınır, organik olarak bağlanır ve besin zincirine katılır (Schwörbel, 1987). Sucul sistemlerin en önemli fotoototrofik canlıları fitoplanktonlardır ve mavi-yeşil algler ile yeşil algler bu grubun önemli temsilcileridir. Yaz aylarında mavi-yeşil ve yeşil alglerin populasyon yoğunluklarını arttırdığı ve buna paralel olarak sudaki ortafosfat miktarının azaldığı bildirilmiştir (Taş, 2003; Tanyolaç, 2009). Mevcut literatür bilgilerine rağmen yaz mevsiminde tüm havza sularında tespit edilen ani ortafosfat artışlarının, bu mevsimde meydana gelen aşırı ortafosfat deşerjlerinden ileri geldiği; evsel atıklar ve özellikle kırsal yerleşim bölgelerinden akarsuya verilen deterjanlar ve türevlerinin de bu deşerjlerin önemli kısmını oluşturduğu düşünülmektedir.

Emet Çayı Havzası sularında tespit edilen sülfat seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafiği Şekil 6'da verilmiştir.

Sülfatın doğal sulardaki ekolojik önemi çeşitlilik arz eder. Ancak özellikle bitki büyümesi olmak üzere biyolojik verimin artması için ortamda bulunması gerekliliği ve yeterince bulunmaması durumunda ortamdaki fitoplankton gelişimini olumsuz etkilemesi en önemli ekolojik görevlerindendir (Atıcı ve Obalı, 1999; Tanyolaç, 2009). SKKY'ye göre sülfat içerikleri açısından E1, E5, E6, E7 ve E8 istasyonlarının 2. Sınıf su kalitesine sahip olduğu, E2, E3 ve E4 istasyonlarının ise 3. Sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (SKKY, 2004). Ayrıca Emet Çayı Havza sularında tespit edilen sülfat değerlerinin TS 266 ve EC kriterlerinde bildirilen ve 250 mg/L olan sınır değerinden düşük olduğu belirlenmiştir (TS 266, 2005; EC, 2007). E5 (Kınık Çayı) ve E7 (Dursunbey Çayı) istasyonlarında tespit edilen sülfat değerlerinin diğer istasyonlarda tespit edilen değerlerden (Emet Çayı üzerindeki) oldukça düşük olduğu ve düşük sülfat içeriğine sahip bu iki çayın Emet Çayı'nın aşağı havza sularının kalitesini bu parametre açısından önemli ölçüde attırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.
Sulfat verileri ve bazı sınır değerler.



Şekil 7.
BOİ verileri ve bazı sınır değerler.

Emet Çayı Havzası sularında tespit edilen Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) seviyelerinin ifade edildiği ve bazı limit değerler ile karşılaştırıldığı noktalama grafiği Şekil 7'de verilmiştir.

Sucul sistemlerde biyolojik aktivitenin ve organik madde içeriğinin önemli göstergelerinden olan Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) verileri, Emet Çayı Havza sularında oldukça

düşüktür. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen EC direktifine göre, Cyprinid sağlığı açısından (EC/C-G: yönetmelik sınır değeri) sucul sistemlerde BOİ değerinin 6 mg/L'yi aşmaması gerektiği bildirilmiştir (EC, 2006). E6 ve E8 istasyonlarında kış mevsiminde tespit edilen BOİ değerleri hariç diğer mevsim ve istasyonlarda tespit edilen BOİ değerleri belirtilen sınırı aşmamaktadır. Ayrıca SKKY'ne göre yıllık ortalama BOİ değerleri açısından E1, E2, E3, E4, E5 ve E7 istasyonları 1. Sınıf, E6 ve E8 istasyonları ise 2. Sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY, 2004). Sulardaki BOİ'nin yaklaşık olarak %33'ü tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelir. Ancak bazı büyük yerleşim yerlerinde yağmur suyu çıkışlarının ve yerleşim yeri fosseptiğinin aynı yolu kullanması, fosseptik arıtım tesislerinin yağmur akıntısı ile karışmış fosseptiği işleyemeden, hacim artışları nedeni ile yakın sucul sistemlere arıtamadan vermesi, BOİ değerlerinin artmasında önemli bir faktör halini alırlar (Akman ve ark., 2004). Özellikle kış mevsiminde E6 ve E8 istasyonlarında tespit edilen ani BOİ yükseliş nedeninin aşırı yağışlar nedeni ile yerleşim yeri kanalizasyonlarından kaynaklanana anlık yükselişler olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Emet Çayı Havzası etrafındaki yöresel ve ulusal öneme sahip birçok tarım arazisi, özellikle Emet Çayı'nın etrafında bulunan birçok yerleşim yeri, sistem üzerinde önemli baskılar meydana getirmektedir. Emet Çayı Havzası'nda Kasım 2010 – Ağustos 2011 tarihleri arasında, mevsimlik periyotlarla yapılan bu araştırma sonucu elde edilen veriler, bu kirlilik baskılarını ortaya koymaktadır.

Elde edilen veriler doğrultusunda, havzanın önemli bir tarımsal faaliyet ve evsel atık baskısına maruz kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle sonbahar ve ilkbahar gibi yağışların artış gösterdiği mevsimlerde toprakların yıkanması ve yerleşim yerlerindeki atıksu tahliye kanallarının taşması sonucu havza sularının organik içeriklerinde önemli artışlar tespit edilmiştir. Emet Çayı'nın önemli yan kollarından olan Kınık ve Dursunbey Çaylarında ise önemli bir organik kirlilik tespit edilmemiş, havza için birçok organik parametre açısından herhangi bir risk teşkil etmemelerinin yanında döküldükten sonra Emet Çayı'nın su kalitesini de belirgin biçimde arttırdıkları tespit edilmiştir.

Emet Çayı Havzası'nın ekosistem kalitesini arttırmak ve yöre halkı sağlığını kronik etkilerden korumak için özellikle bölge halkına gerekli eğitimler verilerek bilinçsiz kimyasal gübre, tarımsal ilaç ve pestisitlerin kullanımı engellenmelidir. Havzada yapılan çalışmaların sonuçları ve oluşabilecek muhtemel olumsuz senaryolar sadece tezlerde ve bilimsel yayınlarda kalmayıp yerel yönetimler ve yöre halkı ile de paylaşılmalı, bu şekilde idarecilerin ve bölge sakinlerinin bilinçlenmeleri, tarımsal faaliyetlerinde sürdürülebilirliği korumak için sadece kendilerini değil çevrelerini de düşünmeleri gerektiği bilinci yerleştirilmelidir. Havzada bulunan yerleşim bölgelerinin evsel ve kanalizasyon atıklarının arıtıma tabi tutulmadan sisteme deşarjı mutlaka engellenmeli, yağmursuyu ve fosseptik suyu çıkışları kesinlikle ayrı ya da aşırı yağışlarda bile fosseptik arıtım tesislerinin hacmini aşmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Cem TOKATLI'nın "Emet Çayı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması" isimli doktora çalışmasından üretilmiştir ve 2011/15 numaralı Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akin, B. S., Atıcı, T., Katircioglu, H., Keskin, F. (2011) Investigation of water quality on Gökçekaya dam lake using multivariate statistical analysis, in Eskişehir, Turkey.

- Environmental Earth Sciences, Volume 63, Issue 6, pp 1251-1261. doi: 10.1007/s12665-010-0798-6.
2. Akman, Y., Ketenöglu, O., Kurt, L., Düzenli, S., Güney, K. ve Kurt, F. (2004) Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi). Palme Yayıncılık, Ankara, 299 syf.
 3. Atıcı, T., Obalı, O. (1999) Susuz Göleti (Ankara) Algleri ve Su Kalite Değerlendirmesi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 19, 3, 99-104.
 4. Atıcı, T., Tokatlı, C. (2014) Algal Diversity and Water Quality Assessment with Cluster Analysis of Four Freshwater Lakes (Mogan, Abant, Karagöl and Poyrazlar) Of Turkey. Wulfenia, 21 (4): 155-169.
 5. Barlas, M. (2002) Su Kalitesi Tayin Yöntemleri. Yüksek Lisans Ders Notları, Muğla, 37 s.
 6. Bebek, M. T. (2001) Uluabat Gölü ve Gölü besleyen su kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
 7. Çiçek, A., Bakış, R., Uğurluoğlu, A., Köse, E., Tokatlı, C. (2013) The Effects of Large Borate Deposits on Groundwater Quality of Seydisuyu Basin (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (4): 1031-1037.
 8. Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö., Tokatlı, C., Başkurt, S., Sülün, Ş. (2014) Boron and Arsenic Levels in Water, Sediment and Tissues of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in a Dam Lake. Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1843-1848.
 9. Demir, A. O., Aksoy, E., Torunlu, T. (1998) The environmental problems and solution suggestions of Lake Uluabat. p. 25. T.C. Bursa Büyükşehir, Yerel Gündem 21 Genel Sekreterliği, Uluabat Çalışma Grubu, Türkiye.
 10. 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.
 11. EC (European Communities) (2007) European Communities (drinking water) (no. 2), Regulations 2007, S.I. No. 278 of 2007.
 12. Egemen, Ö. ve Sunlu, U. (1996) Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:14. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 153s.
 13. EPA (United States Environmental Protection Agency) (1979) A Review of the EPA Red Book Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency, USA. 311s.
 14. EPA (United States Environmental Protection Agency) (2002) National Recommended Water Quality Criteria: 2002. Environmental Protection Agency 822-R-02-047.
 15. Iscen, C. F., Emiroglu, Ö., Ilhan, S., Arslan, N., Yılmaz, V., Ahiska, S. (2007) Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey. Environ Monit Assess, 144 (1): 269-276. doi 10.1007/s10661-007-9989-3.
 16. Karacaoğlu, D. (2006) Emet Çayı'nın epipelik diatomeleri ve bentik omurgasızlarının ilişkilendirilmesi ile kirlilik düzeyinin saptanması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
 17. Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N. (2015) Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment and Some Cyprinidae Fish Species From Porsuk Stream (Turkey). Water Environment Research, 87 (3): 195-204. doi: 10.2175/106143015X14212658612993.

18. Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A. (2014) Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1637-1647.
19. Magnin, G., Yazar, M. (1997) Important bird breeding areas in Turkey. *DHKD Anabası AŞ., İstanbul, Türkiye*, 50-52.
20. Onur, A. K., Celtemen, S. P. (2004) Susurluk Havzasında Su Kalitesinin Korunmasına İlişkin Temel Sorunlar, Darboğazlar, Çözüm Önerileri. *Su Çalıştay, Ankara*.
21. Schwörbel, J. (1987) *Einführung in die Limnologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
22. SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. *Yayımlandığı Resmi Gazete :Tarih 31 Aralık Cuma 2004 Sayı :25687*.
23. Tanyolaç, J. (2009) *Limnoloji*. Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 294 syf.
24. Taş, B. (2003) Derbent Baraj Gölü (Bafra-Samsun) Fitoplanktonu ve Mevsimsel Değişimi Üzerine Bir Araştırma. *Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun*.
25. Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Arslan, N., Emiroğlu, Ö. (2012a) Evaluation of Water Quality and The Determination of Trace Elements on Biotic and Abiotic Components of Felent Stream (Sakarya River Basin/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 5 (2): 73-80.
26. Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Dayıoğlu, H. (2012b) Lead Accumulations in Biotic and Abiotic Components of Emet Stream (Uluabat Lake Basin, Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (6): 1587-1592.
27. Tokatlı, C. (2013) Use of Statistical Methods in Water Quality Assessment: A Case Study of Balkan Arboretum Area in Trakya University (Edirne, Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 7 (3): 79-83.
28. Tokatlı, C., Arslan, N., Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö., Dayıoğlu, H. (2013a) Effect of Silver on Aquatic Ecosystems of Emet Stream Basin, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 45 (2): 521-529.
29. Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö. (2013b) Uptake of Silver from Large Silver Deposits on Biotic and Abiotic Components of the Closest Lothic System: Felent Stream, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 45 (3): 701-707.
30. Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E. (2013c) Groundwater Quality of Türkmen Mountain (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (4): 1197-1208.
31. Tokatlı, C. (2014) Drinking Water Quality of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (6): 2247-2258.
32. Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Dayıoğlu, H. (2014a) Statistical Approaches to Evaluate the Aquatic Ecosystem Qualities of a Significant Mining Area: Emet Stream Basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71 (5): 2185-2197. doi: 10.1007/s12665-013-2624-4.
33. Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A. (2014b) Assessment of the Effects of Large Borate Deposits on Surface Water Quality by Multi Statistical Approaches: A Case Study of the Seydisuyu Stream (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1741-1751.
34. TS 266 (2005) Sular-İnsani tüketim amaçlı sular. *Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20*.

35. Uslu, O., Türkman, A. (1987) Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi I, Ankara.
36. WHO (World Health Organization) (2011) Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA 675.