

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NDA FIRTINA DERESİ'NİN BENTİK  
MAKROOMURGASIZ ÇEŞİTLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Sadi CILIZ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA**  
**2018**  
**Her hakkı saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Sadi CILIZ “Doğu Karadeniz Havzası’nda Fırtına Deresi’nin Bentik Makroomurgasız Çeşitliliğinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 15/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

  
**Danışman:** Prof. Dr. Mine KIRKAĞAÇ  
(Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı)

### Jüri Üyeleri:

**Başkan:** Prof. Dr. Kadir SEYHAN  
(K.T.Ü. Deniz Bilimleri Fak. Denizcilik Ekonomisi ve Politikası A.B.D.) 

**Üye** : Prof. Dr. Serap PULATSÜ  
(Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı) 

**Üye** : Prof. Dr. Mine KIRKAĞAÇ  
(Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı) 

**Üye** : Prof. Dr. A. Şeref KORKMAZ  
(Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı) 

**Üye** : Doç. Dr. Hikmet KATIRCIOĞLU  
(Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fak., Biyoloji Eğitimi A.B.D.) 

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

**Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN**

**Enstitü Müdürü**

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynaklara atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15/05/2018



Sadi CILIZ

## ÖZET

Doktora Tezi

### DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NDA FIRTINA DERESİ'NİN BENTİK MAKROOMURGASIZ ÇEŞİTLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sadi CILIZ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mine KIRKAĞAÇ

Doğu Karadeniz Havzası'nda Fırtına Deresi'nin bentik makroomurgasız çeşitliliğinin değerlendirilmesinin amaçlandığı tez çalışması, Kasım 2014-Ağustos 2015 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çamur ve su örnekleri, Fırtına Deresi' nin mansabına yakın bölgeden başlamak üzere sahilde denize döküldüğü yere kadar belirlenen 6 istasyondan mevsimsel olarak (Kasım-Şubat-Mayıs-Ağustos aylarında) bir yıl süreyle alınmıştır. Fırtına Deresi'nde su sıcaklığı, pH, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerleri arazide, amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, ortofosfat, toplam fosfor, klorofil *a* ve askıda katı madde laboratuvarında ölçülmüştür. Su kalitesine ilişkin sonuçlar, Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliğine göre değerlendirilmiş ve Fırtına Deresi'nin yüksek kaliteli su sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bentik makroomurgasız çeşitliliği, Insecta sınıfından *Ecydonorous* (Ephemeroptera, Heptaganiidae), *Sericostoma* (Trichoptera, Sericostomatidae), *Tipula*, *Tabanus* ve *Chironomus* (Diptera, Tipulidae, Tabanidae, Chironomidae) cinslerinden meydana gelmiştir. Bentik makroomurgasızların bollukları yüksek değildir ve bu organizmalar kirlenmemiş ve hafif kirli sularda bulunmaktadır. Bu araştırmada familya düzeyinde sıralama Sericostomatidae (%83), Tipulidae (%14), Heptaganiidae (%2) ve Tabanidae (%1) şeklinde olmuştur. Shannon- Weiner indeksi (H) değeri (0-0,68) arasında düşük bulunmuştur. Biyotik indeks değeri de düşük bulunmuş, BMWP skoruna göre su kalitesi, 4. sınıf (kirli sular) olarak belirlenmiştir. Bentik makro omurgasız indeksleri ve su kalite parametreleri açısından bir uyumsuzluk mevcuttur. Fırtına Deresi'nde su akışı yüksektir ve bundan dolayı organik madde miktarının ortamdaki tür çeşitliliğini ve bolluklarını sınırladığı düşünülmekte olup, derenin su kalitesi indikatörü olan bentik makro omurgasızlar açısından uzun süre izlenmesi önerilmektedir.

**Mayıs 2018, 66 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Fırtına Deresi, bentik makroomurgasızları, su kalite parametreleri, çeşitlilik indeksi, biyotik indeks

## ABSTRACT

PhD Thesis

### THE ASSESSMENT OF THE DIVERSITY OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES OF FIRTINA BROOK OF EAST BLACKSEA BASIN

Sadi CILIZ

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Fisheries and Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Mine KIRKAĞAÇ

The thesis study was aimed to assess the diversity of benthic macroinvertebrates of Firtina Brook of East Blacksea Basin and carried out between November 2014 and August 2015. Mud and water samples were taken for one year from selected six stations seasonally (November-February- May-August) whereas from the upstream to the entry to sea. Water temperature, pH, dissolved oxygen and conductivity were measured *in situ*, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, orthophosphate, total phosphate, chlorophyll *a* and total suspended solid were measured in laboratory. The results were evaluated according to Turkish Surface Water Quality Regulation and it was seen that Firtina Brook had high water quality. The benthic macroinvertebrates diversity consisted of the genus *Ecydonorous* (Ephemeroptera, Heptageniidae), *Sericostoma* (Trichoptera, Sericostomatidae), *Tipula*, *Tabanus* ve *Chironomus* (Diptera, Tipulidae, Tabanidae, Chironomidae) from Insecta class. Their abundances were not high and these organisms were seen in unpolluted and slightly polluted waters. The placement of the organisms in family level were Sericostomatidae (83%), Tipulidae (14%), Heptageniidae (2%) ve Tabanidae (1%), respectively. Shannon- Weiner index (H) value was found to be low between 0 and 0,68. Biotic index was also was low and in the 4. Class (polluted water) according to BMWP score. There is divergence between water quality parameters and macroinvertebrate indices The water flow is high in Firtina Brook and because of this it was thought that the species richness of benthic macroinvertebrates and their abundances were limited by the amount of organic material. So it was recommended to monitor the benthic macroinvertebrates as the indicators of the water qualityfor along time in Firtina Brook.

**May 2018, 66 pages**

**Key Words:** Firtina Brook, benthic macroinvertebrates, water quality parameters, diversity index, biotic index

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmamın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan, bilimsel çalışmaların yanında her aşamada pratik çözümleriyle bir hoca bir arkadaş olarak destek olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Mine UZBİLEK KIRKAĞAC'a ve Avrupa Birliği Projesi olarak desteklenen çalışmada bulunmamıza imkan sağladığı için ve TİK komitesindeki değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Kadir SEYHAN'a ve aynı şekilde TİK komitesinde sağladığı değerli katkıları için değerli hocam Sayın Prof. Dr. A.Şeref KORKMAZ'a, laboratuvar çalışmalarımındaki yardımları ve desteği için değerli hocam Doç. Dr. Nigar ALKAN'a ve Araş. Gör.Yahya TERZİ ,Gökhan AKIN'a birlikte çalıştığım tüm arkadaşlarıma ve teknisyen Turgut TATLI' ya, çalışmalarım süresince birçok fedakarlıklar göstererek beni destekleyen eşim Nurcan CILIZ' a en derin duygularla teşekkür ederim

Bu tez çalışması, "Eastern Black Sea Streams of Turkey: A case study of Fırtına, İkizdere and Çağlayan. EU Black Sea Crossborder project", AB Destekli Diğer Projeler, TR 10C1.01-2/339. tarafından desteklenmiştir.

Sadi CILIZ

Ankara, Mayıs 2018

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEZ ONAY SAYFASI.....                                                           |      |
| ETİK .....                                                                      | i    |
| ÖZET .....                                                                      | ii   |
| ABSTRACT.....                                                                   | iii  |
| TEŞEKKÜR.....                                                                   | iv   |
| SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR .....                                            | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                           | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                         | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                  | 1    |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....                                                     | 4    |
| 2.1 Akarsular.....                                                              | 4    |
| 2.2 Akarsularda Biyolojik Topluluklar .....                                     | 5    |
| 2.2.1 Akarsularda biyolojik topluluklar içinde makroomurgasızların önemi .....  | 6    |
| 2.3 Akarsu Ekosisteminde Makroomurgasızların Fonksiyonel Beslenme Grupları..... | 7    |
| 2.4 Akarsuların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....                           | 10   |
| 2.4.1 Akıntı .....                                                              | 10   |
| 2.4.2 Sıcaklık .....                                                            | 11   |
| 2.4.3 Çözünmüş oksijen .....                                                    | 12   |
| 2.4.4 pH.....                                                                   | 12   |
| 2.4.5 Elektriksel iletkenlik .....                                              | 13   |
| 2.4.6 Askıda katı madde .....                                                   | 13   |
| 2.4.7 Klorofil <i>a</i> .....                                                   | 14   |
| 2.4.8 Besin elementleri; azot ve fosfor .....                                   | 15   |
| 2.5 Su Kalitesi İndikatörü Makroomurgasızlar .....                              | 15   |
| 2.6 Biyotik ve Çeşitlilik İndeksleri .....                                      | 19   |
| 2.6.1 Biyotik indeksler.....                                                    | 19   |
| 2.6.2 Çeşitlilik indeksi .....                                                  | 20   |
| 2.7 Fırtına Deresi .....                                                        | 20   |
| 2.8 İlgili Araştırmalar .....                                                   | 21   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                     | 27   |
| 3.1 Materyal .....                                                              | 27   |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1 Araştırma alanı.....                                                                             | 27 |
| 3.1.2. Sahada ve laboratuvarında kullanılacak araç ve malzemeler.....                                  | 27 |
| 3.2 Yöntem.....                                                                                        | 28 |
| 3.2.1 Su örnekleri analiz yöntemleri.....                                                              | 29 |
| 3.2.2 Bentik makroomurgasız örneklerinin incelenmesi .....                                             | 30 |
| 3.2.3 Çeşitlilik indeksi uygulaması.....                                                               | 31 |
| 3.2.4 Biyotik indeks –BMWP uygulaması .....                                                            | 31 |
| 3.2.5 İstatistiki analizler.....                                                                       | 32 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....                                                                            | 33 |
| 4.1 Fırtına Deresi’nin Bentik Makroomurgasızları.....                                                  | 33 |
| 4.1.1 Bentik makroomurgasız kompozisyonu .....                                                         | 33 |
| 4.1.2 Bentik makroomurgasız bolluklarının istasyonlarda mevsimsel değişimi .....                       | 33 |
| 4.1.3 Bentik makroomurgasızların fonksiyonel beslenme grupları.....                                    | 38 |
| 4.1.4 Çeşitlilik indeksi uygulamasına ilişkin sonuçlar.....                                            | 41 |
| 4.1.5 Biyotik indeks-BMWP uygulamasına ilişkin sonuçlar.....                                           | 41 |
| 4.2 Fırtına Deresi’nin Fiziko-Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular .....                            | 42 |
| 4.2.1 Su sıcaklığı.....                                                                                | 42 |
| 4.2.2 Çözülmüş oksijen.....                                                                            | 43 |
| 4.2.3 Elektriksel iletkenlik .....                                                                     | 43 |
| 4.2.4 pH.....                                                                                          | 43 |
| 4.2.5 Besin elementleri; amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, ortofosfat,<br>toplam fosfor ..... | 49 |
| 4.2.6 Klorofil <i>a</i> .....                                                                          | 50 |
| 4.2.7 Askıda katı madde.....                                                                           | 50 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....                                                                             | 53 |
| KAYNAKLAR .....                                                                                        | 61 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                         | 66 |

## SİMGELER DİZİNİ

|                     |                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------|
| %                   | Yüzde oran                                          |
| <                   | Küçüktür                                            |
| >                   | Büyüktür                                            |
| ±                   | Artı eksi                                           |
| adet/m <sup>3</sup> | Metreküpteki birey sayısı                           |
| adet/l              | Litredeki birey sayısı                              |
| ° C                 | Santigrat derece                                    |
| Cm                  | Santimetre                                          |
| g/l                 | Litrede 1 gram                                      |
| km                  | Kilometre                                           |
| m                   | Metre                                               |
| m <sup>2</sup>      | Metrekare                                           |
| m <sup>3</sup>      | Metreküp                                            |
| mg/l                | Litrede 1 miligram                                  |
| ml                  | Mililitre                                           |
| μ                   | Mikron                                              |
| μg/l                | Litrede 1 mikrogram                                 |
| μS/cm               | Santimetrede mikrosiemens                           |
| pH                  | Hidrojen iyonu derişiminin 10 tabanında logoritması |

## Kısaltmalar

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| NH <sub>3</sub> -N | Amonyum azotu                         |
| NO <sub>3</sub> -N | Nitrat azotu                          |
| NO <sub>2</sub> -N | Nitrit azottu                         |
| TO                 | Toplam ortofosfat                     |
| TF                 | Toplam fosfor                         |
| H                  | Shannon-Weaver İndeks                 |
| S                  | Tür zenginliğini                      |
| E                  | Dengelilik                            |
| BMWP               | Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Sayısı |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1.Fırtına Deresi'nin lokasyonu .....                                                                           | 27 |
| Şekil 3.2. Fırtına Deresi üzerindeki araştırma istasyonlarının konumu.....                                             | 29 |
| Şekil 4.1 Fırtına Deresi'nde fonksiyonel beslenme gruplarının oranları (%).....                                        | 38 |
| Şekil 4.2 Fırtına Deresi'nin mevsimlerde istasyonlara bağlı ortalama<br>sıcaklık değerleri (°C) .....                  | 47 |
| Şekil 4.3 Fırtına Deresi'nin mevsimlerde istasyonlara bağlı çözünmüş<br>oksijen değerleri (mg/l) .....                 | 47 |
| Şekil 4.4 Fırtına Deresi'nin mevsimlerde istasyonlara bağlı ortalama<br>elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm) ..... | 48 |
| Şekil 4.5 Fırtına Deresi'nin mevsimlerde istasyonlara bağlı ortalama pH değerleri .....                                | 48 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 TR-BMWP, familya listesi (Kazancı vd. 2016a) .....                                                                                                                                                                             | 32 |
| Çizelge 3.2 TR-BMWP skorları ve su kalite sınıfları ile ilişkisi .....                                                                                                                                                                     | 32 |
| Çizelge 4.1 Fırtına Deresi'nin bentik makroomurgasızları.....                                                                                                                                                                              | 33 |
| Çizelge 4.2 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız ortalama bolluk<br>değerlerinin sonbahar ve kış mevsimlerine ve istasyonlara<br>bağlı değişimleri, adet/m <sup>2</sup> (n=3) .....                                                    | 35 |
| Çizelge 4.3 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız ortalama bolluk<br>değerlerinin ilkbahar ve yaz mevsimlerine ve istasyonlara<br>bağlı değişimleri, adet/m <sup>2</sup> (n=3) .....                                                    | 36 |
| Çizelge 4.4 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız gruplarının<br>mevsimlerde, istasyonlara bağlı oransal değişimleri (%).....                                                                                                           | 37 |
| Çizelge 4.5 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız fonksiyonel<br>beslenme gruplarının sonbahar ve kış mevsimlerine ve istasyonlara<br>bağlı oransal değişimleri (%).....                                                                | 39 |
| Çizelge 4.6 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız fonksiyonel<br>beslenme gruplarının ilkbahar ve yaz mevsimlerine ve istasyonlara<br>bağlı oransal değişimleri (%).....                                                                | 40 |
| Çizelge 4.7 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızların mevsimlerde ve<br>istasyonlara tür zenginliği (S) Shannon-Weiner İndeks (H) ve<br>düzenlilik (E) değerleri. ....                                                                 | 42 |
| Çizelge 4.8 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızların mevsimlerde ve<br>istasyonlardaki BMWP ve N-taxa değerleri .....                                                                                                                 | 44 |
| Çizelge 4.9 Fırtına Deresi'nin sonbahar ve kış mevsimlerinde istasyonlara bağlı<br>ortalama sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH değerleri<br>(ortalama değer±standart sapma) (n=3) .....                                | 45 |
| Çizelge 4.10 Fırtına Deresi'nin ilkbahar ve kış mevsimlerinde istasyonlara bağlı<br>ortalama sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH değerleri<br>(ortalama değer±standart sapma) (n=3) .....                               | 46 |
| Çizelge 4.11 Fırtına Deresi'nin sonbahar ve kış mevsiminde istasyonlara<br>bağlı ortalama amonyak azotu (NH <sub>3</sub> -N, mg/L), nitrat azotu<br>(NO <sub>3</sub> -N, mg/L), nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N,mg/L), toplam ortofosfat, |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| toplam fosfor, klorofil <i>a</i> ve askıda katı madde değerleri<br>(ortalama değer±standart sapma) (n=3) .....                                                                                                                                                                                                                                              | 51 |
| Çizelge 4.12 Fırtına Deresi'nin ilkbahar ve yaz mevsiminde istasyonlara<br>bağlı ortalama amonyak azotu (NH <sub>3</sub> -N, mg/L), nitrat azotu<br>(NO <sub>3</sub> -N, mg/L), nitrit azotu(NO <sub>2</sub> -N,mg/L), toplam ortofosfat,<br>toplam fosfor, klorofil <i>a</i> ve askıda katı madde değerleri<br>(ortalama değer±standart sapma) (n=3) ..... | 52 |





## 1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve endüstrileşme sonucu doğal kaynakların sınırsız kullanımı, buna karşılık arıtım tesislerinin yetersiz olması ya da bulunmaması ile su kaynakları yoğun kirlilik etkisinde kalmaktadır. Mevcut su kaynaklarından en fazla etkilenen ve bu kirletici etkileri göl, baraj gölü ve deniz gibi ortamlara taşıyan akarsulardır (Richards vd. 1997, Yıldız ve Kırkağaç 2001).

Sucul sistemlerde kirlenmenin her şekli alıcı ortamlarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklere neden olur. Kirliliğin saptanmasında sadece fiziksel ve kimyasal yöntemlerin kullanılması, o andaki durum hakkında bilgi verirken, kirliliğin ekolojik etkilerini ortaya koyan biyolojik yöntemlerin kullanımı o alanın uzun süreli izlenmesine imkan sağlar ve sadece kirliliği nedenlerini ölçebilen fiziksel ve kimyasal yöntemlere göre oldukça avantajlıdır ve önemlidir (Hawkes 1979, Metcalfe-Smith 1994, Richards vd. 1997, Kazancı vd. 1997).

Günümüzde akarsu substratında kolonize olan, bentik makroomurgasızlar farklı stres koşullarında farklı duyarlılıklar göstererek hızlı tepki verdiklerinden, akarsu kalitesi araştırmalarında yaygın olarak kullanılırlar (Hawkes 1979, Richards vd. 1997, Midlen ve Redding 2000).

Bentik makroomurgasızların hareketleri sınırlı olduğu için lokal bölgelerde indikatör organizmalardır. Zooplankton ve fitoplankton grupları ile karşılaştırıldığında nispeten uzun yaşam döngüleri vardır ve bu da çevresel etkilerin neden olduğu mevsimsel ve yıllık değişikliklerin izlenmesine olanak sağlar. Bentik makroomurgasız omurgasız toplulukları kolay toplanabilecek ve arazi koşullarında çıplak gözle veya basit bir büyüteçle incelenebilecek büyüklükte dirler. Ayrıca uygulamada maliyetin de düşük olması özellikle gelişmekte olan ülkeler için bu yöntemin kullanımını cazip hale getirmektedir (Hawkes 1979, Cummins 1994).

Türkiye’deki 26 ana su toplama havzasından bir tanesi de Doğu Karadeniz Havzası’dır. Havza’da birbirine paralel debileri yüksek, irili-ufaklı çok sayıda Melet Çayı (Ordu), Harşit Çayı, Fol deresi, Değirmendere, Karadere, Of Solaklı (56 km), Baltacı Deresi, İyi Dere (78.4 km), Pazar Çayı, Fırtına Deresi (68.0 km), Hemşin Deresi (38,5 km), Çağlayan Deresi (34.7 km), Arılı Deresi (31.5 km), Sabuncular Deresi (46.0 km) ve Kapistre Deresi gibi akarsular ve küçük buzul gölleri bulunmaktadır (Tabak vd. 2002).

Fırtına Deresi, Kaçkar Dağları’nın Karadeniz’e bakan yamaçlarındaki derelerin birleşmesi ile oluşur ve Ardeşen’in yaklaşık 2 km. batısında Karadeniz’e dökülür. Fırtına Deresi ortalama 28,4 m<sup>3</sup>/sn akış ile ülkemizdeki çoğu büyük nehirden fazla su taşımaktadır. Turizm bölgesi olarak 68 km uzunluğundaki Fırtına Deresi, akarsu turizmi (kano-rafting) açısından elverişli parkura sahiptir. Ancak akış rejimi yönünden ilkbahar yağışları ve yaz döneminde Kaçkar Dağları’ndaki buzullardan beslenen dereye sonbahar ve kış aylarında debi önemli oranda düşmektedir. Rize ilinde yıllık toplam 775,5 ton/yıl Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*) ve Gökkuşluğu Alabalığı (*Onchoryncus mykiss*) yetiştirilmektedir ve bunun 690 tonu sadece Fırtına deresi üzerindeki 19 adet işletmeden elde edilmektedir (Kurtoğlu 2013). Bunun yanı sıra, Karadeniz alabalığının en önemli giriş yaptığı ve önemli yumurtlama alanlarını içeren Fırtına Dere’sinin içinden geçtiği yerleşim yerlerindeki (Ardeşen ve Çamlıhemşin) yerel idareler katı ve sıvı atıklarını bu akarsuya bırakmaktadırlar. Bölgede balığın üreme göçünü etkileyecek dış etkenlere karşı korunması en fazla gereken akarsuların başında Fırtına Deresi gelmektedir (Çelikkale vd. 1999, Aydın ve Yandı 2002, Tabak vd. 2002).

Akarsu üzerindeki balık çiftliklerinin çıkış sularında bulunan tüketilmeyen yem, balık dışkısı, pullar, mukus gibi atıklar ve suda çözünmüş azot ve fosfor gibi bileşikler akarsuların aşağı kısımlarına taşınırlar (Cornel ve Whoriskey 1993, Midlen ve Redding 2000, Kırkağaç vd. 2004). Bununla birlikte, turizm açısından da önemli olan bölgede, gerek turizm gerekse yerleşim yerlerinden ve tarım arazilerinden gelen atıklar da dereye bırakılmaktadır.

Doğu Karadeniz bölgesinde (Rize) Kaçkar Dağları Milli Parkı içerisinde bulunan Fırtına Vadisi’ndeki Fırtına Deresi biyo çeşitlilik ve ekolojik rezervuar olarak dünyada

korumada öncelikli 200 ekolojik bölgeden birisi olarak nitelendirilmektedir ve görüldüğü gibi kirlilik tehditi altındadır. Doğal varlıklarımız hızla yok olmakta iken dünya ölçeğinde büyük bir ekolojik zenginliğe sahip Fırtına Deresi'nin su kalitesinin tespiti, korunması ve izlenmesi son derece önemlidir. Fırtına Deresi'nde daha önce 2006 ve 2008 yıllarında yaz döneminde tek bir örnekleme ile bentik makroomurgasızları üzerinde sadece bir çalışma mevcuttur (Kazancı vd. 2010).

Fırtına Deresi'nde bentik makro omurgasız çeşitliliği mevsimlik alınan çamur örnekleri ile ilk kez bir yıl süreyle bu tez çalışmasında incelemiştir. Bu bağlamda, bölgede geçmişte yapılan, Fırtına Deresi'nin su kalitesine ilişkin çalışmalarla durumunun ortaya konması, su kalitesinin sürdürülebilirliği veya iyileştirilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu araştırma ile Fırtına Deresi'nin bentik makro omurgasız yapısı ve bentik makro omurgasızların kirliliğe karşı tepkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Akarsular

Yeryüzüne düşen toprağa sızmayan ve buharlaşmayan yağışlardan veya kaynak sularından oluşan akarsular, sonrasında eğimin fazla olduğu yerlerde hızlı akan ve oksijence zengin, eğimin düşük olduğu yerlerde ise oksijence fakir olan akarsuyu besleyen kısım olan akarsuların üst kesimlerini oluşturan, Krenon, eğimin %1'den az olduğu Rhithron ve akıntının zayıf olduğu akarsuyun son kesimi olan Potamon olmak üzere üç bölümden oluşur (Cirik ve Cirik 1991).

Kaynaklar suların orijinine ve bulundukları toprağın yapısal özelliklerine göre 3 grup altında toplanmaktadır; Bunlar

a:Fıskıran Kaynaklar (Rheoken): Dağlık bölgelerde rastlanan bu tip kaynaklar yerin çatlaklarından kuvvetle fışkırırlar ve eğime uygun olarak hemen akarlar. Kaynağın çıkış yerindeki taş ve topraklar suyun akışıyla orantılı olarak sürüklenir.

b: Çamur Çukurlu Kaynaklar (Limnokren) :Tektonik olaylar sonucu oluşan çatlaklardan çıkan sular kaynak çukurunda toplandıktan sonra oluşturdıkları su yolundan akarlar.

c:Bataklık Kaynaklar (Helokren): Bataklıkları oluşturan, düz veya çukur arazilerin küçük damarlarından sızan sulardır. Ayrıca kaynaklar sıcaklıklarına göre hipoterm (0-18°C ), hialoterm (18-30°C), euterm (30-50°C), akroterm (50-70°C) ve hiperterm (>70°C) olarak sınıflandırılırlar (Cirik ve Cirik 1991).

Kaynaklar şeklinde yeryüzüne çıkan sular ve diğerleri birleşerek dereleri meydana getirirler. Genellikle dağlık bölgelerde sıkça rastlanan bu sular soğuktur ve hızlı akarak, erozyonla yer yer çukurluklar, küvetler ve şelaleler oluşur (Cirik ve Cirik 1991). Aşağı vadilerde sıcaklığın yüksek olduğu ve yavaş akış olduğu dönemlerde su sıcaklığı 12°C'i

geçmez. Dağ dereleri genellikle karların erimesiyle meydana gelmiş, soğuk ve temiz sulardır.

Dereler küçüklü büyüklü birçok vadiden gelen kollarla birleşerek, aşağıya doğru indikçe genişler. Sular vadiye ulaştığında hızında azalma ve yatağında genişleme görülen küçük bir nehre dönüşür. Ovalara ulaştıkça eğim iyice azalır ve akış oldukça yavaşlar. Kaynağa yakın derenin tabanında, dağlardan koparılmış ve sürüklenen taşlar bulunurken, aşağı kısımlarda ise yerini sırasıyla küçülen çakıllar, kumlar ve çamura bırakır (Geldiay ve Balık 1996). Akarsularda su seviyesi değişimleri görülür ve bu durum “akarsu rejimi” olarak ifade edilir. Su seviyesindeki değişimler ile akarsu havzasındaki değişimler arasında sıkı bir ilişki vardır. Normal rejimli akarsularda suların bol ve az olduğu dönemler vardır ve bunlar her yıl periyodik olarak birbirini takip eder (Cirik ve Cirik 1991).

## **2.2 Akarsularda Biyolojik Topluluklar**

Akarsuların kaynak bölgesinden döküldüğü bölgeye kadar, akarsuyun yatak şekli, genişliği, dip yapısı, akış hızı her bölgede ayrı ayrı özellikler gösterir ve ekolojik koşullar çok değişken olabilir. Bu nedenle, kaynak bölgesinde ve akarsuyun çeşitli bölümlerinde yerleşen organizma grupları açısından farklılıklar vardır. Akarsuyun kaynak bölümünde özellikle suları soğuk olan kaynaklarda bitkilere nadiren rastlanır ve birkaç alg türü bulunur. Makroomurgasızlardan yassı kurtlar, amfipod, isopod ve bazı insekt larvalarına rastlanır.

Akarsuların üst bölümleri ve şelalelerden oluşan ve bol oksijene gereksinim duyan alabalıkların baskın olduğu zon alabalık zonudur. Plankton pek bulunmaz, ancak bentik makroomurgasızlar ve bitkiler bulunur. Örnek olarak taşlar üzerinde tespit edilmiş olarak bulunan yeşil (*Cladophora* sp.) ve kırmızı (*Lemna* sp.) algler, süngerler, bryozoan türleri ve dipte yaşamını sürdüren Molluska (*Ancylus fluviatilis*) gösterilebilir. Bu zonun başlıca böcek türlerini Ephemeroptera, Plecoptera ile birkaç Coleoptera ve Diptera türleri oluşturur. Bu zonda yaşayan organizmaların davranışında ve vücut yapısında bazı uyumlar gözlenir (Kocataş 2003).

Akarsuların yavaş akan bölümleri olan barbus ve abramis zonu bitki ve plankton yönünden zengindir, dipleri çamurludur. Bu bölgede, makroomurgasızlardan Mollusca, Oligochaeta ve Chironomid larvalarına rastlanır. Nehir ağzı olan son bölümde sıcaklık ve tuzluluk değişkendir ve çevresel toleransları yüksek olan organizmalar buralarda yaşar (Geldiay ve Balık 1996).

### **2.2.1 Akarsularda biyolojik topluluklar içinde makroomurgasızların önemi**

Akarsular açık sistemlerdir. Biyotik topluluklar kısa sürelidir. Bir akarsuyun kısa ve lineer formu nedeniyle yakınlığı göl veya okyanus ile olandan daha çok, kendisini çevreleyen karasal ekosistemledir. Karasal vejetasyon, primer üretim azaltabilecek şekilde gölgelenme yaparak ve dökülen yapraklar heterotrof organizmalara doğrudan besin olarak, iki şekilde akarsulardaki besin yapısını etkiler. Akarsu akışının doğası ve suyun kısa geçiş süreleri, biyotanın önemli bir üyesi olan planktonun sadece nehrin daha geniş alt kısımlarında su geçişinin daha yavaş olduğu yerler dışında, gelişimini engeller. Sonuç olarak, bentoz baskın olur. Ancak su akış rejimi ekstrem durumlara geldiğinde substratum hareketlenir, çoğu bentik omurgasız yerinden olur ve sürüklenerek akarsuyun aşağı kısımlarına taşınır ve yerleşir ya da balıklar tarafından yem olarak tüketilirler. Ayrıca ortamda zooplankton olmadığında akarsulardaki çoğu balık bu sürüklenenlerle ve/veya doğrudan bentostan beslenirler. Akarsularda primer üretim, ışık, akış hızı, sıcaklık ve besin maddelerinin varlığı gibi çevresel faktörlerle sınırlanabilir. Fiziksel aşınma gibi akışla ilişkili faktörler de organizmaların otlanma aktivitesi kadar alg topluluklarının biyomasını ve taksonomik kompozisyonunu etkiler. Otlamanın yüksek olduğu yerlerde taşlar üzerindeki küçük yapışık diatomlar fazla, az olduğu yerlerde ise saplı, dik ve filamentöz algler baskındır (Winternbourn ve Townsend 1980).

Çoğu insekt larvası ince ve partikül detritusla birlikte alg de tüketirler. Dolayısıyla beslenme tipleri herbivor ve detritivor arasında olup, açık değildir. Bununla birlikte, gastropodlar, helicophysid larvaları ve çeşitli ephemeropterler gibi bazı türler için önemli bir besindir. Diptera'dan chironomidler alglerle mutualistik yaşam gösterirler. Kendi yüzeyleri ile diatom topluluklarının gelişimini teşvik ederler. Akarsular çeşitli karnivor organizmalar için bir barınaktır. Yassıkurtlar ve sülükler, gastropodlar, ve chironomid

larvaları ile beslenirler. İnsekta'ların 10 takımı da akarsuların temsilcisi olup, bazıları karnivor olup, Plecoptera gibi dip yapısı taşlı olan derelerin karakteristik predatörüdürler. Balıklar ise en büyük ve yaygın omurgalılar olup, çoğunlukla karnivordurlar (Winterbourn ve Townsend 1980).

Akarsularda akış yüksek olduğunda, akış yatağındaki sedimentte sesil ve taş yüzeyindeki topluluklarda azalma meydana gelir ve akarsuyun alt kısımlarındaki bentik organizmalar yer değiştirir. Bu tip kayıpların önlenmesi için bentik organizmalar sığınak arama davranışı geliştirirler ve çoğu genellikle oyuk oluşturur. Diğerleri akışın daha yumuşak olduğu kıyıları seçerler (Winterbourn ve Townsend 1980). Bununla birlikte, hızlı akışla birlikte makro omurgasızların sürüklenmesinin davranışsal olduğu bildirilmiştir (Brittain ve Eikland 1988).

Çoğu tür bu sürüklenme davranışında ışık yoğunluğunun değişimi ile başlayan geceleri pik oluşturan birkaç metrelik mesafede günlük hareket yapsa da Ephemeroptera, Diptera, Plecoptera *Baetis*, Trichoptera gibi gruplar toplam bentos içinde %1 lik kısmı oluştururlar ve salmonidler de bu davranışı beslenmeleri için avantaj olarak kullanırlar. (Allan 1995, Winterbourn ve Townsend 1980).

### **2.3 Akarsu Ekosisteminde Makroomurgasızların Fonksiyonel Beslenme Grupları**

Makro omurgasızlar sularda alg ile mikroorganizmalar arasında bir zincir olup, primer besin kaynağı olarak hizmet ederler ve aynı zamanda balıkların da avını oluştururlar. Yenilenme hızları, küçük ve kısa yaşam süreleri olan mikroorganizmalara göre daha uzun ve yaşam döngüsü daha yavaş olan büyük balıklara göre hızlıdır.

Akarsuların değişken çevresel koşulları nedeniyle, bentik omurgasızlar beslenebilmek için detritus, perifiton, makrofitler ve av gibi kategorize edilen besin kaynaklarını zorunlu veya isteğe bağlı olarak kullanabilmek için çeşitli düzenlerde morfolojik ve davranış mekanizmaları geliştirirler. Zorunlu beslenme gösterenler, uygun besin olmadığında kaybolurlar, tercihan beslenenler ise ortamda bir karışıklık olduğunda tolerans

gösterebilirler. Çeşitli fonksiyonel grupların varlığı ve bolluğu ve zorunlu ya da tercihan beslenenlerin baskınlığı, gerekli besin kaynaklarının nitel ve nicel olarak varlığından ve ilgili çevresel koşullardan doğrudan etkilenir (Cummins 1994).

Omurgasızlar temelde 5 beslenme grubunda toplanırlar; **Öğütücüler**, özellikle karasal kökenli askıda iri partiküllerle ve canlı makrofitlerle beslenirler. Akarsuların üst kısımları ormanlık alanlardan aşağı doğru akarken, karasal kökenli girdilerin içindeki iri tanecikli organik maddeleri de kendisine katar. Bu detrital materyal çoğu akarsu detritivoru için önemli bir enerji kaynağıdır. Öğütücülerin iri tanecikli organik maddeleri ince tanecikli ve çözünmüş organik maddeye dönüşümünü sağladıkları (Meyer ve O'Hop 1983), bu dönüşüm oranının % 30 olduğu (Cummins 1974) bildirilmiştir. Bununla birlikte, öğütücü insektlerin iri tanecikleri sindirim etkinliği daha düşüktür. Akarsuların alt kısmına taşınan ince tanecikli organik madde daha çok yapraklardan kaynaklanır. **Kazıyıcılar**, akarsuların alt kısımlarında ince tanecikli organik maddenin sedimente geçişini artırır ve perifitonla beslenirler. Örneğin *Sericostoma personatum* geceleri iri tanecikli organik madde ile yüzeyden beslenirken, gündüzleri akarsu yatağında oyuklar açar (Allan 1995, Wallace ve Webster 1996). Tricoptera larvaları gibi kazıyıcı herbivorlar da ilkbaharın sonlarına doğru beslenmek için makrofitleri kullanırlar ve yazın akarsuyun aşağı kısımlarında yaprak girdileri azalır ve iri tanecikli organik madde miktarı düşük olur (Jacobsen 1993). **Toplayıcılar**, su sütunundan ince partikülleri (<1mm) süzerek veya sedimenti tarayarak veya yüzeydeki birikenlerle beslenirler. Toplayıcılar akarsu makroomurgasızlarının içinde en yoğun bulunanlardır ve chironomidler predatör insektlerin midelerinde sıkça bildirilen toplayıcılardandır. İnce tanecikli organik maddelerin sürekli depozit ve süspanse halde olması dipten beslenen toplayıcı organizmalar için akarsuyun alt kısımlarına gitmeleri açısından olumsuz etki yapar. Makroomurgasızların beslenme aktivitesi tortulaşmayı etkiler. Süzücülerin partikülleri süspansiyon içinden uzaklaştırmak için özelleşmiş seta, ağız parçaları gibi anatomik yapıları vardır. Çoğu Trichoptera süzerek beslenmenin yanı sıra predatör olarak da besinlerini alırlar. Bazı Ephemeroptera, Philopotamidae gibi Trichoptera üyeleri, Simuliidae ve bazı Chironomidae gibi Diptera üyeleri seston içinde baskın olan 1-50µm çaplı partikülleri tüketirler. Bivalvler ise 1-10 µm çapında daha küçük partiküllerle beslenirler. Philopotamida, Simuliidae ve Bilvalve gibi bazı süzerek beslenenler çok

küçük partikülleri tüketerek partikül büyüklüğünü artırabilir ve tükettiklerinden daha büyük fekal partiküller üretirler. Bu hayvanların iki önemli fonksiyonları vardır; süspansiyondan ince partiküllü organik maddeleri uzaklaştırırlar ve fecesler yoluyla çıkan daha büyük partiküller depozit beslenen detritivorlar için besin sağlar. **Süzücüler**, askıda organik maddelerin akarsuyun alt kısımlarına taşınmasını geciktirirler. Büyük partikülle beslenen Trikoptera'dan hydropsychidler diatom ve sürüklenen hayvansal organizmalar gibi daha yüksek kaliteli besin maddelerini seçerler. Bu seçicilik ve genellikle hydropsychidlerin az miktarda sestonu uzaklaştırması süspansiyondaki partiküle organik madde tipi ve miktarı üzerinde olumsuz etkisi varmış izlenimi uyandırır. Süzerek beslenenlerin askıda organik madde üzerindeki etkisine ilave olarak, süzücüler lokal bentik topluluğu da şekillendirebilirler. **Predatörler** hayvansal dokularla beslenirler, avlarının tamamını ya da parça parça vücut kısımlarını tüketirler (Cummins 1994, Wallace ve Webster 1996).

Bu fonksiyonel gruplar, ortamdaki besin tipinden çok öncelikle beslenme biçimleri veya besin temin etme sistemleri ile ilgilidir. Örneğin, yüksek irtifalı akarsularda çoğu süzerek beslenen insektler esasen karnivordurlar. Kazıyıcılar sadece öncelikle yüzeylerdeki alglerin yanında diğer organizmaları da tüketirler. Öğütücüler mantar ve bakterilerin kolonize olduğu yaprakları seçerken yaprakların üzerindeki algleri protozoalar gibi çeşitli organizmaları beslenme esnasında tüketirler (Cummins 1994).

Habitat kalitesi açısından bakılacak olursa, otlayıcılar ve toplayıcılar habitat kalitesi düşük akarsularda bol ve yaygın bulunurken, kazıyıcılar ve öğütücüler kirliliğe duyarlı olup, habitat kalitesi yüksek sularda bol bulunurlar (Hynes 1970).

Akarsuların fiziksel çevresi, mevcut besinin tipi ve formu kadar organizmalar üzerinde de birçok sınırlamalar yapar. Akarsu kanalının substratı ve akışkanlığı gibi fiziksel farklılıkları, lokal biyotik çeşitliliği, besin maddelerinin dağılımını, makrofit dağılımını, organik maddenin tutulumunu ve dağılımını, av-avcı ilişkilerini, dağılım sırasında sığınak alanlarının varlığı veya yokluğunu ve fonksiyonel beslenme grupları ile hidrolik parametrelerin bağlantısını gösteren omurgasızların sekonder prodüksiyonunu etkileyen önemli bir etkidir. Akış parametreleri, kaynak varlığı, solunum ve sıcaklık

gereksinimleri, rekabet ve predasyon gibi biyotik etkileşimler arasındaki bağlantılar, çeşitli akarsu ekosistemlerinin yapısını ve fonksiyonunu etkiler (Wallace ve Webster 1996).

## **2.4 Akarsuların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

Akarsular akıda katı madde, çözünmüş iyonlar, çözünmüş besin maddeleri, gazlar ve iz elementleri içerirler. Çözünmüş gazlar olarak oksijen ve karbondioksit özellikle önemlidir. Küçük ve türbülanslı derelerde oksijen ve karbondioksit konsantrasyonları, sıcaklık ve parsiyal atmosferik basıncın etkisiyle dengede kalır. Fotosentetik aktivite özellikle filamentöz alg veya makrofit içeren sularda oksijeni doymuş düzeyin üzerine çıkarabilir, gün ve gece arasında belirgin dalgalanmalar meydana gelebilir. Solunum ise oksijeni azaltarak, karbondioksiti artırarak tersi bir durum oluşturur. Organik atıkların yüksek düzeyleri oksijeni yaşamı devam ettirecek düzeylerin altına indirebilir ve karbondioksiti çoğu zaman atmosferik parsiyal karbondioksite yükseltebilir. Bununla birlikte, birçok faktör akarsuların kimyasal kompozisyonunu etkiler ve kimyasal kompozisyonlarını değişken yapar. Bu değişkenlik suyun aktığı bölgedeki aşınan kayaçların tipine, yağışın kompozisyonu ile birlikte miktarına ve akarsuyun denize yakınlığına göre şekillenir. İlaveten, insan kaynaklı çeşitli kirleticiler de etkiler. Akarsu kimyası da, akış rejimi, yağış girdisi ve biyolojik aktivite gibi geçici mevsimsel değişikliklerin çoklu etkisine göre de değişir (Allan 1995).

### **2.4.1 Akıntı**

Suyun akışkanlığı fiziksel faktörlerle birleştiğinde akarsulardaki organizmaları etkileyen en önemli çevresel faktördür denebilir. Akıntının hızı substrattaki partikül büyüklüğünü etkiler. Akıntı, besin maddelerini ve besleyici elementleri dağıtarak ve uzaklaştırarak, besin kaynaklarını etkiler. Su ortamında akıntı bir güç olarak ekolojik dağılımı belirler ve anatomik ve davranışsal adaptasyonları şekillendirir. Akarsuyun biyota üzerindeki etkileri komplekstir. Akışın yanı sıra organizmanın yaşam uzunluğu, şekli, büyüklüğü, bu hidrodinamik güçlerden nasıl etkilendiğinin göstergesidir. Örneğin, su sütunundan partikülleri yakalayarak beslenen insektlerden *Hydropsyche instabilis* akışın 15-

100cm/sn olduğu yerlerde bulunurken, *Plectrocnemia conspersa* akış hızı 0-20 cm/sn olan sularda görülürler (Allan 1995)

Sucul makroomurgasızlar, akıntılı kesimlerde ortama adapte olabilmek için bazı değişimler geçirmişlerdir. Örneğin *Rhithrogena* ve *Baetis* gibi makroomurgasızlar akışın baskısını engellemek ya da direnç göstermek için taşların altına girebilecek şekilde vücutları sırt-karın istikametinde dairesel formda yassılaşıarak adaptasyon göstermişlerdir. Bazı Diptera türlerinin (*Liponeura* sp.) karın kısımlarındaki bir sıra halinde 6 adet vantuz, en akıntılı zonlarda bile tutunmalarına imkan sağlar (Cirik ve Cirik 1991, Allan 1995).

#### 2.4.2 Sıcaklık

Akarsularda sıcaklık; yüksekliğe, iklime, atmosfer şartlarına, akıntı hızına, nehir yatağının yapısına yeraltı suları girdisine göre mevsimsel ve günlük olarak lokasyonlar içinde değişir. Akarsuların sıcaklıkları belli koşullar altında stabil olabilir. Yeraltı suyunun sıcaklığı genellikle yıllık ortalama hava sıcaklığından 1°C fark eder ve yeraltı suyu girişinin önemli olduğu kaynaklarda ve akarsuyu besleyen kollarda, mevsimsel sıcaklık değişimi hafif olacaktır. Akarsularda su sıcaklığındaki mevsimsel değişimler, aylık ortalama hava sıcaklığının mevsimsel eğilimini takip eder. Kış mevsimi dışında sıcaklık 0°C'nin altına düşmez. Ilıman bölgelerdeki yıllık sıcaklık değerleri 0°C ve 25°C arasında değişir. Yüksek yerlerdeki akarsuların maksimum sıcaklığı nadiren 15°C'yi geçer. Küçük akarsularda hava sıcaklığındaki gün ve gece değişimlerinden dolayı, günlük sıcaklık dalgalanmaları gözlenir (Allan 1995).

Organizma gruplarının dağılımları bulundukları yüksekliğe göre belirli sıcaklık aralığındadır. Örneğin, yüksek ve nisbeten soğuk akarsularda Trichoptera ve Plecoptera'ya daha ılıman sularda ve alt kısımlardaki sularda Odonata'ya rastlanır. Dar sıcaklık aralıklarında yaşayabilen organizmalar stenotermal, geniş sıcaklık aralıklarında yaşayanlar ise eurotermal olarak isimlendirilirler. Sıcaklıklara göre tür değişimine ilave olarak enlemsel ve boylamsal değişimler boyunca hareket yıl içindeki generasyon sayılarındaki değişimle sonuçlanır. *Rhyacophila evoluta* gibi aynı tür yaşam süresinin

ılıman koşullarda bir yılda tamamlarken, daha soğuk bölgelerde 2-3 yıl gerekir. Yılda bir generasyon tamamlayan tek döl veren türlerin yanısıra, yılda iki kez ya da daha fazla döl veren türler vardır. *Baetis* cinsine ait türler yüksek akarsularda yılda bir kez döl verirken, aşağı kısımlarda birden fazla döl verir. Bunun yanısıra, sıcaklık vücut büyüklüğünü ve dolayısıyla fekonditeyi etkiler. Vücut büyüklüğü ve fekondite arasında doğrusal ilişki olup, *Ephemerella dorothea* soğuk sulara ılıman bölgeler göre iki kat büyüklüktedir (Allan 1995).

### 2.4.3 Çözünmüş oksijen

Oksijen sudaki metabolik olayların düzenleyicisi olmasından dolayı çok önemlidir (Allan ve Castillo 2007). Oksijenin suda çözünürlüğü düşük olduğundan sudaki oksijen miktarı havaya oranla daha azdır. Bir kaynaktan, yeraltı suyundan ya da sızıntılardan sağlanan sularda çözünmüş oksijen oldukça fakirdir. Yüzey suyu hızlı ve kuvvetli aktığı zaman suyun oksijen içeriği artmaktadır. Kaynak sularında oksijen miktarı düşüken, akarsuların üst kesimlerinde oluşturdukları şelaleler nedeniyle yüksek, alt kesimlerde ise kirlenme nedeniyle yine düşük seyreder. (Özcan 2013). Bununla birlikte, akarsularda biyolojik aktiviteyi sınırlayıcı parametre değildir. Ancak yüksek sıcaklık ve düşük akış gibi belli koşullarda kritik çevresel parametre olur (Allan 1995).

### 2.4.4 pH

Çoğu endüstriyel atıklar alkali ya da asidiktir ancak diğer etkenler akarsu toplulukları üzerinde pH'ın doğrudan etkisinin belirlenmesini zorlaştırır. Azalan pH ile ölüm oranının arttığı veya yumurta gelişiminin başarısız olduğu gibi pH'nın doğrudan fizyolojik etkileri, arazi ve laboratuvar araştırmaları ile ortaya konmuştur. Arazi çalışmaları genel olarak pH'nın düşük olduğu suları Plecoptera, Trichoptera üyelerinin, Ephemeroptera ve Diptera üyelerine göre daha fazla tolere ettiğini ortaya koymuştur (Allan 1995). Gastropodlar pH 7'nin üzerinde görülürken, çift kabuklular pH 5,6-8,3 aralığında bulunurlar. Insektlerden Coleoptera geniş tolerans aralığına, Helminthler pH 4,5-8,5 aralığına tolerans gösterirler. Chironomidae (Diptera) pH>8,5 ve pH<4,5'da egemen olurken, Orthocladinae familyasına rastlanmaz. Bazı Plecoptera, Trichoptera ve

Hemiptera üyeleri yüksek pH'ya, bazıları da düşük pH'ya toleranslıdır (Hawkes 1979). Bununla birlikte, akarsulardaki asidifikasyon besin mevcudiyetindeki değişim yoluyla biyotayı dolaylı olarak etkiler. Örneğin Ephemeroptera'dan *Ephemerella ignita* laboratuvar koşullarında pH 4,8'de yaşarken, doğada aynı pH'da yaşamadığı ve bu durumun düşük pH'lı akarsularda alg gelişimin yetersiz olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Dolayısıyla, ortamdaki besin mevcudiyeti *E. ignita*'nın dağılımında su kimyasına göre daha sınırlayıcı olmuştur (Willoughby ve Mappin 1988).

#### **2.4.5 Elektriksel iletkenlik**

Suyun elektrik akımını iletebilme yeteneği olan elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş iyon konsantrasyonunu belirler. Bunlar çözünmüş inorganik iyonlar olup, organik iyonların elektrik iletkenliği zayıftır. Organik maddenin varlığı suların elektrik iletkenliğini düşürür. Elektrik iletkenliği, sıcaklıkla ilişkilidir ve 25°C'de ölçülür. Akarsularda elektrik iletkenliği alanın jeolojisinden, yağış miktarından, yağış suyunun kompozisyonu ve denize yakınlıktan etkilenir. Örneğin, granit kayaçların olduğu akarsularda, granit çözünmediği için elektrik iletkenliği düşüktür. Diğer taraftan, killi tabanı olan sularda çözünebilirlik yüzünden bu değer yüksektir. Bununla birlikte, antropojenik kirleticilerde önemli rol oynarlar. Klorür, fosfor ve nitrat içerikli atıkların girişinde elektrik iletkenliği düşüktür. İçsu balıkçılığında elektrik iletkenliğinin akarsularda 150-500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında olması gerektiği, bu değerlerin altı ve üstünün balık ve makro omurgasızlar için uygun olmadığı bildirilmiştir. Akarsuların çoğunda normal koşullar altında elektrik iletkenliği değeri sabit bir aralıktadır. Bu aralıktan sapmalar çeşitli kirleticilerin akarsuya karıştığı konusunda bir uyarı sağlar dolayısıyla sucul canlılar içinde önemlidir. Düşük elektrik iletkenliği olan sulardaki canlılar, kendi iyon konsantrasyonlarını ortamdakine yaklaştırarak korumaya çalışırlar (Anonymous 2017).

#### **2.4.6 Askıda katı madde**

Askıda katı madde, genellikle sediment maddeleri, kaya zerreleri, çamur veya kil mineralleri, kolloidal organik madde parçaları ve planktonlardan ibarettir. İnsan faaliyetleri sonucu olarak yüzey sularındaki askıda katı maddelerin miktarı artabilir. Aynı

zamanda tarım arazilerinde meydana gelen erozyon da askıda katı madde miktarını arttırır. Suda bulunan toplam askıda katı madde belli bir miktardan sonra genellikle suyun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olur. Dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, toksisitesini artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak fauna ve flora üzerine çökerek su canlılarına zarar verir. Askıda katı maddenin etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, su canlılarının cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir.

Askıda organik madde, akarsu içinde ölmüş makrofit parçalarından, hayvan feçesinden, çözünmüş bileşiklerin hücre dışı bırakılan çözünmüş bileşiklerinden ve akarsuya dışardan taşınan yapraklardan, toprak parçalarından ve toprak suyunda çözünmüş bileşiklerden oluşur. Askıda organik madde kendi içinde 1mm'den büyük partiküller (CPOM), 0,5 µm-1mm arasında olanlar (FPOM) ve 0,5 µm'den küçük olan çözünmüş organik madde (DOM) olmak üzere gruplandırılırlar (Allan 1995).

Akarsularda askıda organik maddenin yoğun olduğu durumlarda ışığın geçişi azalır, primer prodüksiyon etkilenir, doğrudan ya da dolaylı alg ve bitkilere bağımlı olan makroomurgasızların gelişimini yavaşlatır ya da yok eder. Daha az yoğun olduğu durumlarda seçici etki göstererek *Hydropsyche* ve *Simulium* gibi süzerek beslenen organizmaları etkilerler. Askıda maddenin en önemli etkisi tabana çöktüğünde ortaya çıkar. Akarsuların sığ ve akışın hızlı olduğu bölgelerde Ephemeroptera, Trichoptera ve Plecoptera üyeleri kaybolurlar, yerlerini siltte yaşayan Oligocheata, Chironomid larvaları ve gastropodlara bırakırlar. Dolayısıyla askıda katı maddenin bentik makroomurgasız üzerine etkisi tür kompozisyonunu ve türlerin bolluğunu değiştirmesi yönündedir (Hawkes 1979).

#### **2.4.7 Klorofil *a***

Sucul ekosistemlerde fitoplankton yoğunluğunun en iyi göstergelerinden bir tanesi klorofil *a* miktarıdır. Fitoplankton popülasyonları akarsuların alt kısımlarında akışın yavaş olduğu ve suyun tutulumunun yeterli olduğu yerlerde daha çok gelişim gösterirler. Fitoplankton gelişimini sınırlayan kritik faktör besin elementlerinden çok ışıktır. Işığın

penetre ettiği derinlik, geniş ve bulanık olan akarsu yatak derinliğinin kk bir kısmıdır. Su stunu iyice karıştığı için çoğu zaman ışık ulaşamaz veya fitoplankton oluşumu azdır. Fotosentez için fitoplankton popülasyonları, sığ bölgelerden ve gllerin taşkın alanlarından giriş olmadıkça kendilerini devam ettiremezler. Dolayısıyla akarsularda fitoplankton biyoması düşüktür (Allan 1995).

#### **2.4.8 Besin elementleri; azot ve fosfor**

Besin maddesi konsantrasyonu, fitoplankton bolluğu ve gllerin trofik durumu hakkında bilgi verir ve akarsu ekosisteminin verimliliğini de belirleyicisidir. Tatlısulardaki znmş materyalin miktarı ve kimyasal kompozisyonu bölgenin jeolojisinden ve yağmurdan dolayı lokasyona, mevsime ve insan etkisine göre değişir. Maybeck'e (1982) göre anthropojenik etkilerin minimal olarak düşünüldüğü ılıman bölgelerde küçük akarsularda, tropik ve subtropik bölgelerdeki büyük akarsularda tahmin edilen azot ve fosfor düzeyleri doğal seviyelerde olup, bu sistemlerdeki besin maddesi konsantrasyonları yağmur suyundaki ile benzerdir. Çözünmüş fosforun doğal düzeyi düşük olup, ortofosfat için 0,01 mg/l ve toplam çözünmüş fosfor için 0,025 mg/l civarındadır. Çözünmüş inorganik azotun (amonyum, nitrit, nitrat) doğal düzeyleri de insan etkisinin olduğu akarsularla karşılaştırıldığında düşük olup, 0,12 mg/l civarındadır ve nitrat en büyük fraksiyon olup, amonyak %15 ve nitrit %1 civarındadır. Akarsuların aşağı kısımlarında antropojenik etkilerden dolayı besin maddesi konsantrasyonları daha yüksektir. Tarımsal faaliyetler ve yerleşim yerleri akarsuların alt kısımlarında yoğunlaşır. Nitrat değerleri zirai gübrelerden, fosfor düzeyleri ise evsel atıklardan dolayı yükselir (Allan 1995). Balıklar ve diğer su canlıları için nitratın toksisite sınırı 3-13 g/l, nitritin ise 20-30 mg/l'dir. Daha yüksek değerler balık ve diğer canlılarda olumsuz etkilere yol açmaktadır (Yetik 2007).

#### **2.5 Su Kalitesi İndikatörü Makroomurgasızlar**

Bir su kaynağında; evsel atıklar ile hayvansal ve bitkisel atıkları içeren endüstriyel atıkların suya karışmasıyla sudaki oksijenin azalması, alglerin ve su içi bitkilerinin aşırı büyümesine neden olacak besleyicilerin belli düzeylerin üzerinde bulunması, deterjan ve

pestisit gibi sentetik organik kimyasalların karışması, madencilikten kaynaklanan minerallerin, inorganik kimyasalların, fabrika atıklarının, petrol işletmeleri ve tarımsal aktivitelerden karışımların olması durumunda su kirliliği var demektir. Dolayısıyla, su kirliliği bir su kaynağının doğal yapısının herhangi bir kimyasal veya fiziksel etmen tarafından etkilenerek bozulmasıdır. Bununla birlikte organik maddelerin suya karışması ile ortaya çıkan organik kirlilik en çok rastlanılan en çok araştırılmış su kirliliği tipidir (Kazancı vd. 1997).

Bentosun içinde/üzerinde ve su bitkileri gibi objeler üzerine yapışarak yaşayan makroomurgasızlar, suyun genel kalitesini en iyi şekilde yansıtan değerli indikatörlerdir ve önemleri akarsudaki olumsuz etkileri değerlendirirken artmaktadır. Makroomurgasızlar ağır metallerin, insektisitlerin ve organik madde birikiminin izlenmesinde kullanılırlar ve sucul biyotanın diğer bileşenleri gibi lotik ve lentik ekosistemler üzerindeki antropojenik etki derecesini ortaya koyar. Su kalitesindeki herhangi bir değişim bentik makroomurgasızlardaki değişimle sonuçlanır (Hawkes 1979, Wallace ve Webster 1996).

Cummins (1994), alıcı ortamlarda organik yüklemenin oksijen yetersizliği nedeniyle omurgasızları etkilediğini belirtmiştir. Organik kirlenmeye takım düzeyinde en toleranssız grup Plecoptera, en toleranslı olanlar ise özellikle kirlenmenin şiddetli olduğu durumlarda egemen olan Oligochaeta üyeleridir Mollusca, Chironomid larvaları ve Hirudinea organik kirlenmeye genel olarak toleranslıdır ancak tolerans durumları tür düzeyinde değişir. Çoğu sülükler organik kirliliğe toleranslı olup, oksijensiz ortamlarda uzun süre dayanabilirler. Ancak, kirli sularda dağılımlarını etkileyen en önemli faktör ortamda konakçı veya avlarının olmasıdır. Örneğin, *Piscicola geometra* bir balık paraziti olup, balıksız ortamlarda bulunamaz. *Glossiphonia complanata* su sümüklüleriyle, *Helopdella stagnalis* *Asellus aquaticus* ile, *Erpobdella octoculata* Oligochaeta ve Chironomid larvaları ile beslenirler. Crustaceae sınıfından *Gammarus pulex* ve *Asellus aquaticus* organik kirlenmeye farklı reaksiyonlar gösterirler. *G. pulex* sularda düşük çözünmüş oksijene tolerans göstermezken, organik kirliliğe maruz kalan akarsuların sadece sığ ve hızlı akan bölgelerinde yaşayabilirler. *Asellus aquaticus* ise düşük çözünmüş oksijen koşullarına toleranslıdır. Ephemeroptera (Ephemerallidae ve Caenidae

dışında) ve Trichoptera organik kirlenmeye tolerans göstermeyen diğer gruplardır. Odonata üyeleri yavaş akan bölgelerde bulunurlar ve organik kirlenmeye toleranslıdırlar. Hemiptera, Coleoptera, Diptera takımlarının organik kirliliğe karşı toleransları tür düzeyinde değişir. Mollusklardan *Lymnaea* ve *Physa* düşük oksijen koşullarına en toleranslı cinslerdir (Hawkes 1979, Reynoldson ve Zarull 1989, Whitehurst ve Lindsey 1990, Richards vd. 1997, Yıldız ve Kırkağaç 2001).

Organik zenginleşmeye karşı farklı taksonlarla çok geniş aralıkta reaksiyon göstermeleri dolayı ile biyolojik izlemelerde tercih edilen makro omurgasız gruplar aşağıda verilmiştir (Hawkes 1979);

**Platyhelminthes:** Planarılar organik zenginleşmeye toleranslı organizmalar değildirler. Ancak *Polycelis nigra* ve *Dendrocoelum lacteum* diğer türlere göre daha toleranslı olup, hafif kirli sularda görülürler. Organik kirlilikte planaraların dağılımını etkileyen faktörleri belirlemek zordur. Bazı türlerde sıcaklık dağılımlarını sınırlarken, diğer türlerinin dağılımını belirleyen faktör olarak oksijen önem kazanmaktadır. Organik zenginleşme oksijenin azalmasına neden olmuyorsa, organik madde konsantrasyonlarını tolere edebilen türlerin popülasyonları artma eğilimi gösterebilir.

**Annelida:** Oligochaeta gibi gerçek kurtların çoğu organik zenginleşme ile şiddetli kirlilik durumlarında baskın omurgasız olurlar. *Tubifex* en toleranslılardır. Çoğu sülük organik kirlenmeye toleranslıdır ve uzun süre oksijensiz koşullarda kalabilirler. Kirli sularda bile dağılımları oksijen konsantrasyonu ile sınırlı değildir. Sülüklerin dağılımını belirleyici en önemli faktör onların konak veya avlarının ortamda olma durumudur. *Piscicola geometra* balık paraziti olup, sadece balık olan sularda bulunurlar. *Glossiphonia complanata* gastropodlarla beslenirler, *Helobdella stagnalis*, *Asellus aquaticus* ve *Erpobdella octolucata*, organik zenginleşmenin olduğu sularda ortaya çıkan oligoket ve chironomid larvaları ile beslenirler.

**Crustacea:** Bentik crustacealardan en yaygın olanları *Gammarus pulex* ve *Asellus aquaticus*'dur. *Gammarus pulex* düşük oksijen konsantrasyonlarına daha az tolerans gösterir ve organik kirlenme ile baskılanır. Bununla birlikte organik yükü olan ancak

oksijeni yeterli olan taşların altında veya açıklıklarda yaşamlarını sürdürürler. *Asellus aquaticus* düşük oksijen konsantrasyonlarına toleranslıdır ve oksijenin yeterli olmadığı yerlerde *Gammarus*'un yerini alır. *Asellus meridianus* ise besin elementlerince düşük olan sularda ortaya çıkar.

**Plecoptera:** Bu gruba ait familyalar düzeyinde organik zenginleşmeye karşı tolerans farklılıkları olabilir. Leuctridae, Capniidae ve Nemouridae familyaları diğer familyalara göre daha toleranslı türleri kapsar.

**Ephemeroptera:** Organik zenginleşmeye tolerans göstermeyen gruptur. *Baetis rhodani* ve diğer *Baetis* türleri organik zenginleşmeye karşı tolerans gösteren istisnai türlerdendir.

**Odonata:** Daha çok yavaş akan ve düşük oksijen konsantrasyonları olan sularda bulunurlar.

**Trichoptera:** Organik kirliliğe toleransı olmayan bir diğer gruptur. Bunlardan *Hydropsyche angustipennis* diğer türlere göre daha toleranslıdır. *Rhyacophila*, *R. dorsalis* türü dışında benzer toleransı gösterir.

Hemiptera, Coeloptera ve Diptera gibi diğer invertebratlar karakteristik tolerans göstermezler. Türlerinin kendilerine özgü tolerans düzeyleri vardır. Diptera içinde en toleranslı tür, Chironomidae familyasıdır, en toleranslı tür ise *Chironomus riparius*'dur. Diğer türleri *Limniphora*, *Atherix*, *Pedicia*, *Dicronata* ve *Tipula* gibi besin elementlerince fakir sularda ortaya çıkar. Bunlardan hava solunumu yapan *Tubifera tenax* ise yine en toleranslı türdür. Simuliidae familyası da toleranslı türlerdendir.

**Molluska:** *Lymnea pereger* ve *Physa* gibi hava solunumu da yapabilen pulmonat gastropodlar düşük oksijen şartlarına solungaç solunumu yapan prosobranchlara göre daha toleranslıdır. Yine bivalvlerden küçük olanları büyük olan tatlısu midyelerine göre daha toleranslıdır.

## 2.6 Biyotik ve Çeşitlilik İndeksleri

Bentik makroomurgasızların nitel ve niceliğine ilişkin veriler, gerek örnek alınan istasyonları karşılaştırmak, gerekse istasyonlarda ki bentik makroomurgasızların kirliliğe karşı tepkilerini ortaya koyan biyotik ve çeşitlilik indekslerinin hesaplanmasında kullanılır (Zischke vd. 1992, Kırkağaç ve Köksal 2004).

### 2.6.1 Biyotik indeksler

Akarsuların kalitesinin belirlenmesinde, taban makro omurgasızları esas alan birçok biyotik indeks geliştirilmiştir. Biyotik indeks kirlilik belirtisi taksonomik grupların sayısal olarak ifadesidir ve çeşitli bentik makroomurgasızlara verilen tolerans değerlerine bağlıdır. Çoğu biyotik indeks familya düzeyinde verileri kullanmak üzere geliştirilmiştir. En yaygın kullanılanları Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Sayısı (Biological Monitoring Working Party Metodu-BMWP) , Trent Biyotik İndeksi(TBI), Familya Biyotik İndeksi (FBI), Belçika Biyotik İndeksi (BBI), Alman Biyotik İndeksi (ABI), Chandler Skoru, Saprobik İndeksi (SI) gibi değişik biyotik indeksler kullanılmaktadır.

Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi (BMWP) İngiltere'deki tüm akarsuların biyolojik olarak araştırılmasına bir temel sağlamak amacıyla, zamana göre makro omurgasız değişimi izlemek ve bölgeler arasında karşılaştırma yapmak üzere 1978 yılında geliştirilmiştir. Chandler skor sisteminin basitleştirilerek standardize edilmesiyle oluşturulmuş ve Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Sayısı olarak adlandırılmıştır. Bu yöntemde taksonomik birliği sağlamak için familya düzeyinde teşhisler tercih edilmiş ve bolluk faktörü göz önüne alınmamıştır (Metcalf-Smith 1994, Kazancı vd. 1997). Bu sistem sığ ve hızlı akıntılı sularda kullanılabileceği gibi derin ve yavaş akım hızına sahip sulardaki bütün örnekleme noktaları için uygun olup, arazide kolayca uygulanabilir. Toplamaların akarsuların aşınmaya uğradığı bölgelerde yapılması, bu bölgedeki organizmaların çevresel değişikliklere daha hassas olacağından ekolojik durumun doğrudan ortaya konması için dikkate alınmalıdır (Kazancı vd. 1997).

### 2.6.2 Çeşitlilik indeksi

Çeşitlilik indeksleri ise, bir topluluğun çevre kalitesine verdiği tepkiyi açıklayan ve topluluk yapısının üç bileşeni olan tür sayısı (zenginlik-S), türe ait bireylerin dengeli dağılımı ya da farklı familyaların bolluklarının dengelilik-benzerlik durumu (E) ve toplam organizma sayısı (bolluk-N) olarak üç bileşenin kullanıldığı matematiksel ifadelerdir (Zischke vd. 1992). Bununla birlikte, ortamdaki kirletici veya değişimlere karşı hassas olan her türün bireysel dağılımı ve zenginliğini içeren ve heterojenlik indeksi olan Shannon tipi indeks az olan türlere karşı, Simpson tipi indeks ise yaygın olan türlere karşı duyarlıdır (Beals vd. 1999).

Kirlenmemiş çevreler taban büyük omurgasızlar açısından yüksek çeşitlilik veya zenginlikle karakterize edilir. Organik kirlenme, hassas organizmaların yok olmasıyla çeşitlilikte azalmaya, besin maddesi zenginliğinden dolayı toleranslı organizmaların bolluğunda artışa ve dengeli dağılımlarında (E) azalmaya neden olur. Aksine toksik ve asidik kirlenme hem çeşitlilikte ve hem de bollukta azalmaya neden olur. Duyarlı organizmaların yok olmasıyla ve ilave besin kaynağı olmadığı için kalan toleranslı formlarda yaşayamaz. Dengelilik değerleri 0 ile 1 arasında değişir. Organizma bollukları homojen dağılım gösteriyorlarsa değer 1 çıkar. Kirlilik durumu arttıkça denge bozulur ve değer yüksek çıkar. (Zischke vd. 1992, Metcalfe-Smith 1994, Richards vd. 1997). Bir topluluktaki zamana bağlı çeşitlilik varyasyonları mutlak bir çeşitlilik değerinden daha bilgilendiricidir. Topluluğun çeşitliliğini belirlemek, o çevre hakkındaki bilgi düzeyinin sonu değil başlangıç noktasıdır (Ravera 2001). Bir ekosistemde çeşitliliği zamana bağlı izleme, gerektiğinde uyarı sinyali gönderen güçlü bir araç olacağından oldukça önemlidir.

### 2.7 Fırtına Deresi

Türkiye'deki 26 ana su toplama havzasından bir tanesi de Doğu Karadeniz Havzası'dır. Havza'da birbirine paralel irili-ufaklı çok sayıda akarsu ve küçük buzul gölleri bulunmaktadır. Bölgede en önemli akarsular Melet Çayı (Ordu), Harşit Çayı, Fol deresi, Değirmendere, Karadere, Of Solaklı (56 km), Baltacı Deresi, İyi Dere (78.4 km), Pazar

Çayı, Fırtına Deresi (68.0 km), Hemşin Deresi (38,5 km), Çağlayan Deresi (34.7 km), Arılı Deresi (31.5 km), Sabuncular Deresi (46.0 km) ve Kapistre Deresi'dir. Rize akarsularının debileri oldukça fazladır.

Fırtına Deresi, Kaçkar Dağları'nın Karadeniz'e bakan yamaçlarındaki derelerin birleşmesi ile oluşur ve Ardeşen'in yaklaşık 2 km. batısında Karadeniz'e dökülür. Fırtına Deresi'nin ortalama 28.4 m<sup>3</sup>/sn akış ile ülkemizdeki çoğu büyük nehirden fazla su taşımaktadır. Turizm bölgesi olarak 68 km uzunluğundaki Fırtına Deresi, akarsu turizmi (kano-rafting) açısından elverişli parkura sahiptir. Ancak akış rejimi yönünden ilkbahar yağışları ve yaz döneminde Kaçkar dağlarındaki buzullardan beslenen dereye sonbahar ve kış aylarında debi önemli oranda düşmektedir. Rize ilinde yıllık toplam 775,5 ton/yıl Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) ve Gökkuşluğu alabalığı (*Onchoryncus mykiss*) yetiştirilmektedir ve bunun 690 tonu sadece Fırtına deresi üzerindeki 19 adet işletmede yetiştirilmektedir (Kurtoğlu 2013). Bunun yanı sıra, Karadeniz alabalığının en önemli giriş yaptığı ve önemli yumurtlama alanlarını içeren Fırtına Deresi'nin içinden geçtiği yerleşim yerlerindeki (Ardeşen ve Çamlıhemşin) yerel idareler katı ve sıvı atıklarını bu akarsuya bırakmaktadırlar. Bölgede balığın üreme göçünü etkileyecek dış etkenlere karşı korunması en fazla gereken akarsuların başında Fırtına Deresi gelmektedir (Çelikkale vd. 1999, Aydın ve Yandı 2002, Tabak vd. 2002).

## 2.8 İlgili Araştırmalar

Fırtına Deresi'nde bir yıl süreyle aylık olarak suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bulgulara göre bulanıklığın bazı aylarda alabalık yetiştiriciliği için önerilen tolere değerinin üzerine çıktığı, diğer parametrelerin ise uygun olduğu belirlenmiştir. Bulanıklığın bazı tedbirler alınarak giderilmesi durumunda, Fırtına deresinin alabalık yetiştiriciliğinde kaynak olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Alemdağ 1993).

Rize ili sınırları içerisinde kalan Çağlayan, İkizdere ve Fırtına Dereleri'nde Kasım 2013- Temmuz 2014 tarihleri arasında ekolojik durumlarının ve kirlilik yüklerinin araştırıldığı çalışmada, akarsulardan belirlenen toplam 17 istasyonda mevsimsel sıcaklık, pH,

çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde, besin elementleri; nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N), amonyum azotu (NH<sub>3</sub>-N), toplam fosfor (TP), orto fosfat (o-PO<sub>4</sub>), askıdaki katı madde (TSS), permanganat indeksi (organik madde), Anyonik deterjan (LAS), toplam sertlik, klorofil-a, çözünmüş ve askı yükteki metal düzeyleri (Mn, Ni, Cu, Zn, As ve Pb) ise laboratuvarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2012) ve Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği (YSKY, 2015) kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş ve yasal limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir (Akın 2016).

Rize Çiftekavak ve İyidere Dereleri üzerinde Nisan 2010 – Mart 2011 tarihleri arasında yürütülen çalışmada, sırasıyla 6 ve 2 istasyon seçilmiştir. Derelerde belirlenen istasyonlardan su örnekleri aylık olarak alınmış ve taban omurgasızları incelenmiştir. Fiziko-kimyasal su kalite değerlendirmesinde Kıtaçi Su Kalite standartları kullanılırken, taban omurgasızlara göre değerlendirmelerde ise Sİ (Saprobik İndeksi), FBI (Familya Biotik İndeksi), BMWP (Biyolojik İzleme Skor İndeksi), BBI (Belçika Biyotik İndeksi), ASPT (Ortalama Takson İndeksi), TBİ (Trent Biotik İndeksi) ve EPT takson sayısı olmak üzere 7 farklı biyotik indeks kullanılmıştır. Taban büyük omurgasızlardan en baskın takım Ephemeroptera başta olmak üzere, Amphipoda, Tricladida, Coleoptera, Decapoda, Rhynchobdellida, Odonata, Diptera, Trichoptera, Plecoptera, Tubificida ve Arthropoda takımlarına ait 27 takson teşhis edilmiştir. Fiziko-kimyasal veriler ile biyolojik bulguların değerlendirilmesi sonucunda fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalite değerlerinin paralellik gösterdiği görülmüştür. İyidere deresinin biyolojik ve fiziko-kimyasal açıdan kirlenmemiş su kalitesinde olduğu halde Çiftekavak deresinin gerek fiziko-kimyasal gerekse biyolojik verilerin analizine göre yoğun kirlilik tehdidi altında olduğu tespit edilmiştir (Serdar 2012).

Kazancı vd. (2010a), 2006-2008 yıllarında sadece Temmuz ayında Fırtına Deresi üzerinde 12 istasyondan topladıkları bentik makroomurgasız örnekleri ve su kalitesine ilişkin bazı ölçümlerle istasyonların referans habitat kalitesinde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kirkagac vd. (2014), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde İkizdere ve Çağlayan Dereleri'nde antropojenik etkilerin suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve makroomurgasız topluluklarına etkilerinin bir yıl süreyle ve sadece sonbahar ve kış aylarında kaynaktan itibaren derelerin alt kısımlarına doğru seçilen her Dere'den seçilen 5'er istasyonda incelendiği ön araştırmada, su sıcaklığı değerleri Çağlayan Deresi için 6,20-13,20°C, İkizdere için 2,4-12,30°C arasında ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen ve pH değerleri, Çağlayan Deresi için sırasıyla 10,08-12,14 mg/l ve 6,8-7,9, İkizdere için 10,19-12,76 mg/l ve 7,2-8,1 arasında değişmiştir. Elektrik iletkenliği değerleri ise Çağlayan Deresi için 27,9-41,7 mS/cm, İkizdere için ise 35,7-102,4 mS/cm olarak ölçülmüştür. Bentik makroomurgasızlar ise her iki derede Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, Hemiptera, Plecoptera ve Amphipoda takımlarının üyelerinden oluşmuştur. Makroomurgasızların bollukları, derelerin kaynaklarından aşağı kısımlarına doğru, balık çiftliklerinin çıkış suları, turistik tesislerin atıkları, hidroelektrik santrallerinin çıkış suları ve taş kırma yerleri ve evsel atıklar gibi antropojenik etkilerle değişmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon ve Rize İlleri'ne sınırı olan İyidere'nin su kalitesi araştırılmıştır. Çalışma Kasım 2003-Mayıs 2004 tarihleri arasında yapılmıştır. İyidere'nin denize döküldüğü nehir ağzından 30 km iç kısımlara doğru 263 m yükseltiye kadar 10 km aralıklarla seçilmiş 4 farklı istasyondan su örnekleri alınmıştır. Su numunelerinde pH, bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı ( $\text{BOI}_5$ ), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), toplam sertlik, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), amonyum ( $\text{NH}_4$ ), fosfat ( $\text{PO}_4$ ), askıda katı madde ve alkalinite gibi kimyasal ölçümler yapılmıştır. Diğer taraftan akış hızı, su sıcaklığı, suda çözünmüş oksijen, çözünmüş oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk gibi suyun bazı fiziksel özellikleri de ölçülmüştür. İyidere'de yapılan 7 aylık ölçümlerde ortalama su sıcaklığı 7,20°C,  $\text{BOI}_5$  2,40 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ , pH 7,50, elektriksel iletkenlik 57,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , çözünmüş oksijen 11,10 mg/L ve akış hızı ise 2,10 m/s olarak tespit edilmiştir. İyidere sularının fiziksel ve kimyasal tüm özellikleri, su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde (Sınıf 1) yüksek kaliteli su standartındadır. Ancak, genelde iyi bir su kalitesine sahip olan ve herhangi bir kirlilik problemi olmayan İyidere'nin su analiz sonuçları balık yetiştiriciliği açısından değerlendirildiğinde bazı mineral tuzlar bakımından yetersiz olduğu ortaya konmuştur (Verep vd. 2005)

Ağlasun ve Isparta Dereleri'nde Eylül 2006-Ağustos 2007 tarihleri arasında seçilen istasyonlardan aylık periyodlarla suyun fiziko-kimyasal analizi için örnek alınmış ve taban büyük omurgasızları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda taban büyük omurgasızlardan Turbellaria, Gastropoda, Oligochaeta, Hirudinea, Crustacea ve Insecta sınıflarına ait olmak üzere toplam 41 takson teşhis edilmiştir. Elde edilen fizikokimyasal verilerle teşhis edilen bentik organizmalar arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Taban büyük omurgasızlar içerisinde en baskın grup Insecta sınıfı olmuştur. Su kalitesi, fizikokimyasal verilere ve taban büyük omurgasızlara göre her istasyon için belirlenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Ağlasun Deresi ve Isparta Deresi'nde 3 farklı su kalitesi basamağı belirlenmiştir. Fiziko-kimyasal parametrelerden elde edilen su kalitesi sonuçlarının Belçika Biotik İndeksi (BBI)'nden elde edilen su kalitesi sonuçlarını desteklediği belirlenmiştir. Ağlasun Deresi I. ve II. kalite sınıfları arasında belirlenirken Isparta Deresi'nde belirlenen istasyonların aşırı derecede kirli olduğu gözlenmiştir (Kalyoncu ve Zeybek 2009)

Kırkağaç vd. (2004), Bozüyük-Karasu Deresi üzerinde ardarda kurulmuş gökkuşağı alabalık işletmelerinin çıkış sularının alıcı ortamda ki makroomurgasızlar üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, yüksek ürün alınan alabalık çiftliklerinin çıkışlarında, yüksek sayıda Oligochaeta üyelerinden *Tubifex* cinsine ve Chironomid larvalarına rastlanmıştır. Araştırmacılar bu durumun balık dışkılarından ve yenmeyen yemlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. *Gammarus* ve *Asellus* organik kirlenmeye karşı farklı tepkiler vermektir. Araştırmada kirliliğe toleransı düşük olan *Gammarus* cinsine kaynaktan rastlanırken daha toleranslı olan *Asellus*'a ise sonraki bazı istasyonlarda rastlanmıştır. Aynı çalışmada balık çiftliklerinin çıkış sularının çevreye etkilerini tespit etmede Shannon-Wiener indeks (H), tür sayısını (S) hesaplamışlar ve familyalara ait bireylerin bolluklarının dengelilik durumunu (E) belirlemişlerdir. H, S ve E değerleri özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminde kaynak çıkışı olan 1. istasyonda, 11.istasyona (son istasyon) göre yüksek bulunmuştur.

Zeybek ve Kalyoncu (2012), Köprüçay Nehri'nde ortaya koydukları Insecta'dan 79 takson, Crustacea'dan 3 takson, Hirudinea'dan 1 takson, Gastropoda'dan 2 takson ve toplam 21318 birey olan bentik makromurgasızla ilişkin sonuçlara, nehrin kirlilik

düzenini biyotik (BMWP, ASPT) ve çeşitlilik (Simpson, Shannon-Weaver) indekslerini uygulamışlardır. Biyotik indeksleri ve çeşitlilik indeksleri arasında pozitif bir korelasyon belirlemişler ve çeşitlilik değeri nehrin kirli bölgelerinde düşerken, temiz alanlarda artmıştır.

Kalyoncu vd. (2008), Isparta İli'nden doğan ve Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi ve fizikokimyasal parametrelerinin makroomurgasız çeşitliliği üzerine etkilerini 18 ay süreyle araştırdıkları çalışmada, 38 tür düzeyinde 59 tanesi cins düzeyinde olmak üzere 97 takson bulunmuştur. Suyun fizikokimyasal parametrelerinin makroomurgasız çeşitliliği üzerine etkili olduğu, çözünmüş oksijen değeri dışında diğer su kalite parametrelerinin artışının omurgasız çeşitliliğini olumsuz etkilediğini, diğer örnekleme noktalarına göre aylık ve yıllık ortalamalara göre en yüksek çeşitlilik değeri 1. istasyon olarak seçilen kaynak bölgesinde saptanmıştır.

Küçük Menderes Nehri'nin aşağı kısımlarından bentik makroomurgasız örnekleri toplanmış, Mollusca, Arthropoda ve Annelidae'a ait toplam 44 takson saptanmıştır. Yapılan kimyasal ve biyolojik analizler sonucunda Küçük Menderes Nehri'nin su kalite sınıfının "Aşırı Kirli Sular" grubuna girdiği ortaya konmuştur (Balık vd. 2006).

Loch vd. (1996) Amerika'da bir akarsuda hassas olan akarsu insektisit gruplarının tür çeşitliliğini, üç ticari alabalık işletmesinden giren, çıkan ve çıkıştan 1,5 m sonraki sulardan aldıkları örneklerle kıyasladıkları çalışmalarında EPT zenginliği çıkıştan sonra alınan örneklerde daha düşük olup, su kalitesinin bozulduğunu göstermiştir. Tür zenginliğindeki farklılıklar özellikle düşük akış ve yüksek sıcaklık değerlerinde daha fazladır. Kirliliğe toleranslı olan Chironomidae, Simuliidae, Oligochaeta ve Pisidium (Bivalvia:Spharidae) cinslerine ait bolluklar çıkış sularında bütün örnekleme zamanlarında yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte çıkıştan 1,5 km sonra alınan örneklerde tür zenginliği çıkıştan hemen alınan örneklere göre yüksek olup, suyun işletmelere girdiği yerden alınan örneklere göre ise düşüktür.

Kazancı ve Dügel (2000), Köyceğiz Dalyan Bölgesi'nde Yuvarlakçay'da bentik makroomurgasızların dağılımı ve suyun fiziksel-kimyasal değişkenlerini bir yıl süreyle

incelemişler ve fizikokimyasal değişkenlerin sonuçlarına ve bentik makroomurgasızların (Platyhelminthes, Mollusca, Annelida ve Arthropoda) dağılımına göre akarsuda sürekli, hafif ve orta derecede organik kirlilik saptanmıştır.

Türkiye'nin en önemli akarsularından biri olan Yeşilırmak Nehri'nin taban büyük omurgasız faunasının saptanması ve bunlarla birlikte suyun fiziksel ve kimyasal değişkenleri ile birlikte değerlendirildiği araştırmada, bentik makroomurgasızlar Baetidae, Hydropsychidae, Simuliidae, Chironomidae, Gammaridae, Asellidae ve Oligochaeta üyelerinden oluştuğu, düşük tolerans aralığına sahip Capniidae, Leuctridae, Perlidae, Heptageniidae ve Elmidae gibi taksonların bulunmamasının Yeşilırmak Nehri'nin ekolojik kalitesinin düşük olduğunu göstermektedir. Seçilen istasyonlarda beslenme şekilleri açısından taban makroomurgasızların çoğunluğunun toplayıcılardan, kalanı öğütücülerden oluşmuştur. Baraj etkisinde olan istasyonlarda tür çeşitliliği düşük olup, tolerans aralığı geniş olan yaygın taksonlar bulunurken, baraj etkisi olmayan ekolojik kalitesi yüksek olan istasyonlarda ise tersi durum görülmüştür (Kazancı vd. 2010b).

Brezilya'da bir rezervuarda, çevresel kaliteyi belirlemek amacıyla bentik makroomurgasızların incelenmesine ilişkin yapılan çalışmada, petrol rafineri endüstrisi ve şehirleşmenin neden olduğu çevresel etki, bir yıl süresince bentik makroomurgasızların tür zenginliği, çeşitliliği, dengeliliği ve yoğunluğu belirlenmiştir. Rezervuarda toplam 289777 organizma toplanmış ve en yoğun bulunan organizma grupları sırasıyla Chaoboridae (%46), Oligochaeta (%24), Chironomidae larvası (%17) ve Gastropoda (%13) olmuştur. Bentik toplulukların dağılımı ve yapısı düşük tür zenginliği ile yoğunluk ve toleranslı organizmalarda ise yüksek yoğunluk göstermiştir. Bu durum, evsel atıkların bu su ünitesine bırakılmasından ve su kalitesinin bozulmasından kaynaklanmıştır (Moreno ve Callisto 2006).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Araştırma alanı

Araştırma bölgesi olarak seçilen Fırtına Deresi Rize ili içinde yer almaktadır, Ardeşen ilçesine yakın bir konumdadır, coğrafi konum olarak ise;  $41^{\circ} 11' 17''$  N enlemi,  $40^{\circ} 57' 50''$  E boyları koordinatlarındadır (Şekil 3.1). Fırtına Deresi, 68 km uzunlukta ve 798,7 km<sup>2</sup> drenaj alanına ile bölgenin en uzun deresidir. Vadide yıllık ortalama yağış miktarı 1497,6 mm/m<sup>2</sup>'dir. Ortalama debisi ise 28,4 m<sup>3</sup>/sn' dir ve ülkemizdeki çoğu büyük nehirden fazla su taşımaktadır. Yörenin topoğrafik özellikleri sonucu akarsu yamaçlarının dik ve su yatağının fazla eğimli olması nedeniyle yıl boyunca hızlı akmaktadır. Bu da sucul bitkilerin gelişmesine engel olmaktadır (Tabak vd. 2002).



Şekil 3.1.Fırtına Deresi'nin lokasyonu

##### 3.1.2 Sahada ve laboratuvarında kullanılacak araç ve malzemeler

Polietilen şişeler, 1 litre su örneği alabilen,

Multiparametre ölçüm cihazı (CONSORT C5020T MODEL), su sıcaklığı, çözünmüş oksijeni ve elektriksel iletkenlik değerlerini ölçebilen,

Spektrofotometre, 400-800 nm dalga boylarında okuma yapabilen,

Stereo mikroskop, bentik organizmaların teşhisinde kullanılan,

Ekman çamur alma aleti, 15x15 cm boyutlarında, bentik makroomurgasız toplanmasında kullanılan,

Surber örnek alıcısı (250µ göz açıklığında 33x30 cm büyüklüğünde)

Çamur elekleri, göz açıklıkları 250-3000 µm arasında olan bir seri elek,

### **3.2 Yöntem**

Bu çalışma, Kasım 2013- Ağustos 2014 tarihleri arasında, Fırtına Deresi' nin mansabına yakın bölgeden başlamak üzere sahilde denize döküldüğü yere kadar belirlenen toplam 6 istasyondan, alınan örneklerle yürütülmüştür (Şekil 3.2). İstasyonların seçiminde, Fırtına Deresi'nin kaynağa yakın ve mümkün olduğunca çevresel etkilerden uzak olan noktadan başlayarak (1nolu istasyon), yerleşim yerleri ve alabalık tesislerinin olduğu (2 ve 3 nolu istasyon) ve Dere'nin denizle birleştiği (6nolu istasyon) noktalar esas alınmıştır. İstasyonlar arası mesafe 10kmlik mesafelerle istasyonların yeri belirlenmiştir. Çamur ve su örnekleri, mevsimleri temsil edecek şekilde sırasıyla Kasım-Şubat-Mayıs-Ağustos aylarında 4 kez alınmıştır. İstasyonlardan alınan su ve çamur örnekleri aynı gün KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Laboratuvarı'na getirilmiştir.



Şekil 3.2 Fırtına Deresi üzerindeki araştırma istasyonlarının konumu

### 3.2.1 Su örnekleri analiz yöntemleri

Fırtına Deresi'nde belirlenen istasyonlarda sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ve çözünmüş oksijen ( $\text{mg}/\text{L}$ ) değerleri yerinde ölçülmüştür. Su örnekleri 1L'lik polietilen şişelere birkaç kez çalkalanarak örnekleme şişesinde hava boşluğu kalmayacak şekilde alınmıştır.

**Amonyum azotu ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ):** Amonyum iyonunun bazik ortamda Nessler reaktifi ile vermiş olduğu sarı rengin konsantrasyonuna bağlı renk şiddeti DR 3900 spektrofotometre ile ölçülmüştür (Anonymous 1998).

**Nitrat azotu ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ):** Nitrat iyonları ile brucine arasındaki reaksiyon sonucu oluşan sarı renk kolorimetrik olarak, DR 3900 spektrofotometre yardımıyla ölçülmüştür (Anonymous, 1998).

**Nitrit azotu ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ):** Nitrit iyonları ile sülfanilik asidin diazolanması sonucu oluşan diazo bileşiğinin alfa naftilamin ile verdiği kırmızı renk kolorimetrik olarak DR

3900 spektrofotometre yardımı ile ölçülmüştür (Anonymous 1998). Nitrit (NO<sub>2</sub>-N) analizleri DR 3900 Spektrofotometre (HACH) ile gerçekleştirilmiştir.

**Toplam ortofosfat (TO, mg/m<sup>3</sup>):** Askorbik asit metodu ile spektrofotometrik olarak (APHA 1998)'ya göre yapılmıştır.

**Toplam fosfor (TF, mg/m<sup>3</sup>):** İlk kademede (sindirme işlemi) persülfatla parçalama tekniği kullanılarak parçalamayı takiben serbest hale geçen ortofosfat, askorbik asit metodu ile (Anonymous 1998)'e göre tayin edilmiştir.

**Askıda katı madde:** Su örnekleri önceden destile su ile yıkanmış ve 103±2 °C' de 2-3 saat kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş cam fiber filtre kağıtlarından, sudaki madde miktarına bağlı olarak süzölmüştür. Sterilizatörde bir gece 103±2 °C' de tekrar kurutulan filtreler üzerindeki katı madde ile hassas terazide tekrar tartılmıştır (Anonymous 1998).

**Klorofil a:** Bir litrelik su örneklerinin süzöldüğü WHATMAN GF/C kağıtlarının 3-4 saat bekletildikten sonra parçalanmış, bir gece 10 ml % 90'lık asetonda bekletilmiş, santrifüjlenmiş ve ekstraktın optik yoğunluğunun 630, 645 ve 665 nm dalga boylarında spektrofotometrede okunmasıyla yapılmıştır (Strickland ve Parsons 1972).

### 3.2.2 Bentik makroomurgasız örneklerinin incelenmesi

İstasyonlardan toplanan çamur materyali 250 ve 3000µ arasında değişen bir seri elekten süzülerek, toplanan bentik makro omurgasızlar örnek kapları içinde %4'lük formaldehitte saklanmıştır. Makro omurgasızların teşhisleri Edmondson (1959), Macan (1975), Grant (2001), Thorp ve Rogers (2011)'e göre binoküler ve stereo mikroskop altında familya ve cins düzeyinde teşhis edilmiştir. Teşhisi yapılan organizmalar mikroskop ve binoküler altında sayılmış ve birim alanda birey sayısı olarak(adet/m<sup>2</sup>) verilmiştir.

### 3.2.3 Çeşitlilik indeksi uygulaması

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilere, gerek örnek alınan istasyonları karşılaştırmak, gerekse istasyonlardaki makro omurgasızların kirliliğe karşı tepkilerini belirlemek amacıyla çeşitlilik indekslerinden en yaygın kullanılan Shannon-Weaver indeksi, tür sayısı (zenginlik-S), türe ait bireylerin dengeli dağılımı ya da farklı familyaların bolluklarının dengelilik (benzerlik) durumu (E) ve toplam organizma sayısı (bolluk-N) belirlenmiştir (Zischke vd. 1992).

Shannon-Weaver İndeks (H);

$H = -\sum N_i / N \log_2 N_i / N$  eşitliğinden hesaplanır. Bunlardan;

H= indeks değeri

N= toplanan tüm türlerin toplam birey sayısı

$N_i$ = i. türe ait toplam birey sayısını, belirtir.

Dengelilik (E);  $E = H / \ln S$ , eşitliğinden hesaplanır.

Burada; H= Shannon-Weaver İndeks, S= Tür zenginliğini belirtir.

### 3.2.4 Biyotik indeks –BMWP uygulaması

BMWP ile makroomurgasız familyalarına, fizikokimyasal ve çevresel değişimlere gösterdikleri duyarlılığa bağlı olarak puanlar verilmektedir. Bu değerler 1-10 arasında değişmekte ve kirliliğe karşı toleransı olmayan familyalar yüksek değerlere, kirliliğe karşı toleransı olan familyalar düşük değerlere sahiptir. BMWP sistemine göre, örnekleme noktasındaki değerlendirme için örnekleme noktasında toplanan tüm bentik makroomurgasızların familya düzeyinde listesi oluşturulur, her bir familya için verilen değerler göz önüne alınarak familyaların toplam skor değerleri hesaplanır. Toplam skor 0-250 arasında değişmekte olup, o örnekleme noktasındaki değişik faktörlerin etkisindeki biyolojik durumun göstergesidir (Metcalf-Smith 1994, Anonymous 2004b). Fırtına

Deresi'nin BWMP skorları hesaplanırken, Kazancı vd. (2016a)'nın Türkiye suları için belirledikleri familya listesi esas alınmıştır. Buna göre, çizelge 3.1'de Fırtına Deresi'nde tespit edilen familyaların skor değerleri, çizelge 3.2'de de BMWP skor değerlerinin su kalite sınıfları ile ilişkisi verilmiştir.

Çizelge 3.1 TR-BMWP, familya listesi (Kazancı vd. 2016a)

| Takım         | Familya          | Skor |
|---------------|------------------|------|
| Trichoptera   | Sericostomatidae | 10   |
| Ephemeroptera | Heptageniidae    | 8    |
| Diptera       | Tipulidae        | 5    |
|               | Tabanidae        | 4    |
|               | Chironomidae     | 2    |

Çizelge 3.2 TR-BMWP skorları ve su kalite sınıfları ile ilişkisi

| TR-BMWP<br>Skor | Kategori  | Su Kalite<br>Sınıfları | Değerlendirme           |
|-----------------|-----------|------------------------|-------------------------|
| >100            | Çok iyi   | 1                      | Temiz                   |
| 71-100          | İyi       | 2                      | Temiz ancak hafif kirli |
| 41-70           | Orta      | 3                      | Orta derecede kirli     |
| 11-40           | Zayıf     | 4                      | Kirli                   |
| 0-10            | Çok zayıf | 5                      | Çok kirli               |

### 3.2.5 İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, tek yönlü (One-way Anova) varyans analizi ile SPSS 11.5 istatistik paket programı kullanılmıştır. Büyük taban omurgasızlarının bolluk değerlerinin istasyonlar ve aylar arasındaki farklılıkları Duncan testi ile incelenmiştir (Kesici ve Kocabaş 2007).

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Fırtına Deresi'nin Bentik Makroomurgasızları

#### 4.1.1 Bentik makroomurgasız kompozisyonu

Doğu Karadeniz Havzası'nda Fırtına Deresi'nin bentik makroomurgasız çeşitliliği, Arthropoda şubesinde yer alan Insecta sınıfından 3 takıma ait toplam 5 familyadan oluşmuştur. Bu familyalara ait toplam 5 cins teşhis edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Fırtına Deresi'nin bentik makroomurgasızları

| Şube-Arthropoda |               |                  |                    |
|-----------------|---------------|------------------|--------------------|
| Sınıf           | Takım         | Familya          | Cins               |
| Insecta         | Ephemeroptera | Heptageniidae    | <i>Ecdyonorous</i> |
|                 | Trichoptera   | Sericostomatidae | <i>Sericostoma</i> |
|                 | Diptera       | Tipulidae        | <i>Tipula</i>      |
|                 |               | Tabanidae        | <i>Tabanus</i>     |
|                 |               | Chironomidae     | <i>Chironomus</i>  |

#### 4.1.2 Bentik makro omurgasız bolluklarının istasyonlarda mevsimsel değişimi

Fırtına Deresi'nin istasyonlara ve mevsimlere göre bentik makroomurgasız bolluğundaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.2-4.3). Sonbahar mevsiminde özellikle 1 istasyondan alınan örneklerde Insecta'dan üç takıma ait makroomurgasızlara rastlanmıştır. Bunlardan Sericostomatidae familyasına ait organizmaların bolluğu 110 adet/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Araştırma süresince en yüksek bolluk, sonbaharda 1. istasyonda kaydedilmiştir. Sericostomatidae familyasına ait üyelere aynı istasyonda kış mevsimindeki bolluğu 6 adet/m<sup>2</sup> rastlanmış, ilkbaharda mevsiminde ise 1. istasyon ve 6. istasyon dışında bütün istasyonlardaki bolluğu 1-4 adet/m<sup>2</sup> olarak

saptanmıştır. Ephemeroptera'dan Heptageniidae sadece sonbaharda 1. ve 4. istasyonlarda görülmüştür. Diptera'dan; Tipulidae bütün mevsimlerde genel olarak istasyonlarda görülmüş, ancak 1. istasyonda sadece ilkbaharda 2 adet/m<sup>2</sup> olarak, 6. istasyonda ise sadece 1 adet/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Chironomidae sadece ilkbaharda son istasyon olan 6. istasyonda 15 adet/m<sup>2</sup> olarak en yüksek bolluğuna ulaşmış, bunun dışında 1., 2. ve 3. istasyonlarda sonbahar dışında 1-2 adet/m<sup>2</sup> bulunmuştur. Tabanidae üyelerine sadece sonbaharda 1. istasyonda rastlanmıştır.

Fırtına Deresi'nin bentik makro omurgasızların mevsimlere istasyonlara bağlı olarak oransal değişimleri Çizelge 4.4' de verilmiştir. Trichoptera üyeleri araştırma süresince bütün mevsimlerde oransal olarak diğer gruplara göre yüksek bulunmuştur. Özellikle sonbaharda Dere'nin en üst noktası olan 1. istasyonda en yüksek oranına ulaşmıştır. Bununla birlikte, istasyonlarda düzenli bir dağılım göstermemiştir. Diptera üyelerine bütün mevsimlerde rastlanmıştır, ancak istasyonlarda bulunma durumları değişiklik göstermiştir. Ephemeroptera üyeleri ise sadece sonbaharda 1. ve 4. istasyonlarda görülmüştür

Çizelge 4.2 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız ortalama bolluk değerlerinin sonbahar ve kış mevsimlerine ve istasyonlara bağlı değişimleri, adet/m<sup>2</sup> (n=3)

| MEVSİM   | BENTİK<br>MAKROORGANİZMA | İSTASYONLAR            |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|----------|--------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|
|          |                          | 1                      | 2                  | 3                 | 4                  | 5                  | 6                 | Toplam |
| SONBAHAR | <i>Trichoptera</i>       |                        |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|          | Sericostomatidae         | 110                    | 4                  | 1                 | -                  | 3                  | -                 | 118    |
|          | <i>Diptera</i>           |                        |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|          | Tipulidae                | -                      | 1                  | 3                 | 2                  | -                  | -                 | 6      |
|          | Tabanidae                | 3                      | -                  | -                 | -                  | -                  | -                 | 3      |
|          | <i>Ephemeroptera</i>     |                        |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|          | Heptageniidae            | 2                      | -                  | -                 | 2                  | -                  | -                 | 4      |
|          | <b>Toplam Bolluk</b>     | 115±5 <sup>A*a**</sup> | 5±1 <sup>Bb</sup>  | 4±1 <sup>Cc</sup> | 4±1 <sup>Bb</sup>  | 3±1 <sup>Bb</sup>  | -                 | 131    |
| KİŞ      | <i>Trichoptera</i>       |                        |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|          | Sericostomatidae         | 6                      | 9                  | 3                 | 1                  | 4                  | 4                 | 27     |
|          | <i>Diptera</i>           |                        |                    |                   |                    |                    |                   |        |
|          | Tipulidae                | -                      | 4                  | 6                 | 6                  | 3                  | 1                 | 20     |
|          | Chironomidae             | 1                      | -                  | -                 | -                  | -                  | -                 | 1      |
|          | <b>Toplam Bolluk</b>     | 7±1 <sup>Bcb</sup>     | 13±2 <sup>Aa</sup> | 9±1 <sup>Bb</sup> | 7±2 <sup>Abc</sup> | 7±1 <sup>Abc</sup> | 5±1 <sup>Bc</sup> | 48     |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.3 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız ortalama bolluk değerlerinin ilkbahar ve yaz mevsimlerine ve istasyonlara bağlı değişimleri, adet/m<sup>2</sup> (n=3)

| MEVSİM   | BENTİK<br>MAKROORGANİZMA | İSTASYONLAR |       |        |       |        |        |        |
|----------|--------------------------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
|          |                          | 1           | 2     | 3      | 4     | 5      | 6      | Toplam |
| İLKBAHAR | <i>Trichoptera</i>       |             |       |        |       |        |        |        |
|          | Sericostomatidae         | -           | 2     | 3      | 4     | 1      | -      | 10     |
|          | <i>Diptera</i>           |             |       |        |       |        |        |        |
|          | Tipulidae                | 2           | 1     | -      | -     | -      | -      | 3      |
|          | Chironomidae             | -           | -     | -      | -     | 1      | 15     | 16     |
|          | <b>Toplam Bolluk</b>     | 2±0Cd       | 3±1Cc | 3±1Cc  | 4±1Bb | 2±0 Cd | 15±1Aa | 29     |
| YAZ      | <i>Trichoptera</i>       |             |       |        |       |        |        |        |
|          | Sericostomatidae         | 6           | 2     | 25     | -     | 1      | -      | 34     |
|          | <i>Diptera</i>           |             |       |        |       |        |        |        |
|          | Tipulidae                | -           | -     | -      | 2     | 1      | -      | 3      |
|          | Chironomidae             | -           | -     | -      | 2     | 1      | -      | 3      |
|          | <b>Toplam Bolluk</b>     | 6±1Bb       | 2±1Ce | 25±5Aa | 4±1Bc | 3±1Bd  | -      | 40     |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

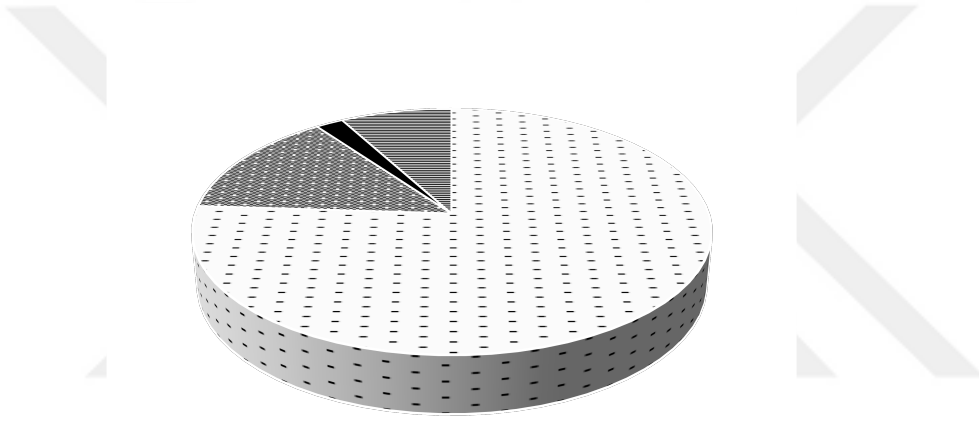
\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.4 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız gruplarının mevsimlerde, istasyonlara bağlı oransal değişimleri (%)

| Mevsim   | Bentik makroomurgasız grupları | İstasyonlar |       |       |       |      |       |
|----------|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|------|-------|
|          |                                | 1           | 2     | 3     | 4     | 5    | 6     |
| SONBAHAR | Trichoptera                    | 83,96       | 3,05  | 0,76  | -     | 2,29 |       |
|          | Diptera                        | 2,29        | 0,75  | 2,27  | 1,52  | -    |       |
|          | Ephemeroptera                  | 1,52        | -     | -     | 1,52  | -    |       |
| KİŞ      | Trichoptera                    | 12,50       | 18,75 | 6,25  | 2,08  | 8,33 | 8,33  |
|          | Diptera                        | 2,08        | 8,33  | 12,5  | 12,5  | 6,25 | 2,08  |
| İLKBAHAR | Trichoptera                    | -           | 6,89  | 10,34 | 13,79 | 3,44 | -     |
|          | Diptera                        | 6,89        | 3,44  | -     | -     | 3,44 | 51,72 |
| YAZ      | Trichoptera                    | 15          | 5     | 62,50 | -     | 2,5  | -     |
|          | Diptera                        | -           | -     | -     | 10    | 5    | -     |

#### 4.1.3 Bentik makroomurgasızların fonksiyonel beslenme grupları

Fırtına Deresi'nde, bentik makroomurgasızlar fonksiyonel beslenme grupları açısından incelendiğinde, öğütücü (Sericostomatidae), toplayıcı (Chironomidae), kazıyıcı (Heptaganiidae) ve predatör (Tipulidae, Tabanidae) beslenenler olarak 4 gruptan oluşmaktadır. Fonksiyonel beslenme gruplarının mevsimlere ve istasyonlara göre oransal değişimleri Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Araştırma süresince, beslenme grupları içinde öğütücü beslenen Trichoptera'dan Sericostomatidae familyası üyeleri % 76 oranla en büyük payı oluşturmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Fırtına Deresi'nde fonksiyonel beslenme gruplarının oranları (%)

Çizelge 4.5 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız fonksiyonel beslenme gruplarının sonbahar ve kış mevsimlerine ve istasyonlara bağlı oransal değişimleri (%)

| MEVSİM   | BENTİK<br>MAKROORGANİZMA                  | İSTASYONLAR |      |      |      |      |      |        |
|----------|-------------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|--------|
|          |                                           | 1           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Toplam |
| SONBAHAR | <b>Öğütücü</b><br>(Sericostomatidae)      | 44,33       | 1,61 | 0,40 | -    | 1,20 | -    | 47,54  |
|          | <b>Predatör</b><br>(Tipulidae, Tabanidae) | 1,20        | 0,40 | 1,20 | 0,80 | -    | -    | 3,60   |
|          | <b>Kazıyıcı</b><br>(Heptageniidae)        | 0,80        | -    | -    | 0,80 | -    | -    | 1,60   |
| KIŞ      | <b>Öğütücü</b><br>(Sericostomatidae)      | 2,41        | 3,7  | 1,20 | 0,40 | 1,61 | 1,61 | 10,93  |
|          | <b>Predatör</b><br>(Tabanidae, Tipulidae) | -           | 1,61 | 2,41 | 2,41 | 1,20 | 0,40 | 8,03   |
|          | <b>Toplayıcı</b><br>(Chironomidae)        | 0,40        | -    | -    | -    | -    | -    | 0,40   |

Çizelge 4.6 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız fonksiyonel beslenme gruplarının ilkbahar ve yaz mevsimlerine ve istasyonlara bağlı oransal değişimleri (%)

| MEVSİM   | BENTİK<br>MAKROORGANİZMA      | İSTASYONLAR |      |      |      |      |     |        |
|----------|-------------------------------|-------------|------|------|------|------|-----|--------|
|          |                               | 1           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | Toplam |
| İLKBAHAR | Öğütücü<br>(Sericostomatidae) | -           | 0,80 | 1,20 | 1,61 | 0,40 | -   | 4,01   |
|          | Predatör<br>(Tipulidae)       | 0,80        | 0,40 | -    | -    | -    | -   | 1,20   |
|          | Toplayıcı<br>(Chironomidae)   | -           | -    | -    | -    | 0,40 | 6,1 | 6,50   |
| YAZ      | Öğütücü<br>(Sericostomatidae) | 2,41        | 0,80 | 10,1 | -    | 0,40 | -   | 13,71  |
|          | Predatör<br>(Tipulidae)       | -           | -    | -    | 0,80 | 0,40 | -   | 1,20   |
|          | Toplayıcı<br>(Chironomidae)   | -           | -    | -    | 0,80 | 0,40 | -   | 1,20   |

#### 4.1.4 Çeşitlilik indeksi uygulamasına ilişkin sonuçlar

Fırtına Deresi'nin makroomurgasızlarına ilişkin çeşitlilik indeksi hesaplamasında; mevsimsel olarak istasyonlardaki tür zenginliği (S) Shannon-Weiner İndeks (H) ve dengelilik (E) değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Tür zenginliği araştırma süresince 0-3 arasında değişmiştir. Ortamın kirlilik düzeyi ile ilgili bilgi veren H değeri ise 0-0,68 arasında değişmiştir. Sonbaharda bu değer 1. istasyondan başlayarak 4. istasyona kadar yükselmiş, son istasyonda 0 olmuştur. Bununla birlikte en yüksek H değeri 0,6 hesaplanmıştır. Kış mevsiminde H değeri istasyonlarda 0,40-0,68 arasında değişmiştir. 2 istasyon hariç istasyonlar tek türle temsil edilmişlerdir. Dolayısıyla çeşitlilik sadece 2. istasyonda kaydedilmiştir. H değeri 0,68 dir. Yaz döneminde de H değeri sadece 5. ve 6. istasyonlarda belirlenmiştir. Araştırma süresince mevsimler açısından bakılacak olursa, sonbahar ve kışın alınan örneklerde tüm istasyonlarda H değeri hesaplanmıştır. E değerleri açısından en düşük değer Sonbaharda 1. istasyonda saptanmıştır. Diğer mevsimlerde ve istasyonlarda E değerleri 1'e yakın bulunmuştur. Bu da istasyonlarda bulunan türlerin bolluğunun birbirine yakın yani dağılımının düzenli olduğunu göstermektedir.

#### 4.1.5 Biyotik indeks-BMWP uygulamasına ilişkin sonuçlar

Fırtına Deresi'nin makroomurgasızlarına ilişkin BMWP skor değerleri çizelge 3.1' e göre değerlendirilmiştir. BMWP skorları ve takson zenginliği istasyonlarda mevsimlere göre ve araştırma süresi sonunda yıllık olarak çizelge 4.8'de verilmiştir. Buna göre Sonbahar mevsiminde örnekleme 5 istasyonda yapılmış, yaz mevsiminde ise 6. İstasyonda bentik makroomurgasız rastlanmamıştır. Araştırma sonunda elde edilen BMWP skoru 17-29 arasında değişmiştir. En yüksek skora sırasıyla 1. ve 4. istasyonlarda sırasıyla 29 ve 25 olarak ulaşılmıştır. Takson zenginliği 2-5 arasında olmuştur. Takson zenginliği en yüksek 1. istasyonda belirlenmiştir. En düşük BMWP skoru 2. istasyonda kaydedilmiştir. Genel olarak gerek mevsimlerde ve istasyonlarda, gerekse araştırma süresi sonunda elde edilen BMWP skorlarına bakıldığında değerlerin yüksek olmadığı görülmektedir. BMWP skor sistemi aralığı tablosundaki kategoriler kapsamında değerlendirildiğinde; Fırtına

Deresi'nin BMWP skor aralığı, Çizelge 3.2'deki 11-40 arası olan zayıf kategorisinde, kirlenmiş olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.7 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızların mevsimlerde ve istasyonlara tür zenginliği (S) Shannon-Weiner İndeks (H) ve düzenlilik (E) değerleri

| Mevsim   | İndeks | İstasyonlar |      |      |      |      |      |
|----------|--------|-------------|------|------|------|------|------|
|          |        | 1           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| SONBAHAR | S      | 3           | 2    | 2    | 2    | 1    |      |
|          | H      | 0,20        | 0,5  | 0,56 | 0,6  | 0    |      |
|          | E      | 0,18        | 0,72 | 0,81 | 1    | 0    |      |
| KİŞ      | S      | 2           | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
|          | H      | 0,41        | 0,61 | 0,68 | 0,41 | 0,68 | 0,50 |
|          | E      | 0,59        | 0,89 | 0,98 | 0,59 | 0,98 | 0,72 |
| İLKBHAR  | S      | 1           | 2    | 0    | 1    | 2    | 1    |
|          | H      | 0           | 0,63 | -    | 0    | 0,66 | 0    |
|          | E      | 0           | 0,91 | -    | 0    | 1    | 0    |
| YAZ      | S      | 1           | 1    | 1    | 2    | 2    | 0    |
|          | H      | 0           | 0    | 0    | 0,6  | 0,6  | -    |
|          | E      | 0           | 0    | 0    | 1    | 1    | -    |

## 4.2 Fırtına Deresi'nin Fiziko-Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

### 4.2.1 Su sıcaklığı

Fırtına Deresi'nin araştırma süresince ortalama su sıcaklığı (Şekil 4.2), çözülmüş oksijen (Şekil 4.3), elektriksel iletkenliği (Şekil 4.4) ve pH (Şekil 4.5) değerlerinin mevsimlere ve istasyonlara bağlı değişimleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.9).

Su sıcaklığı değerleri  $1,90\pm0,1$ - $17,4\pm0,05$  °C arasında değişmiştir. En düşük değer ortalama çözülmüş oksijen değerleri kış mevsiminde Şubat ayında ölçülmüş, en yüksek değer yaz mevsiminde Ağustos ayında ölçülmüştür. Araştırmada ortalama su sıcaklığı değerleri ilk istasyondan son istasyona doğru artma eğilimi göstermiştir.

#### 4.2.2 Çözünmüş oksijen

Ortalama çözünmüş oksijen değerleri  $9,24 \pm 0,01$ - $12,37 \pm 0,01$  mg/l arasında değişmiştir. İstasyonlarda ortalama en düşük çözünmüş oksijen değeri en düşük yaz mevsiminde ölçülmüş, en yüksek değerler ise kış mevsiminde kaydedilmiştir. Bununla birlikte mevsimlerde birinci istasyonda ölçülen ortalama çözünmüş oksijen değerleri, son istasyona göre düşük olmuştur ve çözünmüş oksijen değerleri istasyonlarda düzenli değişim göstermemişlerdir.

#### 4.2.3 Elektriksel iletkenlik

Fırtına Deresi'nin ortalama elektriksel iletkenliği değerleri  $18,26 \pm 0,02$ - $46,4 \pm 1,00$   $\mu\text{S/cm}$  arasında değişmiştir. Genel olarak en düşük değerler ilkbaharda ölçülmüş, ortalama elektriksel iletkenliği değerleri yaz mevsiminden itibaren artmaya başlamış ve en yüksek değerleri 1.istasyon hariç sonbaharda ölçülmüştür. Bununla birlikte, ilk istasyondan itibaren ortalama elektriksel iletkenliği değerleri artarak genel olarak 4.istasyonda en yüksek değerine ulaşmıştır.

#### 4.2.4 pH

Ortalama pH değerleri  $7,25 \pm 0,02$ - $8,50 \pm 0,1$  arasında değişmiştir. En düşük değerler mevsimlerde ilk istasyonda, en yüksek değerler ise ilkbahar hariç son istasyonda belirlenmiştir. İstasyonlarda en yüksek ortalama pH değerleri ilkbaharda ölçülmüştür.

Çizelge 4.8 Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızların mevsimlerde ve istasyonlardaki BMWP ve N-taxa değerleri

| Mevsim   | İstasyonlar |        |      |        |      |        |      |        |      |        |      |        |
|----------|-------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
|          | 1           |        | 2    |        | 3    |        | 4    |        | 5    |        | 6    |        |
|          | BMWP        | N-taxa | BMWP | N-taxa | BMWP | N-taxa | BMWP | N-taxa | BMWP | N-taxa | BMWP | N-taxa |
| Sonbahar | 22          | 3      | 15   | 2      | 15   | 2      | 15   | 2      | 10   | 1      | -    | -      |
| Kış      | 12          | 2      | 15   | 2      | 15   | 2      | 15   | 2      | 15   | 2      | 15   | 2      |
| İlkbahar | 5           | 1      | 15   | 2      | 10   | 1      | 10   | 2      | 12   | 1      | 2    | 1      |
| Yaz      | 10          | 1      | 10   | 1      | 10   | 1      | 7    | 2      | 17   | 2      | -    | -      |
| Yıllık   | 29          | 5      | 15   | 2      | 17   | 2      | 25   | 3      | 17   | 3      | 17   | 3      |

Çizelge 4.9 Fırtına Deresi'nin sonbahar ve kış mevsimlerinde istasyonlara bağlı ortalama sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH değerleri (ortalama değer  $\pm$  standart sapma) (n=3)

| Mevsim   | Parametre                            | İstasyonlar         |                    |                     |                    |                    |                    |
|----------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          |                                      | 1                   | 2                  | 3                   | 4                  | 5                  | 6                  |
| SONBAHAR | Sıcaklık (°C)                        | 6,00 $\pm$ 0,50Ce   | 6,80 $\pm$ 0,02Cd  | 7,30 $\pm$ 0,10Cc   | 8,80 $\pm$ 0,05Cb  | 9,80 $\pm$ 0,05Ca  | 9,70 $\pm$ 0,04Ca  |
|          | Çöz. Oksijen (mg/l)                  | 10,53 $\pm$ 0,01Ce  | 10,96 $\pm$ 0,02Bb | 11,02 $\pm$ 0,02Ba  | 10,59 $\pm$ 0,01Bd | 10,64 $\pm$ 0,02Cc | 10,64 $\pm$ 0,01Cc |
|          | Elektriksel iletkenlik ( $\mu$ S/cm) | 18,67 $\pm$ 0,60Bd  | 27,4 $\pm$ 0,40Ac  | 27,9 $\pm$ 0,90Ac   | 46,4 $\pm$ 1,00 Ba | 44 $\pm$ 2,00Ab    | 42 $\pm$ 2,00Ab    |
|          | pH                                   | 7,25 $\pm$ 0,02 Dab | 7,24 $\pm$ 0,04Cab | 7,23 $\pm$ 0,23 Cab | 7,13 $\pm$ 0,13Bb  | 7,55 $\pm$ 0,27Ba  | 7,50 $\pm$ 0,20Ba  |
| KİŞ      | Sıcaklık (°C)                        | 1,90 $\pm$ 0,1De    | 3,8 $\pm$ 0,05Dc   | 3,5 $\pm$ 0,1Dd     | 6,5 $\pm$ 0,05Db   | 6,6 $\pm$ 0,05Db   | 8,3 $\pm$ 0,1Ca    |
|          | Çöz. Oksijen (mg/l)                  | 10,92 $\pm$ 0,02 Ae | 12,37 $\pm$ 0,01Aa | 11,67 $\pm$ 0,02Ac  | 12,14 $\pm$ 0,03Ab | 11,64 $\pm$ 0,03Ac | 11,37 $\pm$ 0,01Ad |
|          | Elektriksel iletkenlik ( $\mu$ S/cm) | 18,26 $\pm$ 0,02 Ce | 26 $\pm$ 2,00Ac    | 25,7 $\pm$ 1,00Ac   | 49 $\pm$ 1,8Aa     | 43,2 $\pm$ 1,00Ab  | 50,3 $\pm$ 1,00Aa  |
|          | pH                                   | 7,77 $\pm$ 0,07Bb   | 8,01 $\pm$ 0,3Aab  | 7,96 $\pm$ 0,02Cb   | 8,09 $\pm$ 0,65Aab | 8,08 $\pm$ 0,08Aab | 8,50 $\pm$ 0,1Aa   |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

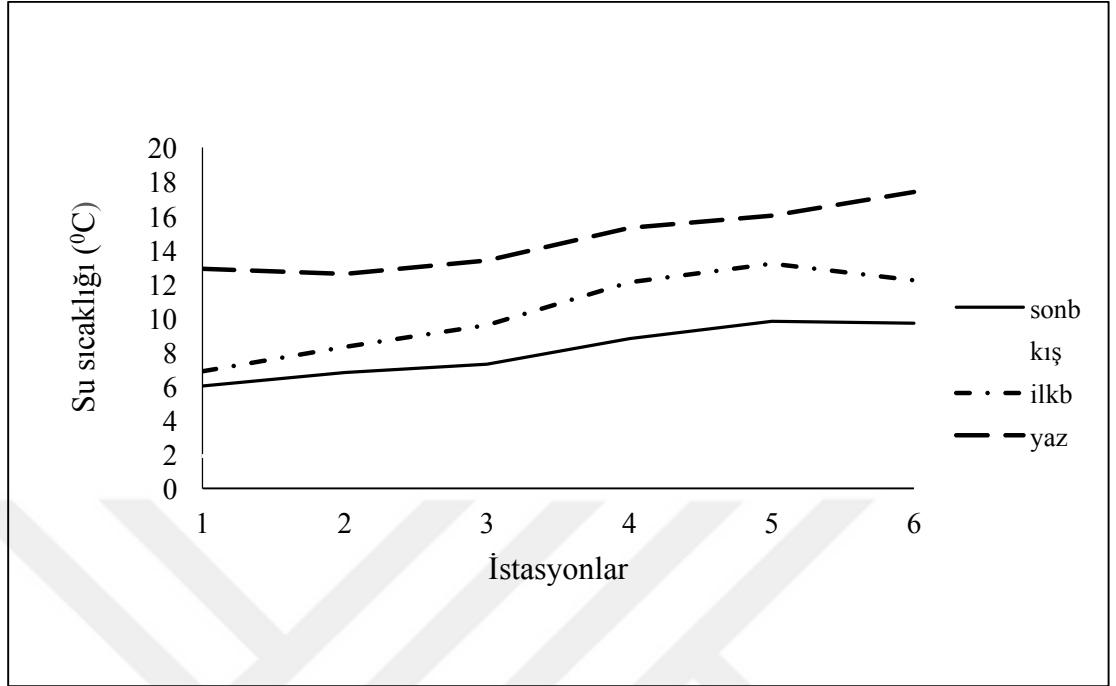
\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.10 Fırtına Deresi'nin ilkbahar ve kış mevsimlerinde istasyonlara bağlı ortalama sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH değerleri (ortalama değer  $\pm$  standart sapma) (n=3)

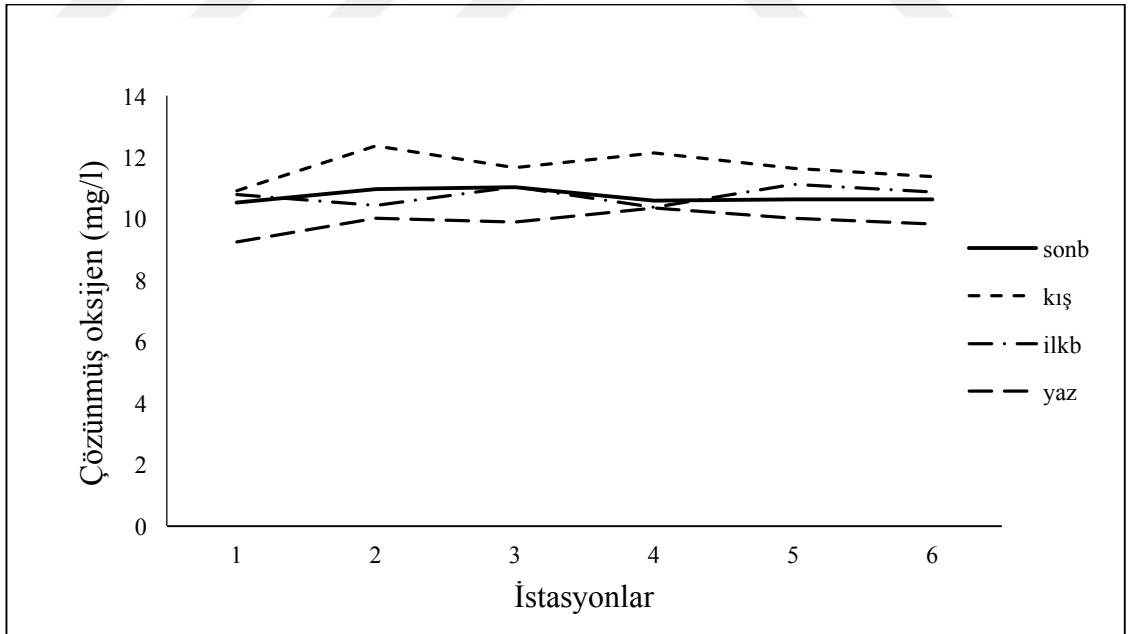
| Mevsim   | Parametre                            | İstasyonlar        |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          |                                      | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  |
| SONBAHAR | Sıcaklık (°C)                        | 6,9 $\pm$ 0,05Be   | 8,3 $\pm$ 1,00Bd   | 9,6 $\pm$ 0,05Bc   | 12,1 $\pm$ 0,05Bb  | 13,2 $\pm$ 0,1Ba   | 12,2 $\pm$ 0,2Bb   |
|          | Çöz. Oksijen (mg/l)                  | 10,79 $\pm$ 0,03Bb | 10,44 $\pm$ 0,02Cc | 11,04 $\pm$ 0,02Ba | 10,37 $\pm$ 0,01Cc | 11,13 $\pm$ 0,03Ba | 10,88 $\pm$ 0,02Bb |
|          | Elektriksel iletkenlik ( $\mu$ S/cm) | 13,80 $\pm$ 0,06Df | 15,6 $\pm$ 0,60Be  | 16,51 $\pm$ 0,5Bd  | 27,3 $\pm$ 0,30Db  | 28,4 $\pm$ 0,3Ca   | 23,5 $\pm$ 0,5Cc   |
|          | pH                                   | 8,03 $\pm$ 0,2Ab   | 7,81 $\pm$ 0,2ABb  | 8,49 $\pm$ 0,54Aa  | 8,10 $\pm$ 0,3Ab   | 8,06 $\pm$ 0,06Ab  | 8,04 $\pm$ 0,04Bb  |
| KIŞ      | Sıcaklık (°C)                        | 12,9 $\pm$ 0,04Ae  | 12,6 $\pm$ 0,05Ae  | 13,4 $\pm$ 0,1Ad   | 15,3 $\pm$ 0,3Ac   | 16 $\pm$ 0,5Ab     | 17,4 $\pm$ 0,05Aa  |
|          | Çöz. Oksijen (mg/l)                  | 9,24 $\pm$ 0,01Dc  | 10,01 $\pm$ 0,01Da | 9,89 $\pm$ 0,00Cb  | 10,36 $\pm$ 0,01Ca | 10,02 $\pm$ 0,02Da | 9,84 $\pm$ 0,02Cb  |
|          | Elektriksel iletkenlik ( $\mu$ S/cm) | 24 $\pm$ 0,5Ac     | 25,6 $\pm$ 0,6Ac   | 25,6 $\pm$ 1,2Ac   | 35,6 $\pm$ 0,6Cb   | 34,2 $\pm$ 0,2Bb   | 39,4 $\pm$ 0,85Ba  |
|          | pH                                   | 7,6 $\pm$ 0,2Cc    | 7,72 $\pm$ 0,2Bb   | 7,52 $\pm$ 0,04Cc  | 7,58 $\pm$ 0,08ABc | 7,81 $\pm$ 0,06ABb | 7,85 $\pm$ 0,05Ca  |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

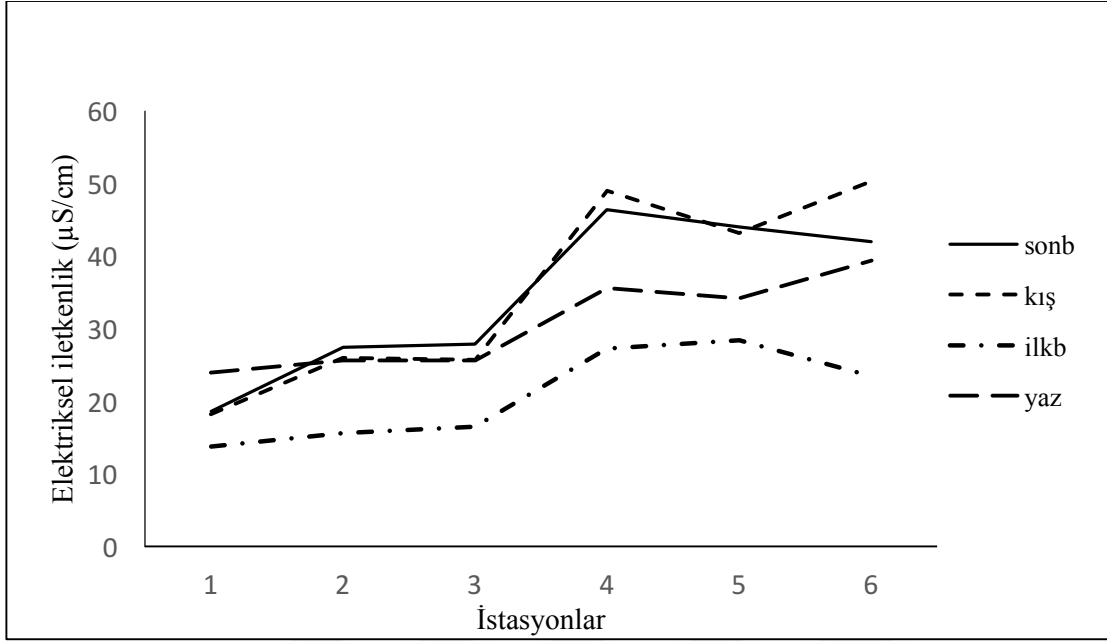
\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).



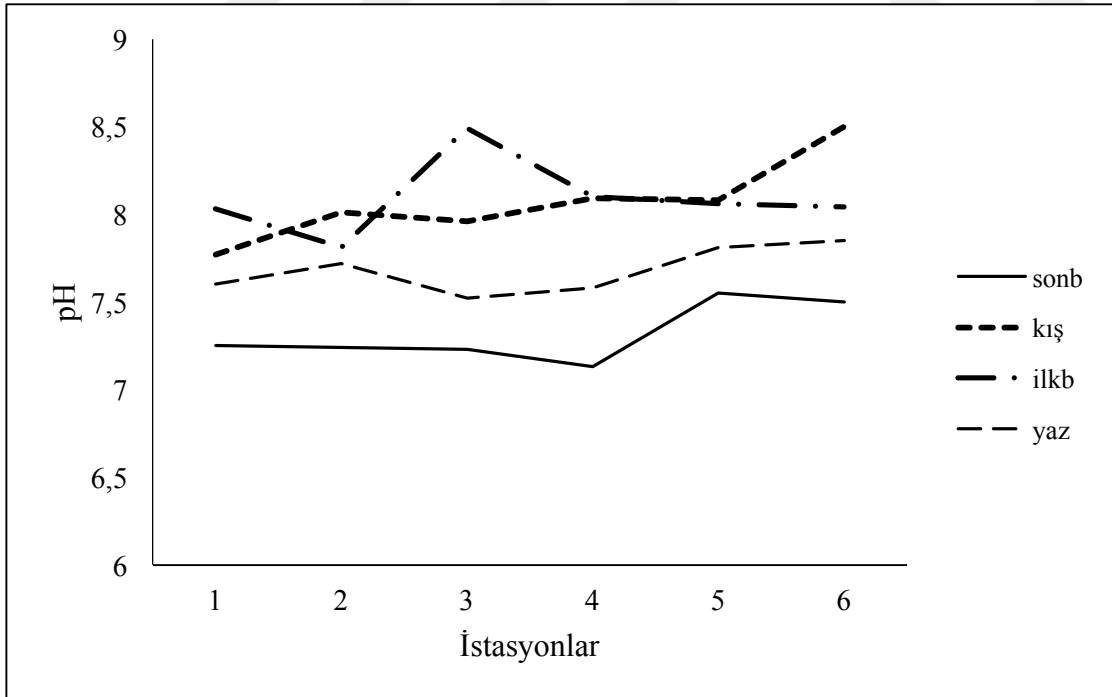
Şekil 4.2 Fırtına Deresi'nin mevsimlerle istasyonlara göre ortalama sıcaklık değerleri (°C)



Şekil 4.3 Fırtına Deresi'nin mevsimler ve istasyonlara göre çözünmüş oksijen değerleri (mg/l)



Şekil 4.4 Fırtına Deresi'nin mevsimlere ve istasyonlara göre ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm)



Şekil 4.5 Fırtına Deresi'nin mevsimler ve istasyonlara göre ortalama pH değerleri

#### 4.2.5 Besin elementler; amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, ortofosfat, toplam fosfor

Fırtına Deresi'nin mevsimlerde istasyonlara bağılı ortalama amonyak azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, ortofosfat, toplam fosfor, klorofil *a* ve askıda katı madde konsantrasyonlarının istasyonlarda mevsimlere göre değışimleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.11, Çizelge 4.12).

Ortalama nitrat azotu konsantrasyonları mevsimlere ve istasyonlara bağılı olarak  $0,3\pm0,05$ - $0,7\pm0,05$  mg/l arasında değışmiş ve sadece kış mevsiminde 3. ve 4. istasyonlarda sırasıyla,  $1,10\pm0,07$  ve  $1,30\pm0,01$  mg/l 'ye ulaştığı saptanmıştır. Bununla birlikte ilk ve son istasyonlar karşılaştırıldığında, yaz mevsimi hariç, son istasyonlarda ölçülen değıerler daha yüksek olmuş, yaz mevsiminde ise aynı olmuştur.

Ortalama nitrit azotu açısından değıerlendirme yaptığımızda konsantrasyonlar  $0,003\pm0,00$  ile  $0,009\pm0,00$  mg/l arasında değışmiştir. Son istasyonlarda ölçülen değıerler, ilk istasyona göre daha yüksek olmuştur. Ortalama amonyum azotu değıerleri  $0,001\pm0,00$  ile  $0,022\pm0,00$  mg/l arasında değışmiş, yaz mevsimi hariç bütün mevsimlerde 1.istasyon da ölçülen değıerler, son istasyondan düşük olmuştur. Bununla birlikte sonbaharda istasyonlarda ölçülen değıerler diğ er mevsimlere göre yüksektir.

Ortalama ortofosfat değıerleri  $0,03\pm0,00$  ile  $0,89\pm0,00$  mg/l arasında değışmiştir. Kış mevsimi dışında son istasyonlarda ölçülen ortalama ortofosfat değıerleri birinci istasyona göre daha yüksek olmuştur. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonları  $0,06\pm0,00$  ile  $0,9\pm0,05$  mg/l arasında değışmiştir. Birinci istasyonda, İlkbahar mevsimi dışında, ölçülen ortofosfat değıerleri son istasyondan düşük olmuştur.

Fırtına Deresi'nde ortalama toplam fosfor konsantrasyonları  $0,06\pm0,005$  mg/l ile  $0,90\pm0,05$  mg/l arasında değışmiştir. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonları mevsimlerde ve istasyonlarda düzenli bir değışim aralığı göstermemiştir. İkinci ve üçüncü

istasyonlarda ani yükselmeler ve sonrasında azalmalar belirlenmiştir. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonları en yüksek kış mevsiminde, en düşük sonbaharda belirlenmiştir.

#### **4.2.6 Klorofil *a***

Araştırma süresince Fırtına Deresi'nin ortalama klorofil *a* konsantrasyonu  $0,05 \pm 0,02$ - $1,99 \pm 0,09 \mu\text{g/l}$  arasında değişmiştir. En yüksek değer sonbaharda 1. istasyonda, en düşük değer yine ilkbaharda aynı istasyonda ölçülmüştür. Sonbaharda ilk istasyondan son istasyona doğru ortalama klorofil *a* konsantrasyonları azalırken, diğer mevsimlerde genel olarak özellikle 3.istasyondan son istasyona doğru artış gözlenmiştir.

#### **4.2.7 Askıda katı madde**

Ortalama askıda katı madde değerleri araştırma süresince  $0,4 \pm 0,11$  ile  $54,7 \pm 1,00 \text{ mg/l}$  arasında değişmiştir. Genel olarak ortalama askıda katı madde konsantrasyonları son istasyonda birinci istasyona göre yüksek ölçülmüştür. Bununla birlikte mevsimlerde istasyonlar arasında düzenli bir artış ya da azalış gözlenmemiştir( $p > 0,05$ )

Çizelge 4.11 Fırtına Deresi'nin sonbahar ve kış mevsiminde istasyonlara bağlı ortalama amonyak azotu (NH<sub>3</sub>-N, mg/l), nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N, mg/l), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N,mg/l), toplam ortofosfat, toplam fosfor, klorofil *a* ve askıda katı madde değerleri (ortalama değer ±standart sapma) (n=3)

| Mevsim   | Parametreler              | İstasyonlar    |               |               |                |                |                |
|----------|---------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
|          |                           | 1              | 2             | 3             | 4              | 5              | 6              |
| SONBAHAR | Klorofil- <i>a</i> (µg/l) | 1,99±0,09Aa    | 1,46±0,02Ac   | 1,58±0,04Ab   | 0,48±0,03Bd    | 0,18±0,01Ce    | 0,17±0,02Ce    |
|          | Nitrat-N(mg/l)            | 0,5±0,00Ab     | 0,4±0,05Cc    | 0,5±0,05Ab    | 0,4±0,00Cc     | 0,6±0,05Ba     | 0,6±0,03Ba     |
|          | Nitrit-N(mg/l)            | 0,006±0,000Ac  | 0,007±0,005Bc | 0,009±0,001Aa | 0,009±0,005Aa  | 0,008±0,005Ab  | 0,009±0,000Ab  |
|          | Amonyum-N (mg/l)          | 0,017±0,000Ad  | 0,022±0,001Aa | 0,021±0,005Ab | 0,018±0,005Acd | 0,019±0,005Ac  | 0,017±0,003Ac  |
|          | Ortofosfat (mg/l)         | 0,05±0,005Cc   | 0,04±0,000Dc  | 0,03±0,005Dd  | 0,15±0,005Cb   | 0,23±0,005Ba   | 0,21±0,004Ba   |
|          | Toplam Fosfor (mg/l)      | 0,18±0,005Bd   | 0,23±0,005Cc  | 0,09±0,000Ce  | 0,24±0,005Cb   | 0,29±0,005Ba   | 0,29±0,003Ba   |
|          | Askıda katı madde(mg/l)   | 0,4±0,11Dd     | 2,7±0,10Ba    | 2,6±0,05Da    | 1,3±0,10Cb     | 0,8±0,00Dc     | 0,9±0,00Dc     |
| KİŞ      | Klorofil- <i>a</i> (µg/l) | 0,18±0,01Ce    | 0,905±0,01Bd  | 0,806±0,02Be  | 1,102±0,02Ac   | 1,32±0,02Ab    | 1,53±0,02Aa    |
|          | Nitrat-N(mg/l)            | 0,5±0,05Ad     | 0,7±0,05Ac    | 0,4±0,06Ae    | 1,10±0,07Ab    | 1,3±0,01Aa     | 0,6±0,05Bcd    |
|          | Nitrit-N(mg/l)            | 0,004±0,001Bcd | 0,005±0,001Bb | 0,006±0,005Ba | 0,004±0,000Bd  | 0,005±0,001Bbc | 0,005±0,005Bcd |
|          | Amonyum-N (mg/l)          | 0,003±0,005Bb  | 0,003±0,001Bb | 0,004±0,005Bb | 0,005±0,000Ba  | 0,005±0,001Ba  | 0,006±0,005Aa  |
|          | Ortofosfat (mg/l)         | 0,29±0,005Ac   | 0,26±0,005Ccd | 0,64±0,005Aa  | 0,29±0,005Bc   | 0,39±0,005Ab   | 0,14±0,000Ae   |
|          | Toplam Fosfor (mg/l)      | 0,32±0,005Ad   | 0,21±0,005De  | 0,87±0,005Aa  | 0,32±0,000Bd   | 0,40±0,005Ac   | 0,52±0,005Ab   |
|          | Askıda katı madde(mg/l)   | 3,15±0,04Cd    | 1,7±0,05Cde   | 54,7±1,00Aa   | 4,85±0,1Bc     | 1,4±0,05Ce     | 23,3±0,20Ab    |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.12 Fırtına Deresi'nin ilkbahar ve yaz mevsiminde istasyonlara bağlı ortalama amonyak azotu (NH<sub>3</sub>-N, mg/l), nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N, mg/l), nitrit azotu(NO<sub>2</sub>-N,mg/l), toplam ortofosfat, toplam fosfor, klorofil *a* ve askıda katı madde değerleri (ortalama değer  $\pm$ standart sapma) (n=3)

| Mevsim   | Parametreler              | İstasyonlar   |               |                |               |               |                |
|----------|---------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|          |                           | 1             | 2             | 3              | 4             | 5             | 6              |
| İLKBAHAR | Klorofil- <i>a</i> (µg/l) | 0,05±0,02Da   | 0,07±0,01Da   | 0,08±0,50Da    | 0,09±0,05Ba   | 0,16±0,1Ca    | 0,18±0,02Ca    |
|          | Nitrat-N(mg/l)            | 0,4±0,00Bc    | 0,5±0,05Bb    | 0,4±0,05Ac     | 0,5±0,00Bb    | 0,6±0,01Ba    | 0,7±0,05Aa     |
|          | Nitrit-N(mg/l)            | 0,006±0,005Ac | 0,007±0,005Aa | 0,009±0,000Ab  | 0,007±0,005Ba | 0,009±0,005Aa | 0,007±0,005Ab  |
|          | Amonyum-N (mg/l)          | 0,004±0,000Cc | 0,004±0,001Bc | 0,005±0,000Bbc | 0,005±0,005Bc | 0,006±0,000Ba | 0,006±0,005Aab |
|          | Ortofosfat (mg/l)         | 0,06±0,000Bf  | 0,53±0,005Ba  | 0,17±0,005Bc   | 0,12±0,005Dd  | 0,19±0,010Cb  | 0,07±0,000Ce   |
|          | Toplam Fosfor (mg/l)      | 0,09±0,000Cd  | 0,59±0,005Ba  | 0,24±0,005Bb   | 0,21±0,005Cc  | 0,21±0,000Cc  | 0,09±0,005Cd   |
|          | Askıda katı madde(mg/l)   | 5,25±0,25Be   | 7,4±0,20Ad    | 7,35±0,02Bd    | 12,35±0,50Aa  | 8,95±0,10Ac   | 11,4±0,20Bb    |
| YAZ      | Klorofil- <i>a</i> (µg/l) | 1,51±0,1Ba    | 0,56±0,2Cd    | 0,51±0,2Ce     | 0,52±0,1Be    | 0,62±0,1Ba    | 0,73±0,1Bb     |
|          | Nitrat-N(mg/l)            | 0,5±0,00Aa    | 0,4±0,01BCb   | 0,4±0,05Ab     | 0,3±0,05Dc    | 0,5±0,00Ca    | 0,5±0,00Ba     |
|          | Nitrit-N(mg/l)            | 0,004±0,001Bc | 0,004±0,005Cc | 0,003±0,00Cd   | 0,006±0,005Ca | 0,004±0,001Bc | 0,005±0,005Bb  |
|          | Amonyum-N (mg/l)          | 0,007±0,000Ba | 0,002±0,005Dc | 0,001±0,001Ce  | 0,003±0,001Cc | 0,002±0,005Cb | 0,004±0,00BCa  |
|          | Ortofosfat (mg/l)         | 0,06±0,005Bc  | 0,71±0,005Ab  | 0,05±0,000Cd   | 0,89±0,005Aa  | 0,04±0,000De  | 0,11±0,005Bc   |
|          | Toplam Fosfor (mg/l)      | 0,09±0,000Cd  | 0,79±0,005Ab  | 0,06±0,005Df   | 0,9±0,050Aa   | 0,08±0,005De  | 0,14±0,010Bc   |
|          | Askıda katı madde(mg/l)   | 7,05±0,05Aa   | 2,55±0,47Bf   | 3,90±0,10Cd    | 4,6±0,30Bc    | 3,15±0,15Be   | 6,8±0,05Cb     |

\*Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

\*\*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasız çeşitliliğinin bir yıl süreyle değerlendirildiği araştırmada mevsimlik olarak alınan örneklerde, sadece Insekta sınıfından *Ecydonorous* (takım-Ephemeroptera, familya-Heptaginiidae), *Sericostoma* (takım-Trichoptera, familya Sericostomatidae), *Tipula*, *Tabanus* ve *Chironomus* (takım-Diptera, sırasıyla familyalar Tipulidae, Tabanidae ve Chironomidae) cinslerine rastlanmıştır.

Sericostomatidae familyası çoğunlukla derelerin soğuk, çözünmüş oksijeni yüksek temiz olan üst kısımlarında bulunan çevresel etkilere hassas organizmalardır ve 1. istasyonda özellikle sonbaharda alınan örneklerde bolluk miktarları diğer istasyonlara göre yüksek olmuştur. Diptera'dan Tipulidae familyası üyeleri besin elementlerinin yüksek olduğu ortamlara düşük tolerans gösterirler. Bu durum onları su kalitesinin iyi olduğu sularda indikatör organizma yaparken, aynı takımdan Tabanidae familyası üyeleri besin elementlerinin yüksek olduğu sulara orta düzeyde tolerans göstermektedir. Bu araştırmada, kirliliğe toleransı orta düzeyde olan Chironomidae ve Tabanidae familyaları üyelerine, sadece yine 1 istasyonda rastlanmıştır ancak sonbahar, kış aylarında bolluk değerleri düşük olmuştur. Hızlı akan ve temiz suların indikatörü olan Ephemeroptera üyelerinin bolluk değeri düşük bulunmuş ve sadece sonbaharda rastlanmıştır. Kırkağaç vd. (2004), Karasu Deresi (Bozüyük) üzerinde kurulu olan beş alabalık işletmesinin makroomurgasız topluluklarına etkilerini araştırdıkları çalışmada, organik kirliliğin göstergesi olan Tubificidae ve Chironomidae üyelerine bütün istasyonlarda rastlamışlar ve bolluk değerleri yüksek olmuştur. Fırtına Deresi üzerinde alabalık işletmesi giriş suyu 2.istasyon ve çıkış suyu 3 istasyon olacak şekilde seçilen 2. ve 3. istasyonlarda tür çeşitliliği ve bolluk değerlerinde dikkate değer bir farklılık bulunmamıştır. Bununla birlikte, burada Chironomidae bulunmadığı gibi, saptanan türler nisbeten kirliliğe toleransı olmayan türlerdir. Ghasemi ve Garali (2014), Kuzey Hazar Denizi Havzasında, Haraz Deresi'nde insektlerin bentik makroomurgasız topluluklarında baskın olduğunu, bunlardan chironomidlerin bütün istasyonlarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Chironomidae üyelerinin temiz sulardan kirlenmiş sulara kadar farklı habitat tiplerine adapte olabildiği belirtilmiştir. Bu araştırmada nisbeten toleranslı türler saptansa da

bollukları düşük miktardadır. Bolluğun düşük olmasında, yoğun yağışın ve sel baskınlarının etken olabileceği düşünülmektedir (Ghasemi ve Garali 2014).

Başören ve Kazancı (2016), Fırtına Deresi'nden 2006 ve 2008 yıllarında sadece Temmuz ayında 10 istasyondan aldıkları örneklerde toplam 36 familya ve 2080 birey belirlemişlerdir. Bentik makroomurgasızlar içinde belirlenen familyalardan en fazla bulunanlar sırasıyla Heptaganidae (%30), Baetidae (%15), Perlidae (%11), Blephariceridae (%10) ve Hydropyschidae (%9) olmuştur. Bu araştırmada ise familya düzeyinde sıralama Sericostomatidae (%83), Tipulidae (%14), Heptaganiidae (%2) ve Tabanidae (%1) şeklinde olup, Heptaganiidae familyasına sadece sonbahar örneklerinde rastlanmıştır. Bununla birlikte, bentik makroomurgasızların familya sayısı, bolluk miktarı ve oransal dağılımlarına ilişkin bulgular, Başören ve Kazancı (2016)'nın bulguları ile benzerlik göstermemektedir. Bu durumun zamansal, mevsimsel ve çevresel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızların çeşitlilik indekslerinden, Shannon Weiner indeksi (H) değeri, 0-0,68 arasında değişmiş ve genel olarak 4. ve 5. istasyonlarda, diğer istasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Kış mevsiminde bulunan taksonların dağılımı daha homojen olmuştur. Shannon Weiner indeks değerinin yüksek olması, su kalitesinin yüksek olduğunun göstergesi olarak bildirilmektedir (Kazancı vd. 2010a). Bununla birlikte, yüksek kaliteli sularda, sınırlı düzeydeki organik maddenin, makroomurgasız çeşitliliğini azaltan önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir (Uyanık vd. 2005).

Fırtına Deresi'nde bentik makroomurgasızlara biyolojik indekslerden BMWP uygulanmıştır ve istasyonlarda ortalama BMWP değerleri 15-29 arasında değişmiştir, buna göre su kalitesi 4. sınıf olarak belirlenmiştir. Başören ve Kazancı (2016), Fırtına Deresi'nde BMWP skorlarını Temmuz ayında 48-109 arasında belirlemişlerdir. Bu araştırmada belirlenen BMWP skorlarının düşük olması, tür sayısının ve bolluğunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Tür çeşitliliğinin düşük olması, yoğun tahribata maruz kalan ve toleransı yüksek hızlı çoğalabilen türlerin olduğu habitatlarda beklenir.

Ancak düşük tür çeşitliliği, tahribatın çok az olduğu ve rekabetçi üstün türlerin kaynaklara hakim olduğu sularda da görülebilmektedir (Ward ve Tockner 2001).

Fırtına Deresi'nde fonksiyonel beslenme gruplarının kompozisyonu, öğütücü (Sericostomatidae), toplayıcı (Chironomidae), kazıyıcı (Heptaganiidae) ve predatör (Tipulidae, Tabanidae) beslenenlerden oluşmuştur. Bentik makroomurgasızlar içinde süzerek beslenenlere rastlanmamıştır. Ormanlık alanlarda yer alan akarsuların karasal kökenli iri tanecikli organik maddeleri besin kaynağı olarak kullanan ve ince tanecikli ve çözünmüş organik maddeye dönüştüren öğütücülerden (Meyer ve O'Hop 1983) Sericostomatidae'ye ilkbahar dışında bütün mevsimlerde 1. istasyonda rastlanmış ve Fırtına Deresi'nin alt kısımlarına doğru azalarak kaybolmuştur. Savic vd. (2013), Doğu Sırbistan'da Nisava Nehri'nde öğütücülerin nehrin üst kısmında %50 oranında bulunduğunu ve alt kısımlarda azaldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Bonada vd. (2004) Sericostomatidae üyelerinin sularda amonyum, ortofosfat ve askıda katı madde miktarlarında hafif artışlara tolerans gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Akarsuların alt kısımlarına taşınan ince tanecikli organik madde ile beslenen toplayıcılardan Chironomidae bu araştırmada ilkbahar ve yaz döneminde son iki istasyonda görülmekle birlikte oransal olarak düşüktür. Tomanova vd. (2006) tarafından, kazıyıcı, predatör ve öğütücülerin hareketliliklerinin, aktif besin aradıkları için yüksek olması veya durağan olmayan substratlarda, akışa ve dolayısıyla sürüklenme riskine maruz kaldıklarından, kirliliğin aniden görüldüğü akarsularda ekosistem tanımlamada makroomurgasızların beslenme stratejilerini kullanmanın çok uygun olmadığı ve aksine bu organizma gruplarının yüksek akışlı sularda akıntının etkisini bertaraf etmek için toplayıcı beslenmeye adapte olabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, akarsularda iç ve dış kaynaklı organik madde miktarının bentik makroomurgasızların fonksiyonel beslenme gruplarının dağılımını ve bolluğunu belirleyeceği bildirilmektedir (Vannote vd. 1980). Fırtına Deresi'nin akış miktarı yüksek olup, bu araştırmada genel olarak beslenme gruplarına ait organizmaların dağılımı düzensiz ve bolluğu düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, Fırtına Deresi'nin fonksiyonel beslenme gruplarının kullanılarak ekolojik olarak değerlendirilmesi için sediment kalite analizinin de yapılması ve uzun süreli bir araştırmanın daha sağlıklı olabileceği düşünülmektedir.

Fırtına Deresi'nde araştırma süresince ortalama sıcaklık değerleri  $1,9\pm0,1^{\circ}\text{C}$  ile  $17,4\pm0,05^{\circ}\text{C}$  arasında değişmiştir. En düşük değerlerin belirlendiği kış mevsiminde sıcaklık değerleri  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmemiştir ve birinci istasyondan son istasyona artma eğilimi göstermiştir. Bu eğilim genel olarak bütün mevsimlerde gözlenmiştir. Bu araştırmada ölçülen sıcaklık değerleri, Alemdağ (1993)'ın Fırtına Deresi için bildirdikleri sıcaklık değerleri ( $4,16-18,5^{\circ}\text{C}$ ) ve Alkan vd. (2013)'nin, Fırtına Deresi'nin de içinde olduğu Doğu Karadeniz dereleri için bildirdikleri sıcaklık değerleri içinde kalmıştır. Bununla birlikte, kış mevsimi için bildirilen en düşük değer, bu araştırmada ölçülen değerden yüksek olmuştur. Fırtına Deresi'nde su sıcaklığının çok düşük olmasının, rakımın yüksek olması ve karın bu bölgede uzun sürede kalmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Akın 2016). Araştırma süresince ortalama sıcaklık değeri  $25^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kaldığından Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim 2004a) göre Fırtına Deresi alabalık yetiştirilebilir ve içme suyu olarak kullanılma potansiyeli olan 'Yüksek Kaliteli Su' sınıfındadır.

Fırtına Deresi'nde araştırma süresince ortalama çözünmüş oksijen değerleri  $9,24\pm0,01$  ile  $12,37\pm0,01$  mg/l arasında değişmiştir. En düşük çözünmüş oksijen değerleri yaz mevsiminde en yüksek değerler ise kış mevsiminde ölçülmüştür. Bu araştırmadan elde edilen değerler, Akın (2016)'ın Fırtına Deresi'ne ilişkin bildirdiği çözünmüş oksijen değerleri ile benzerdir. Alkan vd. (2013) Doğu Karadeniz Dereleri'nde yaz ve sonbaharda ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin ilkbahar ve kış mevsimlerine göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmada, genel olarak istasyonlarda birinciden son istasyona doğru ortalama çözünmüş oksijen değerlerinde azalma belirlenmemiştir. Fırtına Deresi'nde, 2006 ve 2008 yıllarının Temmuz aylarında, 10 istasyonda yapılan ölçümlerde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının  $7,6-10,8$  mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir ve bazı istasyonlarda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun  $8$  mg/l nin altında olması nedeniyle, Yerüstü Su Yönetmeliğine göre istasyonlardaki suyun I ve II sınıf kalite olduğu rapor edilmiştir (Başören ve Kazancı 2016). Gedik vd. (2010) Fırtına Deresi'nin denize ulaştığı noktada ortalama çözünmüş oksijen değerinin  $10,40$  mg/l olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmada ise bu değer  $10,60$  mg/l olmuştur. Bu durumun Fırtına Deresi'nin debisinin yüksekliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, istasyonlarda artan sıcaklık değerleri ile çözünmüş oksijen değerleri azalma eğilimi

göstermiştir. Araştırma süresince istasyonlarda ortalama çözülmüş oksijen değeri 8 mg/l'nin üstünde olduğundan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim 2004a) göre Fırtına Deresi Yüksek Kaliteli Su niteliğindedir.

Fırtına Deresi'nde araştırma süresince ortalama pH değerleri  $7,13 \pm 0,13$  ile  $8,50 \pm 0,10$  arasında değişmiştir. En yüksek pH değerleri, kış ve yaz mevsimlerinde ölçülmüştür. Bununla birlikte, son istasyonlarda yapılan ölçümlerin, genellikle ilk istasyonlara göre yüksek olduğu görülmüştür. Gedik vd. (2010), Fırtına Deresi'nin fiziko-kimyasal özelliklerini 2 yıl süreyle araştırdıkları çalışmada, bahar ve yaz aylarında pH değerlerinin yüksek olduğunu, bunun da sonbahar ve kış aylarındaki kar ve yağmur sularının dereye karışmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Alemdağ (1993) Fırtına Deresi'nde pH değerinin 6,00-8,00 arasında, Gedik vd. (2010) 6,88-7,61 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Alkan vd. (2013), Doğu Karadeniz Dereleri'nde en düşük pH değerinin ilkbahar mevsiminde 7,85, en yüksek değerin kış mevsiminde 8,15 ölçüldüğü, Fırtına Deresi için pH değerlerinin tüm mevsimlerde 8'in altında olduğu belirtilmiştir. Başören ve Kazancı (2010), 2006-2008 Temmuz aylarında Fırtına Deresi'nde pH değerlerini istasyonlarda 6,64-7,92 arasında ölçmüşlerdir. Bu çalışmada, Fırtına Deresi'nde pH değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim 2004a) göre pH değerleri açısından Fırtına Deresi yüksek kaliteli su niteliğindedir.

Fırtına Deresi'nde araştırma süresince ortalama elektriksel iletkenlik değerleri  $13,80 \pm 0,06$  ile  $50,30 \pm 1,00$   $\mu\text{S/cm}$  arasında değişmiştir. Mevsimlerde en yüksek değerler son istasyonlarda ölçülmüştür. Araştırma süresince istasyonlarda elektriksel iletkenlik değerleri, sıcaklık artışı ile paralel olarak artış göstermiştir. Bununla birlikte, akarsularda düşük iyon konsantrasyonunun flora ve faunayı tür çeşitliliği ve bolluk açısından sınırlandırdığı bildirilmektedir (Allan 1995). Başören ve Kazancı (2010), 2006-2008 Temmuz aylarında Fırtına Deresi'nde elektriksel iletkenlik değerlerini istasyonlarda 27,3-86,8  $\mu\text{S/cm}$  ölçmüşlerdir. Bu çalışmada, yaz mevsiminde alınan örneklerde bu değer  $24,05 \pm 0,5$ - $39,4 \pm 0,85$   $\mu\text{S/cm}$  arasında değişmiştir. Gedik vd. (2010)

Fırtına Deresi için yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerini  $54,77 \pm 1,04$   $\mu\text{S/cm}$  olarak bildirmişler ve Fırtına Deresi'nin iyon bakımından zengin olmayan bir tatlısu olduğunu

belirtmişlerdir. Bununla birlikte, elektriksel iletkenlik ölçümlerinin diğer fiziksel ve kimyasal ölçümlerine göre sularda kirlilik düzeyi konusunda en iyi sonuç veren ölçümlerden olduğu, minimal düzeyde kirlilik etkisinde olan akarsularda elektriksel iletkenlik değerinin 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nin altında ölçüldüğü bildirilmiştir (Wenner vd. 2003). Fırtına Deresi'nin ortalama elektriksel iletkenlik değeri 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'in altında olduğundan, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim 2004a) göre yüksek kaliteli su sınıfındadır.

Fırtına Deresi'nde ortalama amonyum azotu değerleri sadece sonbaharda 0,017 $\pm$ 0,00 mg/l ile 0,019 $\pm$ 0,00 mg/l arasında, diğer mevsimlerde 0,003 $\pm$ 0,05 mg/l ile 0,006 $\pm$ 0,005 mg/l arasında değişmiştir. Nitrat azotu değerleri ise mevsimlerde 0,5  $\pm$ 0,00 mg/l ile 0,6 $\pm$ 0,05 mg/l arasında değişmiştir. Ancak kış mevsiminde birinci istasyondan sonraki istasyonlarda 1,3 $\pm$ 0,01 mg/l mg/l ye kadar çıkmış ve tekrar azalmıştır. Nitrit azotu ise mevsimlerde ve istasyonlarda 0,004 $\pm$ 0,00 mg/l ile 0,009 $\pm$ 0,00 mg/l arasında değişmiştir. İstasyonlarda ortalama nitrit azotu değerleri son istasyonda artma eğilimi göstermiştir. Akarsuların alt kısımlarında amonyak ve nitrit konsantrasyonlarının artabileceği, amonyumun makroomurgasızlara bir zararının olmayacağı, ancak ürünleri olan amonyak ve nitritin toksik etki yapabileceği bildirilmektedir (Berenzen vd. 2001). Gedik vd. (2010) Fırtına Deresi'nin ortalama nitrat azotu değerini 1,36 mg/l ve nehir ağzında amonyum azotu konsantrasyonunu 0,0051 mg/l olarak bildirmişlerdir. Bu değer bu araştırmada belirlenen ortalama nitrat azotu konsantrasyonunun (0,55 $\pm$ 0,03 mg/l) üstünde son istasyonda ölçülen ortalama amonyum konsantrasyonu değeri ile benzerdir. Akarsularda amonyum azotu, nitrat azotu ve nitrit azotu konsantrasyonlarındaki değişimlerin, akarsu hidrolojisinin mevsimsel değişiminden kaynaklandığı ve antropojenik olduğu bildirilmektedir (Allan 1995). Bu araştırmada belirlenen konsantrasyon değerleri genel olarak istasyonlarda büyük değişiklikler göstermemiştir. Bu durumun, akarsudaki yüksek akış miktarının suyu dilüe etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Fırtına Deresi, Akın (2016)'ın da bildirdiği gibi ortalama amonyum azotu (<2 mg/l), nitrit azotu (<0,01 mg/l) ve nitrat azotu (<5 mg/l) konsantrasyonları dikkate alındığında Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim 2004a) göre yüksek kaliteli su sınıfındadır.

Fırtına Deresi'nde ortalama toplam fosfor konsantrasyonları 0,06 $\pm$ 0,005 mg/l ile 0,90  $\pm$ 0,05 mg/l arasında, ortalama ortofosfat konsantrasyonları ise 0,03 $\pm$ 0,00 mg/l ile

0,89±0,005 mg/l mg/l arasında değişmiştir. Ortalama toplam fosfor ve ortofosfat konsantrasyonları mevsimlerde ve istasyonlarda düzenli bir değişim aralığı göstermemiştir. İkinci ve üçüncü istasyonlarda ani yükselmeler ve sonrasında azalmalar belirlenmiştir. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonları en yüksek kış mevsiminde, en düşük sonbaharda belirlenmiştir. Doğal ve kirlenmemiş sularda ortalama toplam fosfor değerinin 0,01-0,03 mg/l arasında olduğu belirtilmiştir (Meybeck 1982). Bu araştırmada yıllık ortalama toplam fosfor değerleri sonbaharda 0,20±0,004 mg/l, kışın 0,44±0,004 mg/l, ilkbaharda 0,23±0,005 mg/l ve yaz mevsiminde 0,34±0,012 mg/l olmuştur. Ortalama ortofosfat değerleri ise sonbaharda 0,10±0,005mg/l, kışın 0,33±0,004 mg/l, ilkbaharda 0,19±0,004 mg/l ve yaz mevsiminde 0,31±0,005 mg/l olmuştur. Bu yüksek değerlerin, bu bölgede, gerek turizm gerekse yerleşim yerlerinden ve tarım arazilerinden gelen atıkların yağmur suyu ile gelmesinden veya dereye bırakılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, sularda sediment tarafından absorbe edilen fosforun, akış miktarı yüksek olan akarsularda absorpsiyonunu ve organizmalar tarafından alımını azaltabilir ve fosfor akarsuyun alt kısımlarına taşınabilir, yavaş akan sularda ise tersi durum söz konusudur (Allan 1995).

Fırtına Deresi'nde araştırma süresince ortalama klorofil *a* konsantrasyonu 0,05±0,02 ile 1,99±0,09µg/l arasında değişmiştir. En yüksek değer sonbaharda 1. istasyonda, en düşük değer yine ilkbaharda aynı istasyonda ölçülmüştür. Araştırma süresince mevsimlerde, sonbahar dışında, klorofil *a* konsantrasyonlarında genel olarak son istasyona doğru yükselme olmuştur. Alkan vd. (2013), Fırtına Deresi'nde ortalama klorofil *a* konsantrasyonunun 1 µg/l'nin altında olduğunu bildirmişlerdir. Akarsularda besin maddesi miktarı ve fitoplankton biyokütlesi düşük olup, akarsuların alt kısımlarının fitoplankton üretimi için uygun olduğu bildirilmektedir (Allan 1995).

Ortalama askıda katı madde değerleri araştırma süresince 0,4±0,11 ile 54,7±1,00 mg/l arasında değişmiştir. Genel olarak ortalama askıda katı madde konsantrasyonları son istasyonda birinci istasyona göre yüksek ölçülmüştür. Bununla birlikte, mevsimlerde istasyonlar arasında düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir. Gedik vd. (2010)'nın bildirdiği gibi bu durumun yağışlar nedeniyle, dere yatağına gelen maddeler, dere yatağında yapılan ıslah çalışmaları ve bölgedeki kum ocaklarından kaynaklanabileceği

düşünülmektedir. Askıda katı madde miktarı arttıkça, sularda ışığın geçişine bağlı olarak fitoplankton miktarının azaldığı, dolayısıyla makroomurgasızların tür kompozisyonunun ve türlerin bolluğunun azaldığı bildirilmektedir (Hawkes 1979).

Bu tez çalışması ile Fırtına Deresi, su kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde, Türkiye Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği kalite kriterlerine göre ‘Yüksek Kaliteli Su’ niteliğinde I. Sınıf olduğu ortaya konmuştur. Ancak bentik makroomurgasız açısından değerlendirildiğinde, çeşitlilik indekslerinden olan Shannon Weiner indeks değeri ve tür çeşitliliği düşük bulunmuştur. Aynı şekilde biyotik indeks- BMWP skoru da düşük bulunmuştur ve 4. Sınıf su kalitesinde kirli sular sınıfında değerlendirilmiştir. Bentik makroomurgasız indeksleri ve su kalite parametreleri açısından bir uyumsuzluk sözkonusudur. Fırtına Deresi’nde su akışı  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  civarındadır ve eğimi yüksek olup, bölgedeki akışı en yüksek olan deredir. Bu nedenle su bitkileri gelişimi ve klorofil *a* açısından zayıftır. Bentik makroomurgasızların tür çeşitliliğinin düşük olması, tahribatin çok az olmasından ve rekabetçi üstün türlerin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, Fırtına Deresi’nde süzerek beslenen organizma gruplarına rastlanmamıştır. Dolayısıyla, ortamdaki organik madde miktarının, tür çeşitliliğini ve bolluklarını sınırlayıcı etken olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Fırtına Deresi’nde yaşayan balık türleri açısından mevcut su kalitesinin korunması gerekmektedir. Son yıllarda, çevrede turizm amaçlı tesislerin ve yol yapım çalışmalarının artması nedeniyle Dere tehdit altındadır. Bu çalışmadan elde edilen veriler, Fırtına Deresi’nde daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmış ve son durumu ortaya konmuştur. Bu araştırmada, bentik makroomurgasızlar açısından 2006-2008 yılları Temmuz aylarında yapılan iki örnekleme ile yapılan karşılaştırmada, tür çeşitliliği, bollukları ve dolayısıyla uygulanan indeks değerleri oldukça düşük bulunmuştur. Bu durumun örnekleme döneminden, suyun hidrolojisinden ve karasal orijinli girdilerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Fırtına Deresi, su kalitesinin indikatörü olan bentik makroomurgasızlar açısından uzun süreli izlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Akın, G. 2016. Çağlayan, Fırtına ve İkizdere Derelerinde Nutrient ve İz Metallerin Mevsimsel Değişimlerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknik Müh. Anabilim Dalı, 91, Trabzon.
- Alemdağ, N. 1993. Rize Fırtına Deresi'nin Alabalık Yetiştiriciliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknik Müh. Anabilim Dalı, 44, Trabzon.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B. and Kılıç, M.B. 2013. Physico-Chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers. Turkish journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13:847-859.
- Allan, J.D. 1995. Stream Ecology Structure and Function of Running Waters. Kluwer Academic Publishers, 388, USA.
- Anonim. 2004a. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete 25687, T.C. Başbakanlık.
- Anonymous. 2004b. Diversity and Biotic Indices. [www.pca.state.mn.us/publications](http://www.pca.state.mn.us/publications), 31.
- Anonymous. 1998. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. AWWA, WEF, Washington DC.
- Anonymous 2017. Water Conductivity in Stream Environments. <http://www.dartmouth.edu/bio31/conductivity.htm>, 04.07.2017.
- Aydın, H. ve 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.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Özbek, M., Yıldız, S., Taşdemir, A. ve İlhan, A. 2006. Küçük Menderes Nehri'nin (Selçuk, İzmir) Aşağı havzasındaki Kirliliğin Makro Bentik Omurgasızlar kullanılarak Saptanması .Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1-2), 61-65.
- Başören, Ö. and Kazancı, N. 2016. Water quality assessment of Fırtına Stream (Rize, Turkey) by using various macroinvertebrate based metrics and physicochemical variables. Review of Hydrobiology, 9(1), 1-16.
- Beals, M., Gross, L., and Harrel, S. 1999. Diversity indices: Simpson's D and E, [www.Tiem.utk.edu/gross/bealsmodules/sim](http://www.Tiem.utk.edu/gross/bealsmodules/sim).
- Berenzen, N., Schultz, R. and Liess, M. 2001. Effects of Chronic Ammonium and Nitrite contamination on the macroinvertebrate community in running water microcosms. Wat. Re., 35(14), 3478-3482.
- Brittain, J.E. and Eckland, T.R. 1988. Invertebrate drift-a review Hydrobiologia, 166, 77-93.

- Bonada, N., Zamora-Munoz, C., Rieradevali, M. and Prat, N. 2004. Ecological profiles of caddisfly larvae in Mediterranean streams: implications for bioassessment methods. *Environmental Pollution*, 132(3), 509-521.
- Cirik S. ve Cirik Ş. 1991. Limnoloji. Ege Üniversitesi Basımevi, 135, İzmir.
- Cornel, G.E. and Whoriskey, F.G. 1993. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage Quebec. *Aquaculture*, 109, 101-117.
- Cummins, K.W. 1974. Structure and Function of Stream Ecosystems. *Bioscience*, 24, 631-641.
- Cummins, K.W. 1994. Invertebrates. In: *The Rivers Handbook*. Calow, P and Petts, G.G. (eds.), Blackwell Sci. Publ., Vol.2, 523, Oxford.
- Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ. 1999. Türkiye Su Ürünleri Sektörü, Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 414, İstanbul.
- Edmondson, W.T. 1959. Rotifers, In: *Freshwater Biology*, 2nd Ed. Edmondson, W.T. (ed.), Wiley Publ., 420-494. New York.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E., ve Fevzioğlu S. 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 19(76), 25-35.
- Geldiay, R. ve Balık, S. 1996. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 532, İzmir.
- Ghasemi, A.F. and Kamali, M. 2014. Benthic Macroinvertebrates along the Haraz Downstream in Southern Caspian Sea Basin: In Gradient of the Physicochemical Parameters. *International Journal of Zoology*, 2014, 1-7.
- Grant, S. D. 2001. *Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States*, 4th Ed. John Wiley & Sons Inc., 639, New York.
- Hawkes, H.A. 1979. Invertebrates as Indicators of River Water Quality. In: *Biological Indicators of Water Quality*. James, A. and Evison, L. (eds), Wiley-Intersci. Publ., 27. Great Britain.
- Hynes, H.B.N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press, 555, Toronto.
- Jacobsen, D. 1993. Trichopteran larvae as Consumers of Submerged Angiosperms in Running Waters. *Oikos*, 67, 379-383.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M.Z. ve Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroorganizma Çeşitliliği Üzerine Etkisi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 20(1), 23-33.

- Kalyoncu, H. ve Zeybek, M. 2009. Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (1), 41-48.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. ve Oğuzkurt, D. 1997. Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi. *Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi II*, 100, Ankara.
- Kazancı, N. and Dügel, M. 2000. An evaluation of the water quality of Yuvarlakçay Stream in the Köyceğiz- Dalyan Protected Area, SW Turkey. *Turk. J. Zool.*, 24,69-80.
- Kazancı, N., Ertunç, Ö., Türkmen, G., Ekingen, P. ve Öz, B. 2010. Fırtına Deresi'nin Bazı Fiziko-Kimyasal Değişkenler ve Taban Büyük Omurgasızları Kullanılarak Değişik İndekslerle Değerlendirilmesi, 4. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, 04-06 Ağustos, Bolu.
- Kazancı, N., Ekingen, P., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Dügel, M. and Gültutan, Y. 2010. Assessment of Ecological Quality of Aksu Stream (Giresun, Turkey) in Eastern Black Sea Region by Using Water Framework Directive Methods Based on Benthic Macroinvertebrates. *Review Hydrobiology*, 3(2),165-184.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Başören, Ö. ve Ekingen, P. 2016. TR-BMWP (Turkish-BMWP) Biotic Index. *Review of Hydrobiology*.[www.reviewofhydrobiology.org](http://www.reviewofhydrobiology.org)., 9(2) 147-151.
- Kesici, T. ve Kocabaş, Z. 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayını. II. Baskı,94, 378, Ankara.
- Kırkağaç, M. U., Pulatsu, S., and Köksal, G. 2004. Effects of Land-Based Trout Farms on the Benthic Macroinvertebrate Community in A Turkish Brook. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 56(1), 59-67.
- Kırkağaç, M. U. ve Köksal, G. 2004. Akarsularda Bentik Makromurgasızların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerinin Kullanımı. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2 (3), 345-353.
- Kırkağaç, M., Cılız, S., Alkan, N. and Seyhan, K. 2014. The preliminary observation of anthropogenic effects on the benthic macroinvertebrate communities in the brooks of the Eastern Black Sea region of Turkey: Çağlayan and İkizdere. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute*, 57-60.
- Kocataş, A. 2003. Ekoloji, Çevre Biyolojisi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fak.Yay. No.51, Ders Kitabı Dizini No: 20, Ege Üniv. Basımevi, İzmir.
- Kurtoğlu, İ. Z. 2013. Fırtına Havzasında Sürdürülebilir Balık Yetiştiriciliği. *Fırtına Vadisi Sempozyumu*, 26-27 Nisan, 16, Rize.
- Loch, D.D., West, J. L. and Perlmutter, D.G. 1996. The Effect of Trout Farm Effluent on the Taxa Richness of Benthic Macro Invertebrates. *Aquaculture*, 147, 37-55.
- Macan, T.T. 1975. A Guide to Freshwater Invertebrate Animals. Longman, 116, London.

- Metcalf-Smith, J.L. 1994. Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities. In: The Rivers Handbook (Vol. 2). Calow, P. and Petts, G.E. (eds.), Blackwell Scientific Publications, 223, London,
- Meyer, J.L, and O'Hop, J. 1983. Leaf-Shredding Insects as a Source of Dissolved Organic Carbon in Headwater Streams. *Am Midl Nat*, 109,175–83.
- Midlen, A. and Redding, T.A. 2000. Environmental Management for Aquaculture. Kluwer Acad. Publ., 215, Netherlands. .
- Moreno, P. and Callisto, M. 2006. Benthic Macroinvertebrates in the Watershed of an Urban Reservoir in Southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 560,311-321.
- Meybeck, M. 1982. Carbon, Nitrogen and Phosphorus Transport by World Rivers. *Am. J. Sci.*, 282, 401-450.
- Ravera, O. 2001. A Comparison Between Diversity Similarity and Biotic Indices Applied to the Macroinvertebrate Community of a Small Stream: The Ravella (Northern Italy, *Aquatic Ecology*, 35, 97-107.
- Reynoldson, T.B. and Zarull, M.A. 1989. The Biological Assessment of Contaminated Sediments-The Detroit River Example. *Hydrobiologia*, 188/189,463-476.
- Richards, S., Thome, J., Williams, W.P. 1997. The Response of Benthic Macroinvertebrates to Pollution in Developing Countries: A Multimetric System of Bioassessment, *Freshwater Biol.*, 37, 671-686.
- Savic, A., Randelovic, V., Dordevic, M., Karadzic, B., Dokic, M., Krpo-Cetkovic, J. 2013. The Influence of Environmental Factors on the Structure of Caddisfly/Trichoptera Assemblage in the Nisanava River (Central Balkan Peninsula). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 409, 03.
- Serdar, O. 2012. İyidere ve Çiftekavak Derelerinin Su Kalitesinin Fiziko Kimyasal Parametreler Saprobik Sistem Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 121, Rize.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin 167 (2nd Edition), Fisheries Research Board Of Canada, 328, Ottawa.
- Tabak, İ., Aksungur, M., Zengin, M., Yılmaz, C., Aksungur, N., Alkan A, Zengin, B. ve Mısır S. 2002. Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*)'nin Biyoeolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Alınabilirliğinin Araştırılması. Proje Sonuç Raporu, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon.
- Thorp, J.H. and Rogers, D.C. 2011. Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America, Academic Press, 301.
- Tomanova, S., Goitia, E. and Helesic, J. 2006. Trophic Levels and Functional Feeding Groups of Neotropical Streams. *Hydrobiologia*, 556,251-264.
- Uyanık, S., Yılmaz, G., Yeşilnacar, M.I., Aslan, M., and Demir, Ö. 2005. Rapid Assessment of River Water Quality in Turkey Using Benthic Macroinvertebrates. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14(4), 268-272.

- Wallace, J.B. and Webster, J.R. 1996. The Role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Annual Reviews Entomol*, 41, 115-39.
- Ward, J.V and Tockner, K. 2001. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, 46, 807-819.
- Wenner, D. B., Ruhlman, M. and Eggert, S. 2003. The Importance of Specific Conductivity for Assessing Environmentally Impacted Streams. *Proceedings of the 2003 Georgia Water Resources Conference*, April 23-24, University of Georgia, Athens.
- Whitehurst, I.T. and Lindsey, B.I. 1990. The Impact of Organic Enrichment on the Benthic Macroinvertebrate Communities of a Lowland River. *Water Resources*, 24(5), 625-630.
- Willoughby, L.G. and Mappin, R.G. 1988. The Distribution of *Ephemerella ignita* (Ephemeroptera) in Streams: The Role of pH and Food Resources. *Freshwater Biol.*, 19, 145-155.
- Winterbourn, M.J. and Townsend, C.R. 1980. Streams and Rivers: One-way Flow Systems. In: *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Ed. By. Barnes R.S.K. and Mann K.H.. Blackwell Publishing, 230-242.
- Vanotte, R.L., Minshall, G. W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. and Cushing, C. E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 37, 130-137.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. ve Şahin, C. 2005. İyidere (Trabzon)'nin Fiziko-Kimyasal Açidan Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 57, 26-35.
- Yetik, M. K. 2007. Akarsuların Dinamik Benzetiminde Cbs Tekniklerinden Yararlanmak. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yıldız, H. Y. ve Kırkağaç, M.U. 2001. Ankara Çubuk Çayı'nın bentik makroomurgasız yapısı. *A.Ü. Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3), 9-12.
- Zeybek, M. ve Kalyoncu, H. 2012. Köprüçay nehri'nde Biyotik İndeksler ile çeşitlilik İndekslerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(1), 42-50.
- Zischke, J.A., Ericksen, G., Waller, D. and Bellig, R. 1992. Analysis of Benthic Macroinvertebrate Communities in the Minnesota River Watershed, 80, St. Paul.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Sadi Cılız

Doğum Yeri: Turhal

Doğum Tarihi:25/03/1967

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: Almanca

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Afyon Lisesi (1984)

Lisans: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi (1988)

Yüksek Lisans: Bremen Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesi Deniz

Biyolojisi Anabilim Dalı Adı: (1993-2000)

### **Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl**

Tokat Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü (1989-1992)

Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi

Müh.Bölümü.

Arş.Gör.(2000-2010)

Öğr.Gör.(2010-

### **SCI,SSCI,AHCI İNDEKSLERİNE GİREN DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER**

Özşeker K., Erüz C., Ciliz S., Mani F., 2014. Assessment Of Heavy Metal Contribution And Associated Ecological Risk In The Coastal Zone Sediments Of The Black Sea: Trabzon. CLEAN – Soil, Air, Water, Volum:42 .Issue:10, pp.1477-1482.

Özşeker K., Erüz C., Ciliz S., 2013. Determination Of Copper Pollution And Associated Ecological Risk In Coastal Sediments Of Southeastern Black Sea Region, Turkey. Bull Environ Contam Toxicol, vol. Volume 91, pp.661-666.

### **DİĞER DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER**

Kırkağaç M.U., Ciliz S., Alkan N., Seyhan K. 2014.The Preliminary Observations Of Anthropogenic Effects On The Benthic Macroinvertebrate Communities In The Brooks Of The Eastern Black Sea Region Of Turkey: Çağlayan And İkizdere. Scientific Annals of the Danube Delta Institute, vol.20, pp.57-60.