

**AKARÇAY'IN (AFYONKARAHİSAR) BENTİK  
DİYATOMELERİ VE ÇAY SU KALİTESİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILMASI  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ayşe UYGUN**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Ersin KIVRAK**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**HAZİRAN 2010**

**T.C.**  
**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AKARÇAY'IN (AFYONKARAHİSAR) BENTİK DİYATOMELERİ VE  
ÇAY SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE  
KULLANILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Ayşe UYGUN**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Ersin KIVRAK**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**HAZİRAN 2010**

## ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Ersin KIVRAK danışmanlığında,  
Ayşe UYGUN tarafından hazırlanan "**Akarçay'ın (Afyonkarahisar) Bentik Diyatomeleri ve Çay Su Kalitesi Değerlendirilmesinde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma**" başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 02/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalında Lisansüstü Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.


**Ünvanı, Adı, SOYADI**

**İmza**

**Başkan** : Doç. Dr. Ahmet SERTESER

**Üye** : Doç. Dr. Mustafa KARGIOĞLU

**Üye** : Doç. Dr. Ersin KIVRAK



Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../2010 tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL  
**Enstitü Müdürü**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vi
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	ix
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2.GENEL BİLGİLER</b> .....	6
2.1 Su Kirliliği ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Alglerin Önemi.....	6
2.2 Dünyada Su Kalitesi Değerlendirme Uygulamaları ve Literatür Özeti.....	10
<b>3.MATERYAL VE METOT</b> .....	17
3.1 Materyal.....	17
3.1.1 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Yapısı.....	17
3.1.2 Akarsular.....	19
3.1.3 İklim Özellikleri.....	19
3.1.4 Akarçay Havzası Kirlenici Unsurları.....	20
3.2 Metot.....	21
3.2.1 Örneklem İstasyonlarının Seçimi ve Tanıtımı.....	21
3.2.2 Örneklerin Alınması ve Korunması.....	22
3.2.2.1 Su Örneklerinin Alınması, Saklanması ve Fiziko-Kimyasal Analizi.....	22
3.2.2.2 Epipelik Alg Örneklerinin Toplanması.....	23
3.2.2.3 Epifitik Alg Örneklerinin Toplanması.....	23
3.2.2.4 Epipelik ve Epifitik Diyatomeelerin Teşhisi ve Sayımı.....	24
3.2.3 Biyolojik Olarak Su Kalitesi Belirleme Yöntemleri.....	24
3.2.3.1 Ötrofikasyon ve Kirlilik İndeksi (EPI-D).....	24
3.2.3.2 Pampean Diatom İndeksi (IDP).....	25
3.2.3.3 Saprobi İndeksi (SID).....	25
3.2.3.4 Trofik Diyatome İndeksi (TDI).....	25

3.2.4 İstatistiksel Metotlar.....	26
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>27</b>
4.1 Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	27
4.1.1 Su Sıcaklığı .....	27
4.1.2 pH.....	27
4.1.3 Elektriksel İletkenlik.....	28
4.1.4 Çözünmüş Oksijen.....	29
4.1.5 Biyolojik Oksijen İhtiyacı.....	29
4.1.6 Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	30
4.1.7 Toplam Çözünmüş Madde.....	30
4.1.8 Kalsiyum İyonu.....	31
4.1.9 Magnezyum İyonu.....	32
4.1.10 Besin Tuzları.....	32
4.2 Bentik Diyatome Topluluğu.....	35
4.2.1 Bentik Diyatome Topluluğunun Yapısı .....	35
4.3 Epipelik Diyatome Topluluğu.....	38
4.3.1 Epipelik Diyatome Topluluğunun Yapısı.....	38
4.3.2 Epipelik Diyatome Topluluğunun Tür Çeşitliliği ve Baskınlığı.....	42
4.3.3 Epipelik Diyatome Topluluğu Dominant Taksonlarının Benzerliği.....	44
4.4 Epifitik Diyatome Topluluğu Yapısı.....	45
4.4.1 Epifitik Diyatome Topluluğunun Tür Çeşitliliği ve Baskınlığı.....	48
4.4.2 Epifitik Diyatome Topluluğu Dominant Taksonlarının Benzerliği.....	50
4.5 Akarçay'ın Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Bentik Diyatomelerin Kullanılması ve Fiziko-Kimyasal Özellikler ile İlişkisi.....	51
4.5.1 EPI-D İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi.....	51
4.5.2 IDP İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi.....	52
4.5.3 SID İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi.....	53
4.5.4 TDI İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi.....	54
4.5.5 Akarçay'da Hesaplanan Diyatome İndeksleri Arasındaki İlişki.....	55
4.5.6 Akarçay'da Hesaplanan Diyatome İndeksleri ile Fiziko-Kimyasal Özellikler Arasındaki İlişki.....	56

4.5.7 Dominant Bentik Diyatome Taksonları ile Fiziko-Kimyasal Özellikler Arasındaki İlişki.....	57
4.5.8 Fiziko-Kimyasal Özelliklerin Birbirleriyle Arasındaki İlişki.....	59
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....</b>	<b>60</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

#### Akarçay'ın (Afyonkarahisar) Bentik Diyatomeleri ve Çay Su Kalitesi Değerlendirilmesinde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma

Ayşe UYGUN

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ersin KIVRAK

Akarçay'ın bentik diyatomeleri ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında dört istasyondan aylık olarak alınan örneklerde incelenmiştir. Akarçay'ın su kalitesinin belirlenmesi amacıyla bentik diyatomeler kullanılmıştır.

Akarçay'ın bentik diyatome topluluğunda toplam 128 takson tespit edilmiştir. Çayın başlangıç kısmında *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum* ve *Navicula cryptocephala* bentik diyatome topluluğunda dominant diyatome türleri olmuşlardır. Çayın aşağı kısmında ise, *Nitzschia palea* bentik diyatome topluluğunda dominant olmuştur. Diyatome indeksleri TÇM, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ arasında kuvvetli pozitif ve çözülmüş oksijen ile kuvvetli negatif korelasyon göstermiştir.

Diyatome indeksleri ve fiziko-kimyasal analiz sonuçlarına göre, çayın başlangıç kısımlarının orta derecede kirlenmiş, çayın son kısımlarının ise aşırı derecede kirlenmiş olduğu belirlenmiştir.

**2010, 78 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Bentik diyatome, diyatome indeksi, fiziko-kimyasal özellikler, Akarçay

## ABSTRACT

M. Sc. Thesis

### **An Investigation on the Benthic Diatoms from the Akarçay Stream (Afyonkarahisar) and Their Use for Water Quality Assessment**

Ayşe UYGUN

**Afyon Kocatepe University Graduate School of Naturel and Applied Sciences**

**Department of Biology**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ersin KIVRAK**

Epipellic diatoms and some physico-chemical features of Akarçay streams were studied in the samples collected montly from four sampling-stations during March-December 2008. Benthic diatoms were used for water quality assessment of the Akarçay streams.

A total of 128 taxa of benthic diatom communities were determined. In the upstream *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum* *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum* and *Navicula cryptocephala* were dominant species in the benthic diatom communities. In downstream *Nitzschia palea* was dominant species in the benthic diatom communities. Diatom indices showed a significant positive correlation with TDS, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOD<sub>5</sub>, COD and, were correlated negatively with DO.

According to results of diatom index and physico-chemical analysis, the upstream was determined to be moderately polluted and the downstream was determined to be excessively polluted.

**2010, 78 page**

**Key words:** Benthic diatom, diatom indices, physico-chemical features, Akarçay



## TEŞEKKÜR

Bu alıőmamın her aőamasında emeği olan, bana rehberlik eden ve her zaman destekleyen değerli hocam ve tez danıőmanım Sayın Doç. Dr. Ersin KIVRAK'a, çalıőmamda Biyoloji Bۆlümü'nün her tۆrlü imkanlarından yararlanmamı sağlayan değerli bۆlüm baőkanımız Sayın Prof. Dr. Muhsin KONUK'a, Sayın Doç. Dr. Mustafa KARGIOğLU'na ve Sayın Doç. Dr. Ahmet SERTESER'e, diyatome indekslerinin analizlerinde bۆyuk yardımları olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan KALYONCU' ya ve yۆksek lisans eğitimim boyunca ders aldığım, bana yol gۆsteren bۆtün hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca çalıőmalarım boyunca beni destekleyen ve her zaman bana gۆ veren sevgili eőime, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen anneme, babama ve kardeőlerime sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayşe UYGUN

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CEE (CEC)	Descy ve Coste İndeksi
GDI (IDG)	Generik Diyatome İndeks
IPS	Kirlilik Hassasiyet İndeksi
L&M	Leclercq ve Maquet İndeksi
SHE	Steinberg ve Schiefele İndeksi
TDI	Trofik Diyatome İndeksi
EPI-D	Ötrofikasyon Kirlilik İndeksi
IDP	Pampean Diyatome İndeksi
SID	Rott Sabrobite İndeksi
EWFD	Avrupa Birliği Su Yönetmeliği
EPI-M	Makroskobik Algilere Bağlı İndeks
BOI <sub>5</sub>	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
SPI	Spesifik Kirlilik İndeksi
IBD	Biyolojik Diyatome İndeksi
SLA	Sládeček İndeksi
GI	Generik İndeks
DI-CH	Swiss Diyatome indeksi
TI	Trophic İndeks
SI	Sabrobik İndeks
DAI <sub>po</sub>	Organik Kirlilik İçin Diyatome Birliği İndeksi
km	Kilometre
EBK	Et ve Balık Kurumu
DSİ	Devlet Su İşleri
m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
(H)	Shannon-Weaver'in Tür Çeşitliliği İndeksi
(J)	Evenness İndeks
(D)	Simpson'un Baskınlık İndeksi

%PT	Kirililiğe Dayanıklı Takson Yüzdesi
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde
SELPUP	<i>Sellaphora pupula</i>
COCPLA	<i>Cocconeis placentula</i>
NTTUBI	<i>Nitzschia tubicola</i>
CYCMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
NAVCRYP	<i>Navicula cryptocephala</i>
CYMSOLEA	<i>Cymatopleura solea</i>
ENCYMIN	<i>Encyonema minutum</i>
ULULNA	<i>Ulnaria ulna</i>
AMPVEN	<i>Amphora veneta</i>
AMPPED	<i>Amphora pediculus</i>
GOMPPAR	<i>Gomphonema parvulum</i>
NTPALEA	<i>Nitzschia palea</i>
GOMPANG	<i>Gomphonema angustatum</i>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1 Akarçay Havzası haritası ve örnek alma istasyonlarının yerleşimi....	17
Şekil 4.1 Su sıcaklığının örnekleme istasyonlarına göre değişimi.....	27
Şekil 4.2 pH değerlerinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi.....	28
Şekil 4.3 Elektriksel iletkenlik değerlerinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi.....	28
Şekil 4.4 Çözünmüş oksijen değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	29
Şekil 4.5 Biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	29
Şekil 4.6 Kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	30
Şekil 4.7 Toplam çözünmüş madde miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	31
Şekil 4.8 Kalsiyum miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	31
Şekil 4.9 Magnezyum miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	32
Şekil 4.10 Amonyum azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi..	33
Şekil 4.11 Nitrit azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	33
Şekil 4.12 Nitrat azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	34
Şekil 4.13 Orthofosfat miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	34
Şekil 4.14 Epipelik diyatomelerin Shannon-Weaver tür çeşitliliği indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	43
Şekil 4.15 Epipelik diyatomelerin Evenness indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	43
Şekil 4.16 Epipelik diyatomelerin Simpson'un baskınlık indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	43
Şekil 4.17 Dominant epipelik diyatome taksonlarının Bary-Curtis benzerlik dendogramı .....	44
Şekil 4.18 Epifitik diyatomelerin Shannon-Weaver tür çeşitliliği indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	49

Şekil 4.19 Epifitik diyatomelerin Evenness indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi.....	49
Şekil 4.20 Epifitik diyatomelerin Simpson'un baskınlık indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	49
Şekil 4.21 Dominant epifitik diyatome taksonlarının Bary-Curtis benzerlik dendogramı .....	50
Şekil 4.22 EPI-D indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	52
Şekil 4.23 IDP indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	53
Şekil 4.24 SID indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	54
Şekil 4.25 TDI indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi .....	55

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1 Akarçay’da tespit edilen bentik diyatomelerin listesi.....	35
Çizelge 4.2 Akarçay’da epipelik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları .....	39
Çizelge 4.3 Akarçay’da epifitik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları .....	45
Çizelge 4.4 Akarçay’da hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları .....	56
Çizelge 4.5 Akarçay’da hesaplanan diyatome indeksleri ve fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları .....	56
Çizelge 4.6 Dominant epipelik diyatome taksonları ile fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları .....	58
Çizelge 4.7 Dominant epifitik diyatome taksonları ile fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları .....	58
Çizelge 4.8 Fiziko-kimyasal özelliklerin birbirleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları .....	59

## 1. GİRİŞ

Yeryüzünün en bol ve yaygın maddelerinden olan su, deniz ve okyanuslar, akarsular ve göller, kar ve buzullar olarak yeryüzünün dörtte üçünü kaplar. Gezegenimizdeki suyun tamamı 1,4 ile 1,7 milyar km<sup>3</sup> olarak belirlenmektedir. Ancak bu su miktarının büyük bir bölümü tuzludur veya buzul halindedir. Geri kalan kullanılabilir suyun, toplam su miktarına oranı % 2,5'tur (Cirik ve Cirik 1991).

Suyun bol olarak geçtiği yollar, tarih boyunca milletlerin uygarlıklarının gelişmesi için temel oluşturmuştur. İnsanlar su etrafında büyük yerleşim yerleri kurmuştur. Günümüzde küresel ısınma ve kirlenmenin etkisiyle azalan kullanılabilir su kaynakları önemini daha da arttırarak stratejik madde boyutunu kazanmıştır. Kullanılabilir su sadece insanların hayatı için zorunlu değil, bunun yanında ziraat ve evcil çiftlik hayvanları için de çok gerekli bir maddedir. Canlı yapısının büyük bir kısmını oluşturması, metabolik faaliyetlerde rol oynaması ve organik maddelerin üretimi için uygun ortam sağlaması açısından büyük öneme sahiptir.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz, ekolojik özellikleri birbirinden farklı olan çok geniş iç su sistemine sahiptir. Ülkemizde 178 000 km uzunluğunda 36 adet akarsu, yüzölçümü yaklaşık 9 000 km<sup>2</sup> olan 200'den fazla doğal göl ve sayıları her geçen yıl artan çok sayıda gölet ve baraj gölü bulunmaktadır (Cirik ve Cirik 1991). Ülkemiz sahip olduğu bu su kaynakları bakımından dünyanın şanslı ülkeleri arasındadır. Bununla birlikte su kirliliği ülkemizin önemli çevre sorunları arasında yer alır (Görmez 2003).

Sınırlı olan kullanılabilir tatlı su varlığının çok az kısmını insanlar içme, kullanma, sulama ve sanayide kullanma şansına sahip olduğu için, ülkeler için özel önem taşımaktadır. Zira, su altın ve petrol gibi az bulunmamakla beraber çok önemli ve değerli bir kaynaktır. Bu nedenle araştırmacılar ve diğer ilgililer, suyun endüstri ve tarımda kullanılması, sudan enerji sağlanması, sel kontrolü ve su rezervlerinin katı kimyasal ve termal atıklarla kirlenme tehlikesi üzerinde durmaktadırlar (Tanyolaç 2004).

Son yıllarda çevre ve su kirliliğinde oldukça artış görülmektedir. Hızlı nüfus artışı, zirai, hayvansal ve endüstri atıklarının arıtılmadan kontrolsüzce çevreye verilmesi su kaynaklarını kullanılamaz hale getirmekte ve dünyada temiz su potansiyeli gün geçtikçe azalmaktadır. Suyun kalitesi, potansiyel kullanımın belirlenmesinde temel kuraldır. Günümüzde suyun başlıca kullanım yerleri tarım ve endüstri alanları ve evsel gereksinimlerdir (Ketenoğlu vd. 2000). İnsan yaşamı için vazgeçilmez ve ikame edilmez bir unsur olan kullanılabilir su potansiyelimizin olumsuz gelişmelerden etkilenmesinin önlenmesi ve su kirliliğinin ciddi bir biçimde kontrol edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Uslu ve Türkman 1987).

Su verimliliği ve kalitesi, onun sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlıdır. Kaliteli bir su (içme suları) berrak, tortusuz, renksiz olmalı, çürük, yosun, küf, H<sub>2</sub>S, amonyak, bataklık, kokular vb. bulunmamalıdır. Buna suyun organolepti özellikleri de denilir. Suyun fazla bulanık olmasının kirlilik göstergesi olarak alınması gerekmektedir. Toplam katı maddeler, renk, bulanıklık derecesi, tad, koku, demir, manganez, bakır, çinko, kalsiyum, magnezyum, sülfatlar suyun kirlilik göstergesi olarak alınmaktadır. Ayrıca sülfatlar, klorürler, fenolik gruplar da suyun kalitesini ve içilebilirliğini azaltan önemli kirlilik göstergeleri olarak ele alınmalıdır. Suyun pH değeri de önemli bir değerlendirme faktörüdür (Güler ve Çobanoğlu 1997). Evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklı fosfor ve azot girdisi de sularda ötrofikasyona neden olarak su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Kurşun, kadmiyum, krom, arsenik ve civa gibi bazı ağır metaller normalde suda çok düşük miktarda buldukları halde, gıda zincirinin ileri aşamalarında bu maddelerin konsantrasyonları canlılarda ölümcül dozlara ulaşabilmektedir (Cirik ve Cirik 1991).

Sudaki başlıca organizmalar; bakteriler, algler, protozoalar, kurtlar ve kabuklulardır. Suda patojenik mikroorganizmalar hariç bu canlılardan az miktarda bulunmasının bir zararı yoktur. Ancak, fazla olursa tad, koku ve filtreleri tıkaması vb. bakımından bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Diğer taraftan bu organizmaların çoğu su sistemleri için yararlıdır (Güler ve Çobanoğlu 1997). Bakteriler ve mantarlar organik maddelerin yıkımını sağlayarak su ortamının azot, fosfat ve diğer bileşikler bakımından zenginleşmesini sağlar. Algler bu kaynakları kullanarak besin zincirinin ilk halkasını





Sucul alanlara insan faaliyetlerinin artan etkisi; araştırmacıları sucul sistemlerin durumunu hızlı bir şekilde değerlendirebilen biyolojik gözleme şemalarını geliştirmeye yöneltmiştir (Kelly and Whitton 1998). Akarsuların çevresel şartlarını değerlendirmek için balıklar, makrofitler, taban büyük omurgasızları ve algler kullanılmıştır (Round 1991, Kelly and Whitton 1998, Jarvie et al. 2002, Soininen and Könönen 2004). Özellikle son yıllarda bentik algler nehirlerin su kalitesini değerlendirmek için en yaygın şekilde kullanılan organizma grubunu oluşturmaktadır (Kelly and Whitton 1998, Jarvie et al. 2002, Soininen and Könönen 2004).

Nehirlerdeki bentik alglerin gelişimi ve tür zenginliği gibi biyolojik faktörler ile suyun fiziko-kimyasal yapısı birbirini etkilemektedir. Alg komunitasinin kompozisyonundaki kısa dönemli değişiklikler; bu faktörlerin etkisiyle hücrelerin göçü, popülasyonlar arasındaki gelişim oranı farkları ve ölüm gibi kayıp işlevleri ve diğer organizmaların beslenmesinden ileri gelmektedir (Bate et al. 2004).

Bentik alglerin diğer organizmalardan ayırt edici en önemli özelliklerinden birisi biomasının büyük ölçüde heterojen olmasıdır ve su ortamındaki sürekli ve geçici değişimlerde üstün olan tür kompozisyonuna sahip olmasıdır. Diyatomeler hücre ve tür sayısı bakımından bentik alg topluluğunun büyük bir kısmını oluştururlar (Çetin vd. 2002, Soininen 2004). Diyatomeler çevresel şartlardaki değişmelere toplu tepki göstermesi ve çok sayıdaki türünün dar tolerans aralığına sahip olmasından dolayı su kalitesini değerlendirmek için öncelikle kullanılırlar (Descy 1979, Kelly and Whitton 1995, Potapova et al. 2004).

Son yıllarda diyatomeler ve çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ile, nehirlerin su kalitesinin biyolojik yolla belirlenmesinde diyatomelerin kullanımı üzerine yapılan araştırmaların sayısı artmıştır (Kelly and Whitton 1995, Potapova et al. 2004). Bu konudaki araştırmalar akarsuların organik ve inorganik besin tuzları, tuzluluk, sabrobik zonlar ve pH gibi çevresel faktörlerin değişimine; diyatome komunitasinin tepkisi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar diyatomelerin nisbi bolluklarının değişimi, autekolojik (bireysel düzeyde ekoloji) toleransları ya da dağılımlarını değerlendirmek için; kommunité kompozisyon indekslerinin (tür, bolluk, çeşitlilik,

evenness gibi) kullanımı üzerine olmuştur (Lobo et al. 1995, Kelly and Whitton 1995, Fore and Grafe 2002). Avrupa’da ve dünyanın çeşitli ülkelerinde, nehirlerin su kalitesi ve kirlenme durumunu belirlemek için birçok diyatome indeksi geliştirilmiştir. Bu indekslerden bazıları şunlardır: CEE (CEC): Descy ve Coste Diyatome İndeksi (Descy and Coste 1991), GDI: Generik Diyatome İndeksi (Coste and Ayphassorrhho 1991), IPS: Kirlilik Hassasiyet İndeksi (Coste in CEMAGREF 1982), L&M: Leclercq ve Maquet İndeksi (Leclercq and Maquet 1987), SHE: Steinberg ve Schiefele İndeksi (Steinberg and Schiefele 1988), TDI: Trofik Diyatome İndeksi (Kelly and Whitton 1995, 1998).

Trofik Diyatome İndeksi (TDI) İngiliz nehirleri için geliştirilmiştir. Fosfor zenginleşmesi ile ilişkili olarak türlerin ağırlaştırılmış ortalama bollukları diyatome topluluğu için son sayı değeri hesaplanır. Daha düşük sayısal değerler nehirlerde besin tuzlarının azlığını (oligotrof) yansıtır. Daha yüksek sayısal değerler organik veya inorganik besin tuzlarının her birinin ötrofikasyonunu işaret etmektedir. Ayrıca kirliliğe toleranslı taksonlar sayılır ve bunların topluluk içindeki bulunma yüzdesi bir nehirde organik kirliliğin önemini karakterize eder (Kelly and Whitton 1995, Kelly 1998).

Ayrıca organik kirliliğin değerlendirilmesi için, Kolkwitz ve Marsson (1908, 1909) ’ un uyguladığı sabrobik sistem yöntemi; plankton ve perifiton komünitelerine ait mikroskopik indikatör türleri kullanan bir yöntemdir. Bu yöntemin Liebmann (1962), Sládeček (1973) ve diğer bazı araştırmacılar tarafından bazı yönleri geliştirilmiştir (Kazancı vd. 1997). Sabrobik İndekse göre nehirlerin organik kirlenme durumu temizden kirlenme derecesine göre beş zonda sınıflandırılmıştır (Ellenberg et al. 1991).

Bu araştırmada, Akarçay’ın bentik diyatome topluluğunun tür kompozisyonu, dominant türlerinin istasyonlara göre dağılımı ve suyun bazı fiziko-kimyasal özellikleri değerlendirilecektir. Bentik diyatome ile çayın su kalitesi arasında ilişki kurulmaya çalışılacak ve çayın su kalitesi değerlendirilmesinde biyolojik bir araç olarak geliştirilen EPI-D, IDP, SID ve TDI indeksler test edilecektir. Ayrıca kirliliğe dayanıklı diyatome taksonları belirlenip değerlendirilmesi yapılacaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Su Kirliliği ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Alglerin Önemi

Tabii kaynakların en önemli alanını oluşturan su aslında canlı bir ortamdır, çünkü içerisinde milyonlarca mikroskobik canlı varlık içerir. Bu varlıkların bir kısmı zemininde, bir kısmı da süspansiyon halinde bulunur. Ayrıca sulara belirli bir derinliğe kadar fotosentez yapabilen canlılar, sudaki canlı hayatın devamlılığını sağlar. Buna göre su, içerisinde erimiş halde gaz, madensel ve organik maddelerin bulunduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleriyle önemli bir ortam oluşturur (Ketenoğlu vd. 2000).

Su kirliliği insan etkisi sonucu ortaya çıkan, temiz su kaynaklarının kullanımlarını kısıtlayan veya tamamen engelleyen, bu sebeple ekolojik dengeleri alt üst eden, sudaki kalite değişimleridir. Diğer bir deyişle; kullanılan su kaynağının doğal yapısının, fiziksel veya kimyasal herhangi bir etmene bağlı olarak bozulmasıdır. Bu kirliliğin kaynağı ve boyutları, su içinde yaşayan organizmaların çeşitli yönde incelenmesi ile belirlenebilir (Solak 2008). Genel bir kural olarak aşağıdaki şartlar bir su kaynağında görüldüğünde kirlilikten söz edilebilir:

1. Evsel atıklar ile hayvansal ve bitkisel atıkları içeren endüstriyel atıkların suya karışarak bozunmaları sonucunda sudaki oksijenin tüketilmesi,
2. Evsel atıklardan ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan çeşitli hastalık etmenlerinin taşınması,
3. Alglerin ve su içi bitkilerin aşırı büyümesine neden olacak besleyicilerin belirli düzeylerin üzerinde bulunması,
4. Deterjan, pestisit gibi sentetik ve organik kimyasalların karışması,
5. Madencilikten kaynaklanan minerallerin, inorganik kimyasalların, fabrika atıklarının, petrol işletmelerinin ve zirai aktivitelerin sonucu kimyasalların bulunması (Ellenberg et al. 1991, Kazancı vd. 1997).

Su kalitesinin belirlenmesinde suyun fiziksel ve kimyasal yönden araştırılmasında genelde aşağıdaki parametreler ele alınır (Barlas 1995):

- Suyun o andaki gözle görülebilen durumu
- Akıntı durumu, ışık alma durumu ve sıcaklığı
- pH değeri
- Toplam karbonat sertliği
- Oksijen miktarı, oksijen farkı ve oksijen tüketimi
- Potasyum permanganat ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- Ortho- ve toplam fosfat miktarı
- Amonyum, nitrit ve nitrat azotu miktarı
- Klorid

Su kalitesinin tayininde son yıllarda suyun fiziksel ve kimyasal analizlerinin yanında biyolojik yönden değerlendirilmesi çok önem kazanmış ve bu yönde çalışmalar artmıştır. Bu çalışmalar günümüzden bir yüzyıl önce başlamış ve bazı araştırmacılar biyoindikatör ve sınıflandırmaları üzerine çalışmalar yapmışlardır (Barlas 1995, Kazancı vd. 1997). Bakteriler, protozoalar, taban büyük omurgasızları, makrofitler, balıklar ve bentik algler su kirliliğinin biyoindikatörü olarak kullanılmaktadır.

Bakteriler özellikle organik kirliliğin bulunduğu ortamlarda bol miktarlarda görülürler. Organik maddelerin yıkımını sağladıkları için, organik atığın karıştığı bölgeden sonraki akarsu zonunda bulunurlar. Bu nedenle saptanan özel türler ya da tür toplulukları kirlilik zonunu belirtir. Örneğin *Beggia* komuniteleri beta-polisaprobik zon için belirteç durumundadır. Belirli bakteriler su kökenli bir çok hastalığın halk sağlığını etkilemesinden dolayı çok iyi çalışılmış, özellikle dışkı kökenli olanların izolasyon teknikleri ve inceleme yöntemleri çok iyi gelişmiştir. Uzun yıllar boyunca koliform bakteriler temiz suyun, patojen olmayan barsak bakterisi *Escherichia coli* lağım kirliliğinin göstergesi olarak kullanılmıştır (Niemi and Niemi 1989, Kazancı vd. 1997).

Protozoa türlerinin çoğu lağım kirliliğinin bulunduğu bölgelerde görülür. Protozoa türlerinin toplanma teknikleri genellikle kolay olmakla beraber lağımın karıştığı bentik bölgelerden, lağım atıklarında gelişen türlerin sayısal olarak toplanmaları zordur (Kazancı vd. 1997). Bununla beraber Protozoa türlerinden özellikle siliatlar Avrupa'da

su kaynaklarının biyolojik olarak değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Madoni 1993).

Makroomurgasızların habitat tercihlerinin diğer gruplara göre çok daha sınırlı olması ve hareket yeteneklerinin az olması nedeniyle; ortamın olumsuz şartlarından etkilendiklerinde hemen yer değiştiremezler. Bu değişen ortam şartlarında kommunitel kompozisyonlarının değişmesi ve hassas türlerin yok olması nedeniyle daha kolay izlenebilirler. Bu türler yılın her döneminde bulunmaktadır ve hayat döngüleri uzun sürmektedir (Kazancı vd. 1997). Bu nedenlerden dolayı makroomurgasızlar ülkemizde ve dünyada su kalitesinin değerlendirilmesinde indikatör organizma olarak tercih edilmektedir (Kazancı vd. 1997).

Makrofitlerin indikatör olarak en önemli iki avantajı, sabit olmaları ve çıplak gözle rahatlıkla görülerek teşhis edilmeleridir. Fakat çeşitli kirleticilere karşı tepkileri halen tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Makrofit kommuniteleri iklim, jeoloji, toprak tipinden önemli derecede etkilenmektedir. Son yıllarda nehirlerin su kalitesinin değerlendirmesinde makrofitlerin kullanıldığı çalışmaların sayısı artmıştır (Chatenet et al. 2006, Daniel et al. 2006, Haury et al. 2006).

Balıklar suda yaşayan organizmalar içerisinde hareketli ve büyük oldukları için su kalitesi değerlendirmesinde biyoindikatör olarak kullanılmak için uygun değildir. Çünkü ortamda kirliliğin etkisi görüldüğünde yer değiştirebilirler ve şartlar düzeldiğinde aynı yere dönebilirler. Ancak kirlilik sonucu ölen balıkların akarsu veya göl kenarlarında görülmesi son aşamadaki yoğun kirliliğin çarpıcı göstergesi olarak önemlidir. Fakat biyolojik izleme yöntemlerinin kullanılma amacı kirliliği bu boyuta gelmeden saptamaktır (Kazancı vd. 1997).

Fitoplankton ve bentik alg topluluğu çevresel değişmelere çok hızlı tepki vermelerinden dolayı, göl ve nehirlerin çevre kirliliği ve trofik seviyelerinin belirlenmesinde önemli bir kriter olmaktadır (Rawson 1956, Wetzel 1983, Trifonova 1998, Reynolds et al. 2002). Birçok araştırmacı tarafından, akarsuların su kalitesinin değerlendirmesinde, dominant

diyatomerler indikatör olarak kabul edilir (Lange-Bertalot 1979, Sládeček 1986, Kalyoncu vd. 2009).

Bentik algler su kalitesi değerlendirme çalışmalarında kullanım için kendilerini ideal organizma yapan birçok niteliğe sahiptir:

- Bentik algler ototrof olduklarından dolayı besin zincirinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurları arasında su ekosisteminde çok önemli bir pozisyonda bulunur. Bu su ekosisteminde kritik bir zincirdir ve bu zincirdeki aksamalar akuatik (süclü) komünitelerin geri kalanını çok derinden etkileyebilir. Diyatome kompozisyonunu temel alan kirlilik indeksleri, organik kirlenmelere öncelikle ve daha fazla tepki göstermesinden dolayı bentik makroorganizmaları ya da protozoaları temel alan indekslerden daha doğru ve geçerli tahminler sağlandığını göstermiştir (Stewart et al. 1985, Leclercq and Maquet 1987).
- Bentik algler sessiz olmalarından dolayı, göç ya da başka yollarla potansiyel kirlenmelerden kurtulamazlar. Onlar kendilerini çevreleyen abiyotik (çevresel) faktörlere tolerans gösterir ya da ölürlür.
- Bentik alg komüniteleri diğer süclü gruplara göre genelde nispeten zengin tür çeşitliliğine sahiptir. Her bir tür kendisine özgü olan çevresel faktörlere toleransa ve tercihlere sahiptir (Lowe 1974, Beaver 1981, Van Landingham 1982). Böylece tüm birlik, çevresel göstergeler için zengin bir bilgi sunar.
- Bentik algler nispeten kısa bir hayat döngüsüne sahiptir. Bazı türlerin hücreleri her gün iki ve daha fazla bölünebilir, bundan dolayı çevresel şartlardaki değişimlere daha hızlı tepki verebilirler. Mevcut bentik alg komüniteleri çevresel strese ilk önce tepki gösteren organizmalar arasında olmalarından dolayı güncel çevresel şartları genellikle tam olarak yansıtan temsilcilerdir.
- Bentik alg komüniteleri ortamlarında yoğundur ve temsile dayanan doğal komüniteler birkaç santimetrekare substrattan toplanabilir.

- Bentik alg örneklerini elde etmek kolaydır. Bentik alg koleksiyonları yapılabilir. Diyatomeler istenildiğinde incelemek için ulaşılabilen daimi preparatlar halinde depolanabilir.
- Teşhisi çok zor değildir. Bentik alglerin taksonomisi genellikle ışık mikroskopunda kolaylıkla ayırt edilebilen hücre veya tallusun morfolojisine dayanır ve teşhislerinin yapılması için mükemmel taksonomik anahtarlar mevcuttur.

Su kalitesinin biyolojik yönden değerlendirilmesi konusu önem kazandıkça çeşitli biyolojik grupların kullanıldığı “Biyotik İndeks” çalışmaları son yıllarda oldukça artmıştır. Bazı araştırmacılar biyoindikatörler ve sınıflandırılmaları üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar sonucunda biyolojik su kalitesi tayin metotları geliştirilmiştir. Kolkwitz ve Marsson 1902 yılında ‘saprobik sistem’ adını verdikleri sistemle kirliliğin biyolojik göstergeleri kavramını getirmişlerdir. Saprobik indeksler organik kirliliğe karşı türlerin tepkileri üzerine kurulan bir sistemdir. Saprobik sistem Liebmann (1947) tarafından düzenlenerek günümüze kadar kullanılmaya gelmiştir (Barlas 1995). Son yıllarda çeşitli araştırmacılar da saprobik sistemi bazı değişikliklerle geliştirmişlerdir (Sládeček 1973, Mauch 1976, LAWA 1980).

Günümüzde diyatomelerin nehirlerdeki çeşitliliği ve nehirlerde bulunma nispi oranlarına dayanan çok sayıda indeks geliştirilmiştir (Schmedtje et al. 1998, BUWAL 2002). Bu indeksler dünyanın her tarafındaki birçok ülke tarafından nehirlerin su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmış ve sonuçların su kalitesinde başarılı olduğu rapor edilmiştir (Kalyoncu vd. 2009).

## **2.2 Dünyada Su Kalitesi Değerlendirme Uygulamaları ve Literatür Özeti**

Bentik diyatomelerin durumu EWFD’nin (Avrupa Birliği Su Yönetmeliği) yayınından önce, farklı Avrupa ülkelerinde nehirlerin su kalitesinin izlenmesinde esas alınıyordu. Avrupa ülkelerindeki nehirlerin su kalitesinin izlenmesinde diyatomelerin kullanılmasıyla ilgili çalışmalar Ács et al. (2004)’a göre aşağıda sunulmuştur:



İngiltere’de nehirlerin izlenmesi için indeks geliştirilmesi çalışmaları 1989 yılında Ulusal Nehirler Komitesi öncülüğünde başlamıştır. Avrupa Birliği Kentsel Atık Su Arıtım Yönetmeliği, ötrofikasyona maruz kalan nehirlerin belirlenmesini istemektedir. TDI indeksi bu çalışmalara paralel olarak geliştirildi. Makro alglerin örneklenmesi, teşhisi ve araştırılması hakkındaki metodolojik çalışmalar 1960’larda başlamıştı ve bu çalışmaların sonuçları 1987 yılında standart bir metodoloji kitabında özetlenmiştir. TDI indeksinin geliştirilmesinin yanı sıra, İngiltere’nin farklı yerlerinde potansiyel tehlikeli ve zehirli algler, cyanobakteriler, fitoplankton ve onların florimetrik analizleri üzerine çok sayıda algolojik çalışmalar yapılmıştır.

İtalya’da alglere bağlı su kalitesi izleme çalışmaları 1980’lerde başladı. Seksenli yıllardan itibaren araştırmacılar, öncelikle uygun metodolojiyi geliştirmeye yoğunlaştılar. Çalışmaların sonucunda birisi diyatomelere ve diğeri makroalgelere bağlı iki farklı ötrofikasyon/kirlilik indeksi geliştirildi. Bunların isimleri sırasıyla EPI-D ve EPI-M dir. Makroskobik alglere bağlı indeksin (EPI-M) kullanımının arazide direkt gözlemlere imkan veren sığ ve berrak suların durumlarını izlemede daha pratik olduğu bildirilmektedir. EPI-D indeksi suyun besin tuzu miktarı, organik kirlilik, toplam çözünmüş iyon konsantrasyonu (öncelikle bütün kloridler) ve bu parametrelere diyatomelerin hassasiyetini temel alarak hazırlanmıştır. EPI-D indeksi kullanılarak ve aynı fiziko-kimyasal ölçümler yapılarak dört su kaynağı incelenmiştir. Çoğu durumda, indeks değerleri BOI<sub>5</sub>, fosfat, inorganik azot, iletkenlik ve klor iyonu konsantrasyonu ile pozitif, oksijen konsantrasyonu ile negatif ilişki göstermiştir.

İspanya’da, su kalitesinin belirlenmesi için bentik diyatomeler seksen ve doksanlı yıllarda Ter Nehri’nde kullanılmıştır. Diyatome verileri PCA ve paralel su kimyası verileri yardımıyla işleme tabi tutuldu. Araştırmacılar, nehirlerin su kalitesinin değerlendirilmesinde bentik diyatomelerin başarılı bir şekilde uygulanabileceği sonucunu çıkardılar.

Avusturya’da 1995’ten önceki büyük proje tamamlanmıştır. Bunlardan biri bölgesel diyatome veri tabanının kontrolü ve analizinin yapılmasıdır. Diğeri ise son 15 yılda tespit edilen birçok türün sabrobi değeri, sıklık ve baskınlık değerinin baz alındığı

bentik alglerin bir kontrol listesinin oluşturulmasıdır. Bu liste esas alınarak bölgesel trofi indeksi geliştirildi.

Almanya’da algler için bir “Kırmızı Liste” hazırlanmıştır. Bu listede Almanya’da bulunan alg taksonları ve onların autekolojik bilgileri bulunmaktadır. Almanya’da izleme metotlarının çoğu diyatomelere bağlıdır. Tür ayırımı sistemi organik kirliliği izlemek için kullanılır. Tuzluluk “Ziemann Halobilik İndeks”, trofik durum ise “Hoffmann ve Schiefele-Kofmann Trofi İndeks” ile tahmin edilir. Asidifikasyon SHE indeksle ve Coring’in “Diyatome Birliği Tip Analizi” ile izlenir. SPI indeks hem organik kirliliği hem de trofi durumunun belirlenmesi için kullanılır.

Finlandiya’da yüzeysel suların 1990’larda izlenmesi esasen kimyasal parametrelere bağlı olarak yapılmaktaydı. Bununla beraber su kalitesi alg indekslerinin kullanımının Avrupa’nın her tarafında yaygınlaşmasından dolayı bu tür çalışmalar Finlandiya’da da başladı. 1970’lerden beri toplanan verilerden diyatome indeks değerleri hesaplanmış ve ilave örnek takımları yapay ve doğal substratlardan elde edilmiştir. “Omnidia 2” yazılımındaki indeksler test edilmiştir. İndeks değerleri suyun kimyasal parametreleriyle ilişkilendirilmiştir. Finlandiya sularının asit içeriği genelde yüksek seviyede olduğundan ve su kimyasını etkilediğinden, bu durum indeks sonuçlarını değerlendirirken göz önüne alınmıştır. İlk çalışmalarda, Finlandyalı araştırmacılar Avrupa’da geliştirilen bazı indekslerin Finlandiya’da kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bununla birlikte birkaç indeksle çalışmışlar ve Finlandiya sularının özel karakterinden dolayı sonuçların dikkatlice ele alınması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Portekiz’de 1991’de yayımlanan mevcut yasalara göre, rutin su kalitesi değerlendirilmesi fiziksel, kimyasal ve birkaç bakteriyolojik veriye göre yapılmaktadır. Bu yüzden diyatomelerin esas alındığı izleme çalışmaları seyrek ve uniform değildir. Bu tip çalışmalar çoğunlukla üniversite araştırma gruplarınca yapılmaktadır ve oldukça yenidir. 1970 ve 1980’li yıllarda Pantle-Buck, Zelinka-Marvan, daha sonra Descy, Coste ve Shannon-Weaver indeksleri kararsız sonuçlarla birkaç nehirde kullanılmıştır. Ülkenin kuzeyinde Klorofil-a, faeopigment, diyatome yoğunluğu ve Carlson Trofi İndeksi su kalitesi için kullanılmıştır. Son yıllarda Omnidia yazılımının indeksleri de

test edilmiş ve bazı yazarların Portekiz şartları göz önüne alınarak diyatomelemlerin autekolojik verilerinde bazı değışiklikler teklif etmelerine rağmen sonuçların ümit verici olduğu görölmüştür.

Son zamanlara kadar, algler Belçika ve Lüksemburg'da sadece nehirlerin biyolojik izlenmesi için ara sıra resmi kurum sorumluları tarafından kullanılmıştır. Bununla birlikte algoloji Belçika'da köklü bir geçmişe sahiptir. Su kalitesi analizleri için diyatome indekslerinin gelişimi ülkenin Valon kısmında 1970'lerde başlamıştır. Ülkenin Flaman bölgesinde ise detaylı diyatome araştırmaları yapılmış ve diyatome indeksleri geliştirilmiş olmasına rağmen, resmi su yönetim kurumları onları su kalitesi analizleri için kullanmamıştır.

Fransa'da 1980 yılından itibaren perifitik diyatome çalışmaları yapılmış ve birkaç indeks geliştirilmiştir. Su kalitesi izleme çalışmaları 1991'den beri sürekli yapılmış ve su kaynaklarının su kalite haritaları hazırlanmıştır. Geçmiş birkaç yıldır Fransa su yetkilileri ülkenin her yerinde rutin metot olarak kullanılabilir bir indeksin (IBD) geliştirilmesi üzerinde çalışma yapmaktadırlar. İndeksleri standardize etmeden önce, bu indekslerin kullanımını kolaylaştırmak için adım attılar. Işık mikroskobu teşhisleri için bir CD-ROM oluşturuldu ve indeksler sadece Omnidia içinde birleştirilmedi, bunun yanında indekslerin hesaplanması için özel bir yazılım (Omnibio) dizayn edildi.

Slovakya'da fitobentos ve fitoplankton çalışmaları 244 örnekleme noktasında sürekli olarak klorofil-a içeriği, hücre sayısı ve sabrobik indeks değerlerini temel alan Slovakya ulusal standartlarına göre yapılmaktadır. Bundan dolayı, bu ülkeler çok önemli nehirlerinin su kalitesi hakkında bilgilere sahip olurlar. Avrupa Birliği standartlarının ulusal standartlarla bütünleştirilmesi çalışmaları başlamıştır. Diğer AB standartlarına uyum çalışmaları devam ederken Klorofil-a konsantrasyon ölçümleri ve Scenedesmus inhibisyon pratikte yapılmaktadır. Çek Cumhuriyeti'nde ise sadece fitoplanktonun klorofil konsantrasyonu devamlı ölçülmektedir.

Estonya'daki algolojik çalışmalar yedi yıllık bir proje ile 1991 yılında başlamıştır. Estonya'da 1994 yılında 25 nehrin su kalitesi hakkında bir fikir edinmek için biyolojik,

kimyasal ve hidrobiyolojik çalışmaları içeren genişletilmiş yeni bir proje başlamıştır. Algolojik çalışmaların hedefi temelde fitoplanktonun pigment içeriği, bireysel sayım ve dominant türlerin belirlenmesidir. Estonya’da nehirlerin diyatome flora çalışmaları daha az yapılmaktadır. 1995, 1998 ve 1999’da üç nehrin bentik diyatome ve kimyasal parametreleri su kalitesi analizleri yapmak için incelenmiştir. Bentik diyatome komuniteleri bu bentik uygulamalar temel alınarak su kalitesi izlenmesinde önerilmiştir (Vilbaste 2001).

Polonya’da yüzey sularının izlenmesi çalışmaları 1960’tan beri yapılmaktadır ancak su kalitesi izleme sisteminde 1990’da birlik sağlanmıştır. O yıllarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik (koliler, klorofil konsantrasyonu ve Pante-Buck sabrobitesi gibi) parametreleri temel alan üç kategori tanımlanmıştır. Polonyalı araştırmacılar çok önemli sularının her birisinin su kalitesi hakkında bilgi sahibi oldular. Günümüzde Polonya’lı araştırmacılar planktonik ve bentik alglerin yapısal analizi, tür çeşitliliği gibi algolojik taramaları da içine alan geniş bir ölçüm aralığı olan izleme sistemini tamamlamaya çalışıyorlar. Algolojik, kimyasal ve fiziksel verilerin yardımıyla diyatome indeksleri test edilmiştir. SPD ve GDI indeksleri Polonya şartları için çok uygun bulunmuştur. AB normlarına bağlı su kalitesi izleme çalışmaları için yapılması gereken prosedür Polonya’da tamamlanmıştır.

Macaristan’da bentik algal çalışmalar 1960’lardan beri bireysel olarak yapılmaktadır. Bu çalışmaların hepsi başlangıçta büyük nehirler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bentik diyatome çalışmaları bu yıllarda düzenli olmamasına rağmen, her biri, küçük su sistemleri üzerine de yoğunlaştılar. Dunube Nehri’nin Szietsköz kolunda 1990’lardan beri bentik diyatome çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca diyatome indeksleri kullanılarak da su kalitesi değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır.

Güney Amerika’da su kalitesi değerlendirmesinde diyatome kullanılması çok az çalışmada bulunmaktadır. Lobo et al. (1996) ve Lobo and Bender (1998), Brezilya nehirlerinin su kalitesini değerlendirmek için sabrobik sistemi kullanmışlardır. Gómez (1998) Arjantin’de bentik diyatome kullanarak Matanza-Riachuelo nehir sisteminin

su kalitesini değerlendirmiştir. Gómez and Licursi (2001) Arjantin nehirlerinde organik kirliliği değerlendirmek için Pampean Diatom İndeksi (IDP) geliştirmiştir.

Uzakdoğu'da nehir ve göllerin su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılması için DAİpo indeksi geliştirilmiştir. Tayvan'da nehirlerin su kalitesi değerlendirmesi Wu ve Suen (1985) tarafından başlatılmıştır. Wu, 1999 yılında Tayvan nehirlerinin su kalitesini değerlendirmek için Diyatome Jenerik İndeksi geliştirmiştir (Wu 1999).

Ülkemizde ise nehirlerin su kalitesinin değerlendirilmesi Devlet Su İşleri tarafından örnekleme noktalarından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri ile yapılmaktadır. Ülkemizde bentik alg çalışmaları 1980'lerden beri bireysel olarak yapılmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik (taban büyük omurgasızları ve diyatome) parametrelere göre su kalitesi değerlendirme çalışmaları hızlanmıştır. Türkiye'de akarsuların biyolojik yöntemlerle su kalitesinin değerlendirilmesi Girgin ve Kazancı (1994) ve Girgin (1997) tarafından yapılmıştır. Yaptıkları bu çalışmada Ankara Çayı'nın su kalitesi fiziko-kimyasal parametrelerin yanında taban büyük omurgasızlarına dayanan biyolojik indeksler kullanılarak değerlendirilmiştir. Barlas vd. (2001), Bodrum Çayı'nda Sabrobik indeks kullanarak çayın su kalitesini değerlendirmiştir. Gürbüz ve Kıvrak (2002), dört farklı indeks kullanarak Karasu Nehri'nin (Erzurum) su kalitesini değerlendirmişlerdir.

Günümüzde ülkemizin su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik olarak değerlendirilmesi artarak devam etmektedir (Kalyoncu 2002, 2006, Solak vd. 2007a, b). Türkiye'de ilk olarak Akçay'ın (Muğla - Denizli) su kalitesi Omnidia yazılımı kullanılarak 17 farklı diyatome indeksi kullanılarak su kalitesi değerlendirilmesi için test edilmiş ve bunlardan 7 indeks su kalitesinin değerlendirilmesi için uygun bulunmuştur (Solak vd. 2007). Son yıllarda Isparta ve çevresindeki akarsuların su kalitesini değerlendirmek için fiziko-kimyasal parametrelerin yanında biyolojik indeksler de kullanılmıştır (Kalyoncu ve Barlas 1997, Kalyoncu vd. 2004, Kalyoncu vd. 2008, Kalyoncu vd. 2009). Ülkemiz akarsularında yapılan çalışmalar, akarsuyun su kalitesini değerlendirmeden daha ziyade, onların fiziko-kimyasal özellikleriyle beraber

fitoplankton ve bentik alg florasının tespiti üzerine yapılmıştır. Ülkemizde bu konudaki çalışmalar 1980'li yıllardan itibaren artış göstermiştir.

Ülkemiz akarsularında alglerle ilgili bazı çalışmalar şunlardır: Yıldız (1984a, b) Meram çayındaki algleri incelemiştir. Altuner (1988) Aras Nehri'nin bentik diyatomelerinin listesini ve nehir suyunun bazı fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Altuner ve Gürbüz (1989, 1991) Karasu Nehri'nin fitoplankton ve bentik alg florasını belirlemişlerdir. Yıldız ve Özkıran (1991) Kızılırmak Nehri'nin alglerinin florasını belirlemişlerdir. Gönüloğlu ve Arslan (1992) İncesu Deresi'nin bentik alg florasını incelemişlerdir. Şahin (1992) Trabzon çevresindeki dere ve göllerin alg florası üzerine çalışmalar yapmıştır. Yıldız ve Atıcı (1996) Ankara Çayı'nın bentik diyatome florasını yayınlamışlardır. Papuçcu ve Altuner (1998) Yeşilirmak Nehri'nin alglerini ekolojik özellikleriyle birlikte incelemişlerdir. Atıcı ve Obalı (1999) Çoruh Nehri'nin bentik diyatome florasını çıkarmışlardır.

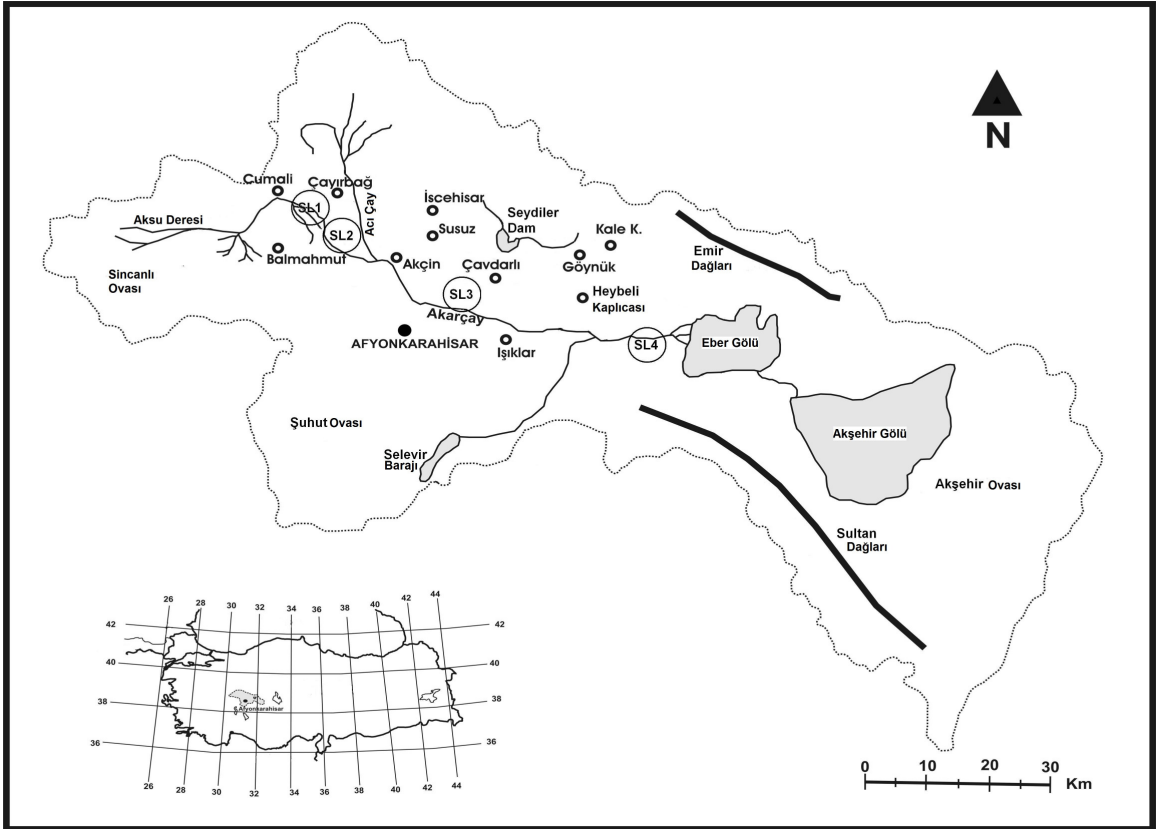
Ülkemiz akarsularında diyatome indeksleri kullanılarak su kalitesi değerlendirmesi çalışmaları çok yenidir ve oldukça azdır. Yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır: Barlas vd. (2001, 2002) sırasıyla Sarıçay ve Akçapınar Deresi ve Gökova Kadın Azmağı Deresi'nin su kalitesini epilitik diyatomeeleri kullanarak SLA indeksine göre değerlendirmişlerdir. Gürbüz ve Kıvrak (2002) Karasu Nehri'nin su kalitesini epilitik diyatomeelerini temel alarak GI, TDI, SLA ve DAİpo indekslerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Isparta çevresindeki çay ve derelerin (Isparta, Aksu, Darörensü) kalitesi fiziko-kimyasal verilere ve diyatome indekslerinden Swiss Diyatome indeksi (DI-CH), Trophic İndeks (TI) Sabrobik İndeks (SI)'e göre değerlendirilmiştir (Kalyoncu ve Barlas 1997, Kalyoncu vd. 2004, 2008, 2009). Türkiye'nin batı bölgelerindeki çay ve derelerin su kalitesi fiziko-kimyasal verilere ve Omnidia yazılımı kullanılarak diyatome indekslerine göre değerlendirilmiştir (Solak ve Barlas 2006, Solak vd. 2007 a, b).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Yapısı

Akarçay Havzası coğrafi olarak Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinin birleştiği bir noktada yerleşmiştir ve her üç bölgede de toprakları bulunmaktadır. Havzanın geniş bir kesimi, Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu bölümündedir. Doğu ve kuzeydoğuda yer alan arazinin bir bölümü İç Anadolu Bölgesine taşar. Havzanın önemli bir kesimi, Afyonkarahisar il sınırları içinde kalmakta olup, doğudan Konya sınırları içine girmektedir (Anonim 2002).



Şekil 3.1 Akarçay Havzası haritası ve örnek alma istasyonlarının yerleşimi

Akarçay Havzası, İç Ege ile Orta Anadolu'nun batısında, Afyonkarahisar-Akşehir arasında Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusunda uzanan yaklaşık 130 km uzunluğunda,

20 km genişliğinde bir çöküntü havzasıdır. İç Batı Anadolu eşiği üzerinde yer alan güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu dağ dizilerinden en doğuda olan Emir ve Türkmen Dağları, havzayı kuzeydoğudan, İlbudak Dağı kuzeybatıdan, Sultandağları güneydoğudan, Ahır Dağı ve Kumalar Dağı ise güneybatıdan sınırlandırmaktadır. Havza içinde batıda Sincanlı Ovası, Güneyde Şuhut Ovası, Kuzeyde Afyon- Bolvadin Ovası, doğuda ise Akşehir Ovası bulunmaktadır (Anonim 2002).

Akarçay Havzasında yer alan en önemli akarsular Akarçay ile Kali Çayıdır. Sincanlı Ovasının batısında çok sayıda gözeden doğan, Akdeğirmen, Ayvalı, Balmahmut ve Köprülü istikametinden geçerek Afyon Ovasına ulaşan Aksu Deresi ile İhsaniye Gazlıgöl tarafından doğup güneye doğru akan Afyon Akarı Afyon'un batısında buluşarak Akarçay nehrini oluşturur. Bu noktadan itibaren doğuya doğru akan Akarçay ile Şuhut Ovası'ndan doğarak, Selevir Barajı üzerinden kuzeydoğu istikametinde akan Kali Çayı birleşerek çayın batısında Eber ve Akşehir göllerine ulaşır. Bu akarsular dışında havzanın güneydoğusunda Sultandağları'ndan kuzeye doğru akan Çay Deresi, Dort Deresi ve Engili Dere, Akşehir ve Eber göllerine yağışlı mevsimlerde su taşıyan diğer önemli akarsulardır (Anonim 2002).

Havzadaki dağlık alanlarda bitki örtüsü genel olarak karaçam ve ardıçlardan oluşur. Ovalar ise çıplaktır. Sultandağları kesiminde meyve ağaçları bulunmaktadır (Anonim 2002).

Havzada iklim, yükselti ve denizlerden uzaklık nedeniyle İç Anadolu iklimine benzer. Kışları soğuk ve karlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi vardır. İlkbahar ve sonbaharda ise daha çok yağmur şeklinde yağış alır (Anonim 2002).

Akarçay'ı besleyen büyük kollardan Aksu, Acı ve Kali çaylarının kış aylarında nehre fazla miktarda su taşıdığı ilk örnek aldığımız Mart ayında gözlenmiştir. En düşük akımın Temmuz-Ağustos aylarında olduğu gözlenmiştir.



### 3.1.2 Akarsular

İnceleme alanında yer alan en önemli akarsu Sincanlı Ovası'ndan başlayarak doğuya Eber Gölü'ne doğru akan Akarçay'dır. Havzanın en batısında yer alan Elvanpaşa, Tazlar ve Karacaören köyleri çevresinde yer alan kaynaklardan Koca Dere adıyla başlayan nehir, Akdeğirmen köyü yakınında Akçaşar tarafından gelen kollar ile birleşerek Balmahmut-Köprülü köylerini izleyerek Gecek hamamından sonra Afyon Ovası'na ulaşır. Akarçay'a Balmahmut köyünden sonra Uyuz, Kızık, Ömer ve Gecek sıcak su kaynaklarından termal su katkısı olmaktadır. Bu bölgede Araplı Deresi olarak adlandırılmaktadır. Nehir, Afyon'un doğusunda Akçin köprüsünde kuzeyden gelen Sivrikaya (Gazlıgöl) Deresi ile birleşerek doğu yönünde akışına devam eder. Bu kesitten itibaren Akarçay adını alır. Çobanlar'a gelmeden önce Seyitler Deresi (Kuruçay) ile birleşir. Çobanlar'ın güneyinden itibaren yer yer bataklık bir alanda doğu yönünde akışına devam eden Akarçay, Maltepe köyünün kuzeyinde Şuhut Ovası'ndaki Kali Çayı ile birleşir. Doğuya doğru akarak Bolvadin köprüsünden geçip Eber Gölü'ne ulaşır (Anonim 2002).

### 3.1.3 İklim Özellikleri

1965 ile 1990'lı yıllar arasında meteoroloji istasyonlarında yapılan değerlendirmeler sonucu yağışlı bir dönemin hüküm sürdüğü gözlenmiştir. 1990 yılından günümüze kadar ise kurak bir dönem görülmüştür. 1995-1998 yılları arasında tekrar yağışlı bir dönemin hüküm sürdüğü gözlenmektedir (Anonim 2002).

Yağışın yıl içerisindeki dağılımında en yüksek değer Aralık ve Nisan-Mayıs aylarında, en düşük değer ise Ağustos-Eylül aylarında gerçekleştiği görülür. Tüm yağışların ortalama %35'i Aralık, Nisan ve Mayıs aylarında yıllık toplam yağışın yaklaşık %70'i Aralık ayından Haziran ayı sonuna kadar gerçekleşmektedir. Ekim ayından sonra artmaya başlayan yağış değeri, Aralık ayından sonra azalmakta, Mart, Nisan, Mayıs aylarında tekrar artış göstermektedir. Yağış Haziran ayından itibaren azalışa geçmekte Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında çok az gerçekleşen yağış, yıllık toplam yağışın %10'unu oluşturmaktadır (Anonim 2002).

### 3.1.4 Akarçay Havzası Kirletici Unsurları

Akarçay Havzasının kapalı bir sistem olması havza içerisinde tüm faaliyetlerin yarattığı kirleticilerin havza içinde kalmasına neden olmaktadır. Özellikle yüzey sularına karışan tüm kirleticiler Eber ve Akşehir Göllerinde toplanmaktadır (Anonim 2002).

Havzada kirletici kaynakların başında yerleşim yerleri gelmektedir. Akarçay Havzası sınırları içinde Afyonkarahisar il merkezi, Sincanlı, Şuhut, İscehisar, Bolvadin, Çay, Çobanlar, Akşehir ve Tuzlukçu ilçe merkezleri yer alır. Havza sınırları içerisinde yaklaşık 605.000 kişi yaşamaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin kanalizasyon sistemleri Akarçay aracılığı ile Eber Gölü'ne ulaşmaktadır. Havzanın doğusunda yer alan Akşehir ve Tuzlukçu ise kanalizasyonlarını Akşehir Gölü'ne drene etmektedir (Anonim 2002).

Afyon ili kanalizasyonu Akarçay'a deşarj edilmektedir. 2000 yılına kadar arıtılmadan deşarj edilen atık sular, atık su arıtma tesisinin tamamlanmasından sonra arıtılarak deşarj edilmektedir (Anonim 2002).

Akşehir kanalizasyon sistemi 1980 yılından sonra çalışmaya başlamıştır. Havzada yer alan diğer ilçelerin atık su arıtma tesisi bulunmamaktadır (Anonim 2002).

Havzada yer alan sanayi tesisleri bir diğer önemli kirletici unsurdur. Akarçay'a Afyon kanalizasyonu aracılığıyla deşarj yapan önemli sanayi tesisleri arasında Efes Pilsen Malt, TSEK, EBK tesisleri sayılabilir. Yine Afyon Şeker Fabrikası ile Bolvadin Alkoloid Fabrikası atık sularını Akarçay'a deşarj etmektedir (Anonim 2002).

Bu tesisler dışında havzada Afyon ve İscehisar'da iki adet organize sanayi ile Afyon, Bolvadin, Çay ve Şuhut'ta dört adet küçük sanayi sitesi bulunmaktadır (Anonim 2002).

Akarçay Havzasında su kalitesini etkileyecek diğer önemli unsur ise tarımsal faaliyetlerdir. Bu faaliyetler sonucu havza su yüzeyinde kullanılan kirleticiler, havza su kaynakları kalitesini etkilemektedir (Anonim 2002).

Akarçay Havzasında yer alan termal sular, hem yer altı suyu hem de yüzey suları için kirletici etkide bulunmaktadır (Anonim 2002).

Akarçay Havzasını kat eden karayolları ve demir yolu taşımacılığı ve Afyon Havaalanı yüzey su kaynaklarının çok yakınında bulunmaktadır. Bu ulaşım yollarını kullanan araçların sıvı ve gaz atıkları, ağır metal kirliliği ile oksijen tüketici etkilere yol açmaktadır (Anonim 2002).

## 3.2 Metot

### 3.2.1 Örnekleme İstasyonlarının Seçimi ve Tanıtımı

#### I. İstasyon

Balmahmut köprüsü, DSİ örnekleme istasyonunun hemen yanından seçilmiştir. Akarsu genişliği bu istasyonda yaklaşık 3 m kadardır ve akarsu bu istasyonda diğer istasyonlara göre nispeten hızlı akar. Su derinliği 70-80 cm kadardır. Akarsuyun tabanı çok az çakıllı, çamur ve balçık yapısındadır. Etrafında ve çayın yatağında seyrek bir bitki örtüsü vardır. Etrafı tarım alanlarıyla çevrelenmiş durumdadır. Evsel atıklardan ve tarım alanlarından gelen atıklardan etkilenmektedir. Bu istasyonda akarsu etrafındaki bitki formasyonu çoktur. Akarsuyun zemininde *Alisma plantago-aquatica*, *Ranunculus saniculifolius*, *Oenanthe aquatica*, *Mentha aquatica*, *Potamogeton nodosus*, *Lycopus europaeus* bitkileri bulunmaktadır.

#### II. İstasyon

Bu istasyon termal otellerin (Gecek, Ömer vs.) aşağısından seçilmiştir. Akarsuyun buradaki genişliği yaklaşık 5 m ve derinliği 40-50 cm kadardır. Akarsuyun tabanı çok az çakıllı, çamur ve balçık yapısındadır. Etrafı tarım alanlarıyla çevrelenmiş durumdadır. Termal otellerin deşarjından ve tarım alanlarından gelen atıklardan etkilenmektedir. Çayın yatağında seyrek bir bitki örtüsü vardır. Akarsuyun zemininde *Plantago major* subsp. *intermedia* ve *Polygonum amphibium*, *Ranunculus*

*saniculifolius*, *Oenanthe aquatica*, *Mentha aquatica*, *Potamogeton nodosus*, *Lycopus europaeus* bitkileri bulunmaktadır.

### **III. İstasyon**

Afyonkarahisar'ın aşağı kısmından Gümüşkent villalarına yakın bir noktadan seçilmiştir. Akarsuyun genişliği yaklaşık 5-6 m ve derinliği 40-50 cm kadardır. Akarsuyun yatağı geçirimsiz, kalın, killi-marnlı bir zona sahip olup bataklık konumundadır. Bu istasyon endüstriyel, evsel ve şehir atıklarından etkilenmektedir. Çevresinde tarım alanları bulunmaktadır. Çayın yatağında seyrek bir bitki örtüsü vardır. Akarsuyun üstünde yüzer halde *Lemna trisulca* bitkileri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra istasyonda aşırı kirlenmeye ve ötrofikasyona bağlı olarak rizumlu ve uzun boylu sazlık bitkiler hakim duruma geçmiştir.

### **IV. İstasyon**

Bu istasyon Şeker Fabrikasının alt kısmından seçilmiştir. Akarsuyun genişliği yaklaşık 10-12 m ve derinliği 50-60 cm kadardır. Akarsuyun zemini çamur ve balçık yapısındadır. Bu istasyon Şeker Fabrikası ve tarımsal atıklardan etkilenmektedir. Çayın yatağı sık bitki örtüsüyle kaplanmıştır ve suyun akıntısı çok yavaştır. Akarsuyun üstünde yüzer halde *Lemna trisulca* bitkileri bulunmaktadır.

## **3.2.2 Örneklerin Alınması ve Korunması**

### **3.2.2.1 Su Örneklerinin Alınması, Saklanması ve Fiziko-Kimyasal Analizi**

Çay suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek için Mart-Aralık 2008 tarihlerinde her ay belirlenen dört örnekleme istasyonundan su örnekleri alınmıştır. Örnekleme her ay düzenli olarak birinci istasyondan dördüncü istasyona doğru, sabah saat 8:00 ile 12:00 arasında yapılmıştır. Su örnekleri, diyatome örneklerinin alındığı noktalardan 1 litrelik plastik kaplarla alınmıştır. Alınan su örnekleri termoslu kaplara konularak laboratuara getirilmiştir. Akarçay'daki araştırma periyodu süresince, çay suyunun

sıcaklığı, pH'sı, elektriksel iletkenliği ve çözünmüş oksijen miktarı Multi 340i (WTW) cihazı ile örnek alma anında ölçülmüştür. Suyun kalsiyum, magnezyum, konsantrasyonları titrasyon yöntemiyle yapılmıştır. Su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam çözünmüş madde, kalsiyum ve magnezyum iyonları, orthofosfat (PO<sub>4</sub>-P), amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N) ve nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N) konsantrasyonunun ölçümleri APHA (1995) tarafından önerilen standart metotlara göre yapılmıştır.

### **3.2.2.2 Epipelik Alg Örneklerinin Toplanması**

Akarçay'ın sedimanları üzerinde yaşayan epipelik diyatomeleleri incelemek için seçilen dört istasyondan örnekler her ay periyodik olarak alınmıştır. Örnekleri almak için 8 mm çapında ve 80 cm boyundaki plastik boru kullanılmıştır. Plastik boru sediment yüzeyinde sifon yaptırılmak suretiyle, boru içine çamurlu suyun dolması sağlanmıştır. Bu şekilde alınan çamur su karışımı her örnek 250 ml kapasiteli kavanozlara boşaltılmıştır. Her örnek almada eşit miktarda çamurlu su örnekleri laboratuara getirilerek, karanlık bir odada çökmeye bırakılmıştır. Kavanozların üzerinde bulunan fazla sular alındıktan sonra, kalan çamurlu örnekler petri kaplarına boşaltılmıştır. Kaplarda kalan çamur tekrar iyice çalkalanarak 9 cm çapındaki petri kutularına, kabın her tarafına 1 cm kalınlığında olacak şekilde yayılmıştır. Petri kutularına boşaltılan çamurun tamamen çökmesi beklendikten sonra üzerinde kalan su, bir pipetle dikkatli bir şekilde çekilerek 100 ml'lik behere alınmıştır. Petri kaplarında 24 saat sonra çamur yüzeyine hareket eden algler küçük bir fırçayla kazınarak 100 ml'lik behere alınmıştır. Hazırlanan bu örneklerden diyatomelelerin daimi preparatları yapılmıştır.

### **3.2.2.3 Epifitik Alg Örneklerinin Toplanması**

Akarçay'ın dere yatağında yetişen *Potamogeton nodosus* ve *Polygonum amphibium* türlerine ait bitkiler toplanmış ve üzerinde bağımlı yaşayan algler incelenmiştir. Alınan örnek bitkiler musluk altında yıkanıp kazınmak suretiyle, üzerinde yaşayan

organizmalar bir beher içerisinde toplanmıştır. Bu şekilde elde edilen ve içinde epifitik diyatomeleri ihtiva eden sudan daimi preparatlar hazırlanmıştır.

#### **3.2.2.4 Epipelik ve Epifitik Diyatomelerin Teşhisi ve Sayımı**

Diyatomelerin teşhis edilebilmesi için hücrelerin organik maddelerinden kurtarılması gerekmektedir. Bu işlem için petri kutusunda kalan lameller, beherler içerisinde saf su ile yıkanmış ve örnekler santrifüjle çöktürülerek fazla su atılmıştır. Fazla suları uzaklaştırılan tüpler içindeki çökeltinin üzerine 1 cm<sup>3</sup> doymuş KMnO<sub>4</sub> çözeltisi konularak 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Bu safhada çökelti mor renklidir. Renk siyah veya koyu kahverengi olunca, üzerine 2 cm<sup>3</sup> HCl ilave edilerek tüplerin ağızları parafilm ile kapatılmıştır. Ağızları kapatılan tüpler 25°C' ye ayarlanmış etüve konularak örneğin siyah rengi sarıya dönüşüncüye kadar bekletilmiştir. Daha sonra organizmaların asitten arındırılması için, tüpler her defasında saf su ile doldurularak 5 defa santrifüj edilmek suretiyle asit uzaklaştırılmıştır (Hasle 1978). Böylece organik maddeden kurtarılan ve sadece silisli hücre çeperi (valva) kalan diyatome türleri "Entellan" ortam maddesi ile daimi preparatları yapılarak teşhis edilmiştir.

Preparatlar Olympus BX50 araştırma mikroskobu ile 1000x büyütmede incelenmiştir. İncelenen her bir preparatta 200 diyatome valvası sayılmış ve taksaların teşhisi yapılmıştır. Diyatomelerin teşhisinde Krammer ve Lange-Bertalot (1986, 1991a, 1991b, 1999) Round et al. (1990) ve Hartley et al. (1996)'dan yararlanılmıştır. Ayrıca [algaebase.org](http://algaebase.org) internet sitesinden kontrolleri yapılmıştır (Guiry and Guiry 2009).

#### **3.2.3 Biyolojik Olarak Su Kalitesi Belirleme Yöntemleri**

##### **3.2.3.1 Ötrofikasyon ve Kirlilik İndeksi (EPI-D)**

Diyatomeler temel alınarak Dell'Uomo (2004) tarafından geliştirilen ötrofikasyon ve kirlilik indeksinin formülü aşağıda verilmiştir:

$$EPI - D = \frac{\sum_{j=1}^n a_j r_j i_j}{\sum_{j=1}^n a_j r_j}$$

Bu formülde kullanılan öğelerin açılımları;

$a_j$ = türlerin nisbi bolluğu

$r_j$ = türlerin indikatör değeri

$i_j$ = türlerin besin tuzları ve organik kirliliğe duyarlılığı

### 3.2.3.2 Pampean Diatom İndeksi (IDP)

Pampean diatom indeksi aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmıştır:

$$IDP = \frac{\sum_{j=1}^N I_{idp} j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^N A_j}$$

Bu formülde kullanılan öğelerin açılımları;

$I_{idp} j$ = 0-4 arasında türlerin oranlamasından her bir

tür için elde edilen spesifik indeks değeri

$A_j$  = türlerin nisbi bolluğu

### 3.2.3.3 Saprobi İndeksi (SID)

Su kalitesinin bentik diyatomeleler kullanılarak Saprobi indeksine göre belirlenmesinde Zelinka and Marvan (1961) ve Rott et al. (1997) tarafından geliştirilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemde uygulanan formül;

$$SID = \frac{\sum SI.GI.HI}{\sum GI.HI}$$

Bu formülde kullanılan öğelerin açılımları;

$S_i$  = Organizmaların saprobi değeri

$H_i$  = Türün yoğunluğu

$G_i$  = İndikasyon ağırlığı

### 3.2.3.4 Trofik Diyatome İndeksi (TDI)

Trofik diyatome indeksi aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmıştır;

$$TDI = (WMS \times 25) - 25$$

Bu formülde kullanılan öğelerin açılımları;

$a_j$  = türün bolluğu

$s_j$  = türün kirlilik hassasiyeti (1-5)

$v_j$  = türün indikatör değeri (1-3)

WMS =Ağırlaştırılmış ortalama hassaslık

$$WMS = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j v_j}$$

### 3.2.4 İstatistiksel Metotlar

Bentik diyatome kommunitésinin Shannon-Weaver tür çeşitliliği ( $H'$ ), Evenness indeks ( $J'$ ) ve tür baskınlığını değerlendirmek için Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) ve Bary-Curtis benzerlik indeksi Past 2.0 (PAleontological STatistics)'da hesaplanmıştır (Hammer 2010). Korelasyon analizleri SPSS 15'te yapılmıştır.

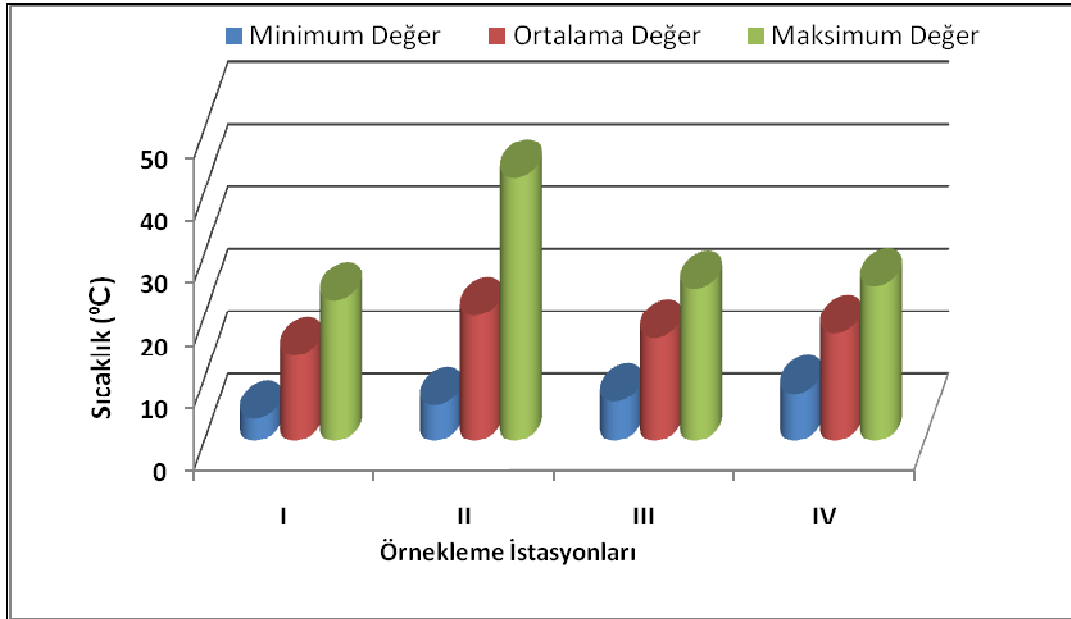


## 4. BULGULAR

### 4.1 Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

#### 4.1.1 Su Sıcaklığı

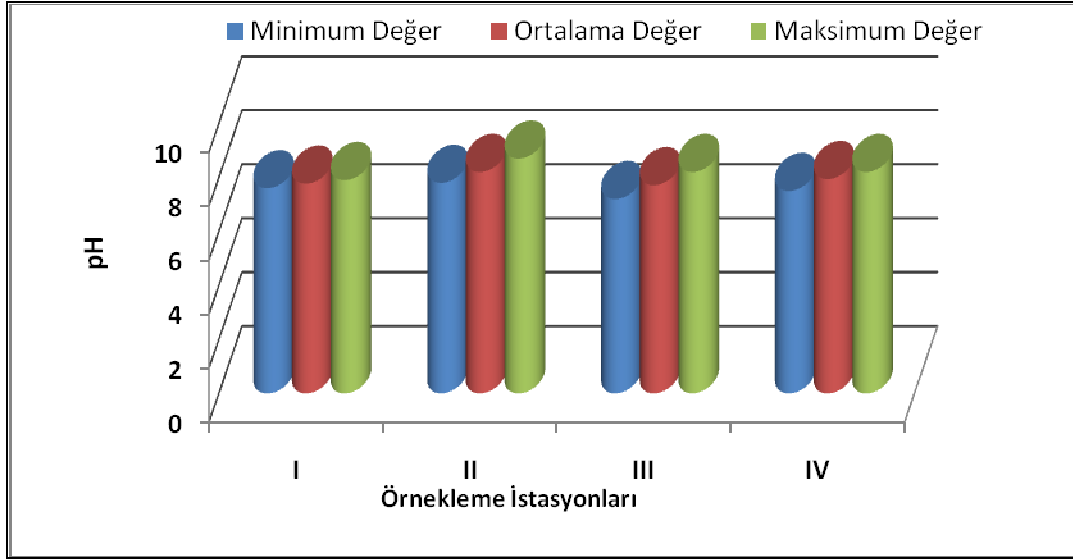
Su sıcaklığı Mart ayında bütün istasyonlarda en düşük değerde ölçülmüştür. Hava sıcaklıklarının artması ile beraber su sıcaklığında da paralel bir artış gözlenmiştir. En düşük sıcaklık değeri Mart 2008'de I. istasyonda (3,6 °C), en yüksek sıcaklık değeri ise Ağustos 2008'de II. istasyonda (42,3 °C) ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık değerlerinin III. ve IV. istasyonlarda araştırma periyodu boyunca birbirine yakın olduğu saptanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Su sıcaklığının örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.1.2 pH

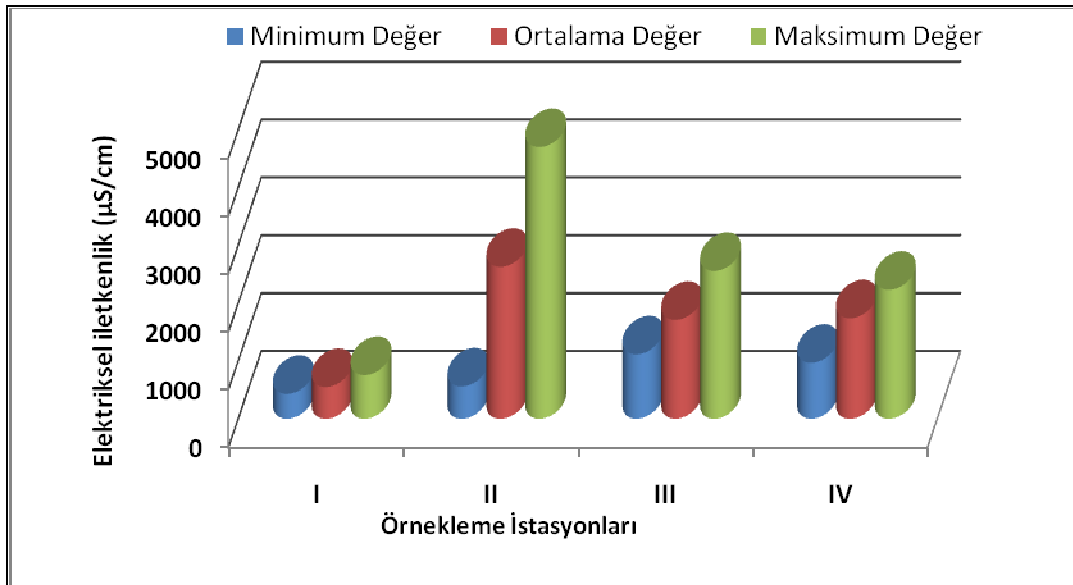
En düşük pH değerleri Haziran 2008'de 7,4 ile III. istasyonda, en yüksek pH değeri 8,7 ile Eylül 2008'de II. istasyonda ölçülmüştür. Ortalama en düşük pH değerleri I. istasyonda ölçülürken, en yüksek pH değerleri II. istasyonda ölçülmüştür. I. istasyonda pH değerlerinin diğer istasyonlardan daha düşük olduğu saptanmıştır. pH'ın istasyonlara göre değişimi şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 pH değerlerinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.1.3 Elektriksel İletkenlik

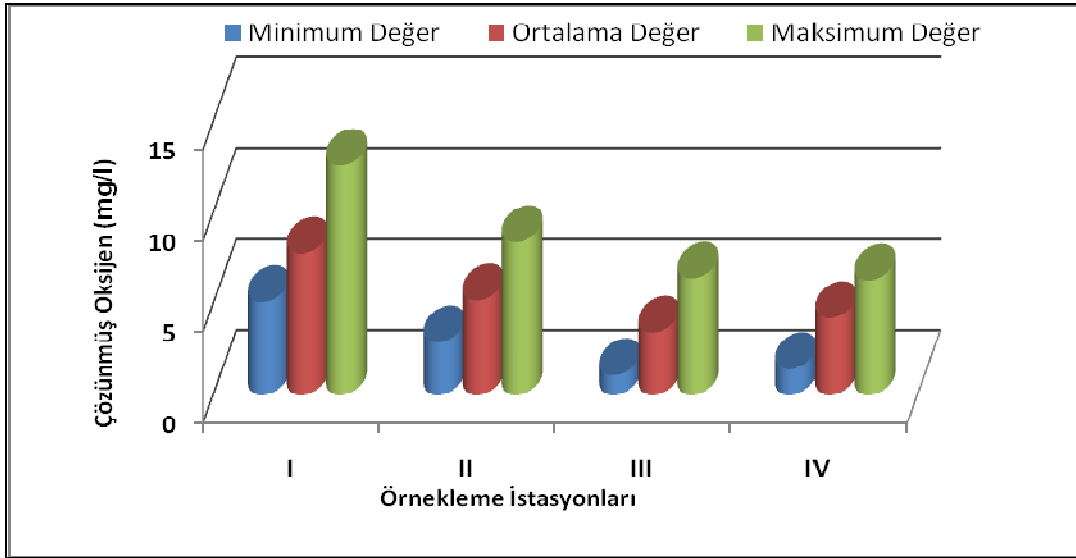
Elektriksel iletkenliğin en düşük değerleri Mart 2008’de I. istasyonda  $430 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak, en yüksek değeri ise Eylül 2008’de II. istasyonda  $4698 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik değerlerinin bütün örnekleme istasyonlarında yaz sonlarında bir artış gösterdiği saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3 Elektriksel iletkenlik değerlerinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

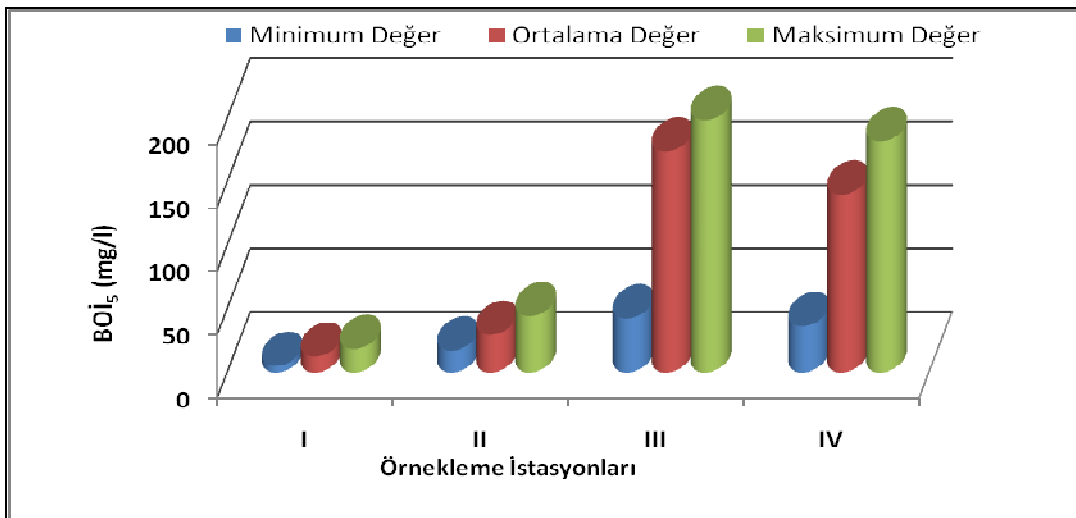
#### 4.1.4 Çözünmüş Oksijen

En yüksek çözünmüş oksijen değerleri Mart 2008’de I. istasyonda 12,6 mg/l olarak ölçülmüştür. En düşük çözünmüş oksijen değerleri ise yaz aylarında Haziran, Temmuz ve Ağustos 2008’de III. istasyonda sırasıyla 1,2 mg/l 1,1 mg/l ve 1,2 mg/l olarak ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4 Çözünmüş oksijen değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi

#### 4.1.5 Biyolojik Oksijen İhtiyacı

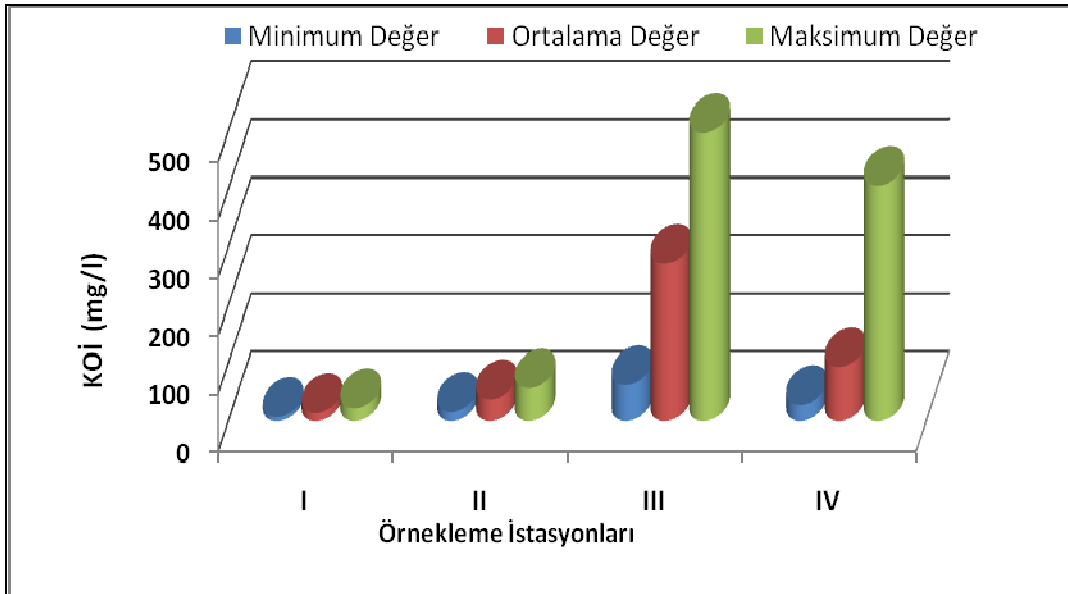


Şekil 4.5 Biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi

En düşük biyolojik oksijen ihtiyacı miktarı Mart 2008’de I. istasyonda 5,1 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı miktarı ise Eylül 2008’de III. istasyonda 198,2 mg/l olarak ölçülmüştür. III ve IV. istasyonda ölçülen biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin sürekli olarak I. ve II. istasyondakinden çok yüksek olduğu saptanmıştır. Biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 4.5’te verilmiştir.

#### 4.1.6 Kimyasal Oksijen İhtiyacı

En düşük kimyasal oksijen ihtiyacı Nisan 2008’de I. istasyonda 7,3 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı ise Eylül 2008’de 497,2 mg/l olarak ölçülmüştür. III. ve IV. istasyonda kimyasal oksijen ihtiyacı çok yüksek bir artış göstermektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 4.6’da verilmiştir.

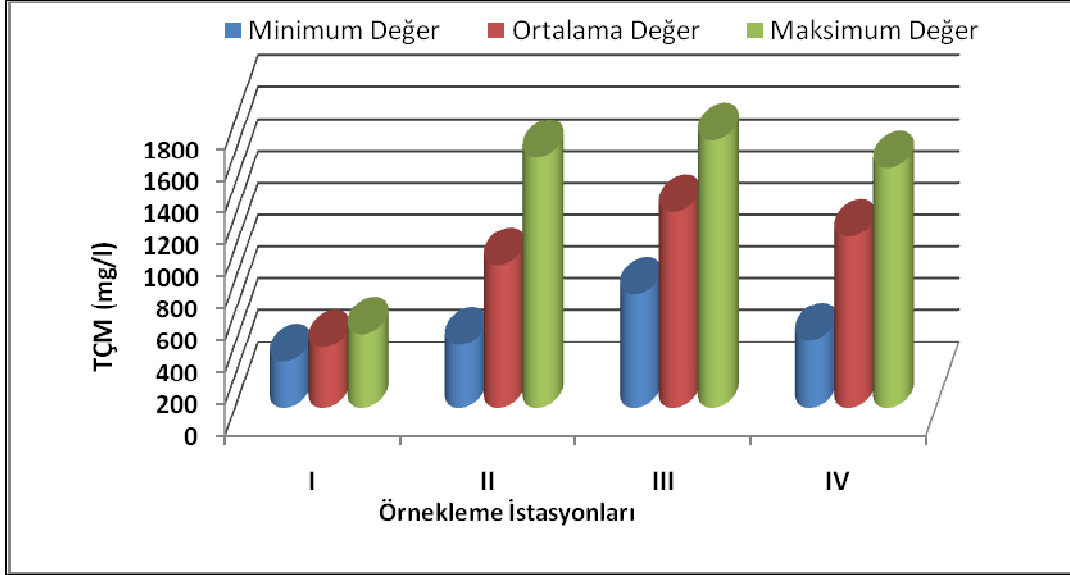


Şekil 4.6 Kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi

#### 4.1.7 Toplam Çözünmüş Madde

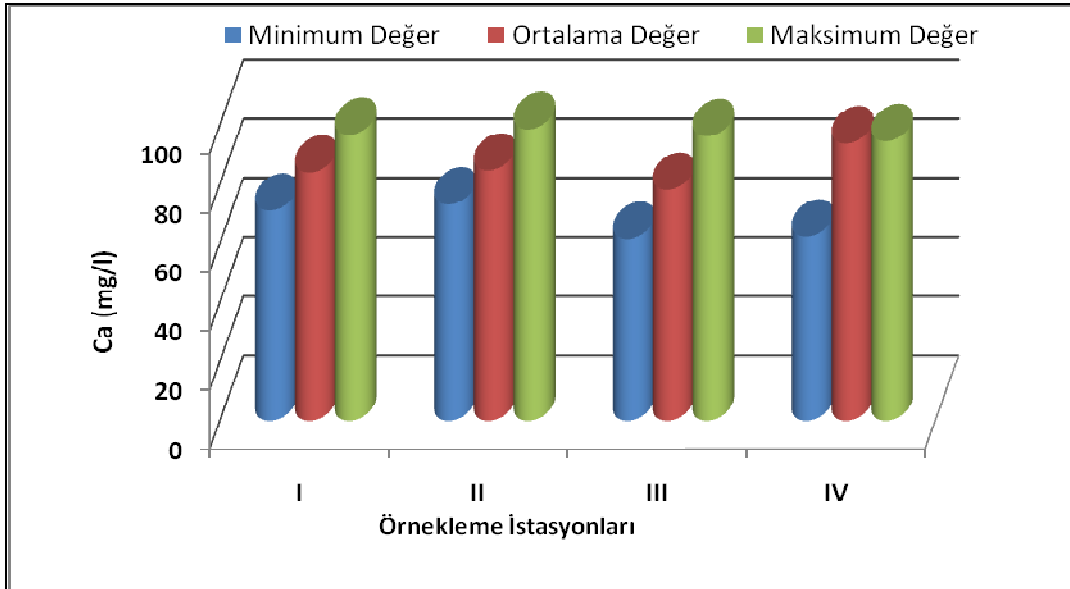
En düşük toplam çözünmüş madde miktarı I. istasyonda Mart 2008’de 292 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek toplam çözünmüş madde miktarı 1680 mg/l olarak III.

istasyonda ölçülmüştür. Toplam çözünmüş madde miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Toplam çözünmüş madde miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi

#### 4.1.8 Kalsiyum İyonu



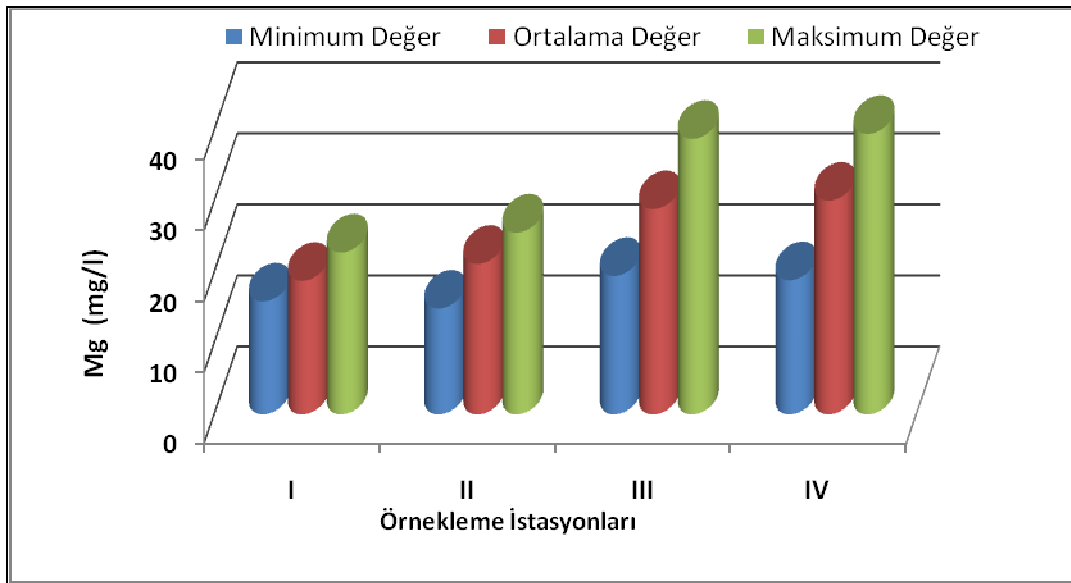
Şekil 4.8 Kalsiyum miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi

Kalsiyum miktarı 61,5 mg/l ve 96,3 mg/l arasında değişmiştir. Kalsiyum miktarının örnekleme istasyonlarda yakın değerlerde olduğu saptanmıştır. Yaz aylarında kalsiyum

miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Kalsiyum miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.8’de verilmiştir.

#### 4.1.9 Magnezyum İyonu

Toplam magnezyum miktarı 15,9 ile 39,3 mg/l arasında değişiklik göstermiştir. Araştırma süresince ölçülen magnezyum ortalaması ise 4,75 mg/l olmuştur. Magnezyum miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.9’da verilmiştir.

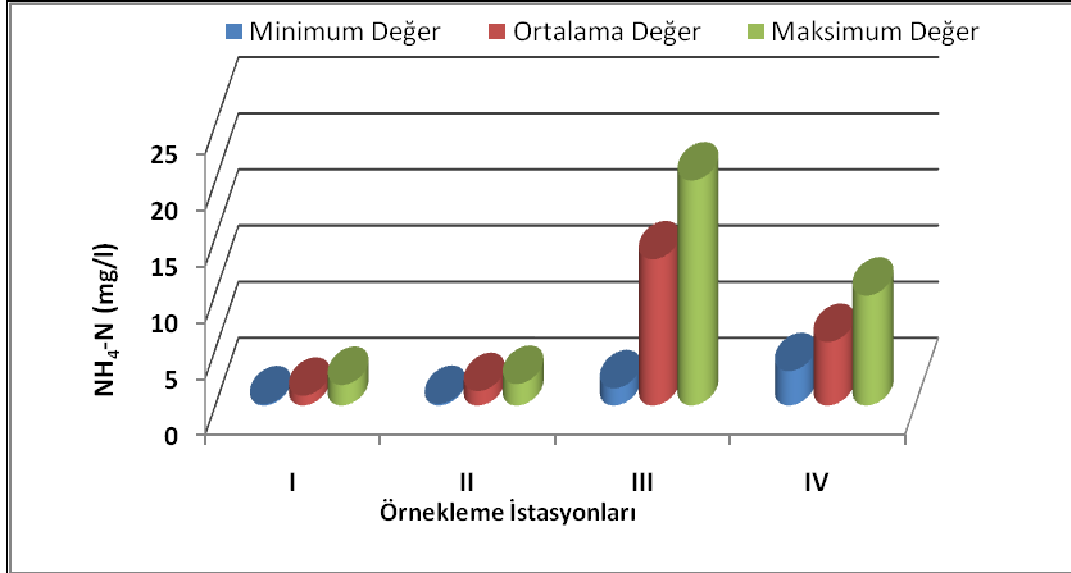


Şekil 4.9 Magnezyum miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi

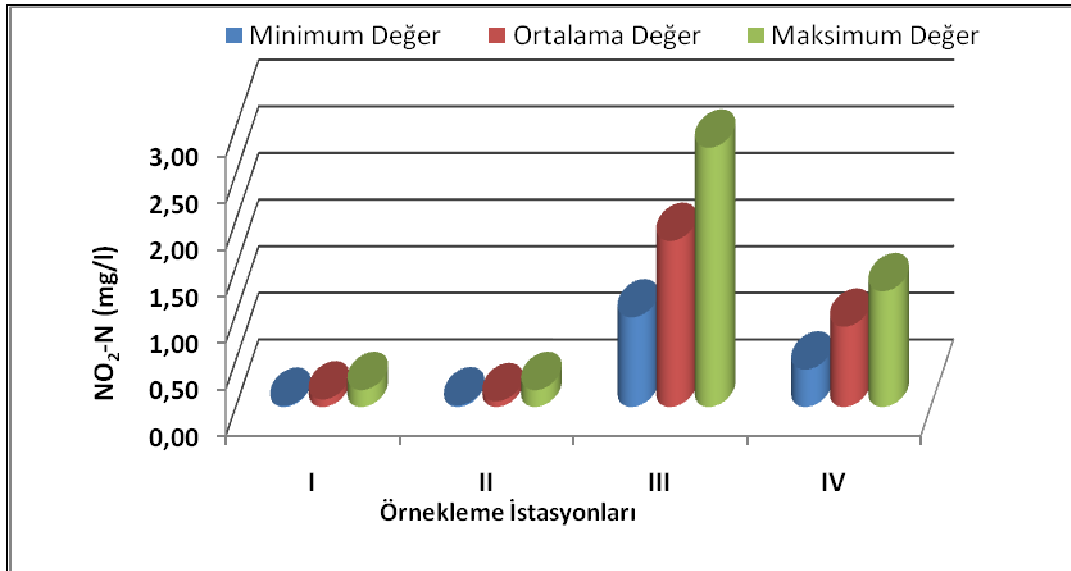
#### 4.1.10 Besin Tuzları

**Amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N):** En düşük amonyum azotu miktarı Mart 2008’de I. istasyonda 0,11 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek amonyum azotu miktarı ise Ağustos 2008’de III. istasyonda 20,04 mg/l olarak ölçülmüştür. III istasyonda ölçülen amonyum azotu miktarı sürekli olarak diğer istasyonlardakinden çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Amonyum azotu değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 4.10’da verilmiştir.

**Nitrit (NO<sub>2</sub>-N):** En düşük nitrit azotu miktarı I. istasyonda Nisan 2008’de 0,012 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek nitrit azotu miktarı Eylül 2008’de 2,78 mg/l olarak III. istasyonda ölçülmüştür. Çayın ortası ve sonlarında nitrit azotu miktarında artış olduğu saptanmıştır. Nitrit azotu miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.11’de verilmiştir.

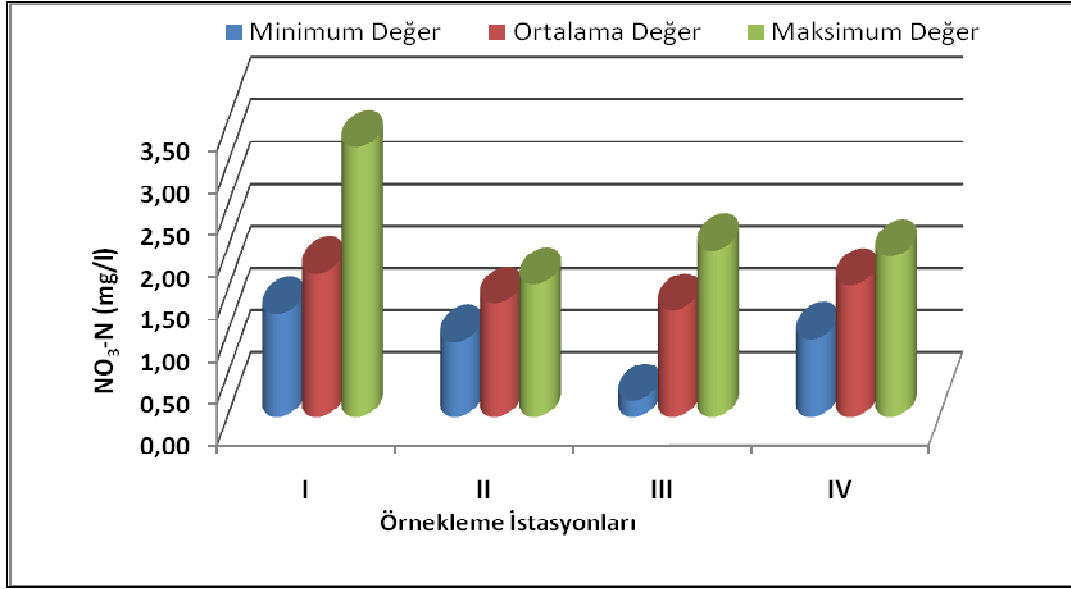


**Şekil 4.10** Amonyum azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi



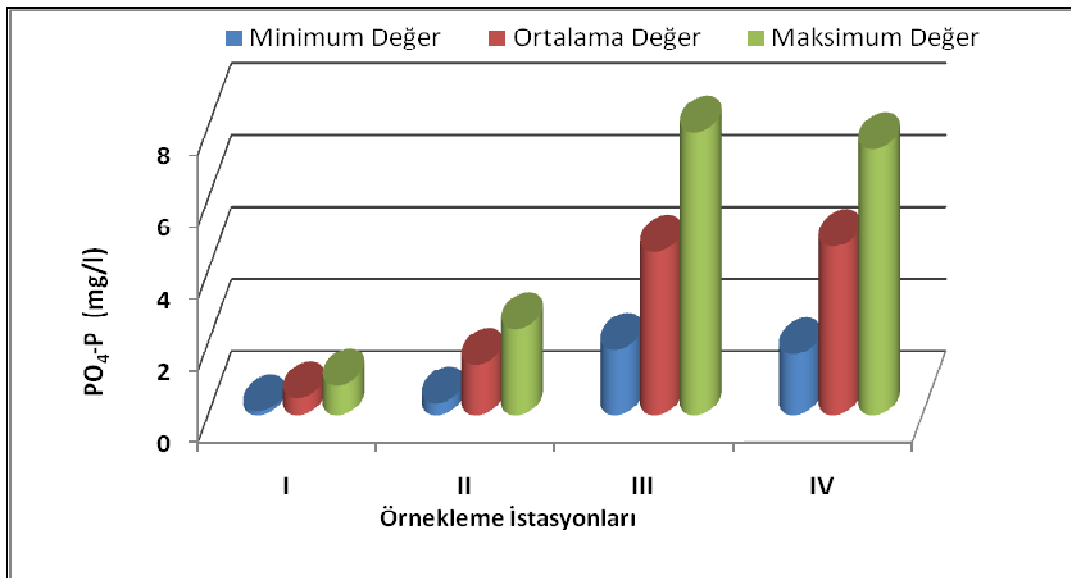
**Şekil 4.11** Nitrit azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi

**Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N):** En düşük nitrat azotu miktarı Temmuz 2008’de 0,9 mg/l ile II. istasyonda, en yüksek nitrat azotu miktarı ise 3,21 mg/l ile Mart 2008’de I. istasyonda ölçülmüştür. Nitrat azotu miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.12’de verilmiştir.



**Şekil 4.12** Nitrat azotu miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi

**Orthofosfat (PO<sub>4</sub>-P):** En düşük orthofosfat miktarı Kasım 2008’de I. istasyonda 0,11 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek orthofosfat miktarı ise Ekim 2008’de 7,86 mg/l olarak ölçülmüştür. Orthofosfat miktarının istasyonlara göre değişimi şekil 4.13’te verilmiştir.



**Şekil 4.13** Orthofosfat miktarının örnekleme istasyonlara göre değişimi



## 4.2 Bentik Diyatome Topluluğu

### 4.2.1 Bentik Diyatome Topluluğunun Yapısı

Akarçay'ın bentik diyatome topluluğu, epipelik ve epifitik diyatome olarak incelenmiş ve 44 cinsde ait toplam 128 takson kaydedilmiştir. 80 takson hem epipelik hem de epifitik diyatome topluluğunda bulunmuştur. *Nitzschia* ve *Navicula* epipelik ve epifitik diyatome topluluğunda dominant olurken, *Nitzschia* cinsi (5 tür) epipelik, *Gomphonema* cinsi (4 tür) ve *Navicula* cinsi (4 tür) epifitik diyatome topluluğunda dominant olmuştur. Akarçay'da bu araştırma süresinde tespit edilen bentik diyatome türlerinin listesi çizelge 4.1'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1** Akarçay'da tespit edilen bentik diyatome türlerinin listesi

TAKSONLAR	Epipelik	Epifitik
<i>Achnanthydium affine</i> (Grunow) Czarnecki		*
<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grunow) D. B. Czarnecki		*
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>affinis</i> (Grunow) Bukhtiyarova	*	
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt	*	
<i>Amphora coffaeiformis</i> (Agardh) Kützing	*	
<i>Amphora commutata</i> Grunow	*	
<i>Amphora minuta</i> Pantocsek	*	*
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	*	*
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A. Schmidt	*	*
<i>Amphora veneta</i> Kützing	*	*
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>sculpta</i> f. <i>minor</i> Serbanescu & Serbanescu	*	*
<i>Anomoeoneis vitrea</i> (Grunow) Ross	*	
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	*	*
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	*	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	*	*
<i>Campylodiscus bicostatus</i> W. Smith	*	
<i>Campylodiscus hibernicus</i> Ehrenberg	*	*
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	*	*
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	*	*
<i>Craticula accomoda</i> (Hustedt) D.G. Mann	*	*
<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) D.G. Mann	*	*
<i>Craticula halophila</i> (Grunow in Van Heurck)	*	*
<i>Cyclotella glomerata</i> H. Bachmann	*	*
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	*	*
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	*	*

**Çizelge 4.1 (Devam) Akarçay’da tespit edilen bentik diyatomelerin listesi**

<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W. Smith	*	*
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	*	*
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs	*	*
<i>Cymbella affinis</i> Kütz	*	*
<i>Cymbella amphicephala</i> Näegeli	*	*
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner		*
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	*	*
<i>Cymbella obscura</i> Krasske	*	
<i>Cymbella similis</i> Krasske	*	
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson in Kützing) van Heurck	*	*
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	*	
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg	*	*
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>vulgare</i> Bory	*	*
<i>Encyonema latens</i> (Krasske) D.G. Mann	*	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	*	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	*	*
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	*	
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	*	*
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J. Stickle & D.G. Mann	*	*
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J. Stickle & D.G. Mann	*	*
<i>Fragilaria capucina</i> subsp. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	*	*
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	*	*
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>danica</i> (Keutzing) Grunow	*	*
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>oxyhynchus</i> (Keutzing) Van Heurck		*
<i>Geissleria schoenfeldii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	*	*
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	*	*
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg		*
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	*	*
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg		*
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	*	*
<i>Gomphonema minutum</i> (C. Agardh) C. Agardh		*
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	*	*
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>minutissimum</i> Hustedt		*
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	*	*
<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	*	
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	*	*
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	*	*
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	*	*
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	*	*
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann		*
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	*	
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	*	*

**Çizelge 4.1** (Devam) Akarçay’da tespit edilen bentik diyatomelerin listesi

<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	*	*
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	*	
<i>Navicula capitulata</i> Frenguelli		*
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	*	*
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	*	*
<i>Navicula elginensis</i> (W. Gregory) Ralfs	*	*
<i>Navicula gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing		*
<i>Navicula gastrum</i> var. <i>signata</i> Hustedt		
<i>Navicula gerloffii</i> Schim.		*
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	*	*
<i>Navicula pseudotuscula</i> Hustedt	*	
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kütz.	*	*
<i>Navicula salinarum</i> Grunow	*	*
<i>Navicula submuralis</i> Hustedt		*
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	*	*
<i>Navicula veneta</i> Kützing	*	*
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	*	*
<i>Neidium alpinum</i> Hustedt C	*	
<i>Neidium bidonis</i> (Ehrenberg) Husdedt	*	
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve	*	
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	*	*
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	*	
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	*	*
<i>Nitzschia angustata</i> Grunow	*	*
<i>Nitzschia austriaca</i> Hustedt	*	*
<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs P		*
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	*	*
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow		*
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith	*	*
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow	*	
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	*	*
<i>Nitzschia paleacea</i> Grunow	*	
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	*	*
<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch	*	
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow	*	*
<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot		*
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	*	
<i>Petronella humerosa</i> (Brébisson ex W. Smith) A.J. Stickle & D.G. Mann	*	*
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	*	*
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	*	*
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	*	*
<i>Planolithidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	*	*

#### Çizelge 4.1 (Devam) Akarçay’da tespit edilen bentik diyatomelerin listesi

<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	*	*
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	*	*
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller	*	*
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	*	*
<i>Staurasira construens</i> Ehrenberg	*	*
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	*	*
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	*	
<i>Staurophora salina</i> (W. Smith) Mereschkowsky		*
<i>Surirella angusta</i> Kützing	*	*
<i>Surirella brebisonii</i> var. <i>punctata</i> Krammer	*	*
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	*	*
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	*	*
<i>Surirella subsalsa</i> W. Smith		*
<i>Synedrella parasitica</i> (W. Smith) Round & N.I. Maidana		*
<i>Tryblionella calida</i> (Grunow in Cleve & Grunow) D.G. Mann	*	
<i>Tryblionella gracilis</i> Hantzsch	*	*
<i>Tryblionella littoralis</i> (Grunow) D.G. Mann	*	
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M. Aboal	*	*
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	*	*

### 4.3 Epipelik Diyatome Topluluğu

#### 4.3.1 Epipelik Diyatome Topluluğunun Yapısı

Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında yapılan araştırmada epipelik diyatome florasında 107 tür tespit edilmiştir. Örnek alma istasyonlarından I. ve II. istasyonlarda dominant türlerde benzerlik gözlenmiştir. III. ve IV. istasyonlarda da dominant türleri birbirine benzerlik göstermiştir. Çayın başlangıç kısmı (I. ve II. istasyon) ile son kısmı (III. ve IV. istasyon) arasında tür kompozisyonu ve dominant türlerinde farklılık saptanmıştır. I. istasyonda *Cocconeis placentula* Ehrenberg (%12,6), *Cyclotella meneghiniana* Kützing (%10,1) *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky (%12,6), *Nitzschia tubicola* Grunow (%10,3), *Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith (%5,4) dominant diyatome türleri olmuşlardır (Çizelge 4.2). *Cocconeis placentula* ve *Sellaphora pupula* tüm araştırma periyodu boyunca dominant olurken, *Cyclotella meneghiniana* yaz ve sonbaharda, *Cymatopleura solea* ilkbahar ve yaz başında, *Cymbella affinis* Kütz ilkbahar başında, *Amphora veneta* Kützing ilkbaharda, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P.

Compère sonbaharda, *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing ilkbaharda dominant diyatome türleri olmuştur.

*Cocconeis placentula* (%12,55), *Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann (%7,05), *Amphora veneta* (%7,6), *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow ex A. Schmidt (%5,5), *Cymatopleura solea* (%4,36), *Cyclotella meneghiniana* (%3,95) II. istasyonda dominant diyatome türleri olmuştur (Çizelge 4.2). *Cocconeis placentula* ilkbahar, yaz ve sonbaharda dominant olurken, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus* ve *Cyclotella meneghiniana* ilkbahar ve yazda, *Encyonema minutum* ilkbaharda ve sonbaharda, *Navicula cryptocephala* Kützing ve *Sellaphora pupula* sonbaharda epipelik diyatome topluluğunda dominant olmuştur.

III. istasyonda *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith (%55,85) ve *Navicula cryptocephala* (%9,9) dominant olurken, *Ulnaria ulna* (%3,85), *Nitzschia linearis* (Agardh) W. Smith (%2,75), *Gomphonema parvulum* (%2,05) subdominant diyatome türleri olmuşlardır. *Nitzschia palea* tüm araştırma periyodu boyunca %50' nin üzerinde bolluk oranıyla sürekli olarak dominant olmuştur. *Navicula cryptocephala* ilkbahar, yaz ve sonbaharda, *Ulnaria ulna* yaz ve sonbaharda dominant olmuştur.

*Nitzschia palea* (%64,55), *Navicula cryptocephala* (% 7,5) ve *Cyclotella meneghiniana* (%4,75) IV. istasyonda dominant diyatome türleri olmuştur. *Nitzschia palea* %55 ve *Navicula cryptocephala* %5'in üzerinde bolluk oranıyla IV. istasyonda sürekli olarak dominant olmuştur. *Cyclotella meneghiniana* ilkbahar döneminde dominant olmuştur.

**Çizelge 4.2** Akarçay'da epipelik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları

TAKSONLAR	AK I	AK II	AK III	AK IV
<i>Actinocyclus normanii</i>	-	0,20	0,00	-
<i>Amphora coffaeiformis</i>	-	0,10	-	-
<i>Amphora commutata</i>	-	-	-	0,25
<i>Amphora minuta</i>	-	0,15	-	0,20
<i>Amphora ovalis</i>	0,10	1,20	-	-
<i>Amphora pediculus</i>	1,85	5,50	-	-
<i>Amphora veneta</i>	3,00	7,60	0,10	0,10
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>sculpta</i> f. <i>minor</i>	0,40	0,15	0,30	1,25

**Çizelge 4.2 ( Devam)** Akarçay'da epipelik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları

<i>Anomoeoneis vitrea</i>	-	0,10	-	-
<i>Aulacoseira distans</i>	0,15	0,00	0,05	-
<i>Caloneis amphisbaena</i>	0,05	-	-	-
<i>Caloneis silicula</i>	0,55	0,45	0,20	-
<i>Campylodiscus bicostatus</i>	-	-	0,05	-
<i>Campylodiscus hibernicus</i>	-	0,05	-	-
<i>Cocconeis placentula</i>	12,60	16,55	0,40	0,35
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1,30	1,95	1,30	-
<i>Craticula cuspidata</i>	1,45	1,43	1,30	1,75
<i>Craticula halophila</i>	-	0,15	-	-
<i>Cyclotella glomerata</i>	0,00	2,30	-	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	10,10	3,95	3,60	4,75
<i>Cymatopleura elliptica</i>	0,15	-	0,10	-
<i>Cymatopleura solea</i>	5,40	4,36	0,25	0,20
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>apiculata</i>	0,00	0,00	-	0,70
<i>Cymbella affinis</i>	3,00	0,25	0,55	0,10
<i>Cymbella cistula</i>	0,75	0,20	-	-
<i>Cymbella lanceolata</i>	0,00	0,65	-	-
<i>Cymbella obscura</i>	0,00	0,05	-	-
<i>Cymbella similis</i>	0,35	-	-	-
<i>Cymbella tumida</i>	0,55	0,00	-	-
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0,80	-	-	-
<i>Diatoma hyemalis</i>	0,05	0,00	0,25	0,25
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>vulgare</i>	0,10	0,65	0,10	0,05
<i>Encyonema latens</i>	0,70	0,30	-	-
<i>Encyonema minutum</i>	0,20	7,05	-	-
<i>Encyonema silesiacum</i>	0,30	0,50	0,35	-
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0,25	-	-	-
<i>Epithemia adnata</i>	0,00	0,15	-	-
<i>Fallacia pygmaea</i>	0,00	0,20	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> subsp. <i>rumpens</i>	-	0,00	0,10	-
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	0,20	0,10	-	-
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>danica</i>	0,05	0,00	-	-
<i>Geissleria schoenfeldii</i>	0,10	0,00	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i>	1,60	1,95	2,05	2,25
<i>Gomphonema angustatum</i>	0,70	0,00	0,45	0,40
<i>Gomphonema clavatum</i>	0,15	0,00	-	-
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0,95	0,00	-	0,25
<i>Gomphonema pseudoaugur</i>	-	0,10	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i>	2,45	1,50	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,45	0,60	0,35	0,25

**Çizelge 4.2 ( Devam) Akarçay'da epipelik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları**

<i>Hantzschia amphioxys</i>	0,00	0,25	-	0,10
<i>Hippodonta capitata</i>	0,70	0,55	-	-
<i>Mayamaea atomus</i>	-	-	0,70	-
<i>Melosira varians</i>	1,40	0,80	2,30	1,40
<i>Meridion circulare</i>	0,10	0,90	-	-
<i>Navicula capitatoradiata</i>	0,20	-	-	-
<i>Navicula cryptocephala</i>	2,15	2,25	9,90	7,50
<i>Navicula elginensis</i>	0,85	0,85	1,15	-
<i>Navicula lanceolata</i>	-	0,00	-	0,65
<i>Navicula pseudotuscula</i>	0,05	0,10	1,50	-
<i>Navicula rhyncocephala</i>	1,05	2,05	1,65	1,30
<i>Navicula salinarum</i>	2,40	2,20	0,75	0,80
<i>Navicula tripunctata</i>	0,75	0,00	-	-
<i>Navicula veneta</i>	0,00	0,00	-	0,05
<i>Navicula viridula</i>	0,90	0,85	0,40	0,10
<i>Neidium alpinum</i>	-	-	0,15	-
<i>Neidium bidonis</i>	-	0,05	-	-
<i>Neidium productum</i>	-	-	0,30	-
<i>Nitzschia dissipata</i>	-	0,20	1,55	2,65
<i>Nitzschia acicularis</i>	0,65	0,35	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i>	0,55	0,75	0,15	1,00
<i>Nitzschia angustata</i>	1,45	2,65	-	-
<i>Nitzschia austriaca</i>	0,10	0,00	-	-
<i>Nitzschia fonticola</i>	0,10	0,00	0,40	1,00
<i>Nitzschia linearis</i>	0,10	1,35	2,75	0,75
<i>Nitzschia linearis var. tenuis</i>	2,45	0,10	-	-
<i>Nitzschia palea</i>	-	9,40	55,85	64,55
<i>Nitzschia paleacea</i>	-	0,10	-	-
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	2,35	0,70	-	-
<i>Nitzschia tryblionella</i>	-	0,20	-	-
<i>Nitzschia tubicola</i>	10,30	0,20	0,80	0,60
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,35	-	-	-
<i>Pinnularia microstauron</i>	0,20	0,05	-	-
<i>Pinnularia viridis</i>	0,15	0,24	0,30	0,25
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,10	0,00	0,00	-
<i>Reimeria sinuata</i>	0,05	0,00	-	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,00	0,00	0,05	-
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0,20	0,20	0,05	0,05
<i>Sellaphora pupula</i>	10,60	3,20	0,90	1,75
<i>Staurasira construens</i>	-	0,55	-	-
<i>Stauroneis anceps</i>	-	-	0,50	0,10
<i>Stauroneis smithii</i>	0,05	-	-	-
<i>Surirella angust</i>	0,45	0,70	0,20	-

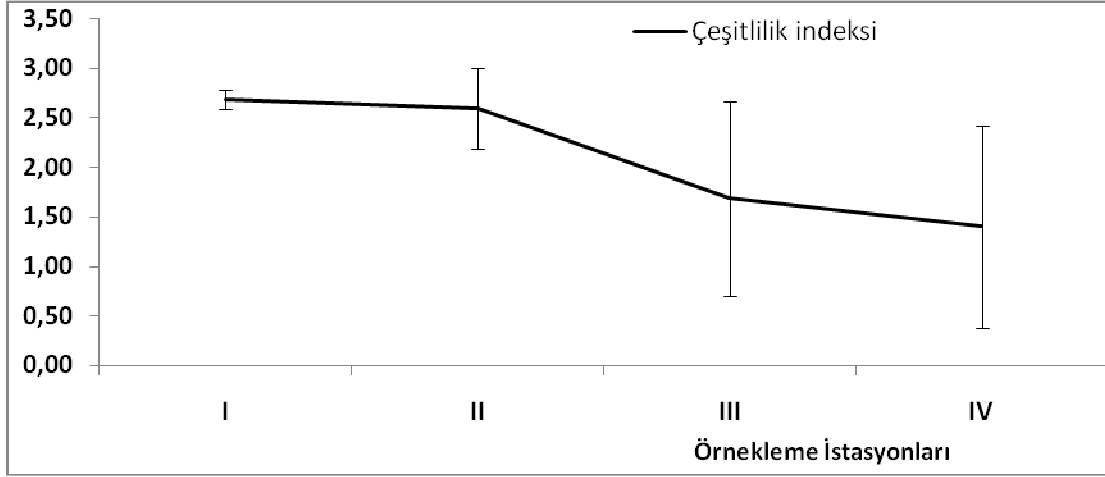
**Çizelge 4.2 ( Devam) Akarçay’da epipelik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları**

<i>Surirella brebisonii</i> var. <i>punctata</i>	-	0,00	-	0,40
<i>Surirella minuta</i>	1,00	2,35	0,95	0,25
<i>Surirella ovalis</i>	0,55	1,20	1,00	0,65
<i>Tryblionella calida</i>	0,45	0,20	-	-
<i>Tryblionella littoralis</i>	-	0,65	0,05	-
<i>Ulnaria acus</i>	-	0,10	-	-
<i>Ulnaria ulna</i>	4,10	3,75	3,85	1,00

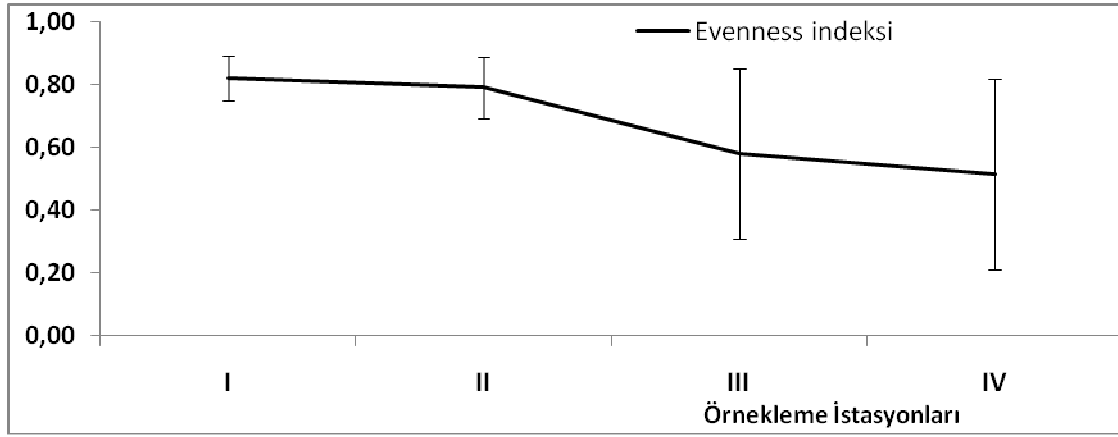
#### 4.3.2 Epipelik Diyatome Topluluğunun Tür Çeşitliliği ve Baskınlığı

Akarçay’daki örnekleme istasyonlarındaki epipelik diyatome topluluğunun tür çeşitliliğindeki değişiklikleri analiz etmek için Shannon-Weaver’in tür çeşitliliği indeksi ( $H'$ ) ve bu indeksi desteklemek için Evenness indeksi ( $J'$ ) değerleri kullanılmıştır. Örnekleme istasyonlarında türlerin baskınlık durumunu değerlendirmek için Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) değerleri kullanılmıştır. Çayın başlangıç kısımlarında çeşitlilik indeksi değerleri ( $H'$ ), çayın son kısımlarından daha yüksek bulunmuştur. I. istasyonda  $H'$  değeri ortalama 2,68 hesaplanırken II. istasyonda 2,59 olarak hesaplanmıştır.  $H'$  değeri III. istasyonda 1,68 ve IV. istasyonda 1,40 olarak hesaplanmıştır.  $J'$  değerleri de  $H'$  değerleri ile uyumluluk göstermiştir.  $J'$  değeri I. istasyonda 0,82, II. istasyonda 0,79, III. istasyonda 0,58 ve IV. istasyonda 0,516 olarak hesaplanmıştır. Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) değerleri tür çeşitliliği indeksi değerlerinin aksine çayın son kısımlarında daha fazla bulunmuştur.  $D$  değerleri I. istasyonda 0,097 ve II. istasyonda 0,11 olarak hesaplanmıştır. Çayın son kısımları olan III. istasyonda  $D$  değeri ortalama 0,43 ve IV. istasyonda 0,48 olarak hesaplanmıştır. Çayın son kısımlarında araştırma süresince *Nitzschia palea*'nın diyatome topluluğunda %60 ile %80 arasında temsil edilmesi çeşitlilik değerlerinin ( $H'$  ve  $J'$ ) düşük olmasında ve baskınlık ( $D$ ) değerlerinin artmasında etkili olmuştur. Nehrin başlangıç kısımlarında ise birden fazla türün dominant olması ve topluluktaki yüzde oranlarının çok yüksek olmaması çeşitlilik değerlerinin ( $H'$  ve  $J'$ ) artmasına neden olurken, baskınlık ( $D$ ) değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Shannon-Weaver'in tür çeşitliliği indeksi ( $H'$ ), Evenness indeksi ( $J'$ ) ve Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) değerlerinin istasyonlara göre değişimi sırasıyla Şekil 4.14, 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.

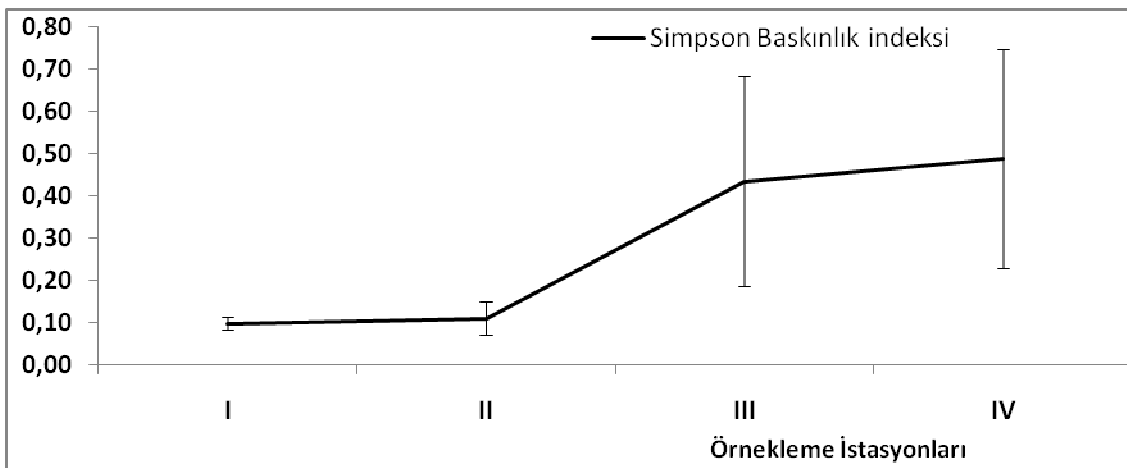




**Şekil 4.14** Epipelik diyatomelerin Shannon-Weaver tür çeşitliliği indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi



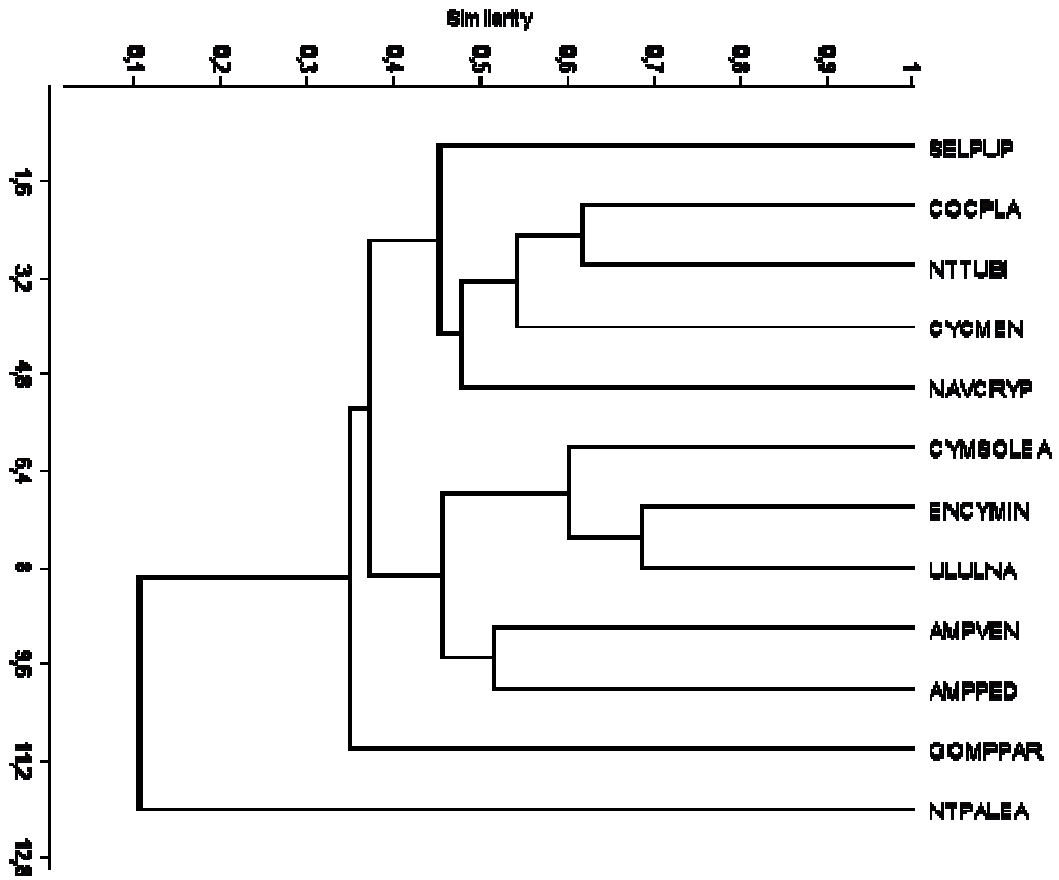
**Şekil 4.15** Epipelik diyatomelerin Evenness indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi



**Şekil 4.16** Epipelik diyatomelerin Simpson'un baskınlık indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

### 4.3.3 Epipelik Diyatome Topluluğu Dominant Taksonlarının Benzerliği

Akarçay'da örnekleme istasyonlarında dominant epipelik diyatome taksonlarının benzerlik durumlarını değerlendirmek için kümeleme analizi sonucu Bary-Curtis dendogramı çizilmiştir. Yapılan analiz sonucunda dominant diyatome taksonlarının iki küme oluşturduğu görülmüştür. I. grup %35 benzerlik seviyesinde küme oluşturmuş olan ve genellikle nehrin başlangıç kısmında bulunan I. ve II. istasyonda dominant olan taksonlardan oluşmuştur. II. grup ise diğerlerinden %10 benzerlik seviyesinde ayrılıp küme oluşturmuş olan sadece *Nitzschia palea*'dan ibarettir. *Nitzschia palea* nehrin son kısımlarında bulunan III. ve IV. istasyonda epipelik diyatome topluluğunda araştırma süresince %50'nin üzerinde bulunarak dominant olmuştur. I. grupta bulunan diyatome taksonları ise nehrin her tarafında düşük bolluk oranlarında bulunmakla beraber nehrin başlangıç kısmında dominant olmuşlardır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Dominant epipelik diyatome taksonlarının Bary-Curtis benzerlik dendogramı

#### 4.4 Epifitik Diyatome Topluluğu Yapısı

Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında yapılan araştırmada epifitik diyatome florasında 99 tür tespit edilmiştir. *Cocconeis placentula* (%26,45), *Cyclotella meneghiniana* (%8,85) ve *Ulnaria ulna* (%18,25) ortalama bolluk oranlarıyla I. istasyonda dominant diyatome türleri olmuştur. *Cocconeis placentula* ve *Cyclotella meneghiniana* tüm araştırma periyodu boyunca dominant olurken, *Ulnaria ulna* ve *Navicula cryptocephala*'nın bolluğunda yaz ve sonbaharda aşikar bir artış kaydedilmiştir.

*Cocconeis placentula* (%23,95), *Cyclotella meneghiniana* (%6,75), *Encyonema minutum* (%7,45), *Gomphonema parvulum* (%6,75), *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst (%3,45), *Navicula cryptocephala* (10,85) II. istasyonda dominant diyatome türleri olmuştur (Çizelge 4.3). *Cocconeis placentula*, *Encyonema minutum* tüm araştırma dönemi süresinde dominant olurken, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum*, *Navicula cryptocephala* yaz ve sonbaharda, *Cyclotella meneghiniana* yaz aylarında dominant diyatome türleri olmuştur. *Nitzschia palea* III. istasyonda %64,6 ve IV. istasyonda %63,3 oranıyla her iki istasyonda tüm araştırma süresince dominant olmuştur. *Gomphonema parvulum* III. ve IV. istasyonlarda sırasıyla %7,95 ve %12,5 nisbi bolluk oranıyla her iki mevsimde de dominant olmuştur. *Navicula cryptocephala* ortalama %2,45 nisbi bolluk oranıyla sadece IV. istasyonda ilkbaharda dominant olmuştur (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3** Akarçay'da epifitik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları

TAKSONLAR	AK I	AK II	AK III	AK IV
<i>Achnanthidium affine</i>	-	0,15	-	-
<i>Achnanthidium exiguum</i>	-	0,10	-	-
<i>Amphora minuta</i>	-	1,50	-	-
<i>Amphora ovalis</i>	-	0,40	-	-
<i>Amphora pediculus</i>	0,95	2,90	0,05	0,15
<i>Amphora veneta</i>	2,35	1,20	0,05	0,10
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>sculpta</i> f. <i>minor</i>	-	0,15	0,45	0,35
<i>Aulacoseira distans</i>	0,20	0,15	0,05	0,65
<i>Caloneis silicula</i>	0,45	1,40	0,05	0,20
<i>Campylodiscus hibernicus</i>	-	0,20	-	-
<i>Cocconeis placentula</i>	0,90	0,20	0,80	1,60
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	26,45	23,95	0,50	1,10

**Çizelge 4.3** (Devam) Akarçay’da epifitik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları

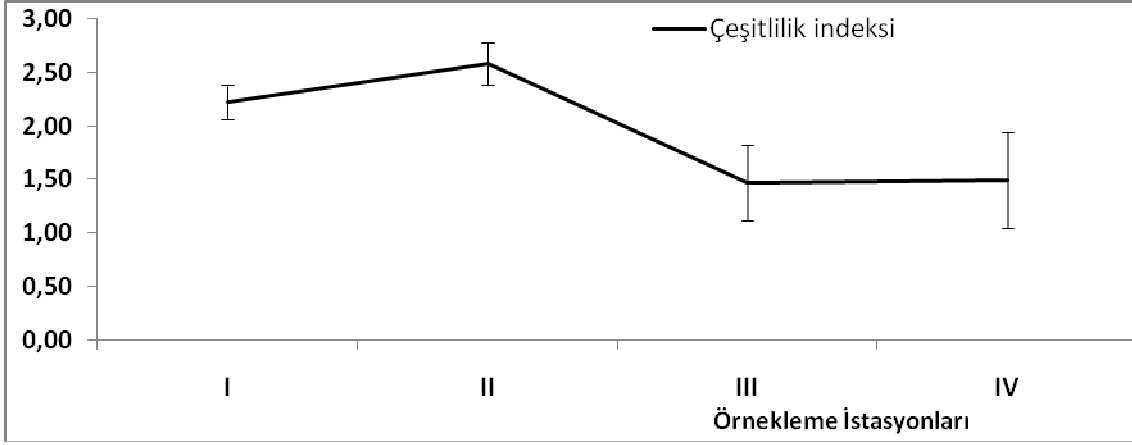
<i>Craticula cuspidata</i>	0,40	0,75	5,20	1,40
<i>Craticula halophila</i>	-	-	0,30	-
<i>Cyclotella glomerata</i>	0,10	-	-	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	8,85	6,75	1,75	1,70
<i>Cyclotella ocellata</i>	-	0,10	-	-
<i>Cymatopleura elliptica</i>	-	-	0,05	-
<i>Cymatopleura solea</i>	0,95	0,80	-	-
<i>Cymatopleura solea var. apiculata</i>	0,10	-	-	-
<i>Cymbella affinis</i>	1,20	1,60	-	0,15
<i>Cymbella amphicephala</i>	-	0,05	0,10	-
<i>Cymbella cistula</i>	0,60	0,05	-	0,10
<i>Cymbella lanceolata</i>	0,05	0,20	-	0,10
<i>Cymbella tumida</i>	0,10	0,45	-	0,25
<i>Diatoma hyemalis</i>	0,75	0,20	0,40	0,85
<i>Diatoma vulgare var. vulgare</i>	1,50	1,20	0,55	0,40
<i>Encyonema silesiacum</i>	3,30	7,45	0,60	1,50
<i>Epithemia adnata</i>	-	0,20	2,95	-
<i>Fallacia pygmaea</i>	0,20	0,20	0,25	0,10
<i>Fragilaria capucina subsp. rumpens</i>	-	0,15	-	-
<i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i>	0,65	0,20	-	0,20
<i>Fragilaria ulna var. danica</i>	2,15	-	-	-
<i>Fragilaria ulna var. oxyhynchus</i>	0,65	-	-	-
<i>Geissleria schoenfeldii</i>	0,20	-	0,05	-
<i>Gomphonema parvulum</i>	2,75	6,75	7,95	12,05
<i>Gomphonema acuminatum</i>	0,30	-	-	0,05
<i>Gomphonema angustatum</i>	0,90	3,45	-	-
<i>Gomphonema augur</i>	-	0,40	0,10	0,45
<i>Gomphonema clavatum</i>	-	1,00	0,25	0,75
<i>Gomphonema minutum</i>	0,25	-	-	-
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0,40	0,50	0,05	-
<i>Gomphonema olivaceum var. minutissimum</i>	-	0,10	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i>	0,35	0,20	0,15	0,70
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	0,50	-	0,05
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0,45	0,20	0,20	-
<i>Hippodonta capitata</i>	0,15	0,50	-	-
<i>Luticola mutica</i>	-	0,25	0,40	0,20
<i>Melosira varians</i>	0,65	0,70	0,80	0,80
<i>Meridion circulare</i>	0,10	0,30	-	-
<i>Navicula capitulata</i>	-	0,20	-	-
<i>Navicula cryptocephala</i>	2,85	10,20	3,80	2,45
<i>Navicula cryptotenella</i>	-	0,55	-	-
<i>Navicula elginensis</i>	-	0,35	0,15	-

**Çizelge 4.3** (Devam) Akarçay’da epifitik diyatomelerinin ortalama nispi % bolluk oranları

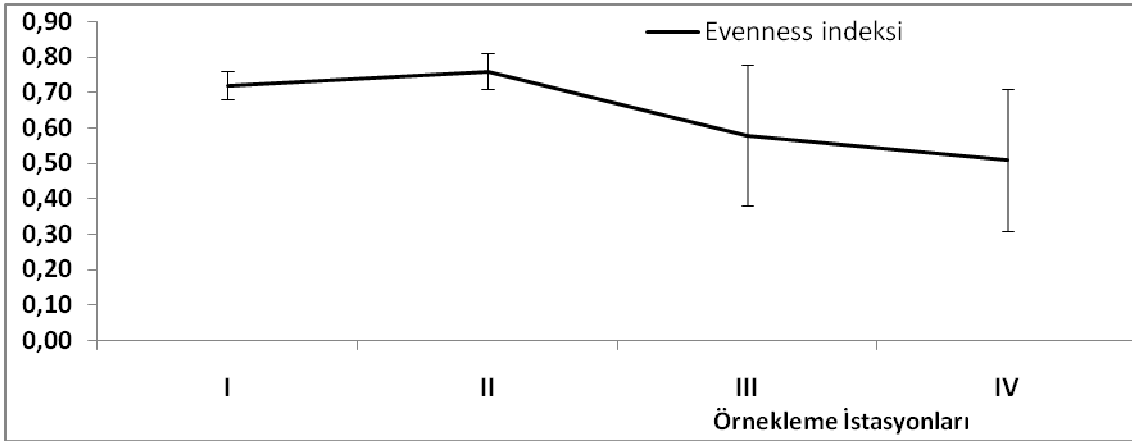
<i>Navicula gastrum</i>	-	-	0,20	-
<i>Navicula gerloffii</i>	-	-	0,15	-
<i>Navicula lanceolata</i>	-	0,30	-	-
<i>Navicula rhyncocephala</i>	1,85	0,80	0,15	0,10
<i>Navicula salinarum</i>	3,10	2,25	0,45	0,15
<i>Navicula submuralis</i>	-	-	-	0,10
<i>Navicula tripunctata</i>	0,95	1,35	0,25	-
<i>Navicula veneta</i>	0,35	0,40	-	-
<i>Navicula viridula</i>	1,75	0,35	0,45	1,05
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,80	-	3,00	2,35
<i>Nitzschia amphibia</i>	2,75	0,15	0,20	0,75
<i>Nitzschia angustata</i>	-	0,90	0,60	-
<i>Nitzschia austriaca</i>	-	0,20	-	-
<i>Nitzschia constricta</i>	-	-	-	-
<i>Nitzschia fonticola</i>	0,10	-	-	-
<i>Nitzschia heufleriana</i>	-	-	0,05	-
<i>Nitzschia linearis</i>	0,35	1,05	0,80	0,25
<i>Nitzschia palea</i>	2,80	6,00	64,60	63,30
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0,05	-	-	0,20
<i>Nitzschia umbonata</i>	0,60	0,10	0,20	-
<i>Petroneis humerosa</i>	0,05	0,05	-	-
<i>Pinnularia borealis</i>	-	-	0,10	-
<i>Pinnularia microstauron</i>	-	0,10	-	-
<i>Pinnularia viridis</i>	0,20	-	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,35	-	-	-
<i>Reimeria sinuata</i>	-	0,35	-	0,30
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0,10	-	-	-
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0,05	0,30	-	-
<i>Sellaphora pupula</i>	1,55	0,60	0,40	-
<i>Staurophora salina</i>	-	-	0,05	-
<i>Surirella angusta</i>	0,95	0,35	-	0,25
<i>Surirella brebisonii</i> var. <i>punctata</i>	-	0,10	-	-
<i>Surirella minuta</i>	0,15	0,60	0,30	0,55
<i>Surirella ovalis</i>	0,10	1,70	0,05	0,50
<i>Surirella subsalsa</i>	0,60	0,20	-	0,10
<i>Synedrella parasitica</i>	-	0,10	-	-
<i>Ulnaria ulna</i>	18,25	2,90	-	1,65

#### 4.4.1 Epifitik Diyatome Topluluğunun Tür Çeşitliliği ve Baskınlığı

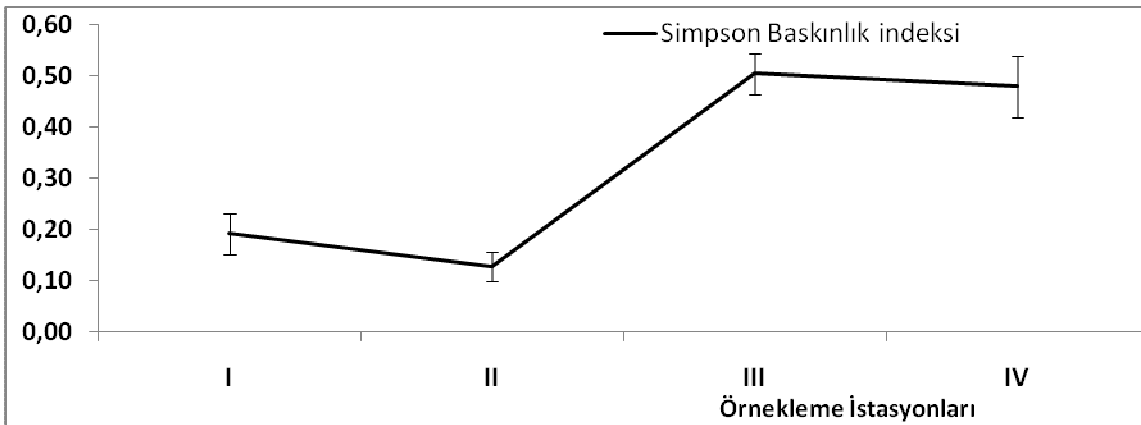
Epifitik diyatome topluluğunda tür çeşitliliğini değerlendirmek için Shannon-Weaver tür çeşitliliği ( $H'$ ) ve Evenness indeks ( $J'$ ) ve tür baskınlığını değerlendirmek için Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) kullanılmıştır. Epifitik diyatome topluluğunun tür çeşitliliği ve baskınlık değerleri epipelik diyatome topluluğununkine benzerlik göstermiştir. Epifitik diyatome topluluğunda da çayın başlangıç kısımlarında çeşitlilik indeksi değerleri ( $H'$ ), çayın son kısımlarından daha yüksek bulunmuştur. I. istasyonda  $H'$  değeri ortalama 2,21 olarak hesaplanırken, II. istasyonda 2,58 olarak hesaplanmıştır.  $H'$  değeri III. istasyonda 1,51 ve IV. istasyonda 1,46 olarak hesaplanmıştır.  $J'$  değerleri epifitik diyatome topluluğunda da  $H'$  değerleri ile uyumluluk göstermiştir.  $J'$  değeri I. istasyonda ortalama 0,72, II. istasyonda 0,76, III. istasyonda 0,52 ve IV. istasyonda 0,49 olarak hesaplanmıştır. Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) değerleri tür çeşitliliği indeksi değerlerinin aksine çayın son kısımlarında daha yüksek bulunurken, çayın başlangıç kısımlarında daha düşük değerlerde bulunmuştur.  $D$  değerleri I. istasyonda 0,19 ve II. istasyonda 0,12 olarak hesaplanmıştır. Çayın son kısımları olan III. istasyonda  $D$  değeri ortalama 0,50 ve IV. istasyonda 0,42 olarak hesaplanmıştır. Çayın son kısımlarında araştırma süresince *Nitzschia palea*'nın epifitik diyatome topluluğunda da yaklaşık % 60 ile %80 arasında temsil edilmesi çeşitlilik değerlerinin ( $H'$  ve  $J'$ ) düşük olmasında ve baskınlık ( $D$ ) değerlerinin artmasında etkili olmuştur. Nehrin başlangıç kısımlarında ise birden fazla türün dominant olması ve topluluktaki yüzde oranlarının çok yüksek olmaması çeşitlilik değerlerinin ( $H'$  ve  $J'$ ) artmasına neden olurken, baskınlık ( $D$ ) değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Shannon-Weaver'in tür çeşitliliği indeksi ( $H'$ ) Evenness indeksi ( $J'$ ) Simpson'un baskınlık indeksi ( $D$ ) değerlerinin istasyonlara göre değişimi sırasıyla Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.18 Epifitik diyatomelerin Shannon-Weaver tür çeşitliliği indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi



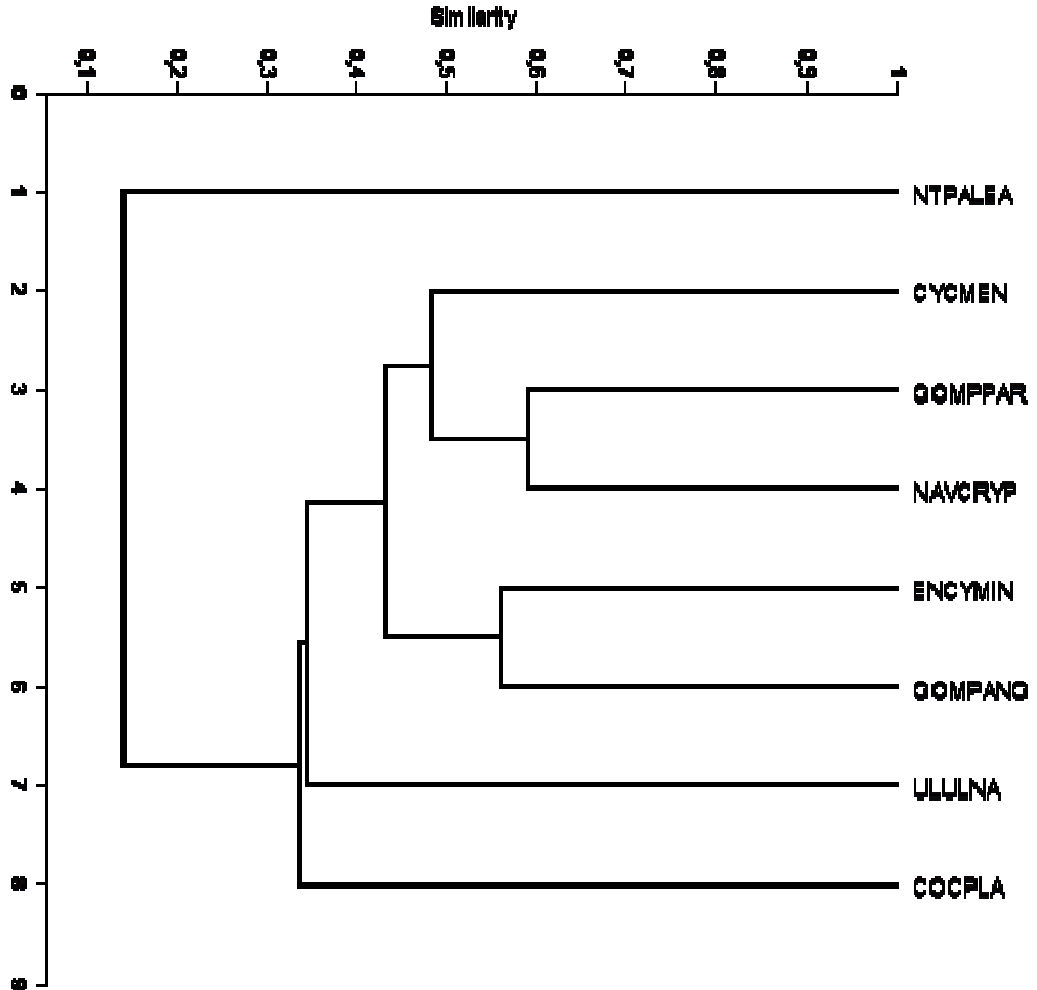
Şekil 4.19 Epifitik diyatomelerin Evenness indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi



Şekil 4.20 Epifitik diyatomelerin Simpson'un baskınlık indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.4.2 Epifitik Diyatome Topluluğu Dominant Taksonlarının Benzerliği

Dominant epifitik diyatome taksonlarının benzerlik durumlarını değerlendirmek için kümeleme analizi sonucunda çizilen Bary-Curtis dendogramına göre iki küme oluşturdukları görülmüştür. I. grup %30 benzerlik seviyesinde küme oluşturmuş olan ve genellikle nehrin başlangıç kısmında bulunan I. ve II. istasyonda dominant olan taksonlardan oluşmakla beraber nehrin son kısımlarında da düşük bolluk oranlarında bulunmaktadır. II. grup ise diğerlerinden %15 benzerlik seviyesinde ayrılan *Nitzschia palea*'nın tek başına küme oluşturmasıyla meydana gelmiştir. *Nitzschia palea* nehrin son kısımlarındaki III. ve IV. istasyonda epifitik diyatome topluluğunda araştırma süresince %60'ın üzerinde bulunarak dominant olmuştur (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Dominant epifitik diyatome taksonlarının Bary-Curtis benzerlik dendogramı

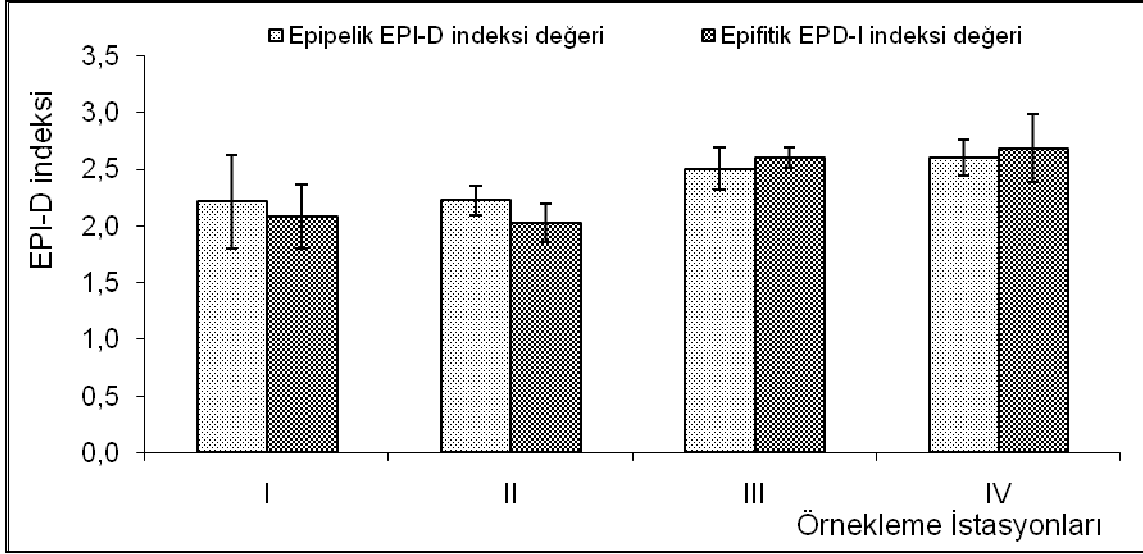


#### **4.5 Akarçay'ın Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Bentik Diyatomelerin Kullanılması ve Fiziko-Kimyasal Özellikler ile İlişkisi**

Akarçay'ın su kalitesini değerlendirmek için Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında dört istasyondan alınan diyatome örneklerinin incelenmesi sonucunda, EPI-D, IDP, SID ve TDI indeksleri kullanılarak su kalitesi değerlendirilmiştir. Ayrıca dominant diyatome türleri, diyatome indeksleri ve suyun fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

##### **4.5.1 EPI-D İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi**

Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan EPI-D indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,21 ve II. istasyon için 2, 24'tür. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,08 ve II. istasyon için 2,02 olarak hesaplanmıştır. Hem epipelik hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan EPI-D indeks değerleri her iki istasyonda da ilkbahar aylarında 2'nin altında hesaplanmıştır. Yaz ve sonbahar aylarında ise genellikle 2 ile 2,4 arasında hesaplanmıştır. Hesaplanan bu EPI-D indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında III. kalite (orta), yaz aylarında ise III-IV. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak EPI-D indeks değeri III. istasyon için ortalama 2,5 ve IV. istasyon için ise 2,6 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 2,6 ve IV. istasyon için 2,6 olarak hesaplanmıştır. Her iki istasyonda da EPI-D indeks değerleri 2,3-2,76 arasında değişmiştir. Bu EPI-D indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V (kötü, çok kötü) olduğunu göstermektedir. EPI-D indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir.



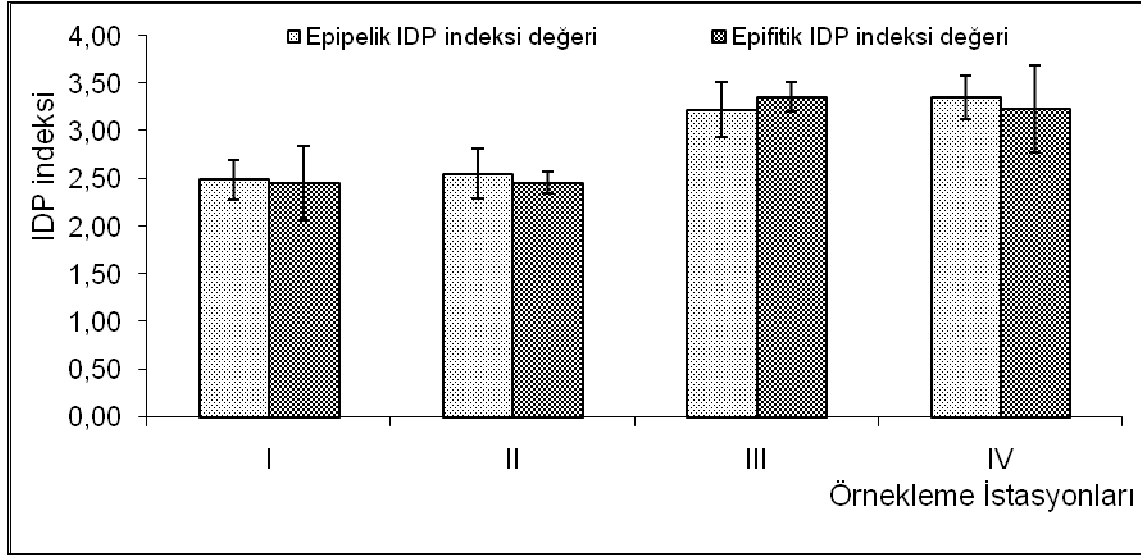
Şekil 4.22 EPI-D indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi

#### 4.5.2 IDP İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi

Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan IDP indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,49 ve II. istasyon için 2,55 olarak bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,45 ve II. istasyon için 2,46 olarak hesaplanmıştır. Hem epipelik hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan IDP indeks değerlerinin her iki istasyonda araştırma süresi boyunca 2'nin altına inmediği görülmüştür. Hesaplanan bu IDP indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. Bu IDP su kalitesi değeri de çayın başlangıç kısmının organik maddelerle kirlendiğini ve ötrofikasyon olduğunu göstermektedir. Kısmi şekilde organik madde degradasyonu, nitrit, amonyum ve aminoasit mevcudiyetine işaret etmektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak IDP indeks değeri III. istasyon için ortalama 3,22 ve IV. istasyon için ise 3,35 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 3,36 ve IV. istasyon için 3,23 olarak hesaplanmıştır. Her iki istasyonda da IDP indeks değerlerinin 3'ün altına inmediği görülmüştür.

Bu IDP indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV (çok kötü) olduğunu göstermektedir. Bu indeks su kalitesi değeri nehrin son kısmının endüstriyel ve evsel

kaynaklı organik maddelerle kuvvetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmektedir. IDP indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi Şekil 4.23'te verilmiştir.

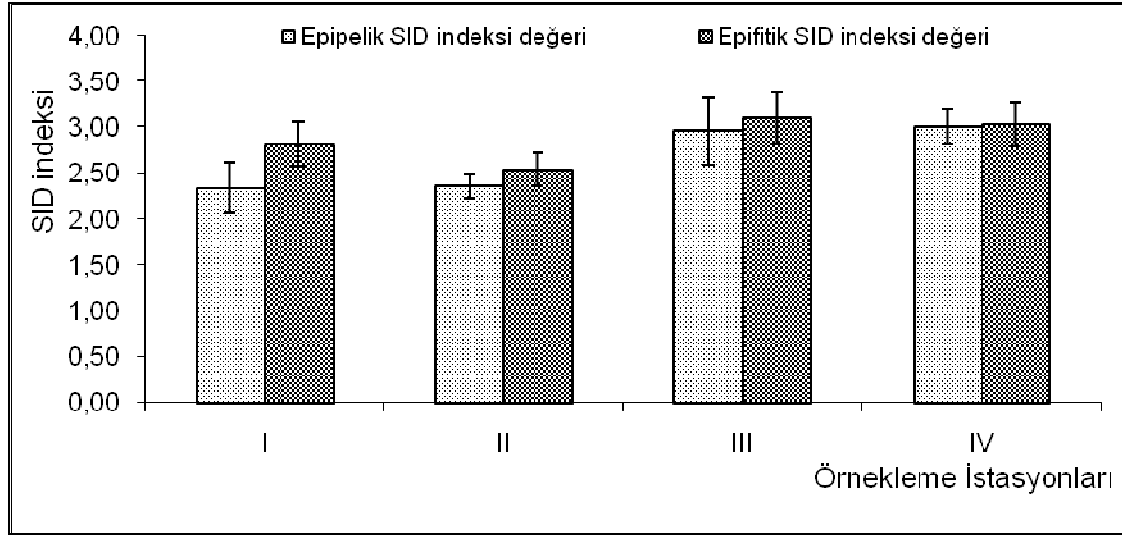


Şekil 4.23 IDP indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.5.3 SID İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi

Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan SID indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,34 ve II. istasyon için 2,36 bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,82 ve II. istasyon için 2,54 olarak hesaplanmıştır. Hem epipelik hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan SID indeks değerlerinin sadece epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan I. istasyonda ilkbahar başlangıcında 2'nin altına indiği görülmüştür. Yaz ve sonbahar aylarında ise maksimum 2,77 hesaplanmıştır. Hesaplanan bu SID indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında II. kalite (Kısmen kirli, Beta-mesosaprob), yaz aylarında ise II-III. kalite (Kuvvetli kısmen kirli, Beta-alfa-mesosaprob) olduğunu göstermektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak SID indeks değeri III. istasyon için ortalama 2,96 ve IV. istasyon için ise 3,01 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 3,1 ve IV. istasyon için 3,03 olarak hesaplanmıştır. Bu SID indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V (Aşırıya yakın kirli, Alfa-meso-bis polisaprob) olduğunu

göstermektedir. SID indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi Şekil 4.24'te verilmiştir.

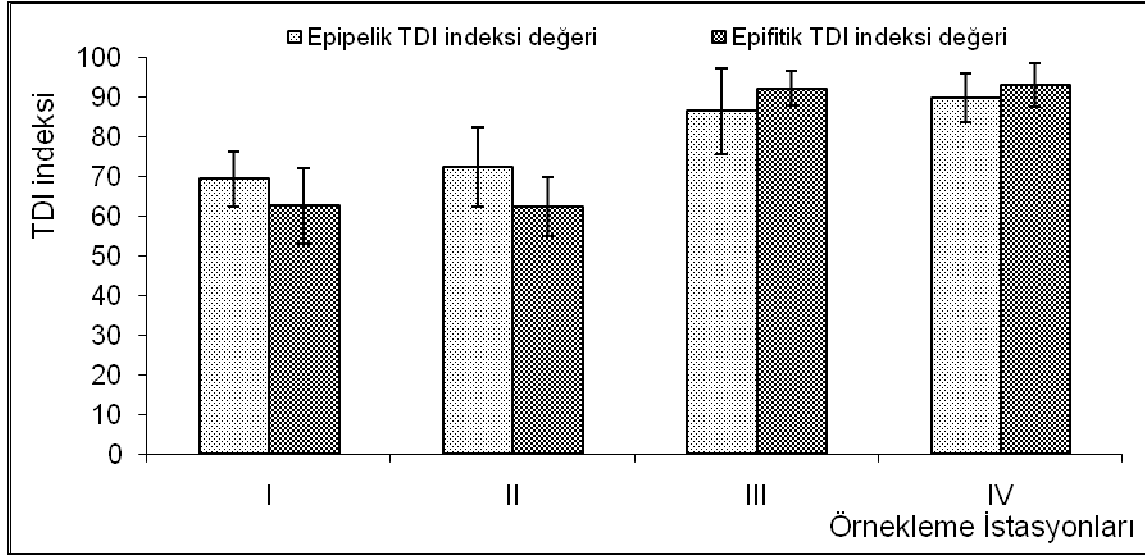


Şekil 4.24 SID indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.5.4 TDI İndeksi Kullanılarak Su Kalitesi Değerlendirilmesi

Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değeri I. istasyon için ortalama 69,26 ve II. istasyon için 72,3 olarak bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 62,55 ve II. istasyon için 62,26 olarak hesaplanmıştır. Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değerleri I. ve II. istasyonlarda genellikle 60'ın üzerinde bulunurken, epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değerleri 50'nin üzerinde bulunmuştur. TDI indeks değerleri, Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. ve IV. kalite (orta ve nispeten kötü) olduğunu göstermektedir. Akarçay'ın başlangıç kısmının trofik seviyesinin ise mesotrofik/ötrofik olduğu görülmektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak TDI indeks değeri III. istasyon için ortalama 86,37 ve IV. istasyon için ise 89,57 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 92,08 ve IV. istasyon için 92,85 olarak hesaplanmıştır. Bu TDI indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin V (kötü) ve trofik seviyesinin ise hipertrofik olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, çayın fosfat kaynağı bakımından zengin organik maddelerle kirletildiğini göstermektedir. %PT değerleri epipelik ve epifitik diyatomelere dayanılarak

hesaplanmış ve çayın başlangıç kısımlarında ortalama %51 bulunurken; çayın son kısımlarında ortalama %93'ün üzerinde bulunmuştur. Bu %PT değerleri çayın başlangıç kısımlarında ötrofikasyona neden olan önemli bir organik kirlenmeyi gösterirken, çayın son kısımlarında ağır şekilde bir organik kirlenmeyi ortaya koymaktadır. TDI indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25 TDI indeksinin örnekleme istasyonlarına göre değişimi

#### 4.5.5 Akarçay'da Hesaplanan Diyatome İndeksleri Arasındaki İlişki

Akarçay'da hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki ilişkileri incelemek için Pearson korelasyon katsayıları elde edilmiş ve arasında çok kuvvetli ilişkiler olduğu görülmüştür. Hem epipelik diyatomelere hem de epifitik diyatome bağlı olarak hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bu korelasyon katsayıları hesaplanan diyatome indekslerinin birbirine benzer sonuçlar ortaya koyduğunu görülmektedir.

**Çizelge 4.4** Akarçay’da hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları

Epipelik Diyatomelere Bağlı Diyatome İndeksleri				Epifitik Diyatomelere Bağlı Diyatome İndeksleri				
	EPI-D	IDP	TDI	SID	EPI-D	IDP	TDI	SID
EPI-D	1				1			
IDP	0,807**	1			0,732**	1		
TDI	0,731**	0,871**	1		0,855**	0,860**	1	
SID	0,821**	0,843**	0,755**	1	0,763**	0,730**	0,767**	1

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

#### 4.5.6 Akarçay’da Hesaplanan Diyatome İndeksleri ile Fiziko-Kimyasal Özellikler Arasındaki İlişki

Akarçay’da hem epipelik hem de epifitik diyatomelerin % bolluk oranlarına dayanılarak hesaplanan diyatome indeksleri ile ölçülen fiziko-kimyasal parametreler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ve diyatome indeksleri ile ölçülen fiziko-kimyasal parametreler arasında çok kuvvetli ilişkiler olduğu görülmüştür. Hesaplanan diyatome indeksleri TÇM, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ ile kuvvetli pozitif ve çözülmüş oksijen ile kuvvetli negatif korelasyon göstermiştir. Diyatome indeksleri ile elektriksel iletkenlik ve NO<sub>3</sub>-N arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir. Hem epipelik diyatomelere bağlı, hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan diyatome indeksleri ile ölçülen fiziko-kimyasal parametreler arasındaki pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.5’te verilmiştir.

**Çizelge 4.5** Akarçay’da hesaplanan diyatome indeksleri ve fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları (‘: Epifitik diyatomelere bağlı hesaplanan diyatome indeksleri)

	EC	TÇM	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	ÇO	BOİ <sub>5</sub>	KOİ
EPI-D	0,196	0,569**	0,543**	0,399*	-0,073	0,649**	-0,663**	0,612**	0,627**
IDP	0,179	0,687**	0,638**	0,493**	-0,004	0,815**	-0,573**	0,715**	0,759**
TDI	0,172	0,709**	0,640**	0,481**	0,174	0,783**	-0,507**	0,725**	0,722**
SID	0,096	0,540**	0,521**	0,349*	0,016	0,687**	-0,546**	0,667**	0,630**
EPI-D’	0,165	0,655**	0,648**	0,557**	-0,178	0,704**	-0,642**	0,717**	0,739**
IDP’	0,008	0,487**	0,616**	0,492**	-0,069	0,643**	-0,481**	0,709**	0,600**
TDI’	0,138	0,668**	0,708**	0,567**	-0,079	0,777**	-0,624**	0,802**	0,760**
SID’	-0,073	0,412**	0,521**	0,484**	-0,166	0,558**	-0,363*	0,608**	0,589**

\* Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

#### 4.5.7 Dominant Bentik Diyatome Taksonları ile Fiziko-Kimyasal Özellikler Arasındaki İlişki

Dominant epipelik diyatome taksonları ile suyun ölçülen fiziko-kimyasal özellikleri arasında kuvvetli korelasyon katsayıları gözlenmiştir. Sıcaklık değişimleri ile epipelik diyatomeelerin nispi bolluk oranları arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken, pH ile *Amphora venata* ( $r = 0,326$ ,  $p < 0,05$ ) *Navicula cryptocephala* ( $r = 0,331$ ,  $p < 0,05$ ) ve *Nitzschia tubicola* Grunow ( $r = 0,378$ ) arasında pozitif ilişki bulunmuştur. TÇM, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ ile *Amphora pediculus*, *Amphora venata*, *Cocconeis placentula*, *Cymatopleura solea*, *Encyonema minutum*, *Ulnaria ulna* ve *Nitzschia tubicola* arasında önemli negatif ilişki görülürken, *Nitzschia palea* arasında kuvvetli pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Çözünmüş oksijen sadece *Nitzschia palea* ile kuvvetli negatif ilişki gösterirken, diğer diyatome taksonları ile pozitif ilişki göstermiştir. Dominant epipelik diyatome taksonları ile suyun ölçülen fiziko-kimyasal özellikleri arasında kuvvetli korelasyon katsayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Dominant epifitik diyatome taksonları ile suyun ölçülen fiziko-kimyasal özellikleri arasında kuvvetli korelasyon katsayıları gözlenmiş ve epipelik diyatomeelere benzer korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Dominant epifitik diyatome taksonları ile suyun ölçülen fiziko-kimyasal özellikleri arasında kuvvetli korelasyon katsayıları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4.6** Dominant epipelik diyatome taksonları ile fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

	Sıcaklık	pH	EC	TÇM	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	ÇO	BOİ <sub>5</sub>	KOİ
AMPED	0,027	0,296	0,090	-0,112	-0,327*	-0,266	0,051	-0,321*	0,142	-0,365*	-0,360*
AMPVEN	0,161	0,326*	0,137	-0,258	-0,434**	-0,363*	-0,003	-0,423**	0,118	-0,469**	-0,447**
COCLPLA	0,283	0,172	0,170	-0,346*	-0,439**	-0,374*	-0,078	-0,457**	0,136	-0,485**	-0,458**
CYCMEN	0,295	-0,116	-0,097	-0,216	-0,090	-0,136	-0,149	-0,162	-0,122	-0,095	-0,211
CYMSOLEA	0,034	0,069	-0,168	-0,465**	-0,441**	-0,348*	-0,064	-0,499**	0,283	-0,487**	-0,444**
ENCYMÝN	0,079	0,257	-0,082	-0,395*	-0,536**	-0,449**	-0,016	-0,580**	0,258	-0,602**	-0,580**
GOMPPAR	-0,231	-0,050	-0,105	-0,124	-0,100	-0,064	0,298	-0,175	0,449**	-0,141	-0,128
NAVCRYP	-0,049	0,331*	0,091	0,149	-0,175	-0,122	0,102	-0,150	0,015	-0,201	-0,201
SELPUP	-0,011	0,217	0,038	-0,215	-0,315	-0,270	0,056	-0,298	0,200	-0,332*	-0,323*
NTPALEA	0,008	-0,101	0,101	0,674**	0,803**	0,650**	0,124	0,891**	-0,554**	0,880**	0,835**
NTTUBÝ	0,369*	0,378*	0,281	-0,185	-0,487**	-0,431**	-0,135	-0,436**	0,073	-0,531**	-0,492**
ULULNA	-0,213	-0,182	-0,327*	-0,451**	-0,295	-0,117	-0,258	-0,467**	0,268	-0,394*	-0,291

\* Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

**Çizelge 4.7** Dominant epifitik diyatome taksonları ile fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

	Sıcaklık	pH	EC	TÇM	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	ÇO	BOİ <sub>5</sub>	KOİ
COCLPLA	0,009	0,113	0,142	-0,614**	-0,612**	-0,488**	0,200	-0,688**	0,494**	-0,687**	-0,634**
CYCMEN	0,548**	0,275	0,346*	-0,112	-0,327*	-0,307	-0,198	-0,317*	-0,082	-0,371*	-0,333*
ENCYMÝN	-0,146	0,200	-0,106	-0,417**	-0,492**	-0,379*	0,200	-0,554**	0,494**	-0,562**	-0,514**
GOMPANG	0,055	0,251	0,046	-0,247	-0,483**	-0,364*	-0,175	-0,470**	0,196	-0,537**	-0,523**
GOMPPAR	-0,053	-0,128	0,039	0,436**	0,583**	0,429**	0,022	0,677**	-0,446**	0,712**	0,537**
NAVCRYP	0,098	0,318*	0,247	0,128	-0,223	-0,192	-0,108	-0,154	-0,057	-0,238	-0,272
NTPALEA	-0,133	-0,218	0,007	0,497**	0,588**	0,483**	0,184	0,660**	-0,271	0,696**	0,691**
ULULNA	-0,216	-0,154	-0,318*	-0,423**	-0,267	-0,211	0,018	-0,355*	0,318*	-0,343*	-0,329*

\* Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli



#### 4.5.8 Fiziko-Kimyasal Özelliklerin Birbirleriyle Arasındaki İlişki

Sıcaklık ile pH, EC ve TÇM arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, sıcaklıkla ÇO arasında kuvvetli negatif ilişki bulunmuştur. pH, EC ve TÇM ile kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir. EC TÇM ile kuvvetli pozitif ilişki gösterirken, ÇO kuvvetli negatif ilişki göstermiştir. TÇM ile NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, TÇM ile ÇO arasında kuvvetli negatif ilişki bulunmuştur. NH<sub>4</sub>-N ile NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, NH<sub>4</sub>-N ile ÇO arasında kuvvetli negatif ilişki olduğu görülmüştür. NO<sub>2</sub>-N ile PO<sub>4</sub>-P, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ arasında kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, NH<sub>4</sub>-N ile ÇO arasında kuvvetli negatif ilişki olduğu görülmüştür. PO<sub>4</sub>-P ile ÇO arasında kuvvetli negatif ilişki görülürken, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ ile kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir. BOİ<sub>5</sub> ve KOİ birbiriyle kuvvetli bir şekilde pozitif ilişki gösterirken, ÇO ile kuvvetli negatif ilişki göstermiştir. Fiziko-kimyasal özelliklerin birbirleri arasındaki ilişki katsayıları ve düzeyleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8** Fiziko-kimyasal özelliklerin birbirleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları

	Sıcaklık	pH	EC	TÇM	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	ÇO	BOİ <sub>5</sub>
pH	0,601**	1								
EC	0,820**	0,706**	1							
TÇM	0,537**	0,483**	0,674**	1						
NH <sub>4</sub> -N	0,175	-0,119	0,170	0,678**	1					
NO <sub>2</sub> -N	0,048	-0,210	0,086	0,546**	0,918**	1				
NO <sub>3</sub> -N	-0,290	0,167	-0,185	-0,024	0,000	-0,041	1			
PO <sub>4</sub> -P	0,278	0,207	0,338*	0,814**	0,803**	0,617**	0,107	1		
ÇO	-0,705**	-0,306	-0,589**	-0,789**	-0,671**	-0,506**	0,340*	-0,703**	1	
BOİ <sub>5</sub>	0,211	0,002	0,215	0,722**	0,866**	0,679**	-0,032	0,862**	-0,694**	1
KOİ	0,191	0,099	0,233	0,768**	0,823**	0,715**	0,065	0,894**	-0,636**	0,815**

\* Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Nehirlerin su kalitesi dünyanın her tarafında genellikle fiziko-kimyasal parametrelere göre belirlenmektedir. Son yıllarda ise; biyolojik sistemler kullanılmak suretiyle de nehirlerin su kalitesinin belirlenmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada öncelikle Akarçay'ın belirlenen dört istasyonunda, çay suyunun bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin ölçümleri yapılmış ve belirlenen bu özelliklerle bentik diyatome komunitasinin ilişkileri incelenmiştir. Yapılan ölçümler ve istatistik analiz sonuçları, su sıcaklığının diyatome türlerinin dağılımı üzerinde çok büyük etkisinin olmadığını göstermiştir. pH değerleri 7,4 ile 8,7 arasında bulunmuştur. Suyun yüksek pH değerlerinin Akarçay havzasının jeolojik yapısından kaynaklandığı düşünülebilir. Kalsiyum iyonu konsantrasyonu 61,5 mg/l ve 96,3 mg/l arasında değişmiştir. Magnezyum miktarı 15,9 ile 39,3 mg/l arasında değişiklik göstermiştir. Fransız sertliği değerlerine göre (13,8-21,4 FS<sup>o</sup>), Akarçay'ın suyu sert ve hafif alkali olarak sınıflandırılabilir. Bölgemizde yapılan araştırmalarda da çay suyu hafif alkali ve orta sert veya sert olarak bulunmuştur. Çay suyunun sert ve hafif alkali özelliğe sahip olması, çayda alkali sularda ve kalkerli sedimanlarda iyi gelişen organizmaların dominant olmasını sağlamıştır. Round (1960) Akarçay'da da dominant olan *Amphora*, *Cocconeis*, *Ulnaria* (önceden: *Synedra*), *Cymbella*, *Gomphonema*, *Navicula* ve *Sellaphora* (önceden: *Navicula*) cinslerine ait türlerin, kalkerli ve hafif alkali sularda yaygın ve dominant olacağını rapor etmiştir. Bu cinslere ait türler Türkiye akarsularında dominant olarak kaydedilmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri genellikle yaz aylarında bütün istasyonlarda yüksek olarak kaydedilmiştir. Özellikle elektriksel iletkenlik ve su sıcaklığı II. istasyonda rekor düzeyde kaydedilmiştir. Termal tesislerin atık sularını Akarçay'a vermeleri, çay suyunun elektriksel iletkenliğinin ve sıcaklığının bu istasyonda artmasında önemli bir etki yapmaktadır. Diğer istasyonlarda da EC değerlerinin yüksek bulunmasının, çayın evsel, sanayi atıkları ile kirletilmesi ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Yapılan korelasyon analizi sonuçları EC değerleri ile TÇM konsantrasyonlarının kuvvetli pozitif ilişki gösterdiğini ortaya koymuştur. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ilkbahar aylarında çayın başlangıç kısımlarında en yüksek değerde kaydedilirken, yaz aylarından

başlayarak çayın son kısımlarında çok düşük konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu; sıcaklık, organik kirlenmenin indikatörü olan TÇM, BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve besin tuzu konsantrasyonları ile negatif ilişki göstermiştir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun mevsimlere ve örnekleme istasyonlarına göre değişimi, yaz aylarında su sıcaklığının artması, organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu ve mikroorganizmaların çoğalmalarıyla açıklanabilmektedir (Soyupak vd. 1993, Akbay vd. 1999). LAWA (1980)'nin akarsuların su kalitesi sınıflandırmasına göre; çözünmüş oksijen değerlerinin ölçümü sonucu çayın başlangıç kısımlarının su kalitesi II-III. sınıf olarak değerlendirilirken, çayın son kısımları IV-V. sınıf su kalitesini göstermektedir.

Akarçay'ın başlangıç kısımlarında BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu nispeten düşük ölçülürken, çayın aşağı kısımlarına ilerledikçe aşırı artış kaydedilmiştir. Çayın başlangıç kısımlarının su kalitesi II.-III. ve III.- IV. sınıf olarak değerlendirilebilir (LAWA 1980, Klee 1991). Akarçay bu sınıflandırmaya göre alfa-beta mesosaprob ve alfa mesosaprob sabrofitik seviyeyi işaret etmektedir (LAWA 1980). Çayın son kısımlarının su kalitesi IV. sınıf olarak değerlendirilebilir (LAWA 1980, Klee 1991). Akarçay bu sınıflandırmaya göre şiddetli kirlenmiş ve alfa-beta polisaprob seviyeyi işaret etmektedir (LAWA 1980). KOİ ve TÇM konsantrasyonu da BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu gibi benzer bir değişim göstermiştir. Çok yüksek BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve TÇM konsantrasyonu tarımsal, evsel ve endüstriyel olarak aşırı şekilde kirlenen Nilüfer Çayı (Bursa)'nda kaydedilmiştir. Akarçay ve Nilüfer Çayı'nın BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve TÇM konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir (Dere vd. 2006).

Akarçay'da ölçülen besin tuzu konsantrasyonlarının, çayın başlangıç kısmından itibaren ötrofik ve kirlenmiş değerler arasında olduğu görülmektedir (Soininen 2002). LAWA (1980)'nin besin tuzlarından NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarına göre yaptığı su kalitesi sınıflandırmasına göre, Akarçay'ın başlangıç kısmının II-III. ve III. sınıf su kalitesine (kritik ve çok kirlenmiş) sahip olduğu ve alfa-beta mesosaprob ve alfa mesosaprob sabrofitik seviyeyi gösterdiği anlaşılmaktadır. Akarçay'ın son kısmının IV. sınıf su kalitesinde (kritik ve çok kirlenmiş) olduğu (LAWA 1980, Klee 1991) ve polisaprob seviyede olduğu değerlendirilmektedir (LAWA 1980).

Akarçay'ın bentik alg florasında dominant türlerin çayın başlangıç kısmı ile son kısmında farklı olduğu görülmüştür. Çayın başlangıç kısmında *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum* hem epipelik hem de epifitik diyatome topluluğunda dominant olmuşlardır. *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta* ve *Amphora pediculus* sadece epipelik diyatome topluluğunda, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum* ve *Navicula cryptocephala* epifitik diyatome topluluğunda dominant diyatome türleri olmuşlardır. Çayın aşağı kısmında ise *Nitzschia palea* % 55'in üzerinde bolluk oranıyla hem epipelik hem de epifitik diyatome topluluğunda dominant olmuştur. Diğer dominant diyatome türlerinin (*Navicula cryptocephala*, *Ulnaria ulna*, *Nitzschia linearis*, *Cyclotella meneghiniana*) bolluk oranı %10'un altında kalmıştır. *Gomphonema parvulum*'un bolluk oranı IV. istasyonda %10'un üzerinde bulunmuştur. *C. placentula*'nın nispeten organik olarak az kirlenmiş sularda yaygın olduğu ve yüksek elektriksel iletkenliğe toleranslı olduğu bulunmuştur (Tuchman and Blinn 1979). Ayrıca *C. placentula*'nın ileri derecede ötrofik sularda iyi geliştiği belirlenmiştir (Kelly and Whitton 1995, Kwandras et al. 1998, Soininen 2002). Bununla beraber Lange-Bertalot (1979) ve Szczepocka and Szulc (2009) *C. placentula*'yı organik kirliliğe hassas olarak sınıflandırmıştır. *C. placentula* ülkemizdeki akarsuların nispeten kirlenmemiş ve ötrofik sularında yaygın olarak bulunmuştur (Gürbüz ve Kıvrak 2002, Kıvrak ve Gürbüz 2010). Nilüfer Çayı'nda ise *C. placentula*'nın BOİ<sub>5</sub> ile pozitif ilişki gösterdiği bulunmuştur (Dere vd. 2006). *Cyclotella meneghiniana*'nın organik kirliliğe toleranslı ve ileri derecede ötrofik sularda yaygın olduğu rapor edilmiştir (Kwandras et al. 1998, Dere vd. 2006, Szczepocka and Szulc 2009). *Amphora* ve *Encyonema* ötrofikasyona toleranslı olarak kabul edilmektedir (Bellinger et al. 2006). *Sellophra pupula* ve *Ulnaria ulna*'nın organik kirliliğe toleranslı olduğu kabul edilir (Szczepocka and Szulc 2009). *Gomphonema parvulum* ve *Nitzschia* türlerinin organik kirliliğe toleranslı olduğu birçok yazar tarafından rapor edilmiştir (Kwandras et al. 1998, Soininen 2002, Dere vd. 2006, Szczepocka and Szulc 2009). Soininen (2002) *Navicula cryptocephala*'nın ötrofik ve kirlenmiş sularda yaygın olarak bulunduğunu ortaya koymuştur. Nather Khan (1990) *Navicula* türlerinin hem organik madde bakımından zengin hem de organik madde bakımından fakir ortamlarda yaygın ve bol olarak bulunabileceğini açıklamıştır. *Nitzschia palea* ise bütün dünyada organik kirliliğe en toleranslı tür olarak rapor

edilmiştir (Gómez 1998, Gómez and Licursi 2001, Soininen 2002, Gürbüz ve Kıvrak 2002, Dere vd. 2006, Kalyoncu vd. 2009, Szczepocka and Szulc 2009). Akarçay'da dominant olan diyatome türleri de fiziko-kimyasal parametreler gibi, çayın başlangıç kısmının düşük ve orta düzeyde, aşağı kısmının şiddetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmiştir. Özellikle *Nitzschia palea*'nın aşırı kirlenmeye tolerans gösterdiği saptanmıştır. Benzerlik analizleri de *Nitzschia palea*'nın diğer türlerden ayrı bir grupta yer aldığını göstermiştir. Çok yüksek BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve TÇM konsantrasyonlarına sahip olan Nilüfer Çayı'nda da *Nitzschia palea* dominant olarak rapor edilmiştir (Dere vd. 2006).

Ortalama çeşitlilik değerleri çayın başlangıç kısımlarında en yüksek olarak kaydedilmiştir. Çayın son kısımlarındaki kirlilik artışında, çeşitlilik değerinde azalma kaydedilmiştir. Evenness değerleri de çeşitlilik indeksini desteklemiştir. Su kalitesinde kötüleşme olduğunda, ortama toleranslı türlerin dominant olduğu gözlenmiştir. Simpson'un baskınlık indeksinin su kalitesinin kötüleştiği çayın son kısımlarında yüksek olduğu kaydedilmiştir. Bu durumda *Nitzschia palea*'nın diyatome komunitelerinin çok büyük bir kısmını oluşturması etkili olmuştur. Su kalitesinin tür çeşitliliği üzerine olumsuz etkisi, diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Kato 1991, Kalyoncu vd. 2004).

Akarçay'ın suyunun kalite tayini EPI-D, SID, TDI ve IDP indeksi kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan EPI-D indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında III. kalite (orta), yaz aylarında ise III-IV. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. IDP su kalitesi değeri de çayın başlangıç kısmının organik maddelerle kirlendiğini ve ötrofikasyon olduğunu göstermektedir. SID indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında II. kalite (Kısmen kirli, Beta-mesosaprob), yaz aylarında ise II-III. kalite (Kuvvetli kısmen kirli, Beta-alfa-mesosaprob) olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. ve IV. kalite (orta ve nispeten kötü) olduğunu göstermektedir. Akarçay'ın başlangıç kısmının trofik seviyesinin ise mesotrofik/ötrofik olduğu görülmektedir. Hesaplanan bütün indeksler Akarçay'ın başlangıç kısımlarının tarımsal kaynaklı kirlendiğini göstermektedir. II. istasyon hem tarımsal hem de termal tesislerden gelen atık sularla kirletilmektedir. Bu kirlenici unsurlar su kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. EPI-D indeks değerleri çayın son kısımlarının su

kalitesinin IV. sınıf (çok kötü) olduğunu göstermektedir. Bu indeks değerleri, çayın son kısmının endüstriyel ve evsel kaynaklı organik maddelerle kuvvetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmektedir. SID sonuçları, çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V. sınıf (Aşırıya yakın kirli, Alfa-meso-bis polisaprob) olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri ise, çayın son kısımlarının su kalitesinin V. sınıf (kötü) ve trofik seviyesinin ise hipertrofik olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, çayın fosfat kaynağı bakımından zengin organik maddelerle kirlendiğini göstermektedir. %PT değerleri de çayın başlangıç kısımlarında ötrofikasyona neden olan önemli bir organik kirlenmeyi gösterirken, çayın son kısımlarında ağır şekilde bir organik kirlenmeyi ortaya koymaktadır. Akarçay'ın tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklardan ileri gelen, özellikle organik olarak kirlenmeye maruz kaldığı görülmektedir. EPI-D indeksinin; akarsuların ötrofikasyon ve organik kirlenmesine duyarlı bir indeks olduğu rapor edilmektedir (Dell'Uomo 2004). TDI indeks ise, suların besin tuzu konsantrasyonlarına diyatome türlerinin hassasiyetine dayanılarak geliştirilmiştir (Kelly and Whitton 1995, Kelly 1998). IDP indeksi suların organik olarak kirlenmesi ve ötrofikasyon etkilerini ortaya koymak ve bu iki olayı birbirinden ayırmak için hazırlanmıştır (Gómez and Licursi 2001). Rott et al. (1997), Zelinka – Marvan (1961)'ın formülüne bağlı kalarak bir saprobi indeksi geliştirmiştir ve akarsuların su kalitesini sabrobik sisteme göre değerlendirmiştir. Akarçay'ın su kalitesini hesaplamak için hesaplanan dört indeks arasında çok kuvvetli olarak pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Suyun fiziko-kimyasal özellikleri ile de (çözünmüş oksijen hariç, besin tuzları, KOİ, BOİ<sub>5</sub> ve toplam çözünmüş madde) kuvvetli olarak pozitif ilişki göstermiştir. Bu sonuçlar gösteriyor ki; Türkiye'deki akarsuların su kalitesini değerlendirmede Akarçay'da kullanılan, organik kirlenmeye duyarlı bu dört indeks, başarıyla kullanılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ács, É., Szabó, K., Tóth, B. and Kiss, K.T., 2004, Investigation of benthic algal communities, especially diatoms of some Hungarian streams in connection with reference conditions of the water framework directives, *Acta Botanica Hungarica*, 46 (3-4), 255-277.
- Akbay, N., Anul, N., Yerli, S., Soyupak, S. ve Yurteri, C., 1999, Seasonal distribution large phytoplankton in the Keban Dam Reservoir, *J. Plankton Res.*, 4, 771-787.
- Altuner, Z., 1988, A study of the diatom flora of Aras River, Turkey, *Nova Hedwigia*, 46, 225-263.
- Altuner, Z. ve Gürbüz, H., 1989, Karasu (Fırat) Nehri'nin fitoplankton topluluğu üzerine bir araştırma, *İstanbul Üniv. Su Ürünleri Dergisi*, 3 (1-2), 151-176.
- Altuner, Z. ve Gürbüz, H., 1991, Karasu (Fırat) Nehri'nin epilitik ve epifitik algleri üzerine bir araştırma, *Doğa-Tr. J. of Botany*, 15, 253-267.
- Anonim, 2002, Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltısuyu Akım Modeli, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Cilt-I s.339, Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Mayıs 2002-Ankara.
- APHA, Awwa, Wef., 1995, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19<sup>th</sup> ed., APHA, AWWA, WEF, 1215s, Washington.
- Atıcı, T. ve Obalı, O., 1999, A study on diatoms in upper part of Çoruh River, Turkey, *Gazi Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (3), 473-496.

- Barlas, M., 1995, Akarsu kirlenmesinin biyolojik ve kimyasal yönden değerlendirilmesi ve kriterleri, Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su rnleri Sempozyumu Kitabı, s.465-479, Erzurum.
- Barlas, M., Mumcu, M.F., Dirican, S. ve Solak, C.N., 2001, Sariğay (Milas)'da yaşayan epilitik diyatomelerin su kalitesine bağlı olarak incelenmesi, 5-8 Ekim 2001, IV. Ulusal Ekoloji ve evre Kongresi, Bodrum.
- Barlas, M., Mumcu, M.F., Solak, C.N. ve oban, O., 2002, Akęapınar Deresi ve Kadın Azmağı Deresi (Muğla) epilitik alg florasının su kalitesine bağlı olarak incelenmesi, 4-7 Eylül 2002, VI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Malatya.
- Bate, G., Smailes, P. and Adams, J., 2004, A water quality index for use with diatoms in the assessment of the Rivers, Water SA, 30 (4), 493-498.
- Beaver, J., 1981, Apparent ecological characteristics of some common freshwater diatoms, Ontario Ministry of the Environment, Technical Support Section, Don Mills, Ontario, Canada. s918.
- Bellinger, B.J., Cocquyt, C.O. and Reilly, C.M., 2006, Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams, Hydrobiologia 573,75–87.
- BUWAL, 2002, Bundesamt fr umwelt, wald und landschaft: Methoden zur untersuchung und beurteilung der flieşgewsser: Kieselalgen stufe F (flächendeckend) Entwurf Stand January, Bern.
- CEMAGREF, 1982, Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualit des eaux, Rapport Division Qualit Des Eaux Lyon-Agence de l'Eua Rhône-Mditerranan-Corse, Pierre-Bnite, s218.
- Chatenet, P., Froissard, D., Cook-Moreau, J., Hourdin, P., Ghestem, A., Botineau, M. and Haury, J., 2006, Populations of *Myriophyllum alterniflorum* L. as



bioindicators of pollution in acidic to neutral rivers in the Limousin region, *Hydrobiologia*, 570, 61-65.

Cirik, S. ve Cirik, Ş., 1991, *Limnoloji*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Ders Kitapları Serisi No 21, Ege Üniversitesi Basımevi, 75s, Bornova-İzmir.

Coste, M. and Ayphassorho, H., 1991, Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques), *Raport Cemagref, Bordeaux – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai*, pp 277.

Çetin, A.K., Sen, B. ve Yıldırım, V., 2002, Seasonal variations of epipellic diatoms in Gölbaşı Lake with relation to physical-chemical variables, *Fresenius Environmental Bulletin* 11,6, 306-311.

Daniel, H., Bernez, I. and Haury, J., 2006, Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats: the need for a morphological approach, *Hydrobiologia*, 570, 11-17.

Dell'Uomo, A., 2004, L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. *Linee guida*, 101 pp. – Roma.

Dere, Ş., Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Elmacı, A., Dülger, B. ve Şentürk, E., 2006, Relationships among epipellic diatom taxa, bacterial abundances and water quality in a highly polluted stream catchment, *Environmental Monitoring and Assessment* 112, 1-3, 1-22.

Descy, J.P., 1979, A new approach to water quality estimation using Diatoms, *Nova Hedwigia*, Heft 64, 305-323.

Descy, J.P. and Coste, M., 1991, A test of methods for assessing water quality based on diatoms, *Verh. int. Ver. Limnol.*, 24: 2112–2116.

- Ellenberg, H., Arndt, U., Bretthauer, R., Ruthsatz, B. and Steubing, L., 1991, Biological Monitoring; Signals from The Environment, Friaedr, Viewegand SohnVerlagsgesellschaft mbH, 318 p. Braunschweig.
- Fore, L.S. and Grafe, C., 2002, Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (USA), *Freshwater Biology* 47: 2015–2037.
- Girgin, S. ve Kazancı, N., 1994, Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: I, Ankara Çayı'nda Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi, XXIV + 184 s., Özyurt Matbaası, Ankara.
- Girgin, S., 1997, Ankara Çayı'nda taban büyük omurgasızlarının çeşitliliklerinin değişik indisler kullanılarak araştırılması, *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 21: 269-274.
- Gómez, N., 1998, Use of epipellic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river, *Water Research*, 32 (7), 2029-2034 .
- Gómez, N. and Licursi, M., 2001, The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina, *Aquatic Ecology*, 35 (2), 173-181.
- Gönüloğlu, A. ve Arslan, N., 1992, Samsun-İncesu Deresi'nin alg florası üzerinde floristik araştırmalar, *Doğa-Tr. J. of Botany*, 16, 311-314.
- Görmez, K., 2003, Çevre Sorunları ve Türkiye, Gazi Kitabevi, 199s. Ankara.
- Guiry, M.D. and Guiry, G.M., 2009, AlgaeBase, World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>, Erişim: 5 Nisan 2010.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997, Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43. s.92, Ankara.

- Gürbüz, H. ve Kıvrak, E., 2002, Use of Epilithic Diatom to Evaluate Water Quality in the Karasu River of Turkey, *J. of Environ. Biol.*, 23 (3); 239-246.
- Hammer, Ø., 2010, PAST (ver. 2,0) - PAleontological STatistics, Reference manual, Natural History Museum, University of Oslo. S. 195.
- Hartley, B., Barber, H.G., Carter, J.R. and Sims, P.A., 1996, *An Atlas of British diatoms*, Biopress Ltd., Bristol, s601.
- Hasle, G.R., 1978, Some specific preparations, *Phytoplankton manual*, Printed by Page Brothers (Norwich) Lmd. UNESCO, Paris, s136.
- Haury, J.C., Peltre, M., Trémolières, M., Barbe, J., Thiébaud, G., Bernez, I., Daniel, H., Chatenet, P., Haan-Archipof, G., Muller, S., Dutartre, A., Laplace-Treyture, C., Cazaubon, A. and Lambert-Servien, E., 2006, A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution, *Hydrobiologia*, 570, 153-158.
- Jarvie, H.P., Lycett, E., Neal, C. and Love, A., 2002, Patterns in nutrient concentrations and biological quality indices across the upper Thames river basin, UK, *The Science of the Total Environment* 282–283, 263–294.
- Kalyoncu, H. ve Barlas, M., 1997, Isparta Deresi'nde yoğun olarak belirlenen epilitik diatomların su kalitesine bağlı olarak mevsimsel değişimleri, *Uluslar arası IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Eğirdir/Isparta*, s.310-324.
- Kalyoncu, H., 2002, Aksu Çayı'nın fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak incelenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 171s, Isparta.

- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, O.Ö. ve Gülboy, H., 2004, Ağlasun Deresi'nin su kalitesinin fiziko-kimyasal parametrelere ve epilitik alglere göre belirlenmesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2 (12), 7-14.
- Kalyoncu, H., 2006, Aksu Deresi su kalitesinin fiziko-kimyasal parametrelere ve epilitik diyatomelere göre belirlenmesi, SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi), 1(1-2), 14-25.
- Kalyoncu, H., Barlas, M. ve Yorulmaz, B., 2008, Aksu Çayı'nda (Isparta-Antalya) epilitik alg çeşitliliği ve akarsuyun fiziko-kimyasal yapısı arasındaki ilişki, Ekoloji, 17 (66), 15-22.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N.L., Akköz, C. ve Özçelik, R., 2009, Epilithic diatoms from the Darıören Stream (Isparta/Turkey): Biotic indices and multivariate analysis, Fresenius Environmental Bulletin 18,7B,1236-1242.
- Katoh, K., 1991, A comparative study on some ecological methods of evaluation of water pollution, Environ. Sci. 5 (2), 91-98 pp.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D., 1997, Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: II., Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi , Form Ofset, s.100, Ankara.
- Kelly, M.G. and Whitton, B.A., 1995, The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. Journal of Applied Phycology 7, 433-444.
- Kelly, M.G. and Whitton B.A., 1998, Biological monitoring of eutrophication in rivers. Hydrobiologia 384: 55-67
- Kelly, M.G., 1998, Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. Water Res. 32, 236-242.

- Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L. ve D zenli, S., 2000, evre Kirliliği, evre Biyolojisi, s.272, Ankara.
- Kıvrak, E. ve G rb z, H., 2010, Tortum ayı'nın (Erzurum) Epipelik Diyatomeleri ve Bazı Fiziko-Kimyasal  zellikleri ile İlişkisi, Ekoloji 19, 74, 102-109.
- Klee, O., 1991, Angewandte Hydrobiologie- G. Theieme Verlag, 2. Neubearbeitete und erweiterte Auflage, 272 p. Stuttgart-New York.
- Kolkwitz, R. and Marsson, M., 1902, Grundsatzte f r die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Pr fungsanst. Wasserversorg. Abwasserreinig. 1, 33-72.
- Kolkwitz, R. and Marsson, M., 1908, Ecology of plant saprobia [Translated 1967], Pages 47-52 in L.E. Keup, W.M. Ingram and K.M. MacKenthum (eds.). Biology of Water Pollution, Federal Water Pollution Control Administration, Washington, DC.
- Kolkwitz, R. and Marsson, M., 1909, „ kologie der tierischen Saprobien. Beitr ge zur Lehre von der biologischen Gew sserbeurteilung.“ In: Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, tomo 2, pp. 126-152.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1986, S sswasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, Band 2/1, 1. Teil: *Naviculaceae*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, S875.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1991a, S sswasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, Band 2/3, 3. Teil: *Centrales, Fragillariaceae, Eunoticeae*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, S599.

- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1991b, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, Band 2/4, 4. Teil: *Achnantheaceae*, *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S437.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1999, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, Band 2/2, 2. Teil: *Bacillariaceae*, *Epithemiaceae*, *Surirellaceae*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, S611.
- Kwandrans, J., Eloranta, P., Kawecka, B. and Wojtan, K., 1998, Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland, *Journal of Applied Phycology* 10, 193-201.
- Lange-Bertalot, H., 1979, Pollution and tolerance of diatoms as criterion of water quality estimation, *Nova Hedwigia*, 64: 285-304.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1980, Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland, 16 S. Stuttgart.
- Leclercq, L. and Maquet, B., 1987, Deux Nouveaux Indices Chimiques et Diatomiques de Qualité d'eau Courante, Application au Samson et ses affluents (Bassin de la Meuse Belge), Comparaison avec d'autres indices chimiques biocénologiques et diatomiques, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Document de Travail 38: 1-113.
- Liebman, H., 1947, Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobien-Systems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung. *Ges. Ing.* 68, 33 - 37.
- Liebmann, H., 1962, Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Fischwassers, Vorfluters und Abwassers, Band I. Oldenbourg, München.

- Lobo, E.A., Katoh, K. and Aruga, Y., 1995, "Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area" *Freshwater Biology* 34: 191-204.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Oliveira, M.A., Salomoni, S.E., Schuler, S. and Asai, K., 1996, "Pollution Tolerant Diatoms from lotic Systems in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brasil" *Iheringia, Sér. Bot. Porto Alegre* 47: 45-72.
- Lobo, E.A. and Bender, P., 1998, "Aplicabilidade de sistemas de sapróbio para avaliação da qualidade de águas correntes fortemente poluídas, no sul do Brasil, utilizando diatomáceas, Anais do IV Congresso Latino Americano de Ficologia, 1996" *Minas Gerais: Brasil* 1: 401-422.
- Lowe, R.L., 1974, Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms, *Environ, Monit. Ser.* 670/4-74-005. USEPA, Washinton, DC.
- Lowe, R.L. and Pan, Y., 1996, Benthic Algal Communities as Biological Monitors. In: *Algal Ecology Freshwaters Benthic Ecosystems* (Eds R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe), pp. 705-739 pp. Academic Press, San Diago.
- Madoni, P., 1993, Ciliated protozoa and water quality in the Parma River (Northern Italy) long-term changes in the community structure, *Hydrobiologia*, 264, 129-135.
- Mauch, E., 1976, Leitformen der Saprobität für die Biologische Gewässeranalyse- Cour, *Forsch, Inst. Senckenberg* 21, 1-5.
- Nather Khan, ISA, 1990, Assessment of water pollution using diatom community structure and species distribution - A case study in a tropical river basin, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 75, 317-338.

- Niemi, R.M. and Niemi, J.S., 1989, 'Monitoring of fecal indicators in rivers on the basis of random sampling and percentiles', *Water, Air Soil Pollut.* 50, 331–342.
- Pabuçcu, K. ve Altuner, Z., 1998, Planctonic algal flora of Yeşilirmak River Tokat (Turkey), *Bulletin of pure and applied sciences*, 17 B (2): 101-112.
- Potapova, M.G., Charles, D.F., Ponader, K.C. and Winter, D.M., 2004, Quantifying species indicator values for trophic diatom indices: comparison of approaches, *Hydrobiologia* 517, pp. 25–41.
- Prygiel, J. and Coste, M., 1993, The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270: 343–349.
- Rawson, D.S., 1956, Algal indicators of trophic lake types, *Limnol. and Oceanogr.* 1: 18–25.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. and Melo, S., 2002, Review towards a functional classification of the freshwater phytoplankton, *J. Plankton Res.* 24: 417–428.
- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P., Pipp, E., 1997, Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobien-Indikation, *Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Stubenring 1. 1010 Wien. Austria.* s. 248.
- Round, F.E., 1960, The epipelagic algal flora of some Finnish Lakes, *Archiv für Hydrobiologie* 57,1-2, 161-178.
- Round, F.E., 1991, Diatoms in river water-monitoring studies, *Journal of Applied Phycology* 3, 129-145.



- Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G., 1990, *The Diatoms, Biology & Morphology of The Genera*, Cambridge University, Cambridge, s733.
- Schmedtje, U., Gutowski, A., Hofmann, G., Leukart, P., Melzer, A., Mollenhauer, D., Schneider, S. and Tremp, H., 1998, Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern.– Informationsbericht des Bayerischen LA für Wasserwirtschaft. 4(98): 1-501.
- Sládeček, V., 1973, System of Water Quality from the Biological point of View.- Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 7: 1-218.
- Sládeček, V., 1986, Diatoms as indicators of organic pollution. Acta Hydrochim. Hydrobiol., 14. (5) 555-566.
- Soininen, J., 2002, Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish Rivers, International Review of Hydrobiology 87, 11-24.
- Soininen, J., 2004, Benthic diatom community structure in boreal streams, PhD Thesis, University of Helsinki, Helsinki, s46.
- Soininen, J. and Könönen, K., 2004, Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure, Aquatic Ecology 38: 63–75.
- Solak, C.N. ve Barlas, M., 2006, Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in Muğla/Turkey, 6 th International Symposium Use of Algae for Monitoring Rivers Hungary, s136.
- Solak, C.N., Fehér, G., Barlas, M., Pabuçcu, K., 2007, Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in

Muğla/Turkey, Arch. Hydrobiologie Suppl. 161 (3-4) Large Rivers 17 (3-4): 327-338.

Solak, C.N., Dayıoğlu, H., Özyurt, M.S., Çaycı, K. ve Şenyüz, Y., 2007a. DESCY indeksine göre Yukarı Porsuk Nehri (Kütahya) su kalitesinin durumu, Ulusal Su Günleri Sempozyumu, 16-18 Mayıs 2007, Antalya.

Solak, C.N., Şenyüz, Y., Tokatlı, C. ve Atalay, M.A., 2007b. EPI-D (Ötrofikasyon/Kirlilik indeksi) indeksine göre Yukarı Porsuk Nehri (Kütahya) su kalitesinin durumu, XIV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 4-7 Eylül 2007, Muğla.

Solak, C.N., 2008, Bazı akuatik organizmalara bağlı olarak Felent Çayı (Porsuk-Kütahya)'ındaki kirliliğin tespiti, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 131.

Soyupak, S., Çilesiz, A.F., Yücel, N., Torunoğlu, T., Şentürk, E. ve Kaya, J., 1993, Keban Baraj Gölünde (Palu-Elazığ Arası) su kirlenmesi problemi, Turk. J. Environ. Sci.,17, 301-304.

Steinberg, C. and Schiefele, S., 1988, Biological indication of trophy and pollution of running waters, Z.Wasser-Abwasser-Forsch. 21, 227-234.

Stewart, P.M., Pratt, J.R., Cairns, J. and Lowe, R.L., 1985, Diatom and protozoan accrual on artificial substrates in lentic habitats, Trans. Am. Microsc. Soc. 104, 369-377.

Szczepocka, E. and Szulc, B., 2009, The use of benthic diatoms in estimating water quality of variously polluted rivers, Oceanol. Hydrobiol. Stud. 38(1): 17-26.

Şahin, B., 1992, Trabzon Yöresi tatlısu diyatome florası üzerine bir araştırma, Doğa-Tr J. of Botany, 16, 104-116.

- Tanyolaç, J., 2004, Limnoloji (Tatlısu Bilimi), Hatiboğlu Yayıncılık, Ankara, s237.
- Trifonova, I.S., 1998, Phytoplankton composition and biomass structure in relation to trophic gradient in some temperate and subarctic lakes of north-western Russia and the Prebaltic. *Hydrobiol.*, 369/370, 99-108.
- Tuchman, M. and Blinn, D.W., 1979, Comparison of attached algal communities on natural and artificial substrata along a thermal gradient, *British Phycology Journal* 14, 243-254.
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987, Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd.Yayımları, Eğitim Dizisi 1, 364 p.
- Van Landingham, S.L., 1982, Guide to the identification, Environmental Requirements and pollution tolerance of freshwater Bluegreen Algae (Cyanophyta). *Environ. Mont. Ser.* 600/3-82-072. USEPA Washington.
- Vilbaste, S., 2001, Benthic diatom communities in Estonian Rivers. *Boreal Environment Research*, 6, 191-203.
- Wetzel, R.G., 1983, *Limnology*, Saunders College Publishing, p767, Philadelphia.
- Whitton, B.A., Rott, E. and Friedrich, G., 1991, Use of algae for monitoring rivers. *Proc. Internat. Symp. Dusseldorf, Germany*, - 193 pp. Universität Innsbruck, Institut für Botanik.
- Whitton, B.A. and Rott, E., 1996, Use of algae for monitoring rivers II. *Proc. International Symposium, Innsbruck, Austria 17-19 September 1995*, Inst. für Botanik, Univ. Innsbruck, pp.196.
- Wu, J.T. and Suen W.C., 1985, Change of algal associations in relation to water pollution, *Bot. Bull. Acad. Sin.* 26, 203-212.

- Wu, J.T., 1999, Ageneric index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan, *Hydrobiologia*, 397, 79-87.
- Yıldız, K., 1984a. Meram Çayı alg toplulukları üzerine araştırmalar, Kısım I- Fitoplankton topluluğu. S.Ü. Fen-Edeb. Fak. Dergisi, 3, 213-217.
- Yıldız, K., 1984b. Meram Çayı alg toplulukları üzerine araştırmalar, Kısım II- Taş ve çeşitli bitkiler üzerinde yaşıyan alg topluluğu. S.Ü. Fen-Edeb. Fak. Dergisi, 3, 218-222.
- Yıldız, K. ve Özkıran, Ü., 1991, Kızılırmak Nehri diyatomeleleri, *Doğa-Tr J. of Botany*, 15, 166-188.
- Yıldız, K. ve Atıcı T., 1996, Ankara Çayı Diyatomeleleri, *Gazi Üniv. Fen-Edeb. Fak. Fen Bilimleri Dergisi* 6, 59-87.
- Zelinka, M. and Marvan, P., 1961, Zur Prazisierung der biologischen, Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer . *Arch. Hydrobiol.*, 57 (3): 389-407.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşe UYGUN  
Doğum Yeri : Göynücek / AMASYA  
Doğum Tarihi : 22. 07. 1979  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu:

Lise : Suluova İmam-Hatip Lisesi (1996)  
Lisans : Atatürk Üniversitesi K. K. Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği  
(2000)

### Çalıştığı Kurumlar:

Üçağaç İlköğretim Okulu (2000)  
Aydıncık Çok Programlı Lisesi ( 2002)  
Şuhut Endüstri Meslek Lisesi ( 2005)  
Afyon Lisesi (2006)