

**BOLU İLİ'NDEKİ BAZI AKARSULARDAN SEÇİLEN  
İSTASYONLARDAKİ TABAN BÜYÜK OMURGASIZ  
TOPLULUKLARININ AVRUPA BİRLİĞİ SU ÇERÇEVE  
DİREKTİFİ KRİTERLERİNE GÖRE LİMNOLOJİK YÖNDEN  
ANALİZİ**

**LIMNOLOGICAL ANALYSES OF BENTHIC  
MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE  
STATIONS CHOSEN FROM SOME STREAMS IN THE  
PROVINCE OF BOLU ACCORDING TO EUROPEAN  
UNION WATER FRAMEWORK DIRECTIVE CRITERIA**

**TOLGA TUGAYTİMÜR**

**Prof. Dr. Nilgün KAZANCI**

**Tez Danışman**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2013

**Tolga TUGAYTIMÜR**'ün hazırladığı, "Bolu İli'ndeki Bazı Akarsulardan Seçilen İstasyonlardaki Taban Büyük Omurgasız Topluluklarının Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kriterlerine Göre Limnolojik Yönden Analizi" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BIYOLOJİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman)

(Prof. Dr. Nilgün KAZANCI)

.....

Üye

(Prof. Dr. Semra KOCABIYIK)

.....

Üye

(Prof. Dr. Sönmez GİRGİN)

.....

Üye

(Prof. Dr. Muzaffer DÜGEL)

.....

Üye

(Yrd. Doç. Dr. Sırma ÇAPAR)

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma Sevin DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Canım yeğenim Özgü Beren Kalkan 'a*

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/08/2013

Tolga TUGAYTİMÜR

## ÖZET

# **BOLU İLİNDEKİ BAZI AKARSULARDAN SEÇİLEN İSTASYONLARDAKİ TABAN BÜYÜK OMURGASIZ TOPLULUKLARININ AVRUPA BİRLİĞİ SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ KRİTERLERİNE GÖRE LİMNOLOJİK YÖNDEN ANALİZİ**

**Tolga TUGAYTIMÜR**

**Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nilgün KAZANCI**

**Ağustos 2013, 74 sayfa**

Bu çalışmada, 29-30 Haziran 2011 tarihinde Bolu İli'ndeki bazı akarsular üzerinde 11 istasyon belirlenmiş, bu istasyonlardan su örnekleri alınmış ve taban büyük omurgasızları toplanmıştır. İstasyonlardan alınan su örneklerinin, laboratuvar ortamında nitrit, nitrat, amonyum ve sülfat analizleri yapılmış ve bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında, pH, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüş ve akarsu bölgeleri, taban yapısı, normal ve çekik zaman genişlikleri, kenar bitkilenmesi ve istasyon civarında insan etkisi olup olmadığı belirlenmiştir. Toplanan 32290 taban büyük omurgasız bireyi mümkün olan en alt seviyede teşhis edilmiştir. Buna göre, Turbellaria, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Arachnida, Malacostraca, Entognatha ve Insecta olmak üzere 8 sınıfa ait 81 taksa belirlenmiştir.

ASTERICS yazılımı kullanılarak istasyonların, Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi, Simpson Çeşitlilik İndeksi, Margalef Çeşitlilik İndeksi, Pielou Eşitlik İndeksi, BMWP, ASPT, Taksa Sayısı ve EPT Taksa Sayısı değerleri belirlenmiştir.

Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (SÇD) kriterlerine göre, istasyonların fiziko-kimyasal değişkenleri ve taban büyük omurgasız faunası kullanılarak, istasyonların habitat kaliteleri belirlenmiştir. Tüm bu bulgular ve değerlendirmeler sonucunda 11

istasyondan, 4'ü yüksek ekolojik duruma ve referans habitat özelliğine sahiptir. Geriye kalan 7 istasyon ise iyi ekolojik duruma sahip olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD), ASTERICS yazılımı, Bolu, çeşitlilik indeksleri, fiziko-kimyasal değişkenler, habitat kalitesi, referans habitat, taban büyük omurgasızları.

## **ABSTRACT**

### **LIMNOLOGICAL ANALYSES OF BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE STATIONS CHOSEN FROM SOME STREAMS IN THE PROVINCE OF BOLU ACCORDING TO EUROPEAN UNION WATER FRAMEWORK DIRECTIVE CRITERIA**

**Tolga TUGAYTIMÜR**

**Master of Science, Department of Biology**

**Supervisor: Prof. Dr. Nilgün KAZANCI**

**August 2013, 74 pages**

Eleven stations were studied in this thesis on some streams in the province of Bolu. Water samples and benthic macroinvertebrates were collected in 29-30 June 2011. Nitrite, nitrate, ammonium and sulphate analyses of water samples taken from the stations were conducted and turbidity values were measured at the laboratory. During field studies, pH, water temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity were measured and information about stream zones, structure of substratum, stream wide in normal and dry period, riparian vegetation and human effect around the station were noted. Collected 32290 benthic macroinvertebrates were identified in the lowest possible level and 81 taxa belonging to 8 classes were determined as Turbellaria, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Arachnida, Malacostraca, Entognatha and Insecta.

Shannon-Wiener, Simpson, Margalef Diversity Index, Pielou Evenness Index, BMWP, ASPT, Taxa Number and EPT Taxa Number values of the stations were determined by using ASTERICS software.

According to European Union Water Framework Directive (WFD) criteria, habitat qualities of these eleven stations were determined by using physico-chemical variables of the stations and benthic macroinvertebrate fauna. As a result of all these findings and evaluations, 4 of 11 stations have high ecological conditions

and reference habitat feature. Whereas remaining 7 stations have good ecological conditions.

**Keywords:** EU Water Framework Directive (WFD), ASTERICS software, Bolu, diversity indexes, physico-chemical variables, habitat quality, reference habitat, benthic macroinvertebrates.



## TEŞEKKÜR

Tez konumu belirleyen ve tüm çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Nilgün KAZANCI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmasının değerlendirilmesinde harcadıkları zaman ve emek için değerli hocalarım Prof. Dr. Semra KOCABIYIK, Prof. Dr. Sönmez GİRGİN, Yrd. Doç. Dr. Sırma ÇAPAR'a ve hem tez çalışmasının değerlendirilmesinde hem de arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Muzaffer DÜGEL'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı babam Selim Tahir TUGAYTİMÜR ve amcam Zeynel Abidin TUGAYTİMÜR'e, laboratuvar çalışmalardaki yardımlarından dolayı, Arş. Gör. Pınar EKİNGEN'e ve hem arazi hem de laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Gencer TÜRKMEN, Arş. Gör. Özge ERTUNÇ ve Hüseyin Ali BOLAT'a teşekkür ederim.

Haritalama konusundaki yardımlarından dolayı Berna Kaya KALINBAÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışma süresince her türlü desteği esirgemeyen değerli arkadaşım Ozan KILIÇ ve Ailesi'ne teşekkür ederim.

Çalışmanın tüm döneminde bana her zaman destek olan bütün aileme ve yakın arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Her zaman manevi olarak yanımda olan Hazal Gül İNCE'ye teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|   |           |
|---|-----------|
| ÖZET.....   | I         |
| ABSTRACT.....   | III       |
| TEŞEKKÜR.....   | V         |
| İÇİNDEKİLER .....   | VI        |
| ÇİZELGELER.....   | VIII      |
| ŞEKİLLER.....   | IX        |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....   | XI        |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Çalışmanın Amacı .....  | 1         |
| 1.2 Su Kalitesi İzleme Çalışmalarında Taban Büyük Omurgasızları .....                 | 2         |
| 1.3 Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi.....  | 3         |
| <b>2. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>  | <b>9</b>  |
| 2.1 Çalışma Alanı .....   | 9         |
| 2.2. Taban Büyük Omurgasız Örneklerinin Toplanması, Saklanması ve Teşhisi ..          | 11        |
| 2.3. Fiziko-kimyasal Değişkenlerin Ölçümü ve Analizi.....                             | 12        |
| 2.4. İstatistiksel Analizler .....  | 12        |
| 2.4.1. Baskınlık Analizi .....  | 12        |
| 2.4.2. Benzerlik Analizi .....  | 13        |
| 2.4.3. Çeşitlilik Analizleri.....   | 13        |
| 2.4.3.1. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi .....                                      | 13        |
| 2.4.3.2. Simpson Çeşitlilik İndeksi .....   | 14        |
| 2.4.3.3. Margalef Çeşitlilik İndeksi.....   | 14        |
| 2.4.3.4. Pielou Eşitlik İndeksi.....  | 15        |
| 2.4.5. Taban Büyük Omurgasız Taksa Sayısının Belirlenmesi.....                        | 15        |
| 2.4.6. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Taksa Sayısının Belirlenmesi..... | 15        |
| 2.4.7. Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP) .....                       | 15        |
| 2.4.8. Takson Başına Ortalama Skor Sistemi (ASPT) .....                               | 16        |
| <b>3. BULGULAR .....</b>  | <b>17</b> |
| 3.1. Örnekleme Noktalarının Genel Özellikleri.....                                    | 17        |
| 3.2. Fiziko-kimyasal Bulgular.....  | 22        |
| 3.2.1. Sıcaklık.....  | 22        |
| 3.2.2. Çözünmüş Oksijen .....   | 23        |
| 3.2.3. pH.....  | 24        |
| 3.2.4. Özgül Elektriksel İletkenlik.....  | 25        |
| 3.2.5. Bulanıklık.....  | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.6. Azot ve Sülfat Değerleri.....                                  | 26        |
| 3.3 Biyolojik Bulgular .....  | 29        |
| 3.4. Biyolojik Analizler .....  | 36        |
| 3.4.1. Baskınlık Analizi .....  | 36        |
| 3.4.2. Benzerlik Analizleri .....                                     | 44        |
| 3.4.3. Çeşitlilik Analizleri.....                                     | 44        |
| 3.4.3.1. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi .....                      | 44        |
| 3.4.3.2. Simpson Çeşitlilik İndeksi.....                              | 45        |
| 3.4.3.3. Margalef Çeşitlilik İndeksi .....                            | 45        |
| 3.3.4. Pielou Eşitlik İndeksi.....                                    | 46        |
| 3.3.5. Taksa Sayısı.....  | 47        |
| 3.3.6. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Taksa Sayısı..... | 48        |
| 3.3.7. BMWP .....   | 48        |
| 3.3.8. ASPT .....   | 49        |
| <b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>                                     | <b>51</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>   | <b>74</b> |

## ÇİZELGELER

|  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| Çizelge 1.1 Akarsulardaki ekolojik durumların tanımlanması [10] .....  | 6                   |
| Çizelge 2.1 BMWP skor sistemi aralığı [52].....  | 16                  |
| Çizelge 2.2 ASPT değer, ve su kalitesi açıklaması [55] .....   | 16                  |
| Çizelge 3.1 Seçilen 11 istasyonun fiziksel ve jeolojik özellikleri.....  | 21                  |
| Çizelge 3.2 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Su Kalite kriterleri [59].....  | 22                  |
| Çizelge 3.3 Bolu İli'ndeki bazı akarsulardan örneklenen istasyonlarda bulunan taban büyük omurgasızlarının sistematik sınıflandırılması .....                    | 31                  |
| Çizelge 3.4 On bir istasyonda tespit edilen örneklerin buldukları istasyonlar ....   | 33                  |
| Çizelge 3.5 Bolu İlindeki bazı akarsulardan toplanan taban büyük omurgasız toplulukları kullanılarak hesaplanan istasyonlar arasındaki benzerlik analizleri..... | 44                  |
| Çizelge 4.1 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre istasyonların sahip olduğu su kalitesi sınıfları.....  | 55                  |

## ŞEKİLLER

|  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| Şekil 2.1 Bolu İli'nin Türkiye'deki konumu .....   | 9                   |
| Şekil 2.2 Bolu İli Havzaları [29].....   | 10                  |
| Şekil 2.3 Bolu İli'nde çalışmanın yapıldığı istasyonların konumu [31].....   | 11                  |
| Şekil 3.1 İstasyonlarda ölçülen su sıcaklığı değerleri .....   | 23                  |
| Şekil 3.2 Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve su sıcaklığı arasındaki ilişki .....                                    | 24                  |
| Şekil 3.3 İstasyonlarda ölçülen pH değerleri.....  | 24                  |
| Şekil 3.4 Özgül elektriksel iletkenlik ve pH değerleri arasındaki ilişki .....                                       | 25                  |
| Şekil 3.5 Özgül elektriksel iletkenlik ve su sıcaklığı değerleri arasındaki ilişki.....                              | 26                  |
| Şekil 3.6 İstasyonlarda ölçülen bulanıklık değerleri .....   | 26                  |
| Şekil 3.7 İstasyonlarda ölçülen nitrit azotu değerleri.....  | 27                  |
| Şekil 3.8 İstasyonlarda ölçülen nitrat azotu değerleri .....   | 27                  |
| Şekil 3.9 İstasyonlarda ölçülen amonyum azotu değerleri.....   | 28                  |
| Şekil 3.10 İstasyonlarda ölçülen azot değerleri .....  | 28                  |
| Şekil 3.11 İstasyonlarda ölçülen sülfat değerleri.....   | 29                  |
| Şekil 3.12 Takımların taksa sayısına göre yüzde dağılımı .....   | 30                  |
| Şekil 3.13 Takımların birey sayısına göre yüzde grafiği .....  | 31                  |
| Şekil 3.14 İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) ..... | 38                  |
| Şekil 3.15 İstasyonların Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi değerleri .....   | 45                  |
| Şekil 3.16 İstasyonların Simpson Çeşitlilik İndeksi değerleri .....  | 45                  |
| Şekil 3.17 İstasyonların Margalef Çeşitlilik İndeksi değerleri .....   | 46                  |
| Şekil 3.18 İstasyonların Pielou Eşitlik İndeksi değerleri .....  | 46                  |
| Şekil 3.19 Çeşitlilik indeksleri ve eşitlik indeksi analizleri sonuçları .....                                       | 47                  |
| Şekil 3.20 İstasyonların taksa sayısı değerleri.....   | 48                  |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 3.21 İstasyonların EPT taksa sayısı değerleri.....                                 | 48 |
| Şekil 3.22 İstasyonların BMWP sayısı değerleri.....                                      | 49 |
| Şekil 3.23 İstasyonların ASPT sayısı değerleri.....                                      | 49 |
| Şekil 3.24 İstasyonların BMWP, taksa sayısı, EPT taksa sayısı ve ASPT değerleri<br>..... | 50 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|      |   |
|------|---|
| AB   | Avrupa Birliği  |
| AQEM | The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Stream and Rivers throughout Europe Using Benthic Macroinvertebrates |
| ASPT | Average Score Per Taxon   |
| BMWP | Biological Monitoring Working Party   |
| EPT  | Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera  |
| FAU  | Formazin Attenuation Units  |
| SÇD  | Su Çerçeve Direktifi  |
| WFD  | Water Framework Directive   |

# 1. GİRİŞ

Dünyanın toplam yüzeyi 510 milyon km<sup>2</sup>'dir ve bunun yaklaşık %71'i sularla kaplıdır [1]. Dünyadaki su miktarının %2.5'i tatlısu olup bunun %68.9'u buz halinde, %30.8'i yeraltı suyu olarak, %0.3'ü ise göl ve akarsularda bulunmaktadır ve geriye kalan %97.5 ise tuzlu sudur [2]. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması nedeniyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır [3, 4].

“Artan bir hızla devam eden, su kaynaklarını etkileyen insan kökenli çevresel değişiklikler şöyle verilebilir: ozon tabakasındaki incelme, küresel iklim değişikliği, arazi kullanımında ortaya çıkan değişiklikler, yabancı türlerin farklı ortamları istilası, biyolojik çeşitliliğin kaybı, kirlenme ve bulaşıcı hastalıkların yayılması. Buna ek olarak, küresel iklim değişikliği ile dünyanın her bölgesinde ortaya çıkan yağıştaki azalma ve artma, sellere ve kuraklıklara neden olarak, su kaynaklarındaki tahribatı üst düzeye çıkarmıştır” [5]. Sıcaklığın artması ile yağış ve akımlardaki azalmalar kirlilik konsantrasyonlarının düzeyini artırarak su kalitesindeki düşümlere neden olacaktır [6, 7]. Çeşitli insan aktiviteleri sonucunda, sucul habitatların bozulması ve sucul böcek toplulukları üzerine etkiler belgelenmiştir [8, 9].

İnsanoğlunun sucul ekosistemlere vermiş olduğu zararların en aza indirilmesi, sucul kaynakların sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir ve bu bağlamda birçok ülke yasal düzenlemeler yapmıştır. 2000 yılında Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nin kabul edilmesiyle [10], üye ve aday ülkeler, tek bir ortak yasal düzenlemeyi ülkelerinin sucul ekosistemleri üzerine kullanmaktadır.

## 1.1 Çalışmanın Amacı

Avrupa Birliği'nin hazırlamış olduğu 2000/60/EC sayılı “Su Çerçeve Direktifi” (SÇD) (Water Framework Directive, WFD), sucul ekosistemler ve buna bağlı diğer ekosistemlerin daha fazla tahrip olmasını önlemek, sucul çevrenin iyileştirilmesini sağlamak ve su kaynaklarının uzun vadeli korunması amacıyla bazı hedefler belirlemiştir ve Avrupa'da 2000 yılından beri uygulanmaktadır [10]. Avrupa Birliği'ne aday ülke konumunda olan Türkiye'nin ise bu konuda birçok eksiklikleri bulunmaktadır.



Su kaynakları bakımından oldukça zengin olan Türkiye, su kaynaklarının kullanımı, iyileştirilmesi ve korunması konularında, Avrupa Birliği'ne aday ülkelerin uyum göstermek zorunda olduğu önlemleri almak ve gerekli çalışmaları yapmak zorundadır. Bu önlemlerin alınmaması, sucul ekosistemlerinin dönüşü olmayan tahribine yol açabilir. Bu yüzden ilgili konuda gerekli çalışmaların yapılmasıyla ülkemizin kaynakları hakkında değerlendirme ve yorum yapılabilir. Yapılan çalışmalar ışığında gerekli önlemler hızlı bir şekilde alınabilir.

Bu çalışma ile Bolu ilindeki bazı akarsuların taban büyük omurgasız faunası belirlenmiş, fiziksel ve kimyasal veriler elde edilmiş, taban büyük omurgasızlarından elde edilen verilerin sayısal analizleri yapılmış (Baskınlık, çeşitlik, benzerlik, eşitlik analizleri, ASPT, BMWP, taksa sayısı, EPT taksa sayısı) ve kimyasal verilerle birlikte sayısal analizlerin sonuçları yorumlanmıştır. SÇD'ye göre akarsulardaki referans istasyonlar belirlenmiştir. Sonuçlar, "Su Çerçeve Direktifi" kriterleri doğrultusunda istasyonların habitat kalitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

## **1.2 Su Kalitesi İzleme Çalışmalarında Taban Büyük Omurgasızları**

Su kalitesi izleme çalışmaları, fiziksel, kimyasal ve biyolojik izlemelerin tamamını kapsamaktadır. Akarsu izleme çalışmalarında uzun zamandır fiziksel ve kimyasal parametrelerin kullanıldığı klasik yöntemlerin yanı sıra fauna ve floranın da kullanılması ile yapılan çalışmalar artmıştır [11, 12]. Cranston [13], fiziksel ve kimyasal olarak çevre şartlarının değerlendirilmesinin, tek başına sürekli olmayan kirleticileri ortaya çıkarmakta yeterli olamayacağını belirtmiştir. Fiziko-kimyasal değişkenlerin sadece suyun ölçüm anındaki durumu hakkında bilgi vermesinden dolayı, biyolojik yöntemler, sadece fiziko-kimyasal metotların kullanılmasıyla kirliliğin belirlenmesinden daha fazla avantaja sahiptir [14].

Biyolojik izleme, insan aktivitelerine karşı çevresel cevabı belirlemede oldukça önemlidir [15]. Havzada önceden görülen ve devam eden insan aktiviteleri, akarsularda bulunan biyolojik komünitelerdeki değişiklikler ile oldukça ilişkilidir [16]. Böylelikle, bu çalışmalarda kullanılan sucul organizmalar, yaşadıkları ortamın geçmiş çevresel durumlarını da gösterirler [17].

Kirli ve temiz sularda varlığını sürdüren indikatör organizmalar, benzerliği ya da farklılığı ortaya çıkarmaktadır [18]. Özel kimyasal ve fiziksel isteklere sahip olan bu

indikatör türler, çevresel toleransı “dar” olan organizmalardan seçilir [14]. Akarsularda biyolojik su kalitesi belirleme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalarda en çok kullanılan canlı grubu, taban büyük omurgasızlarıdır [19]. Taban büyük omurgasızları, hayat döngülerindeki en az bir dönemi tatlı su habitatlarının taban kısımlarında geçiren organizmalardır [14]. Sahip oldukları avantajlardan dolayı taban büyük omurgasızları bu organizmalar arasında biyolojik izleme çalışmaları için en yaygın olarak kullanılan organizmalardır [14, 20, 21, 22]. Sınırlı habitata sahip olmalarından ve daha az hareket yeteneklerinden dolayı, habitatlarını çabuk bir şekilde değiştiremezler ve komünite kompozisyonlarını değiştirerek her hangi bir kirlenmeye karşı cevap verirler. Bunlara ek olarak, bu grupların hayat döngüleri, kirlenme öncesi ve sonrasında habitatlarında ne gibi değişiklikler olduğunu anlamamıza yetecek kadar uzundur. Tüm bu nedenler, diğer gruplar arasında, taban büyük omurgasızlarını en uygun grup yapmaktadır [14]. Taban büyük omurgasızları yüksek tür zenginliğine sahip olmasının yanında, kolay ve ucuz bir şekilde toplanırlar ve familya ve cins tanımlamaları dünya'nın büyük bir bölümünde sorun teşkil etmemektedir [14, 9].

### **1.3 Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi**

Su Çerçeve Direktifi (SÇD) [10] Avrupa Birliği üye ülkeleri tarafından kabul edilerek 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. Direktif, üye ülkelerin 2015 yılına kadar iç su kaynaklarını “iyi duruma” getirmesini hedeflemiştir. Avrupa Birliği'ne üye ve aday ülkelerin tümünü ilgilendiren bu direktif yayınlanana kadar birçok politika yürütülmüştür.

“Avrupa Birliği su politikasının tarihi gelişimi 3 döneme ayrılabilir:

1. Dönem: 1970-1980'li yılları kapsayan bu dönemde ana tema “halk sağlığı”dır. İçme suyu kalitesi, yüzme suyu kalitesi ile su ürünleri üretim alanlarındaki su kalitesi ile ilgili gerekli düzenlemeler getirilmiştir.
2. Dönem: 1990'lı yıllarda temel olarak “kirliliğin azaltılması” amaçlanmış ve su kaynakları ile ilgili en önemli yasal düzenlemelerden birisi olan kentsel atık su arıtma ve nitrat direktifleri kabul edilmiştir.
3. Dönem: 2000'li yıllar ve sonrası için ana tema “bütünleşik yönetim ve sürdürülebilir kullanım”, yasal düzenlemeler ise Su Çerçeve Direktifi ve bu temel

direktifle içme ve yüzme suyu direktiflerinin entegrasyonu olarak öngörülmektedir.” [23].

Avrupa Birliği'ne aday ülke konumunda olan Türkiye'de de bu direktifin uygulaması, Avrupa Birliğine üye olması konusunda oldukça önemlidir. Bu direktifin uygulanmasıyla, su kaynakları ve suya bağlı habitatlar bakımından oldukça zengin olan ülkemiz, artan insan popülasyonunun ortaya çıkardığı sorunlardan olan doğal kaynakların tahribatını, gerekli önlemler alarak en aza indirebilir ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlayabilir. Bunlara ek olarak, SÇD'de belirtildiği üzere, 2015 yılı itibariyle üye ülkeler tüm su kaynaklarını iyi ekolojik duruma getirmek zorundadır.

Nehir Havza Bölgelerinin idari olarak düzenlenmesi, SÇD Madde 3'te belirtilmiştir. Bu maddeye göre, Türkiye 6 nehir havza bölgesine ayrılmıştır. Bunlar, Karadeniz Nehir Havza Bölgesi, Akdeniz Nehir Havza Bölgesi, Uluslararası Nehir Havza Bölgesi, Ege Nehir Havza Bölgesi Marmara Nehir Havza Bölgesi ve Kapalı Nehir Havza Bölgesi'dir [24]. Ayrıca bu maddede önemle belirtilen bir diğer konu ise, uluslararası nehir havza bölgelerinin idari olarak ayrılmaması gerekliliğidir. Bunun nedeni, üye ülkelerin işbirliği içerisinde bu bölgeleri yönetmelerinin istenmesidir. Bu çalışmanın yapıldığı Bolu İlindeki akarsular Karadeniz Havza Bölgesi içerisinde yer almaktadır.

SÇD Madde 8'de, üye ülkelerin yüzey suları, yer altı suları ve sit alanlarının izlenmesi konusunda yapması gerekenler belirtilmiştir. Buna göre, üye ülkeler nehir havza bölgelerinde su durumlarının uyumlu ve kapsamlı bir şekilde izlenmesi için programlar hazırlamalıdır. Bu programların içeriğinin neler olabileceği kapsamlı bir şekilde bu madde altında belirtilmektedir [10].

SÇD'de Ek II'de, akarsular, geçiş suları, göller ve kıyı sularını içeren yüzey suları tipleri için iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar Sistem A ve Sistem B'dir. Sistem A yaklaşımına göre akarsu tipleri, ekobölge, yükseklik (yüksek rakım: > 800 m, orta rakım: 200-800 m, düşük rakım: < 200 m), havza alanına bağlı büyüklüğü (küçük: 10-100 km<sup>2</sup>, orta: 100-1000 km<sup>2</sup>, geniş: 1000-10000 km<sup>2</sup>, çok geniş: > 10000 km<sup>2</sup>) ve jeoloji (silisli, kalkerli ve organik) gibi özelliklere göre yapılmaktadır. Eğer Sistem B yaklaşımı kullanılırsa, üye ülkeler Sistem A uygulanarak elde edilen farklılaşmaya en azından aynı derecede ulaşmak

zorundadır. Sistem B, hem zorunlu hem de isteğe bağı olarak kullanılabilen özelliklere sahiptir. Zorunlu olarak kullanılabilen faktörler, enlem, boylam, yükseklik, jeoloji ve büyüklüktür. İsteğe bağı faktörler ise, akarsu kaynağından uzaklık, enerji akışı, ortalama su genişliği, ortalama su derinliği vb. şeklinde sıralanabilir.

Bozulmamış (yada minimum derecede bozulmuş) durumları ifade eden, referans istasyon ya da yüksek ekolojik durum, SÇD’de deki en önemli terimlerden biridir [25]. SÇD’ye göre, istasyonların ekolojik kaliteleri tüm akarsu tipleri için referans istasyonların kullanılmasıyla belirlenmektedir. Bununla birlikte, referans istasyonlar “tamamen ya da neredeyse” “doğal” koşullara sahip olmalıdır ve etrafında herhangi bir insan aktivitesi olmamalıdır [10]. Eğer bir istasyon “referans durum” a sahipse, “referans istasyon” olarak belirtilir ve faunası, benzer akarsu tiplerine ait yerler için “beklenen fauna” olarak belirtilir [25]. Referans istasyonlar, doğal koşulları temsil eden fiziko-kimyasal ve biyolojik şartlara, hidrolojik şartlara ve düzenlemelere, kıyı bitkilenmesine ve nehir yatağı ve habitatlarına sahiptir [26]. Referans istasyonun kendi tipi için yüksek derecede ekolojik duruma sahip olduğunu ancak “mükemmel” olmadığını unutmamalıyız [27].

SÇD Ek V’te akarsuların kalite elemanları ve bu elemanların belirli özelliklerine göre akarsuların ekolojik kalite durumları belirtilmiştir. Akarsuların bu kalite elemanları biyolojik kalite elemanları, hidromorfolojik kalite elemanları ve fizikokimyasal kalite elemanlarıdır. SÇD Ek 5’e göre birkaç biyolojik kalite elementleri kullanılır; (1) sucul floranın kompozisyonu ve bolluğu, (2) taban büyük omurgasızlarının kompozisyonu ve bolluğu, (3) balık faunasının kompozisyon, bolluk ve yaş yapısı [25]. Çizelge 1.1, biyolojik kalite elemanı olarak taban büyük omurgasızlarına, hidromorfolojik kalite elemanlarına ve fiziko-kimyasal kalite elemanlarına göre akarsuların ekolojik kalite durumlarını belirtmektedir.

Çizelge 1.1 Akarsulardaki ekolojik durumların tanımlanması [10]

| Kalite Elemanı  | Yüksek durum  | İyi durum   | Zayıf durum   |
|---|---|---|---|
| Taban büyük omurgasızları<br>(Biyolojik kalite elemanı) | <p>Taksonomik kompozisyon ve bolluk, neredeyse ya da tamamen bozulmamış şartlara uymaktadır.</p> <p>Hassas taksonların hassas olmayan taksonlara değişme oranı, bozulmamış seviyeden sapma göstermez.</p> <p>Omurgasız taksonlarının çeşitlilik derecesi, bozulmamış seviyeden sapma göstermez.</p> | <p>Özel-tip komünitelerin omurgasız taksa bolluğunda ve kompozisyonunda hafif değişiklik vardır.</p> <p>Hassas taksonların hassas olmayan taksonlara değişme oranında hafif sapma vardır.</p> <p>Omurgasız taksonlarının çeşitlilik derecesi, hafif sapma gösterir.</p> | <p>Omurgasız kompozisyon ve bolluğu, özel-tip komünitelerden kısmen farklıdır.</p> <p>Özel-tip komünitelerin major taksonomik grupları mevcut değildir.</p> <p>Bozunmaya karşı hassas taksonların, hassas olmayan taksonlara oranı ve çeşitlilik derecesi, özel-tip derecesinden büyük ölçüde düşük ve iyi durumdan önemli derecede düşüktür.</p> |
| Hidrolojik rejim<br>(Hidromorfolojik kalite elemanı)    | <p>Akış dinamiği ve miktarı ve yer altı suyuna bağlantı neredeyse ya da tamamen bozulmamış koşulları yansıtır.</p>  | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p>   | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p>   |
| Akarsu sürekliliği<br>(Hidromorfolojik kalite elemanı)  | <p>Akarsu devamlılığı insan aktiviteleri sebebiyle bozulmamıştır ve sucul organizmaların bozulmadan göçüne ve sedimanların taşınmasına izin verir.</p>  | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p>   | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p>   |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <p>Morfolojik koşullar<br/>(Hidromorfolojik kalite elemanı)</p>        | <p>Yatak biçimleri, derinlik ve genişlik çeşitliliği, akış hızları, substrat durumları ve kıyı bölgelerinin hem yapısı hem de durumları, tamamen ya da neredeyse tamamen bozulmamış koşullara uymaktadır.</p>   | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p> | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p> |
| <p>Genel koşullar<br/>(Fiziko-kimyasal kalite elemanı)</p>             | <p>Fiziko-kimyasal elemanların değeri tamamen yada neredeyse tamamen bozulmamış koşullara uymaktadır.</p> <p>Besin konsantrasyonu bozulmamış koşullarla ilişkili normal aralığın içerisinde yer alır.</p> <p>Tuzluluk derecesi, pH, oksijen dengesi, asit nötralizasyon kapasitesi ve sıcaklık, insan etkisini göstermez ve bozulmamış koşullarla ilişkili normal aralığın içerisinde yer alır.</p> | <p>Sıcaklık, oksijen dengesi, pH, asit nötralizasyon kapasitesi ve tuzluluk,</p>                          | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p> |
| <p>Özel sentetik kirleticiler<br/>(Fiziko-kimyasal kalite elemanı)</p> | <p>Konsantrasyon sifıra yakındır ve en azından genel kullanımda en ileri analitik tekniklerdeki tespit sınırının altındadır.</p>  | <p>Konsantrasyonlar Direktifteki ilgili bölümlerdeki prosedürlere uyumlu standartları aşmaz.</p>          | <p>Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur.</p> |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| Özel sentetik olmayan kirleticiler<br>(Fiziko-kimyasal kalite elemanı) | Konsantrasyon, bozulmamış koşullarla ilişkili normal aralığın içerisinde yer alır. | Konsantrasyonlar Direktifteki ilgili bölümlerdeki prosedürlere uyumlu standartları aşmaz. | Koşullar, biyolojik kalite elemanları için yukarıda belirtilen değerlerin sağlanmasıyla uyumludur. |
|--|--|---|--|

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Çalışma Alanı

Çalışmanın yapıldığı Bolu ili Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz Bölümünde bulunmaktadır (Şekil 2.1). 8.276 km<sup>2</sup> alanı ile Türkiye yüzölçümünün (827.600 Ha) % 1.02' sini kaplayan Bolu, kuzeyden Zonguldak'ın Devrek, Düzce'nin Yığılca ve Kaynaşlı ve Karabük'ün Eskipazar İlçeleri tarafından çevrilmiştir. Kuzeybatı da Düzce İli Gölyaka İlçesi ile Batıdan Sakarya ilinin Hendek, Akyazı ve Taraklı, Bilecik ilinin Yenipazar İlçeleriyle, Güney, Güneydoğu ve Doğudan Eskişehir ilinin Sarıcakaya Mihalgazi; Ankara ilinin Nallıhan, Beypazarı, Güdül, Çamlıdere ve Çankırı ilinin Çerkeş ilçeleriyle çevrelenmiş bulunmaktadır [28].

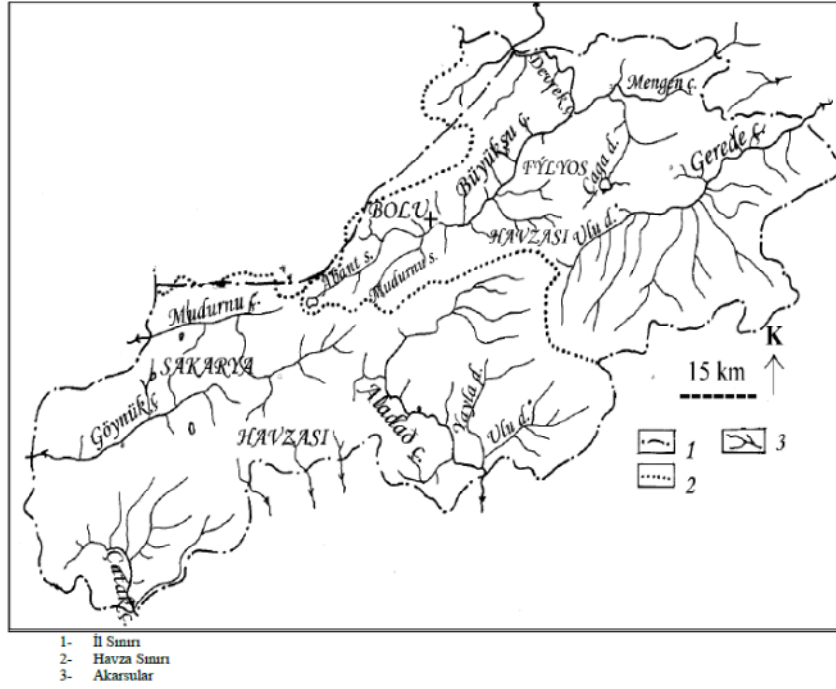


Şekil 2.1 Bolu İli'nin Türkiye'deki konumu

DSİ çalışmalarında il içindeki akarsu yüzeyle toplamı 260,3 hektar olarak vermiştir. Bu rakamın 70 hektarlık kısmı Sakarya havzasına ait akarsulara, 95 hektarı Büyük Su çayına, 75 hektarı Gerede Çayına, 20,3 hektarı da diğer yan derelere aittir [28].

Bolu ili içerisinde iki önemli akarsu havzası vardır. Bunlar Filyos ve Sakarya havzalarıdır (Şekil 2.2). Filyos Havzasındaki önemli akarsuları, Büyüksu Çayı, Mudurnu Suyu ve Ulusu (Gerede Çayı) oluşturmaktadır. Sakarya Havzasın'da ise Mudurnu Çayı, Aladağ Suyu, Göynük Suyu ve Çatak Suyu'dur [29].





Şekil 2.2 Bolu İli Havzaları [29]

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü [30] verilerine göre, çalışmanın yapıldığı Bolu İli'nde Haziran ayı için, 1960-2012 yılları arasında gerçekleşen ortalama değerler şu şekildedir:

|  |        |
|--|--------|
| Ortalama sıcaklık (°C)                                     | : 17.4 |
| Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)                           | : 24.8 |
| Ortalama en düşük sıcaklık (°C)                            | : 10.6 |
| Ortalama güneşlenme süresi (saat)                          | : 8.4  |
| Ortalama yağışlı gün sayısı                                | : 11.6 |
| Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (kg/m <sup>2</sup> ) | : 52.7 |

1960-2012 yılları arasında alınan bu kayıtlara göre, Haziran ayı içerisinde ölçülen en yüksek sıcaklık, 1966 yılında 37.0°C olarak kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık ise, 1967 yılında 2.2°C olarak ölçülmüştür.

29-30 Haziran 2011 yılında yapılan bu çalışmada 11 istasyon örneklenmiştir (Şekil 2.3). İstasyon 1 (İst 1) Kapaklı Mevkii Köroğlu Deresi üzerinde, İstasyon 2 (İst 2) Köroğlu Deresi'nin yan kolu olan Çiçekli Deresi üzerinde, İstasyon 3 (İst 3) Kartalkaya yolu yakınlarında, İstasyon 4 (İst 4) Yeniakçakavak Yaylası ve Yenicepınar Yaylası arasından geçen Sarıalan Deresi üzerinde, İstasyon 5 (İst 5)

Sarıalan Deresi'nin yan kolu alan Durmuşoğlu Deresi üzerinde, İstasyon 6 (İst 6) Sarıalan Deresi üzerinde, İstasyon 7 (İst 7) Gökdere üzerinde, İstasyon 8 (İst 8) Örencik Deresi üzerinde, İstasyon 9 (İst 9) Aşırila Deresi üzerinde, İstasyon 10 (İst 10) Karca Köyü yakınlarından geçen Aladağ Çayı üzerinde, İstasyon 11 (İst 11) Çaçur Çayı'nın Harmancık kolu üzerinde yer almaktadır.



Şekil 2.3 Bolu İli'nde çalışmanın yapıldığı istasyonların konumu [31]

## 2.2. Taban Büyük Omurgasız Örneklerinin Toplanması, Saklanması ve Teşhisi

29-30 Haziran 2011 tarihlerinde belirlenen 11 istasyonda taban büyük omurgasız örnekleme yapılmıştır. Bu örnekleme yaklaşık 15-20 dk süreyle standart dip kepçesi ile ayakla dip materyali karıştırılarak yapılmıştır. Burada, akarsuyun hızlı akan kısımlarından, hafif akıntılı kısımlarından, güneşli ve gölgeli yerlerinden, kenar bitkilenmesi fazla olan kısımlarından ve dip yapısının farklı olduğu yerlerinden örnekleme yapılarak, akarsuyun farklı habitatları da çalışma içerisinde yer almıştır. Böylelikle, gözden kaçabilecek nadir türler göz ardı edilmemiştir. Alınan örnekler, arazi çalışması sırasında, %4'lük formaldehit ile muamele edilerek korunmuştur. Formaldehit, proteinleri sertleştirip çürümeleri önlediğinden dolayı biyolojik örneklerin saklanmasında kullanılmaktadır [32]. Laboratuvara getirilen örneklerin taban büyük omurgasızları dip materyalinden ayrılarak, %80'lik etanol içine konulmuştur. Taban büyük omurgasızları, mümkün olan en alt sistematik kategoriye kadar, Leica EZ4 marka stereomikroskop ile

teşhis edilmiştir. Taban büyük omurgasız örneklerinin teşhisinde, Zwick 2004 [33], Pennak 1978 [34], Edington ve Hildrew 1981 [35], Nilsson 2005a [36], Nilsson 2005b [37], Eutaxa [38], European Limnofauna [39] kaynakları kullanılmıştır.

### **2.3. Fiziko-kimyasal Değişkenlerin Ölçümü ve Analizi**

Çalışma için belirlenen bu 11 istasyonda, bazı fiziko-kimyasal değişkenler arazi çalışması sırasında not edilmiştir. Bunlar; örnekleme yapılan alanın taban yapısı, normal zaman ve kuru zaman genişliği, kenar bitkilenme yüzdesi ve akarsu bölgesidir.

Arazi çalışması sırasında YSI 556 çoklu prob sistemi ile çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, sıcaklık ve pH değişkenleri ölçülmüş ve değerlendirilmek üzere not edilmiştir.

Her bir istasyonun nitrat, nitrit, amonyum, sülfat ve bulanıklık değerlerinin ölçümünü yapabilmek için, örnekleme alınan bölgelerden ayrıca su örneği de alınmıştır. Bahsedilen her değişken için Hach DR/890 Colorimeter'de [40] yer alan kendi prosedürlerine göre muamele yapılmıştır ve analiz sonuçları kaydedilmiştir.

### **2.4. İstatistiksel Analizler**

Teşhis edilen taban büyük omurgasızların değerlendirilmesi için baskınlık, benzerlik, çeşitlilik ve eşitlik analizleri uygulanmıştır.

#### **2.4.1. Baskınlık Analizi**

Baskınlık, bir istasyonda bulunan bir taksona ait toplam birey sayısının, o istasyondaki toplam bireylere oranını belirlemek için kullanılır ve formülü aşağıdaki şekildedir [41]. Örnekleme yapıldığı 11 istasyon için bu formül uygulanarak, her istasyondaki baskın türler tespit edilmiştir.

$$D = \frac{N_a}{N} \times 100$$

Bu formülde;

D: Baskınlık

N<sub>a</sub>: a taksonuna ait birey sayısı

N: toplam birey sayısı'nı ifade etmektedir.

### 2.4.2. Benzerlik Analizi

İstasyonda bulunan taban büyük omurgasızlardan yararlanılarak, istasyonlar arasındaki benzerlikler Jaccard Benzerlik İndeksi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sayesinde, bir örnekleme noktasındaki taban büyük omurgasız topluluğu, diğer bir örnekleme noktasındaki taban büyük omurgasız topluluklarıyla karşılaştırılır ve örneklemler arasındaki benzerlik tespit edilmiş olur. Bu analiz, karşılaştırılan istasyonlar için, 0 – 1 arasında değerler verir. 1'e yaklaşan değerler için iki örnekleme noktası arasındaki benzerlik artarken, 0'a yaklaşan değerler için iki örnekleme noktası arasındaki benzerlik azalır.

$$q = \frac{c}{(a + b - c)}$$

Bu formülde;

q: Jaccard Benzerlik İndeksi

c: iki örnekleme noktasındaki ortak tür sayısı

a: 1. örnekleme noktasındaki tür sayısı

b: 2. örnekleme noktasındaki tür sayısı'nı ifade etmektedir.

### 2.4.3. Çeşitlilik Analizleri

Çeşitlilik indeksi, bir komünitenin bulunduğu ortamın kalitesine verdiği cevap olarak tanımlanmıştır [42]. Bu çalışmada örneklenen istasyonlara Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi, Simpson Çeşitlilik İndeksi ve Margalef Çeşitlilik İndeksi olmak üzere 3 farklı çeşitlilik indeksi uygulanmıştır.

#### 2.4.3.1. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi

En çok tercih edilen çeşitlilik indekslerinden biri olan Shannon-Wiener [43] Çeşitlilik İndeksinde elde edilen değer arttıkça çeşitliliğin fazla olduğu anlaşılabilir. Çeşitlilik değeri 3'ün üstündeyse, komünitede kararlılık ve denge vardır [44]. 1949 yılında Shannon ve Wiener tarafından geliştirilmiştir ve formülü aşağıdaki şekildedir.

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Bu formülde;

H': Shannon-Wiener İndeks değeri

n<sub>i</sub>: i türüne ait birey sayısı

N: Toplam birey sayısı

S: Toplam tür sayısı'nı ifade etmektedir.

#### 2.4.3.2. Simpson Çeşitlilik İndeksi

Simpson tarafından 1949 yılında türetilen bir çeşitlilik indeksidir [45]. Simpson Çeşitlilik İndeksi değeri "D", 0 – 1 arasında değer almaktadır. "0" sonsuz çeşitliliği temsil etmektedir ve "1" ise çeşitlilik olmadığını göstermektedir. Yani, değer "0" a yaklaşıyorsa çeşitlilik artıyor, "1"e yaklaşıyorsa çeşitlilik azalıyor demektir. Ancak eğer Simpson Çeşitlilik İndeksi değeri "D" yi, 1'den çıkarırsak, elde edilen değer yorumlanması daha anlamlı olur. Değer arttıkça yani "1" e yaklaştıkça çeşitlilik artmış olur. Formül aşağıdaki şekildedir.

$$1 - D = \frac{\sum n(n - 1)}{N(N - 1)}$$

Bu formülde;

D: Simpson Çeşitlilik İndeksi

n: Bir türe ait birey sayısı

N: Toplam birey sayısı'nı ifade etmektedir.

#### 2.4.3.3. Margalef Çeşitlilik İndeksi

Belirli bir sınır değeri bulunmayan bu indeks tür sayısına bağlı değişimi gösterir [41]. Bu nedenle, çalışmada örnekleme yapılan istasyonların birbiri ile karşılaştırılması için kullanılmıştır.

$$D = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Bu formülde;

D: Margalef Çeşitlilik İndeksi

S: toplam tür sayısı

N: toplam birey sayısı

#### 2.4.3.4. Pielou Eşitlik İndeksi

Shannon indeksinden türetilen bir indekstir. Elde edilen değerler 0 – 1 arasında değişir. Bu değer 1'e yaklaştıkça bireylerin eşit bir şekilde dağıldığı anlaşılır [46].

$$J' = H' / H' \max$$

Bu formülde;

J': Pielou eşitlik indeksi

H': Shannon indeksinin gözlenen değeri

H'max: lnS

S: Toplam tür sayısı'nı ifade etmektedir.

#### 2.4.5. Taban Büyük Omurgasız Taksa Sayısının Belirlenmesi

Taban büyük omurgasızları su kalitesindeki değişikliklere hemen yanıt vermektedir. Bu sebeple, su kalitesinde düşüş olduğu zaman, taban büyük omurgasızlarının taksa sayısında da düşüş gözlenmiştir. Bu kriter, taban büyük omurgasız komünitesinin taksa zenginliği ve ekobölge arasında bir ilişki olduğunu belirtir [47]. Taksa sayısının belirlenmesi ve aşağıda bahsedilecek olan EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) taksa sayısı, BMWP (Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi) ve ASPT (Takson Başına Ortalama Skor Sistemi) için hesaplamalar ASTERICS yazılımı (AQEM Consortium, 2006) [48] kullanılarak yapılmıştır.

#### 2.4.6. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Taksa Sayısının Belirlenmesi

EPT indeksi (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera ordolarındaki taksa sayısı), akarsu bütünlüğü için önerilen genel bir belirteçtir [49]. Wallace et al. [50], aynı zamanda EPT indeksinin kimyasal bozulmayı göstermekte son derece hassas olduğunu ve ekosistem işlev (örn., ikincil üretim, yaprak çürümesi) ölçümleriyle önemli ölçüde ilişkili olduğunu belirtmiştir. EPT taksa sayısı değeri belirlenerek, çalışmanın yapıldığı 11 istasyon birbiriyle karşılaştırılmıştır.

#### 2.4.7. Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP)

Her familyanın skorunun toplanmasıyla hesaplanan BMWP skoru, taksa zenginliğiyle de ilişkilidir. Toplam skor düşük ise, düşük BMWP değerini belirtir ve

bu durum kirli istasyonların göstergesidir [51]. Çizelge 2.1’de BMWP skoruna göre ilgili açıklamalar verilmiştir.

Çizelge 2.1 BMWP skor sistemi aralığı [52]

| BMWP skoru | Kategori  | Açıklama                     |
|------------|-----------|------------------------------|
| 0 – 10     | Çok zayıf | Oldukça kirlenmiş            |
| 11 – 40    | Zayıf     | Kirlenmiş ya da etkilenmiş   |
| 41 – 70    | Orta      | Orta derecede etkilenmiş     |
| 71 – 100   | İyi       | Temiz fakat hafif etkilenmiş |
| >100       | Çok iyi   | Kirlenmemiş, etkilenmemiş    |

#### 2.4.8. Takson Başına Ortalama Skor Sistemi (ASPT)

Takson başına ortalama skor sistemi (ASPT), belirli bir alanda elde edilen BMWP değerlerinin, elde edilen familya sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır [53]. Yüksek değer, organizmaların kirliliğe olan toleransının düşük olduğunu gösterir [54]. Çizelge 2.2’de ASPT değerine göre su kalitesinin yorumlanması gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 ASPT değer, ve su kalitesi açıklaması [55]

| ASPT Değeri | Su Kalitesi Açıklaması    |
|-------------|---------------------------|
| >6          | Temiz su                  |
| 5 – 6       | Şüpheli kaliteye sahip su |
| 4 – 5       | Olası orta kirli su       |
| <4          | Olası ciddi kirli su      |

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Örnekleme Noktalarının Genel Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı 11 istasyonun akarsu tipolojilerini belirlemek için, SÇD Sistem A'da belirtilen özelliklerden yararlanılmıştır. Bu özellikler, ekobölge, havza alanı jeolojisi ve yüksekliktir. Bunlara ek olarak, akarsuyun kıyı bitkilenmesi, dip materyali yapısı, ortalama akıntı hızı, normal ve çekik zaman genişliği gibi özellikleri de not edilmiştir.

SÇD Ek XI'de belirtildiği üzere Avrupa 25 ekobölgeden oluşmaktadır. Türkiye'nin sadece Avrupa kıtasında kalan toprakları "7." Ekobölgede (Doğu Balkanlar) yer almaktadır. Ancak çalışmanın yapıldığı Bolu İli'ni de kapsayan Asya toprakları için her hangi bir sınıflandırma yapılmamıştır. Bununla birlikte, Avrupa için ayrılan 25 ekobölgeyle ilişkili olabilecek bölgeler "X" ve "Y" olarak isimlendirilmiştir. Asya kıtasında yer alan çalışmanın yapıldığı 11 istasyon "Y" ekobölgesi olarak isimlendirilmiştir [56].

Seçilen tüm istasyonlar, SÇD Sistem A'da belirtilen yükseklikle ilgili kriterlere göre "yüksek rakım"a (>800 m) sahiptir. İst 3 (1840 m) istasyonlar arasında en yüksek rakıma sahipken, İst 10 (948 m) ile en düşük rakıma sahiptir.

SÇD Sistem A'da kalkerli, silisli ve organik olmak üzere 3'e ayrılmıştır. İstasyonların jeolojik yapılarına baktığımızda hepsinin silisli olduğunu görmekteyiz.

İstasyon 10 (hiporihitron – epirihitron) hariç tüm istasyonlar akarsuların epirihitron bölgesinde yer almaktadır. Seçilen on istasyon dip materyali olarak kaya oluşumuna sahipken, Sadece İst 4'de kaya dip materyali bulunmamaktadır. Kıyı bitkilenmesi olarak tüm istasyonlar %60 ve üzerinde bir orana sahiptir. Normal zaman akarsu genişliği en fazla olan İst 1 (7 m), en dar olan ise İst 7 (1 m)'dir. Çekik zaman akarsu genişliği en fazla olan İst 10 (4 m), en dar olan ise İst 7 (50 cm)'dir. Akarsuların sahip olduğu ortalama akıntı hızına baktığımızda, İst 2 (2.52 m/sn) ile en hızlı akıntıya sahip istasyondur. İst 7, 0.09 m/sn'lik değeri ile en yavaş akıntıya sahip olan istasyondur. İstasyonların fiziksel ve jeolojik özellikleriyle ilgili bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

#### **İstasyon 1:**

Koordinatlar: 40° 33.773' K, 31° 51.711' D



Denizden yüksekliği 1659 m olan bu istasyon Kapaklı Mevkisi civarındaki Köroğlu Deresi üzerinde yer almaktadır. Akarsuyun epirihitron zonunda yer alan bu istasyonun normal zaman genişliği 7 m, örnekleme yapıldığı zamana ait çekik zaman genişliği 3 m olarak  l lm şt r. Kıyı bitkilenmesi %70 civarındadır. Dip yapısı %35 kaya, %50 taş, %10 çakıl ve %5 kumdan oluşmaktadır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.80 m/sn, en hızlı olduğu yerdeki hızı ise 1.40 m/sn olarak  l lm şt r.

### **İstasyon 2:**

Koordinatlar: 40° 34.739' K, 31° 52.087' D

Denizden 1594 m yüksekte olan bu istasyon, istasyon 1'in yaklaşık 2 km kuzeydoğusunda, Köroğlu Deresi'nin yan kolu olan  i ekli Deresi  zerindedir. Kıyı bitkilenmesi %100'e yakındır. Epirihitron zonunda yer alan bu istasyonun dip yapısı %30 kaya, %30 taş, %30 çakıl ve %10 kumdan oluşmaktadır. Akarsuyun normal zaman genişliği 1.5 m olan bu istasyonun ölüm anındaki genişliği 1m olarak  l lm şt r. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.50 m/sn, en hızlı olduğu yerdeki hızı ise 2.52 m/sn'dir.

### **İstasyon 3:**

Koordinatlar: 40° 36.223' K, 31° 48.374' D

Denizden 1840 m yüksekte bulunan bu istasyon, Kartalkaya yolu yakınlarında bulunmaktadır. Kartalkaya kayak tesisinin oldukça yakınındadır. Dip yapısı %10 kaya, %35 taş, %35 çakıl ve %20 kumdan oluşmaktadır. Kenar bitkilenmesi %80 olan bu istasyon, akarsuyun epirihitron bölgesinde yer almaktadır. Normal zaman genişliği 1.5 m, çekik zaman genişliği 80 cm olarak  l lm şt r. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.32 m/sn, en hızlı olduğu yerdeki akıntı hızı ise 0.55 m/sn'dir.

### **İstasyon 4:**

Koordinatlar: 40° 38.548' K, 31° 46.992' D

Denizden 1483 m yüksekte olan bu istasyon, Yeniakçakavak Yaylası ve Yenicepınar Yaylası arasından geçen Sarıalan Deresi üzerinde yer almaktadır. Hayvancılık faaliyetleri gözlenmiştir. Bu bölgeye yapılması düşünülen baraj sonrasında sular altında kalacaktır. Dip yapısı %10 taş, %20 çakıl, %20 kum ve %50 siltten oluşmaktadır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde yer almaktadır. Normal

zaman ve çekik zaman genişliği 2.5 m olan bu akarsuyun kenar bitkilenmesi %100'e yakındır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.55 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 5:**

Koordinatlar: 40° 38.066' K, 31° 45.989' D

Denizden 1490 m yüksekte yer alan bu istasyon Sarıalan Deresinin yan kolu olan Durmuşoğlu Deresi üzerindedir. Alabalık tesisine yakın konumdadır. Kenar bitkilenmesi %100'e yakındır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde yer alan bu istasyonun normal zaman ve çekik zaman genişliği 1.5 m olarak ölçülmüştür. Dip yapısı %20 kaya, %40 taş, %30 çakıl ve %10 kumdan oluşmaktadır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.30 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 6:**

Koordinatlar: 40° 38.558' K, 31° 45.781' D

Denizden yüksekliği 1470 m olan bu istasyon Sarıalan Deresi üzerinde yer almaktadır. Alabalık tesisine yakın konumdadır. Normal zaman ve çekik zaman genişliği 3 m olarak ölçülmüştür. Kenar bitkilenmesi %60 civarındadır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde yer alan bu istasyonun dip yapısı %30 kaya, %40 taş, %20 çakıl ve %10 kumdur. Akarsuyun ortalama hızı 0.72 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 7:**

Koordinatlar: 40° 31.436' K, 31° 45.467' D

Denizden yüksekliği 1572 m olan bu istasyon Gökdere üzerinde yer almaktadır. Normal zaman genişliği 1 m, çekik zaman genişliği 50 cm olarak ölçülmüştür. Akarsuyun epirihitron bölgesinde yer alan bu istasyonun dip yapısı %50 kaya, %35 taş ve %15 çakıldan oluşmaktadır. Kenar bitkilenmesi %70 civarındadır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.09 m/sn, en hızlı olduğu yerdeki akıntı hızı ise 0.17 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 8:**

Koordinatlar: 40° 29.369' K, 31° 46.263' D

Denizden 1420 m yüksekte bulunan bu istasyon Örencik Deresi üzerinde yer almaktadır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde bulunan bu istasyonun dip yapısı %40 kaya, %35 taş, %20 çakıl ve %5 kumdur. Normal zaman genişliği 4 m,

örnekleme yapıldığı zaman ki genişliği ise 3 m olarak ölçülmüştür. Kenar bitkilenmesi %80 civarındadır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.81 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 9:**

Koordinatlar: 40° 29.627' K, 31° 45.539' D

Denizden 1482 m yüksekte olan bu istasyon Aşırla Deresi üzerinde yer almaktadır. Kenar bitkilenmesi %85 civarındadır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde bulunmaktadır. Normal zaman genişliği 2 m olup çekik zaman genişliği ise 1.5 m olarak ölçülmüştür. Dip yapısı %45 kaya, %30 taş, %20 çakıl ve %5 kumdan oluşmaktadır. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.59 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 10:**

Koordinatlar: 40° 31.681' K, 31° 30.560' D

Denizden 948 m yüksekte bulunan bu istasyon, Karca Köyü yakınından geçen Aladağ Çayı üzerindedir. Kenar bitkilenmesi %100'e yakındır. Normal zaman genişliği 5 m, çekik zaman genişliği ise 4 m olarak ölçülmüştür. Akarsuyun hiporihitron - epirihitron bölgeleri arasında bulunmaktadır. Dip yapısı %15 kaya, %40 taş, %30 çakıl, %10 kum ve %5 silttir. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.68 m/sn olarak ölçülmüştür.

#### **İstasyon 11:**

Koordinatlar: 40° 35.675' K, 31° 34.167' D

Denizden 1361 m yüksekte olan bu istasyon, Çaşur Çayı'nın Harmancık kolu üzerinde bulunmaktadır. Normal zaman genişliği 2.5-3 m arasında, çekik zaman genişliği ise 2 m olarak ölçülmüştür. Kenar bitkilenmesi %100'e yakındır. Akarsuyun epirihitron bölgesinde yer almaktadır. Dip yapısı %50 kaya, %30 taş, %15 çakıl ve %5 kumdur. Akarsuyun ortalama akıntı hızı 0.73 m/sn olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.1 Seçilen 11 istasyonun fiziksel ve jeolojik özellikleri

|                                       | İst 1                                   | İst 2                                   | İst 3                                   | İst 4                                 | İst 5                                 | İst 6                                 | İst 7                                   | İst 8                                | İst 9                                | İst 10   | İst 11                               |
|---------------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| <b>Enlem</b>                          | 40° 33.773' K                           | 40° 34.739' K                           | 40° 36.223' K                           | 40° 38.548' K                         | 40° 38.066' K                         | 40° 38.558' K                         | 40° 31.436' K                           | 40° 29.369' K                        | 40° 29.627' K                        | 40° 31.681' K                                  | : 40° 35.675' K                      |
| <b>Boylam</b>                         | 31° 51.711' D                           | 31° 52.087' D                           | 31° 48.374' D                           | 31° 46.992' D                         | 31° 45.989' D                         | 31° 45.781' D                         | 31° 45.467' D                           | 31° 46.263' D                        | 31° 45.539' D                        | 31° 30.560' D                                  | 31° 34.167' D                        |
| <b>Ekobölge (Sistem A)</b>            | Y                                       | Y                                       | Y                                       | Y                                     | Y                                     | Y                                     | Y                                       | Y                                    | Y                                    | Y  | Y                                    |
| <b>Jeoloji (Sistem A)</b>             | silisli                                 | silisli                                 | silisli                                 | silisli                               | silisli                               | silisli                               | silisli                                 | silisli                              | silisli                              | silisli  | silisli                              |
| <b>Yükseklik (Sistem A)</b>           | Yüksek rakım (<800 m)                   | Yüksek rakım (<800 m)                   | Yüksek rakım (<800 m)                   | Yüksek rakım (<800 m)                 | Yüksek rakım (<800 m)                 | Yüksek rakım (<800 m)                 | Yüksek rakım (<800 m)                   | Yüksek rakım (<800 m)                | Yüksek rakım (<800 m)                | Yüksek rakım (<800 m)                          | Yüksek rakım (<800 m)                |
| <b>Yükseklik</b>                      | 1659 m                                  | 1594 m                                  | 1840 m                                  | 1483 m                                | 1490 m                                | 1470 m                                | 1572 m                                  | 1420 m                               | 1482 m                               | 948 m  | 1361 m                               |
| <b>Akarsu Bölgesi</b>                 | epirihitron                             | epirihitron                             | epirihitron                             | epirihitron                           | epirihitron                           | epirihitron                           | epirihitron                             | epirihitron                          | epirihitron                          | hiporihitron-epirihitron                       | epirihitron                          |
| <b>Taban Yapısı</b>                   | %35 Kaya, %50 Taş, %10 Çakıl, %5 Kum    | %30 Kaya, %30 Taş, %30 Çakıl, %10 Kum   | %10 Kaya, %35 Taş, %35 Çakıl, %20 Kum   | %10 Taş, %20 Çakıl, %20 Kum, %50 Silt | %20 Kaya, %40 Taş, %30 Çakıl, %10 Kum | %30 Kaya, %40 Taş, %20 Çakıl, %10 Kum | %50 Kaya, %35 Taş, %15 Çakıl            | %40 Kaya, %35 Taş, %20 Çakıl, %5 Kum | %45 Kaya, %30 Taş, %20 Çakıl, %5 Kum | %15 Kaya, %40 Taş, %30 Çakıl, %10 Kum, %5 Silt | %50 Kaya, %30 Taş, %15 Çakıl, %5 Kum |
| <b>Kıyı Vejetasyonu</b>               | 70%                                     | 100%                                    | 80%                                     | 100%                                  | 100%                                  | 60%                                   | 70%                                     | 80%                                  | 85%                                  | 100%   | 100%                                 |
| <b>Islak Periyod Akarsu Genişliği</b> | 7 m                                     | 1.5 m                                   | 1.5 m                                   | 2.5 m                                 | 1.5 m.                                | 3 m                                   | 1 m                                     | 4 m                                  | 2 m                                  | 5 m  | 2.5- 3 m                             |
| <b>Kuru Periyod Akarsu Genişliği</b>  | 3 m                                     | 1 m                                     | 80 cm                                   | 2.5 m                                 | 1.5 m                                 | 3 m                                   | 50 cm                                   | 3 m                                  | 1.5 m                                | 4 m  | 2 m                                  |
| <b>Akarsu akıntı hızı</b>             | 0.80 m/sn (ort)<br>1.40 m/sn (en hızlı) | 0.50 m/sn (ort)<br>2.52 m/sn (en hızlı) | 0.32 m/sn (ort)<br>0.55 m/sn (en hızlı) | 0.55 m/sn (ort)                       | 0.30 m/sn (ort)                       | 0.72 m/sn (ort)                       | 0.09 m/sn (ort)<br>0.17 m/sn (en hızlı) | 0.81 m/sn (ort)                      | 0.59 m/sn (ort)                      | 0.68 m/sn (ort)                                | 0.73 m/sn (ort)                      |

### 3.2. Fiziko-kimyasal Bulgular

Tatlı su ekosistemlerinin su kalitesinin izlenmesi ve araştırılması için, biyolojik yöntemlerin yanı sıra fiziko-kimyasal metotlar da gereklidir [57]. Her hangi bir kirlilik ya da bozulma faktörü, akarsularda sucul organizmaları direkt ya da dolaylı olarak etkilediğinden, biyolojik yaklaşımların kullanılmasının gerekliliği, 1900'lü yılların başında önemli bir konuma gelmiştir [58]. Seçilen 11 istasyon, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin [59] belirlediği kıta içi su kalitesi sınıflarına ait kriterlere (Çizelge 3.2) göre fiziko-kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir.

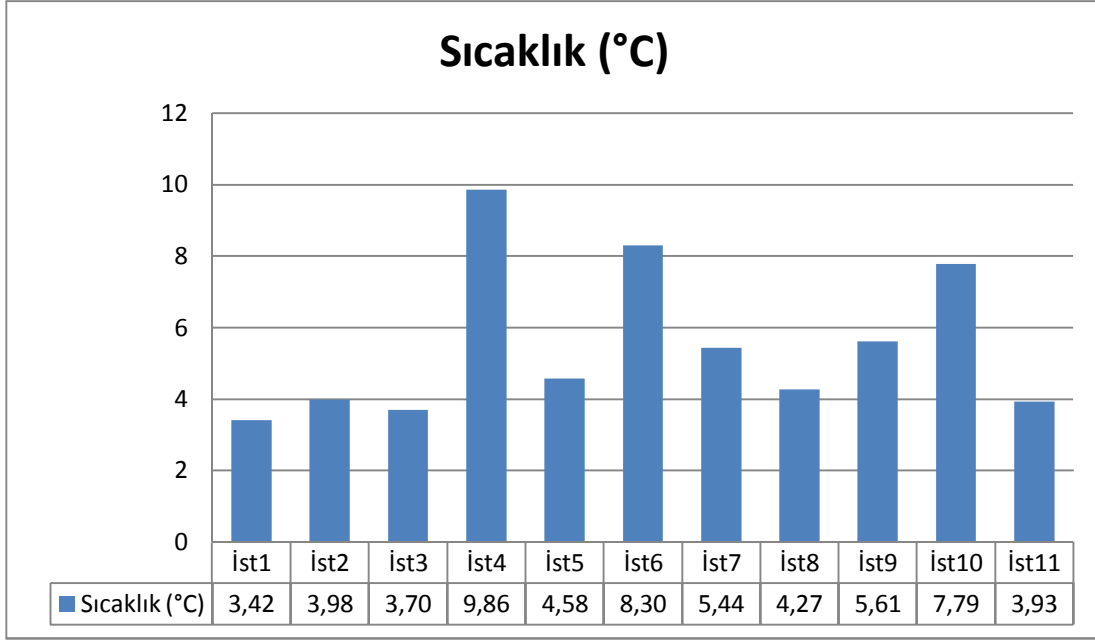
Çizelge 3.2 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Su Kalite kriterleri [59]

| Su Kalitesi parametreleri                            | I         | II        | III       | IV                |
|--|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| Sıcaklık (°C)  | 25        | 25        | 30        | >30               |
| pH   | 6.5 – 8.5 | 6.5 – 8.5 | 6.0 – 9.0 | 6.9 – 9.0 dışında |
| Çözünmüş oksijen (mg/l)                              | 8         | 6         | 3         | <3                |
| Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (mg/l)  | 0.002     | 0.01      | 0.05      | >0.05             |
| Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/l)  | 5         | 10        | 20        | >20               |
| Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg/l) | 0.2       | 1         | 2         | >2                |
| Sülfat (SO <sub>4</sub> ) (mg/l)                     | 200       | 200       | 400       | >400              |

#### 3.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık, sucul organizmalar için hayati önem taşımaktadır. Sıcaklığın artmasıyla birlikte, sudaki gazların çözünürlüğü azalmaktadır. Bu sebeple sıcaklığın azalmasıyla birlikte sudaki çözünmüş oksijen değeri de artmaktadır [60]. Su sıcaklığının belirli bir seviyenin üstüne çıkması, sucul organizmaların hayatları için oldukça tehlikelidir. Kirlenmiş yerlerde, çözünmüş oksijen seviyesi sucul hayatı korumak için kabul edilebilir seviyenin altına düşer [61]. Yüksek türbülans ve sürekli karışıma sahip olmalarından dolayı, akarsular göllerle karşılaştırıldığında, termal tabakalaşmaya sahip değildir [62]. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği [59] kriterlerine göre I.sınıf kaliteye sahip akarsuların sıcaklığı 25°C 'ye kadar olabilir. Seçilen istasyonlarda en düşük sıcaklık istasyon 1'de (3,42°C), en yüksek sıcaklık ise istasyon 4'de (9,86°C) ölçülmüştür (Şekil 3.1). On bir istasyonun ortalama

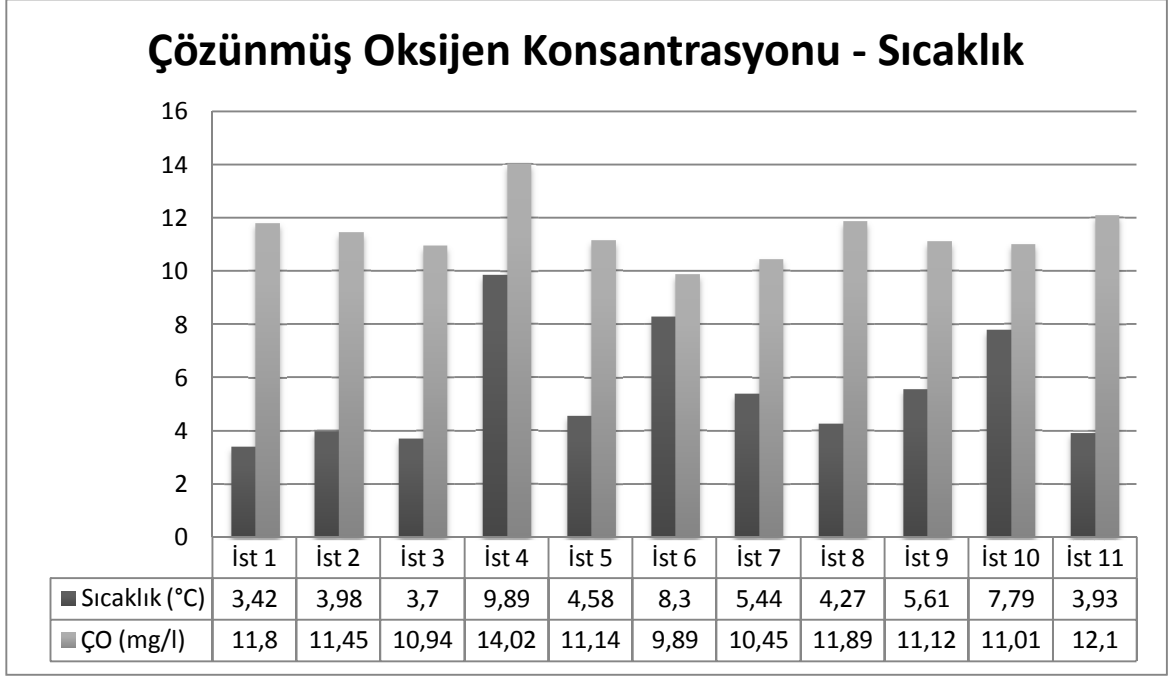
sıcaklık değeri 5,53°C olarak hesaplanmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğindeki [59] kriterlere göre on bir istasyonun genel olarak I. sınıf su kalitesine sahiptir.



Şekil 3.1 İstasyonlarda ölçülen su sıcaklığı değerleri

### 3.2.2. Çözünmüş Oksijen

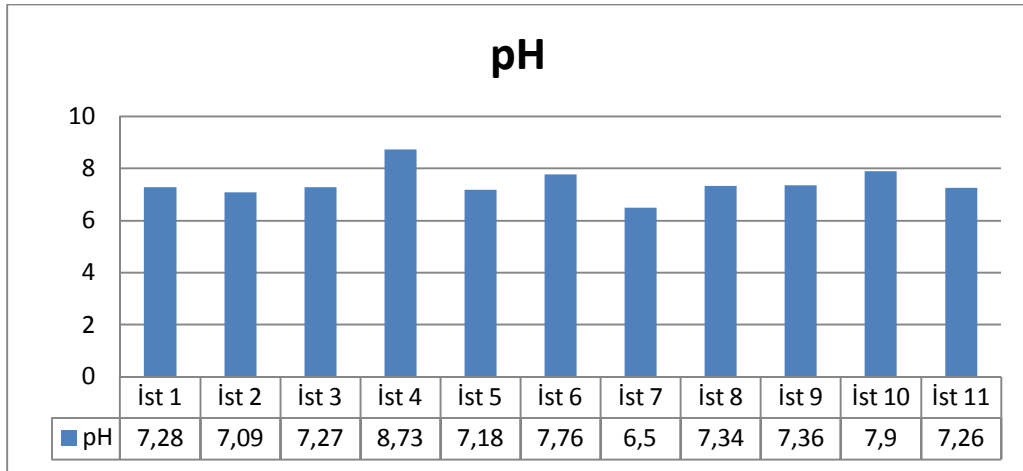
Atmosfer ve su arasında türbülans ile artırılmış sabit gaz değişiminden dolayı, kirlenmemiş dağ akarsularının oksijen içeriği yaklaşık olarak %100 bağlı duygunluktur [62]. Fotosentez sebebiyle öğlen saatlerinde oksijen konsantrasyonunun yüksek, geceleri ise en düşük halde olması, gün içerisinde dalgalanmalara yol açar [62]. Böyle günlük dalgalanmalar birincil biyolojik kontrol altındadır, bu yüzden gündüzleri daha sıcak geceleri daha soğuk olan sıcaklık gibi fiziksel dalgalanmalar gaz konsantrasyonu üzerine ters etkiye sahiptir [62]. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, sıcaklık değerleriyle oldukça ilişkilidir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I.sınıf su kalitesine sahip akarsuların çözünmüş oksijen değeri 8 mg/l'den yüksek olması gerekmektedir. İstasyonların çözünmüş oksijen değerleri oldukça yüksek bulunmuştur (9,89 mg/l – 14,02 mg/l) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterlerine göre hepsinin I. sınıf su kalitesine sahiptir. Şekil 3.2' de çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve sıcaklık arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve su sıcaklığı arasındaki ilişki

### 3.2.3. pH

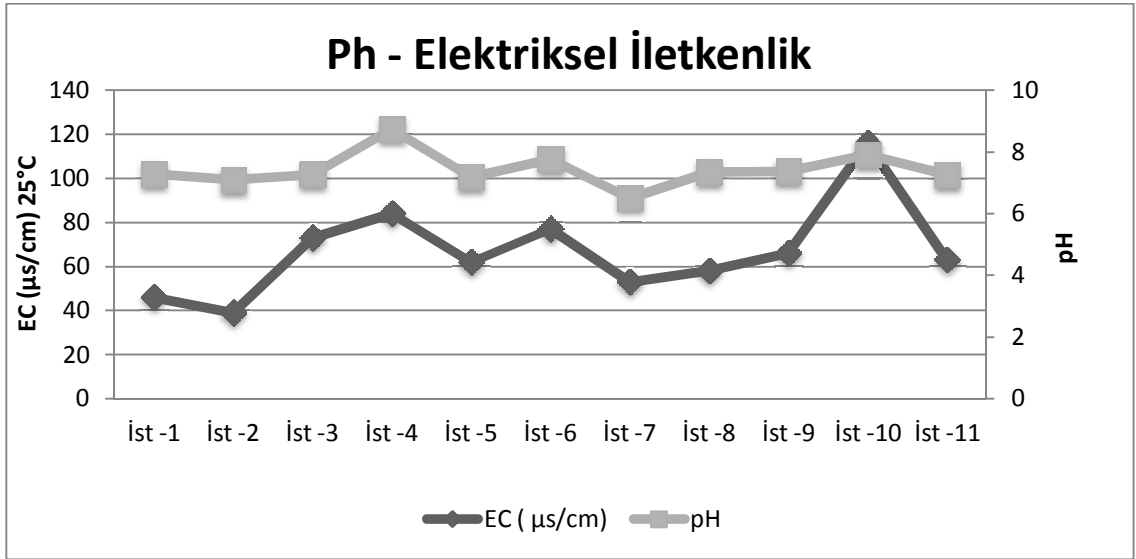
Sucul organizmaların gelişimi için en uygun pH aralığı 6.5 – 8.5 değerleridir [63]. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. Ve II. Sınıf su kalitesine sahip akarsuların pH'ı 6,5-8,5 değerleri arasında, III. Sınıf su kalitesine sahip akarsuların ise 6,0 – 9,0 değerleri arasında olması gerekmektedir. Seçilen istasyonlardaki en düşük pH 6,5 ile istasyon 7'de, en yüksek ise 8,73 ile istasyon 4'de ölçülmüştür (Şekil 3.3). On bir istasyonun ortalama pH'ı 7,42 olarak 0. Su Kalite Kontrol Yönetmeliğindeki kriterlere göre on bir istasyonun genel olarak I. ve II. sınıf su kalitesi aralığındadır.



Şekil 3.3 İstasyonlarda ölçülen pH değerleri

### 3.2.4. Özgül Elektriksel İletkenlik

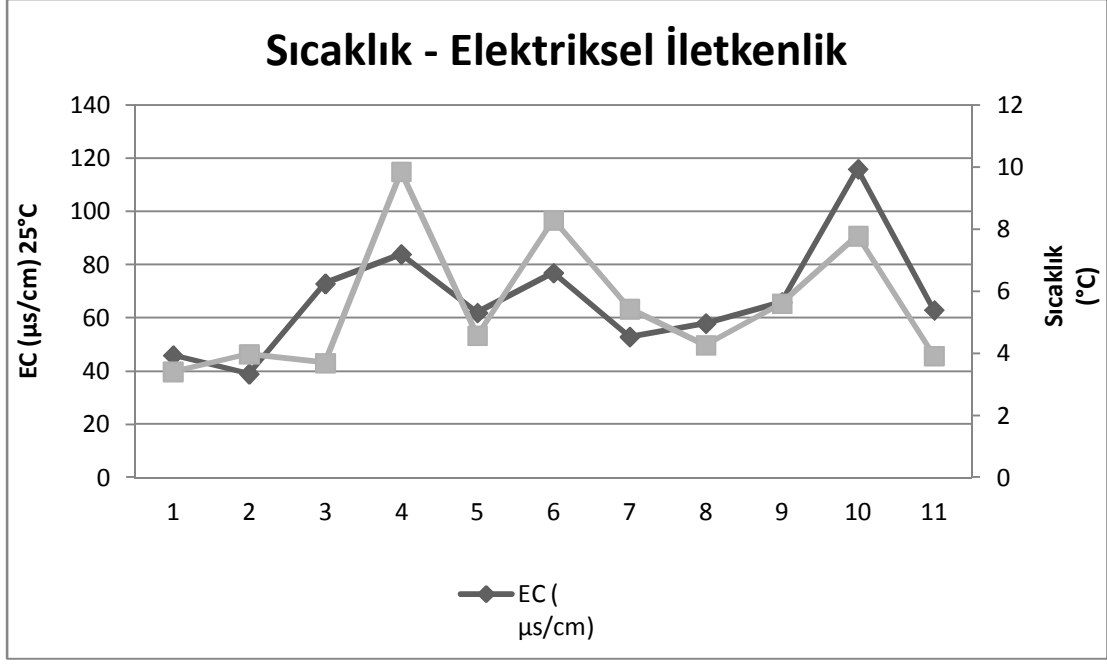
Suyun elektrik akımını iletebilme yeteneği olan elektriksel iletkenlik, sıcaklıktan ve yüklü iyon konsantrasyonundan etkilenir. Özgül elektriksel iletkenlik değeri 25°C'deki suyun elektrik akımını iletebilme yeteneği yani elektriksel iletkenliğidir. Yüksek elektriksel iletkenlik değerinin nedeni aynı zamanda su kirliliğidir [64]. pH ve elektriksel iletkenlik arasında doğru bir orantı [65]. Şekil 3.4.' de istasyonlardaki pH ve özgül elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki ilişki gösterilmektedir. İstasyonlar arasında 25°C' de en yüksek elektriksel iletkenlik değerine sahip olan istasyon, İst 10 (116  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), en düşük değere sahip olan ise İst 2'dir (39  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). En yüksek elektriksel iletkenlik değerine sahip olan İst 10'un pH değeri (7,9) istasyonlar arasındaki en yüksek pH değerleri arasındadır. Benzer şekilde en düşük elektriksel iletkenlik değerine sahip olan İst 2'nin pH değeri (7.09) de diğer istasyonlara göre nispeten daha düşüktür.



Şekil 3.4 Özgül elektriksel iletkenlik ve pH değerleri arasındaki ilişki

İstasyonların sıcaklık değerleri ve elektriksel iletkenlik değerleri arasında da anlamlı ilişki gözükmemektedir (Şekil 3.5).



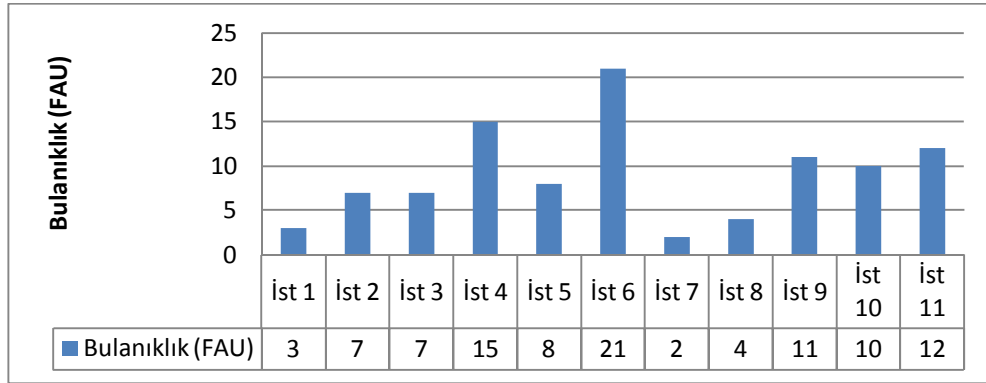


Şekil 3.5 Özgül elektriksel iletkenlik ve su sıcaklığı değerleri arasındaki ilişki

### 3.2.5. Bulanıklık

Suyun berraklığının azalmasına sebep olan bulanıklığı sağlayan en önemli faktör su da bulunan askıdaki maddelerdir. Suyu kirletebilecek tüm etmenler askıdaki maddelere tutunur ve bu şekilde suyun kalitesini olumsuz yönde etkiler.

İstasyonlardaki bulanıklık değerleri, 2 – 21 FAU arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.6).

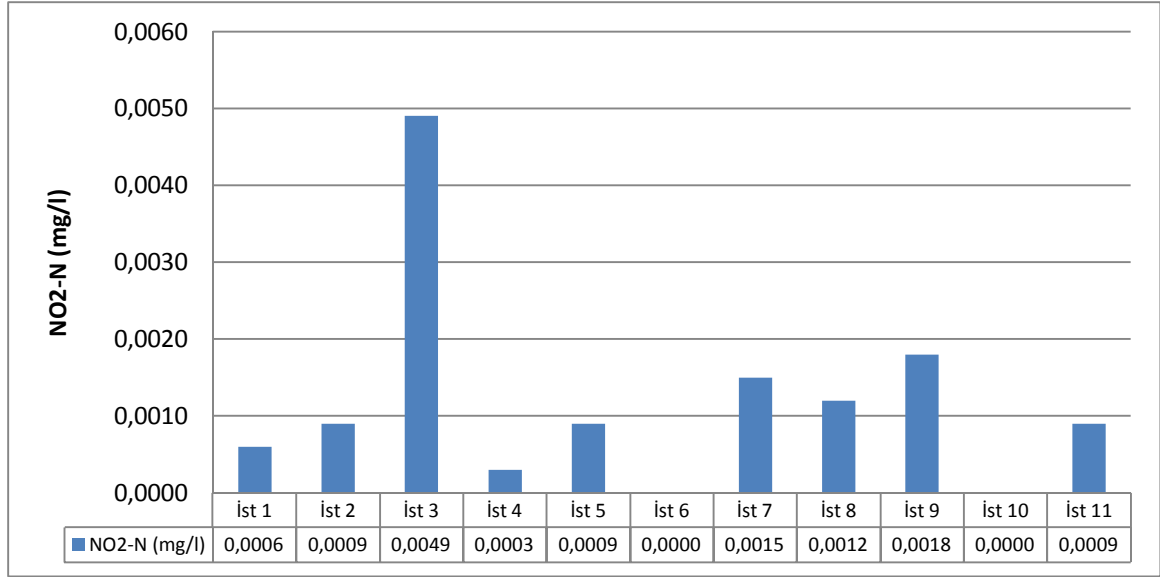


Şekil 3.6 İstasyonlarda ölçülen bulanıklık değerleri

### 3.2.6. Azot ve Sülfat Değerleri

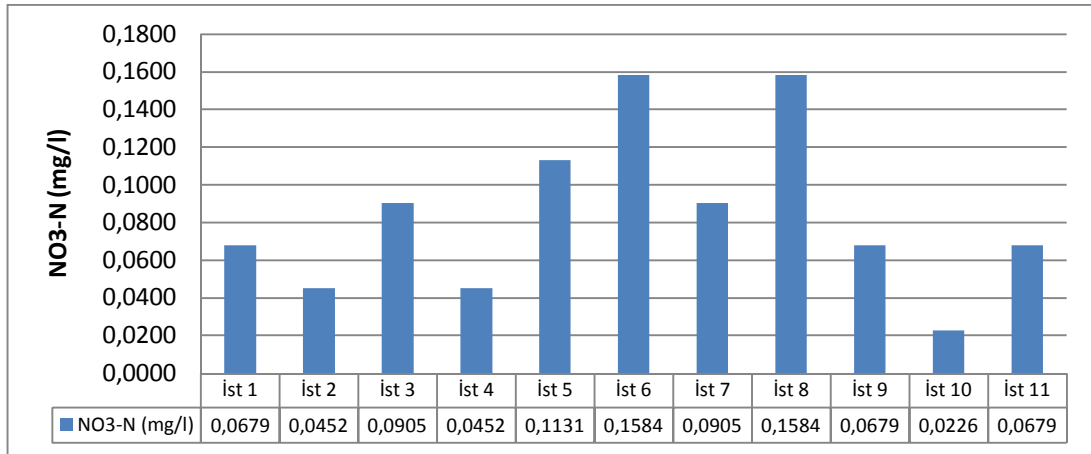
Seçilen istasyonlardaki en yüksek nitrit azotu değeri 3. İstasyonda 0,0049 mg/l ile ölçülmüştür (Şekil 3.7). Bazı istasyonlarda (İst 6 ve İst 10) nitrit azotu değeri 0 mg/l çıkmıştır. Bunun nedeni, kullanılan cihazın hassasiyetinden kaynaklanabilir. Bu

değerleri 0 mg/l olarak değil de “0” a yakın küçük değerler olarak kabul edebiliriz. Bu veriler ışığında istasyon 3 hariç diğer istasyonlar I. sınıf su kalitesine sahiptir. İstasyon 3’de I ve II. sınıf su kalitesi aralığındadır.



Şekil 3.7 İstasyonlarda ölçülen nitrit azotu değerleri

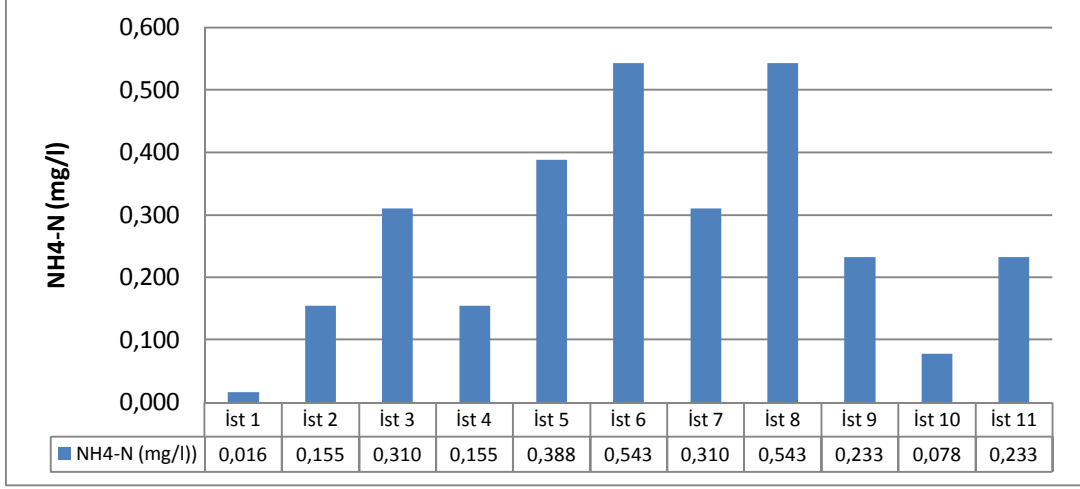
İstasyonların nitrat azotu değerleri 0,0226 mg/l – 0,1584 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 3.8) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, nitrat azotu değişkeni açısından tüm istasyonlar I.sınıf su kalitesine sahiptir.



Şekil 3.8 İstasyonlarda ölçülen nitrat azotu değerleri

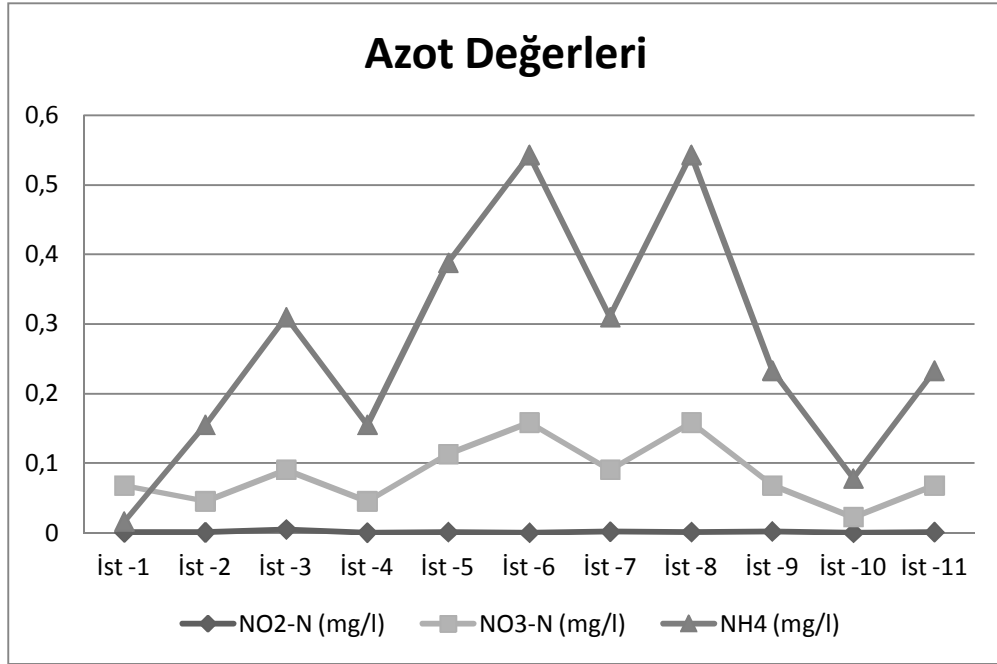
İstasyonların amonyum azotu değerleri, 0,016 mg/l – 0,543 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 3.9) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterlerine göre 0,2 mg/l ve altındaki amonyum azotu değerine sahip olan sular I. sınıf su kalitesine sahiptir. Bu istasyonlar, İst 1, İst 2, İst 4 ve İst 10’dur. İst 9 (0,233 mg/l) ve İst 10 (0,233 mg/l) ile I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. Geriye kalan

istasyonlar (İst 3, İst 5, İst 6, İst 7 ve İst 8) I. ila II. sınıf su kalitesi değerleri arasındadır.



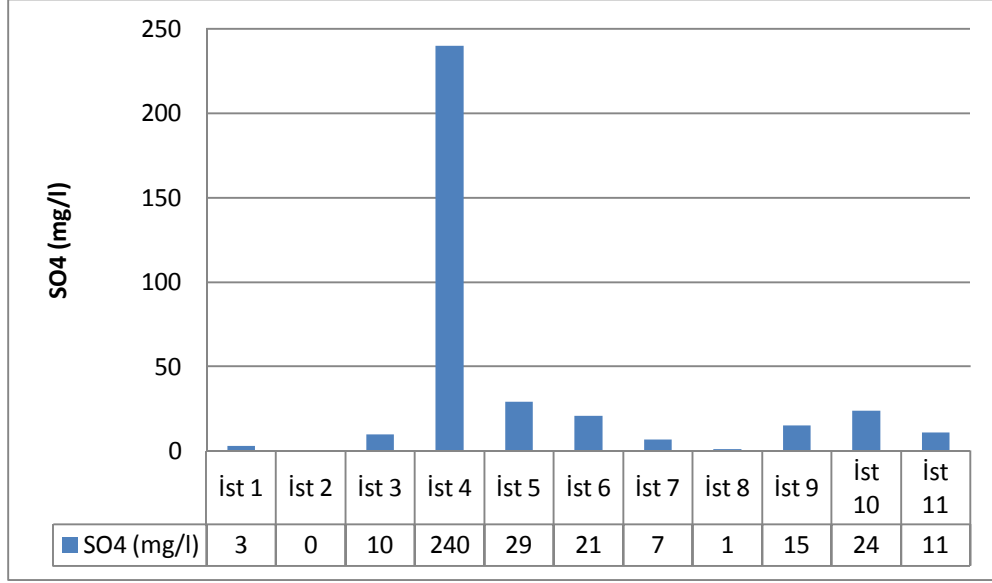
Şekil 3.9 İstasyonlarda ölçülen amonyum azotu değerleri

İstasyonlarda ölçülen tüm azot değerleri bir arada Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.10 İstasyonlarda ölçülen azot değerleri

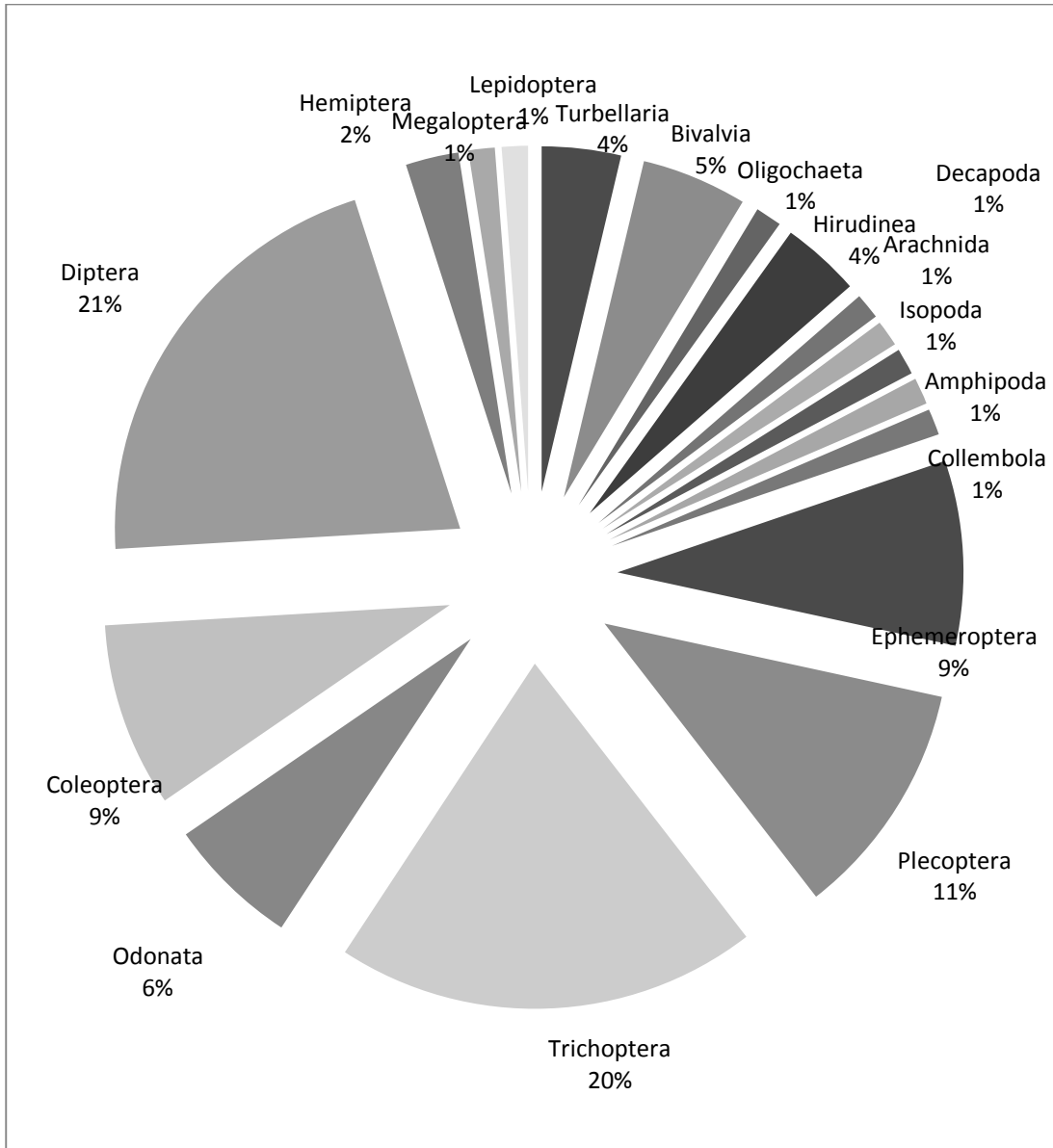
İstasyonların sülfat değerleri 0 – 240 mg/l arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.11). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre İst 4 hariç tüm istasyonlar I. sınıf su kalitesine sahiptir. İst 4 (240 mg/l) II. ve III. sınıf su kalitesi sahip olup, II. sınıf su kalitesi sınırına (200 mg/l) oldukça yakındır.



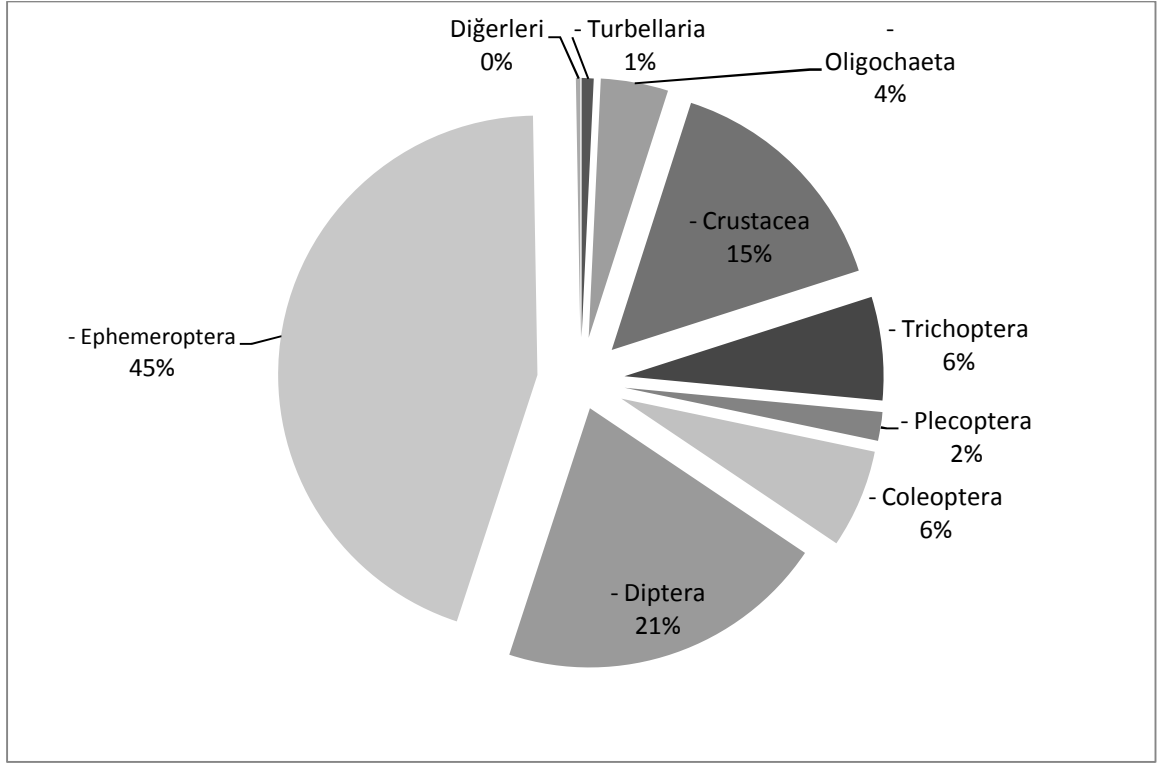
Şekil 3.11 İstasyonlarda ölçülen sülfat değerleri

### 3.3 Biyolojik Bulgular

2011 Haziran ayında, Bolu ili içerisinde yer alan bazı akarsular üzerinde belirlenen 11 istasyondan toplanan taban büyük omurgasız canlıların sistematik sınıflandırılması Çizelge 3.3.'de ve buldukları istasyonlarda Çizelge 3.4.'de gösterilmiştir. Bu 11 istasyonda 81 taksaaya ait toplam 32290 birey teşhis edilmiştir. Bu taksonların 65'i Insecta sınıfına aitken, kalan 16 taksonun dağılımı ise, 3 taksa Turbellaria, 4 taksa Bivalvia, 1 takson Oligochaeta, 3 taksa Hirudinea, 1 takson Arachnida, 3 taksa Malacostraca ve 1 takson Entognatha şeklindedir. Insecta sınıfında, 7 taksa Ephemeroptera, 9 taksa Plecoptera, 16 taksa Trichoptera, 5 taksa Odonata, 7 taksa Coleoptera, 17 taksa Diptera, 2 taksa Hemiptera, 1 takson Megaloptera ve 1 takson Lepidoptera tespit edilmiştir. İstasyonlardaki Diptera takımına ait toplam taksa sayısı, bütün istasyonlardaki toplam taksa sayısının %21'ini oluşturarak en yüksek yüzdeye sahiptir. Bunu %20 oranı ile Trichoptera takımı takip etmektedir (Şekil 3.12). Takımlara, istasyonlarda bulunan birey düzeyinde bakıldığında en yüksek yüzde %45 ile Ephemeroptera takımına aittir ve bunu %21 oranı ile Diptera takip etmektedir (Şekil 3.13). Taban büyük omurgasız örnekleri taksonomik olarak inilebilen en alt seviyeye kadar teşhis edilmiştir.



Şekil 3.12 Takımların taksa sayısına göre yüzde dağılımı



Şekil 3.13 Takımların birey sayısına göre yüzde grafiği (Diğler\* < % 1: Unionoidea, Veneroidea, Rhynchobdellida, Arhynchobdellida, Araneae, Odonata, Heteroptera, Megaloptera, Lepidoptera ve Collembola)

Çizelge 3.3 Bolu İli'ndeki bazı akarsulardan örneklenen istasyonlarda bulunan taban büyük omurgasızlarının sistematik sınıflandırılması

| Filum           | Sınıf        | Takım            | Famlyla         | Cins              | Tür |                            |
|-----------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|-----|----------------------------|
| Platyhelminthes | Turbellaria  | Seriata          | Planariidae     |                   | 1   | Planariidae gen. sp.       |
|                 |              |                  | Dugesidae       | <i>Dugesia</i>    | 2   | <i>Dugesia</i> sp.         |
|                 |              |                  | Dendrocoelidae  |                   | 3   | Dendrocoelidae gen. sp.    |
| Mollusca        | Bivalvia     | Unionoidea       | Unionidae       |                   | 4   | Unionidae gen. sp.         |
|                 |              | Veneroidea       | Sphaeriidae     |                   | 5   | Sphaeriidae gen. sp.       |
|                 |              |                  |                 | <i>Sphaerium</i>  | 6   | <i>Sphaerium</i> sp.       |
|                 |              |                  |                 | <i>Musculium</i>  | 7   | <i>Musculium</i> sp.       |
| Annelida        | Oligochaeta  |                  |                 |                   | 8   | Oligochaeta gen. sp.       |
|                 | Hirudinea    | Rhynchobdellida  | Glossiphoniidae | <i>Helobdella</i> | 9   | <i>Helobdella</i> sp.      |
|                 |              |                  | Piscicolidae    |                   | 10  | Piscicolidae gen. sp.      |
|                 |              | Arhynchobdellida | Erpobdellidae   |                   | 11  | Erpobdellidae gen. sp.     |
| Arthropoda      | Arachnida    | Araneae          | Cybaeidae       | <i>Argyroneta</i> | 12  | <i>Argyroneta aquatica</i> |
|                 | Malacostraca | Decapoda         | Potamonidae     | <i>Potamon</i>    | 13  | <i>Potamon</i> sp.         |
|                 |              | Isopoda          | Asellidae       | <i>Asellus</i>    | 14  | <i>Asellus aquaticus</i>   |
|                 |              | Amphipoda        | Gammaridae      | <i>Gammarus</i>   | 15  | <i>Gammarus</i> sp.        |
|                 |              | Entognatha       | Collembola      | Isotomidae        |     | 16                         |
|                 | Insecta      | Ephemeroptera    | Baetidae        |                   | 17  | Baetidae gen. sp.          |

|                  |                   |                       |                           |  |
|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--|
|                  | Caenidae          |                       | 18                        | Caenidae gen. sp.                          |
|                  | Ephemerellidae    |                       | 19                        | Ephemerellidae gen. sp.                    |
|                  | Ephmeridae        | <i>Ephemera</i>       | 20                        | <i>Ephemera</i> sp.                        |
|                  | Heptageniidae     |                       | 21                        | Heptageniidae gen. sp.                     |
|                  | Leptophlebiidae   |                       | 22                        | Leptophlebiidae gen. sp.                   |
|                  | Potamanthidae     | <i>Potamanthus</i>    | 23                        | <i>Potamanthus luteus</i>                  |
| Plecoptera       | Perlidae          |                       | 24                        | Perlidae gen. sp.                          |
|                  |                   | <i>Perla</i>          | 25                        | <i>Perla</i> sp.                           |
|                  | Nemouridae        | <i>Nemoura</i>        | 26                        | <i>Nemoura</i> sp.                         |
|                  |                   | <i>Protonemura</i>    | 27                        | <i>Protonemura</i> sp.                     |
|                  | Perlodidae        | <i>Isoperla</i>       | 28                        | <i>Isoperla</i> sp.                        |
|                  |                   |                       | 29                        | Perlodidae gen. sp.                        |
|                  | Chloroperlidae    | <i>Chloroperla</i>    | 30                        | <i>Chloroperla</i> sp.                     |
|                  |                   |                       | 31                        | Chloroperlidae gen. sp.                    |
| Leuctridae       |                   | 32                    | Leuctridae gen. sp.       |  |
| Trichoptera      | Beraeidae         |                       | 33                        | Beraeidae gen. sp.                         |
|                  | Brachycentridae   |                       | 34                        | Brachycentridae gen. sp.                   |
|                  | Glossomatidae     |                       | 35                        | Glossomatidae gen. sp.                     |
|                  | Goeridae          |                       | 36                        | Goeridae gen. sp.                          |
|                  | Hydropsychidae    | <i>Cheumatopsyche</i> | 37                        | <i>Cheumatopsyche</i> sp.                  |
|                  |                   | <i>Hydropsyche</i>    | 38                        | Hydropsychidae gen. sp.                    |
|                  |                   |                       | 39                        | <i>Hydropsyche</i> sp.                     |
|                  | Lepidostomatidae  |                       | 40                        | Lepidostomatidae gen. sp.                  |
|                  | Leptoceridae      |                       | 41                        | Leptoceridae gen. sp.                      |
|                  | Limnephilidae     |                       | 42                        | Limnephilidae gen. sp.                     |
|                  | Odontoceridae     | <i>Odontocerum</i>    | 43                        | <i>Odontocerum</i> sp.                     |
|                  | Philopotamidae    |                       | 44                        | Philopotamidae gen. sp.                    |
|                  | Polycentropodidae |                       | 45                        | Polycentropodidae gen. sp.                 |
|                  | Psychomyiidae     |                       | 46                        | Psychomyiidae gen. sp.                     |
|                  | Rhyacophilidae    | <i>Rhyacophila</i>    | 47                        | <i>Rhyacophila</i> sp.                     |
| Sericostomatidae |                   | 48                    | Sericostomatidae gen. sp. |  |
| Odonata          | Cordulegasteridae | <i>Cordulegaster</i>  | 49                        | <i>Cordulegaster</i> sp.                   |
|                  | Gomphidae         | <i>Gomphus</i>        | 50                        | <i>Gomphus</i> sp.                         |
|                  |                   | <i>Onychogomphus</i>  | 51                        | <i>Onychogomphus forcipatus forcipatus</i> |
|                  |                   | <i>Ophiogomphus</i>   | 52                        | <i>Ophiogomphus cecilia</i>                |
|                  | Lestidae          | <i>Sympecma</i>       | 53                        | <i>Sympecma fusca</i>                      |
| Coleoptera       | Curculionidae     |                       | 54                        | Curculionidae gen. sp.                     |
|                  | Dytiscidae        |                       | 55                        | Dytiscidae gen. sp.                        |
|                  | Elmidae           |                       | 56                        | Elmidae gen. sp.                           |
|                  | Hydraenidae       |                       | 57                        | Hydraenidae gen. sp.                       |
|                  |                   | <i>Hydraena</i>       | 58                        | <i>Hydraena</i> sp.                        |
|                  | Hydrophilidae     |                       | 59                        | Hydrophilidae gen. sp.                     |
|                  | Scirtidae         |                       | 60                        | Scirtidae gen. sp.                         |

|  |  |             |                 |                  |                    |                          |
|--|--|-------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------------------|
|  |  | Diptera     | Athericidae     |                  | 61                 | Athericidae gen. sp.     |
|  |  |             | Blephariceridae |                  | 62                 | Blephariceridae gen. sp. |
|  |  |             | Ceratopogonidae |                  | 63                 | Ceratopogonidae gen. sp. |
|  |  |             | Chironomidae    |                  | 64                 | Chironomidae gen. sp.    |
|  |  |             | Culicidae       |                  | 65                 | Culicidae gen. sp.       |
|  |  |             | Dolichopodidae  |                  | 66                 | Dolichopodidae gen. sp.  |
|  |  |             | Empididae       | <i>Clinocera</i> | 67                 | <i>Clinocera</i> sp.     |
|  |  |             | Limoniidae      | <i>Antocha</i>   | 68                 | <i>Antocha</i> sp.       |
|  |  |             |                 |                  | 69                 | Limoniidae gen. sp.      |
|  |  |             |                 |                  | 70                 | <i>Hexatoma</i> sp.      |
|  |  |             | Pedicidae       | <i>Dicranota</i> | 71                 | <i>Dicranota</i> sp.     |
|  |  |             |                 | <i>Pedicia</i>   | 72                 | <i>Pedicia</i> sp.       |
|  |  |             | Psychodidae     |                  | 73                 | Psychodidae gen. sp.     |
|  |  |             | Simuliidae      |                  | 74                 | Simuliidae gen. sp.      |
|  |  |             | Tabanidae       | <i>Tabanus</i>   | 75                 | <i>Tabanus</i> sp.       |
|  |  | Tipulidae   | <i>Tipula</i>   | 76               | <i>Tipula</i> sp.  |                          |
|  |  |             |                 | 77               | Tipulidae gen. sp. |                          |
|  |  | Hemiptera   | Gerridae        |                  | 78                 | Gerridae gen. sp.        |
|  |  |             | Hebridae        |                  | 79                 | Hebridae gen. sp.        |
|  |  | Lepidoptera | Pyralidae       |                  | 80                 | Pyralidae gen. sp.       |
|  |  | Megaloptera | Sialidae        | <i>Sialis</i>    | 81                 | <i>Sialis</i> sp.        |

Çizelge 3.4 On bir istasyonda tespit edilen örneklerin buldukları istasyonlar

|    | Tür                        | ist 1 | ist 2 | ist 3 | ist 4 | ist 5 | ist 6 | ist 7 | ist 8 | ist 9 | ist 10 | ist 11 |
|----|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1  | Planariidae gen. sp.       | *     | *     |       |       | *     |       |       | *     | *     |        | *      |
| 2  | <i>Dugesia</i> sp.         | *     | *     |       |       | *     |       |       | *     | *     |        | *      |
| 3  | Dendrocoelidae gen. sp.    |       | *     |       |       |       |       |       |       |       |        |        |
| 4  | Unionidae gen. sp.         |       |       |       | *     |       |       |       |       |       |        |        |
| 5  | Sphaeriidae gen. sp.       |       |       |       |       | *     |       |       | *     |       | *      |        |
| 6  | <i>Sphaerium</i> sp.       |       |       |       |       | *     |       |       |       |       |        |        |
| 7  | <i>Musculium</i> sp.       |       |       |       |       |       |       |       | *     |       |        |        |
| 8  | Oligochaeta gen. sp.       | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *      | *      |
| 9  | <i>Helobdella</i> sp.      |       |       |       | *     | *     |       |       |       |       |        |        |
| 10 | Piscicolidae gen. sp.      |       |       |       | *     |       |       |       |       |       |        |        |
| 11 | Erpobdellidae gen. sp.     |       |       |       | *     |       | *     |       |       |       |        |        |
| 12 | <i>Argyroneta aquatica</i> |       |       |       |       |       |       |       | *     |       | *      |        |



|    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | <i>Potamon</i> sp.         |   |   |   |   |   |   |   | * | * | * |   |
| 14 | <i>Asellus aquaticus</i>   |   |   |   | * |   | * |   |   |   |   | * |
| 15 | <i>Gammarus</i> sp.        | * | * | * | * | * | * | * |   | * |   | * |
| 16 | Isotomidae gen. sp.        |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   |   |
| 17 | Baetidae gen. sp.          | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 18 | Caenidae gen. sp.          |   |   |   | * | * | * | * |   |   | * |   |
| 19 | Ephemerellidae gen. sp.    | * |   |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 20 | <i>Ephemera</i> sp.        | * | * |   | * | * | * |   | * | * |   | * |
| 21 | Heptageniidae gen. sp.     | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 22 | Leptophlebiidae gen. sp.   | * | * |   | * | * | * |   | * | * | * | * |
| 23 | <i>Potamanthus luteus</i>  |   |   |   | * |   | * |   |   |   |   |   |
| 24 | Perlidae gen. sp.          |   |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   |
| 25 | <i>Perla</i> sp.           | * | * |   |   |   | * |   |   | * |   | * |
| 26 | <i>Nemoura</i> sp.         |   | * | * |   | * | * | * | * |   |   |   |
| 27 | <i>Protonemura</i> sp.     | * | * |   |   | * |   |   | * | * |   | * |
| 28 | <i>Isoperla</i> sp.        | * | * |   |   |   |   |   | * | * |   |   |
| 29 | Perlodidae gen. sp.        |   |   |   |   | * |   |   |   |   |   | * |
| 30 | <i>Chloroperla</i> sp.     | * |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 31 | Chloroperlidae gen. sp.    |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   |   |
| 32 | Leuctridae gen. sp.        |   | * |   | * |   | * |   | * | * | * |   |
| 33 | Beraeidae gen. sp.         |   |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   |
| 34 | Brachycentridae gen. sp.   |   |   |   | * |   | * |   |   |   |   |   |
| 35 | Glossosomatidae gen. sp.   | * | * | * | * | * |   |   |   |   |   | * |
| 36 | Goeridae gen. sp.          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |
| 37 | <i>Cheumatopsyche</i> sp.  |   |   |   |   |   | * |   |   |   |   |   |
| 38 | Hydropsychidae gen. sp.    | * |   |   |   |   |   |   | * |   | * |   |
| 39 | <i>Hydropsyche</i> sp.     |   | * |   | * | * | * |   |   | * |   | * |
| 40 | Lepidostomatidae gen. sp.  |   |   |   |   |   |   | * | * | * |   |   |
| 41 | Leptoceridae gen. sp.      |   |   |   | * |   | * |   |   |   |   |   |
| 42 | Limnephilidae gen. sp.     | * | * | * | * | * |   |   |   |   | * | * |
| 43 | <i>Odontocerum</i> sp.     | * | * |   |   | * |   |   |   |   |   | * |
| 44 | Philopotamidae gen. sp.    | * | * |   |   | * | * | * | * | * |   | * |
| 45 | Polycentropodidae gen. sp. |   | * |   |   |   | * | * |   | * |   | * |
| 46 | Psychomyiidae gen. sp.     |   |   |   |   | * |   |   |   |   |   |   |
| 47 | <i>Rhyacophila</i> sp.     | * | * | * | * | * | * |   | * |   | * | * |
| 48 | Sericostomatidae gen. sp.  | * | * |   |   | * |   |   | * | * | * | * |

|    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 49 | <i>Cordulegaster</i> sp.                   |   |   |   |   | * |   |   |   |   | * |   |
| 50 | <i>Gomphus</i> sp.                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| 51 | <i>Onychogomphus forcipatus forcipatus</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| 52 | <i>Ophiogomphus cecilia</i>                |   |   |   | * |   | * |   |   |   | * |   |
| 53 | <i>Sympecma fusca</i>                      |   |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   |
| 54 | Curculionidae gen. sp.                     |   |   |   |   |   |   | * |   |   |   | * |
| 55 | Dytiscidae gen. sp.                        | * |   | * |   | * |   | * |   |   |   | * |
| 56 | Elmidae gen. sp.                           | * | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 57 | Hydraenidae gen. sp.                       | * |   |   | * |   | * | * |   |   |   |   |
| 58 | <i>Hydraena</i> sp.                        | * | * |   |   |   |   |   | * |   | * | * |
| 59 | Hydrophilidae gen. sp.                     |   | * |   | * |   |   | * |   |   |   |   |
| 60 | Scirtidae gen. sp.                         | * | * |   |   | * | * | * | * | * | * | * |
| 61 | Athericidae gen. sp.                       | * | * |   |   |   |   |   | * | * | * |   |
| 62 | Blephariceridae gen. sp.                   |   |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 63 | Ceratopogonidae gen. sp.                   |   |   |   |   | * |   |   |   |   |   |   |
| 64 | Chironomidae gen. sp.                      | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 65 | Culicidae gen. sp.                         |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 66 | Dolichopodidae gen. sp.                    |   |   |   | * |   |   |   |   |   |   |   |
| 67 | <i>Clinocera</i> sp.                       | * |   |   | * |   | * |   |   |   |   |   |
| 68 | <i>Antocha</i> sp.                         |   |   |   |   |   |   |   | * |   | * |   |
| 69 | Limoniidae gen. sp.                        | * |   | * |   | * |   |   | * | * | * | * |
| 70 | <i>Hexatoma</i> sp.                        | * | * |   |   |   | * |   | * | * |   | * |
| 71 | <i>Dicranota</i> sp.                       | * | * |   | * | * | * | * | * | * |   | * |
| 72 | <i>Pedicia</i> sp.                         |   | * | * |   |   |   |   |   | * |   | * |
| 73 | Psychodidae gen. sp.                       |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 74 | Simuliidae gen. sp.                        | * | * |   | * | * | * | * | * | * | * |   |
| 75 | <i>Tabanus</i> sp.                         | * |   |   | * | * |   | * | * |   | * | * |
| 76 | <i>Tipula</i> sp.                          |   |   | * | * |   |   |   |   | * |   |   |
| 77 | Tipulidae gen. sp.                         |   |   |   |   |   |   | * |   |   | * |   |
| 78 | Gerridae gen. sp.                          |   |   |   |   |   |   |   | * | * |   |   |
| 79 | Hebridae gen. sp.                          |   |   |   |   |   |   | * | * |   |   |   |
| 80 | Pyralidae gen. sp.                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| 81 | <i>Sialis</i> sp.                          |   | * |   |   | * |   |   |   |   |   | * |

### 3.4. Biyolojik Analizler

#### 3.4.1. Baskınlık Analizi

Bolu ili içerisinde yer alan bazı akarsular üzerinde belirlenen 11 istasyonda tespit edilen taban büyük omurgasızların istasyonlara göre baskınlık değerleri yüzde olarak hesaplanmış ve grafikleri Şekil 3.14'de verilmiştir.

İst 1'de en yüksek miktarda bulunan organizma %51,35'lik oranı ile Heptageniidae gen. sp.'dir ve bunu %7,72'lik aynı orana sahip olan Baetidae gen. sp. ve Elmidae gen. sp. üyeleri takip etmektedir.

İst 2'nin en baskın türü %36,73 oranı ile *Gammarus* sp.'dir. İkinci en baskın tür %21,69'luk oranı ile Heptageniidae familyasına ait bireylerdir. Bu iki organizmayı, %10,98'lik oranı ile Baetidae familyasına ait bireyler takip etmektedir.

İst 3'de Chironomidae familyasının bireyleri %48,64 oranı ile en baskın gruptur. Bunu %38,92'lik oranı ile Oligochaeta üyeleri takip etmektedir. Diğer türlerin baskınlık oranları bunlardan oldukça düşük ve birbirine çok yakındır.

İst 4'de en yüksek miktarda bulunan organizma %52,13'lük oranı ile Diptera takımına ait Chironomidae familyasının bireyleridir ve bunu Ephemeroptera takımına ait iki familya sırasıyla %13,54 oranı ile Caenidae ve %12,94 oranı ile Ephemerellidae takip etmektedir.

İst 5'te *Gammarus* cinsine ait bireyler %50,68 ile en yüksek oranda temsil edilirken bunu %18,18 ile Baetidae familyasına ait bireyler izlemektedir. Bunları %13,64 oranı ile Chironomidae familyasına ait bireyler takip etmektedir.

İst 6'da Baetidae gen. sp. (%27,62), Ephemerellidae gen. sp. (%24,74) ve Leptophlebiidae gen. sp. (%22,76) en baskın organizmalardır. Bunları %11,09 oranı ile Chironomidae familyasının bireyleri takip etmektedir.

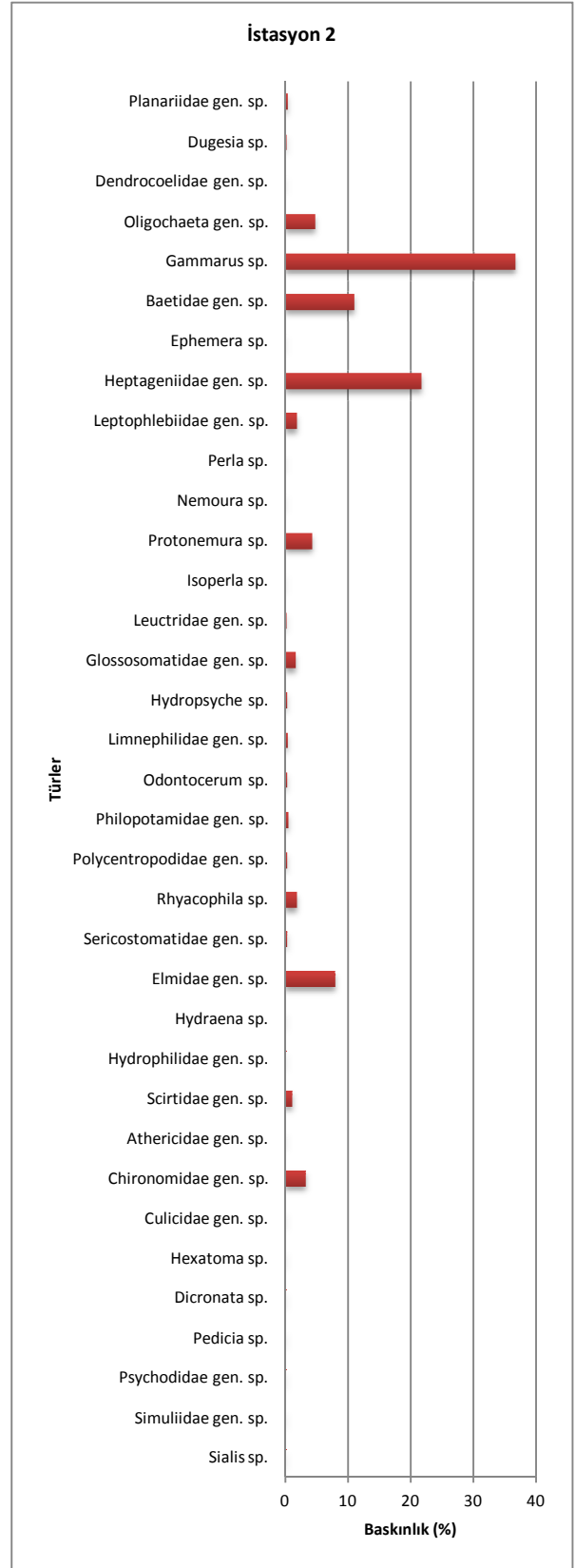
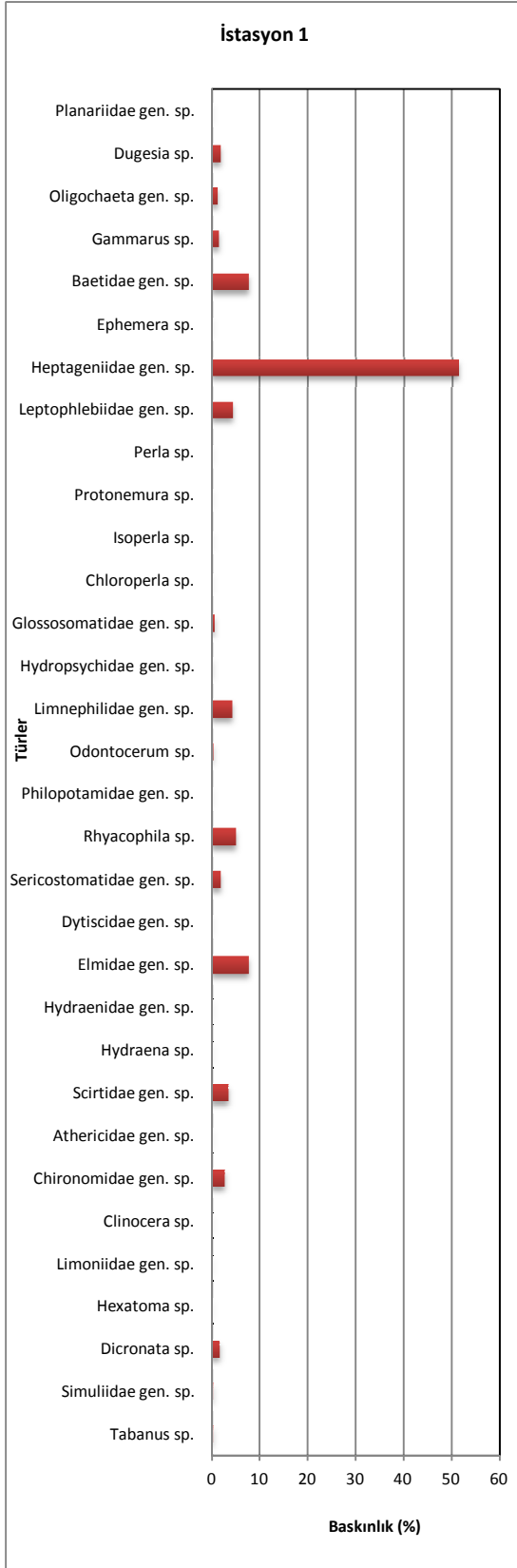
İst 7'nin en baskın grubu %51,27 ile Chironomidae familyasına ait bireylerdir. Bunu %12,10 oranı ile Heptageniidae gen. sp. ve %10,78 oranı ile Baetidae gen. sp. takip etmektedir.

İst 8'de en yüksek miktarda bulunan organizma %41,37 ile Heptageniidae gen. sp.'dir. Bunu Chironomidae gen. sp. (%17,35 ) ve Baetidae gen. sp. (%16,50) takip etmektedir.

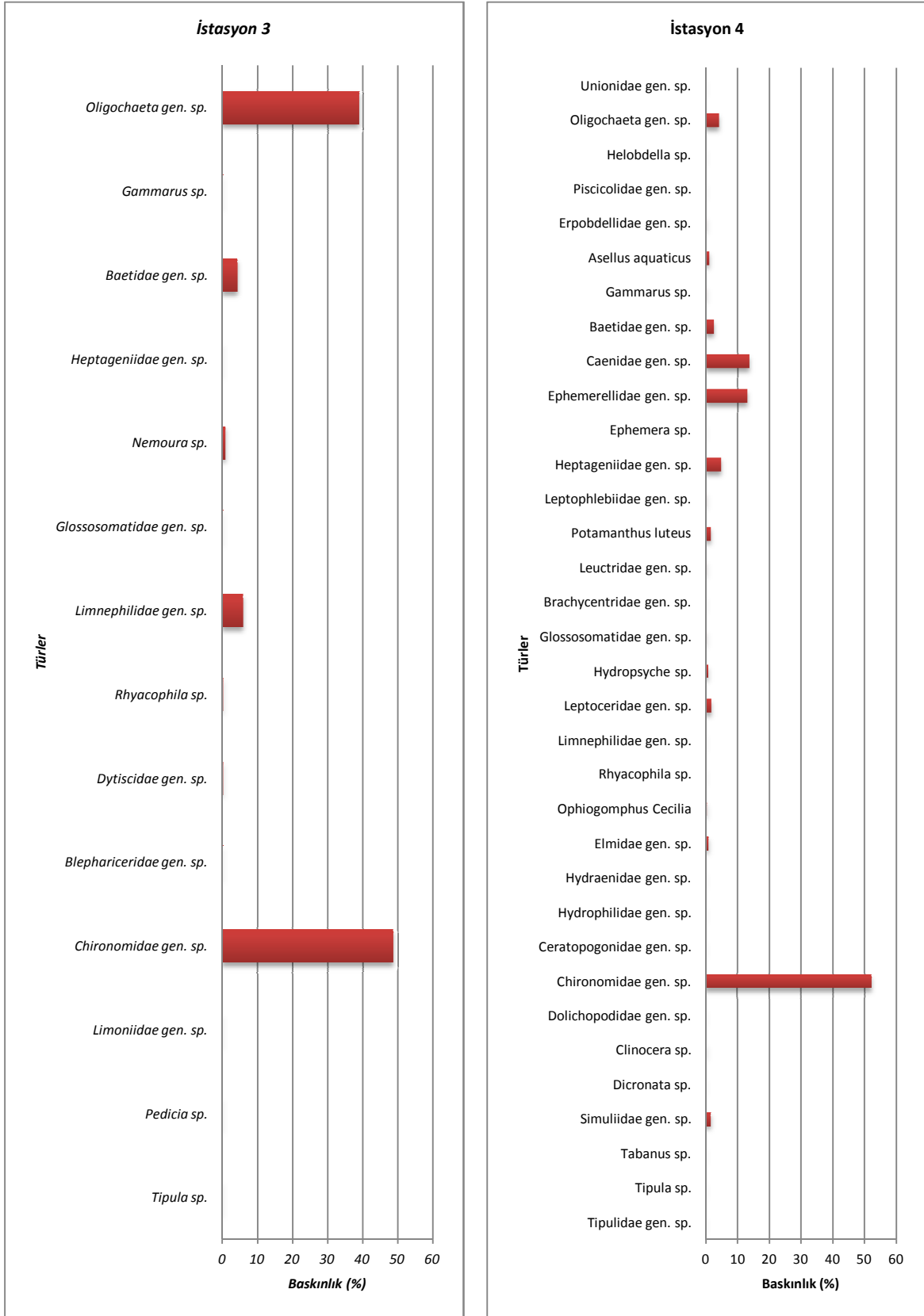
İst 9'un en baskın grubu Ephemerellidae gen. sp. (%18,27)'dir. Bunu Heptageniidae gen. sp. (%15,54) takip etmektedir. Baskınlık oranları birbirine çok yakın olan Beatidae gen. sp. (%11,17) ve Chironomidae gen. sp. (%11,15) bu iki grubun üyelerinin ardından gelmektedir.

İst 10'da Ephemerellidae familyasına ait bireyler %38,54 ile en yüksek oranda temsil edilirken bunu %15,63 ile Oligochaeta sınıfının üyeleri izlemektedir. Bunları % 11,76 oranı ile Chironomidae familyasının bireyleri takip etmektedir.

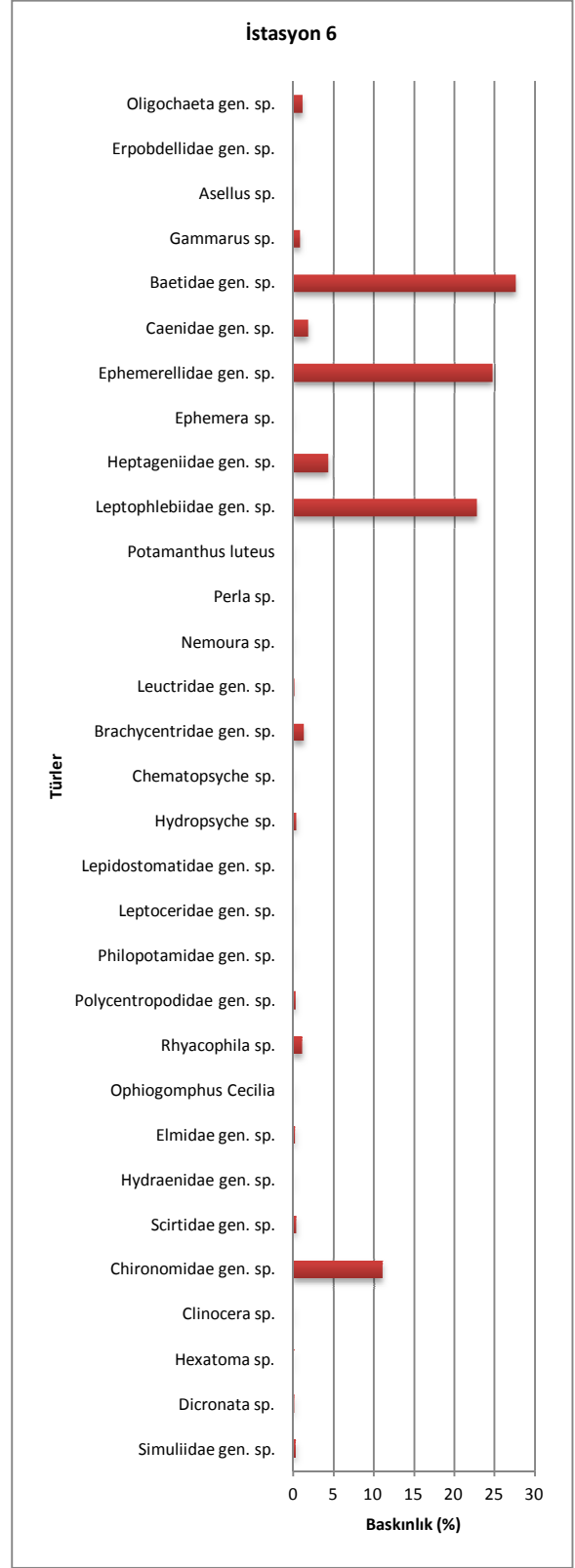
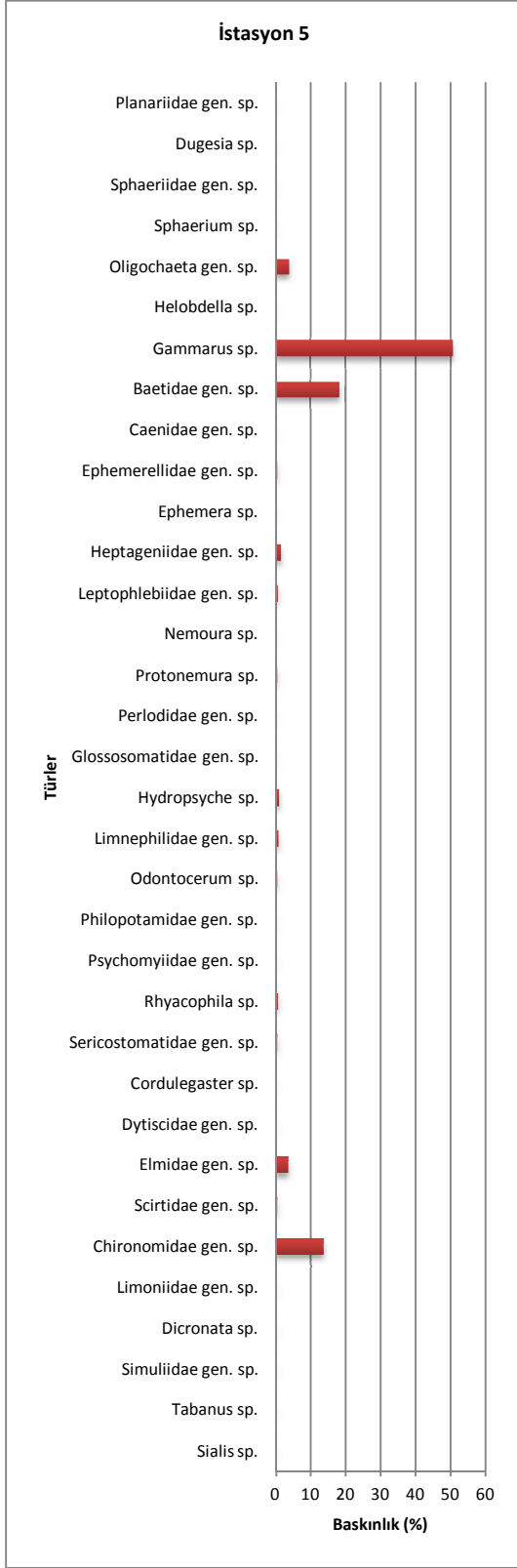
İst 11'de Gammarus sp. (%48,27) en fazla miktarda temsil edilen organizmadır. Bunu Ephemerellidae gen. sp. (%12,37) ve Heptageniidae gen. sp. (%9,86) takip etmektedir.



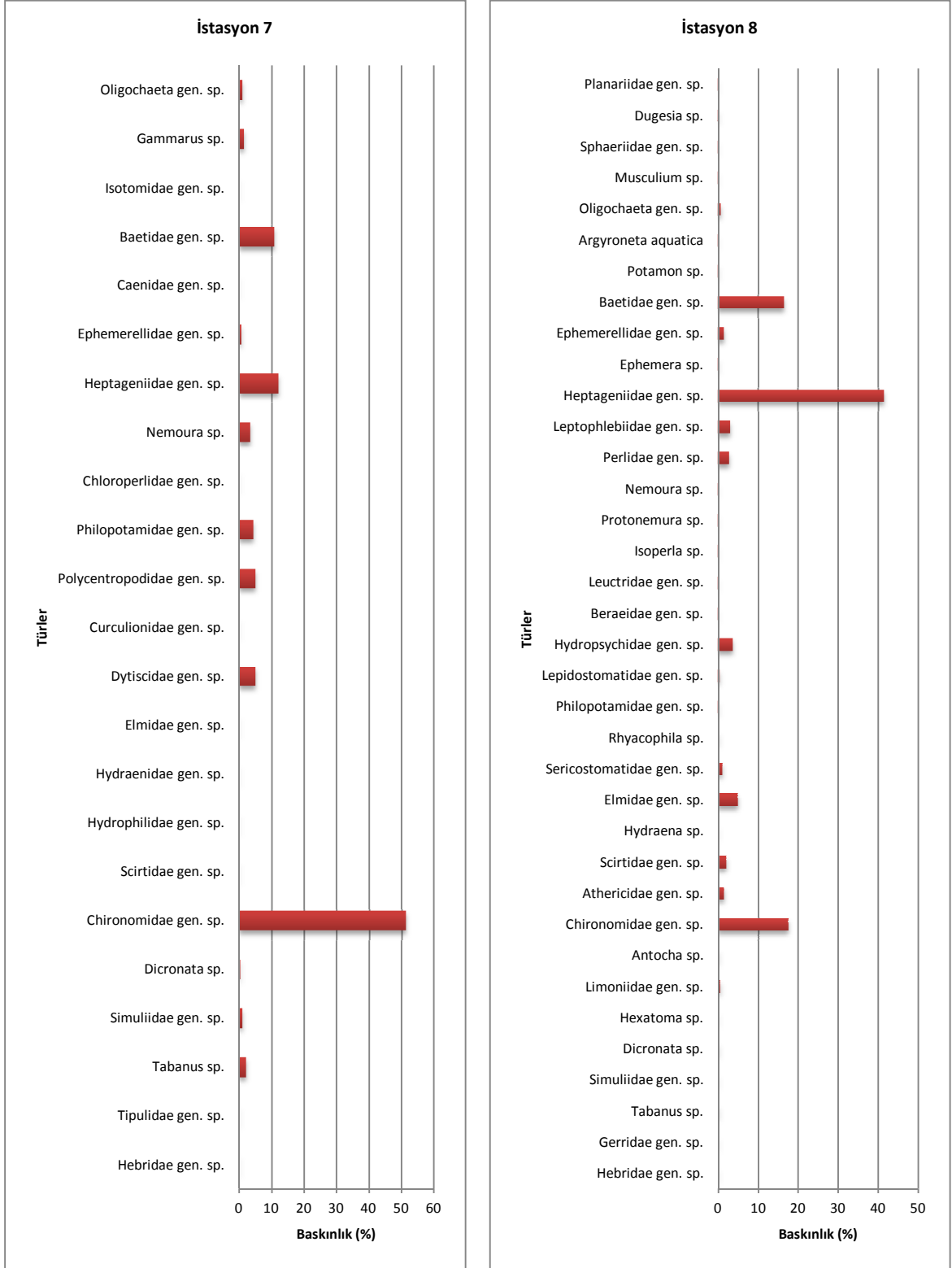
Şekil 3.14 İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%)



Şekil 3.14. İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) (devam)

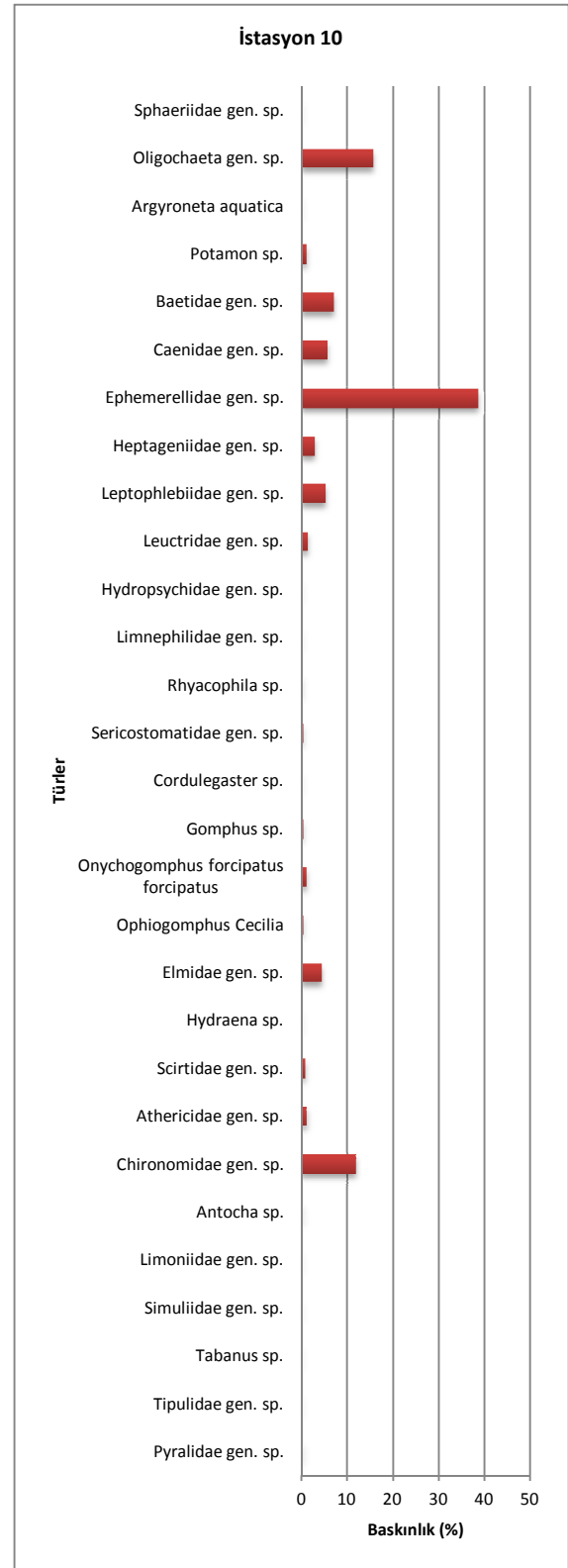
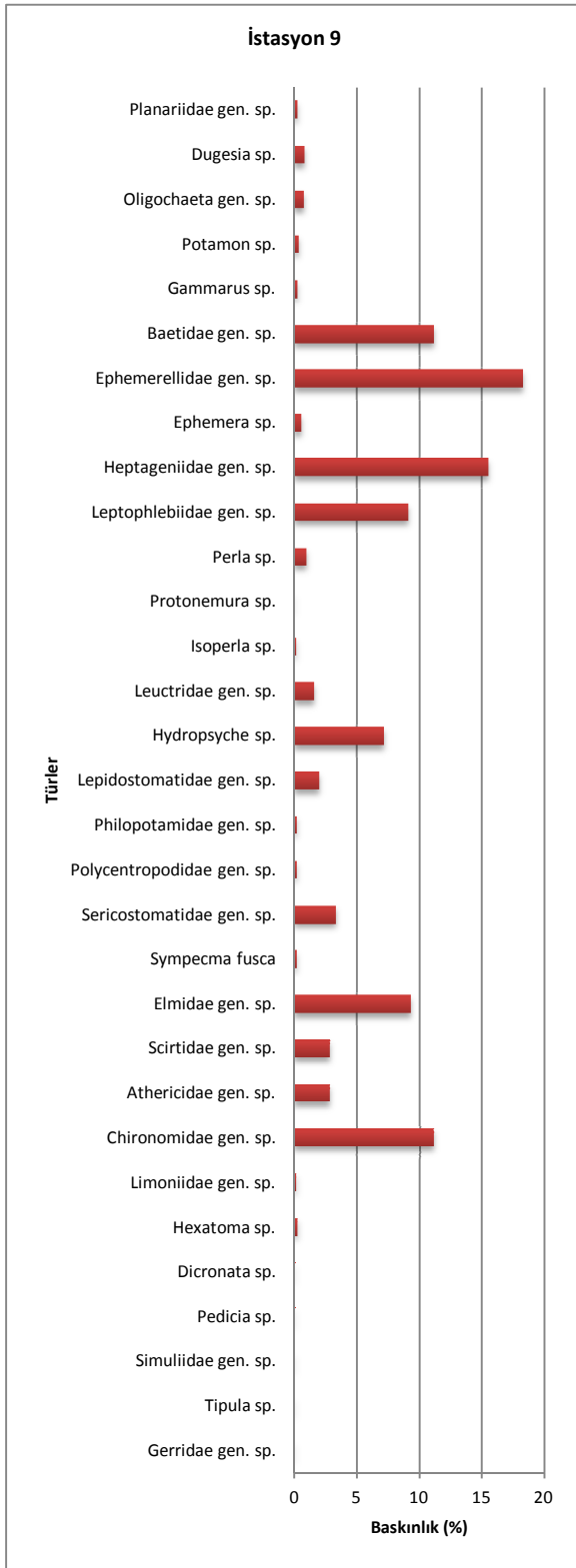


Şekil 3.14. İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) (devam)

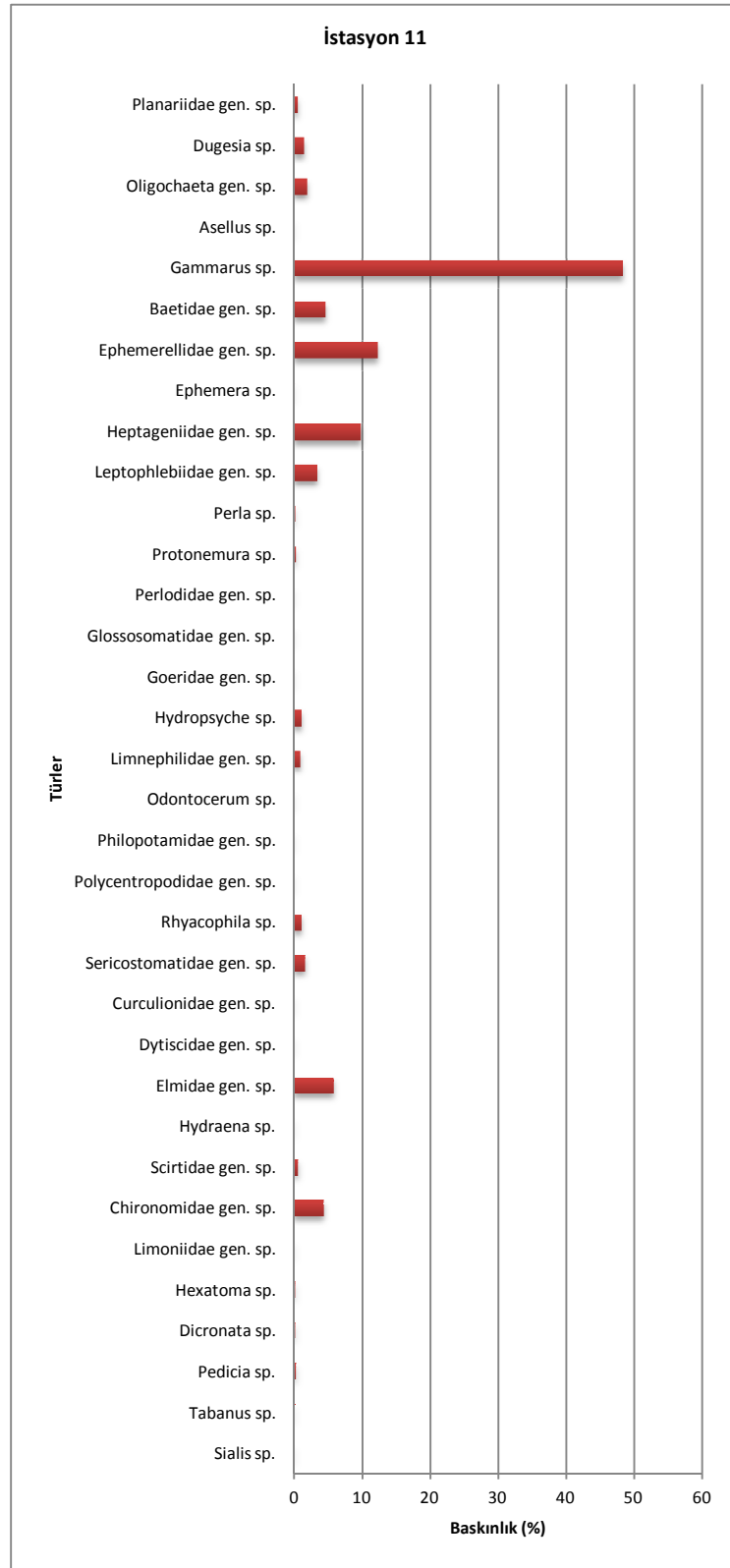


Şekil 3.14. İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) (devam)





Şekil 3.14. İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) (devam)



Şekil 3.14. İstasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız örneklerinin istasyonlara göre baskınlık analizleri (%) (devam)

### 3.4.2. Benzerlik Analizleri

Taban büyük omurgasız örneklerinin toplandığı 11 istasyonun benzerlik analizleri yapılmış ve Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre istasyonlar arasındaki en çok benzerlik, 0,63 değeri ile İst 1 ve İst 11 arasındadır. Bunu, İst 5 ve İst 11 (0,62), İst 2 ve İst 11 (0,60), ve İst 1 ve İst 2 (0,58) takip etmektedir. 0,56 değeri ile İst 1 ve İst 5 ve aynı değere sahip İst 8 ve İst 9 birbirlerine yakın benzerlik göstermektedir. Bunları, 0,55 değeri ile İst 4 ve İst 6 arasındaki benzerlik gelmektedir.

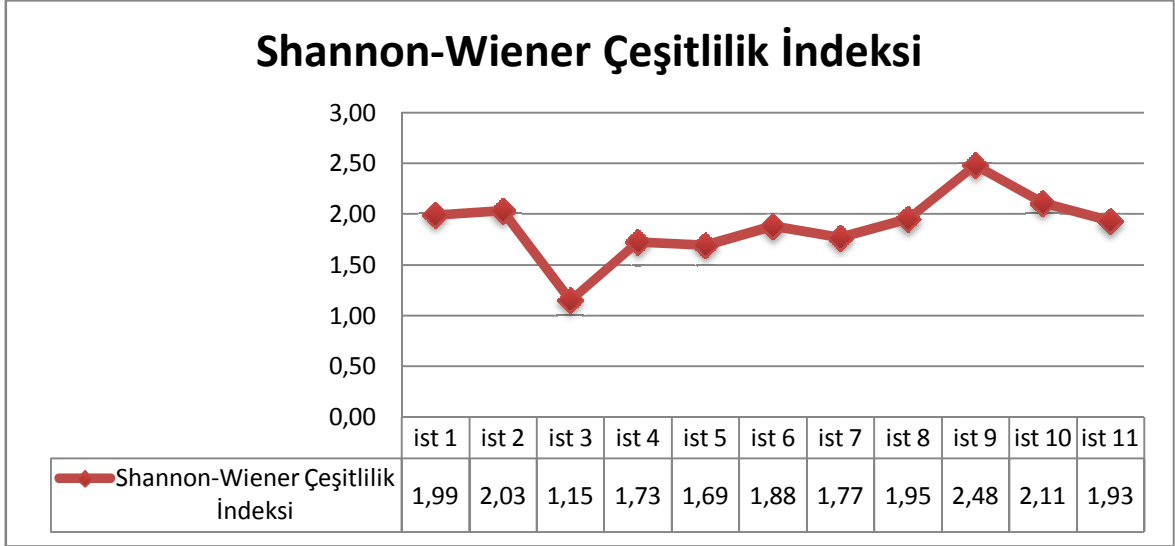
Çizelge 3.5 Bolu ilindeki bazı akarsulardan toplanan taban büyük omurgasız toplulukları kullanılarak hesaplanan istasyonlar arasındaki benzerlik analizleri

|        | İst 1       | İst 2       | İst 3    | İst 4       | İst 5       | İst 6    | İst 7    | İst 8       | İst 9    | İst 10   | İst 11   |
|--------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| İst 1  | <b>1</b>    |             |          |             |             |          |          |             |          |          |          |
| İst 2  | <b>0,58</b> | <b>1</b>    |          |             |             |          |          |             |          |          |          |
| İst 3  | 0,27        | 0,26        | <b>1</b> |             |             |          |          |             |          |          |          |
| İst 4  | 0,34        | 0,30        | 0,23     | <b>1</b>    |             |          |          |             |          |          |          |
| İst 5  | <b>0,56</b> | 0,50        | 0,30     | 0,36        | <b>1</b>    |          |          |             |          |          |          |
| İst 6  | 0,39        | 0,40        | 0,18     | <b>0,55</b> | 0,35        | <b>1</b> |          |             |          |          |          |
| İst 7  | 0,33        | 0,29        | 0,23     | 0,30        | 0,36        | 0,38     | <b>1</b> |             |          |          |          |
| İst 8  | 0,53        | 0,45        | 0,16     | 0,23        | 0,43        | 0,34     | 0,28     | <b>1</b>    |          |          |          |
| İst 9  | 0,52        | 0,53        | 0,22     | 0,30        | 0,41        | 0,44     | 0,29     | <b>0,56</b> | <b>1</b> |          |          |
| İst 10 | 0,38        | 0,28        | 0,19     | 0,29        | 0,37        | 0,28     | 0,27     | 0,48        | 0,30     | <b>1</b> |          |
| İst 11 | <b>0,63</b> | <b>0,60</b> | 0,30     | 0,31        | <b>0,62</b> | 0,38     | 0,33     | 0,40        | 0,51     | 0,29     | <b>1</b> |

### 3.4.3. Çeşitlilik Analizleri

#### 3.4.3.1. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi

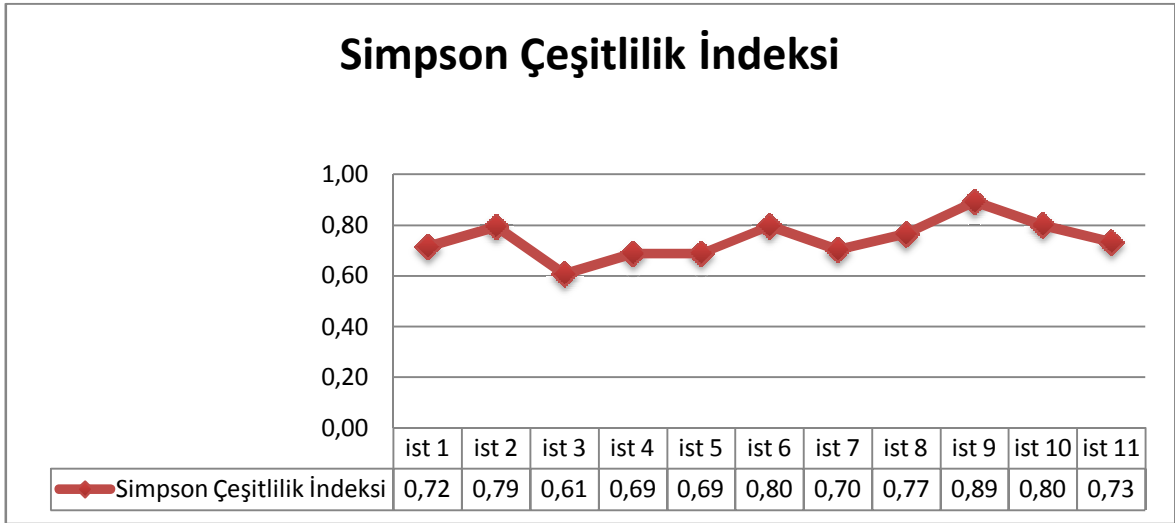
Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi'nin sonuçları 1,15 ve 2,48 arasında değişmektedir (Şekil 3.15). Bu indeksin sonuçlarına göre en fazla çeşitlilik İst 9'da en az çeşitlilik ise İst 3'tedir.



Şekil 3.15 İstasyonların Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi değerleri

#### 3.4.3.2. Simpson Çeşitlilik İndeksi

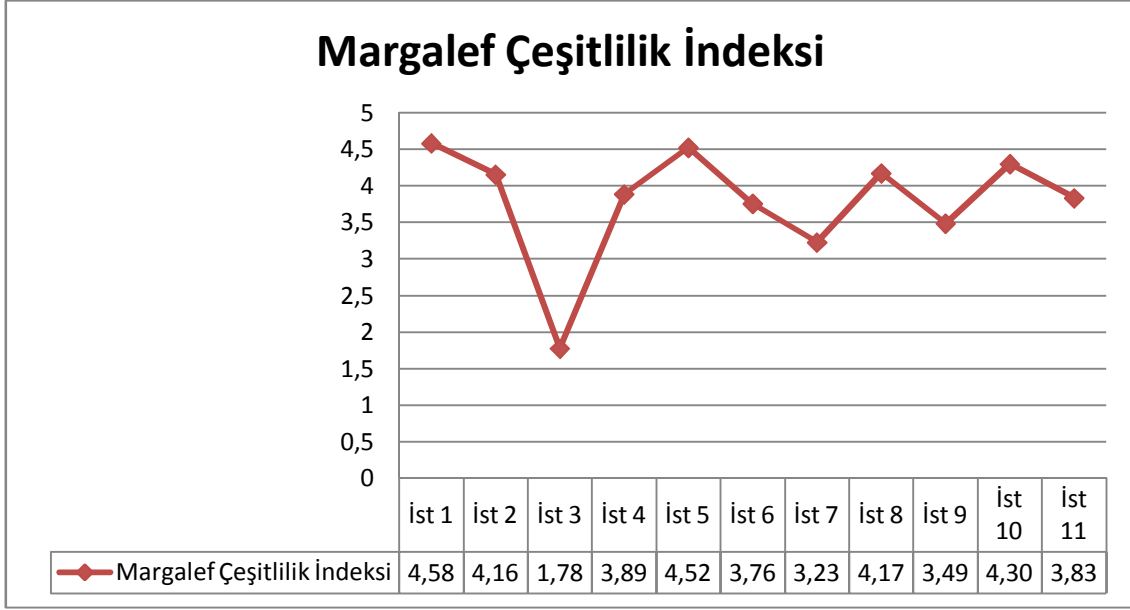
Simpson Çeşitlilik İndeksi'nin sonuçları 0,61 ila 0,89 değerleri arasında değişmektedir (Şekil 3.16). En yüksek çeşitlilik indeksi değeri İst 9'a en düşük çeşitlilik indeksi değeri ise İst 3'e aittir.



Şekil 3.16 İstasyonların Simpson Çeşitlilik İndeksi değerleri

#### 3.4.3.3. Margalef Çeşitlilik İndeksi

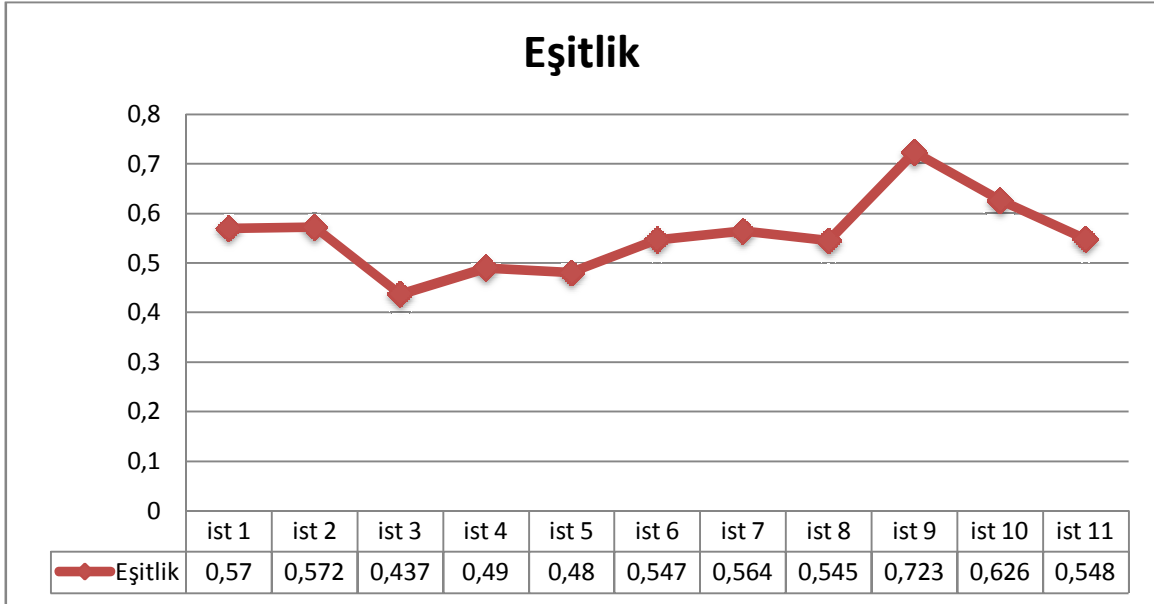
Margalef Çeşitlilik İndeksi'ne göre çeşitlilik indeksi 1,78 ila 4,58 değerleri arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.17). İstasyonlar arasında en fazla çeşitliliğe İst 1 sahipken, en az çeşitliliğe ise İst 3 sahiptir.



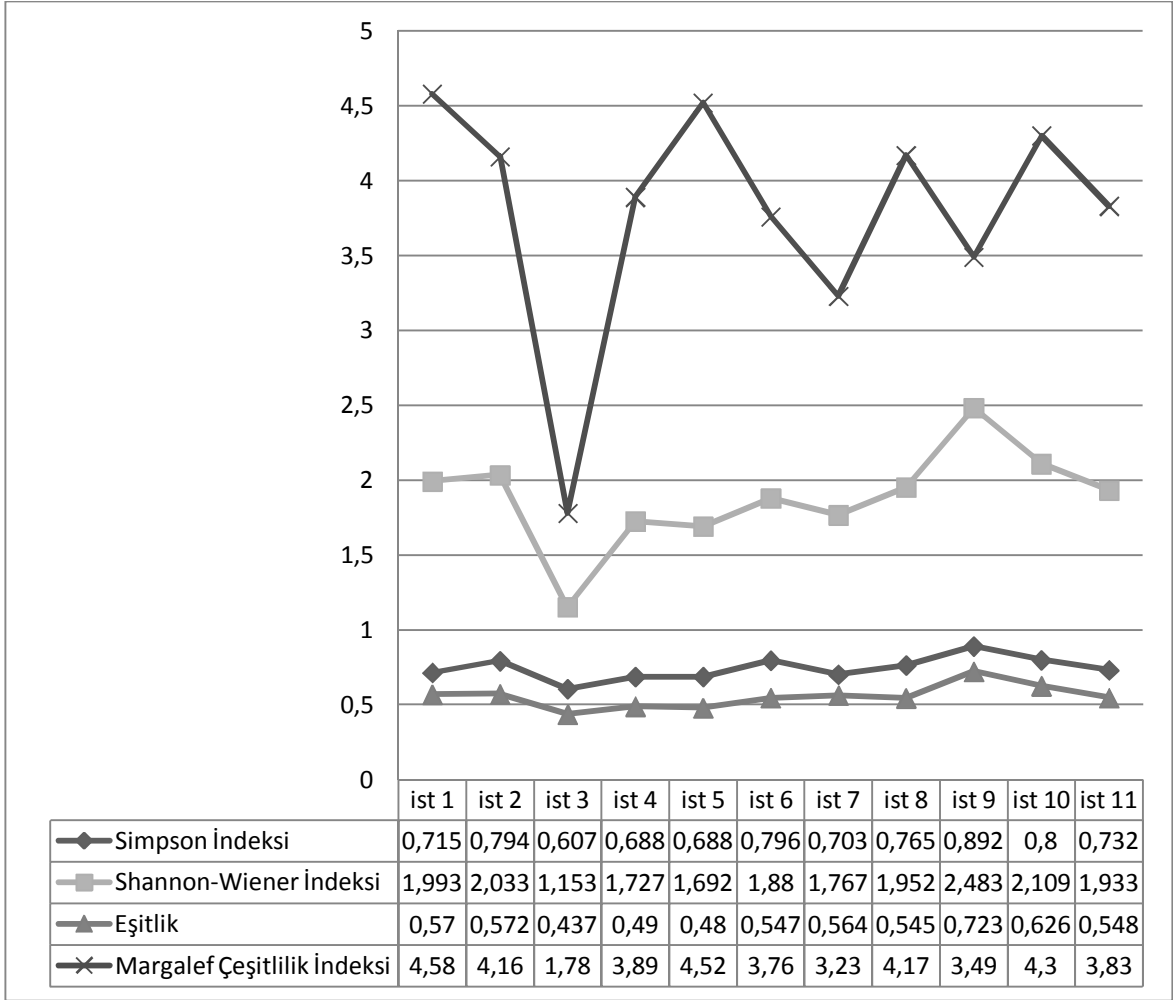
Şekil 3.17 İstasyonların Margalef Çeşitlilik İndeksi değerleri

#### 3.3.4. Pielou Eşitlik İndeksi

Pielou Eşitlik İndeksi sonucuna göre, istasyonların indeks değerleri 0,44 ve 0,72 arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.18). En düşük çeşitlilik indeksi değeri İst 3'e en yüksek çeşitlilik indeksi değeri ise İst 9'a aittir. Şekil 3.19'de çeşitlilik indeksleri ve eşitlik indeksi analizlerinin sonuçları gösterilmektedir.



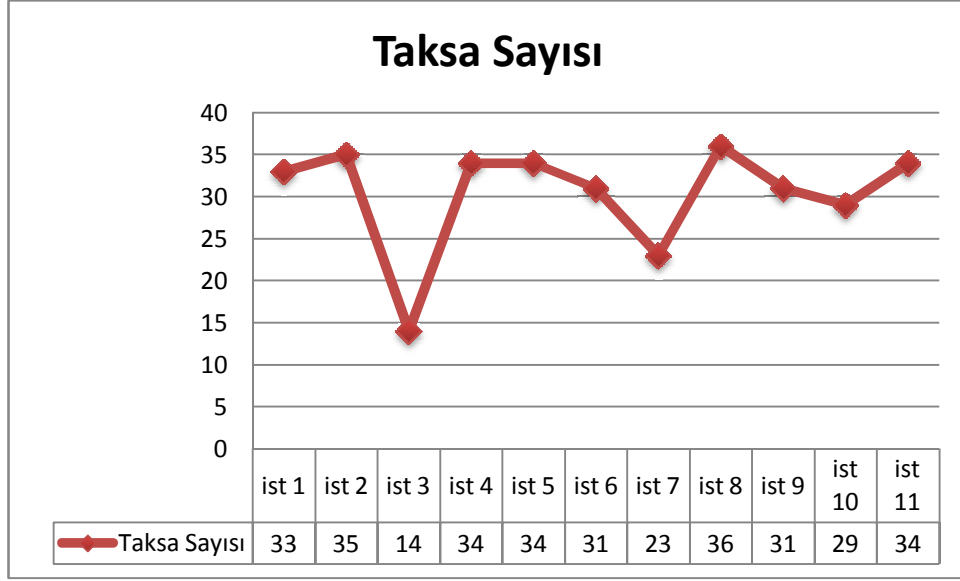
Şekil 3.18 İstasyonların Pielou Eşitlik İndeksi değerleri



Şekil 3.19 Çeşitlilik indeksleri ve eşitlik indeksi analizleri sonuçları

### 3.3.5. Taksa Sayısı

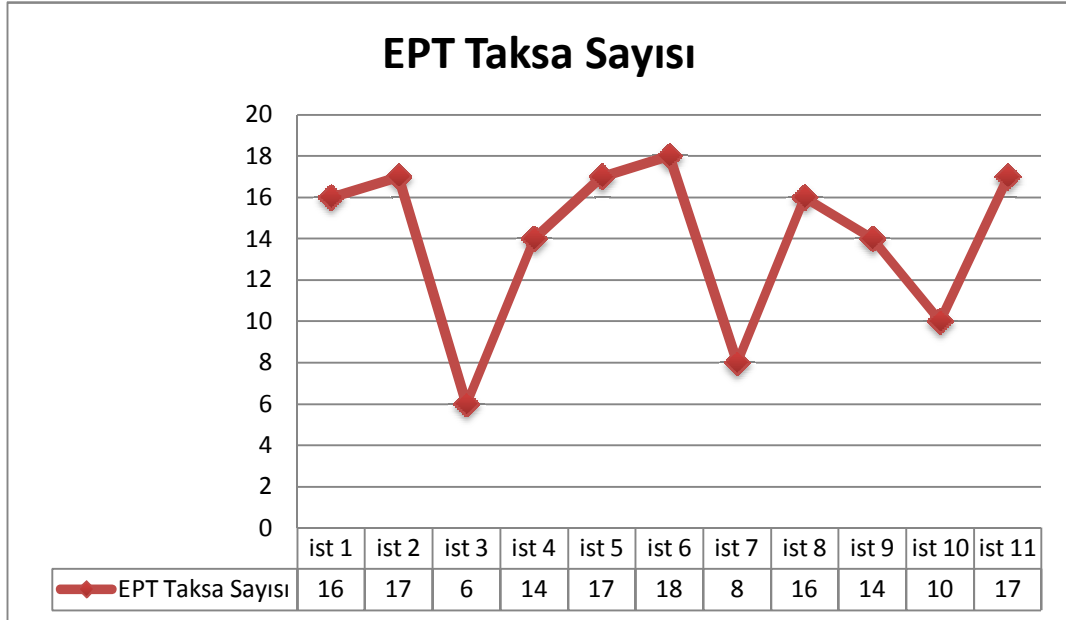
İstasyonlarda bulunan taksa sayıları 14 ve 36 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek taksa sayısı İst 8'de en düşük taksa sayısı ise İst 3'de görülmektedir (Şekil 3.20)



Şekil 3.20 İstasyonların taksa sayısı değerleri

### 3.3.6. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Taksa Sayısı

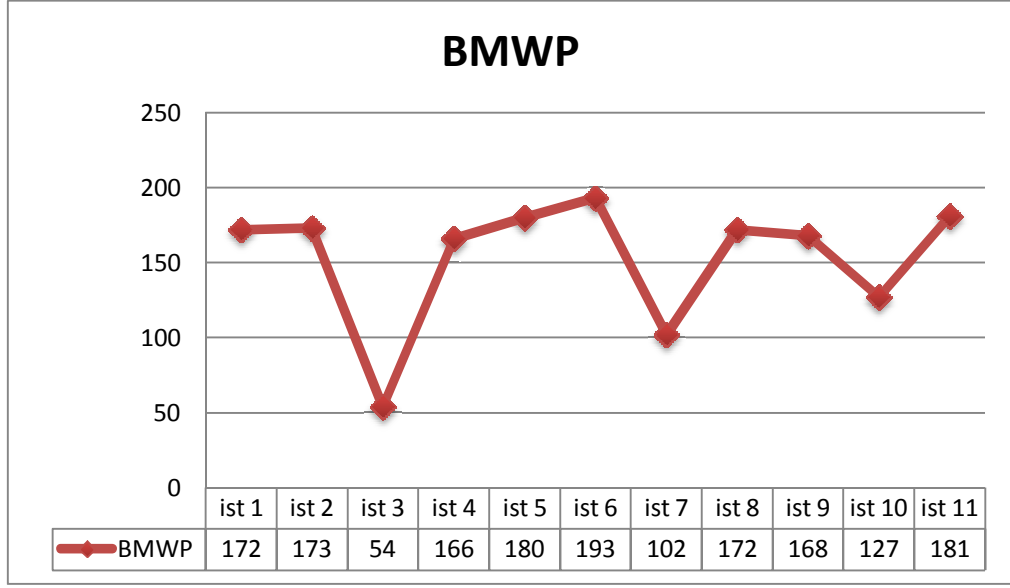
İstasyonlarda bulunan EPT taksa sayısı 6 ila 18 arasında değişiklik göstermektedir. İst 3 en düşük EPT taksa sayısına sahipken, İst 6 en yüksek EPT taksa sayısına sahiptir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 İstasyonların EPT taksa sayısı değerleri

### 3.3.7. BMWP

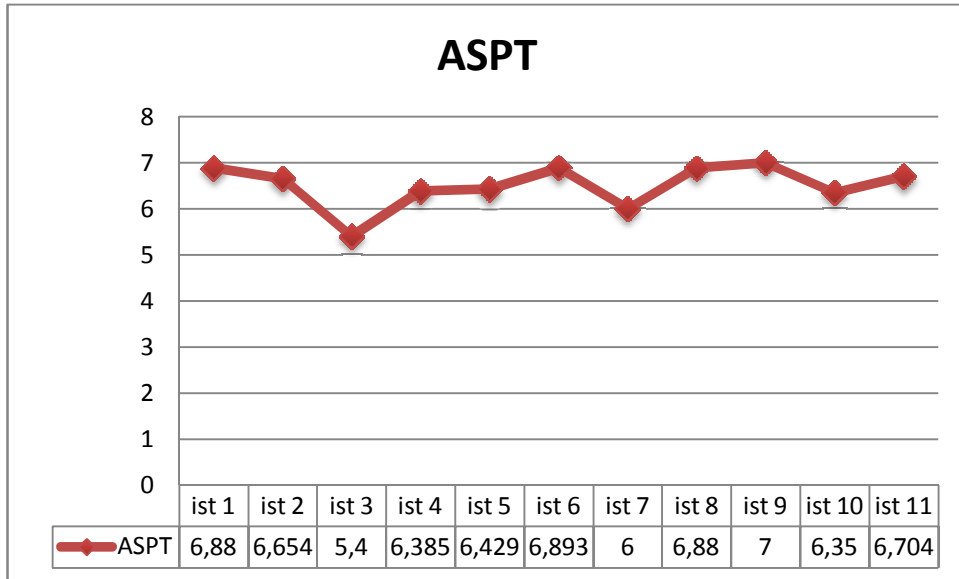
BMWP değerleri 54 ila 193 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek BMWP değeri İst 6'ya, en düşük BMWP değeri ise İst 3'e aittir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 İstasyonların BMWP sayısı değerleri

### 3.3.8. ASPT

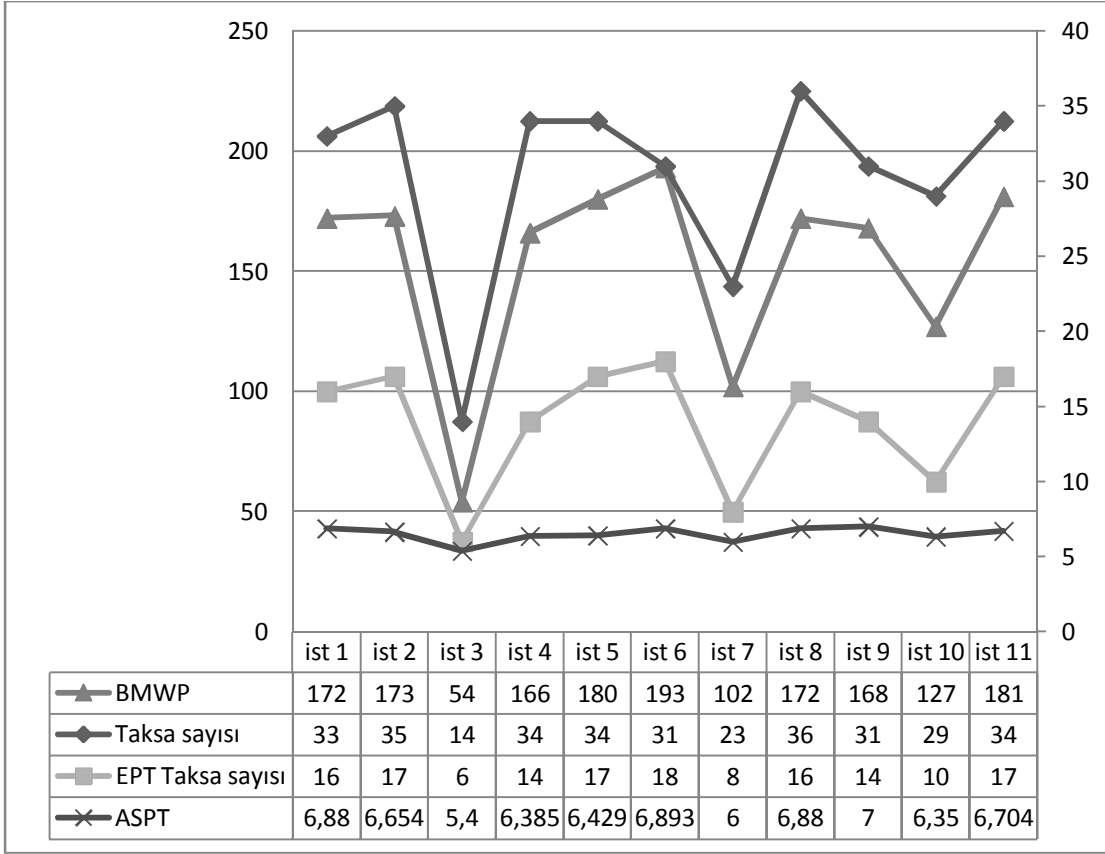
ASPT değerleri 5,40 ve 7 arasında değişiklik göstermektedir. En düşük değer İst 3'de en yüksek değer ise İst 9'de gözlemlenmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 İstasyonların ASPT sayısı değerleri

İstasyonlardaki Taksa Sayısı, EPT Taksa Sayısı, BMWP ve ASPT değerleri Şekil 3.24'de gösterilmektedir.





Şekil 3.24 İstasyonların BMWP, taksa sayısı, EPT taksa sayısı ve ASPT değerleri

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bolu ili içerisindeki bazı akarsular üzerinde seçilen istasyonların fiziko-kimyasal değerleri ölçülerek, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin [59] kriterlerine göre istasyonların su kalite sınıfları belirlenmiştir. İstasyondan örneklenen taban büyük omurgasız faunası teşhis edilmiş ve elde edilen sonuçların çeşitli indeksler ve ASTERICS [48] programı kullanılarak analizleri yapılmıştır. İstasyonlar için değerlendirilen hem fiziko-kimyasal hem de biyolojik veriler, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kriterlerine [10] göre yorumlanmıştır. Böylece seçilen istasyonların limnolojik yönden analizleri değerlendirilip, ekolojik durumları belirtilmiştir.

Seçilen istasyonların arazi çalışması sırasında ölçülen fiziko-kimyasal değişkenleri sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu ve sülfat değerleridir. Elektriksel iletkenlik değişkeni Su Kontrol Yönetmeliği kriterlerinde yer almamıştır. Fakat su kalitesi çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir değişkendir.

Birinci istasyon ölçülen fiziko-kimyasal değişkenler açısından, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesindedir. İstasyonlar arasında en düşük sıcaklığa (3,42°C) sahiptir. pH'sı 7,29'dir. Çözünmüş oksijen miktarı 11,8 mg/l ile beklenildiği gibi düşük sıcaklığıyla ters orantılı bir şekilde oldukça yüksek bir değere sahip olan bu istasyonun özgül elektriksel iletkenliği 46 µS/cm olarak ölçülmüştür. Nitrit azotu (0,0006 mg/l), nitrat azotu (0,0679 mg/l), amonyum azotu (0,016 mg/l) ve sülfat (3 mg/l) değerleri tespit edilmiştir. Girgin ve Kazancı [66]'ya göre, temiz sularda nitrit azotu bulunmaz ya da çok az düzeyde bulunur. Belirtildiği gibi tüm değişkenler açısından I. sınıf su kalitesi özelliğine uymaktadır. İstasyonun bulunduğu konum itibarıyla insan etkisinden uzakta olması bu özelliklere uymasında en önemli etkidir.

İstasyonlar arasında en düşük sülfat değerine (0 mg/l) sahip olan ist 2, pH (7,08), sıcaklık (3,98°C), nitrit azotu (0,0006 mg/l), nitrat azotu(0,0452 mg/l) ve amonyum azotu (0,155 mg/l) değerleri açısından incelendiğinde, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesine sahip olduğunu görmekteyiz. Özgül elektriksel iletkenliği 39 µS/cm olarak ölçülmüştür. Birinci istasyona çok yakın bir konumda bulunan bu istasyonun, tüm değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Ancak

amonyum değerinde biraz artış gözlemlenmiştir. Bu da pH'ın bir önceki istasyona göre biraz düşük çıkmasıyla açıklanabilir. Yinede amonyum açısından da I. sınıf su kalitesi aralığında yer almaktadır.

Nitrit azotu (0,0049 mg/l) değişkeni açısından tüm istasyonlar arasında en yüksek değere sahip olan İst 3, sıcaklık (3,7°C), znmş oksijen (10,94 mg/l), pH (7,27), özgül elektriksel iletkenlik (73  $\mu$ S/cm), nitrat azotu ve sülfat değişkenlerine göre I.sınıf su kalitesindedir. Sadece amonyum azotu değeri ve nitrit azotu açısından I. ve II. Sınıf su kalitesi özellikleri arasındadır fakat bu değerler I. sınıf su kalitesi değerine çok yakındır. İstasyon Kartalkaya Kayak tesislerine oldukça yakın bir konumdadır. Turistik faaliyetler sonucunda oluşan atıkların kısmi olarak akarsuya karışması nedeniyle, amonyum miktarı ve nitrit azotu önceki istasyonlarla karşılaştırıldığında az da olsa yüksek çıkmıştır. Bu faaliyetler sonucu oluşan atıkların akarsuya ulaşması engellenebilirse, istasyon tamamen I. sınıf su kalitesi özelliklerine uygun olabilir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin kriterlerine göre I. ve II. sınıf arası su kalitesine sahiptir. Hafif kirlilik düzeyine sahip olan bu istasyon kısmen referans habitat özelliği taşımaktadır.

Dördüncü istasyon, birçok fiziko-kimyasal değişkenler açısından, tüm istasyonlar arasında en yüksek değerlere sahiptir. Bunlar, sıcaklık (9,86°C), znmş oksijen değeri (14,02 mg/l), pH (8,73) ve sülfat (240 mg/l)'dir. Nitrit azotu, nitrat azotu ve amonyum azotu değerleri, sırasıyla; 0,0003 mg/l, 0,0452 mg/l ve 0,155 mg/l'dir. Özgül elektriksel iletkenliği 84  $\mu$ S/cm'dir. pH ve sülfat değişkenleri açısından Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. ve II. sınıflar arası su kalitesi özelliği taşımaktadır. Diğer tüm değişkenleri I. sınıf su kalitesi özelliklerine uygundur. İstasyon, iki yayla arasından geçen Sarıalan Deresi üzerinde bulunmaktadır. Buradaki insanların tarım ve hayvancılık faaliyetlerinde buldukları gözlemlenmiştir. Sülfat doğal sularda bitki büyümesi, biyolojik verimlilik, protein metabolizması gibi olaylarda etkili olmakta, sülfat eksikliği alg gelişimini engellemekte ve bitki büyümesini yavaşlatmaktadır [67]. Tarımsal faaliyetlerin, çeşitli endüstriyel atıkların, evsel atıkların ve deniz suyu etkisinin tatlı sularda sülfat değerlerini arttırdığı belirtilmektedir [68, 69, 70, 71]. Bu istasyonla ilgili bir diğer önemli durum ise, ileride bu bölgeye yapılacak olan barajdır. Barajın yapılmasıyla birlikte bu istasyonun bulunduğu evre sular altında kalacaktır.

Beşinci istasyon, ölçülen pH (7,18), sıcaklık (4,58°C), çözülmüş oksijen değeri(11,14 mg/l), nitrit azotu(0,0009 mg/l), nitrat azotu (0,1131 mg/l) ve sülfat (29 mg/l) değişkenleri açısından, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesi özelliklerine sahiptir. Özgül iletkenlik değeri ise 62  $\mu$ S/cm'dir. Sadece amonyum azotu değeri açısından I. - II. sınıf arası bir kalitedeki su özelliğine uymaktadır. Ancak bu değer de, I. sınıf su kalitesi değerlerine oldukça yakındır. İstasyon alabalık tesisinin hemen öncesinde bulunmaktadır. Bu tesisin faaliyetleri sonucu, akarsuya kısmen de olsa bazı atıklar ulaşmış olabilir. Bu yüzden amonyum azotu açısından I. ve II. sınıf arası su kalitesine sahiptir. Hafif kirlilik düzeyinde olan bu istasyon kısmen de olsa referans habitat özelliği taşımaktadır.

Altıncı istasyon ölçülen fiziko-kimyasal değişkenlerine göre, 8,3°C sıcaklık, 7,76 pH değeri ve 77  $\mu$ S/cm özgül iletkenlik değerlerine sahiptir. Tüm istasyonlar arasında en düşük çözülmüş oksijen değerine sahip olan bu istasyonun, nitrit azotu miktarı neredeyse 0 mg/l, nitrat azotu değeri 0,1584 mg/l'dir ve bu değer tüm istasyonlar arasında en yüksek ölçümlerdendir. Çevresel koşulların etkisi ile özellikle sel zamanlarında ve organik kirlenmenin olduğu dönemlerde, kanalizasyon sularının karışması durumunda nitrat derişimi yükselmektedir [72, 68]. Sülfat değeri 21 mg/l'dir. Tüm bu değişkinler açısından I. sınıf su kalitesi özelliklerine sahiptir. Ancak amonyum azotu açısından, tüm istasyonlardaki en yüksek değerlerden birine (0,543 mg/l) sahip olarak, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. ve II. sınıf arası su kalitesi özelliklerini taşımaktadır. İstasyon alabalık tesisinin hemen sonrasında bulunmaktadır. Bu tesisin kanalizasyonunun akarsuya karışması sonucunda tüm istasyonlar arasında nitrat değeri en yüksek değere ulaşmış olabilir.

Yedinci istasyonda, tüm istasyonlar arasında en düşük pH değeri (6,5) ölçülmüştür. 5,44°C sıcaklık, 10,45 mg/l çözülmüş oksijen değerine, 53  $\mu$ S/cm özgül elektriksel iletkenlik değerine, 0,0015 mg/l nitrit azotu, 0,0905 mg/l nitrat azotu ve 7 mg/l sülfat değerlerine sahiptir. Bu değişkenler açısından, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesi özelliklerine uymaktadır. Amonyum azotu açısından ise, I. ve II. sınıf arası su kalitesi özelliklerini yansıtmaktadır. Ancak bu değer I. sınıf su kalitesi değerine çok yakındır.

İstasyon sekizin ölçülen sıcaklık değeri 4,27°C, çözülmüş oksijen değeri 11,89 mg/l, pH değeri 7,34 ve özgül elektriksel iletkenlik değeri ise 58  $\mu$ S/cm'dir. Nitrat

azotu değeri 0,1584 mg/l ve amonyum azotu değeri 0,543 mg/l ile tüm istasyonlar arasında en yüksek değerlere sahip iki istasyondan biridir. Sülfat değeri (1 mg/l) tüm istasyonlar arasında en düşük ikinci değere sahip olan bu istasyonun nitrit azaotu değeri ise 0,0012 mg/l'dir. Sadece amonyum azotu açısından, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. ve II. sınıf arası su kalitesine sahipken, diğer tüm değişkenler açısından I. sınıf su kalitesine sahiptir.

İstasyon dokuzun ölçülen fiziko-kimyasal değerlere göre, sıcaklık değeri 5,61°C, pH değeri 7,36, çözünmüş oksijen değeri 11,12 mg/l ve özgül elektriksel iletkenlik değeri 66 µS/cm'dir. Amonyum değeri 0,233 mg/l ile I. ve II. sınıf arası su kalitesinde yer almakla beraber, amonyum azotu açısından I. sınıf su kalitesi sınırına (0,2 mg/l) oldukça yakındır. Bu yüzden dönemsel farklılıklarda göz önüne alınırsa, amonyum azotu açısından da I. sınıf su kalitesi özelliğine sahip diyebiliriz. Nitrit azotu değeri 0,0018 mg/l, nitrat azotu değeri 0,0679 mg/l ve sülfat değeri 15 mg/l'dir. Tüm bu değişkenler açısından, bu istasyon Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesindedir.

Onuncu istasyonun ölçülen fiziko-kimyasal değişkenleri açısından Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre tamamen I. sınıf su kalitesindedir. Referans habitat özelliği taşımaktadır. Nitrit azotu değeri neredeyse 0 mg/l'dir. Diğer fiziko-kimyasal değişkenleri ise, sıcaklık 7,79°C, pH 7,9, çözünmüş oksijen değeri 11,01 mg/l, nitrat azotu 0,0226 mg/l, amonyum azotu 0,078 mg/l ve sülfat 24 mg/l olarak ölçülmüştür. Özgül iletkenlik değeri ise 116 µS/cm'dir.

On birinci istasyon, fiziko-kimyasal değişkenler açısından dokuzuncu istasyona benzerlik göstermektedir. Sadece amonyum azotu değeri, I. ve II. sınıf arası su kalitesinde yer almakla birlikte, 0,233 mg/l ile I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İstasyonun ölçülen sıcaklık değeri 3,93°C, pH'ı 7,26, çözünmüş oksijen değeri 12,1 mg/l, nitrit azotu 0,0009 mg/l, nitrat azotu 0,0679 mg/l ve sülfat değeri 11 mg/l'dir. Özgül iletkenlik değeri ise 63 µS/cm'dir. Tüm bu değişkenlere göre bu istasyon I. sınıf su kalitesine sahiptir.

Fiziko-kimyasal değişkenler açısından istasyonların Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre [59] kalite sınıfları Çizelge 4.1.'de ki gibidir. I ila II. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenen istasyonların sadece bir ya da iki değişkeninin I.

sınıf su kalitesi sınırını çok az geçmeleri sebebiyle I ila II. sınıf su kalitesi sınıfında yer aldıklarını belirtmeliyiz.

Çizelge 4.1 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre istasyonların sahip olduğu su kalitesi sınıfları

| İst 1 | İst 2 | İst 3  | İst 4  | İst 5  | İst 6  | İst 7  | İst 8  | İst 9 | İst 10 | İst 11 |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| I     | I     | I – II | I – II | I – II | I – II | I – II | I – II | I     | I      | I      |

Taban büyük omurgasız örneklerinin toplandığı 11 istasyonun benzerlik analizleri yapılmış ve Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre istasyonlar arasındaki en çok benzerlik, 0,63 değeri ile İst 1 ve İst 11 arasındadır. Bunu, İst 5 ve İst 11 (0,62), İst 2 ve İst 11 (0,60), İst 1 ve İst 2 (0,58) takip etmektedir. 0,56 değeri ile İst 1 ve İst 5 ve aynı değere sahip İst 8 ve İst 9 birbirlerine yakın benzerlik göstermektedir. Bunları, 0,55 değeri ile İst 4 ve İst 6 arasındaki benzerlik gelmektedir.

SÇD Sistem A'ya göre, benzer bir şekilde, silisli jeolojiye ve yüksek rakıma (1659 m. ; 1361 m.) sahip olan İst 1 ve İst 11 akarsuyun epirhitron bölgesinde bulunmaktadır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, İst 1 I.sınıf su kalitesine sahiptir. İst 11 ise I ila II. sınıf su kalitesine sahip olup, I. sınıf su kalitesine daha yakındır. Taban yapılarının yaklaşık % 80-85'ini kaya ve taş oluşturmaktadır. İst 1'in akıntı hızı 0,80 m/sn iken İst 11'in ise bu değere oldukça yakındır (0,73 m/sn). İst 1'in sıcaklık değeri 3,42°C, İst 11'in sıcaklık değeri 3,93°C'dir. Çözünmüş Oksijen değerleri (11,8; 12,1) ve pH değerleri (7,28; 7,26) birbirine oldukça yakındır. Bu iki istasyonun nitrat değeri aynı olup, 0,0679 mg/l'dir. Yüksek derece de benzerlik gösteren bu iki istasyonun ortak taksonlarına bakacak olursak; Planariidae gen. sp., *Dugesia* sp., Oligochaeta gen. sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Perla* sp., *Protonemoura* sp., Glossosomatidae gen. sp., Limnephilidae gen. sp., *Odontocerum* sp., Philopotamidae gen. sp., *Rhyacophila* sp., Sericostomatidae gen. sp., Dytiscidae gen. sp., Elmidae gen. sp., *Hydraena* sp., Scirtidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., Limoniidae gen. sp., *Hexatoma* sp., *Dicronata* sp. ve

*Tabanus* sp. Bu iki istasyonda da yüksek oranda bulunan takson, Heptageniidae gen. sp.'dir.

İst 5 ile ist 11 SÇD Sistem A'ya göre, silisli bir jeolojiye ve yüksek rakıma sahiptir. Her iki istasyon da, akarsuların epirhitron bölgesinde bulunmaktadır. Kıyı bitkilenmesi % 100 olan ve 0,0009 mg/l nitrit azotuna sahip olan bu istasyonların, özgül elektriksel iletkenlik değerleri (62  $\mu$ s/cm; 63  $\mu$ s/cm) de neredeyse aynıdır. Bu iki istasyonda bulunan ortak taksonlar; Planariidae gen. sp., *Dugesia* sp., Oligochaeta gen. sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Ephemerellidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Protonemoura* sp., Perlodidae gen. sp., Glossosomatidae gen. sp., *Hydropsyche* sp., Limnephilidae gen. sp., *Odontocerum* sp., Philopotamidae gen. sp., *Rhyacophila* sp., Sericostomatidae gen. sp., Dytiscidae gen. sp., Elmidae gen. sp., Scirtidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., Limoniidae gen. sp., *Dicronata* sp., *Tabanus* sp. ve *Sialis* sp. Bu iki istasyonda benzer bir şekilde yüksek oranda bulunan takson, *Gammarus* sp.'dir.

SÇD Sistem A'ya göre, benzer bir şekilde silisli jeolojiye ve yüksek bir rakıma sahip olan İst 2 ve İst 11, akarsuyun epirhitron bölgesinde bulunmaktadır ve her iki istasyonun kıyı bitkilenmesi de % 100'dür. Nitrit azotu değerleri (0,0009 mg/l) aynıdır ve Sıcaklık ölçümlerine (3,98°C; 3,93°C) baktığımız zaman büyük benzerlik görmekteyiz. Bu iki istasyonda da, Planariidae gen. sp., *Dugesia* sp., Oligochaeta gen. sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Perla* sp., *Protonemoura* sp., Glossosomatidae gen. sp., *Hydropsyche* sp., Limnephilidae gen. sp., *Odontocerum* sp., Philopotamidae gen. sp., Polycentropodidae gen. sp., *Rhyacophila* sp., Sericostomatidae gen. sp., Elmidae gen. sp., *Hydraena* sp., Scirtidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., *Hexatoma* sp. ve *Dicronata* sp. taksonları bulunmaktadır. Bu iki istasyonda benzer bir şekilde yüksek oranda bulunan taksonlar *Gammarus* sp. ve Heptageniidae gen. sp.'dir.

Benzerlik katsayıları 0,58 olan İst 1 ve İst 2, SÇD Sistem A'ya göre, silisli jeolojiye ve yüksek rakıma sahiptir. İst 2, İst 1'in 2 km. kadar kuzeydoğusunda ve İst 1'in bir yan kolu olan Çiçekli Deresi üzerinde bulunmaktadır. Her iki istasyon da akarsuların epirhitron bölgesinde bulunmaktadır. Özgül elektriksel iletkenlik değerleri (46  $\mu$ s/cm; 39  $\mu$ s/cm) birbirine yakın ölçülmüştür. Bu istasyonların ortak

taksonları, Planariidae gen. sp., *Dugesia* sp., Oligochaeta gen. sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Perla* sp., *Protonemoura* sp., Isoperla gen. sp., Glossosomatidae gen. sp., Limnephilidae gen. sp., *Odontocerum* sp., Philopotamidae gen. sp., *Rhyacophila* sp., Sericostomatidae gen. sp., Elmidae gen. sp., *Hydraena* sp., Scirtidae gen. sp., Athericidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., *Hexatoma* sp., *Dicronata* sp. ve Simuliidae gen. sp.'dir. Bu iki istasyonda benzer bir şekilde yüksek oranda bulunan taksonlar Baetidae gen. sp. ve Heptageniidae gen. sp.'dir.

Sarıalan Deresi üzerinde bulunan İst 6 ile bu istasyonun bir yan kolu olan Durmuşoğlu Deresinde üzerinde bulunan İst 5, 0,56 benzerlik oranına sahiptir. SÇD Sistem A'ya göre silisli jeolojiye, ve yüksek bir rakıma sahiplerdir. Taban yapıları oldukça benzer olan bu iki istasyonun, Nitrat azotu değerleri (0,1131 mg/l; 1,1584 mg/l) de birbirine yakındır. Bu istasyonlardaki ortak taksonlar, Oligochaeta gen. sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Caenidae gen. sp., Ephemerellidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Nemoura* sp., Hydropsychidae gen. sp., Philopotamidae gen. sp., *Rhyacophila* sp., Elmidae gen. sp., Scirtidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., *Dicronata* sp. ve Simuliidae gen. sp.'dir. Bu iki istasyonda benzer bir şekilde yüksek oranda bulunan taksonlar Baetidae gen. sp. ve Chironomidae gen. sp.'dir.

Benzerlik katsayıları 0,56 olan İst 8 ve İst 9'un ortak taksonları; Planariidae gen. sp., *Dugesia* sp., Oligochaeta gen. sp., *Potamon* sp., Baetidae gen. sp., Ephemerellidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Protonemura* gen. sp., Isoperla gen. sp., Leuctridae gen. sp., Lepidostomatidae gen. sp., Philopotamidae gen. sp., Sericostomatidae gen. sp., Elmidae gen. sp., Scirtidae gen. sp., Athericidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., Limoniidae gen. sp., *Hexatoma* sp., *Dicronata* sp., Simuliidae gen. sp. ve Gerridae gen. sp.'dir. Bu iki istasyonda benzer bir şekilde yüksek oranda bulunan taksonlar Chironomidae gen. sp., Baetidae gen. sp. ve Heptageniidae gen. sp.'dir. SÇD Sistem A'ya göre bu iki istasyonda, silisli bir yapıya sahiptir ve rakımları birbirine oldukça yakındır (1420 m; 1482 m). Akarsuyun epirhitron bölgesinde bulunan bu istasyonların taban yapısı ve kıyı bitkilenmesi de birbirine benzemektedir. ph değerleri (7,34 ve 7,36) de birbirine oldukça yakındır.



Benzerlik kat sayıları 0,55 olan İst 4 ve İst 6, Sarıalan deresi üzerinde bulunmaktadır. Sistem A'ya göre her iki istasyon da, silisli jeolojiye ve yüksek rakıma sahiptir. Yükseklikleri arasında (1483 m; 1470m) sadece 13 m. fark vardır. Akarsuyun epirhitron bölgesinde yer almaktadırlar. Bu iki istasyonda da, sıklıkla bulunan organizmalar arasında, Chironomidae gen. sp. ve Ephemerellidae gen. sp. yer almaktadır. İst 4 ve İst 6'nın ortak taksonları ise, Oligochaeta gen. sp., Erpobdellidae gen. sp., *Asellus* sp., *Gammarus* sp. Baetidae gen. sp., Caenidae gen. sp., Ephemerellidae gen. sp., Ephemera gen. sp., Heptageniidae gen. sp., Leptophlebiidae gen. sp., *Potamanthus luteus*, Leuctridae gen. sp., Brachycentridae gen. sp., Hydropsychidae gen. sp., Leptoceridae gen. sp., *Rhyacophila* sp., *Ophiogomphus cecilia*, Elmidae gen. sp., Hydraenidae gen. sp., Chironomidae gen. sp., *Clinocera* sp., *Dicronata* sp. ve Simuliidae gen. sp.'dir.

Tüm bu benzer istasyonların çoğunda aynı taksonları görmekteyiz. Benzerlik kat sayısı 0.55 olan İst 4 ve İst 6'da, diğer istasyonlarda bulunmayan ortak taksonlar yer almaktadır. Bunlar, Erpobdellidae gen. sp., Brachycentridae gen. sp., Leptoceridae gen. sp., *Potamanthus luteus*'tur. Tüm istasyonların fiziko-kimyasal değerlerine göz attığımızda, bu iki istasyon en yüksek sıcaklık değerlerinden ilk ikisine, en yüksek bulanıklık değerlerinden ilk ikisine ve en yüksek pH değerlerinin ilk üçünden ikisine sahiptir. Bu veriler ışığında, yukarıda belirtmiş olduğum dört taksa için diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek sıcaklık, pH ve bulanıklığın ayırt edici değişkenler olduğunu söyleyebiliriz. Bunlara ek olarak, Gerridae gen. sp. sadece benzerlik kat sayısı 0,56 olan İst 8 ve İst 9'da, Perlodidae gen. sp. sadece benzerlik kat sayısı 0,62 olan İst 5 ve İst 11'de bulunmuştur.

Seçilen istasyonların baskınlık analizleri sonuçlarına bakıldığında, tüm istasyonlarda genel olarak EPT taksası içerisinde yer alan Ephemeroptera familyaları baskın canlılar olarak göze çarpmaktadır. Bu familyaları, Heptageniidae (6 istasyonda baskın), Beatidae (6 istasyonda baskın olarak), Caenidae, Ephemerellidae ve Leptophlebiidae oluşturmaktadır. Ephemeroptera ordosu üyeleri, ilkbaharda oluşan gölcüklerden göllere, akarsulardan haliçlere kadar çok çeşitli sucul sistemlerde bulunabilir [73]. Ancak, en fazla çeşitlilik ve bolluğa kayalık dip yapısındaki akarsuların kaynak kısımlarında ulaşır [74]. Ephemeroptera familyalarının en baskın olduğu istasyonlara (İst 1, İst 6, İst 8, İst 9, İst 10)

baktığımızda ŞÇD Sistem A'ya göre hepsi yüksek rakıma sahiptir ve dip yapılarında kaya ve taş önemli yer tutmaktadır. Su sıcaklığının, çözülmüş oksijenin ve suyun akış hızının yanı sıra, uygun mesohabitat yapılarının kullanılabilirliği Ephemeroptera larvalarının bulunmalarını ve dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdendir [75]. Ephemeroptera üyelerinin en baskın olduğu istasyonlarda, mesohabitat yapıları, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen miktarı ve suyun akış hızı bu canlılar için uygun oranlarda ve miktarda bulunmaktadır.

Taksonomik olarak inilebilecek en alt seviyeye kadar inildiğinden dolayı, bazı gruplar familya düzeyinde bazı gruplar ise cins ve tür düzeyinde teşhis edilmiştir. Tüm gruplar cins ve tür düzeyinde teşhis edilebilmiş olsaydı baskınlık analizleri sonucu değişebilirdi. Ephemeroptera, akarsuların habitat ve su kalitesinin belirlenmesinde oldukça önemlidir [14]. Meritt ve Cummins [76]'e göre, Ephemeroptera ordosu üyelerinin çevresel strese karşı hassas olmalarıyla ve temiz koşullarda önemli ölçüde bulunmalarıyla kabul edilir [77]. Seçilen istasyonlar genel olarak temiz koşullara sahiptir ve yukarıda belirtilenlerle örtüşmektedir.

İstasyonlarda gözlenen bir diğer baskın grup ise Chironomidae grubudur (7 istasyonda baskın). Chironomidae larvaları, geniş dağılım ve ekolojik çeşitlilik özellikleriyle önemli su kalitesi indikatörleridir [78]. Gültutan ve Kazancı [79]'ya göre, Chironomidae larvalarının %95'i tamamen suculdur ve lentik ve lotik habitatlar, bataklıklar, termal kaynaklı sular, intersitial bölgeler, acı sular ve nemli kumlar Chironomidae larvalarının yaşam alanlarıdır [80, 81].

Oligochaeta grubu baskın grup olarak, İst 3'te ve İst 10'da bulunmuştur. Sucul Oligochaeta, özellikle sediman ve su ara yüzü arasında birincil madde değişimcileri ve besin kaynağı olarak tatlı su ekosistemlerinde ekolojik öneme sahiptir, [82, 83]. Aynı zamanda Ekingen'in [53] belirttiği gibi, istasyon özelliklerine bakıldığında sığ şekilde akan akarsu bölgeleri sucul Oligochaeta gruplarına avantaj sağlamış olabilir.

İst 3 hariç tüm istasyonlarda bulunan Elmidae familyasına ait bireyler, İst 1'de baskın grup olarak göze çarpmaktadır. Elmidae familyasının üyeleri genellikle oligosaprobik ve betamezosaprobik özellikteki sularda bulunur [84].

*Gammarus* sp. üyeleri İst 2, İst 5 ve İst 11'de baskın grup olarak öne çıkmaktadır. Amphipoda takımı içerisinde yer alan *Gammarus* sp., akarsuların az kirlenmiş

kesimlerinde yoğun bir şekilde bulunmaktadır [85, 86, 87, 88, 89]. Her hangi bir tutunma yapısına sahip olmayan bu canlılar için taş altları ve küçük yaşam alanları bu canlıların bu istasyonlarda baskın duruma gelmesini sağlamış olabilir.

Akarsularda, Plecoptera genellikle çeşitli tip ekolojik bozulmalara karşı en hassas sucul böcek ordosu olarak tanımlanır [90]. İstasyonlara teşhis edilen Plecoptera taksonları, Perlidae gen. sp., *Perla* sp., *Nemoura* sp., *Protonemoura* sp., *Isoperla* sp., Perlodidae gen. sp., Chloroperlidae gen. sp., *Chloroperla* sp. ve Leuctridae gen. sp.'dir. İstasyonlarda baskın grup olarak ortaya çıkmayan bu Plecoptera üyeleri, tüm istasyonlarda en az bir taksa ile temsil edilmektedir. Bu da istasyonların çok fazla kirlenme gibi sorunlarının olmadığını göstermektedir.

Çeşitlilik indeksleri ve eşitlik indeksi sonuçları birbirleriyle uyum göstermektedir (Şekil 3.19). 3 farklı çeşitlilik indeksi kullanılan bu çalışmada, genel olarak tüm istasyonlarda en düşük çeşitlilik İst 3'te ortaya çıkmıştır. Eşitlik indeksi sonucunda da İst 3 en düşük değere sahiptir. Habitat alanının sınırlı olması ve Kartalkaya yolu yakınlarında bulunması İst 3'ün düşük değere sahip olmasının sebebi olabilir. Shannon- Wiener Çeşitlilik İndeksi'ne göre, çeşitlilik değeri 3'ün üstündeyse, komünitede kararlılık ve denge vardır [44]. İstasyonların hiç biri 3'ün üzerinde değildir. En yüksek değere sahip olan İst 9 (2,483) kararlı ve dengeli bir habitat yapısına doğru giden bir eğilime sahiptir. Kazancı ve Dögel [91], Shannon- Wiener İndeksi değeri 1'in altındaysa bu ağır derecede kirlenmiş sistemleri göstereceğini belirtmiştir. İstasyonların hiç birinde bu değer 1'in altına inmemiştir. Bu sebeple Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi sonuçlarına göre istasyonlar kararlı ve dengeli bir yapıdan uzaktır. Ancak istasyonlar için aşırı derecede bir kirlenme söz konusu değildir.

Simpson Çeşitlilik İndeksi değeri "D", 0 – 1 arasında değer almaktadır. Değer arttıkça yani "1" e yaklaştıkça çeşitlilik artmış olur. İstasyonların hepsi "0,5" değerinin üzerindedir. En yüksek değere Shannon-Wiener İndeksi sonuçlarında olduğu gibi İst 9 (0,892) sahiptir. Sülfat değişkenine göre, I. ve II. sınıf su kalitesine sahip olan İst 9'un önceden de belirtildiği üzere dönemsel farklılıklardan dolayı bu değeri I. sınıf su kalitesi içerisine koyulmuştur. Hem Shannon- Wiener hem de Simpson Çeşitlilik İndeksine göre en yüksek çeşitliliğe sahip olan bu istasyonun, bu değerleri kazanmasında, tolerans aralığı dar olan türlerin özellikle EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) üyelerinin ortamdaki uzaklaşmasına

sebepler olabilecek seviyede bir kirliliğin olmaması ve tolerans aralığı daha geniş olan türlerin de ortamda bir arada bulunması olabilir.

Türkmen [42], Margalef Çeşitlilik İndeksinin diğer indekslerden farklı olduğunu, bu indeks hesaplamasında bireylerin türlerle arasındaki dağılımı konusunda bir değerlendirme yapılamayacağını ve bu indeksin minimum ve maksimum değerlere sahip olmadığını bu yüzden istasyonlar arasında bir karşılaştırma yapılabileceğini belirtmiştir. İstasyonlar arasında en yüksek değere İst 1 (4,58) sahiptir. Diğer çeşitlilik indekslerinde olduğu gibi İst 3 (1,78) en düşük değere sahiptir. Habitat alanının sınırlı olması ve Kartalkaya yolu yakınlarında bulunması dolayısıyla insan etkisine maruz kalması, İst 3'ün düşük değere sahip olmasının sebebi olabilir.

Türlerin istasyonlarda eşit şekilde dağılıp dağılmadığını belirlemede kullanılan eşitlik indeksi formülünden de görüleceği üzere Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksiyle ilişkilidir. Bu değer yüksek çıktığı istasyonlarda eşitlik indeksi değerinin yüksek çıkması beklenir. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi'nde en yüksek değere sahip olan İst 9, Eşitlik İndeksi sonuçlarına göre de en yüksek değere (0,723) sahiptir. Benzer şekilde Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi'ne göre en düşük değere sahip olan İst 3, bu indeks sonucuna göre de en düşük değere (0,437) sahiptir.

İstasyonların Taksa Sayısı, EPT Taksa Sayısı, BMWP ve ASPT değerleri arasındaki uyum Şekil 3.24'de görülmektedir. Genel olarak İst 3 bu kriterler açısından en düşük değere sahiptir.

Akarsu sistemlerinin kirlenmesi, biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak, tolerans aralığı geniş olan taksonlar bu olumsuz durumdan etkilenmez ve hatta sayılarında artış gözlemlenebilir. EPT taksasına ait bireyler nispeten temiz sularda yaşarlar ve tolerans aralıkları oldukça düşüktür. Wallace ve diğerleri [50], EPT indeksinin kimyasal bozunuma karşı oldukça hassas olduğunu ve ekosistem fonksiyon ölçümleriyle (örn; ikincil üretim, yaprak ayrışımı) son derece ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ortiz ve Puig [92]'e göre, en çok temsil edilen insecta ordoları olan Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera'nın hassas taksonlarının elenmesiyle [93], besin zenginleşmesi taban büyük omurgasız zenginliğini azaltır [94]. Taksa sayısı en düşük olan İst 3, aynı zamanda en düşük EPT taksa sayısına da sahiptir. Normal zaman (1.5 m) ve çekik zaman (80 cm) genişliği oldukça dar

olan bu istasyonun habitat yapısı sınırlıdır ve ayrıca Kartalkaya yolu yakınlarında yer alması da insan etkisinin göstergesidir. Oldukça yüksek oranda kıyı vejetasyonuna sahip olan İst 3'ün diğer istasyonlara göre, kimyasal bozunumun fazla olduğunu ve bununla birlikte diğer istasyonlara göre daha düşük su kalitesine sahip olduğunu belirtebiliriz. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği göre, nitrit azotu açısından I. ve II. sınıf su kalitesi aralığında bulunmaktadır. Taksa sayısı en fazla olan istasyon 8, EPT taksa sayısı olarak ta yüksek bir değere sahiptir. İstasyon 6 en yüksek EPT taksa sayısına sahiptir. İst 6 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesine sahiptir. Tolerans aralıkları düşük ve nispeten temiz sularda yaşayan EPT taksasına ait bireylerin, bu istasyonda bulunmaları beklenen bir durumdur.

BMWP değerleri, istasyonlarda bulunan familyaların tolerans değerlerinin toplanmasıyla elde edilir. İst 6, 193 ile en yüksek BMWP değerine sahiptir ve aynı zamanda taksa sayısı olarak ta oldukça yüksek bir değere sahiptir. En düşük taksa sayısına sahip olan İst 3, 54 ile en düşük BMWP değerine sahiptir.

Mandaville [55], 6 ve üzerinde ASPT değeri sonucuna sahip istasyonların temiz sulara sahip olduğunu, 5-6 aralığında ASPT değeri sonucuna sahip istasyonların şüpheli kaliteye sahip olduğunu tablosunda belirtmiştir. Buna göre, İstasyon 3 hariç bütün istasyonlar temiz su sınıfına dahil edilebilir. 7 ASPT değeri ile en yüksek kaliteye sahip olan İst 9, BMWP değeri olarak oldukça yüksek bir değere sahiptir. Yüksek değer, organizmaların kirliliğe olan toleransının düşük olduğunu gösterir [54]. 5,40 ASPT değeri ile 5-6 ASPT aralığında bulunan istasyon 3, şüpheli su kalitesine sahiptir. Düşük değere sahip olan İst 3'ün kirliliğe toleransı yüksek olan organizmaları barındırdığını düşünebiliriz. Bu bağlamda, tolerans aralığı en düşük olan ve kirliliğe karşı en hassas olan EPT üyelerinin bu istasyondaki sayısına baktığımızda, istasyonlar arasında en düşük değere (EPT taksa sayısı: 6), sahip olduğunu görmekteyiz.

Fiziko-kimyasal veriler, çeşitlilik analizleri ve biyolojik analizler sonucunda elde edilen verilere bakacak olursak, İst 1, İst 2, İst 9, İst 10 ve İst 11, I. sınıf su kalitesine sahiptir ve her hangi bir kirlilik söz konusu değildir. Bununla birlikte, referans istasyonlar “tamamen ya da neredeyse” “doğal” koşullara sahip olmalıdır ve etrafında her hangi bir insan aktivitesi olmamalıdır [10]. Bu sebeple İst 10'un köy yerleşiminin yakınında bulunması bu istasyonun referans istasyon özelliğini

kaybetmesine yol açmaktadır. Diğer istasyonlar özellikle fiziko-kimyasal değişkenler açısından I – II. sınıf su kalitesinde yer almakla beraber I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakın bulunmaktadır.

SÇD Sistem A'da belirtilen özelliklere göre, tüm istasyonların bulunduğu akarsular, yüksek rakıma (>800 m) ve silisli jeolojik yapıya sahiptir. Ayrıca hepsi "Y" ekobölgesinde bulunmaktadır. Ancak tüm bu özellikler akarsuların sahip olduğu tipolojileri çıkarmakta yeterli değildir. Bu yüzden Sistem B'de de belirtilen, bazı özellikler kullanılmıştır.

İst 2 sahip olduğu %100 kenar bitkilenmesine ek olarak, 2,52 m/sn akış hızı bu akarsu tipolojisi için oldukça önemlidir. Taban yapısının büyük bir çoğunluğunu kaya ve taşlar oluşturmaktadır. Diğer referans özelliğe sahip istasyonlara da bakacak olursak, benzer bir şekilde yüksek derecede kıyı bitkilenmesini ve taban yapısının büyük bir çoğunluğunun kaya ve taşlardan oluştuğu görülmektedir.

Seçilen istasyonların SÇD Ek V'de akarsuların ekolojik kalitelerini değerlendirmek üzere kriterler (Çizelge 1.1) verilmiştir. Bu kriterler ışığında, seçilen istasyonların ekolojik kalite durumları şu şekildedir:

İst 1, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan koşulları göstermektedir. Bunu yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz taksa sayısı ve EPT taksa sayısı sonuçlarında görmekteyiz (Şekil 3.24). Akış dinamiği ve miktarı kirlenmemiş koşulları göstermektedir. İnsan etkisinden uzak bir konumdadır. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri I. sınıf su kalitesini yani bozulmamış koşulları işaret etmektedir. İst 1 için "Yüksek ekolojik durum"a sahip olduğunu saptanmıştır.

İst 2, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan koşulları göstermektedir. Bunu yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) sonuçlarında görmekteyiz. Akış dinamiği ve miktarı kirlenmemiş koşulları göstermektedir. İnsan etkisinden uzak bir konumdadır. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri I. sınıf su kalitesini yani bozulmamış koşulları işaret etmektedir. İst 2'nin "Yüksek ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.

İst 3, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu hafif kirli ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerleri istasyonlar arasında en düşük değerlere sahiptir. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Kartalkaya yolu yakınlarında bulunduğundan dolayı az da olsa insan etkisine maruz kalmaktadır. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 3'ün "İyi ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.

İst 4, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan koşullara işaret etmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) sonuçlarında bunu görebilmekteyiz. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Ancak, Yeniakçakavak ve Yenicepınar Yaylaları arasında bulunduğundan dolayı insan etkisine maruz kalmaktadır. Ayrıca, arazi çalışmasının yapıldığı zaman, bu istasyon civarında hayvan mera otlatmacılığının yapıldığı gözlemlenmiştir. İleride bu bölgeye baraj yapılacak olması bu istasyonda bulunan canlıların ileride değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Sülfat değeri (240 mg/l) oldukça yüksektir. Bu da çevrede yapılan hayvan mera otlatmacılığının bir sonucudur. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 4'ün "iyi ekolojik duruma" yakın olduğu saptanmıştır.

İst 5, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerlerine baktığımızda bunu kolaylıkla söyleyebiliriz. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Yakınında alabalık üretim çiftliğinin bulunması insan etkisini göstermektedir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 5'in "İyi ekolojik durum"a sahip olduğu saptanmıştır.

İst 6, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz çeşitlilik

indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerlerine baktığımızda bunu kolaylıkla söyleyebiliriz. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Yakınında alabalık üretim çiftliğinin bulunması insan etkisini göstermektedir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 6'nın "İyi ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.

İst 7, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu çok az kirli ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerlerine baktığımızda, bu istasyon istasyonlar arasında İst 3'ten sonra en düşük değerlere sahiptir. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. İnsan etkisi görülmemektedir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 7'nin "İyi ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.

İst 8, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerlerine baktığımızda bunu kolaylıkla söyleyebiliriz. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Etrafında insan etkisi görülmemektedir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I – II. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak bu değerler I. sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakındır. İst 8'in "İyi ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.

İst 9, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan ortamları göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen çeşitlilik indeksleri (Şekil 3.19), taksa sayısı ve EPT taksa sayısı (Şekil 3.24) değerlerine baktığımız da istasyonlar arasında en yüksek değerlere sahip olan istasyondur. Akış dinamiği ve miktarı ortalama seviyedir. Etrafında herhangi bir insan etkisi görülmemektedir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri açısından I. sınıf su kalitesine sahiptir. İst 9'un "Yüksek ekolojik durum"a sahip olduğu görülmektedir.



İst 10, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan koşulları belirtmektedir. Bunu yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz taksa sayısı ve EPT taksa sayısı sonuçlarında görülmektedir. (Şekil 3.24). Akış dinamiği ve miktarı kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Karca Köyü yakınlarında yer alması nedeniyle insan etkisine maruz kalmaktadır. Bu istasyonun bulunduğu akarsu üzerinde köprünün yer alması morfolojik yapısının bozulduğunu göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri I. sınıf su kalitesini yani bozulmamış koşulları işaret etmektedir. Olası insan etkisi yüzünden ve morfolojik yapısının bozulması nedeniyle İst 10, “İyi-orta ekolojik durum”a sahiptir.

İst 11, taban büyük omurgasız taksonomik kompozisyonu ve bolluğu kirli olmayan koşulları belirtmektedir. Bunu yapılan analizler sonucunda elde ettiğimiz taksa sayısı ve EPT taksa sayısı sonuçlarında görmekteyiz (Şekil 3.20). Akış dinamiği ve miktarı kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Etrafında her hangi bir insan etkisi gözlemlenmemiştir. Morfolojik şartları kirlenmemiş koşulları göstermektedir. Fiziko-kimyasal değerleri I. sınıf su kalitesini yani bozulmamış koşulları işaret etmektedir. İst 11 “Yüksek ekolojik durum”a sahiptir.

AB'ye aday ülke konumunda olan Türkiye'nin, AB SÇD Madde 4'de belirtildiği üzere 2015 yılı itibarıyla tüm su kaynaklarını iyi ekolojik duruma getirmelidir [10]. Bunun için öncelikle “nehir havza yönetimine” geçilmeli ve ülke sınırları içerisinde tek bir su kaynakları yönetim planlaması hazırlanmalıdır. Sınırı aşan havza bölgeleri için, üye devletlerle birlikte ortak çalışmalar yapılmalıdır. Hazırlanacak bu planlamalarla birlikte ülke içerisinde oluşacak belirli bir standart, su kaynaklarının insanoğlu tarafından sorumsuz bir şekilde kullanılmasını önleyecektir.

Akarsularda belirli fiziko-kimyasal koşullarda varlığını sürdüren canlıların mevcudiyetine ve ekolojik önemlerine bakılmaksızın, son zamanlarda her akarsu üzerinde çeşitli bozulmalara neden olan düzenlemeler yapılmaktadır. Bu düzenlemeler akarsuların limnolojisi çalışıldıktan sonra planlanarak yapılmalıdır. Weijters et al. [95], doğal havza kara örtüsündeki %10'luk azalmanın, yerli türlerin % 6'sının kaybına; % 50 azalmanın da, EPT taksasının %25 azalmasına sebep olabileceğini belirtmiştir. Akarsu kalite çalışmalarına daha fazla önem verilmeli ve böyle çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında, mevcut ekolojik durumu yüksek ya da iyi olan akarsuların bu özelliklerinin sürdürülebilir hale gelmesi için koruyucu sistemler geliştirilmeli, eğer her hangi bir kirlilik ya da insan etkisi

sonucuna varılmışsa bunun önlenmesi için gerekli önlemler derhal alınmalı ve iyileştirme çalışmaları ivedi bir şekilde başlatılmalıdır.

Kullanılan indekslerin faunaya uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonucunda dört istasyonun (İst 1, İst 2, İst 9, İst 11) referans istasyon olabileceği belirlenmiştir. Geriye kalan yedi istasyon ise iyi ekolojik duruma sahiptir. Çalışmanın yapıldığı bölgelerde, çok az düzeyde tarımsal kaynaklı kirlilik ve evsel atık su etkisi tespit edilmiştir. Belirlenen referans istasyonlar ve bu istasyonlarda bulunan taban büyük omurgasız toplulukları, benzer tip akarsuların ekolojik kalitelerini belirlemede yardımcı olabilir. Daha sonra yürütülecek araştırmalarda, buradan elde edilen veriler, su kalitesini izlemede karşılaştırmalar için kullanılabilir. SÇD ile ilgili olarak yürütülecek çalışmalarda da bu araştırmanın sonucu yol gösterici olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Karaman, S., Gökalp, Z., Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (1), 59-66, **2010**.
- [2] Wetzel, R., *Limnology*, Academic Press, New York, 1006 pp, **2001**.
- [3] DüNDAR, M., *Su Kaynaklarının Uluslararası Sorun Oluşturması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler, Ana Bilim Dalı, Uluslararası İlişkiler Programı, Trabzon, **2007**.
- [4] Denhez, F., *Küresel Isınma Atlası*, (çev: Adadağ, Ö.), NTV Yayıncılık, İstanbul, 80s., **2007**.
- [5] Kazancı, N., Limnolojide gelişmeler, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25-4, 365-369, **2008**.
- [6] Küçükklavuz, E., *Küresel Isınmanın Su Kaynakları Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Şanlıurfa, **2009**.
- [7] Fıstıkoğlu, O., Biberoglu, E., Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri, *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu*, Ankara, 238-252, 13-14 Mart , **2008**.
- [8] Allan, J.D., Landscape and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35,1:257-284, **2004**.
- [9] Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H. and Statzner, B., Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches, *Annual Review of Entomology*, 51,1: 495-523, **2006**.
- [10] Council of European Communities, Water Framework Directive (WFD) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, *Official Journal of the European Communities* L 327, 22.12.2000, 72p., **2000**.
- [11] Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. and Oğuzkurt, D., *Inland Waters of Turkey Series II : Biotic Index Methods for Evaluating Environmental Quality of Runningwaters*, (ed: Kazancı, N.), İmaj Press, pp.100., **1997**.
- [12] KÜLKÖYLÜOĞLU, O., On the usage of Ostracods (Crustacea) as bioindicator species in different aquatic habitats in the Bolu Region, Turkey, *Ecological Indicators*, 4: 139-147, **2004**.
- [13] Cranston, P.S., Biomonitoring and Invertebrate Taxonomy, *Environmental Monitoring an Assessment*, 14, pp. 265-273, **1990**.
- [14] Rosenberg, D. and Resh, V., *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman & Hall, New York, **1993**.
- [15] Karr, J.R., Defining and Mesuring River Health, *Freshwater Biology*, 41, pp.221-234, **1999**.
- [16] Friberg, N., Ecological Consequences of River Channel Management, *Handbook of Catchment Management*, (eds: Ferrier, R.C., Jenkins, A.), Wiley-Blackwell Publishing, pp. 77-105, **2010**.

- [17] Gaufin, A.R., Use of Aquatic Invertebrates in the Assessment of Water Quality, *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*, (eds: Cairns, J., Dickson, K.L.), American Society for Testing and Materials, pp.96-116, **1973**.
- [18] Klee, O., *Angewandte Hydrobiologie*, G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart-New York, 272 pp, **1991**.
- [19] De Pauw, N., Vanhooren, G., Method for Biological Quality Assesment of Watercourses in Belgium, *Hydrobiologia*, 100, 153-168, **1983**.
- [20] Reece, P. F. And Richardson, J. S., Biomonitoring with the Reference Condition Approach fort he Detection of Aquatic Ecosystems at Risk, *Proceeding of a conference on biology and management of species and habitats at risk*, pp.549-552, **2000**.
- [21] Abel, P.D., *Water Pollution Biology*, Taylor & Francis, 286p, **2002**.
- [22] Johnson, R.K., Hering, D., Furse, M.T. and Verdonschot, P.F.M., Indicators of ecological change: comparison of the early response of four organism groups to streaa gradient, *The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods*, (eds: Furse, M. T., Hering, D., Brabec, K., Buffagni, A., Sandin, L. & Verdonschot, P.F.M.), *Hydrobiologia*, **2006**.
- [23] Akkaya, C., Efeoğlu, A., Yeşil, N., Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Ve Türkiye’de Uygulanabilirliği, *TMMOB Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 1, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, **2006**.
- [24] Van Wijk, F.J., De La Hayre, M.A.A., Hehenkamp, M.J. and Velde, I.A., Su Çerçeve Yönergesinin Türkiye’de uygulanması, *Uygulama El Kitabı*, MAT01/TR/9/3, Document number: 19/99044324/MJH, Grontmij Consulting Engineers, Houten, **2003**.
- [25] Ekingen, P., Kazancı, N., Benthic macroinvertebrates fauna of the Aksu Stream (Giresun, Turkey) and habitat quality assessment based on European Union Water Framework Directive criteria, *Review of Hydrobiology*, 5,1: 35-55, **2012**.
- [26] Hering, D., Buffagni, A., Moog, O., Sandin, L., Sommerhäuser, M., Stubauer, I., Feld, C., Johnson, R., Pinto, P., Skoulikidis, N., Verdonschot, P. and Zahrádkova, S., The development of a system to assess the ecological quality of stream based on macroinvertebrates – Design of the sampling programme within the AQEM Project, *International Review of Hydrobiology*, 88: 345-361, **2003**.
- [27] Clarke, R.T, Wright, J.F. and Furse, M.T., RIVPACS models for predicting the expected macroincertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers, *Ecological Modelling*, 3: 219-233, **2003**.
- [28] Bolu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, *Bolu İli 2011 Yılı Çevre Durum Raporu*, 211s, **2011**.
- [29] Bolu Tarım İl Müdürlüğü, *İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, Bolu Tarım Master Planı*, 198s, **2006**.
- [30] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler (İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler), Bolu, <http://dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BOLU>, (Temmuz, **2013**).

- [31] Google Earth, Version, 7.1.1.1888, **2013**.
- [32] Schlink, K., Janßen, K., Nitzsche, S., Gebhard, S., Hengstler, J.G., Klein, S., Oesch, F., Activity of O6-methylguanine DNA methyltransferase in mononuclear blood cells of formaldehyde-exposed medical students, *Archives of Toxicology*, 73, 15-21, **1999**.
- [33] Zwick, P., Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage, *Limnologica*, 34, pp.315-348, **2004**.
- [34] Pennak, R.W., *Fresh-Water Invertebrates of the United States*, John Wiley & Sons, 803p, **1978**.
- [35] Edington, J.M. and Hildgrew, A.G., *Caseless Caddis Larva of the British Isles*, Titus Wilson and Son, 92p, **1981**.
- [36] Nilsson, A., *Aquatic Insects of North Europea, Volume I Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera*, Apollo Books Aps., Denmark, 274p, **2005**.
- [37] Nilsson, A., *Aquatic Insects of the North Europea, Volume II, Odonata, Diptera*, Apollo Books Aps., Denmark, 440p, **2005**.
- [38] Eutaxa, Taxonomic Software, Electronics Keys & Referance Collections, <http://www.eutaxa.com/TKEY%2001a.htm>, (Ocak-Temmuz, **2012**).
- [39] European Limnofauna, A Pictorial Key to the Families, (eds: Visser, H. & Veldhuijzen van Zanten, H.H.), <http://wbd.etibioinformatics.nl/bis/limno.php?menuentry=sleutel>, (Ocak-Temmuz, **2012**).
- [40] Hach, DR/890 Datalogging Colorimeter Handbook Procedures Manual, 616p, **2005**.
- [41] Kocataş, A., *Ekoloji Çevre Biyolojisi*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:51, İzmir, 597s, **2004**.
- [42] Türkmen, G., *Bolu İli'ndeki Bazı Akarsulardan Seçilen Referans İstasyonlardaki Makrobentik Toplulukların Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2008**.
- [43] Shannon, E.H., and Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. Illinois Press, Urbana, **1949**.
- [44] Krebs, C.J., *Ecological methodology*, Harper and Raw Publishers, N.Y., 654pp, **1989**.
- [45] Simpson, E.H., Measurement of Diversity, *Nature*, Vol. 163, p.688, **1949**.
- [46] Pielou, E.C., 1966, The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections, *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144, **1966**.
- [47] Lenat, D.R., Water Quality Assessment of Streams Using a Qualitative Collection Method for Benthic Macroinvertebrates, *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 7, No. 3 (Sep., 1988), pp.222-233, **1988**.
- [48] AQEM Consortium, ASTERICS: AQEM/STAR Ecological river classification system, Version 3.01, **2006**.

- [49] Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., Hughes, R.M., Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish, EPA 440/4-89-001, U.S, *Environmental Protection Agency*, Washington, DC., **1989**.
- [50] Wallace, J.B., Grubaugh, J.W., Whiles, M.R., Biotic indices and stream ecosystem processes: Results from an experimental study, *Ecological Applications*, 6:140–151, **1996**.
- [51] Friedrich, G., Chapman, D., and Beim, A., The Use of Biological Material, *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, (ed: Chapman, D.), 2<sup>nd</sup> ed., E & FN Spon, New York, **1996**.
- [52] Kazancı, N., Ekingen, P., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Dügel, M., and Gültutan, Y., Assessment of ecological quality of Aksu Stream (Giresun, Turkey) in Eastern Black Sea Region by using Water Framework Directive (WFD) methods based on benthic macroinvertebrates, *Review of Hydrobiology*, 3,2: 165-184, **2010**.
- [53] Ekingen, P., *Fizikokimyasal Değişkenler ve Taban Büyük Omurgasızları Kullanılarak Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kriterlerine Göre Aksu Çayı'nın (Giresun) Habitat Kalitesinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2011**.
- [54] Cota, L., Goulart, M., Moreno, P. and Castillo, M., Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health, *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 28:1-4, **2002**.
- [55] Mandaville, S.M., *Benthic Macroinvertebrates in Freshwater – Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols*, Project H – 1. (Nova Scotia: Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax), **2002**.
- [56] Illies, J., *Limnofauna Europaea*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 532 p., **1978**.
- [57] Kazancı, N., Türkmen, G., Bolat, H.A., Habitat characteristics of endangered species *Martamea vitripennis* (Burmeister 1839) (Insecta, Plecoptera), *Review of Hydrobiology*, 5,1: 1-18, **2012**.
- [58] Kolwitz, R. and Marsson, M., Grundsatze für die biologische Beurteilung der Wasser nach seiner Flora und Fauna, *Prüfungsanst, Wasserversog, Abwasserreinig*, 1: 33-72, **1902**.
- [59] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 25687, Ankara, **2005**.
- [60] Wetzel, R.G., *Limnology*, Sounders College Publishing, New York, 767p, **1983**.
- [61] Askew, E., Brady, J. and Donnely, M., Midwestern urban stream water quality data analysis and evaluation, *WEFTEC 2003*, session 21-30, **2003**.
- [62] Lampert, W. and Sommer, U., *Limnoecology*, 2nd Ed., Oxford University Press, **2007**.
- [63] Pillay, T.V.R., *Aquaculture and the Environment*, (2nd Ed.), United Kingdom, Oxford: Fishing News Books, Blackwell Publishing Ltd, 196pp, **2004**.

- [64] Kazancı, N. and Dgel, M., Determination of influence of heavy metals on structure of benthic macroinvertebrate assemblages in low order Mediterranean streams by using canonical correspondence analysis, *Review of Hydrobiology*, 3,1: 13-26, **2010**.
- [65] Dow, C. and Zampella, R., Specific conductance and pH as indicators of watershed disturbance in streams of the New Jersey Pinelands, USA, *Environmental Management*, 26, 4: 437-445, **2000**.
- [66] Girgin, S., Kazancı, N., Ankara ay'ında Su Kalitesinin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi, *Türkiye İ Suları Araştırma Dizisi I*, zyurt Matbaası, 184 s, Ankara, **1994**.
- [67] iek, N.L., Ertan, O.O., Köprüçay Nehri (Antalya)'nın Fiziko-Kimyasal zelliklerine Göre Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji*, 21,84 : 54-65, **2012**.
- [68] Tanyolaç, J., *Limnoloji*, Hatiboğlu Yayıncılık, **2000**.
- [69] Kazancı, N., Köyceğiz-Dalyan zel evre Koruma Bölgesi Sucul Ekosistemi'nin Hidrobiyolojik yönden incelenmesi, *Türkiye İ Suları Araştırmaları Dizisi: VIII*, İmaj Press, Ankara, **2004**.
- [70] Egemen, ., *Su Kalitesi*, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, **2006**.
- [71] Taş, B., Candan, A.Y., Can, ., Topkara, S., Ulugöl (Ordu)'n Bazı Fiziko-Kimyasal zellikleri, *Journal of Fisheries Sciences*, 4 (3): 254-263, **2010**.
- [72] Baltacı, F., *Su Analiz Metotları*, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, **2000**.
- [73] Barber-James, H.M., Gattolliat, J., Sartori, M. & Hubbard, M.D., Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater, *Hydrobiologia*, 595: 339-350, **2008**.
- [74] Pond, G.J., Patterns of Ephemeroptera taxa loss in Appalachian headwater streams (Kentucky, USA), *Hydrobiologia*, 641: 185-201, **2010**.
- [75] Bauernfeind, E. & Moog, O., Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: A methodological approach, *Hydrobiologia*, 422/423, 71-83, **2000**.
- [76] Meritt, R.W. and Cummins, K.W., *An introduction to the aquatic insects of North America*, Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, **1978**.
- [77] Azrina, M.Z., Yap, C.K., İsmail, A.R. and Tan, S.G., Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64,3: 337-347, **2006**.
- [78] McShaffrey, D. and Olive, J.H., Ecology and distribution of Chironomid larvae from Carroll Country, Ohio (Diptera: Chironomidae), *The Ohio Journal of Science*, 85,4:190-198, **1985**.
- [79] Gültutan, Y., Kazancı, N., Identification key to the larvae of Chironomidae (Insecta, Diptera) species found in some running waters in Eastern Black Sea Region (Turkey), *Review of Hydrobiology*, 3,2: 145-164, **2010**.

- [80] Pinder, L.C.V., The habitats of chironomid larvae, *The Chironomidae, The Biology and Ecology of Non-biting Mites*, (eds: Armitage, P., Cranston, P.S. and Pinder, L.C.V.), Chapman and Hall, 107-136, **1995**.
- [81] Cranston, P.S., Freshwater invertebrates of the Malaysian region, *Insecta: Diptera, Chironomidae*, (eds: Yule, C. and Yong, H.S.), Akademi Sains Malaysia, 711-735, **2005**.
- [82] Brinkhurst, R.O. and Jamieson, B.G.M., *Aquatic Oligochaeta of the World*, Oliver & Boyd, Edinburg, 680 pp, **1971**.
- [83] Bouguenec, V. and Giani, N., Aquatic Oligochaeta as prey for invertebrates and vertebrates: A review, *Acta Oecologica*, 10,3: 177-196, **1989**.
- [84] Moog, O., Katalog zur autökologischen Einstutung aquatischer Organismen Osterreichs, *Fauna Aquatica Austriaca 1*, Vienna, **1995**.
- [85] Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, O.Ö., Gülboy, H., Ağlasun Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilitik Algler'e Göre Belirlenmesi, *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2 (12), 7-14, **2004**.
- [86] Kalyoncu, H., Aksu Deresi Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametreler ve Epilitik Diyatomlara göre Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, 1(1-2), 14-25, **2006**.
- [87] Meyer, D., *Makroskopisch- Biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern*, 3. Auflage, A.L.G., 6, 3000, 140p, Hannover, **1987**.
- [88] Gülboy, H., *Isparta Deresi ve Bazı Yan Kollarında (Eğrim ve Darıören) Su Kirliliğinin Biyolojik ve Fizikokimyasal Yönden Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, **2004**.
- [89] Kalyoncu, H. and Zeybek, M., 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, **2009**.
- [90] Hynes, H.B.N., *The Ecology of Running Waters*, University of Toronto Press, Toronto, Ontario, **1970**.
- [91] Kazancı, N. and Dögel, M., An Evaluation of the Water Quality of Yuvarlakçay Stream, in the Köyceğiz- Dalyan Protected Area, SW Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 24, 69-80, **2000**.
- [92] Ortiz, J.D. and Puig, M.A., Point source effects on density, biomass and diversity of Benthic macroinvertebrates in a mediterranean stream, *River Research and Applications*, 23: 155-170, **2007**.
- [93] Lenat, D.R., Chironomid taxa richness: natural variation and use in pollution assessment, *Freshwater Invertebrate Biology*, 2: 192-198, **1983**.
- [94] Paul, M.J., and Meyer, J.L., Stream in the urban landscape, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 333-365, **2001**.
- [95] Weijters, M.J., Hanse, J.H., Alemade, R. and Verhoeven, J.T.A., Quantifying the effect of catchment land use and water nutrient concentrations on freshwater river and stream biodiversity, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19: 104-112, **2009**.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Tolga TUGAYTİMÜR

Doğum Yeri: BOLU

Medeni Hali: Bekar

E-Posta: tolga.tugaytimur@gmail.com

Adresi: Yaşamkent Mah. 19/2. Ada 11. Blok No: 3 BOLU

### Eğitim

Lise: İzzet Baysal Anadolu Lisesi

Lisans: Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji (İngilizce)

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi

Doktora:

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce: ÜDS: 81,25      KPDS: 70

### İş Deneyimi -

#### Deneyim Alanları -

#### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi -

#### Tezden Üretilmiş Yayınlar -

#### Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar -