

Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi

Kenan GEDİK, Bülent VEREP, Ertuğrul TERZİ, Sedef FEVZİOĞLU

Rize Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi 53100, Rize-TÜRKİYE

*Corresponding author: gedikkenan@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Rize ilinin Ardeşen ve Çamlıhemşin ilçeleri sınırları içinde bulunan Fırtına Deresi'nin su kalitesini belirlemek amacıyla araştırılmıştır. Bu çalışma Mayıs 2006-Nisan 2008 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışma süresince tespit edilen yedi istasyondan her ay su örnekleri alınmış ve elde edilen değerler (en küçük, en büyük, ortalama) şu şekilde bulunmuştur: pH(6.88-7.61-7.16±0.0121), toplam çözünmüş katı madde (TDS) (14,20-42,10-28,28±0.43 ppm), bikarbonat (HCO_3^-) (36,60-122,00-66,88±1.05 mg/L), karbondioksit (CO_2) (0,88-4,10-2,28±0.05 mg/L), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5) (0,60-4,40-1,85±0.05 mg/L), kalsiyum (Ca^{++}) (6,01-16,03-9,86±0.16 mg/L), magnezyum (Mg^{++}) (0,01-5,59-1,89±0.09 mg/L), toplam sertlik (17,00-47,00-32,29±0.49 mg/L), nitrit azotu ($\text{NO}_2^- - \text{N}$) (BSA-0,0083-0,0012±0.0001 mg/L), nitrat azotu ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) (0,0001-5,47-1,36±0.0873 mg/L), amonyum azotu ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) (0,0006-0,0140-0,0048±0.0002 mg/L), fosfat fosforu ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$) (BSA-0,42-0,12±0.0084 mg/L), askıda katı madde (0,60-78,30-11,37±1.21 mg/L), alkalinite (10,00-85,00-46,04±1.20 mg/L), su sıcaklığı (4,00-18,96-10,53±0.40°C), çözünmüş oksijen (8,17-13,78-10,71±0.11 mg/L), çözünmüş oksijen doygunluğu (75,20-82,50-79,54±1.97 %), türbidite (0,27-57,03-9,89±0.90 NTU) ve iletkenlik (19,50-85,26-54,77±1.04 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Fırtına Deresi suyunun fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartları göre incelendiğinde fosfat fosforu hariç yüksek kaliteli (Sınıf 1) su standardında ve insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmeliğe uygun olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla Fırtına Deresi sularının; sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temininin yanında, rekreasyonel amaçlar, su ürünleri yetiştiriciliği ve diğer amaçlar için kullanılabilir su özelliğinde olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Fırtına deresi, fiziko-kimyasal özellikler, su kalitesi.

Determination of Water Quality of Fırtına Stream (Rize) in Terms of Physico-Chemical Structure

Abstract

In this study, purposing to determine water quality of Fırtına Stream located in between Ardeşen and Çamlıhemşin, Rize at Eastern Black Sea Region was investigated. The study was carried out between May, 2006 and April, 2008. During the study, the water samples were taken periodically from seven chosen stations in every month. The measured data were given as following (minimum, maximum and average): pH(6.88-7.61-7.16±0.0121), total dissolved solids (TDS)(14.20-42.10-28.28±0.43 ppm), bicarbonate (HCO_3^-) (36.60-122.00-66.88±1.05 mg/L), carbon dioxide (CO_2)(0.88-4.10-2.28±0.05 mg/L), biochemical oxygen demand (BOI_5)(0.60-4.40-1.85±0.05 mg/L), calcium (Ca^{++})(6.01-16.03-9.86±0.16 mg/L), magnesium (Mg^{++})(0.01-5.59-1.89±0.09 mg/L), total hardness (17.00-47.00-32.29±0.49 mg/L), nitrite nitrogen ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)(UDL-0.0083-0.0012±0.0001 mg/L), nitrate nitrogen ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)(0.0001-5.47-1.36±0.0873 mg/L), ammonium nitrogen ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)(0.0006-0.0140-0.0048±0.0002 mg/L), phosphate phosphorus ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)(UDL-0.42-0.12±0.0084 mg/L), total suspended solids (0.60-78.30-11.37±1.21 mg/L), alkalinity (10.00-85.00-46.04±1.20 mg/L), water temperature (4.00-18.96-10.53±0.40°C), dissolved oxygen (8.17-13.78-10.71±0.11 mg/L), dissolved oxygen saturation (75.20-82.50-79.54±1.97 %), turbidity (0.27-57.03-9.89±0.90 NTU) and conductivity (19.50-85.26-54.77±1.04 $\mu\text{S}/\text{cm}$). When the all physical and chemical characteristics of Fırtına Stream were examined according to the inland water quality standards declared in water pollution law, it is obvious that the river has a high water quality standard (Class 1) except for phosphorus and suitable for purposing human consumption . Thus, it can be said that Fırtına Stream water can be used not only for drinking purpose by disinfecting it, but also for recreational aims, aquacultures and other aims.

Keywords: Fırtına stream, physico-chemical properties, water quality.

Gedik K, Verep B, Terzi E, Fevzioğlu S (2010) Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji 19, 76, 25-35.

GİRİŞ

Daha çok tarıma dayalı küçük ölçekli sanayi teşekküllerinin yer aldığı Doğu Karadeniz'de gerek

sivil yerleşim alanları ve gerekse işletmeler genellikle akarsu havzalarına veya bitişik alanlarına kurulmaktadır. Diğer taraftan engebeli arazi yapısı ve

Geliş: 20.08.2009 / Kabul: 15.12.2009

orografik yağışlar sebebiyle erozyon oluşmakta tarımsal alanlar ve diğer arazilerden süpürülüp gelen gerek doğal, suni nütrientler ve gerekse diğer katı maddeler akarsuların kalitesini istenmeyen ölçüde değiştirmekte, evsel ve sanayi atık sularının katkılarıyla da kirliliğin boyutları oldukça artmaktadır (Verap ve ark. 2005).

Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Rize ili irili ufaklı birçok akarsuya sahiptir. Bu çalışmada Rize ilinde en fazla debi miktarına sahip olan Fırtına deresi üzerinde durulacaktır. Karadeniz kıyı çizgisinden başlayıp Durak, Hemşin, Hala, Polovit, Elevit ve Tunca dereleri gibi kollara ayrılarak Kaçkar Dağları'nın kuzey yamaçlarına kadar uzanmasıyla oluşur. Fırtına Deresi, alabalık yetiştiriciliği açısından su kalitesi Alemdağ (1993), Karaçam ve ark (1994), Karadeniz Alabalığının tatlısu ortamındaki göçü üzerine bazı çevresel parametrelerin etkisi Aksungur ve ark. (2007), su kalite modellemesi Ertürk ve Sivri (2005) tarafından araştırmalara konu olmuştur. Fırtına Deresi 56 km uzunluğundadır. 798,7 km² yağış alanına sahip olup, vadide yıllık ortalama yağış miktarı 1497,6 mm/m²'dir. Ortalama debisi 52,78 m³/sn'dir (Tabak ve ark. 2002). Yörenin topografik özellikleri sonucu akarsu yamaçlarının dik ve su yatağının fazla eğimli olması nedeniyle yıl boyunca hızlı akmaktadır. Bu da akuatik vejetasyonun gelişmemesine neden olmaktadır. Fırtına deresinin üst, orta ve aşağı kesimlerinde yaşayan balık faunası içerisinde başat tür Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*)'dır (Tabak ve ark. 2002). Bunun dışında Fırtına deresi üzerinde tespit edilebilen diğer balık türleri 4 farklı familyaya ait (Cyprinidae: *Squalius cephalus* (Linnaeus 1758), *Alburnoides bipunctatus* (Bloch 1758), *Barbus tauricus* (Kesslen 1877), *Barbus plebejus escherichi* (Steindacher 1897), Mugilidae: *Liza aurata* (Risso 1810), *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758), Gobiidae: *Neogobius kessleri* (Günther 1861), Salmonidae: *Salmo trutta labrax* (Pallas 1811) 8 tür balık yaşamaktadır (Turan 2003).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan akarsular içerisinde en yüksek debiye sahip olan Fırtına Deresi, özellikle soyu tükenmeye yüz tutan Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax* Pallas 1811) en fazla giriş yaptığı ve en önemli yumurtlama alanlarına sahip olan akarsudur. Bu nedenle yörede balığın üreme göçünü etkileyecek dış etkenlere karşı korunması en fazla gereken akarsuların başında gelmektedir (Çelikkale ve ark. 1999, Aydın ve Yandı 2002, Tabak ark. 2002). Bu sebeplerle, bu çalışmada

zengin bir tatlı su ekosistemini barındıran Fırtına Deresi'nin su kalitesi fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, yapılmış çalışmalarla karşılaştırılarak su kalitesinin değişip değişmediği araştırılmış ayrıca kıta içi su kalite standartlarına ve içme suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Fırtına Deresi üzerinde deniz etkisinin görülmediği noktadan başlayarak akarsu boyunca 45 km içeriye doğru belirlenmiş 7 istasyonu içeren bir bölgede yapılmıştır. Deniz etkisinin görülmediği noktadan 282 m koduna kadar uzanan bir bölgede 24 ay boyunca aylık periyotlarla su numuneleri alınmış ve incelenmiştir.

Örnek istasyonlarının belirlenmesinde, alınan örneklerin o noktadaki su niteliğini tanıtır olması, yerleşim alanlarına yakın oluşu, toplam kirliliği belirlemesi, yan kolların birleşme öncesi ve sonrası tam karışım sağlandıktan sonra akışın düzgün olduğu kısımlardan ve mümkün olduğunca orta derinlikten alınması gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur. 1. istasyon Çamlıhemşin Zilkale yol ayrımı (41°02'29"N, 41°00'28"E), 2. istasyon Çamlıhemşin Ayder yol ayrımı (41°02'38"N, 41°00'30"E), 3. istasyon Çamlıhemşin'in girişi (41°02'47"N, 41°00'13"E), 4. istasyon Çamlıhemşin'den 7 km denize doğru mesafede (41°09'10"N, 41°00'10"E), 5. istasyon Durak akarsuyu üzeri (41°09'21"N, 41°00'11"E), 6. istasyon Durak akarsuyu ve Fırtına deresi birleşimi (41°09'31"N, 40°50'44"E), 7. istasyon Ardeşen girişi (41°11'10"N, 40°57'48"E) seçilmiştir (Şekil 1).

Mayıs 2006 - Nisan 2008 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada Fırtına deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan her ayın belirli günlerinde alınan örnekler buz sandığı içerisinde muhafaza edilerek hemen Rize Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası laboratuvarına getirilmiştir. Bikarbonat (HCO₃⁻) hidroklorik asit, karbondioksit (CO₂) sodyum karbonat, alkalinite sülfürik asit ile titre edilerek, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) 5 günlük inkübasyon sonrası ile örnekleme sonrası Winkler yöntemi ile belirlenen çözünmüş oksijen farkından yararlanılarak ölçülmüştür. Kalsiyum (Ca⁺⁺) ve toplam sertlik EDTA ile titre edilerek, magnezyum (Mg⁺⁺), kalsiyum ve toplam sertlik sonuçlarından hesaplama yöntemi ile elde edilmiştir. Nitrit azotu (NO₂⁻-N) kolorometrik olarak, nitrat azotu (NO₃⁻-N) UV spektrofotometrik metodu ile, amonyum azotu (NH₄⁺-N) fenat

metodu ile kolorometrik olarak, fosfat fosforu ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) askorbik asit metodu ile spektrofotometrik olarak ve askıda katı madde gravimetrik olarak ölçülmüştür.

Spektrofotometrik ölçümlerde, Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre kullanılmıştır. Bahsedilen bütün analizler standart metotlardan yararlanılarak yapılmıştır (Anonymous 1998). Diğer taraftan, su sıcaklığı, suda çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, iletkenlik, pH ve toplam çözünmüş madde (TDS) gibi suyun bazı fiziko-kimyasal özellikleri de örnek alınırken yerinde Orion 5 Star marka taşınabilir çok parametrelili su kalitesi ölçüm cihazıyla ile kullanımdan önce kalibrasyon çözeltileri ile kalibre edildikten sonra ölçülmüştür. Türbidite ise Turb 355 IR türbidite metre ile şahit numunelere karşı ölçülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda hiçbir değer elde edilememiş ise Belirleme Sınırı Altında (BSA) olarak değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen veriler EXCEL ve SPSS 16 bilgisayar paket programları kullanılarak; yüzde oran, aritmetik ortalama ve standart hata belirlenmiştir.

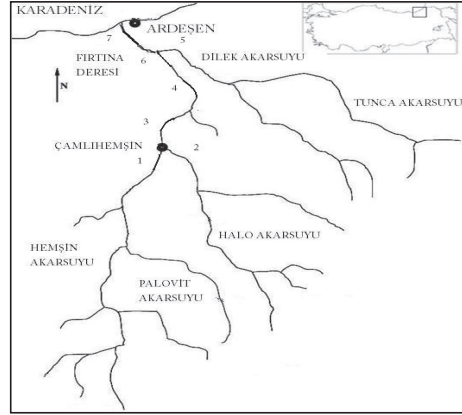
BULGULAR

Fırtına deresinin fiziko-kimyasal özellikleri ortalama, en yüksek ve en düşük değerlerle Tablo 1'de, çalışmada yapılan su analizlerinde elde edilen bazı fiziko-kimyasal su kalite değerlerinin aylık değişimleri Şekil 2-9'da gösterilmektedir.

Çalışmada çözünmüş oksijen miktarında büyük değişiklik görülmemiş olup en yüksek değeri 2008 Ocak'da 13,78 mg/L, en düşük değer sıcaklıkların fazla olduğu Temmuz 2007'de 8,17 mg/L, ortalama ise $10,71 \pm 0,11$ mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Çözünmüş oksijen doygunluğu en yüksek olarak % 157,30 Mayıs 2006'da en düşük %75,20 Nisan 2006'da ölçülmüş, ortalama $\%105,52 \pm 1,97$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Su sıcaklıkları mevsimsel olarak değişiklik göstermiştir. 2006 Aralık ve 2007 Ocak'ta en düşük 4 °C olarak ölçülen su sıcaklığı, Ağustos 2007'de en yüksek 18,96°C, ortalama ise $10,53 \pm 0,40$ °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).

İletkenlik ve TDS yağışların başladığı Mayıs ayından itibaren yükselmeye başlamış olup sırasıyla en yüksek olarak Şubat 2007'de 85,26 $\mu\text{S/cm}$, 42,10 ppm, en düşük mayıs 2006'da 19,50 $\mu\text{S/cm}$, 14,20 ppm olarak ölçülmüş, ortalama olarak $54,77 \pm 1,04$ $\mu\text{S/cm}$, $28,28 \pm 0,43$ ppm olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Çalışma süresince pH değeri ortalama $7,16 \pm 0,01$



Şekil 1. Araştırma alanı (Tabak ve ark. 2002).

olarak ölçülmüş, en yüksek 7,61 Nisan 2007'de en düşük 6,88 Temmuz 2007'de ölçülmüş, pH değerinin yıl boyu çok az değiştiği görülmüştür (Şekil 4).

Türbidite ve askıda katı madde değerleri birbirlerine paralel olarak yağışların arttığı dönemlerde, beşinci, altıncı ve yedinci istasyonları etkileyecek şekilde dere kenarında çalışmakta olan kum ocaklarının faaliyet durumlarına göre artış ve azalış göstermiştir. Sırasıyla en yüksek 57,03 NTU Ocak 2007'de, 78,30 mg/L Mayıs 2006'da en düşük ise 0,27 NTU Ekim 2006'da, 0,60 mg/L Eylül 2006'da ölçülmüş ve ortalamarı $9,89 \text{ NTU} \pm 0,90$, $11,37 \pm 1,21$ mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Bikarbonat değeri yıl boyu fazla değişiklik göstermemiştir. En yüksek Ocak 2007'de 122 mg/L, en düşük Eylül 2006'da 36,6 mg/L olarak ölçülmüş ve ortalama $66,88 \pm 1,05$ mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Kalsiyum, magnezyum ve toplam sertlik birbirleriyle paralel halde davranış göstermiş olup kış aylarında artış yaz aylarında azalma görülmüştür. Buna bağlı olarak en yüksek miktarları sırasıyla Eylül 2006'da 16,03 mg/L, Kasım 2007'de 5,59 mg/L, Kasım 2007'de 47 CaCO_3 mg/L, en düşük Haziran 2006'da 6,01 mg/L, Mayıs 2006'da 0,01 mg/L, Mayıs 2007'de 17 CaCO_3 mg/L miktarlarında ölçülmüş olup ortalama $9,89 \pm 0,16$ mg/L, $1,89 \pm 0,09$ mg/L ve $32,29 \pm 0,49$ CaCO_3 mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Alkalinite yaz aylarında yüksek kış aylarında düşük bir seviyede seyretmiştir. En yüksek değer olan 85 CaCO_3 mg/L'ye Haziran, Temmuz, Ağustos 2006'da, en düşük 10 CaCO_3 mg/L'ye Ocak 2007'de ölçülmüş olup ortalaması $46,04 \pm 1,20$ CaCO_3 mg/L

Tablo 1. Fırtına Desesi'nin fiziko-kimyasal özelliklerinin istasyonlardaki ortalama, en yüksek ve en düşük değerleri.

Parametreler	1. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	2. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	3. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	4. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	5. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	6. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)	7. İstasyon Ort±SH (Min-Mak)
Su sıcaklığı (°C)	10.20±1.09 4.00-17.60	9.98±1.11 4.00-17.80	10.26±1.09 4.10-18.00	10.43±1.08 4.30-18.20	10.72±1.06 4.45-18.35	10.92±1.06 5.00-18.71	11.17±1.09 5.10-18.96
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	11.04±0.31 8.31-13.78	10.82±0.30 8.43-13.33	10.49±0.28 8.34-13.01	10.79±0.25 8.62-12.60	10.75±0.24 8.50-12.89	10.68±0.30 8.26-13.22	10.40±0.27 8.17-12.45
Oksijen Doygunluğu (%)	103.47±4.05 82.50-136.50	104.45±5.19 80.80-140.60	104.23±4.18 80.10-127.00	111.10±6.02 79.50-157.30	108.78±6.06 78.90-155.00	104.54±5.09 79.80-128.60	102.09±6.33 75.20-150.70
Kondüktivite (μS/cm)	56.66±2.83 28.10-73.70	48.19±2.13 24.40-63.79	54.48±2.89 22.20-85.26	55.52±2.59 26.60-71.80	55.35±3.03 19.50-79.00	57.16±2.84 27.30-81.70	56.00±2.79 26.60-72.20
pH	7.16±0.02 6.92-7.46	7.17±0.03 6.89-7.59	7.18±0.03 6.90-7.61	7.17±0.03 6.92-7.56	7.14±0.03 6.90-7.56	7.15±0.03 6.90-7.55	7.19±0.03 6.88-7.53
TDS (ppm/L)	29.86±1.28 19.90-39.40	24.83±1.03 14.20-31.40	27.24±1.10 17.10-33.60	28.40±1.11 18.58-35.40	28.96±1.28 17.44-39.20	29.25±1.35 18.30-42.10	29.42±1.24 16.90-40.80
Türbidite (NTU)	6.28±1.77 0.27-36.14	4.54±0.69 0.44-11.24	5.67±1.24 0.43-27.71	9.87±2.71 0.38-54.82	7.23±1.65 0.72-38.48	17.40±3.04 0.41-55.87	18.24±2.88 4.18-57.03
Karbondiyoksit (mg/L)	2.18±0.12 1.10-3.50	2.21±0.13 0.88-3.80	2.22±0.13 1.32-3.70	2.28±0.13 1.32-3.70	2.25±0.13 1.32-3.90	2.35±0.13 1.32-3.74	2.50±0.14 1.54-4.10
Bikarbonat (mg/L)	73.50±3.74 48.80-122.00	66.10±1.99 54.90-85.40	60.80±2.87 42.70-93.5	65.50±1.71 54.90-91.50	68.00±3.45 36.60-91.50	65.60±1.80 54.90-79.30	68.60±2.94 42.70-91.50
Kalsiyum (mg/L)	9.86±0.44 7.61-14.82	8.99±0.52 6.01-14.38	9.62±0.45 7.10-15.30	10.24±0.47 6.41-16.03	9.85±0.43 6.81-14.03	10.34±0.34 7.45-13.76	10.15±0.40 7.21-14.58
Magnezyum (mg/L)	1.50±0.21 0.01-4.38	1.71±0.26 0.01-4.95	1.94±0.22 0.02-3.66	1.95±0.25 0.01-3.96	1.86±0.21 0.10-3.65	1.92±0.27 0.24-5.33	2.31±0.29 0.21-5.59
Toplam sertlik (CaCO ₃ mg/L)	30.71±1.21 20.00-41.00	29.25±1.28 20.00-40.00	32.17±1.52 17.00-46.00	33.25±1.26 19.00-41.00	32.17±1.25 19.00-40.00	33.67±1.06 25.00-47.00	34.83±1.34 22.00-45.00
Alkalinite (CaCO ₃ mg/l)	40.21±2.28 20.00-60.00	42.29±3.71 10.00-85.00	43.75±3.31 10.00-85.00	50.00±2.60 20.00-75.00	44.58±3.00 15.00-75.00	51.04±3.64 20.00-85.00	50.42±3.08 20.00-80.00
Askıda katı madde (mg/L)	6.12±1.59 1.10-28.30	4.70±0.71 1.60-14.00	6.95±1.43 0.60-24.40	11.61±3.37 1.20-75.60	11.05±3.39 1.20-70	19.88±4.57 1.00-78.30	19.28±4.06 2.40-75.20
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	1.68±0.13 0.90-3.20	1.72±0.16 0.60-3.60	1.72±0.12 0.60-3.20	1.83±0.14 0.80-3.40	1.91±0.16 0.80-4.00	1.97±0.17 0.90-4.40	2.13±0.13 1.00-3.30
Nitrit (NO ₂ ⁻ -N mg/L)	0.00047±0.00007 0.00013-0.00122	0.00059±0.00011 BSA-0.00196	0.00108±0.0002 BSA-0.00447	0.00146±0.0003 BSA-0.00830	0.00119±0.0002 BSA-0.00606	0.00115±0.0002 BSA-0.00319	0.00245±0.0004 BSA-0.00766
Nitrat (NO ₃ ⁻ -N mg/L)	0.84±0.17 BSA-3.90	0.96±0.17 BSA-4.00	1.31±0.20 0.09-3.97	1.50±0.23 0.07-4.60	1.44±0.24 0.071-4.45	1.71±0.25 0.07-5.00	1.80±0.26 0.09-5.47
Fosfat (PO ₄ ⁻³ -P mg/L)	0.11±0.02 BSA-0.41	0.11±0.02 BSA-0.40	0.12±0.02 BSA-0.40	0.12±0.02 BSA-0.41	0.12±0.02 BSA-0.42	0.12±0.02 BSA-0.41	0.12±0.02 BSA-0.02
Amonyum (NH ₄ ⁺ -N mg/l)	0.0044±0.0005 0.001-0.009	0.0040±0.0005 0.0015-0.0103	0.0047±0.0006 0.0014-0.010	0.0046±0.0005 0.0014-0.010	0.0054±0.0006 0.0012-0.0120	0.0051±0.0007 0.0006-0.0140	0.0051±0.0007 0.0006-0.0140

olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

BOİ₅ değerinde yıl boyunca dalgalanmalar görülmüş olup en yüksek Ocak 2007'de 4,40 mg/L, en düşük Mart 2008'de 0,60 mg/L olarak ölçülmüş olup ortalama 1,85±0,05 mg/L hesaplanmıştır (Şekil 5).

Nitrit, nitrat ölçümleri paralel şekilde yaz ayları boyunca diğer aylara göre düşük çıkmıştır. Ortalama nitrit ve nitrat azotu miktarları 0,0012±0,0001 mg/l, 1,36±0,08 mg/L olarak hesaplanmış. Nitrit ve nitrat azotu en düşük değerleri ilkbahar yaz aylarında belirleme sınırının altında, en yüksek değerleri sırasıyla, 0,0083 mg/L, 5,4 mg/L olarak kış aylarında ölçülmüştür (Şekil 6, 7).

Diğer bir azot türü olan amonyum azotu da nitrit ve nitrat seviyelerine paralel olarak kış aylarında yükselmiş yaz aylarında düşmüştür (Şekil 8). En yüksek değer 0,014 mg/L ile Ocak 2008'de en düşük 0,0006 mg/L ile Mayıs 2007, Nisan 2008'de ölçülmüş, ortalama 0,0048±0,0002 mg/L olarak hesaplanmıştır.

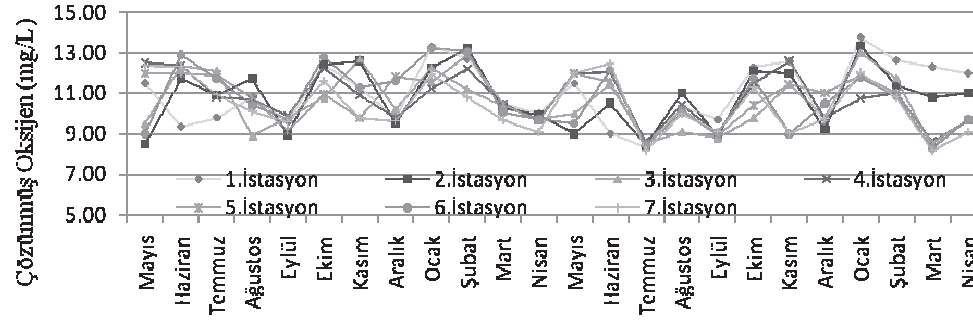
Karbondiyoksit miktarı oksijen miktarı ile ters, sıcaklık ile doğru orantılı bir seyir göstermiş olup en

yüksek seviye olan 4,10 mg/L'ye Ağustos 2007'de en düşük olan seviyeye ise 0,88 mg/L olarak Eylül 2006'da ölçülmüş ve ortalama 2,28±0,05 mg/L hesaplanmıştır (Tablo 1).

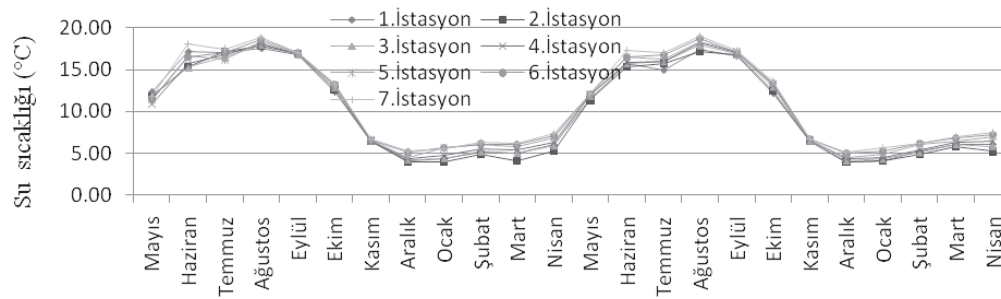
Araştırma boyunca fosfat fosforu kış aylarında yüksek değerlerde yaz aylarında düşük değerlerde ölçülmüştür. En yüksek 0,42 mg/L Ekim 2006'da, en düşük değer belirleme sınırının altında Mart 2007'de ölçülmüştür. Ortalama 0,12±0,008 mg/L hesaplanmıştır (Şekil 9).

TARTIŞMA VE SONUÇ

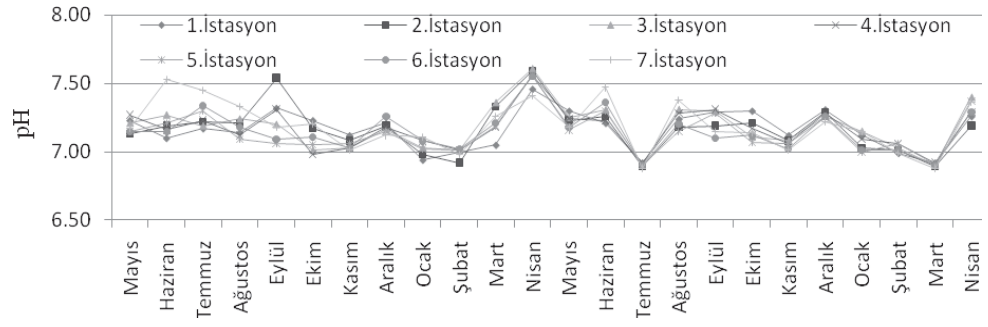
Fırtına Deresi'nin fiziko-kimyasal su kalite kriterlerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir. Fırtına Deresi'nde daha önce yapılan çalışmalarda fiziksel ve kimyasal parametreler yönünden benzer sonuçlar elde edilmiş ve su kalitesinin alabalıkların yaşaması için uygun olduğu bildirilmiştir (Alemdağ 1993, Karaçam ve ark. 1994, Aksungur ve ark. 2007). Fakat yapılmış olan bu çalışmada Fırtına Deresi'nin su kalitesi Alabalık yetiştiriciliğinin yanı sıra kıta içi su kalite standartlarına ve içme suyu standartlarına göre de değerlendirilmiştir.



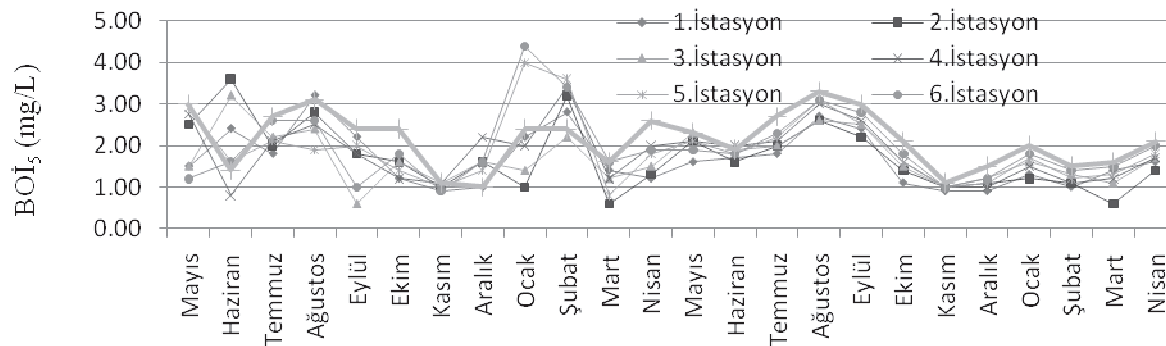
Şekil 2. Çözünmüş oksijenin (mg/L) istasyonlarda aylık değişimi.



Şekil 3. Su sıcaklığının (°C) istasyonlarda aylık değişimi.



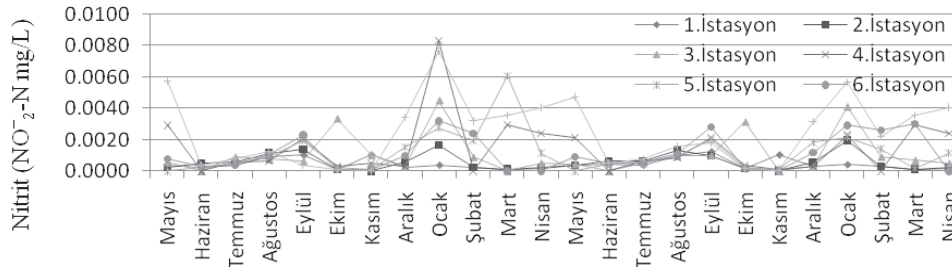
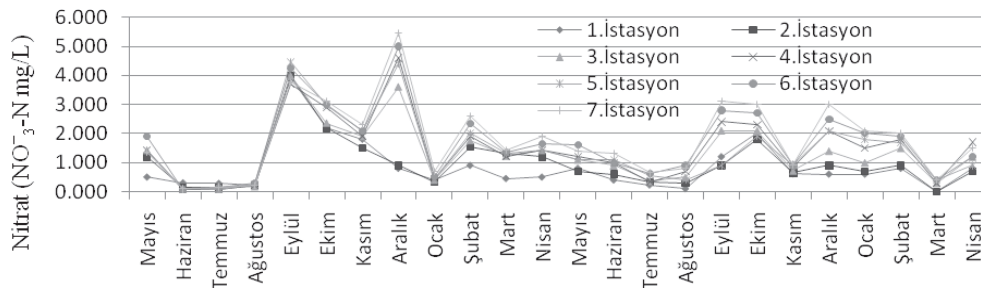
Şekil 4. pH değerinin istasyonlarda aylık değişimi.



Şekil 5. BOİ₅ (mg/L)'nin istasyonlarda aylık değişimi.

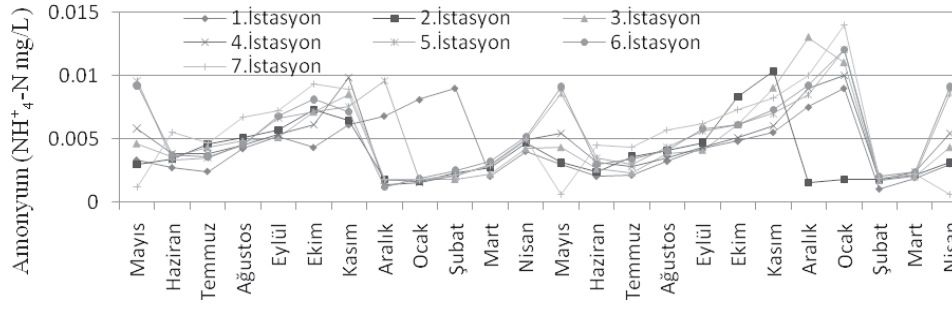
Tablo 2. Elde edilen sonuçların Türkiye, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu ve Avrupa Birliği (EU74/440/EEC) kıta içi su kalite ve içme suyu standartlarına göre değerlendirilmesi.

Parametreler	Ortalama değerler	Su Kalite Standartları TR (Anonymous 2004), UNECE (Anonymous1994), EU (Soylak ve Doğan 2000)			
		Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflandırılması (Su Kalite Sınıfları) [I=Çok temiz, II=Temiz, III=Az kirlenmiş, IV=Çok kirlili]		İçme Suyu Standartları	
		TR	UNECE	TR	EU
Sıcaklık (°C)	10.53±0.40	I	I	12–25 Uygun	12–25 Uygun
pH	7.16±0.01	I	I	>6,5 ve <9,5 Uygun	6,5–8,5 Uygun
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	10.71±0.11	I	I	-	-
Oksijen doygunluğu (%)	105.52±1.97	I	I	-	-
BOİ (mg/L)	1.85±0.05	I	I	<3,5 Sınır altında	-
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.0012±0.0001	I	I	<0,5 Sınır altında	<0,1 Sınır altında
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.0048±0.0002	I	I	<0,50 Sınır altında	<0,05–0,5 Sınır altında
Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ -P/L)	0.12±0.0084	II	II	-	-

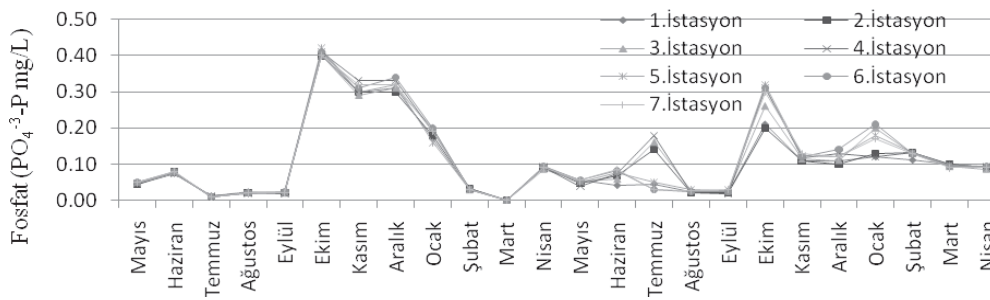
**Şekil 6.** Nitrit azotu (NO₂-N) değerinin istasyonlarda aylık değişimi.**Şekil 7.** Nitrat azotu (NO₃-N) değerinin istasyonlarda aylık değişimi.

Sıcaklık organizmaların sularındaki dağılışını etkilemektedir. Çünkü, sıcaklık sucul organizmaların tüm yaşamsal aktivitelerini etkileyerek fizyolojilerinin değişmesine sebep olur (Alaş ve Çil 2002). Fırtına Deresi'nde su sıcaklığı mevsimlere göre değişmiş olup, mevsimler arası büyük farklar

gözlenmiştir (Şekil 3). Diğer önemli bir su kalite parametresi olan çözünmüş oksijen Fırtına Deresinde gerek mevsimsel gerekse istasyonlar arasında çok fark görülmemiştir. Oluşan mevsimsel farkların en önemli nedeninin su sıcaklığının artışı veya azalışından ileri geldiği düşünülmektedir ki



Şekil 8. Amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) değerinin istasyonlarda aylık değişimi.



Şekil 9. Fosfat fosforu ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)'nin istasyonlarda aylık değişimi.

sıcaklığın en fazla olduğu yaz aylarında en düşük çözünmüş oksijen miktarı 8,17 mg/L ölçülmüştür. Su sıcaklığı balık yaşamında önemli olması sebebiyle balıklar soğuk su, ılıman ve sıcak su balıkları olarak sınıflandırılmıştır (Aras ve ark. 1995). Su sıcaklığı açısından optimal koşulların alabalık yetiştiriciliğinde 7-18°C, sazan yetiştiriciliğinde ise 16-26°C arasında olduğu belirtilmektedir. Suda çözünmüş oksijen içeriği ise alabalıklar için 9,20-11,50 mg/L ve sazanlar için 5,00-9,00 mg/L düzeyinde olması istenmektedir (Çelikkale 1994).

Bu çalışmada çözünmüş oksijen miktarı ortalama $10,71 \pm 0,11$ mg/L düzeyinde olup ılık ve soğuk su balıkları için optimal çevre koşullarını ihtiva etmektedir. Diğer taraftan su sıcaklığı ve çözünmüş oksijen açısından Fırtına Deresi, kıta içi su kalite standartlarına göre 1. sınıf özellik gösterdiği ve içme suyu standartlarına uygun olduğu görülmektedir (Tablo 2).

pH değeri, suda erimiş halde bulunan CO_2 ile yakından ilişkilidir. Fotosentez sonucu fitoplanktonlar ortamda bulunan CO_2 'yi tüketip pH'yı yükseltirler (Boyd 1990). Fırtına deresinin suları; yörenin topoğrafik özellikleri sonucu akarsu yamaçlarının dik ve su yatağının fazla eğimli olması nedeniyle yıl boyunca hızlı akmaktadır. Bu da

akvatik vejetasyonun gelişmemesine neden olmaktadır (Tabak ve ark. 2002). Bu nedenden dolayı pH ve CO_2 değişiminde mevsimsel dalgalanmalar görülmemektedir. pH değeri yaz ve bahar aylarında, güz ve kış aylarına göre daha yüksek seyretmiştir. Bunun nedeni sonbahar ve kış aylarında gerek kar yağışı gerekse yağmur sularının suya karışması olduğu düşünülmektedir. Sucul bir ortamın pH değerinin canlı yaşamını tehlikeye sokmaması ve bu su kaynağının balık yetiştiriciliği amacıyla kullanılabilir olması için 6,5-8,5 sınır değerlerini geçmemesi gereklidir (Goldman ve Horn 1983, Çelikkale 1994, Kara ve Çömlekçioğlu 2004). İçme sularındaki pH değeri 6,5-8,5 arasında uygun görülmektedir (Güler 1997). Yapılan ölçümlerde Fırtına Deresi sularının pH'sı nötr ile hafif alkali sayılabilecek bir karakterde (ortalama $\text{pH} = 7,16 \pm 0,01$) olduğu, balıklar ve diğer su canlıları için uygun bir yaşam ortamı ihtiva ettiği ve içme suyu yönünden uygun olduğu söylenebilir (Tablo 2).

CO_2 ise çözünmüş oksijen yüksek olmak koşuluyla birçok tür balık karbondioksit konsantrasyonu 60 mg/L'ye ulaşan sulara yaşayabilmesine karşın sulara karbondioksit düzeyinin 5 mg/L'yi geçmemesi arzu edilir (Boyd ve Lichtkopler 1980).

Fırtına Deresi'nde karbondioksit miktarı ortalama $2,28 \pm 0,05$ mg/L olup en yüksek 4,10 mg/L düzeyine kadar çıkmış olmasına rağmen yüksek çözünmüş oksijen miktarları ölçülmüştür (Tablo 1). Dolayısıyla karbondioksit içeriği de su kalite kriterlerine uygundur.

Askıda katı madde ve türbidite partikül haldeki maddelerin suya katılımı ile oluşur ve kirlilik göstergesidir (Tepe ve Mutlu 2004). Fırtına Deresi'nde AKM ve türbidite değerleri gerek yağışlardan dolayı dik yamaçlardan erozyon sonucunda gelen maddeler gerekse 5, 6, ve 7 nolu istasyonları etkileyecek şekilde dere yatağında yapılan ıslah ve kum ocaklarının çalışmalarından kaynaklanmaktadır. Yağmur suyunun oluşturduğu erozyondan ziyade dere ıslah çalışmaları ve kum ocaklarının faaliyet durumlarına göre artış azalış göstermektedir (Tablo 1).

Çözünmüş organik maddelerin veya tuzluluğun miktarına göre değişebilen iletkenlik değeri Fırtına Deresi'nde ortalama $54,77 \pm 1,04$ μ S/cm olarak bulunmuştur. Diğer yandan tuzluluk değeri cihazın belirleme sınırının altında olduğundan ölçülemez. Bu özelliği ile iyon bakımından pek de zengin olmayan bir tatlı su özelliği gösteren Fırtına Deresi suyu, içme suyu ve balıklar için yine de uygun sayılabilecek değerlere sahiptir.

Suyun toplam alkalinitesi titre edilebilir bazların toplam konsantrasyonlarının bir indeksidir. Doğal suların alkalinite değerleri 5 ile 500 mg CaCO_3 /L arasındadır ve su havzasının jeolojisi ile yakından ilişkilidir. Çoğu sularda karbonat ve bikarbonat sulara alkalilik verir. Toplam alkaliliği 10 mg/L'den düşük olan sularda fitoplankton gelişimi yetersiz düzeyde olmakta ve balık üretimi için kireçleme ihtiyacı doğmaktadır (Boyd ve Lichtkoppler 1980). Sağlık açısından bilinen kötü bir reaksiyonu yoktur ama alkaliliği fazla olan sular toplumun kullanımına verildiğinde içimi hoş olmadığından rağbet görmemektedir (Güler 1997). Fırtına Deresi'nde ortalama alkalinite $46,04 \pm 1,20$ mg/L düzeyindedir. Bu değer genel su kalite kriterlerine uygun iken alabalık yetiştiriciliği açısından da Fırtına Deresi'nin alkalinite özelliğinin optimum sınırlar içersinde olduğunu göstermektedir.

Suların sertliği ise kalsiyum ve magnezyum iyonlarından kaynaklanır. Kireçli topraklar üzerinde kurulan göletler orta ve yüksek seviyelerde toplam alkalinite ve sertlik değerlerine sahip olup, çoğu zaman bu iki parametre değeri yaklaşık birbirine

eşittir (Boyd ve Tucker 1998). Alkalinite ve toplam sertlik değerleri yıl boyunca birbirine paralel seyretmiştir. Türk içme suyu standartlarında müsaade edilebilen değerler, kalsiyum için tavsiye edilen 75 mg/L, maksimum 200 mg/L, magnezyum için tavsiye edilen 50 mg/L, maksimum değer 150 mg/L olarak verilmiştir (Yılmaz 2004). Kalsiyum ve magnezyum değerleri tavsiye edilen değerlerin çok altındadır (Tablo 1). Ortalama toplam sertlik değeri $32,29 \pm 0,49$ mg CaCO_3 /L (3,2 Fransız sertliği) olan Fırtına Deresi suları çok yumuşak sular olarak nitelendirilebilir. Sertlik açısından alabalıklar için ideal sular hafif sert sular (100-150 mg CaCO_3 /L) olduğu ifade edilmektedir (Aras ve ark. 1995). Bu açıdan Fırtına Deresi sularının yumuşak olması sebebiyle yeterli olduğu pek söylenemez.

Akarsu ve göllere aşırı miktarda bırakılan organik maddelerin biyolojik oksidasyonu, oksijen azalması-tükenmesi ve balıkların ölümü sonrası kötü kokulu gazların oluşması ve ekosisteme zarar verilmesi gibi birçok kirlilik sorunlarının kontrolünde BOI_5 (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) kullanılmaktadır (Erençin ve Köksal 1981, Göksu 2003). Sularda biyolojik aktivite ve organik kirlilik hakkında fikir veren BOI_5 ortalama $1,85 \pm 0,05$ mg/L'dir. Fırtına Deresinde BOI_5 değerinin düşük olması akarsuya bırakılan organik maddelerin kısıtlı olması ve bu kısıtlı maddelerin de akarsuyun gerek uzunluğu gerekse akarsu yatağının dik olmasından dolayı akarsu da fazla kalamamasından ileri geldiği düşünülmektedir. BOI_5 değerleri oldukça düşük olduğundan Fırtına Deresi sularının kalitesi, kıta içi su kalitesi sınıflandırmasına göre Sınıf I seviyesinde olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Azot türevleri olan amonyum azotu, nitrit ve nitrat seviyelerinde yıl içinde oluşan dalgalanma birbirlerine paralel seyrederken, yaz aylarında düşük, kış aylarında ise yüksek ölçülmüştür. Amonyum azotu, hayvansal atıklardan oluşan en temel azotlu atık üründür. Amonyum azotu aynı zamanda azotlu organik maddelerin ayrışması sonucu da açığa çıkar (Tomasso 1994). Suda amonyum azotu birikimi, sucul organizmalara karşı toksik olduğundan istenmez ve toksik etkisi pH ve su sıcaklığı arttıkça artış göstermektedir (Emerson ve ark. 1975). Fırtına Deresinde araştırma boyunca amonyum azotunda önemli bir artış olmamış olup daima kıta içi su kalitesi kriterlerine göre 1. sınıftır.

Nitrit, amonyum azotunun gram negatif kemo-ototrofik aerobik bakteriler tarafından iki basamaklı

oksidasyon olayı olan nitrifikasyon olayının orta ürünüdür. Ortamda birikim yapmaz ve ara ürün olduğundan hemen nitrata dönüşür (Boyd ve Tucker 1998). Ocak ayında pik yapmasının nedeni, ara ürünü olan nitriti nitrata çeviren bakterilerin 15 °C'ın altında faaliyetinin yavaşlaması olduğu düşünülmektedir (Şekil 6). Fırtına Deresi suyunda nitrit seviyeleri amonyaka çok yakın paralellikte değişim göstererek ortalama $0,0012 \pm 0,0001$ mg/L gibi oldukça düşük seviyelerde seyretmiştir.

Doğal sulardaki nitrat, inorganik bileşik azotun yaygın formudur ve kirlenmemiş sularda bulunan nitrat nitrifikasyonun son ürünüdür (Tepe 2009). İçme suları için 45 mg/L'nin üzerindeki değerler tehlikelidir. Çocuklarda methemoglobinemia denilen bir hastalığa yol açar. Bu da kanın oksijen bağlama kapasitesini düşürür (Yılmaz 2004). Fırtına Deresi çevresinde sanayi kuruluşların olmayışı, yerleşim alanlarının kısıtlı oluşu, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azotlu bileşiklerinin su kaynaklarına az miktarda ulaştığı göstermektedir. Ortalama olarak nitrat azotu $1,36 \pm 0,08$ mg/L hesaplanmıştır. Değerlere bakıldığında gerek içme suyu olarak gerekse balık üretimi açısından nitrat değerlerinde sorun olmadığı anlaşılmaktadır.

Anahtar bir ürün olan fosfor, kirlenmemiş doğal sularda oldukça küçük miktarlarda ($0,01-0,03$ mg/L) bulunur ve tatlı su kaynaklarının özellikle plankton gibi sucül organizmaların verimliliğini belirler (Tepe ve Boyd 2003). Fırtına Deresi'nde fosfor miktarının dalgalanması çay tarımında kullanılan kimyasal gübrelerin bilinçsiz olarak kullanılması ve yağmur suyunun topraktaki gübreleri süpürerek dereye karıştırmamasından dolayı olduğu düşünülmektedir. Fosfat su depolarında alglerin üremesini kolaylaştırır. Bu nedenle içme suyunda koku ve tat problemlerine yol açabilir. Bu yüzden içme suyunda fazla bulunması istenmez (Giritlioğlu 1975).

31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde bildirilen kıta içi su kalite standartlarına ve (UNECE) Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu tarafından yayınlanan

sucül yaşamının devamlılığı için içsuların sınıflandırılması standartlarına göre Fırtına Deresi suları değerlendirilirse; Tablo 2'de belirtilen parametrelere göre I. sınıf (Çok temiz) su kalite standartına sahip bir su kaynağı olduğu görülmektedir (Anonymous 2004). Diğer taraftan 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği 75/440/EEC içme suyu standartlarına da uygun olduğu Tablo 2'de görülmektedir (Anonymous 1994, Soylak ve Doğan 2000, Anonymous 2005). Fırtına Deresi sularının sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil), hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için kullanılabilir su kaynağı olduğu söylenebilir.

Su kirliliği açısından önemli bir problemin bulunmadığı ve iyi sayılabilecek bir su kalitesine sahip olan Fırtına Deresi sularında yapılan su analizlerinde bazı mineral tuzların balık yetiştiriciliği açısından yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak sucül canlılar ve balık yaşamı için tehlike arz etmeyen bu durumun balık yetiştiriciliği amacıyla su kullanımında dikkate alınması gerekmektedir. Mineral tuzlar açısından zengin balık yemlerinin kullanılması, kireç veya diğer katkı maddeleriyle bu eksiklik giderilerek Fırtına Deresi sularında verimli düzeyde balık yetiştiriciliği de yapılabilir. Buna istinaden Fırtına Deresi'nden kaynak sağlayan halen kurulu birkaç alabalık üretim tesisi faaliyetlerini sürdürmektedir. Önemli düzeyde sanayi kuruluşlarının bulunmadığı Fırtına Deresi havzasında irili ufaklı birkaç adet çay fabrikası ve yörenin en önemli turizm merkezi olan Ayder yaylası Fırtına Deresi havzasında bulunmasından dolayı birçok otel bulunmaktadır. Dolayısıyla gerek evsel atıklar gerekse çay fabrikalarının atıklarının Fırtına Deresi'nin su kalitesini bozacak nitelik ve nicelikte olmadığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca halen 8 tür balığın yaşadığı bilinen Fırtına Deresi'nde su kalitesinin korunması, doğal balık stokları ve diğer canlı gruplarının oluşturduğu doğal ekolojik dengenin korunması açısından kaçınılmaz bir zorunluluktur.

KAYNAKLAR

- Aksungur M, Alkan A, Zengin B, Tabak İ, Yılmaz C (2007) Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi. Ekoloji 65, 28-35.
- Alaş A, Çil OŞ (2002) Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Ekoloji 42, 40-42.
- Alemdağ N (1993) Rize Fırtına Deresi'nin Alabalık Yetiştiriciliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Anonymous (1994) Standard Statistical Classification of Surface Freshwater Quality for the Maintenance of Aquatic Life. In: Readings in International Environment Statistics, (UNECE) United Nations Economic Commission for Europe.
- Anonymous (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF, Washington DC.
- Anonymous (2004) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete 25687, T.C. Başbakanlık, Ankara.
- Anonymous (2005) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete 25730, T.C. Başbakanlık, Ankara.
- Aras MS, Bircan R, Aras NM (1995) Genel Su Ürünleri ve Balık Üretim Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Aydın H, Yandı İ, (2002) Karadeniz Alası (*Salmo trutta labrax* Pallas 1811)'ın Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Yumurtlama Alanlarının Durumu. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi 19, 3-4, 501-506.
- Boyd CE, Lichtkopper F (1980) Water Quality Management in Pond Fish Culture. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station Press, Auburn, Alabama.
- Boyd CE (1990) Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station Press. Auburn, Alabama.
- Boyd CE, Tucker CS (1998) Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts.
- Çelikkale MS (1994) İçsu Balıkları Yetiştiriciliği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Çelikkale MS, Düzgüneş E, Okumuş İ (1999). Türkiye Su Ürünleri Sektörü, Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Emerson K, Russo RC, Lund RE, Thurston RV (1975) Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32, 2379-2388.
- Ereğin Z, Köksal G (1981) İçsular Temel Bilimleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Ertürk A, Sivri N (2005) Akarsu Su Kalitesi Modellemede Kişisel Bilgisayarların Kullanılabilirliği - Qual2e Örneği. Türk Sucul Yaşam Dergisi 3, 4, 317-324.
- Giritlioğlu T (1975) İçme Suyu Kimyasal Analiz Metotları. İller Bankası Yayını No: 18, Ankara.
- Goldman C, Horn AC (1983) Limnology. Mc Graw International Book Company, Tokyo.
- Göksu ZL (2003) Su Kirliliği. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 7, Nobel Kitabevi, Adana.
- Güler Ç (1997) Su Kalitesi. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Kara C, Çömlekçioğlu U (2004) Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi 7, 1, 1-7.
- Karaçam H, Alemdağ N, Boran M (1994) Fırtına Deresi'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Su Ürünleri Dergisi 11, 42-43, 63-69.
- Soylak M, Doğan M (2000) Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Tabak İ, Aksungur M, Zengin M, Yılmaz C, Aksungur N, Alkan A, Zengin B, Mısırlı S (2002) Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*)'nin Biyoekolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Alınabilirliğinin Araştırılması. Proje Sonuç Raporu, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Tepe Y (2009) Reyhanlı Yenışehir Gölü(Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji 70, 38-46.
- Tepe Y, Boyd CE (2003) A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. Journal of World Aquaculture Society 34, 4, 505-511.
- Tommaso JR (1994) The toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews of Fisheries Science 2, 291-314.

- Turan D (2003) Rize ve Artvin Yöresindeki Tatlısu Balıklarının Sistematiik ve Ekolojik Yönden İncelenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Verep B, Serdar O, Turan D, Şahin C (2005) İyidere (Trabzon)'nin Fiziko-Kimyasal Açidan Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji 57, 26-35.
- Yılmaz F (2004) Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Ekoloji 50, 10-17.