

**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SEDİMENTTEKİ MAKRO-OMURGASIZLARLA SU KALİTESİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Özlem DEMİR**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2005**

Yrd. Doç. Dr. Sinan UYANIK danışmanlığında, Özlem DEMİR'in hazırladığı "Sedimentteki Makro-omurgasızlarla Su Kalitesinin Değerlendirilmesi" konulu bu çalışma 20/09/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sinan UYANIK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ

Üye : Prof. Dr. Vagif HATEMOV

**Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. İbrahim BOLAT**  
Enstitü Müdürü

**Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No:103Y005) ve HRÜ BAPKP (Proje No:499) tarafından desteklenmiştir.**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanım, 5346 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Su Kalitesini Değerlendirme Teknikleri.....	2
1.1.1. Kimyasal değerlendirme teknikleri.....	2
1.1.2. Biyolojik değerlendirme teknikleri.....	2
1.2. Makro-omurgasızlar ile Su Kalitesinin Belirlenmesi.....	3
1.2.1. Makro-omurgasızları örnekleme yöntemi.....	6
1.2.2. Makro-omurgasızlarla biyolojik değerlendirme yöntemi.....	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri.....	14
3.1.2. Örnekleme noktalarının yeri ve özellikleri.....	14
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	17
3.2.1.1. Sıcaklık.....	17
3.2.1.2. pH.....	17
3.2.1.3. Akış Hızı.....	17
3.2.1.4. Çözünmüş oksijen.....	18
3.2.1.5. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı.....	18
3.2.1.6. Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	18
3.2.1.7. Bulanıklık.....	18
3.2.2. Makro-omurgasız örneklerinin alınması.....	19
3.2.3. Makro-omurgasız örneklerinin ayrımı ve sınıflandırılması.....	22
3.2.4. Makro-omurgasızların biyotik indekslere göre puanlandırılması.....	23
3.3. Kimyasal Verilere ve İndekslerle Göre Örnekleme Noktaları Arasındaki Benzerlikler.....	27
3.3.1. Makro-omurgasız türlerinin ortalama bolluğu.....	27
3.3.2. Makro-omurgasız türlerinin ortalama dominansı.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	29
4.1. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular.....	29
4.1.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık verileri.....	29
4.1.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama Ph verileri.....	30
4.1.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık verileri.....	30
4.1.4. Örnekleme noktalarındaki ortalama çözünmüş oksijen verileri.....	31
4.1.5. Örnekleme noktalarındaki ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı verileri.....	32
4.1.6. Örnekleme noktalarındaki ortalama kimyasal oksijen ihtiyacı verileri.....	34
4.1.7. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin karşılaştırılması ve istatistiksel analizleri.....	35
4.2. Biyolojik Değerlendirmeler.....	37
4.2.1. Örnekleme noktalarındaki makro-omurgasız tür dağılımı.....	38
4.2.1.1. Bolluk ve dominans bulguları.....	41
4.2.2. Makro-omurgasızların BMWP Biyotik İndeksine göre puanlandırılması.....	64
4.2.3. Makro-omurgasızların Trent Biyotik İndeksine göre puanlandırılması.....	65
4.2.4. Makro-omurgasızların Chandler Skoruna göre puanlandırılması.....	66
4.2.5. Biyotik indekslerin karşılaştırılması ve örnekleme noktalarının puanlarının istatistiksel analizleri.....	67

4.2.6. Makro-omurgasızlar ile kimyasal analiz sonuçları arasındaki ilişki.....	69
4.3. Makro-omurgasız İndeks Puanlarının Aylara Göre Değişimi.....	71
4.3.1. Makro-omurgasız BMWP indeks puanlarının aylara göre değişimi.....	71
4.3.2. Makro-omurgasız Trent İndeks Puanlarının aylara göre değişimi.....	72
4.3.3. Makro-omurgasız Chandler Puanlarının aylara göre değişimi.....	72
4.4. Özlem Biyotik İndeksi.....	73
4.4.1. Özlem Biyotik İndeksinin oluşturma aşamaları.....	74
4.4.2. Özlem Biyotik İndeksine göre makro-omurgasız puanları.....	76
4.4.3. Özlem Biyotik İndeksine göre örnekleme noktalarının istatistiksel analizleri.....	78
4.4.4. Özlem Biyotik İndeksinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile ilişkisi.....	79
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	86
ÖZET.....	87
SUMMARY.....	89

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Kirliliğine toleransına göre sınıflandırılmış makro-omurgasızlar .....	6
Şekil 3.1. Örnekleme alanının haritası (Eğri Çayı).....	14
Şekil 3.2. Eğri Çayı yer bulduru haritası.....	15
Şekil 3.3. Örnekleme noktalarının fotoğrafları.....	16
Şekil 3.4. Örnekleme noktasında pH ölçümü.....	17
Şekil 3.5. Akış hızı ölçümü.....	18
Şekil 3.6. Örneklemeelerde kullanılan fileler.....	20
Şekil 3.7. Örneklemeelerde kullanılan tulum ve çizme.....	20
Şekil 3.8. Filelerin tutulma şekli.....	21
Şekil 3.9. Sedimentin topraklarla karıştırılması.....	21
Şekil 3.10. Makro-omurgasızların küvetlere boşaltma işlemi.....	21
Şekil 3.11. Küvetlerde kalan çamur numunesini süzgeçten geçirme işlemi.....	22
Şekil 3.12. Numunelerin kaplara alınması.....	22
Şekil 3.13. Makro-omurgasız ayrımı için numunelerin petri kaplarında incelenmesi.....	22
Şekil 3.14. Makro-omurgasızların stereo-mikroskopta tanınması.....	23
Şekil 4.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık değerleri.....	29
Şekil 4.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama pH değerleri.....	30
Şekil 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık değerleri.....	31
Şekil 4.4. Örnekleme noktalarındaki ortalama çözünmüş oksijen değerleri.....	32
Şekil 4.5. Örnekleme noktalarındaki ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri.....	33
Şekil 4.6. Örnekleme noktalarındaki ortalama kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri.....	35
Şekil 4.7. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı.....	35
Şekil 4.8. Eğri Çayı'nda baskın makro-omurgasız türleri.....	62
Şekil 4.9. Eğri Çayı'ndaki makro-omurgasızların organik kirlilik toleransına göre sıralanışı.....	63
Şekil 4.10. Makro-omurgasızların BMWP Biyotik İndeksine göre ortalama puanları.....	64
Şekil 4.11. Makro-omurgasızların Trent Biyotik İndeksine göre ortalama puanları.....	66
Şekil 4.12. Makro-omurgasızların Chandler Skoruna göre ortalama puanları.....	67
Şekil 4.13. BMWP, Trent biyotik İndeksleri ve Chandler Skoru.....	68
Şekil 4.14. Makro-omurgasız topluluklarının BMWP Biyotik İndeks puanlarının aylara göre değişimi.....	71
Şekil 4.15. Makro-omurgasız topluluklarının Trent Biyotik İndeks puanlarının aylara göre değişimi.....	72
Şekil 4.16. Makro-omurgasız topluluklarının Chandler Skorlarının aylara göre değişimi.....	73
Şekil 4.17. Özlem Biyotik İndeksi'ne göre makro-omurgasızların ortalama puanları.....	76
Şekil 4.18. BMWP, Trent, Özlem Biyotik İndeksleri ve Chandler Skoru.....	77
Şekil 4.19. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen İhtiyacı ile Özlem Biyotik İndeksi arasındaki ilişki.....	80

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinat ve debileri.....	15
Çizelge 3.2. Akarsular için BMWP (Biological Monitoring Working Party) indeks sınıflandırma cetveli.....	24
Çizelge 3.3. Trent Biyotik İndeks sınıflandırma cetveli.....	26
Çizelge 3.4. Chandler Biyotik Skoru.....	27
Çizelge 4.1. Örnekleme noktalarının BOİ ve KOİ değerlerine göre istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	36
Çizelge 4.2. Örnekleme noktalarına göre makro-omurgasız tür dağılımı.....	39
Çizelge 4.3. 1. örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri.....	42
Çizelge 4.4. 2. örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri.....	45
Çizelge 4.5. 3. örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri.....	48
Çizelge 4.6. 4. örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri.....	51
Çizelge 4.7. 5. örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri.....	54
Çizelge 4.8. Makro-omurgasızların örnekleme noktalarındaki ortalama bolluk değerleri.....	58
Çizelge 4.9. Makro-omurgasızların örnekleme noktalarındaki ortalama dominans değerleri.....	60
Çizelge 4.10. İndeks puanlarının noktalara göre istatistiksel analizleri.....	69
Çizelge 4.11. Örnekleme noktalarındaki kimyasal ve biyolojik bulgular.....	70
Çizelge 4.12. Özlem Biyotik İndeksi.....	75
Çizelge 4.13. Kimyasal analiz sonuçları ve Özlem Biyotik İndeks puanları.....	78
Çizelge 4.14. Özlem Biyotik İndeksi'nin örnekleme noktalarına göre istatistiksel analizleri...	79

## ÖZ

**Yüksek Lisans Tezi**

### **SEDİMENTTEKİ MAKRO-OMURGASIZLARLA SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Özlem DEMİR**

**Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sinan UYANIK  
Yıl: 2005, Sayfa: 90**

Bu çalışmada su kalitesi, hem fiziksel ve kimyasal, hem de biyolojik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanı olarak, Adıyaman'daki Eğri Çayı seçilmiştir. Eğri Çayı, kaynaktan sonra çeşitli deşarjlar alarak kirlenmektedir. Eğri Çayı üzerinde 5 örnekleme noktası seçilmiştir. Bu noktalarda kimyasal analizlerin yanı sıra bentik makro-omurgasızların su kalite indikatörü olarak kullanıldığı biyolojik değerlendirmeler de yapılmıştır. Çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, pH, sıcaklık, bulanıklık gibi parametrelerin ölçümünü ve kirliliğe karşı hassasiyeti farklı makro-omurgasızların toplanıp, sınıflandırılmasını kapsayan örnekleme çalışmasına Mart 2004 – Şubat 2005 tarihleri arasında bir yıl boyunca devam edilmiştir. Bentik makro-omurgasızların örneklemede tekme örnekleme sistemi kullanılmıştır. Alınan örneklerdeki bentik makro-omurgasızlar tanınıp, sınıflandırılıp ve sayıldıktan sonra BMWP İndeksi, Trent Biyotik İndeksi ve Chandler skoru kullanılarak örnekleme noktalarının su kalitesini gösteren puanlar hesaplanmıştır. Kimyasal analizler ile biyolojik analizler karşılaştırılarak örnekleme noktalarının su kalitesi ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Kimyasal bulguların istatistiksel analizleri ve faunal benzerlikler 1. ve 2. örnekleme noktalarının su kalitesi açısından 4. ve 5. noktalardan çok farklı olduğunu göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Makro-omurgasızlar, biyodeğerlendirme, su kalitesi

## **ABSTRACT**

**MSc Thesis**

### **ASSESSMENT of WATER QUALITY USING BENTIC MACRO-INVERTEBRATES IN SEDIMENT**

**Özlem DEMİR**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sinan UYANIK**

**Year: 2005, Page: 90**

In this study, water quality of a river has been assessed by not only chemical and physical but also biological methods. Egri River of Adiyaman was selected as research area, which receives and consequently gets polluted by several inputs following spring. 5 sampling points on the river were selected. At these points, in addition to chemical analyses, biological analyses which use benthic macroinvertebrates as water quality indicator have been carried out. Sampling studies which include dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, pH, temperature, turbidity measurement in the water phase and quantification of macroinvertebrates in the sediment lasted a year from March 2004 to February 2005. Kick sampling method has been used to collect the sediment samples. BMWP, Trent Biotic Index and Chandler Biotic Index have been calculated. Chemical and biological analyses of the water have been used to compare each sampling point. Statistical analyses of the chemical and biological data showed significant differences between sampling point 1,2 and 4,5 with regard to water quality.

**KEYWORDS:** Macro-invertebrates, bioassessment, water quality



## 1. GİRİŞ

Su, sınırlı miktarlarda bulunan bir doğal kaynaktır. Bu nedenle, suyun doğal ekolojik döngüsünün bozulmasına neden olan faaliyetlerden kaçınmak gerekir. Dünya nüfusunun hızla artması ve insanların yaşam standartlarını yükseltme çabaları, doğal kaynakları, özellikle çevresel zenginlikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Su kaynakları, birçok kirleticinin etkisiyle gün geçtikçe daha çok kirlenmektedir (Girgin,1994).

Doğal su kaynakları, içme suyu ve sulama suyu olarak kullanıldıkları için daha fazla önem taşımaktadır. Besin zincirinde önemli yere sahip ve çevresel değişimlere duyarlı birçok organizmayı barındırmaları ise önemlerini arttırmaktadır. Doğal su kaynaklarından biri olan akarsular, derinliğin fazla olmaması ve sürekli bir akıntıya sahip olmaları nedeni ile oksijen bakımından zenginlerdir. Akarsular, organik maddelerle kirlenmeye karşı duyarlıdır. Çürüme sırasında bakteri faaliyetleri suda oksijen azalmasına neden olurlar. Akarsuların bu yolla ya da kimyasal olarak kirlenmesi, nüfusu fazla olan endüstri bölgelerinin en önemli sorunlarından birisidir. Kirletici kaynaklarından gelen organik maddeler zamanla suyun dibinde birikerek sedimentlerde kirlilikler oluştururlar. Bu da dipte yaşayan canlıları olumsuz yönde etkilemektedir.

Suda meydana gelen kalite değişimleri birtakım fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler kullanılarak tespit edilebilmektedir. Bu parametrelerden fiziksel ve kimyasal parametreler, günümüze kadar biyolojik parametrelere göre daha fazla kullanılmıştır. Fakat fiziksel ve kimyasal parametreler suyun yalnızca o anki durumu hakkında bilgi vermekte ve çoğu zaman bazı yanılgılara sebep olmaktadır. Fiziksel ve kimyasal veriler, biyolojik su kalitesi tayinini destekler niteliktedir. Su kalitesinin belirlenmesinde ortaya çıkabilecek hataları önlemek amacıyla, indikatör organizmaların rol oynadığı biyolojik parametrelerin kullanılması zorunlu bir hal almıştır.

Bu nedenle, akarsuların kirliliğinin belirlenmesi için kimyasal parametreler ile birlikte biyolojik değerlendirmeler de ele alınmalıdır. Ekosistem değişikliklerine ve kirliliğe duyarlı oldukları için makro-omurgasız toplulukları biyolojik değerlendirmede indikatör olarak kullanılabilirler. Kirli suda yaşayan makro-

omurgasızlar temiz suda, temiz suda yaşayanlar ise kirliliğe stres altında yaşarlar ve dominant türler oluşturamazlar. Bu da kirlilik üzerine yorum yapılmasını kolaylaştırır. Makro-omurgasızlar akarsu kalitesi hakkında uzun süreye yönelik bilgi elde etmemizi sağlar. Kirlilikten kolay kaçamadıkları için kirlilik boyutu hakkında sürekli bilgi verirler.

Bu çalışmada asıl amaç, su kalitesinin belirlenmesi hususundaki biyolojik değerlendirme eksiklerini sedimentteki makro-omurgasızları inceleyerek ve yorumlayarak gidermektir. Biyolojik kriterler, doğru olarak uygulandıkları takdirde kimyasal ve toksik madde analizlerini tamamlar ve destekler nitelik taşırlar. Biyolojik kriterler, toplulukların fonksiyonlarının, yoğunluklarının, ölçüm ve göstergelerinin bütünlüğüne dayanır (U.S. EPA, 1998).

## **1.1. Su kalitesini Değerlendirme Teknikleri**

### **1.1.1. Kimyasal değerlendirme teknikleri**

Kimyasal değerlendirme teknikleri, doğal sistemlerde ve/veya arıtma proseslerinin bazı noktalarında, çevreye geri dönmeden çıkış suyunda örneklemeyi içeren ve iyi bilinen metotlardır. Bu değerlendirme, önemli kimyasal parametrelerin varlığı ve konsantrasyonlarına yönelik testlerden oluşur. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOC) gibi geleneksel su kalite belirleme testleri bunlardandır.

### **1.1.2. Biyolojik değerlendirme teknikleri**

Örneklem alanı içinde bulunan tüm biyotayı, farklı organizma grupları için gereken örneklem metotlarının çeşitliliği nedeniyle incelemek imkansızdır. İnceleme veya izleme programı doğru bilgiler edinmemizi sağlayan uygun organizmaları içermelidir.

İnceleme ve izleme programlarına uygun olabilmesi için biyolojik sistemler şu özellikleri taşımalıdır:

- 1) Organizmaların varlığı veya yokluğu diğer ekolojik faktörlerden ziyade su kalitesi ile bağdaştırılmalıdır.
- 2) Su kalitesi güvenilir bir şekilde değerlendirilmeli ve basitçe açıklanmalıdır. Sistemin verimi ölçülebilmelidir.

- 3) Değerlendirme sadece örnekleme zamanındaki değil, geniş zamana yayılmış su kalite şartlarını göstermelidir.
- 4) Örnekleme, sınıflandırma, tanıma ve veri işlemi için minimum zaman ve insan gücü gerekmektedir.

Biyolojik değerlendirmenin kullanım alanı, kimyasal değerlendirmeye oranla daha az bilinir. Belirli organizmaların çevresel değişimlere tepkileri tanımlanmıştır. Bu tepkiler, su kalitesini belirlemek için analitik bir araç olarak kullanılabilir (Kiely, 1997).

Aşağıdaki akuatik organizma toplulukları, belirli alanlarda biyolojik değerlendirme için kullanılabilir.

Plankton, perifiton, makrofiton, makro-omurgasızlar, balık, hem suda, hem karada yaşayan hayvanlar, akuatik sürüngenler, ve bakteriler.

Bunlar arasında bulunan makro-omurgasızlar neden ve nasıl su kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilir sorusu, aşağıda detaylıca verilmiştir.

## 1.2. Makro-omurgasızlar İle Su Kalitesinin Belirlenmesi

Makro-omurgasızlar; süngerler, mercan ve deniz anası gibi torba vücutlu hayvanlar, at solucanları, nematodlar, yuvarlak kurtlar, halkalılar, yumuşakçalar, deniz keşanesi ve deniz yıldızı gibi derisi dikenli hayvanlar, makro crusteacealar, böcekler ve diğer omurgasızlardır.

Bir makro-omurgasızın yaşam döngüsü, yumurtadan ergin evreye kadar devam eder. Makro-omurgasızlar tam veya tamamlanmamış metamorfoz geçirebilirler. Tam metamorfoz, yumurta, larva, yavru, ergin olmak üzere 4 evreye sahiptir. Tam metamorfoz geçiren organizmalar böcekler ve Trichoptera gibi organizmalardır. Bu organizmaların çoğu yumurta ve larva evrelerinde suda yaşayabilirler fakat ergin evrede suda yaşayamazlar. Tamamlanmamış metamorfoz; yumurta, kurtçuk safhasından çıkmış fakat tam gelişmemiş böcek, ergin olmak üzere 3 evreden oluşur. Tamamlanmamış metamorfoz geçiren organizmalar Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata ve Diptera gibi organizmalardır. Odonata gibi bu organizmaların çoğu akuatik sistemlerde ergin olarak yaşayamazlar.

Akuatik makro-omurgasızlar, göller, akarsular, havuzlar, bataklıklar ve kirli su birikintilerinde bulunurlar ve bakterileri, ölü çürümüş bitki ve hayvanları yiyerek su

ekosisteminin sağlığını korumaya yardımcı olurlar. Plecoptera, Ephemeroptera ve Coleoptera Psephenidae gibi bazı makro-omurgasızlar yüksek seviyede çözünmüş oksijene ihtiyaç duyarlar ve bunların fazla sayıda bulunması iyi su kalitesinin bir göstergesidir. Diğer makro-omurgasızlar, daha düşük çözünmüş oksijen seviyesinde yaşayabilirler.

Makro-omurgasızların ömürlerinin uzunluğu bazı tatarcık ve sinekler için 2 haftadan az ve bazı Plecoptera, Odonata gibi türler için iki yıl ve daha fazladır.

Makro-omurgasızların su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmasının birtakım nedenleri vardır. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür:

- Akuatik makro-omurgasızlar oldukça kolay örneklenir,
- Bentik makro-omurgasızlar, besin ağı arasından enerji geçişinin önemli olduğu yerler olan göller ve akarsularda yaygın olarak bulunurlar. Akarsulardaki alg ve yapraklar makro-omurgasızlar tarafından tüketilebilir. Makro-omurgasızlar, balık gibi daha büyük hayvanlar ve hatta insanlar için bile bir enerji kaynağıdır,
- Kimyasal test de akarsu ve göl kalitesi için çok önemli olabilir fakat genellikle sınırlı bilgi sağlar. Ekipmanı çok pahalı olabilir ve izleme zaman alabilir (bazen hafta veya saat örnekleme gerekir). Düzenli makro-omurgasız örnekleme (Ör: yılda 4 - 6 kez) kimyasal testlerle kolayca çıkarılmayacak problemleri gösterir ve kirlilik problemlerini ortaya çıkarır. pH ve çözünmüş oksijen gibi sadece örnekleme anına özgü bilgi sağlayan su analizleri ile su kirliliğini tanımlamak zor olabilir.
- Akuatik makro-omurgasızlar, uzun süreli bir periyot için akarsu kalitesi hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Balıkların varlığı bile bir kirlilik problemi hakkında bilgi sağlamayabilir çünkü balıklar kirlilikten kaçmak için hareket edebilirler ve şartlar düzeldiğinde geri dönerler. Bununla birlikte, çoğu akuatik makro-omurgasız kirlilikten kaçamaz. Bir makro-omurgasız örneği, örnek toplama süresi boyunca o ortamda bulunmayan kirlilik hakkında bilgi verir. Sonuç olarak, makro-omurgasızlar çeşitli kümülatif ve çoklu kaynaktan gelen kirlilik etkilerini gösterebilir
- Akuatik makro-omurgasızların, su kirliliğine duyarlılıkları farklıdır. Bazı akuatik makro-omurgasızlar, kirli sularda yaşayamazlar. Diğerleri ise kirli

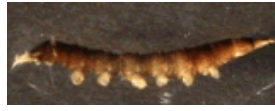
sularda yaşayabilir ve hatta büyüebilir. Sağlıklı akarsularda makro-omurgasız toplulukları kirliliğe duyarlı makro-omurgasız çeşitliliğini içerir. Sağlıksız bir akarsuda sadece birkaç tip kirliliğe toleranslı makro-omurgasız bulunur. Çevresel rahatsızlıklara cevap veren makro-omurgasız toplulukları evsel, endüstriyel, yağ ve tarımsal atıklar ve diğer atıkların etkilerini değerlendirmede kullanışlıdır. Makro-omurgasız topluluk örneklerinin yapısını değiştiren üç durum, organik yükleme, alt taban değişikliği ve toksik kimyasal kirlenme olarak kanıtlanmıştır. Kirliliğe toleransına göre bazı makro-omurgasızlar Şekil 1.1’de verilmiştir.

### 1.2.1. Makro omurgasızları örnekleme yöntemi

Kirlilik kaynağının etkisinin değerlendirilmesi genellikle makro-omurgasız toplulukların ve kirlilikle etkilenen yerlerdeki habitatların karşılaştırılmasını içerir. Prosedür, toplulukların örnekleme ve analizi ve kirlenmeden etkilenen topluluğun etkilenmemiş alandan farklarını belirlemeyi içerir. Bu sayı verisinden topluluklar karakterize edilebilir ve topluluk yapılarına, yoğunluğuna, biyokütle, çeşitliliğe ve diğer analizlere göre karşılaştırılabilir.

Sedimentteki makro-omurgasızları örnekleme için bazı standart metotlar mevcuttur. Akarsuyun şartları bu metotlardan uygun olanının seçilmesinde önemli bir etkidir. Akarsuyun debisi, sığ veya derin oluşu, örnekleme alanının büyüklüğü, ortamın bileşimi yani kum, taş veya çakıldan biri veya birkaçını kapsamaması gibi birçok faktör bu tarz çalışmaların yöntemini belirlemede rol oynamaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar sonucu hangi özellikte su ortamı için hangi metot ve ekipmanın uygun olacağı kararına varılmış ve böylece birbirinden farklı örnekleme aletleri geliştirilmiştir. Akarsularda bulunan makro-omurgasızlar akarsuyun kirli yada temiz oluşuna bağlı olarak değişkenlik gösterirler, yani temiz suda bulunan omurgasızlar ile kirli suda bulunan omurgasızlar birbirinden farklıdır.

## a) Kirliliğe duyarlı bazı makro-omurgasızlar

PlecopteraColeoptera  
PsephenidaeEphemeropteraOdanataSialidaeRhagionidaeDreissenaElmidae

## b) Kirliliğe az toleranslı bazı makro-omurgasızlar

Odanata CoanegrinaeOdanata  
GomphidaeAstacidea.AmphipodsSimuliidaeTrichopteraIsopodsDiptera Tipulidae

## c) Kirliliğe toleranslı bazı makro-omurgasızlar

ChironomidaeOligochaetaHirudineaGastropoda

Şekil 1.1. Kirliliğe toleransına göre sınıflandırılmış bazı makro-omurgasızlar (U.S.EPA, 2003).

Değerlendirmenin başlatılabilmesi için öncelikle örneklemelerin yapılacağı bir akarsu belirlemek gerekir. Bu akarsu belirlenirken tabii ki belirli özelliklere sahip olmasına dikkat edilir. Akarsuyun akış hızı fazla olmamalı, örnekleme noktaları taş ve çakıl içeren, içine girilebilecek kadar sığ ortamlardan oluşmalı ve akarsu kaynağında temiz olup da akış yönünde bazı deşarjlarla giderek kirlenen özellikte olmalıdır. Bunun nedeni, su kalitesinde olan değişikliklerin sedimentteki canlı popülasyonu üzerine olan etkisini kanıtlamaktır.

Akarsuda örnekleme alanı, akarsuyun karakteristiklerini temsil edecek şekilde seçilmelidir. Mümkün olduğunca, suyun önünü kesen, hızını, derinliğini ve ortam kalitesini değiştiren bir yol veya köprüden uzak noktalardan örnek alınmalıdır. Örnekleme yapılmadan önce alanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, hava şartları tanımlanmalıdır. Örneklemeden sonra, işlemlerin doğru ve tam olması açısından bu bilgiler tekrar göz önüne alınır. Örnekleme alanının haritası çizilmelidir. Bu harita, akarsuyun niteliklerini, çevresindeki önemli yapıları, bitkileri, kısaca akarsu çevresini içermelidir. Harita üzerinde akış yönünü göstermek için bir ok kullanılmalıdır. Makro-omurgasızların örneklendiği alanlar harita üzerinde gösterilmelidir.

Örnekleme, akarsuyun menbaya yakın kısmında başlar ve mansap kısmına doğru ilerler. Akarsuyun tekli veya çoklu ortamdan oluşması önemlidir. Çünkü akarsuyun tek veya çok tip taş, çakıl ve kumdan oluşup oluşmaması, kullanılacak ağ tipinin seçiminde etkilidir. Buna uygun seçilen ağ, 1 m<sup>2</sup>'lik alana yayılır ve ayak parmakları veya giyilen uzun çizmelerin topukları ile örnekleme alanı tekmelenir ve omurgasızlar rahatsız edilerek taş veya çakıl altından çıkması sağlanır. Makro-omurgasızlar U. S Standardı No: 30 eleğe (0.595 mm) tutularak alıkonurlar. Türlerin kompozisyonunun, zenginliğinin, yoğunluğunun, tarafsızlığının ve önemli taksonomik örneklerin değerlendirmesi No:30 eleğin kullanımı ile önemli ölçüde artabilir. Bunun yanı sıra makro omurgasızların örneklenmesi için D tipi ve kare tipi fileler geliştirilmiştir. Bu filelerin 3 dakika kullanılarak örneklerin alınması yeterli olmaktadır.

Yerlerinden çıkan omurgasızlar ağın içinden alınır ve örnekler konteynıra konur. Örnekleri fileden almak için pensler kullanılabilir. Konteynırın içine, örneklerin tanımlayıcı kodu veya tür numarası, tarih, akarsu ismi, örnekleme yeri ve

toplayıcı ismi yazılır. Bu bilgiler laboratuarda kaydedilmelidir (Barbour ve ark., 1999).

Kullanılan örnekleme aleti not edilmeli ve örnekleme anındaki şartlar, özellikle örnekleme zorlaştıran şartlar gösterilerek yorumlanmalıdır. Akvatik flora ve fauna gözlemlenerek örnekleme sonrası ortam değerlendirmesi yapılır. Daha sonra örnekler laboratuara getirilir ve omurgasızlar stereo-mikroskop altında tanınmaya çalışılır ve sınıflandırılır. Sınıflandırma sırasında taksonomik sıralamada bir tür için; sınıf, takım, cins, tür olarak sıralanmaya çalışılmalıdır.

Bu çalışmaların yanı sıra aynı örnekleme noktalarında pH, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı gibi parametreler tayin edilip, yorumlanmalıdır. Daha sonra elde edilen biyolojik ve kimyasal analizler karşılaştırılarak belli bir sonuca varılabilir. Karşılaştırmaları yapılabilir.

### 1.2.2. Makro-omurgasızlarla biyolojik değerlendirme yöntemi

Farklı kaliteye sahip sulara bulunması muhtemel sediment canlıları yukarıda verilmişti. Bu değişkenlik göz önüne alınarak ve her tür makro-omurgasız için farklı puanlar verilerek indeksler oluşturulmuştur.

Makro-omurgasız ayrımı ve sınıflandırılmasından sonra makro-omurgasızların değerlendirilmesinde Biological Monitoring Working Party (BMWP) İndeksi, Trent Biyotik İndeksi ve Chandler Skoru gibi biyotik indeksler kullanılmaktadır. Makro-omurgasızların duyarlılıklarına göre oluşturulmuş bu sınıflandırma cetvellerine göre örnekleme noktalarının ortalama olarak skoru belirlenmektedir. BMWP İndeksine göre kirliliğe göre en duyarlı makro-omurgasız türüne en yüksek puan verilmiş, kirliliğe toleransları arttıkça bu puan giderek azalmaktadır. En yüksek puan 10, en düşük puan ise 1'dir. Kirliliğe toleransına göre her organizma türüne bir puan verilir (düşük puan = toleranslı, yüksek puan = toleransız su). Sonra bu puanlar biyotik indeksi vermek üzere toplanır. BMWP indeksinde, kirliliğe toleransına göre her organizmaya puan verilmiştir. Toleranslı olanlara düşük puan, toleransız olan omurgasızlara ise yüksek puan verilmiştir. Hafif kirli nehir sularında bu puanlar 100'ü aşar, ağır kirli sistemlerde ise puan 10'dan azdır. Bu metot 1980'den beri kullanılmaktadır.



Trent Biyotik İndeksi (TBI) organik kirlilik için İngiltere'deki Trent Nehri'ne göre düzenlenmiştir. Ancak diğer kirliliklere de yanıt verir niteliktedir (James and Evison, 1979). Genişletilmiş şeklinde indeks 0'dan (düşük kalite) 15'e (yüksek kalite) değişir. Sınıflandırma kirliliğe toleranslı ve diğerleri olarak bilinen organizmalara göre yapılmıştır. (Plecoptera ve Ephemeroptera) kirliliğe toleransız olarak bilinir. Sistem aynı zamanda çizelgenin altında verilen mevcut grupların sayısı içinde hesaplanır. Skora şöyle ulaşılmıştır.

1. Mevcut tüm organizmalar tanınarak toplam grup sayısı hesaplanmıştır.
2. Çizelgenin ilk kolonundan aşağı doğru çalışmaya başlanmıştır. Eğer Plecoptera mevcutsa karşısına hareket edilir. Eğer Plecoptera bir türden fazla ise mevcut grup sayısını veren kolon ile kesişene dek karşısına hareket edilir. Bu TBI'yi verir. Eğer Plecoptera yok ise aşağıya doğru hareket edilir, Ephemeroptera ve sıra ile devam edilir.

Chandler Biotik Skorunda ise organizmaların yoğunluğu hesaba alınmıştır. Daha basit fakat daha sağlam olan indeks, organizma yoğunluğunu baz alan Chandler Biyotik Skoru'dur. Her türe veya yoğunluğuna göre bir puan verilmiştir. Azdan çok yoğunu doğru puanlama artmaktadır. Bu çizelgeye göre, makro-omurgasızlarda 1-2 adet bulunması sadece mevcudiyetine işaretken 100'den fazla olması çok yoğun kategorisine dahil olmasına neden olur.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dyer ve ark. (2003), Filipinler'deki Balatuin Nehri'nde yaptıkları çalışmada arıtılmamış atıksuların akuatik topluluklar üzerindeki etkilerini incelemiştirler. Bu çalışma sonucunda, perifitik alg topluluklarının, organik olarak zengin, arıtılmamış atıksu deşarjlarından gelen yüksek Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ >10 mg/l) ve amonyak (>0.01 NH<sub>3</sub>/lt) konsantrasyonlarına duysız olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, bu deşarjlarla makro-omurgasızların tür zenginliği ve yoğunluğunun büyük ölçüde etkilendiği görülmüştür. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve amonyak konsantrasyonlarının yüksek olduğu yerlerde baskın türler Oligochaeta ve Chironomidler olarak tespit edilmiştir. Balık ve Crustacealar'ın düşük biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun olduğu yerlerde bulunduğu görülmüştür.

Georgudaki ve ark. (2003), Alfeoi ve Pineios (Peleponisos, Greece) nehirlerinin su kalitesinin değerlendirilmesine yönelik yaptıkları çalışmada makro-omurgasızlara, diatomlara, balıklara ve akuatik bitkilere dayanan birçok biyotik indeks ve skor kullanmışlardır. Bulgulara göre iki nehirde de su kalitesi zayıftan çok iyiye doğru değişmektedir. Kullanılan bioindikatörler arasında bentik makro-omurgasızlar en güvenilir indikatör olarak belirlenmiştir. Belçika Biyotik İndeksi (BBI) ve IBE indeksleri Yunanistan'da en çok uygulanabilir indeksler olarak bulunmuştur.

Nedeau ve ark. (2002), Güneybatı Michigan'daki evsel akarsularda endüstriyel çıkış suyunun bentik makro-omurgasızlar, habitat ve su kalitesi üzerine etkilerini incelemiştirler. Çıkış suyu, soğuk aylar boyunca 13-18 °C sıcaklık artışı ve yüksek miktarda demir taşınması nedeni ile su kalitesini etkilemiştir. Bentik makro -omurgasızları toplamak, habitat ve su kalitesi değişiminin önemini anlamak için 3 metot kullanılmıştır. Sonuçta, çıkış suyunun miktarının artması ile makro-omurgasız toplulukları üzerine olumsuz bir etki görülmüştür.

Houston ve ark. (2002), Güneydoğu Amerika kıyısında belirlenen iki akarsuda karşılaştırmalı metotlar üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Tür zenginliği ve Kuzey

Carolina Biyotik İndeks sonuçları toplama ve analiz metotlarını kullanan ajanslar tarafından pek sağlıklı bulunmamıştır.

Butcher ve ark. (2003), Ortabatı Birleşik Devletleri'nin kuzeyinde yaptıkları çalışmada, Çevre Koruma Ajansı tarafından akarsuların biyotik büyüme indeksini geliştirmek için dizayn edilen Çevre İzleme ve Değerlendirme Programı kullanılarak örnekleme yerleri seçilmiştir. Makro-omurgasızlar, 1998 ve 1999'un sonbaharı boyunca çoklu habitat, kompozit numune metotları kullanılarak örneklenmiştir. 94 örnekleme noktasından 97 familyaya ait toplam 246 adet omurgasız toplanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler akarsudaki biyolojik büyümeyi değerlendirmek için bir Bentik Topluluk İndeksi geliştirmek için kullanılmıştır. İndeks değerleri 10-50 arasında değişir ve kalitesi bozulan yerlerin skorlarının, bozunmayan yerlerin skorlarından önemli ölçüde farklı olduğu bulunmuştur.

Stephen ve Farris'in (2003), akuakültür çıkış suyundaki toplulukların değerlendirmesini konu alan çalışmasında, Kuzey Arkansas'taki 2 ticari balık çiftlik drenaj sistemi ve etkilenen alıcı akarsuyun potansiyel nütrient kirliliğine verdiği yanıt incelenmiştir. Araştırmada, modifiye edilmiş Hızlı Biyodeğerlendirme Protokolleri potansiyel su kaynaklarının bozunmasının karakterizasyonu ve tanımlanmasında kullanılmıştır. Havuz deşarjları ve etkilenen alıcı akarsular ile bağdaştırılan ilave biyolojik bozunma testleri potansiyel çıkış suyu etkilerini karakterize etmek için yürütülmüştür. Pimephales'ta önemli toksite gözlenmiştir. Fizikokimyasal analizler, balık havuzunun çıkış suyu ve alıcı akarsu arasında küçük farklar gösterirken, bentik makro-omurgasız taxa zenginliği yönünden alıcı sistemler ve tesis çıkış suyu arasında önemli bir fark görülmüştür. Bentik makro-omurgasızların tür zenginliği tüm noktalarda havuz deşarjıyla etkilenmemiştir. Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera türlerinin yoğunluğu gerçekten havuz deşarjının aşağısındaki alıcı suda artmıştır.

Borja and ark. (2003), yaptıkları çalışmada Avrupa halici ve kıyı çevresindeki dip bentoslarının ekolojik kalitesini sağlamak için bir deniz biyotik katsayısı önermişlerdir. Bu çalışma, bu biyotik katsayının (BC), Atlantik (Kuzey Denizi, Biscay Koyu ve İspanya'nın kuzeyi) ve Akdeniz (İspanya ve Yunanistan) kıyılarına uygulamasıdır. İncelemeler BC'nin farklı yerlerde kullanılabilirliğini de göstermektedir. (Örnek: Ağır metaller, endüstriyel ve maden ocağı atıkları,

kanalizasyon çalışmaları). Elde edilen sonuçlar zenginlik, bolluk, yoğunluk-biyokütle karşılaştırması, tekli ve çoklu istatistiksel analizler gibi parametrelerle kullanılan birkaç metottan oluşur. BC değerleri, söz konusu metotları tamamlayıcı nitelikteki dip bentosların ekolojik kalitesini sağlamak için uygulanabilen basit bir yoldur.

Ogbeibu ve Oribhabor (2001), ekolojik etkilerin değerlendirilmesi için Güney Nijerya'daki 4 akarsuda bentik makro-omurgasızlarla bir çalışma yapmışlardır. Rezervuarın yukarisından aşağıya doğru 3 istasyon seçilmiştir. Yukarı ve aşağı istasyonların fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerlerinde önemli bir fark ortaya çıkmıştır. Su seviyesi, saydamlık, akış hızı ve çözülmüş oksijenin rezervuarın içinde daha düşük olduğu bulunmuştur. Bentik makro-omurgasız tür sayısı ve yoğunluğu rezervuar ve aşağı istasyonlarında, kontrol istasyonlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diptera, Oligochaeta ve Ephemeroptera gibi baskın taksonomik grupların yoğunluğu istasyonlar arasında önemli ölçüde farklıdır. Chironomid Dipterans yukarı ve aşağı istasyonlarda baskın iken, Oligochaeta rezervuarda baskındır. Ephemeroptera yoğunluğu, rezervuar ve aşağı istasyonlarında önemli ölçüde azalır. İstasyon 1'de görünen faunal benzerliklerin analizleri istasyon 2 ve 3'te önemli ölçüde farklıdır.

Boyle ve Fraleigh'in (2003) yaptıkları çalışma, Ulusal Atık Su Arıtma Tesisi çevresinde Santa Cruz Nehri'nin çıkış suyunun 46 km'lik kısmının ekolojik şartlarının bir değerlendirmesini kapsar. Çoklu değişken analizler kullanılarak doğal ve antropojenik kimyasal ve fiziksel değişkenlerle makro-omurgasız topluluk yapısındaki değişiklikler birleştirilmiştir.

Soldner ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada, tropikal küçük ada devletlerinde su kalitesi ve temiz su makro-omurgasızları için alan değerlendirme metotlarını Dominik Cumhuriyeti'nin Yaque del Notre Nehri içinde 26 noktada uygulamışlardır. Her noktadan coğrafik, fiziksel ve kimyasal değişkenler üzerine çevresel veriler toplanmıştır. Her nokta için Biological Monitoring Working Party skoru ve Ephemeroptera ve Trichoptera toplam sayısı hesaplanmıştır. Fizikokimyasal ve biyolojik veri takımları başlıca bileşen analizleri, biyotik ve abiyotik veri takımları noktaların benzerliklerini belirleyen en etkili faktörleri bulmak için korole edilmiştir.

Butcher ve ark. (2003), Forest Ekobölgesi'nde yaptığı diğer bir çalışmada Bentik Topluluk İndeksi (BCI) üzerine iki farklı sınıflandırma stratejisinin etkilerini analiz etmek için 94 nokta kullanmışlardır. İlk önce, akarsuyun bitkisel arıtma durumunu yansıtan bir çalışma, ikinci olarak da sınıflandırma değişkenlerini seçmek için kullanılan bir çevresel analiz yapılmıştır. Her iki sınıflandırma grupları arasında önemli bir fark bulunmuştur.

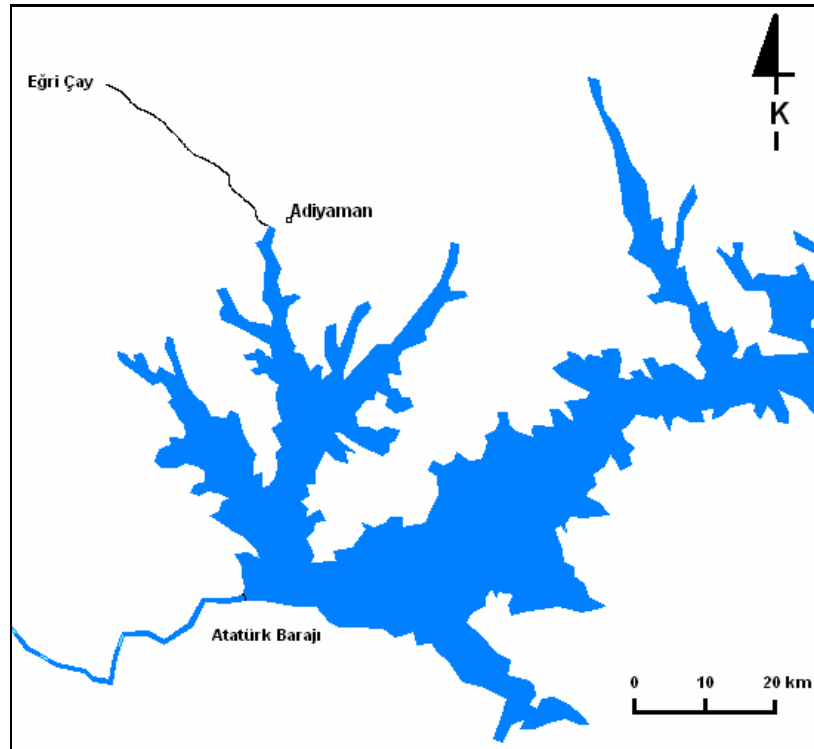
Öz ve Şengörür (2004) yaptıkları çalışmada Melen Nehri ve kollarındaki biyotik türleri araştırmışlardır. Melen Nehri birçok kirleticiden etkilenmektedir. Bu nedenle bu çalışma için bentik makro-omurgasızları tanımlamak üzere 11 temsil edici örnekleme noktası seçilmiştir. Makro-omurgasızlar aylık olarak bir yıl boyunca Biological Monitoring Working Party (BMWP), Trent ve Belçika Biyotik İndeksi (BBI) ile skorlanmıştır. Bu skorlar, 1. noktada çok yüksek, 5. noktada ise çok düşük bulunmuştur. 6. 7 .8. 9. noktalarda su kalitesi artmış fakat 10. ve 11. noktada daha kötüleşmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri

Çalışma alanımız olan Eğri Çayı'nın bulunduğu Adıyaman ili, Orta Fırat bölümü içinde yer alır. Kuzeyde bulunan Çelikhan ile Gerger ilçesinin bir kısmı Doğu Anadolu Bölgesine, batıda bulunan Gölbaşı ile Besni ilçesinin bir kısmı ise Akdeniz Bölgesine dahil edilmiştir. Çalışma alanı olan Eğri Çayı Adıyaman ili içerisinde yer alır (Şekil 3.1.).

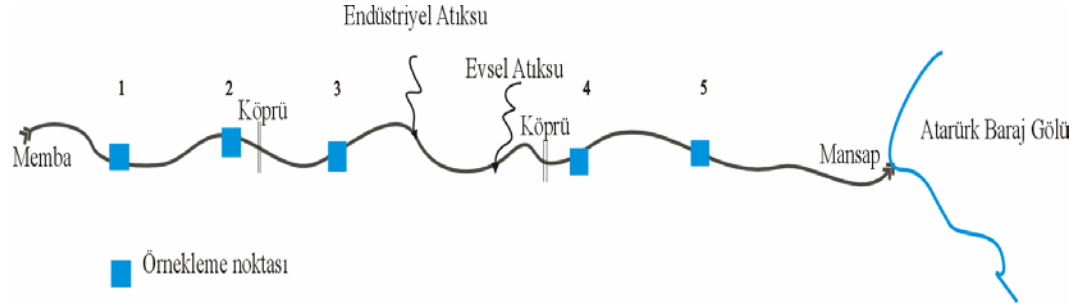


Şekil 3.1. Örnekleme alanının haritası (Eğri Çayı)

##### 3.1.2. Örnekleme noktalarının yeri ve özellikleri

Akarsuda örnekleme noktaları belirlenirken, su kalitesini etkileyebilecek yan kolların ve atıksuların karışma bölgeleri gibi noktalar göz önüne alınmıştır. Bu amaçla Eğri Çayı'nın kaynağa en yakın olan bölgeden başlayarak Atatürk Barajı'na

katılma noktasına yakın bir bölgeye kadar, suyu kirleten kaynaklar da göz önüne alınarak, sistemi en iyi temsil edebilecek şekilde 5 örnekleme noktası seçilmiştir.



Şekil 3.2. Eğri Çayı yer bulduru haritası

Örnekleme noktalarının koordinatları ve ortalama debileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinat ve debileri

Örnekleme noktaları	Koordinatlar	Akış hızı (km/h)	Debi (m <sup>3</sup> /sn)
1	N 37°47.568 E 38°11.399 757 m	12.18	2.95
2	N 37°46,680 E 38°11.585 700 m	10.1	3.52
3	N 37°46,686 E 38°11.587 685 m	5.63	2.99
4	N 37°44,841 E 38°14.328 618m	7.07	3.05
5	N 37°43,926 E 38°14.982 603m	8.23	2.79

Örnekleme noktaları ve bu noktalardaki örneklemelere ait fotoğraflar Şekil 3.3.'te gösterilmektedir.



1. Nokta



2. Nokta



3. Nokta



4. Nokta



5. Nokta

Şekil 3.3. Örnekleme noktalarının fotoğrafları



## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

#### 3.2.1.1. Sıcaklık

Çalışmada WTW marka sıcaklık probu bulunan metre ile sıcaklık ölçümü yapılmıştır.

#### 3.2.1.2. pH

Eğri Çayı'nda sürdürülen çalışmada her ay periyodik olarak taşınabilir WTW marka pH metre ile pH ölçümü yapılmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Örnekleme noktasında pH ölçümü

#### 3.2.1.3. Akış hızı

Bütün örnekleme noktalarının akış hızı Global Flow Probe marka akış hızı ölçer ile yerinde ölçülmüştür (Şekil 3.5). Akış hızı ile birlikte aynı alet, derinliği de ölçmektedir. Mesafe de metre ile ölçüldükten sonra derinlik, mesafe ve akış hızı verileri kullanılarak her nokta için debiler hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Akış hızı ölçümü

#### 3.2.1.4. Çözünmüş oksijen

Eğri Çayı'ndan alınan numunelerin çözünmüş oksijen tayinleri Standart Metotlar'a göre (APHA, 1998) laboratuarda yapılmıştır. Numune şişelerine 1'er ml alkali iyodür azötür reaktifi ile mangan sülfat çözeltisi damlatılarak sabitleştirilmiş ve laboratuara getirilmiştir. Laboratuarda 1 ml sülfürik asit damlatılıp karıştırıldıktan sonra sodyum tiyosülfat ile titre edilerek harcanan sodyum tiyosülfat sayesinde çözünmüş oksijen değeri bulunmuştur.

#### 3.2.1.5. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Eğri Çayı'nda yürütülen çalışma süresince her örnekleme noktasından alınan su numunelerinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) Winkler Titrasyon Metodu ile belirlenmiştir (APHA,1998).

#### 3.2.1.6. Kimyasal oksijen ihtiyacı

Yapılan çalışmada da kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) Closed Reflux Metodu'na (APHA, 1998) göre belirlenmiştir.

#### 3.2.1.7. Bulanıklık

Bulanıklık Jenway marka turbidimetre ile ölçülmüştür.

### 3.2.2. Makro-omurgasız örneklerinin alınması

Sığ sular için en uygun ve en basit örnekleme metodu alt tabakaları aşındıran Tekme Örnekleme Metodu (Kick Sample)'dur. Örnek alan kişiler akıntı yönüne doğru yönelirler ve standart bir fileyi dikey olarak alt tabakanın dibine doğru daldırırlar. Alt tabakadaki akış ayaklarla karıştırılır ve yerinden çıkarılan omurgasızlar filenin içine girer. Sığ sularda taşlar filenin önünde elle çevrilebilir. Standart küçük havuz filesi kullanarak herhangi bir yerde, bu tekniğin 3 dakika uygulanması ile familyanın % 62'sinin toplandığını ileri sürülmüştür. Türün % 50'si 18 dakika uygulama ile elde edilebilmektedir.

Örnekleyici çeşitleri omurgasızların nicel olarak toplanması için dizayn edilmiştir. Surber örnekleyici ve silindir örnekleyici yaygın olarak kullanılır. Teknik oldukça basittir. Aşağı konan bir file ile alt tabaka tekmeleme, ovalama ve akarsu yatağındaki materyali yuvarlama ile rahatsız edilir. Bu proses, dip materyali arasında kalan organizmaları çıkarır ve aşağı akışa sürüklendiklerinde file içinde yakalanmalarını sağlar. Kullanılan standart fileler, 600 µ ağ gözlü 46 cm'lik dikdörtgen çerçeveye sahiptir. Daha geniş fileler de kullanılabilir, fakat bunlarda fileyi altta tutacak ve tekmeleyecek yeterli insan bulunmalıdır. Eğer analizler nicelse rahatsız edilen alan ölçülmelidir ve değişmemelidir.

Bentik örnekler Eğri Çayı'nda Mart 2004 – Şubat 2005 arasında bir yıl boyunca 5 örnekleme noktasından toplanmıştır. Victor ve Ogbeibu tarafından tanımlanan modifiye edilmiş Tekme Örnekleme Tekniği bentik makro-omurgasızları toplamada kullanılmıştır (Ogbeibu ve Victor, 1989). Organizmalar taş, çamur ve kum arasından el ile veya file ile toplanmıştır (Galdean ve ark., 2000). Makro-omurgasızlar için alan örnekleme her nokta için (500 µm ağ gözlü) D ve kare çerçeve file kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan fileler Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Örneklemelerde kullanılan fileler

Makro-omurgasızların arazide örnekleme için “Kick Sample” Metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Her örnekleme noktası için D tipi ve kare tipi olmak üzere iki ayrı file ile örnekleme yapılmıştır. Örneklemenin yapılacağı yer belirlendikten sonra suya girmek için alınmış su geçirmez tulum veya çizmeler giyilmiştir. Örneklemede kullanılan tulum ve çizmeler Şekil 3.7.’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Örneklemelerde kullanılan tulum ve çizme

Daha sonra file alınıp akış hızına ters bir şekilde tutulmuştur (Şekil 3.8.). Ayak topukları ile dipteki sediment karıştırılmaya başlanmış ve burada yaşayan makro-omurgasızlar rahatsız edilmeye başlanmıştır (Şekil 3.9.).



Şekil 3.8. Filenin tutulma şekli



Şekil 3.9. Sedimentin topuklarla karıştırılması

Yerlerinden hareket eden makro-omurgasızlar akıntıyla beraber filenin içine doğru hareket etmiş ve yakalanmıştır. Bu işlem her örnekleme noktasında her file için ortalama olarak 3 dakikadan 3 veya 4 kez uygulanmıştır. Daha sonra tutulan bu canlılar beyaz küvetlere süzgeçler yardımıyla boşaltılmıştır (Şekil 3.10.) Makro-omurgasızlar beyaz küvetlere boşaltılırken fileler önce beyaz küvetlere dökülmüş, filenin içinde kalan canlılar süzgeçlerin içine yıkanmıştır (Şekil 3.11.). Beyaz küvetlerdeki çamur numuneleri önceden üzerlerinde örnekleme noktalarının isminin yazılı olduğu plastik numune kaplarına bir miktar su ile birlikte boşaltılmıştır (Şekil 3.12.).



Şekil 3.10. Makro-omurgasızları küvetlere boşaltma işlemi





Şekil 3.11. Küvette kalan çamur numunesini süzgeçten geçirme işlemi



Şekil 3.12. Numunelerin kaplara alınması

### 3.2.3. Makro-omurgasız örneklerinin ayrımı ve sınıflandırılması

Yapılan tez çalışmasının laboratuvar aşamasında, araziden alınan numunelerdeki makro-omurgasız ayrımı ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Laboratuvara getirilen her numune kabı bir beyaz küvete boşaltılmış ve yarı sulu olan dip çamuru azar azar petri kaplarına alınarak incelenmiştir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Makro-omurgasızların ayrılması için numunelerin petri kaplarında incelenmesi

Hangi türe ait olduğu gözle belirlenemeyen canlıları tanımak ve sınıflandırmak ise stereo- mikroskop kullanılmıştır (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Makro-omurgasızların stereo - mikroskopta tanınması

Makro-omurgasız türlerini gösteren kataloglar kullanarak (APHA, 1998) mikroskop veya gözle her canlının hangi familyaya ait olduğu bulunmuş ve bunların sayısı belirlenmiştir.

#### **3.2.4. Makro-omurgasızların biyotik indekslere göre puanlandırılması**

Makro-omurgasız ayrımı ve sınıflandırılmasından sonra makro-omurgasızların değerlendirilmesinde Biological Monitoring Working Party Metodu (BMWP) İndeksi, Trent Biyotik İndeksi ve Chandler Skoru kullanılmıştır. Makro-omurgasızların duyarlılıklarına göre, oluşturulmuş bu sınıflandırma cetvellerine göre her noktanın ortalama olarak skoru belirlenmiştir. BMWP İndeksine göre kirliliğe en duyarlı makro-omurgasız türüne en yüksek puan verilmiş, kirliliğe toleransları arttıkça bu puan giderek azalmaktadır. BMWP’de , örneklerdeki canlı sayısından ziyade, bulunan türler dikkate alınır. En yüksek puan 10, en düşük puan ise 1’dir. Kirliliğe toleransına göre her organizma türüne bir puan verilir (düşük puan = toleranslı, yüksek puan = toleransız temiz su). Sonra bu puanlar biyotik indeksi vermek üzere toplanır. Hafif kirli nehir sularında bu puanlar 100’ü aşar, ağır kirli sistemlerde ise puan 10’dan azdır. Bu metot 1980’den beri kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2. Akarsular için BMWP (Biological Monitoring Working Party) biyotik indeks sınıflandırma cetveli (Moss, 1998).

Temiz su makro-omurgasız aileleri	Puan
(a) Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae (b) Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae (c) Aphelocheiridae (d) Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Letpoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
(a) Astacidae (b) Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae (c) Psychomyiidae, Philopotamidae	8
(a) Caenidae (b) Nemouridae (c) Phycophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
(a) Neritidae, Viviparidae, Ancylidae (b) Hydroptilidae (c) Unionidae (bivalvemolluscs) (d) Corophiidae, Gammaridae (crustacea) (e) Platycnemididae, Coenagriidae	6
(a) Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae (b) Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elminthidae, Crysomelidae, Curculionidae (c) Hydropsychidae (d) Tipulidae, Simuliidae (e) Planariidae, Dendrocoelidae	5
(a) Baetidae (b) Sialidae (c) Piscicolidae	4
(a) Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae (b) Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae (c) Asellidae	3
(a) Chironomidae	2
(a) Oligochaeta	1



Trent Biyotik İndeksi (TBI) Çizelge 3.3.'ten hesaplanmıştır. Trent Biyotik İndeksi organik kirlilik için, İngiltere'deki Trent Nehri'ne göre düzenlenmiştir, fakat diğer bölgelerdeki kirliliklere de yanıt verir niteliktedir (James and Evison, 1979). Genişletilmiş şeklinde indeks 0'dan (düşük kalite) 15'e (yüksek kalite) değişir (Çizelge 3.3). Sınıflandırma organizmaların kirliliğe toleranslarına bakılarak yapılmıştır. Plecoptera ve Ephemeroptera kirliliğe toleransız olarak bilinir. Aynı zamanda çizelgenin üstünde verilen mevcut grupların sayısını da göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Skora şöyle ulaşılmıştır.

1. Mevcut tüm organizmalar tanınarak toplam grup sayısı hesaplanmıştır.
- 2.Çizelgenin ilk kolonundan aşağı doğru çalışmaya başlanır. Eğer Plecoptera mevcutsa karşısına hareket edilir. Eğer Plecoptera bir türden fazla ise mevcut grup sayısını veren kolon ile kesişene dek karşısına hareket edilir. Bu TBI'yi verir. Eğer Plecoptera yok ise aşağıya doğru hareket edilir, Ephemeroptera veya sıra ile devam edilir.

Chandler Biotik Skorunda ise, organizmaların yoğunluğu hesaba alınmıştır. Örnekler içerisinde bulunan her bir türe yoğunluğuna bağlı olarak puanlar verilir. Verilen bu puanların toplanmasıyla Chandler Bentik Skoru elde edilir. Bu çizelgeye göre, makro-omurgasızlarda 1-2 adet bulunması sadece mevcudiyetine işaretken 100'den fazla olması çok yoğun kategorisine dahil olmasına neden olur (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.3. Trent Biyotik İndeks sınıflandırma cetveli (James ve Evison, 1979)

MEVCUT GRUPLARIN TOPLAM SAYISI											
21-25	26-30	0-1	31-35	36-40	2-5	41-45	6-10	11-15	16-20		
Biyotik İndeksler											
Plecoptera mevcut	Bir türden fazla	-	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Sadece bir tür	-	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ephemeroptera	Bir türden fazla	-	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Sadece bir tür	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Trichoptera larva mevcut	Bir türden fazla	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Sadece bir tür	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gammarus mevcut	Yukarıdaki tüm türler yok	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Asellus mevcut	Yukarıdaki tüm türler yok	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tubificid kurtları mevcut	Yukarıdaki tüm türler yok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yukarıdaki tüm tipler yok	Eristalis gibi çözülmüş oksijen gerektirmeyen organizmalar	0	1	2	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 3.4. Chandler Biyotik Skoru (Kiely, 1997)

Numunede Bulunan Gruplar	Yoğunluk Artışı				
	Mevcut (1-2)	Az (2-10)	Yaygın (10-50)	Yoğun (50-100)	Çok Yoğun (>100)
	Puanlar				
Crenobiaalpino, Taeniopteygidae, Perlidae, Perlodidae, Chloroperlodidae	90	94	98	99	100
Leuctridae, Capniidae, Nemouridae (Amphinemura hariç)	84	89	94	97	98
Ephemeroptera (Baetis hariç)	79	84	90	94	97
Megaloptera	75	80	86	91	94
Ancylus	70	75	82	87	91
Rhyacophila (Trichoptera)	65	70	77	83	88
Dicranota, Limnophora	60	65	72	78	84
Simulium	56	61	67	73	75
Coleoptera, Nematoda	51	55	61	66	72
Amphinemura (Plecoptera)	47	50	54	58	63
Baetis (Ephemeroptera)	44	46	48	50	52
Gammarus	40	40	40	40	40
Caddis (Rhyacophila hariç)	38	36	35	33	31
Tricladida (C.alpina hariç)	35	33	31	29	25
Hydracarina	32	30	28	25	21
Mollusca (Ancylus hariç)	30	28	25	22	18
Chironomids (C.riparius hariç)	28	25	21	18	15
Glossiphonia	26	23	20	16	13
Asellus	25	22	18	14	10
Glossiphonia,	24	20	16	12	8
Haemopsis	23	19	15	10	7
<i>Tubifex sp.</i>	22	18	13	12	9
<i>Chironomus riparius</i>	21	17	12	7	4
Nais	20	16	10	6	2
Yaşayan tüm diğer türler	19	15	9	5	1

### 3.3. Kimyasal Verilere ve İndekslere Göre Örnekleme Noktaları Arasındaki Benzerlikler

Örnekleme noktaları arasındaki benzerlikler iki ayrı yönden ele alınmıştır. biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacına göre noktalar arasındaki benzerlikler Minitab ANOVA yöntemiyle bulunmuştur. Ayrıca Makro-omurgasızları sınıflandırmada kullanılan indekslerle elde edilen puanlara bakılarak da örnekleme noktaları arasındaki benzerlik ve farklılıklar yine Minitab ANOVA yöntemi kullanılarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

#### 3.3.1. Makro-omurgasız türlerinin ortalama bolluğu

Bolluk, birim alan veya hacimden alınan örnekteki bir türe ait birey sayısı şeklinde tanımlanabilir. Bir örnekleme noktasında birden fazla örnekleme yapıldığında ortalama

bolluğun hesaplanması gerekir. Ortalama bolluk örnekleme noktasındaki örnekleme bir türe ait toplam birey sayısının (N), toplam örnekleme sayısına bölünmesi ile bulunmuştur (Girgin, 1994).

### **3.3.2. Makro-omurgasız türlerinin ortalama dominansı**

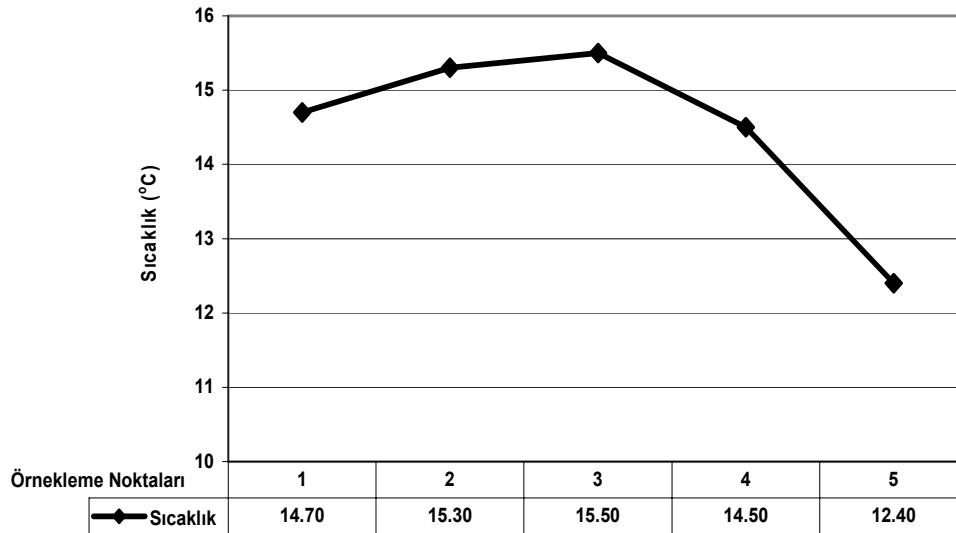
Bir türe ait birey sayısı ile tüm türlere ait birey sayısı arasındaki oranın yüzde anlatımıdır. Baskınlık, bir türe ait birey sayısının tüm birey sayısına bölümünün 100 ile çarpımı sonucu bulunmuştur (Girgin, 1994).

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular

#### 4.1.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık verileri

Sıcaklık değerlerinin ortalamaları alındığı zaman noktalar arasında çok büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Maksimum sıcaklık değerini 15.5 °C ile 3. nokta, minimum sıcaklık değerini ise 12.4 °C ile 5. noktada almıştır. 1. noktadan 3. noktaya doğru sıcaklık artarken, 3. noktadan sonra bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.1.).

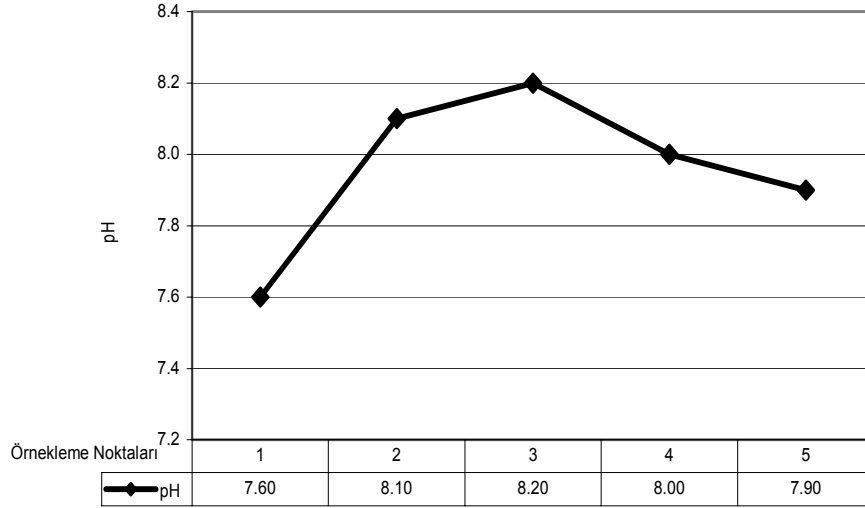


Şekil 4.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık değerleri

3. noktadan sonra sıcaklık değerlerindeki azalmanın nedeni bu örnekleme noktasından sonra çaya deşarj edilen endüstriyel atıksulardır. Süt fabrikasından gelen ve fabrikada kullanılan soğutma sularını içeren bu atıksu, sıcaklığın azalmasına neden olabilir.

#### 4.1.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama pH verileri

Örnekleme noktalarında, pH değerleri 7.6-8.2 dolaylarında seyretmiştir. pH'ın minimum değeri 1. noktada 7.6, maksimum değeri ise 3. noktada 8.2 olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.2.).

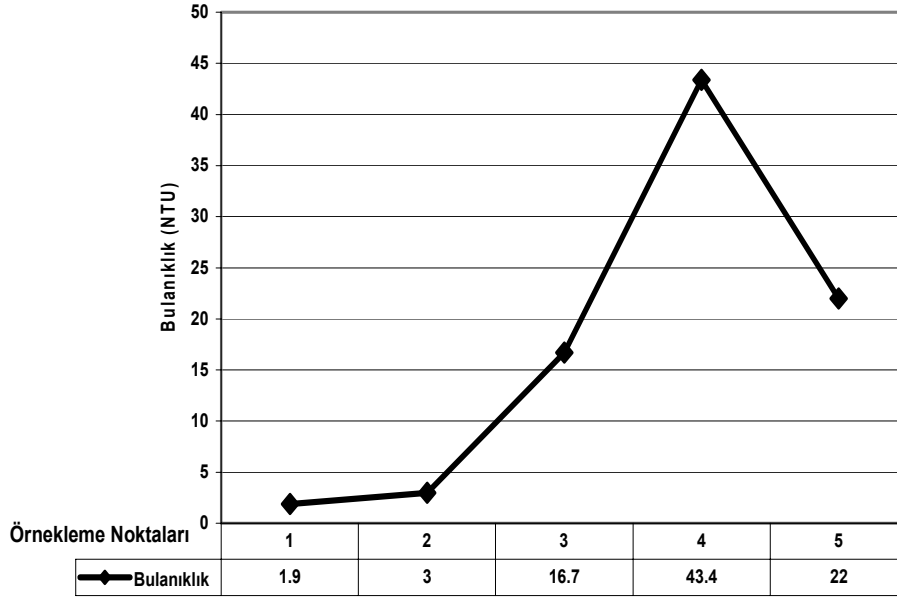


Şekil 4.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama pH değerleri

Noktalar arası farklılıkların az olmasına rağmen pH değerlerinin 3. noktada maksimum bir değere ulaştığı ve daha sonra azaldığı görülmektedir. 3. noktadan sonra hem evsel, hem de endüstriyel atıksuların akarsuya eklendiği göz önünde bulundurulduğu zaman bu atıksuların düşük pH değerlerinin 4. ve 5. noktalarda pH'ı düşürmüş olacağı sonucuna varılabilir. Evsel ve endüstriyel atıksuların daha çok asidik özellik taşıması deşarjdan sonraki noktaların pH değerlerinin düşmesine neden olabilir.

#### 4.1.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık verileri

Şekil 4.3.'teki bulanıklık grafiği incelenecek olursa 1. noktadan itibaren bulanıklığın arttığı görülmektedir. Bulanıklık 4. noktada 43.4 NTU ile bir pik değere ulaşmış ve daha sonra tekrar azalmaya başlamıştır. 3. noktadan sonra Eğri Çayı'na katılan evsel atıksuların ihtiva ettiği askıda katı maddeler 4. noktada bulanıklığın büyük ölçüde artması ile kendini göstermektedir.



Şekil 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık değerleri

Evsel ve endüstriyel atıksularla kirlenen sularda büyük organik yapılu maddeler mevcuttur. Nehirlere gelen organik maddeler bakteriler tarafından besin olarak tüketilirler ve sonuçta bakteriyel büyümeye, bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların gelişimine neden olurlar. Bu durum da bulanıklık meydana getirir. Grafiğe bakıldığı zaman evsel ve endüstriyel deşarjlardan sonra alınan örneklerde bulanıklık değerinin fazla çıktığı görülmektedir. Yani 3. noktadan sonraki deşarjlar ile bulanıklık artmış, 4. noktada maksimum değere ulaşmıştır. 5. Noktada bulanıklığın tekrar azalmasının nedeni akış hızı ile seyrelmenin gerçekleşmesine bağlanabilir.

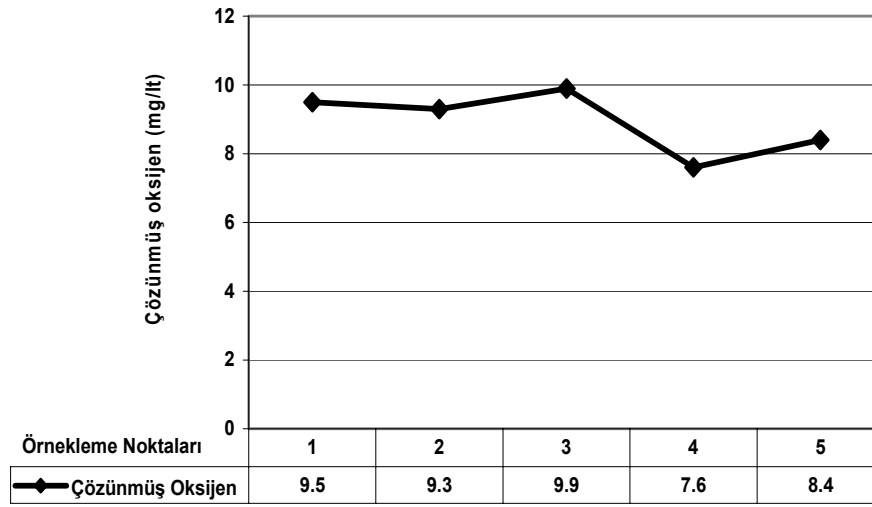
#### 4.1.4. Örnekleme noktalarındaki ortalama çözünmüş oksijen verileri

Canlı organizmalar, yaşamlarını sürdürebilmek için oksijene gereksinim duyarlar. Mikroorganizmalar da yaşama ve üreme için gereken enerjiyi oksijenden yararlanarak üretirler ve bu nedenle uygun oksijen formlarına gerek duyarlar. Çevre Mühendisleri, atmosfer şartları altında suda çözünmüş oksijen ile yakından ilgilidir. Çözünmüş oksijen (ÇO), su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamındadır ve genellikle mg/l olarak ifade edilir.

Su ortamındaki çözünmüş oksijeni, mikroorganizmalar organik maddeleri parçalarken kullanırlar. Bu nedenle, kirlilik arttıkça yani organik madde girdisi fazla

olunca, ortamdaki çözünmüş oksijen miktarı da azalmaya başlar. Buna dayanarak, su ortamında mevcut çözünmüş oksijen miktarı ortamın kirliliği hakkında bilgi verir.

Çalışma süresince elde edilen çözünmüş oksijen değerlerine bakılınca 4. noktanın en düşük çözünmüş oksijen değerini aldığını görmek mümkündür. 1. nokta ile 2. nokta birbirine çok yakın değerler alırken, 3. noktada çözünmüş oksijen biraz artmıştır. 4. noktada minimum değerini (7.6) alırken 5. noktada tekrar biraz artmıştır.



Şekil 4.4. Örneklem noktalarındaki ortalama çözünmüş oksijen değerleri

3 noktadan sonra akarsuya karışan evsel ve endüstriyel atıksular mevcut organik madde miktarını arttırmış ve mikroorganizmalar da bu organik maddeleri parçalamak için daha fazla çözünmüş oksijen tüketmeye başlamışlardır. Ortamdaki çözünmüş oksijen miktarı bu sebepten dolayı düşmüş ve 4. noktada minimum seviyeye ulaşmıştır. Daha sonra akıntıyla suyun havalanması söz konusu olduğundan 5. noktadaki çözünmüş oksijen miktarının daha fazla olduğu görülmüştür.

#### 4.1.5. Örneklem noktalarındaki ortalama biyokimyasal oksijen verileri

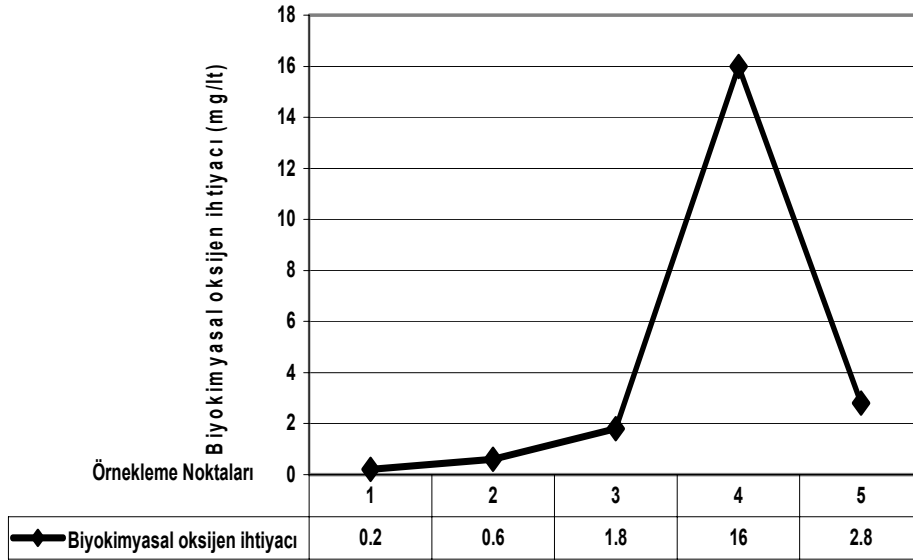
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) tayini, sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılan bir parametre olup, bu maddelerin ayrıştırılması için gerekli oksijen miktarını belirtir.

Çözünmüş oksijenin organik maddelerin parçalanmasında mikroorganizmalar tarafından harcanmasından dolayı su ortamında oksijene duyulan ihtiyaç artmaktadır.



Buda, biyokimyasal oksijen ihtiyacının artması anlamına gelmektedir. Bu durumda, biyokimyasal oksijen ihtiyacının fazla olduğu noktalar su kalitesi bakımından iyi seviyede değildirler. Kısaca, biyokimyasal oksijen ihtiyacının fazla olması kirliliğin göstergesidir diyebiliriz.

BOİ grafiğine bakılacak olursa (Şekil 4.5.), 1., 2. ve 3. noktalarda değer 0-2 mg/lit arasında değişirken 4. noktada 16 mg'lt'ye ulaşmış ve 5. noktada 2.8 mg/lit seviyelerine düşmüştür. BOİ değerinin 4. noktada fazla bir artış göstermesinin nedeni bu noktadan önce, bilindiği gibi bir evsel atıksu deşarjının olmasıdır. Daha sonra ise suyun belli bir seyrelmeye uğraması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca tüketilmesi sebebiyle 5. noktada biyokimyasal oksijen ihtiyacı büyük ölçüde azalmıştır.



Şekil 4.5. Örnekleme noktalarındaki ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri

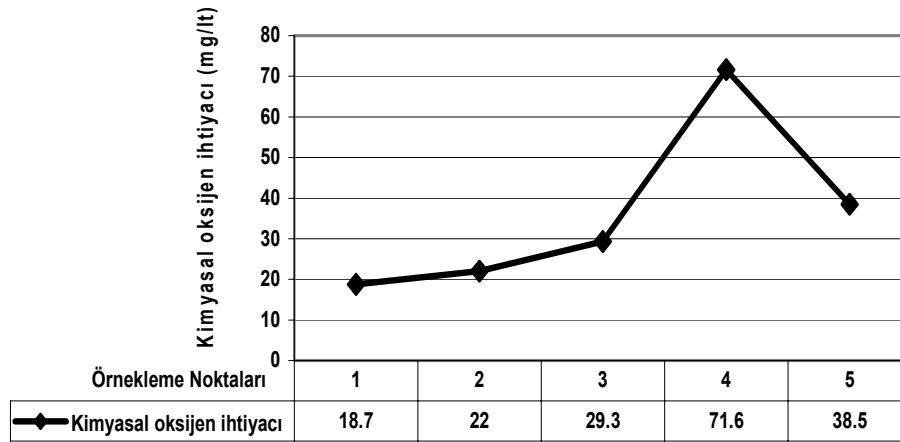
1. ve 2. noktalarda organik madde yani kirlilik fazla olmadığı için ortamda çözülmüş oksijene ihtiyaç duyulmamaktadır. Mikroorganizmalar bu noktalarda eğer varsa organik maddeleri ortamdaki mevcut çözülmüş oksijeni kullanarak parçalayabilmektedirler. 3. noktada ise biyokimyasal oksijen ihtiyacı bir miktar artmıştır. Çünkü kirlilik artmış ve ortamdaki oksijen yetmemeye başlamıştır. 3. noktadan sonra deşarjlar ile çözülmüş oksijenin tamamen tükenmesine bağlı olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı maksimum seviyeye ulaşmıştır. Evsel ve endüstriyel atıksuların karıştığı noktalardan hemen sonra gelen 4. noktadan alınan numunelerde biyokimyasal oksijen ihtiyacı 16 mg/lit olarak ölçülmüştür. Herhangi bir seyrelme, arazi şartlarından dolayı bir

havalanma söz konusu olmadığından akarsu çözünmüş oksijen kazanmamış ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı çok yüksek bir değer almıştır. 4. noktadan sonra suyun bir miktar havalanmış olması ve 5. noktadaki biyokimyasal oksijen ihtiyacının azalmasına neden olmuştur.

#### 4.1.6. Örneklem noktalarındaki ortalama kimyasal oksijen verileri

Kimyasal oksijen ihtiyacı verileri de biyokimyasal oksijen ihtiyacına benzer bir grafik ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.6.). 1. noktada 18.7 mg/l olan kimyasal oksijen değeri 4. noktada 71.6 mg/l ile maksimum seviyeye ulaşmıştır. Daha sonra biyokimyasal oksijen ihtiyacına benzer şekilde 5. noktada bir miktar azalmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacının 4. noktada artmasını evsel atıksu ve süt fabrikası atıksu deşarjlarının karışmasına bağlamak mümkündür.

Kirlenmenin artışına paralel olarak 1. noktadan itibaren kimyasal oksijen ihtiyacı da artmaya başlamıştır. Fakat esas kirlenmenin olduğu 3. noktadan sonra kimyasal oksijene çok fazla ihtiyaç duyulması 4. noktada bu değeri 71.6 mg/l gibi çok yüksek bir değere ulaştırmıştır. 5. noktada ise kirlilik tamamen ortadan kalkmamakla birlikte kimyasal oksijen ihtiyacı yarı yarıya azalmıştır. Yine bunun nedeni, akarsuyun akış hızı ile birlikte araziye uyararak düşüler yaşaması, havalanması ve oksijen kazanması ve kimyasal oksijen ihtiyacına neden olan kirliliklerin mikroorganizmalarca tüketilmesi olabilir.

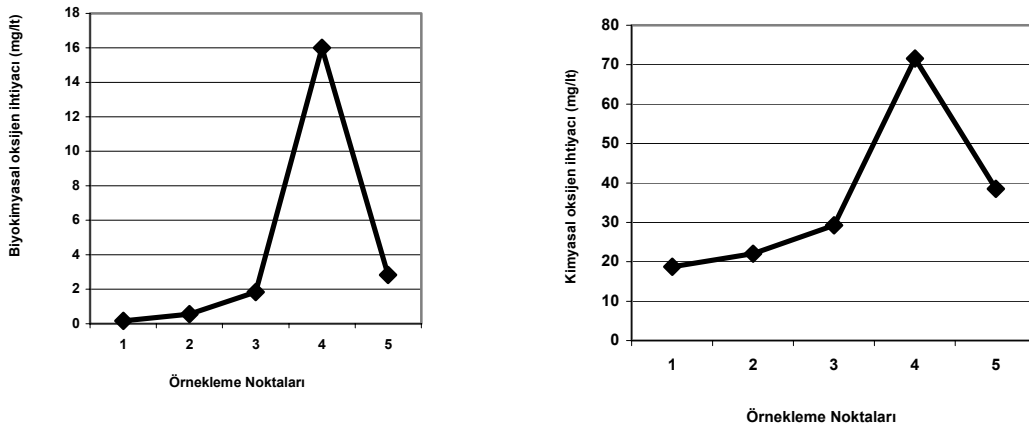


Şekil 4.6. Örneklem noktalarındaki ortalama kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri

#### 4.1.7. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin karşılaştırılması ve istatistiksel analizleri

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri grafiklere aktarıldığı zaman Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi benzer eğriler çizmişlerdir.

Kirliliğin göstergesi olarak kabul edebileceğimiz bu parametrelerin aynı noktalarda düşük, ve yine aynı noktalarda yüksek değerlere ulaşması o noktaların su kalitesi hakkında yorum yapmamıza yardımcı olmaktadır. 1. ve 2. noktalarda hem biyokimyasal hem de kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin düşük olması o noktalarda herhangi bir kirlilikten dolayı oksijen ihtiyacının yaşanmadığını göstermektedir. 3. noktada bu değerlerin bir miktar artması mevcut oksijenin yetmemeye başladığını yani organik maddeleri parçalarken daha fazla oksijene ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Eysel ve endüstriyel atıksuların eklenmesi sonucu 4. noktada hem kimyasal, hem de biyokimyasal oksijen değerleri çok fazla yükselmiştir. Çünkü herhangi bir seyrelme olmadan deşarj noktalarından sonra alınan 4. nokta numunelerinde kirlilik çok fazladır. 4. noktanın gözle görülür kirliliği bu parametrelerin yüksek çıkmasıyla desteklenmiştir. 5. noktada ise hala 3. noktadan sonraki evsel ve endüstriyel atıksuların etkileri devam etmektedir fakat akarsuyun havalanması sayesinde çözünmüş oksijen miktarı artmış, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri azalmıştır.



Şekil 4.7. Biyokimyasal Oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin noktalar arasındaki istatistiksel olarak benzerlik ve farklılıklarını Minitab ANOVA yöntemiyle

Çizelge 4.1'den görebilmek mümkündür. Buna göre 1. ve 2. nokta ile 4. nokta arasındaki farklılık istatistiksel olarak da kesinleşmiştir ( $P < 0.05$ ).

Çizelge 4.1. Örnekleme noktalarının BOİ ve KOİ değerlerine göre istatistiksel olarak karşılaştırılması

Örnekleme Noktaları	BOİ Değerleri (P)	KOİ Değerleri (P)	Örnekleme Noktaları	BOİ Değerleri (P)	KOİ Değerleri (P)
1 ve 2	0.412	0.818	2 and 4	0.028	0.031
1 ve 3	0.298	0.149	2 and 5	0.318	0.042
1 ve 4	0.024	0.039	3 and 4	0.101	0.172
1 ve 5	0.209	0.058	3 and 5	0.738	0.382
2 ve 3	0.365	0.099	4 and 5	0.057	0.483

#### 4.2. Biyolojik Değerlendirmeler

Kimyasal analizler, nehir su kalite değerlendirmesi için uzun zamana yönelik düşünüldüğü zaman yetersiz olarak kabul edilmiştir. Nehir sularının kimyasal analizleri bazı kirleticileri ortaya çıkarabilir. Kimyasal analizler, popülasyonlar veya organizma toplulukları üzerine olası toksik etkileri tek başlarına tanımlayamazlar. Bu nedenle, biyolojik değerlendirme metotları nehir suyu kalitesini değerlendirmede klasik kimyasal analizleri tamamlamak için kullanılırlar (Crane ve ark., 1996).

Biyolojik değerlendirmeler, belirlenen biyolojik şartlar, yani standartlar ile gözlemlenen biyolojik şartların, karşılaştırılmasına dayanır. Bir nehirde, bir nokta kaynak üzerindeki etkiler değerlendirilirken, bu noktanın yukarısında kalan kaynaklar da göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, noktasal olmayan kaynaklar ile etkilenen alanlarda biyolojik değerlendirmeler yapılırken, beklenen şartlar, benzeri bozulmamış bir çevreden, geçmişte elde edilmiş verilerden veya referans şartlarından çıkarılmalıdır (Hughes ve Larsen, 1988).

Nehirler gibi yüzey suları, ikamet edilen alanlardan, endüstrilerden ve ticari tesislerden gelen atıklar için bir alıcı ortam olarak görev yaparlar. Bu kaynaklardan gelen organik atıkların artması biyolojik yıkımdaki kirletici artışına bağlı olarak oksijen ihtiyacının artmasına neden olur. Arıtılmamış atıksuları alan bir nehirde kimyasal öğelerin bir risk değerlendirmesi yapılırken, artan biyolojik oksijen ihtiyacı, amonyak ve azalan çözünmüş oksijenin ters etkileri göz önüne alınmalıdır (Dyer ve ark., 2003).

Bioindikatör sistemlerin ana avantajı kolay ve fiyat etkili bir uygulama olmasıdır. Her zaman bir nokta için uzun döneme yönelik ölçüm sağlarlar. Bir bioindikatör sistem düşük efor sarfedilerek noktasal olmayan kaynaklardan kısa süreli tarımsal etkileri belirleyebilmelidir (Neumann ve ark., 2002). Örnekler bir yerdeki toplulukları temsil etmek için yeterli miktarda olmalıdır (Stark ve ark., 2001). Biyolojik izleme, ekolojik risk değerlendirmesinin temelidir sadece kimyasal kirleticileri değil mevcut biyolojik şartları da belirler (Karr, 1997).

Bentik örnekler laboratuarda analiz edilir, makro-omurgasız ailelerine göre tanınır ve yoğunlukları belirlenir. Farklı toleransa sahip birbirinden farklı ailelerin oluşmasına bağlı olarak değerlendirme, nehrin sağlık durumu ile ilgili bilgi elde etmemizi sağlar (Dickens ve Graham, 1998). Diğer yandan, ailelere göre hesaplanan türler, topluluk yapısındaki mevcut biyolojik bilginin sadece bir kısmını sağlar Her taksonomik grup (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera ve Diptera - Chironomidae) laboratuvar analizlerine, alan gözlemlerine ve elde edilen literatür bilgilerine göre karakterize edilir (Wiederholm, 1983).

#### 4.2.1. Örneklem noktalarındaki makro-omurgasız tür dağılımı

Bu çalışmada indikatör olarak kullanılan makro-omurgasızlar su kalitesinin biyolojik olarak izlenmesinde en sık kullanılan gruptur. Çünkü makro-omurgasızların diğer akuatik organizmalar üzerine çok fazla avantajı olduğu bilinmektedir (Rosenborg ve Resh, 1993).

Makro-omurgasızlar su kalitesi azalmasına en çok duyarlılık gösteren topluluk olduğu için seçilmiştir (Stark ve ark., 2001). Çakıl habitatlı, oldukça geniş nehirlerde bile kolayca örneklenebilen türlerdir. Bu nedenle, çakıl habitattaki noktalar karşılaştırıldığında datalardaki değişkenliği azaltmak ve kirliliğe duyarlı türleri bulmak için büyük fırsat yarattığı için önerilmektedir (Stark ve ark., 2001).

Bentik örnekler laboratuarda analiz edilir, makro-omurgasız ailelerine göre tanınır ve yoğunlukları belirlenir. Farklı toleransa sahip birbirinden farklı ailelerin oluşmasına bağlı olarak değerlendirme, nehrin sağlık durumu ile ilgili bilgi elde etmemizi sağlar (Dickens ve Graham, 1998). Diğer yandan, ailelere göre hesaplanan türler, topluluk yapısındaki mevcut biyolojik bilginin sadece bir kısmını sağlar Her taksonomik grup (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera ve Diptera - Chironomidae) laboratuvar

analizlerine, alan gözlemlerine ve elde edilen literatür bilgilerine göre karakterize edilir (Wiederholm, 1983).

Mart 2004 - Şubat 2005 tarihleri arasında gerçekleştirilen örneklemler sonucunda 5 noktadan toplam 13 165 canlı toplanmıştır. Bu canlıların 10 435 adeti Insecta sınıfına aittir. Insecta sınıfı; 4 248 adet Ephemeroptera, 146 adet Odonata, 5060 adet Diptera, 461 adet Trichoptera, 515 adet Coleoptera, 4 adet Plecoptera, 1 adet Megaloptera'dan ibarettir. Geri kalan canlılar ise 2 548 adet Oligochaeta, 82 adet Clitellata, Hirudinoidea, 98 adet Arachnida Anthropoda, 2 adet Crustacea Precarida *Gammarus* 'dan oluşmaktadır

Çizelge 4.2. Örneklem noktalarındaki makro-omurgasızların tür dağılımı

MAKRO-OMURGASIZLAR		ÖRNEKLEME NOKTALARI				
INSECTA		1	2	3	4	5
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayıssinekleri</b>						
	Potamanthidae	40	35	26	6	12
	Hepatagenidae	536	877	944	22	69
	Caenidae	138	132	405	6	45
	Baetidae					
	<i>Baetis sp.1</i>	50	213	72	1	11
	<i>Baetis sp.2</i>	121	345	105	-	37
<b>Odanata =Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>						
Zygotera=Küçük kızböcekleri						
	Coenagrionidae	22	7	5	1	1
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar						
	Aeshnidae	5	12	10	-	-
	Gomphidae=Dere Yusufçukları	19	11	5	6	-
	Corduliidae	7	7	10	5	13
<b>Diptera=Sinekler</b>						
Nematocera=Sivrisinekler						
	Polyneura					
	Limoniidae=Çayirsinekleri=Bostan sinekleri	12	100	-	1	1
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar						
	Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	73	19	44	633	933
Brachycera=Sinekler						
	Tabanidae=Bügelekler	44	426	25	13	-
	Epididae=Dansçısinekler	-	4	1	1	-
	Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	7	10	-	-	-
	Thamulidae	220	250	366	117	201
	Diamesinae	337	128	46	560	488
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>						
Aequipalpia						
	Hydropsychidae	121	141	62	11	11
	Psychomyiidae	33	71	5	3	3
<b>Coleoptera=Kırankanatlılar</b>						
Adephaga						

	Caraboidea=Karafatmalar					
	Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	1	1	-	-	-
	Polyphaga					
	Palpicarnia					
	Hydrophilidae=Su Kırankanatlılar	3	8	2	-	-
	<i>Dytiscus sp.</i>	208	265	24	2	1
	<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	4	-	-	-
	<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>					
	Sialidae=Çamur Sinekleri	1	-	-	-	-
	<b>CLITELLATA</b>					
	Hirudinoidea=Sülükler	3	3	24	46	6
	<b>CRUSTACEA</b>					
	Preacarida					
	Amphipoda					
	Gammaridae					
	<i>Gammarus sp.</i>	1	1	-	-	-
	<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b>					
	Gordiidae					
	<i>Gordius aquaticus</i>	5	-	26	71	-
	Enchytraeidae					
	<i>Lumbricillus sp.</i>	1	6	79	25	15
	Tubificidae					
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	27	18	1089	531	536
	<i>Tubifex sp.</i>	-	-	3	9	-
	Glossiphoniidae					
	<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	1	-	-
	Naidae					
	<i>Stylaria lacustris</i>	-	-	5	100	1
	<b>ARACHNIDA</b>					
	Hydracarina=Su piresi					
	Anthropoda	23	24	51	-	-
	<b>Toplam</b>	<b>2058</b>	<b>3118</b>	<b>3435</b>	<b>2170</b>	<b>2384</b>



#### 4.2.1.1. Bolluk ve dominans bulguları

5 Örnekleme noktasında, 15 örnekleme dönemi sonunda her örnekleme noktası için bentik makro-omurgasızların ortalama bollukları hesaplanmıştır. Ortalama bolluk ve % dominans değerleri hesaplanırken her örnekleme noktası için bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri kullanılmıştır. Bu değişimler her örnekleme noktası için ayrı ayrı çizelgelerde verilmiştir. (Çizelge 4.3., 4.4., 4.5., 4.6., 4.7.). Ortalama bolluk ve % dominans değerleri Çizelge 4.8 ve 4.9.'da verilmiştir. Yüksek bolluk gösteren cinsler aynı zamanda yüksek dominansa da sahiptir. Her örnekleme noktası için hesaplanan % dominans değerleri ise Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. 1= Örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Örnekleme Tarihleri														Toplam	
	2004 Yılı													2005 Yılı		
INSECTA	07.03	21.03	04.04	18.04	02.05	16.05	15.06	18.07	15.08	19.09	12.10	30.11	19.12	16.01	20.02	
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayıssinekleri</b>																
Potamanthidae	4	-	4	7	3	-	-	-	19	-	-	-	-	-	3	<b>40</b>
Hepatagenidae	5	4	4	37	25	18	23	28	81	33	182	3	36	29	28	<b>536</b>
Caenidae	-	1	-	-	3	9	7	12	26	30	37	6	4	2	1	<b>138</b>
Baetidae																
<i>Baetis sp.1</i>	-	-	-	6	4	-	9	16	2	7	-	1	2	2	1	<b>50</b>
<i>Baetis sp.2</i>	-	-	-	-	3	9	15	14	70	2	-	2	2	2	2	<b>121</b>
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>																
Zygoptera=küçük kızböcekleri																
Coenagrionidae	-	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	9	3	2	2	<b>22</b>
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar																
Aeshmidae	1	6	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2	<b>15</b>
Gomphidae=Dere Yusufçukları	2	-	-	-	1	1	-	-	-	1	4	4	3	2	1	<b>19</b>
Corduliidae	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	<b>7</b>
<b>Diptera=Sinekler</b>																
Nematocera=Sivrisinekler																
Polyneura																
Limoniidae=Çayirsinekleri=Bostan sinekleri	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>12</b>
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar																
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	-	-	4	-	21	22	6	7	3	-	8	-	2	-	-	<b>73</b>
Brachycera=Sinekler																
Tabanidae=Bügelekler	2	10	1	12	8	3	-	1	-	-	2	-	2	3	-	<b>44</b>
Epididae=Dansçısinekler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	1	-	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>7</b>
Thamulidae	-	-	100	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>220</b>

Diamesinae	-	-	100	-	25	18	43	84	20	25	10	-	4	8	-	337
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>																
Aequipalpia																
Hydropsychidae	6	-	6	5	7	7	-	2	33	-	-	28	15	8	4	121
Psycomiidae	5	-	-	-	-	5	-	1	-	-	-	20	1	1	-	33
<b>Coleoptera=Kıncanatlılar</b>																
Adephaga																
Caraboidea=Karafatmalar																
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Polyphaga																
Palpicarnia																
Hydrophilidae=Su Kıncanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
<i>Dytiscus sp.</i>	2	34	10	15	4	1	3	5	-	10	106	12	3	2	1	208
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>																
Sialidae=Çamur Sinekleri	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>CLITELLATA</b>																
Hirudinoidea=Sülükler	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3
<b>CRUSTACEA</b>																
Preacarida																
Amphipoda																
Gammaridae																
<i>Gammarus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b>																
Gordiidae																
<i>Gordius aquaticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	5
Enchytraeidae																
<i>Lumbricillus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Tubificidae																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-	2	-	3	-	15	1	2	-	1	1	1	1	-	-	27
<i>Tubifex sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glossiphoniidae																
<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Stylaria lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ARACHNIDA</b>																
Hydracarina=Su piresi																
Anthropoda	-	-	-	-	8	10	-	1	-	-	3	1	-	-	-	23
<b>Toplam</b>	<b>31</b>	<b>70</b>	<b>231</b>	<b>205</b>	<b>121</b>	<b>123</b>	<b>108</b>	<b>173</b>	<b>256</b>	<b>111</b>	<b>357</b>	<b>88</b>	<b>80</b>	<b>67</b>	<b>47</b>	<b>2058</b>

Çizelge 4.4. 2=Örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Örnekleme Tarihleri															
	2004 Yılı												2005 Yılı		Toplam	
INSECTA	07.03	21.03	04.04	18.04	02.05	16.05	15.06	18.07	15.08	19.09	12.10	30.11	19.12	16.01		20.02
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayısinekleri</b>																
Potamanthidae	2	-	1	13	12	5	-	-	-	-	-	-	-	1	1	35
Hepatagenidae	2	9	45	86	126	23	81	78	192	168	52	9	2	2	2	877
Caenidae	-	-	-	16	-	7	33	25	14	27	10	-	-	-	-	132
Baetidae																
<i>Baetis sp.1</i>	2	-	5	63	37	24	7	11	51	10	-	-	1	-	2	213
<i>Baetis sp.2</i>	-	-	-	80	83	71	31	8	23	49	-	-	-	-	-	345
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>																
Zygoptera=küçük kızböcekleri																
Coenagrionidae	-	1	-	1	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	7
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar																
Aeshnidae	1	3	1	2	1	1	-	-	1	1	-	-	-	1	-	12
Gomphidae=Dere Yusufçukları	-	2	3	-	-	2	-	-	-	-	1	-	2	1	-	11
Corduliidae	-	2	1	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<b>Diptera=Sinekler</b>																
Nematocera=Sivrisinekler																
Polyneura																
Limoniidae=Çayır sinekleri=Bostan sinekleri	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar																
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	-	-	2	2	-	-	-	10	2	-	-	1	2	-	-	19
Brachycera=Sinekler																
Tabanidae=Bügeleler	-	57	87	81	84	-	64	-	12	22	-	2	-	5	12	426
Epididae=Dansçısinekler	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	2	-	1	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Thamulidae	-	50	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250

Diamesinae	5	-	-	-	25	33	29	22	-	8	3	-	3	-	-	128
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>																
Aequipalpia																
Hydropsychidae	1	-	5	12	15	3	6	2	47	18	-	20	5	4	3	141
Psycomiidae	-	-	-	-	11	22	17	7	-	6	-	-	3	2	3	71
<b>Coleoptera=Kıncanatlılar</b>																
Adephaga																
Caraboidea=Karafatmalar																
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Polyphaga																
Palpicarnia																
Hydrophilidae=Sü Kınkanatlılar	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	1	2	8
<i>Dytiscus sp.</i>	-	-	-	16	-	-	13	-	100	6	100	8	8	10	4	265
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	4
<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>																
Sialidae=Çamur Sinekleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b>																
Hirudinoidea=Sülükler	1	-	1	-	1	4	1	-	-	-	-	9	4	3	-	24
<b>CRUSTACEA</b>																
<b>Preacarida</b>																
Amphipoda																
Gammaridae																
<i>Gammarus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b>																
Gordiidae																
<i>Gordius aquaticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enchytraeidae																
<i>Lumbricillus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	3	6
Tubificidae																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	18
<i>Tubifex sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glossiphonidae																
<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naidae																

<i>Stylaria lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ARACHNIDA</b>																
Hydracarina=Su piresi																
Anthropoda	1	-	1	-	1	4	1	-	-	-	-	9	4	3	-	24
<b>Toplam</b>	<b>19</b>	<b>234</b>	<b>252</b>	<b>472</b>	<b>403</b>	<b>204</b>	<b>284</b>	<b>166</b>	<b>442</b>	<b>316</b>	<b>178</b>	<b>53</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>3118</b>

Çizelge 4.5. 3= Örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Örnekleme Tarihleri														Toplam	
	2004 Yılı													2005 Yılı		
INSECTA	07.03	21.03	04.04	18.04	02.05	16.05	15.06	18.07	15.08	19.09	12.10	30.11	19.12	16.01	20.02	
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayısinekleri</b>																
Potamanthidae	-	14	-	-	-	-	-	-	3	-	6	-	1	1	1	26
Hepatagenidae	3	56	19	4	50	6	20	138	124	229	261	6	12	10	6	944
Caenidae	-	1	37	8	-	4	145	81	9	71	49	-	-	-	-	405
Baetidae																
<i>Baetis sp.1</i>	-	10	-	10	4	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	72
<i>Baetis sp.2</i>	-	-	-	3	-	1	49	24	28	-	-	-	-	-	-	105
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>																
Zygoptera=küçük kızböcekleri																
Coenagrionidae	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	5
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar																
Aeshmidae	-	2	2	2	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	10
Gomphidae=Dere Yusufçukları	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1	-	5
Corduliidae	-	7	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<b>Diptera=Sinekler</b>																
Nematocera=Sivrisinekler																
Polyneura																
Limoniidae=Çayirsinekleri=Bostan sinekleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar																
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	-	-	2	3	-	1	25	3	1	5	2	-	1	-	1	44
Brachycera=Sinekler																
Tabanidae=Bügeleler	-	-	3	8	4	-	-	-	1	1	3	2	1	1	1	25
Epididae=Dansçısinekler	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thamulidae	-	696	100	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	366



Diamesinae	-	-	-	-	7	10	5	-	-	5	19	-	-	-	-	<b>46</b>
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>																
Aequipalpia																
Hydropsychidae	-	1	2	14	1	-	9	3	5	-	-	18	6	2	1	<b>62</b>
Psycomiidae	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	<b>5</b>
<b>Coleoptera=Kıncanatlılar</b>																
Adephaga																
Caraboidea=Karafatmalar																
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyphaga																
Palpicarnia																
Hydrophilidae=Su Kıncanatlılar	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>2</b>
<i>Dytiscus sp.</i>	-	-	-	21	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	<b>24</b>
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>																
Sialidae=Çamur Sinekleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b>																
Hirudinoidea=Sülükler	-	-	7	-	3	-	6	3	-	-	1	1	2	-	1	<b>24</b>
<b>CRUSTACEA=KURTÇUKLAR</b>																
<b>Preacarida</b>																
Amphipoda																
Gammaridae																
<i>Gammarus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OLIGOCHAETA</b>																
Gordiidae																
<i>Gordius aquaticus</i>	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	4	1	1	<b>26</b>
Enchytraeidae																
<i>Lumbricillus sp.</i>	61	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	7	<b>79</b>
Tubificidae																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	122	266	36	16	100	17	92	80	2	121	152	-	35	28	22	<b>1089</b>
<i>Tubifex sp.</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>
Glossiphonidae																
<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>1</b>
Naidae																

<i>Stylaria lacustris</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<b>ARACHNIDA</b>																
Hydracarina=Su piresi																
Anthropoda	-	-	-	-	12	15	13	-	-	-	7	2	-	1	1	51
<b>Toplam</b>	<b>198</b>	<b>429</b>	<b>208</b>	<b>292</b>	<b>182</b>	<b>54</b>	<b>412</b>	<b>336</b>	<b>175</b>	<b>432</b>	<b>520</b>	<b>34</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>44</b>	<b>3435</b>

Çizelge 4.6. 4= Örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Örnekleme Tarihleri															Toplam
	2004 Yılı													2005 Yılı		
INSECTA	07.03	21.03	04.04	18.04	02.05	16.05	15.06	18.07	15.08	19.09	12.10	30.11	19.12	16.01	20.02	
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayısinekleri</b>																
Potamanthidae	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	6
Hepatagenidae	-	1	14	-	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	22
Caenidae	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Baetidae																
<i>Baetis sp.1</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Baetis sp.2</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>																
Zygoptera=küçük kızböcekleri																
Coenagrionidae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar																
Aeshnidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphidae=Dere Yusufçukları	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	6
Corduliidae	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<b>Diptera=Sinekler</b>																
Nematocera=Sivrisinekler																
Polyneura																
Limoniidae=Çayirsinekleri=Bostan sinekleri	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar																
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	-	-	8	100	6	44	111	120	120	60	61	-	-	1	2	633
Brachycera=Sinekler																
Tabanidae=Bügeleler	-	-	-	-	-	-	6	-	-	1	1	1	1	1	2	13
Epididae=Dansçısinekler	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thamulidae	-	6	100	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117

Diamesinae	-	-	-	-	10	44	100	100	80	120	106	-	-	-	-	<b>560</b>
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>																
Aequipalpia																
Hydropsychidae	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	1	<b>11</b>
Psycomiidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	<b>3</b>
<b>Coleoptera=Kıncanatlılar</b>																
Adephaga																
Caraboidea=Karafatmalar																
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyphaga																
Palpicarnia																
Hydrophilidae=Su Kıncanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dytiscus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	<b>2</b>
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>																
Sialidae=Çamur Sinekleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b>																
Hirudinoidea=Sülükler	2	31	1	2	6	1	-	-	-	2	-	-	1	-	-	<b>46</b>
<b>CRUSTACEA</b>																
<b>Prearida</b>																
Amphipoda																
Gammaridae																
<i>Gammarus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b>																
Gordiidae																
<i>Gordius aquaticus</i>	9	-	-	-	-	-	-	-	-	23	33	-	-	1	5	<b>71</b>
Enchytraeidae																
<i>Lumbricillus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	13	5	-	1	3	2	<b>25</b>
Tubificidae																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	100	9	56	50	104	32	18	100	32	-	6	4	8	7	5	<b>531</b>
<i>Tubifex sp.</i>	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>9</b>
Glossiphoniidae																
<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naidae																

<i>Stylaria lacustris</i>	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
<b>ARACHNIDA</b>																	
Hydracarina=Su piresi																	
Anthropoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Toplam</b>	<b>215</b>	<b>59</b>	<b>193</b>	<b>166</b>	<b>132</b>	<b>122</b>	<b>236</b>	<b>321</b>	<b>232</b>	<b>220</b>	<b>212</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>2170</b>	

Çizelge 4.7. 5=Örnekleme noktasındaki bentik makro-omurgasızların aylık sayısal değişimleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Örnekleme Tarihleri														Toplam	
	2004 Yılı												2005 Yılı			
INSECTA	07.03	21.03	04.04	18.04	02.05	16.05	15.06	18.07	15.08	19.09	12.10	30.11	19.12	16.01	20.02	
<b>Ephemeroptera=İrgünsinekleri=Mayıssinekleri</b>																
Potamanthidae	-	6	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	12
Hepatagenidae	-	3	11	12	15	8	16	-	-	-	-	-	1	2	1	69
Caenidae	-	-	-	10	10	23	1	-	-	-	-	1	-	-	-	45
Baetidae																
<i>Baetis sp.1</i>	-	-	-	5	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>Baetis sp.2</i>	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>																
<i>Zygoptera=küçük kızböcekleri</i>																
<i>Coenagrionidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Anisoptera=Büyük Yusufçuklar</i>																
<i>Aeshnidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphididae=Dere Yusufçukları</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corduliidae</i>	-	4	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	13
<b>Diptera=Sinekler</b>																
Nematocera=Sivrisinekler																
Polyneura																
<i>Limoniidae=Çayırsinekleri=Bostan sinekleri</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar																
<i>Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler</i>	-	1	110	23	15	130	180	100	20	82	170	100	1	-	1	933
Brachycera=Sinekler																
<i>Tabanidae=Bügeleler</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epididae=Dansçısinekler</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thamaulidae</i>	-	24	105	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201

Diamesinae	-	-	-	-	103	100	100	20	20	80	65	-	-	-	-	<b>488</b>
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>																
Aequipalpia																
Hydropsychidae	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	<b>11</b>
Psycomiidae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>
<b>Coleoptera=Kıncanatlılar</b>																
Adephaga																
Caraboidea=Karafatmalar																
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyphaga																
Palpicarnia																
Hydrophilidae=Su Kıncanatlılar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dytiscus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	<b>1</b>
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Megaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b>																
Sialidae=Çamur Sinekleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b>																
Hirudinoidea=Sülükler	-	2	-	-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	<b>6</b>
<b>CRUSTACEA</b>																
Preacarida																
Amphipoda																
Gammaridae																
<i>Gammarus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b>																
Gordiidae																
<i>Gordius aquaticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enchytraeidae																
<i>Lumbricillus sp.</i>	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	1	<b>15</b>
Tubificidae																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	26	-	102	100	5	43	1	50	1	18	80	100	3	2	5	<b>536</b>
<i>Tubifex sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glossiphonidae																
<i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naidae																

<i>Stylaria lacustris</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>ARACHNIDA</b>																	
Hydracarina																	
Anthropoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Toplam</b>	<b>37</b>	<b>43</b>	<b>330</b>	<b>236</b>	<b>193</b>	<b>306</b>	<b>298</b>	<b>170</b>	<b>42</b>	<b>181</b>	<b>317</b>	<b>206</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>2384</b>	



1. noktada Ephemeroptera 885, Diptera 693 bireyle baskın makro-omurgasız topluluklarıdır. Bu noktadan toplam olarak 2 058 canlı elde edilmiştir. 2. noktada ise yine baskın familyalar 1 602 birey ile Ephemeroptera, 937 birey ile Diptera'dır. Toplam 3 118 birey elde edilmiştir. 3. noktada baskın familyalar 1 552 birey ile Ephemeroptera ve 1 203 birey ile Oligochaeta olmuştur. 3. nokta, hem temiz suda yaşayabilen, hem de kirli sularda yaşayabilen canlıları bir arada bulundurmaktadır. Bu da noktanın, temiz iken giderek kirlenen Eğri Çayı'nda bir geçiş noktası olduğunu düşünmemize neden olmaktadır. 3. noktadan toplam 3 435 adet birey elde edilmiştir. 4. noktada ise 1 325 adet Diptera, 736 adet Oligochaeta, olması bu familyaların baskın familyalar haline getirmiştir. Bu noktadan da toplam 2 170 birey toplanmıştır. 5. örnekleme noktasında Diptera ve Oligochaeta baskındır. Bu noktadan toplam 2 384 birey elde edilmiştir.

Örnekleme noktalarında en yüksek ve en düşük bolluk ve dominans gösteren cinsler aşağıda verilmiştir.

1.Örnekleme noktası: Bu örnekleme noktasında en yüksek bolluk gösteren familya 35.7 bolluk değeri ile Ephemeroptera Heptagenidae'dir ve % 25.9 dominansa sahiptir. En düşük bolluk gösteren ise 0.2 bolluk değeri ile Oligochaeta Enchytraeidae Lumbricillus, Coleoptera Dytiscidae, Crustacea Precarida, Megaloptera Sialidae'dir. Bunların her biri ayrı % 0.048 dominans göstermektedir.

2.Örnekleme noktası: En yüksek bolluk gösteren familyalar 58.47 bolluk değeri ile Ephemeroptera Heptagenidae, 28.4 bolluk değeri ile Diptera Tabanidae'dir. Ephemeroptera Heptagenidae % 28.12 dominansa, Diptera Tabanidae ise % 13.7 dominansa sahiptir. En düşük bolluk gösteren familyalar 0.07 bolluk değeri ile Coleoptera Dytiscidae ile Megaloptera Precarida'dır. Bunlar % 0.032 dominansa sahiptir.

3.Örnekleme noktası: 72.6 ile Oligochaeta Tubificidae *Limnodrillus* en yüksek bolluğa sahiptir ve % 31.7 dominans göstermektedir. En düşük bolluk gösteren ise 0.07 bolluk değeri ile Diptera Epididae'dir ve % 0.029 dominansa sahiptir.

4. Örnekleme noktası: Diptera Chironomidae 42.2 ile en yüksek bolluğu göstermektedir. Diptera Chironomidae, bu örnekleme noktasında % 29.1 dominansa sahip olmuştur. En düşük bolluk gösteren familyalar ise 0.07 bolluk değeri ile Ephemeroptera *Baetis sp.1*, Diptera Limoniinae ve Diptera Thamaulidae'dir. Bunlar % 0.05 dominansa sahiptir.

5. Örnekleme noktası: En yüksek bolluk gösteren familya 62.2 bolluk değeri ile Diptera Chironomidae ve % 39.14 dominansa sahiptir. En düşük bolluk gösteren 0.07 bolluk değeri ile Diptera Limoniidae, Oligochaeta Naidae Stylaria, Coleoptera Dytiscus sp. ve Odonata Coenagrionidae'dir. Bu cinsler % 0.04 dominansa sahiptir.

Çizelge 4.8. Makro-omurgasızların örnekleme noktalarındaki ortalama bolluk değerleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	Bolluk				
	Örnekleme Noktaları				
INSECTA	1	2	3	4	5
<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayınsinekleri</b>					
Potamanthidae	2.7	2.33	1.73	0.4	0.8
Hepatagenidae	35.7	58.47	62.9	1.47	4.6
Caenidae	9.2	8.8	27	0.4	3
Baetidae					
<i>Baetis sp.1</i>	3.33	14.2	4.8	0.07	0.73
<i>Baetis sp.2</i>	8.1	23	7	-	2.47
<b>Odonata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b>					
Zygoptera=küçük kızböcekleri					
Coenagrionidae	1.47	0.47	0.33	0.07	0.07
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar					
Aeshnidae	1	0.8	0.67	-	-
Gomphidae=Dere Yusufçukları	1.3	0.73	0.33	0.4	-
Corduliidae	0.47	0.47	0.67	0.33	0.87
<b>Diptera=Sinekler</b>					
Nematocera=Sivrisinekler					
Polyneura					
Limoniidae=Çayirsinekleri=Bostan sinekleri	0.8	6.7	-	0.07	0.07
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tartarıklar					
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	4.87	1.27	2.93	42.2	62.2
Brachycera=Sinekler					
Tabanidae=Bügelekler	2.93	28.4	1.67	0.87	-
Epididae=Dansçısinekler	-	0.27	0.07	0.07	-
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	0.47	0.67	-	-	-
Thamulidae	14.7	16.7	24.4	7.8	13.4
Diamesinae	22.47	8.53	3.1	37.3	32.53
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>					
Aequipalpia					
Hydropsychidae	8.1	9.4	4.13	0.73	0.73
Psycomiidae	2.2	4.73	0.33	0.2	0.2
<b>Coleoptera=Kırankanatlılar</b>					
Adephaga					
Caraboidea=Karafatmalar					
Dytiscidae=Dalgıç Kanatlılar	0.07	0.07	-	-	-

Polyphaga Palpicarnia Hydophilidae=Su Kımkanatlılar	0.2	0.53	0.13	-	-
<i>Dytiscus sp.</i>	13.87	17.7	1.6	0.13	0.07
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	0.27	-	-	-
<b>Magaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b> Sialidae=Çamur Sinekleri	0.07	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b> Hirudinoidea=Sülükler	0.2	0.2	1.6	3.1	0.4
<b>CRUSTACEA</b> Precarida Amphipoda Gammaridae <i>Gammarus sp.</i>	0.07	0.07	-	-	-
<b>OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR</b> Gordiidae <i>Gordius aquaticus</i>	0.33	-	1.73	4.73	-
Enchytraeidae <i>Lumbricillus sp.</i>	0.07	0.4	5.27	1.67	1
Tubificidae <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	1.8	1.2	72.6	35.4	35.73
<i>Tubifex sp.</i>	-	-	0.2	0.6	-
Glossiphonidae <i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	0.07	-	-
Naidae <i>Stylaria lacustris</i>	-	-		6.67	0.07
<b>ARACHNIDA</b> Hydracarina=Su Piresi Arthropoda	1.53	1.6	3.4	-	-
<b>Toplam</b>	133.82	207.98	228.66	144.68	158.94

Çizelge 4.9. Makro-omurgasızların örnekleme noktalarındaki ortalama dominans (baskınlık) değerleri

MAKRO-OMURGASIZLAR	DOMİNANS (%)				
	Örnekleme Noktaları				
INSECTA	1	2	3	4	5

<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayıssinekleri</b>					
Potamanthidae	1.93	1.12	0.76	0.28	0.5
Hepatagenidae	25.9	28.12	27.48	1.01	2.89
Caenidae	6.67	4.23	11.8	0.28	1.89
Baetidae					
<i>Baetis sp.1</i>	2.42	6.83	2.1	0.05	0.46
<i>Baetis sp.2</i>	5.85	11.1	3.1	-	1.55
<b>Odanata=Kızböcekleri</b>					
Zygoptera=küçük kızböcekleri					
Coenagrionidae	1.06	0.22	0.15	0.06	0.04
Anisoptera=Büyük Yusufçuklar					
Aeshnidae	0.73	0.38	0.29	-	-
Gomphidae=Dere Yusufçukları	0.92	0.35	0.15	0.27	-
Corduliidae	0.34	0.22	0.29	0.23	0.55
<b>Diptera=Sinekler</b>					
Nematocera=Sivrisinekler					
Polyneura					
Limoniidae=Çayır sinekleri=Bostan sinekleri	-	3.2	-	0.05	0.04
Oligoneura=Kelebeğimsiler=Tatarcıklar					
Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	3.53	0.61	1.28	29.1	39.14
Brachycera=Sinekler					
Tabanidae=Bügelekler	2.13	13.7	0.73	0.6	-
Epididae=Dansçısinekler	16.3	0.13	0.029	0.05	-
Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	10.64	0.32	-	-	-
Thamulidae	5.85	8.02	10.7	5.38	8.43
Diaminae	1.6	4.11	1.34	25.8	20.5
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b>					
Aequipalpia					
Hydropsychidae	0.15	4.52	1.8	0.5	0.46
Psycomiidae	0.048	2.28	0.15	0.14	0.13
<b>Coleoptera=Kırankanathlar</b>					
Adephaga					
Caraboidea=Karafatmalar					
Dytiscidae=Dalgıç Kanathlar	0.048	0.032	-	-	-
Polyphaga					
Palpicarnia					
Hydrophilidae=Su Kırankanathlar	0.24	0.26	0.058	-	-
<i>Dytiscus sp.</i>	10.1	8.5	0.7	0.09	0.04
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b>	-	0.13	-	-	-
<b>Magaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanathlar</b>					
Sialidae=Çamur Sinekleri	0.048	-	-	-	-
<b>CLITELLATA</b>					
Hirudinoidea=Sülükler	0.15	0.096	0.7	2.11	0.25
<b>CRUSTACEA</b>					
<b>Precarida</b>					
Amphipoda					

Gammaridae <i>Gammarus sp.</i>	0.048	0.032	-	-	-
<b>OLIGOCHAETA</b>					
Gordiidae <i>Gordius aquaticus</i>	1.3	-	0.76	3.26	-
Enchytraeidae <i>Lumbricillus sp.</i>	-	0.19	2.3	1.15	0.63
Tubificidae <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-	0.58	31.7	24.4	22.5
<i>Tubifex sp.</i>	-	-	0.087	0.41	-
Glossiphonidae <i>Eiseniella tetraedra</i>	-	-	0.029	-	-
Naidae <i>Stylaria lacustris</i>	-	-	0.15	4.6	0.04
<b>ARACHNIDA</b>					
Hydracarina=Su piresi					
Anthropoda	1.11	0.77	1.48	-	-

Eğri Çayı'ndaki örnekleme noktalarına göre baskın makro-omurgasız türleri Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

Eğri Çayı'nın kaynağına yakın bir yer olarak kabul ettiğimiz 1. örnekleme noktasından 5. örnekleme noktasına kadar kirliliğin giderek arttığını söyleyebiliriz. Bilinen deşarj noktalarından sonra su kalitesindeki düşüş gerek kimyasal analizler gerekse biyolojik değerlendirmeler sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sebeptendir ki örnekleme noktalarında ilerledikçe kirliliğe toleranslı türlere rastladığımız bir gerçektir. 1. noktadan başlayarak artan kirlilikle birlikte rastlanan türlerin akış diyagramını Şekil 4.9.'den görmek mümkündür. Şekil 4.9.'a baktığımızda okun başlangıç kısmını 1. nokta kabul edersek literatürlerde de rastladığımız temiz su canlılarından Ephemeroptera'nın ilk noktalarda mevcut olmasına karşılık organik kirlilik artışı ile birlikte son noktalarda kirliliğe toleranslı familya olan Diptera Chironomidae ve Oligochaeta sınıfına ait bireyler yer almaktadır. Elde ettiğimiz canlı türleri ile çalışma alanımız olan Eğri Çayı için böyle bir tür akışı söz konusudur diyebiliriz.

1.Nokta



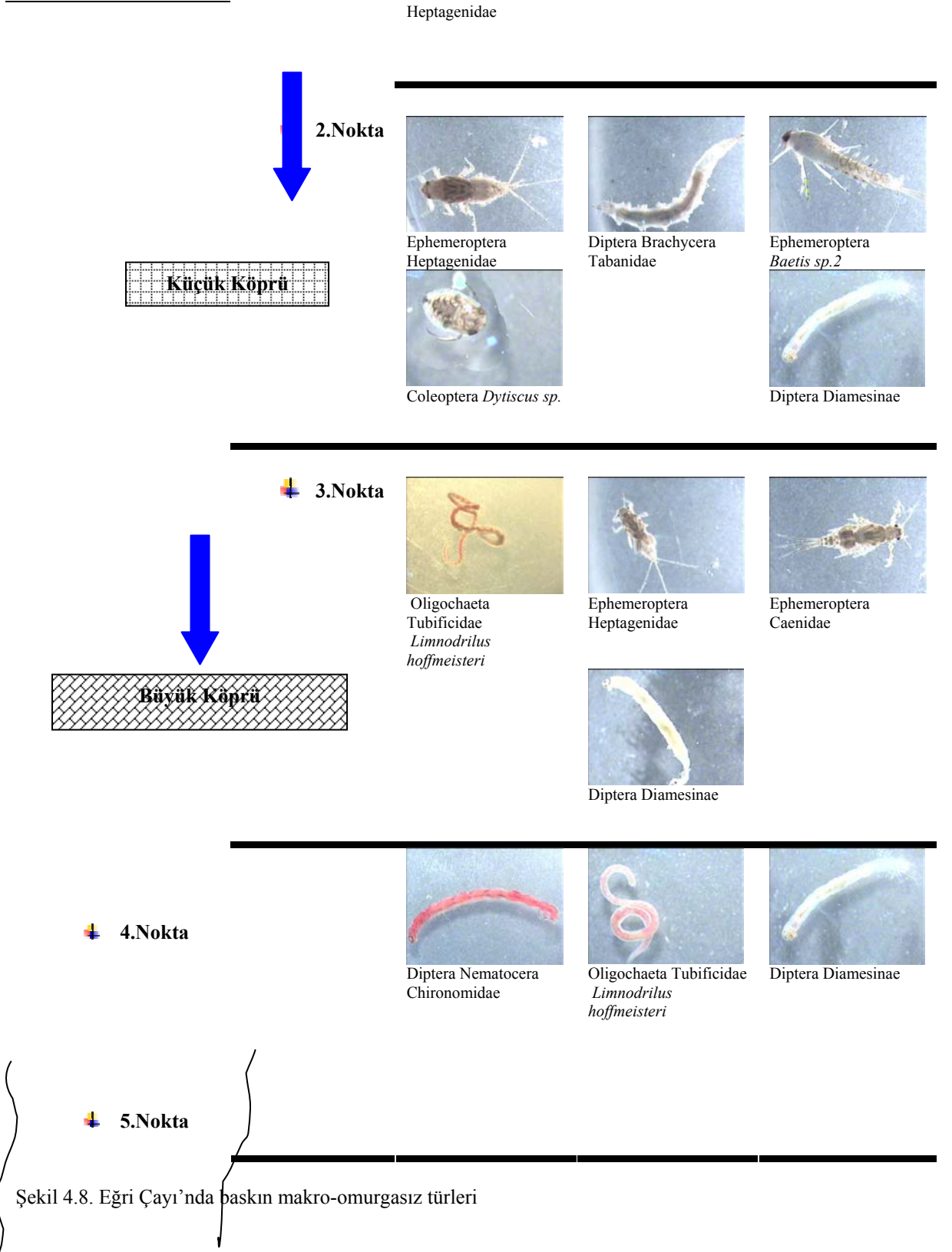
Ephemeroptera

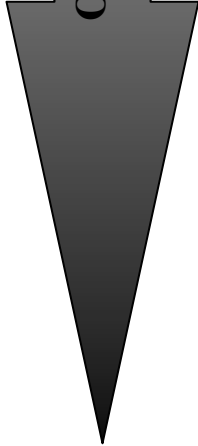










Coleoptera *Dytiscus sp.*



Diptera Diamesinae

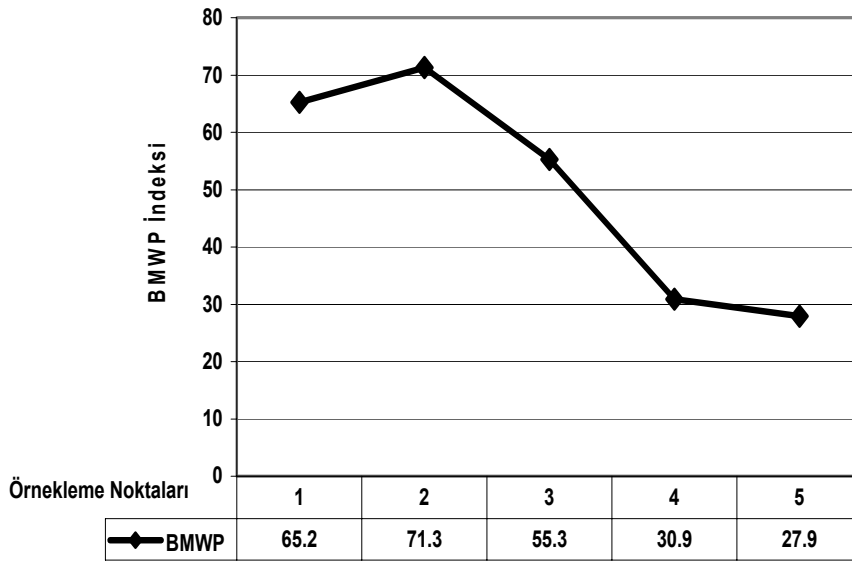


<p><b>ORGANİK KİRLİLİĞE KARŞI TOLERANS ARTIŞI</b></p> 	<p>INSECTA Ephemeroptera Heptagenidae</p>	
	<p>INSECTA Coleoptera <i>Dytiscus sp.</i></p>	
	<p>INSECTA Trichoptera Aequipalpia Hydropsychidae</p>	
	<p>INSECTA Diptera Brachycera Tabanidae</p>	
	<p>INSECTA Odanata Anisoptera Gomphidae</p>	
	<p>CLITELLATA Hirudinoidea</p>	
	<p>INSECTA Diptera Nematocera Oligoneura Chironomidae</p>	
	<p>OLIGOCHAETA Tubificidae <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i></p>	

Çizelge 4.9. Eğri Çayı'ndaki makro-omurgasızların organik kirlilik toleransına göre sıralanışı

#### 4.2.2. Makro-omurgasızların BMWP Biyotik İndeksine göre puanlandırılması

Temiz su makro-omurgasızlarına yüksek puan (10), kirli su canlılarına ise düşük puan (1) verilerek yapılan BMWP indeks puanlamasına göre 2. nokta en yüksek puana sahip olmuştur. Puanların fazla oluşu o noktada tür zenginliğinin olduğunu ve bu türlerin çoğunun kirliliğe duyarlı türler olduğunu göstermektedir. 1. ve 2. noktanın puanları birbirine yakındır. 3. noktadan itibaren azalmaya geçmiş ve 4. ve 5. noktalarda 1. noktanın puanının yarı seviyesine kadar düşmüştür (Şekil 4.10).



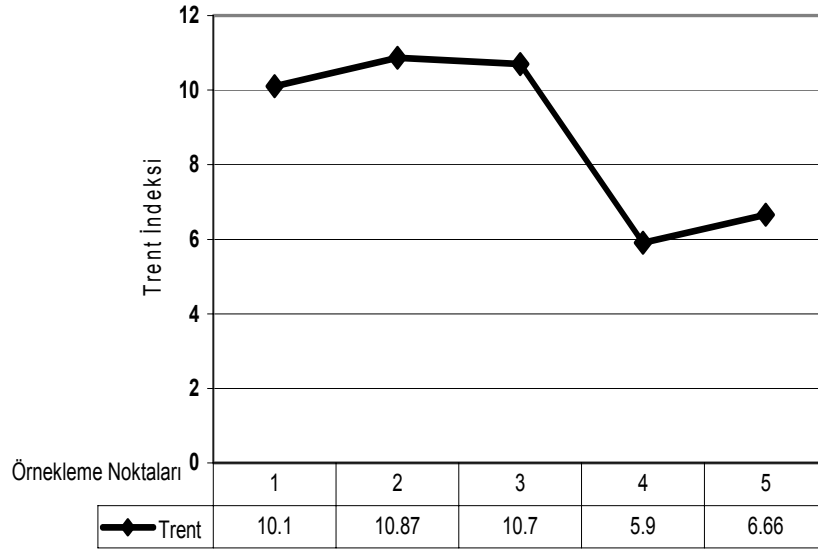
Şekil 4.10. Makro-omurgasızların BMWP biyotik indeksine göre ortalama puanları



1. ve 2. noktalarda yüksek puana sahip Ephemeroptera ve Coleoptera *Dytiscus sp.* gibi türlerin baskın olması nedeniyle toplam BMWP puanı yüksek çıkmıştır. 3. noktada ise yine 1. ve 2. noktalardaki türlerden mevcuttur fakat bunun yanında kirliliğe toleranslı türler dediğimiz ve düşük puana sahip türler de bulunmaktadır. Düşük puanlı türlerin çok fazla sayıda bulunması toplam puana fazla etki etmediğinden 1. ve 2. noktalara göre daha düşük çıkmıştır. 4. nokta evsel ve endüstriyel atıksulardan hemen sonraki noktadır. Bu nedenle bu noktada kirli suda yaşayabilen canlılar bulunmaktadır. Suyun biraz temizlendiğini kabul ettiğimiz 5. noktanın 4. noktadan daha düşük çıkması ters bir durum gibi görünmektedir. Fakat bunu, 4. noktadan önce atıksu deşarjının olmasına rağmen bir müddet daha temiz su canlılarının da barınmasına fakat zamanla yaşamlarına daha fazla devam edemeyerek yok olmalarına ve yerlerini Oligochaeta ve Diptera Chironomidae gibi 1 veya 2 puana sahip türlere bırakmalarına bağlayabiliriz.

#### **4.2.3. Makro-omurgasızların Trent Biyotik İndeksine göre puanlandırılması**

Trent indeks puanlamasına göre arada çok fark olmamasına rağmen 2. nokta, 1. noktadan daha fazla bir puana sahiptir. 3. noktada ilk iki noktaya yakın bir puan almıştır. 4. ve 5. noktalarda puanlarda tekrar bir düşüş yaşanmıştır. 1., 2. ve 3. noktalar daha yüksek seviyede birbirine yakın, 4. ve 5. noktalar da düşük seviyelerde birbirine yakın puanlar almıştır (Şekil 4.11.). Trent Biyotik İndeksi de 4. noktadan önce Eğri çayı'na yapılan evsel ve endüstriyel deşarjlara tepkisini beklenen yönde vermiştir.

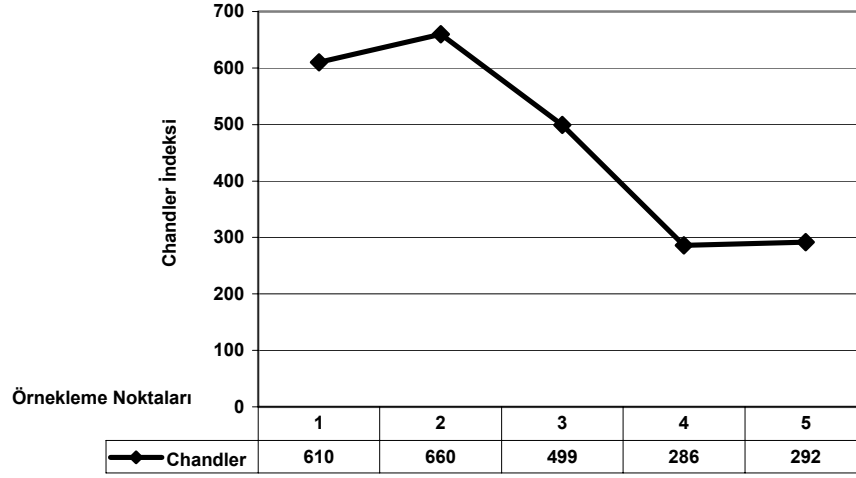


Şekil 4.11. Makro-omurgasızların Trent Biyotik İndeksine göre ortalama puanları

Trent Biyotik İndeksi makro-omurgasız grup sayısına bağlı olarak tür sayısının bir veya biden fazla oluşu göz önünde bulundurularak oluşturulmuş bir indekstir. Mevcut grup sayısı çok fazla olmadığı için bulunan puanlar çok yüksek değildir. Tür zenginliğinin fazla olduğu 2. ve 3. noktalarda değerler daha yüksek çıkmıştır.

#### 4.2.4. Makro-omurgasızların Chandler Skoruna göre puanlandırılması

Chandler Skoruna göre her tür için yoğunluğuna bağlı olarak yüksek puanlar verildiğinden toplam puanlar tüm noktalarda yüksek değerlerdedir. Fakat diğer BMWP ve Trent eğrilerine benzer bir eğri elde edilmektedir. 1. noktadan sonra artıp, 2. noktadan sonra azalışa geçen puanlar, 5. noktada tekrar bir miktar artmıştır. Maksimum puan 2. noktada, minimum puan ise 4. noktadan elde edilmiştir (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Makro-omurgasızların Chandler Skoruna göre ortalama puanları

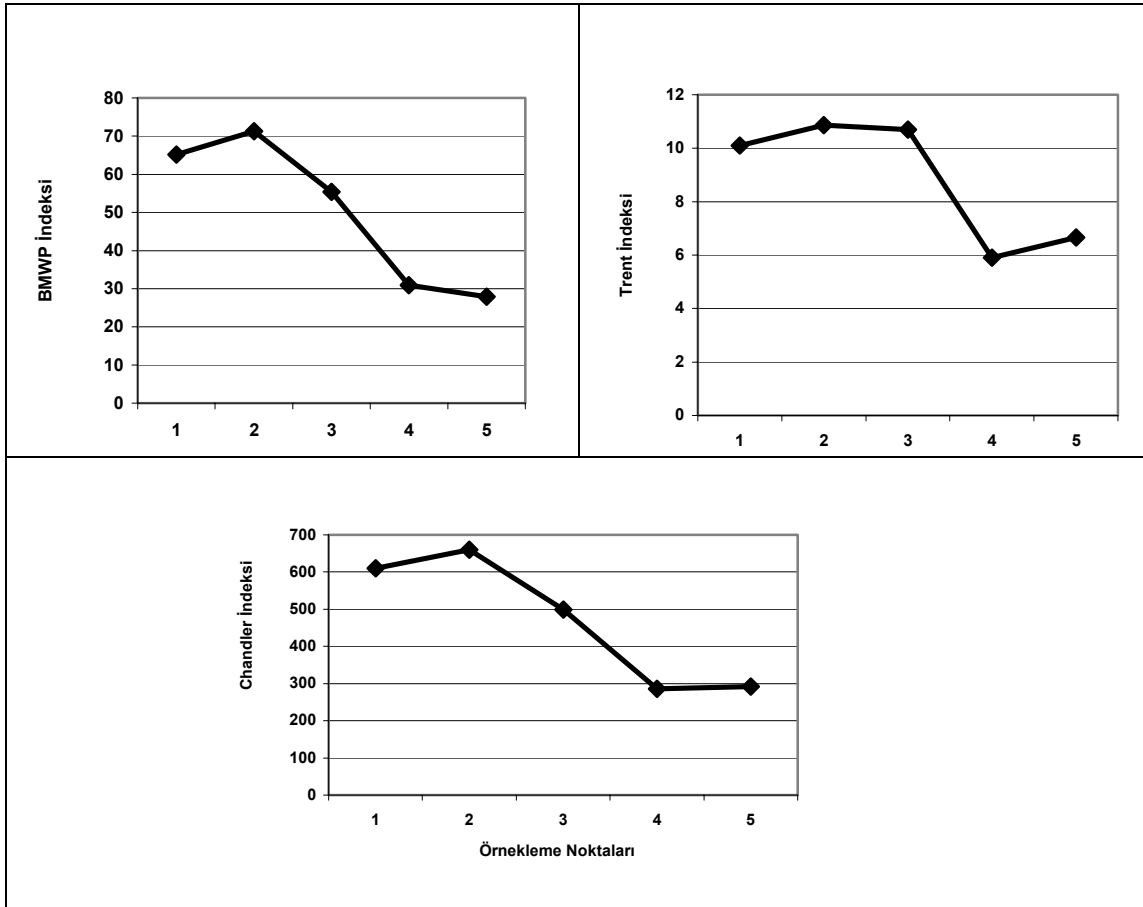
Chandler Skorunda canlı türlerinin yoğunluğu göz önünde bulundurulmuştur. Kaç adet varsa ona göre temiz su canlılarında puan artmakta, kirli su canlılarında ise azalmaktadır. 1. ve 2. noktalarda Ephemeroptera ve Coleoptera *Dytiscus sp.* gibi türlerin fazla sayıda bulunması toplam puanların yüksek çıkmasına neden olmuştur. 3. noktada ise kirliliğe toleranslı Diptera Chironimidae familyasına ve Oligochaeta sınıfına ait bireyler daha fazla sayıda bulunmaktadır. Fakat bunların Chandler Skoruna göre birey sayısı arttıkça puanı azalmaktadır. 3. noktadan sonra puanın giderek azalmasının nedeni yoğunluğu arttıkça az puan alan Diptera Chironomidae ve Hirudinoidea gibi familyaların baskın olmasıdır.

#### 4.2.5. Biyotik indekslerin karşılaştırılması ve örnekleme noktalarının puanlarının istatistiksel analizleri

BMWP, Trent İndeksleri ve Chandler Skoru'nun üçünde de 2. nokta en yüksek puana sahiptir. Bunun nedeni puanlama yapılırken birey sayısının veya tür zenginliğinin göz önünde bulundurulmasının 2. nokta için bir şey değiştirmemesidir. Hem tür sayısı açısından hem de o türlere ait birey sayısı açısından en zengin nokta 2. noktadır. Üç ayrı indekste de 1. ve 2. noktalar yüksek puana sahip yani kirliliğe duyarlı canlıları kapsadığı için hesaplamalar sonucunda yüksek değerler almışlardır. 3. noktada yine tür zenginliği devam etmektedir fakat temiz suda yaşayan canlıların

yanı sıra kirli suda yaşayan makro-omurgasızların çok sayıda bulunması göze çarpmaktadır. Kirliliğe toleransları farklı bu canlıların bir arada yaşamalarını bu noktanın bir geçiş bölgesi olarak kabul edilmesiyle açıklayabiliriz. 3. noktanın belli bir mesafe öncesine kadar temiz gelen suyun 3. noktanın hemen öncesinde bir deşarja maruz kaldığı tahmin edilmektedir. Temiz su canlılarının zor şartlara rağmen yaşamlarını sürdürmelerine karşılık bu şartlara uygun özellikte Oligochaeta ve Clitellata gibi sınıflara ait bireyler çoğalmaktadır.

3. noktadan hemen sonra akarsuya katılan atıksular sayesinde kirliliğe duyarlı canlılar yaşayamaz hale gelmiştir. 4. noktada temiz su canlısına hiç rastlanmazken 5. noktada ara sıra 1 veya 2 adet Ephemeroptera'ya rastlanabilmektedir. Trent İndeksi ve Chandler Skoru'nun grafiklerine bakıldığı zaman 5. noktanın 4. noktadan sonra tekrar yükseldiği fakat BMWP indeksinde biraz daha azaldığı görülmektedir (Şekil 4.13.). BMWP indeksinde sadece bir türün var olması halinde o türe ait puan verilmektedir. Trent İndeksi'nde türün grup sayısı, Chandler Skoru'nda ise o türe ait birey sayısı hesaba katıldığı için böyle bir fark ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.13. BMWP, Trent Biyotik İndeksleri ve Chandler Skoru

BMWP ve Trent İndeksleri ile Chandler Skoru'na göre noktaların benzerliklerini göstermek üzere hesaplanan puanlarının istatistiksel analizleri (P) Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. İndeks puanlarının noktalara göre istatistiksel analizleri

Örnekleme Noktaları	BMWP	Trent	Chandler
1 ve 2	0.34	0.385	0.320
1 ve 3	0.084	0.480	0.047
1 ve 4	0	0	0
1 ve 5	0	0.01	0
2 ve 3	0.012	0.854	0.004
2 ve 4	0	0	0
3 ve 4	0	0	0.001
3 ve 5	0	0.001	0
4 ve 5	0.837	0.441	0.916

BMWP indeksine göre hesaplanan puanlar karşılaştırıldığı zaman 1. ve 2. noktalar arasında benzerlik olduğunu ( $P=0.34$ ), 4. ve 5. noktaların ise hemen hemen aynı özellikte olduğunu söylemek mümkündür ( $P=0.837$ ). Trent Biyotik İndeksi, makro-omurgasız türünün grup sayısına ve sadece bir tür mü, yoksa bir türden fazla olup olmadığına dayandığı için puanlamada noktalar arasında çok büyük farklar ortaya çıkmamıştır. Trent İndeksine göre yapılan puanlamada 1. ve 2., 1. ve 3., 4. ve 5. noktalar benzerlik gösterirken, 2. ve 3. noktalar ise  $P=0.854$  ile çok büyük benzerlik kaydetmiştir.

Chandler Biyotik İndeksi ise daha çok BMWP indeksi ile örtüşmektedir. 1. ve 2. noktalar ( $P=0.32$ ) ve 4. ve 5. noktalar ( $P=0.916$ ) arasında benzerlikler olduğu görülmektedir.

#### 4.2.6. Makro-omurgasızlar ile kimyasal analiz sonuçları arasındaki ilişki

Çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı su kalitesi hakkında yorum yapmamızı sağlayan parametrelerdir. Çözünmüş oksijen değerinin yüksek, biyokimyasal ve kimyasal oksijen değerlerinin düşük çıkması halinde suyun temiz olduğunu söylemek mümkündür. BMWP ve Trent İndeksleri ile

Chandler Skoru da temiz suda yaşayan canlılara yüksek puanlar veren indeksler oldukları için bu puanların yüksek çıktığı noktalardaki su kalitesinin iyi olduğunu söyleyebiliriz. Çizelge 4.11.'de de görüldüğü gibi biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin arttığı noktalarda çözünmüş oksijen, BMWP, Trent ve Chandler İndeks değerleri azalmaktadır. Örneğin 4. noktada çözünmüş oksijen, BMWP, Trent ve Chandler Skorları diğer noktalara kıyaslandığında en düşük değerlerini alırken BOİ (16 mg/lt) ve KOİ (71.6 mg/lt) en yüksek değerini almıştır. Bunun yanı sıra o noktalarda yaşayan canlı türleri de bunu desteklemektedir. 4. noktada literatürlerde yer alan bilgileri destekler nitelikte kirliliğe toleranslı canlı türlerinden Diptera Chironomidae familyasına ve Oligochaeta sınıfına ait bireyler yaşamaktadır.

3. nokta ise çözünmüş oksijen değerinin fazla çıkması ile biraz farklılık göstermektedir. Çözünmüş oksijene ihtiyaç duyan canlıların yaşayabilmeleri çözünmüş oksijenin fazla olduğunun bir göstergesidir. Çözünmüş oksijenin fazla çıkmasının nedeni ise arazi şartlarıdır. Numune alma noktasından önce biri düşü söz konusu olduğundan su, oksijen kazanmıştır.

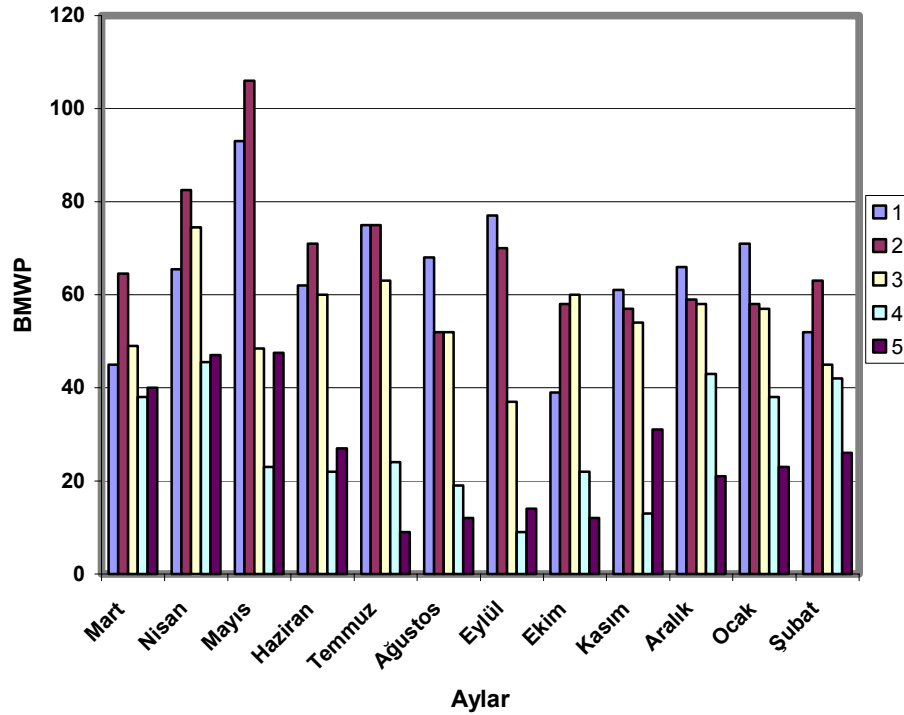
Çizelge 4.11. Örnekleme noktalarındaki kimyasal ve biyolojik bulgular

Örnekleme noktaları	Çözünmüş oksijen (mg/lt)	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/lt)	Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/lt)	BMWP İndeksi	Trent İndeksi	Chandler Skoru	Baskın makro-omurgasız sınıf ve familyaları
1	9.44	0.16	18.7	65.2	10.1	610	Ephemeroptera Diptera, Coleoptera
2	9.24	0.56	22.04	71.27	10.87	660	Ephemeroptera Diptera (Diptera Tabanidae, Diptera Diamesinae)
3	9.88	1.84	29.27	55.33	10.7	499	Oligochaeta, Ephemeroptera, Diptera Diamesinae
4	7.55	16	71.6	30.93	5.9	286	Ephemeroptera Oligochaeta, Diptera Daimesinae
5	8.42	2.83	38.5	27.93	6.66	292	Diptera Chironomidae, Oligochaeta, Diptera Daimesinae

### 4.3. Makro-omurgasız İndeks Puanlarının Aylara Göre Değişimi

#### 4.3.1. Makro-omurgasız BMWP indeks puanlarının aylara göre değişimi

BMWP İndeks sınıflandırma cetvelinden elde edilen puanlamaların aylık değerleri grafiğe aktarıldığında Mart Ayı'ndan Temmuz Ayı'na kadar ise en yüksek puanı 1. noktanın aldığı söylemek mümkündür. 5. nokta ise Ağustos'tan sonraki aylarda en düşük puanı alan noktadır. Genel olarak bahar aylarında tüm örnekleme noktalarının puanlarının daha fazla olduğunu söyleyebilirken, sıcak ayların daha çok 4. ve 5. noktaların puanlarının düşürdüğü sonucuna da varılabilir (Şekil 4.14.).

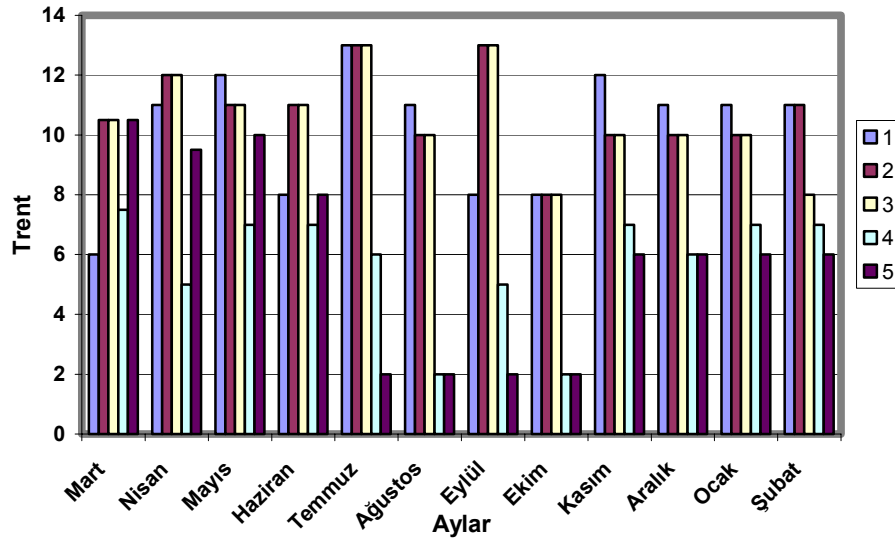


Şekil 4.14. Makro-omurgasız topluluklarının BMWP indeks puanlarının aylara göre değişimi

Yaz aylarında 4. ve 5. noktalarda çok nadir bulunan Ephemeroptera familyasına hiç rastlanmamıştır. Sadece Diptera Chironomidae familyasına ve Oligochaeta sınıfına ait bireyler çok sayıda bulunmuştur. BMWP indeksinde birey sayısı göz önünde bulundurulduğundan puanlar çok düşük çıkmıştır. Sıcaklığa en dayanıklı canlıların Diptera Chironomidae, Hirudinoidea familyalarına ve Oligochaeta sınıfına dahil olduğunu söyleyebiliriz.

### 4.3.2. Makro-omurgasız Trent İndeks puanlarının aylara göre değişimi

Trent İndeks puanlarına göre ise hemen hemen bütün aylarda 1. 2. ve 3. noktalar yüksek değerlerde birbirine yakınken 4. ve 5. noktalar daha düşük değerlerde birbirine yakın bulunmuştur. Hemen hemen bütün aylarda 2. ve 3. noktaların puanları, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında da 4. ve 5. noktaların puanları eşittir (Şekil 4.15.)



Şekil 4.15. Makro-omurgasız topluluklarının Trent Biyotik İndeks puanlarının aylara göre değişimi

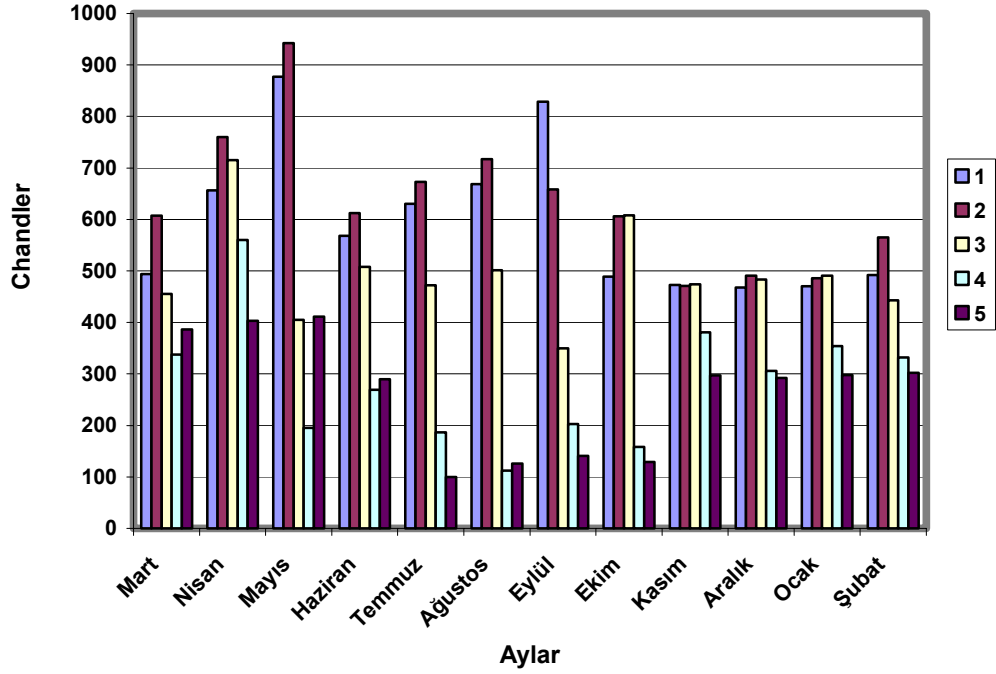
Trent Biyotik İndeksinin hesaplanmasında, canlıların grup sayısına ve bir canlıdan bir türden fazla bulunup bulunmadığı göz önüne alındığından, hemen hemen bütün noktalarda yakın değerler çıkmıştır fakat yaz aylarında 4. ve 5. noktalar sadece kirli su canlılarını barındırdığından puanlar çok düşük çıkmıştır. Temiz suda yaşayan canlılardan bir tane bile bulunması puana etki edebilecekken hiç olmaması puanın çok düşük çıkmasına neden olmuştur. Yaz ayları dışında temiz suda yaşayan makro-omurgasızlarına nadiren rastlanmış olması diğer aylarda 4. ve 5. noktaları da nispeten yüksek değerlere ulaştırmıştır.

### 4.3.3. Makro-omurgasız Chandler Skorlarının aylara göre değişimi

Chandler biyotik skorunda da en yüksek puan 2. noktaya aittir. İlkbahar aylarında tüm noktalarda puanlar yüksekken yaz ve sonbahar aylarında genel olarak



bir düşüş gözlenmiştir. Yine yaz aylarında sıcaklıktan en fazla etkilenen ve çok düşük puanlarda seyreden noktalar 4. ve 5. noktalar olmuştur (Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Makro-omurgasız topluluklarının Chandler skorlarının aylara göre değişimi

2. nokta hem en fazla tür sayısını, hem de o türe ait birey sayısını barındıran nokta olduğu için tüm aylarda en yüksek puana sahiptir. 1 nokta da hemen hemen 2. nokta ile aynı tür canlıları barındırdığından tüm aylar boyunca 2. noktaya yakın puanlar almıştır.

#### 4.4. Özlem Biyotik İndeksi

Bir yıl süren çalışma sonucunda elde edilen makro-omurgasızlar hakkında genel bir yorum yapılarak çalışma alanı olan Eğri Çayı ve Türkiye'deki akarsular için yeni bir makro-omurgasız sınıflandırma cetveli oluşturma yoluna gidilmiştir. İndeks oluşturma çalışmaları, biyolojik değerlendirmeler ile kimyasal analizler arasındaki bağlantıdan yola çıkılarak, tür yoğunluğu ve kirliliğe duyarlılıklarının ışık tutmasıyla gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.12).

#### 4.4.1. Özlem Biyotik İndeksini oluşturma aşamaları

Özlem Biyotik İndeksi oluşturulurken aşağıdaki takip edilmiştir.

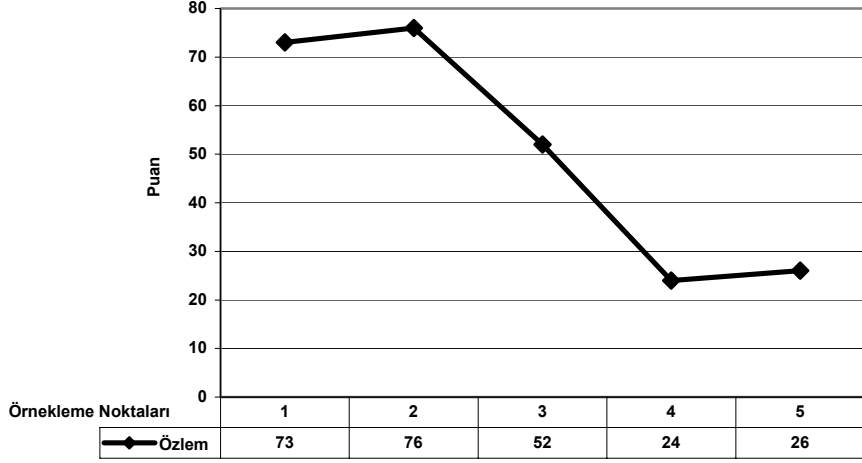
1. Her bir makro-omurgasız türü için, tüm örnekleme tarihlerinde her noktada kaç adet olduğu sayılmıştır,
2. Tüm örnekleme süresince bir noktada o canlı türünden toplam kaç adet bulunduğu hesaplanmıştır,
3. Her nokta için ayrı ayrı makro-omurgasızların sayısına bakılarak çoktan aza doğru bir baskınlık sırası yapılmıştır,
4. Bu sıralama sonucunda 1. ve 2. noktalarda ilk sıralarda yer alan türlerin 4. ve 5. noktalarda sonlarda yer aldığı görülmüştür,
5. Daha sonra her bir nokta için hesaplanan ortalama BOİ değerine bakılarak belli aralık sınırlamaları getirilmiş ve o aralıklarda hangi türden kaç adet bulunduğu hesaplanmıştır [(BOİ aralığı (0.2-2 mg/l) (2-16 mg/l)) olarak belirtilmiştir]. Buna dayanarak en fazla sayıda bulunan makro-omurgasızların sırası belirlenmiştir. Bu sıralama yapılırken kirlilik arttıkça sayının azalıp artması da göz önünde bulundurulmuştur,
6. Aynı aralıklara denk gelen makro-omurgasızlar kirlilik arttıkça azalan ve en çok sayıda bulunan türe 10 puan, kirlilik arttıkça sayısı artan ve bu durumda en fazla bulunan türe 1 puan verilmek şartıyla bir puanlama yapılarak Özlem İndeksine ulaşılmıştır,
7. Oluşturulan bu indekse göre her örnekleme tarihinde her nokta için indeks skoru hesaplanmıştır. Bu puanlar biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri ile karşılaştırılmış ve belli puan aralıklarına karşı gelen biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Özlem Biyotik indeksi

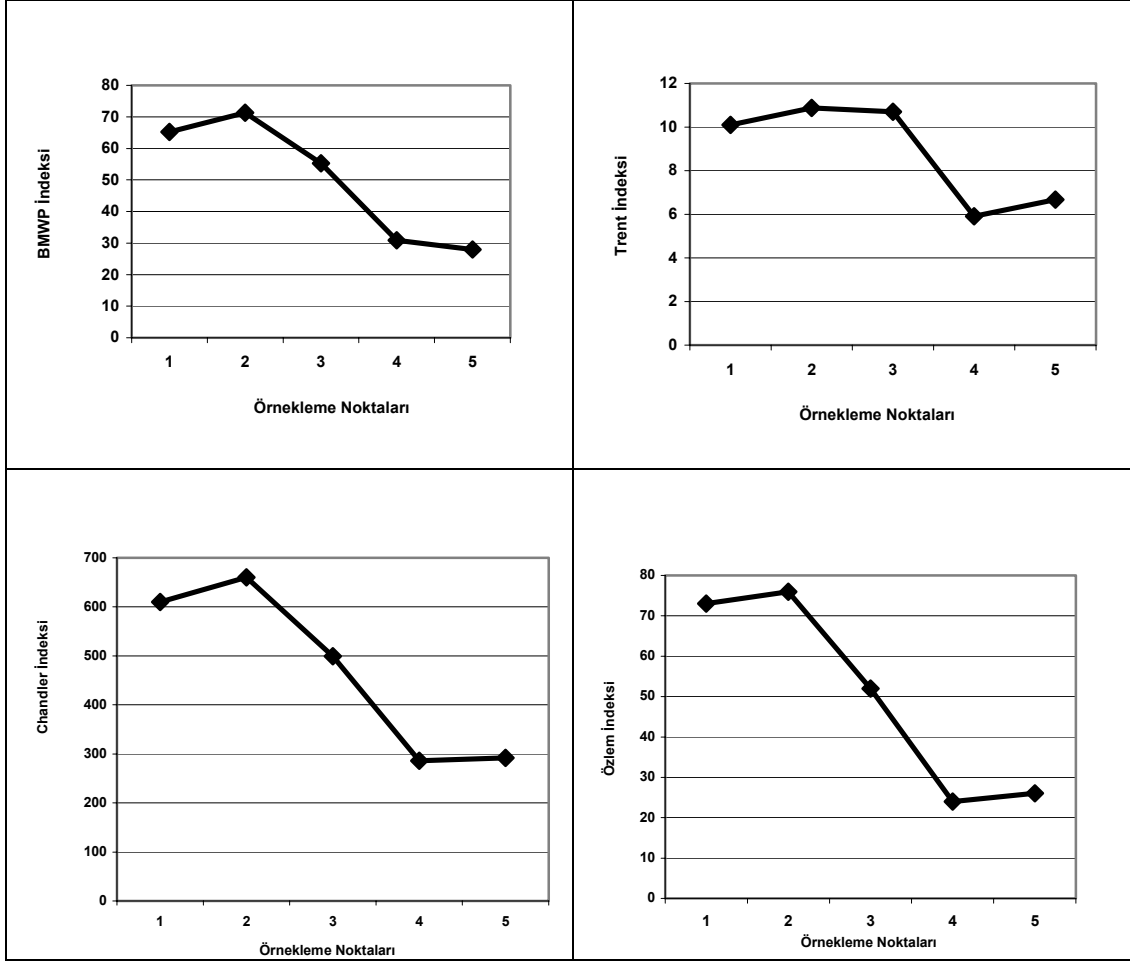
MAKRO-OMURGASIZLAR	PUAN
<b>INSECTA</b>	
<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayıssinekleri</b> Hepatagenidae	10
<b>Plecoptera=Taş sinekleri</b> Isoperla	
<b>Coleoptera=Kırankantlılar</b> <i>Dytiscus sp.</i>	9
<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayıssinekleri</b> Baetidae <i>Baetis sp.1</i>	
<i>Baetis sp.2</i>	
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b> Hydropsychidae	
<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayıssinekleri</b> Potamanthidae	8
<b>Diptera=Sinekler</b> Tabanidae=Bügelekler	
<b>Trichoptera=Evcikliböcekler</b> Psycomiidae	
<b>Diptera=Sinekler</b> Limoniidae=Çayır sinekleri=Bostan sinekleri Dolichopodidae=Uzun bacaklı sinekler	7
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b> Aeshnidae	
Coenagrionidae	
<b>Odanata=Kızböcekleri, Yusufçuklar</b> Corduliidae Gomphididae=Dere Yusufçukları	6
<b>CRUSTACEA</b> <b>Preacarida</b> Gammaridae <i>Gammarus sp.</i>	
<b>Magaloptera=Çamur sinekleri=Büyük kanatlılar</b> Sialidae=Çamur Sinekleri	
<b>Diptera=Sinekler</b> Thamaulidae	5
<b>Ephemeroptera=Birgünsinekleri=Mayıssinekleri</b> Caenidae	
<b>ARACHNIDA</b> Hydracarina=Su piresi Anthropoda	
<b>Coleoptera=Kırankantlılar</b> Hydrophilidae=Su Kırankantlılar	4
<b>Diptera=Sinekler</b> Diamesinae	

CLITELLATA Caraboidea=Karafatmalar Hirudinoidea=Sülükler	3
Diptera=Sinekler Chironomidae=Tentipedidae=Titreksinekler	2
OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR Gordiidae <i>Gordius aquaticus</i>	
OLIGOCHAETA=KURTÇUKLAR Tubificidae <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	1

#### 4.4.2. Özlem Biyotik İndeksine göre makro-omurgasız puanları



Şekil 4.17. Özlem Biyotik İndeksine göre makro-omurgasızların ortalama puanları



Şekil 4.18. BMWP, Trent, Özlem Biyotik İndeksleri ve Chandler Skoru

Özlem Biyotik İndeksi (Şekil 4.17.), diğer indekslere benzemekle birlikte en çok BMWP ile uyum içindedir. (Şekil 4.18.). Oluşturulan Özlem Biyotik indeksinin her nokta için hesaplanması ile Şekil 4.17'de oluşan eğri çok küçük puan farklarıyla BMWP indeksinin grafiğine benzemektedir. BMWP için kullanılan en yüksek (10) ve en düşük puanlar (1) Özlem Biyotik İndeksi için de geçerlidir. Fakat BMWP sınıflandırma cetvelinde hiç yer almayan türlerin Özlem Biyotik İndeksi'nde yer alması, BMWP'de mevcut olup da bizim çalışmamızda rastlayamadığımız türlerin indekse dahil edilmeyişi veya aynı türlerin 1 veya 2 puan fark ederek daha değişik skorlanması gibi durumlar söz konusu olmasına rağmen benzer puanlarla hemen hemen aynı eğriye ulaşılmıştır. Yani 1. noktadan sonra belli bir artış kaydedip, 2. noktadan sonra hızlı bir azalışa geçen bir eğri oluşmuştur.

Trent ve Chandler İndeksleri ise benzer artış ve azalışlar sergilemesine rağmen puan aralıkları farklıdır. Trent İndeksi'nde makro-omurgasız grup sayısı arttıkça artan bir puanlama yöntemi uygulanır. Çalışmamız boyunca elde ettiğimiz türlerde grup sayısı çok fazla olmadığı için küçük değerler almıştır.

Trent ve Chandler İndekslerinde 4. noktadan sonra puan biraz daha artmıştır. BMWP ve Özlem İndekslerine göre puan hesaplamaları benzer şekilde yapıldığından ortaya çıkan eğriler de benzerdir. Yani temiz suda yaşayan canlı türlerine yüksek, kirli suda yaşayan canlı türlerine ise düşük puan verilerek oluşturulan indeksler olduğu için ortalama puanlar ile oluşturulan eğriler de benzerdir. Örneklemeler sonucunda elde edilen tüm makro-omurgasızların türüne göre yapılan hesaplamalar sonucunda 5 örnekleme noktasında BMWP ve Özlem Biyotik İndeksleri yakın puanlara sahip olmuşlardır. En yüksek puan BMWP İndeksi'nde 71.27 puan ile 2. noktaya en düşük puan ise 27.93. puan ile 5. noktaya aittir. Özlem Biyotik İndeksi'nde ise 2. Nokta 76 ile en yüksek puana sahipken, 4. nokta 24 ile en düşük puana sahiptir.

Chanler Skoru sonucu elde edilen puanların yüksek olmasının nedeni de yoğunluğa bağlı olarak her tür için yüksek puanlar verilmesidir.

#### **4.4.3. Özlem Biyotik İndeksine göre örnekleme noktalarının istatistiksel analizleri**

Özlem biyotik indeksinin puanları ile kimyasal analizleri karşılaştırdığımız zaman biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin artarken indeks puanlarının azaldığını, çözünmüş oksijen değerinin artarken de indeks puanlarının da arttığını görebilmek mümkündür (Çizelge 4.13.).

Örnekleme noktalarının Özlem Biyotik İndeksine göre istatistiksel analizlerine Çizelge 4.14'ten bakıldığı zaman 1. ve 2. noktalar (P=0.806) ile 4. ve 5. noktalar (P=0.933) arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Bu değerler, bu noktalarda yaşayan makro-omurgasız türlerinin de benzer olması ve kimyasal analiz sonuçlarının yakın olması nedeniyle desteklenmektedir.

Çizelge 4.13. Kimyasal analiz sonuçları ve Özlem Biyotik İndeks puanları

	Örnekleme noktaları				
	1	2	3	4	5
Çözülmüş oksijen (mg/lt)	9.44	9.24	9.88	7.55	8.42
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/lt)	0.16	0.56	1.84	16	2.83
Kimyasal oksijen ihtiyacı(mg/lt)	18.7	22.04	29.27	71.6	38.5
Özlem Biyotik İndeks puanı	73	76	52	24	26

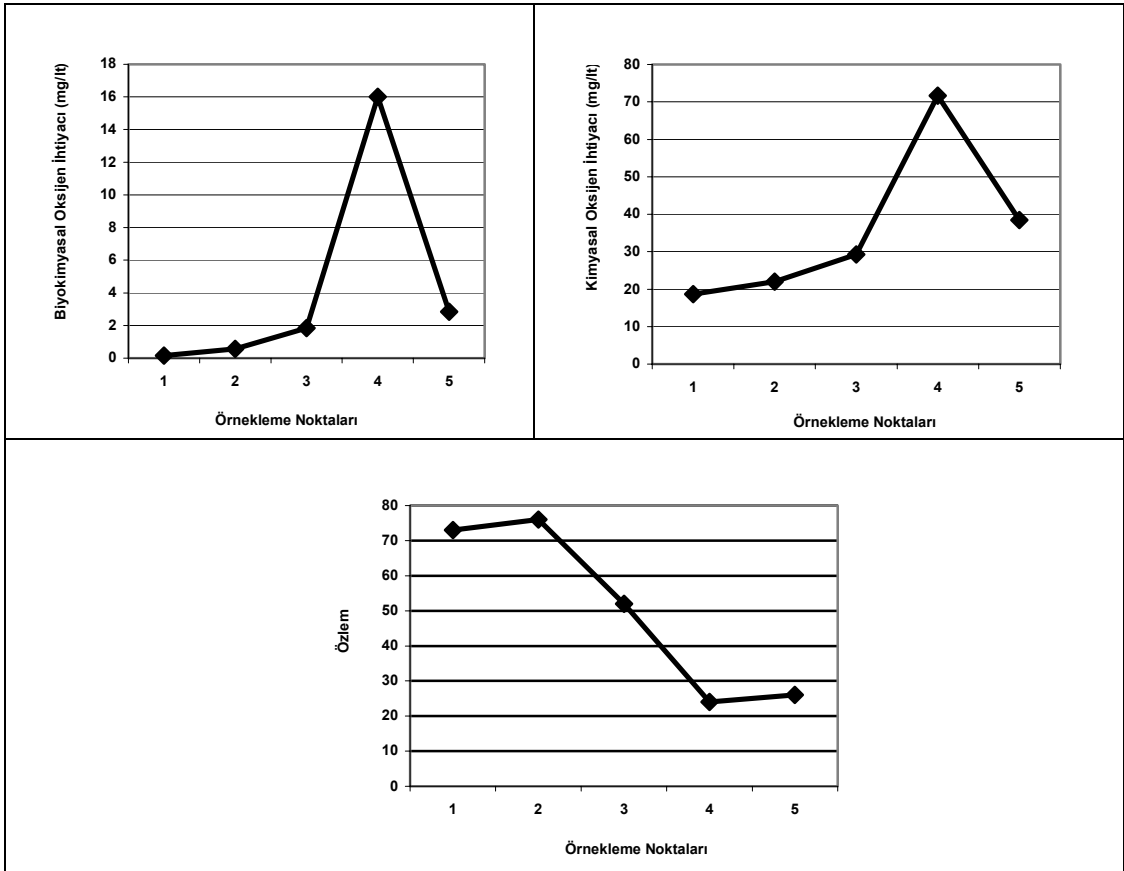
Çizelge 4.14. Özlem Biyotik İndeksinin örnekleme noktalarına göre istatistiksel analizleri

Örnekleme Noktaları	Özlem İndeksi (P)
1 ve 2	0.806
1 ve 3	0.04
1 ve 4	0
1 ve 5	0
2 ve 3	0
2 ve 4	0
3 ve 4	0
3 ve 5	0.001
4 ve 5	0.933

#### 4.4.4. Özlem Biyotik İndeksinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile ilişkisi

Şekil 4.19'da da görüldüğü gibi biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı, 1. noktadan 4. noktaya kadar giderek artmıştır. 1., 2. ve 3. noktalarda kirlilik artışı fazla değilken 3. noktadan sonra evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ile 4. noktada kirlilik ani bir yükseliş kaydetmiştir. Özlem Biyotik İndeksi'nde ise 1. noktadan sonra puan artmıştır. Çünkü 2. noktada yüksek puanlı Ephemeroptera Heptagenidae ve Diptera Tabanidae gibi familyaların sayısı fazladır yani 2. noktada

bu türler baskın olduğundan puan yükselmiştir. 3. noktada biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri biraz daha artmıştır ve indeksin grafiğine bakınca su kalitesinin düştüğü gözlenmiştir. 3. noktada daha düşük puanlı türlerin sayısı artmıştır. 1. ve 2. noktada baskın olan temiz su canlıları yine mevcudiyetini korumuş fakat biraz azalmıştır. Kirli suda yaşayan canlı türleri ise artmıştır. 4. nokta, atıksu deşarjlarından sonra gelen bir numune alma noktası olduğundan kirlilik maksimum seviyeye ulaşmıştır. Kirliliğin artması ile biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı da artmıştır. Kirliliğin artması ile birlikte kirliliğe toleranslı canlılar baskın hale gelmiştir. Bu canlıların puanları çok düşük olduğu için Özlem Biyotik İndeksi'nin 4. noktadaki puanı da düşmüştür. 5. noktaya kadar akıntıyla beraber su oksijen kazanmış ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı biraz azalmıştır. Fakat 4. noktada yoğun hale gelen kirli su canlıları 5. noktada baskınlığını korumaktadır. Şartlar tamamıyla düzelmediği yani yeterli çözülmüş oksijen mevcut olmadığından temiz suda yaşayabilen canlılara çok fazla rastlanmamaktadır.



Şekil 4.19. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile Özlem Biyotik İndeksi arasındaki ilişki



## **5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

Su kalitesinin, gerek fiziksel ve kimyasal, gerekse biyolojik açıdan bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiği inancıyla başlatılan bu çalışma, tam anlamıyla amacına hizmet etmiş ve biyolojik değerlendirmenin kimyasal analizleri tamamlayıcı nitelikte olduğunu hatta kimyasal analizlere göre üstünlükler taşıdığını gözler önüne sermiştir.

Su kirliliği hakkında yorum yapmamıza müsaade eden kimyasal parametrelerin bazı durumlar karşısında yetersiz kaldığı ve bunların biyolojik bulgularla takviye edilmesinin gerektiği bu tez çalışmasına başlarken bilinen bir gerçektir. Fakat daha sağlıklı bir su kalitesi yorumuna ulaşabilmek için uygulanan biyolojik metotların çalışmaları ne ölçüde kolaylaştıracağı veya tamamlayacağı hakkında fikir yürütmekten öteye gidilemiyordu. Çünkü biyolojik değerlendirme metodunda kullanacağımız makro-omurgasız topluluklarının sınıflandırmasına yönelik literatürde mevcut olan indekslerin, çalışma alanımızda vereceği sonuçların ne olacağı bilinmemekteydi.

Biyolojik değerlendirmenin yapılmasının zorunluluğu ve bu değerlendirme sırasında taşıdığı avantajlar sebebiyle indikatör olarak makro-omurgasızların kullanılmasının gerekliliği tezin başlangıcında yapılan kabullerden bazılarıydı. Bu kabullerin yanı sıra bazı hipotezler de söz konusuydu. Biyolojik değerlendirmeler, kimyasal analizlerden daha kolay ve daha ucuza yapılacak, kirlilik ile ilgili sağlıklı sonuçlar verecekti. Bu, yalnızca araştırmalar üzerine kurulan beklentilerdi. Bunun yanı sıra, çalışma alanı olarak seçilen Eğri Çayı'nın makro-omurgasız topluluklarından hangilerini ihtiva ettiği, kirli diye nitelendirdiğimiz noktalarda gerçekten kirliliğe toleranslı canlıların mı olduğu, bu canlıların verdiği bilgilerle kimyasal analizlerin örtüşüp örtüşmediğinin yanıtları merak edilen ve ulaşılması hedeflenen sonuçlardı.

Tez çalışması, bazı evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ile kirlenen, içine girilebilecek kadar sığ bir çay olan Eğri Çayı'nda belirlenen 5 örnekleme

noktasından alınan numunelerin 1 yıl gibi bir süre zarfında aylık olarak hem kimyasal hem de biyolojik yönden değerlendirmesini kapsamaktadır.

Yürütülen bu çalışmalar sonucu elde edilen bulgular ile şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- ❖ Laboratuvar ve arazi çalışmalarından ibaret olan biyolojik değerlendirmeler, kimyasal analizlerden çok daha düşük bir maliyet gerektirmektedir,
- ❖ Kimyasal analizler özellikle BOI<sub>5</sub> deneyinin sonuçlanmasının beklenmesi sebebiyle ve en az 5 günde sonuçlanırken 1. noktanın makro-omurgasız türüne göre kirliliğinin belirlenmesi çok daha kısa bir zaman almaktadır,
- ❖ Kimyasal analizlerin hepsinde çok hassas ve dikkatli çalışılmasının gerekliliğine karşın, biyolojik değerlendirmelerin uzmanlık gerektirmemesi ve türlerin 1. veya 2. örneklemede çok kolay ayırt edilebilmesi bir avantaj olarak görülebilir,
- ❖ Literatürde bilinen makro-omurgasız türlerinin en önemlilerine rastlanmış ve taşıdıkları duyarlılıklara göre kirlilik indikatörü olarak kullanılmışlardır. Temiz olarak kabul edebileceğimiz 1. ve 2. noktalarda gerçekten çoğunlukla temiz suda yaşayabilen canlılara rastlanmıştır. 3. noktadan sonra bilinen evsel atıksu ve süt fabrikası atıksuları deşarjlarından sonra su kalitesinde çok büyük oranda düşüş gözlenmiştir. 3. nokta ise gerek kimyasal analizler sonuçlarına bakılarak gerekse tür yoğunluğu ve cinsine bakılarak bir geçiş bölgesi olarak kabul edilmiştir. Çünkü 3. nokta hem temiz suda yaşayan hem de kirliliğe toleranslı canlıları bir arada bulunmamaktadır. Çözünmüş oksijen değerinin yüksek çıkmış olması da, ancak çözünmüş oksijen değerinin yüksek olduğu yerlerde yaşayabilen makro-omurgasız türlerinin mevcudiyetiyle desteklenmektedir,
- ❖ Tüm örnekleme sonucunda 5 noktadan toplam 13 165 canlı toplanmıştır. Bu canlıların 10 435 adedi Insecta sınıfına aittir. Insecta sınıfı; 4 248 adet Ephemeroptera, 146 adet Odonata, 5060 adet Diptera, 461 adet Trichoptera, 515 adet Coleoptera, 4 adet Plecoptera, 1 adet Megaloptera familyasına ait bireyden ibarettir. Geri kalan canlılar ise 2 548 adet Oligochaeta, 82 adet Clitellata Hirudinoidea, 98 adet Arachnida Anthropoda, 2 adet Crustacea Precarida *Gammarus*'dan oluşmaktadır.

- ❖ Bu türlerin noktalara göre dağılımına bakıldığı zaman ise 1. ve 2. noktalarda kirliliğe toleransı olmayan türler 4. ve 5. noktalarda ise kirliliğe toleranslı makro-omurgasızlar baskın türler olarak karşımıza çıkar,
- ❖ Makro-omurgasızların tür yoğunluğu dikkate alınarak oluşturulan indeksler yardımıyla her nokta için puanlar hesaplanınca da temiz noktalarda su kalitesinin iyi olduğunu gösteren yüksek puanlara rastlanmaktadır. Düşük puana sahip türler ise yoğun olarak kirli noktalar olarak kabul edilen 4. ve 5. noktalarda mevcut olduğu için bu noktaların puanları düşük çıkmıştır.
- ❖ Odonata familyasına yaz aylarında rastlanmaması bu türlerin sıcaklığa karşı hassas olduğunun göstergesidir. Ayrıca, Diptera Chironomidae familyasına ait canlıların bulunduğu noktalarda, yaz aylarında bu canlıların sayılarının artması sıcaklığın yoğunluğa olumlu etki ettiğini söyleyebiliriz,
- ❖ Elde edilen makro-omurgasızların yoğunluğu ve kimyasal analizlerle doğrulanan kirlilik artış ve azalışlar baz alınarak çalışma alanı olan Eğri Çayı'na yönelik bir indeks oluşturularak özellikle Türkiye'de çok fazla kullanım alanına sahip olmayan biyolojik değerlendirme teknikleri konusunda eksikleri giderme amacına hizmet edilmiştir.

Yukarıda da değinildiği üzere birçok avantaja sahip bir değerlendirme metodu olan makro-omurgasızlarla biyolojik değerlendirme metodu maalesef ülkemiz sınırları içerisinde çok fazla kullanım alanına sahip değildir. Fakat, yapılan bu çalışma ile konunun öneminin vurgulandığı düşünülmektedir. Oluşturulan indeksin ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması ile biyolojik değerlendirme metodlarının gün geçtikçe yaygınlaşacağı düşüncesini taşımaktayız.

## KAYNAKLAR

- APHA, 1998. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, DC.
- BARBOUR, M. T. J., GERRITSEN, B. D. S., and STRIBLING, J.B., 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- BORJA, A., MUXIKA, I., and FRANCO, J., 2003. The Application of Marine Biotic Index to Different Impact Sources Affecting Soft-bottom Benthic Communities Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 835-845.
- BOYLE, T. P., and FRALEIGH, H. D. J. D., 2003. Natural and Anthropogenic Factors Affecting the Structure of the Benthic Macroinvertebrates Community in an Effluent Dominated Reach of the Santa Cruz River, AZ, *Ecological Indicators*, 3: 93-117.
- BUTCHER, J. T., STEWART, P. M., and SIMON, T.P., 2003. A benthic Community Index for Streams in the Northern Lakes and Forest Ecoregion. *Ecological Indicators*, 3: 181-193.
- BUTCHER, J. T., STEWART, P. M., and SIMON, T.P., 2003. Effects of Two Classification Strategies on a Benthic Community Index for Streams in the Northern Lakes and Forests Ecoregion. *Ecological Indicators*, 3:195-202.
- CRANE, M., JOHNSON I., and MALTHY, L., 1996. In Situ Assays for Monitoring Toxic Impacts of Waste in Rivers. In: Tapp JF, Hunt SM, Wharfe JR, editors. *Toxic Impacts of Wastes on the Aquatic Environment*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, pp. 116-124.
- DICKENS, C. W. S., and GRAHAM, P. M., 1998. Biomonitoring for effective Management of Wastewater Discharges and the Health of the River Environment. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1:199-217.
- DYER, D. S., PENG, C., McAVOY, D.C., FENDINGER, N. J., MASSCHELEYN, P., CASTILLO, L. V., and LIM, J. M. U., 2003. The Influence of Untreated Wastewater to Aquatic Communities In The Balatuin River, The Philippines. *Chemosphere*, 52: 43-53.
- GALDEAN, N., CASTILLO, M., and BARBOSA, F. A. R., 2000. lotic Ecosystems of Sera do Cipo, Southeast Brazil: Water Quality and a Tentative Classification Based on the Benthic Macroinvertebrate Community. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 545-552.
- GEORGUDAKI, J. I., KANTZARIS, V., KATHORIOS, P., KASPIRIS, P., GEORGIADIS, T., and MONTESANTOU, B., 2003. An Application of Different Bioindicators for Assessing Water Quality: a Case Study in the Rivers Alfeois and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological Indicators*, 2: 345-360.
- GİRGİN, S., 1994. Ankara Çayı ve Kollarındaki Bentik Maroinvertebratların Bolluk, Dominans, Benzerlik ve Çeşitlilik Açısından Kimyasal ve Fiziksel Parametrelerle Birlikte İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 246s.
- HOUSTON, L., BARBOUR, M. T., LENAT, D., and PENROSE, D., 2002. A Multi-agency Comparison of Aquatic Macroinvertebrate-Based Stream Bioassessment Methodologies. *Ecological Indicators*, 1: 279-292.

- HUGHES, R. J., and LARSEN, D. P., 1988. Ecoregions: An Approach to Surface Water Protection. *J. Water pollution Control Fed.* 60: 486-493.
- JAMES, A., and EVISON, L., 1979. *Biological Indicators of Water Quality*, Chapter 2. John Wiley, New York.
- KARR, J.R., 1991. Biological Integrity: a Long –neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecol. Appl.* 1: 66-84.
- KIELY, G., 1997. *Environmental Engineering*. Mc.Graw Hill, 263-276, USA.
- MOSS, B., 1988. *Ecology of Freshwaters, Man and Medium*, 2nd Edn, Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- NEDEAU, E. J., RICHARD, W.R., and KAUFMAN, M., G., 2002. The Effect of an Industrial Effluent on an Urban Stream Benthic Community: Water Quality Vs. Habitat Quality. *Environmental Pollution*, 123:1-13.
- NEUMANN, M. BAUMEISTER, J., LIESS, M., and SCHULZ, R., 2002. An Expert System to Estimate the Pesticide Contamination of Small Streams Using Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators II. The Knowledge Base of LIMPACT. *Ecological Indicators*, 2: 239-249.
- OGBEIBU, A. E., and VICTOR, R., 1989. The Effects of Road and Bridge Construction on the Bankroot Macroinvertebrates of a Southern Nigerian Stream. *Environ Pollut.* 56:85-100.
- OGBEIBU, A. E., and ORIBHABOR, B. J., 2001. Ecological Impact of River Impoundment using Benthic Macro-invertebrates as Indicators. *Water research* 36: 2427-2436.
- OZ, N., and SENGORUR, B., 2004. The Determining of Water Quality with Biotic Indices in the Melen River and its Tributaries. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(1).
- ROSENBORG, D. M., and RESH, V. H. 1993. Introduction to freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, eds. D. M. Rosenborg and V. H. Resh, pp. 1-9. Chapman and Hall, New York.
- STEPHENS, W. W., and FARRIS, J. L., 2003. Instream Community Assessment of Aquaculture Effluents. *Aquaculture*, 231(1):149-162.
- SOLDNER, M., STEPHEN, I., RAMOS, L., ANGUS, R., WELLS, N. C., DROSSO, A., and CRANE, M., 2003. Relationship Between Macro-invertebrate Fauna and Environmental Variables in Small Streams of the Dominican Republic. *Water Research*, 38: 863-874.
- STARK, J. D., BOOTHROYD, I. K. G., HARDING, J. S., MAXTED, J. R., and SCARSBROOK, M. R., 2001. *Protocols for Sampling Macroinvertebrates in Wadeable Streams*. New Zealand macroinvertebrate Working Group Report No. ISSN: 1175-7701.
- U.S. EPA (US Environmental Protection Agency), 1998. *Update of Ambient Water Quality Criteria for Ammonia*. EPA 822-R-98-008, Washington, DC, USA.
- U.S. EPA (US Environmental Protection Agency), 2003. *Biological Indicators of Watershed Health, Benthic Macroinvertebrates in Our Waters*, Washington, DC, USA.
- WIEDERHOLM, T. (Ed.), 1983. *Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and Diagnoses. Part 1. Larvae*. *Entomologica Scandinavica suppl.*, 19:141-147.

## ÖZGEÇMİŞ

27.05.1980 yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlk öğrenimini Cengiz Topel İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini Şanlıurfa Anadolu Lisesi'nde tamamladı.. 1998 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2002 yılı Bahar döneminde mezun oldu. 2002 Eylül ayında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı. 2004 Ocak ayında Harran Üniversitesi Mühendislik fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosunda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen yüksek lisansına devam etmektedir.

## ÖZET

Akarsuların kirliliğinin doğru ve eksiksiz bir şekilde tanımlanması için kimyasal parametrelerin ölçümünün yanı sıra bunların tamamlayıcısı niteliğindeki biyolojik değerlendirmelere de yer verilmelidir. Biyolojik değerlendirmeler, su hayatı üzerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik baskıların kümülatif etkilerini bir bütün olarak gösterebilir.

Göl, akarsu, havuz, bataklık ve kirli su birikintilerindeki sediment içerisinde bulunan ve makro-omurgasızlar olarak bilinen toplulukları biyolojik değerlendirmede bir indeks olarak kullanmak mümkündür. Makro-omurgasızlar ile kirlilik üzerine yorum yapılması, akarsu karakteristiklerinin sıkça değiştiği yerler için ideal bir metot olarak önerilmektedir. Su kalitesinin göstergesi olma gibi bir özelliğe sahip olan makro-omurgasızlar aynı zamanda besin zincirinin çok önemli bir halkasını teşkil etmektedirler.

Suda yaşayan makro-omurgasızlar ekosistem değişikliklerine, kirliliğe duyarlıdır. Kirli sularda yaşayanlar temiz suda, temiz suda yaşayanlar kirli suda stres altında yaşarlar. Yani kirli ve temiz sularda yaşayan omurgasızlar kirliliğe karşı birbirinden farklı hassasiyetlere sahiptirler. Bu da makro-omurgasızların değerlendirmede kullanılmasının bir nedenidir.

Makro-omurgasızlar, akarsu kalitesi hakkında uzun süreye yönelik bilgi elde etmemizi sağlarlar. Kirlilikten kolay kaçamadıkları için örnekleme anına özgü bilgi vermekle kalmaz, kirlilik hakkında sürekli bir bilgi verirler. pH, çözülmüş oksijen gibi örnekleme anı için bilgi veren su analiz çalışmaları ile akarsu kalitesini tanımlamak zor olabilir. Akarsu içinde balıkların bulunması bile kirlilik problemi hakkında kesin bir yargıya ulaşmamızı sağlayamaz. Çünkü balıklar kirli sudan kaçmak için hareket edebilirler ve daha sonra şartlar düzeline dönerler. Makro-omurgasızlar ise örneklerin alındığı zaman aralığında orada meydana gelmemiş kirlilik hakkında da bilgi edinmemizi sağlayabilir. Bu da, makro-omurgasızların biyolojik değerlendirmedeki önemini ortaya çıkarır.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve çözülmüş oksijen gibi su kalitesi parametreleri ile makro-omurgasızlar arasındaki ilişkiyi inceleyen bu çalışma akarsuya deşarj edilen atıksuların ekoloji üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere Adıyaman'daki Eğri Çay'ında gerçekleştirilmiştir. Çayın

üzerinde 3'ü endüstriyel ve evsel atıksu deşarjlarının yukarısında, 2'si de aşığı kısmında olmak üzere 5 örnekleme noktası seğılmıştır. Mart 2004 ve Şubat 2005 tarihleri arasında ayda bir kez olmak üzere örnekleme yapılmıştır. Bentik makro-omurgasızları toplamak için tekme örnekleme metodu kullanılmıştır. Çalışma alanlarındaki biota şartlarını tanımlamak için BMWP, Trent biyotik indeksi ve Chandler skoru kullanılmıştır. Su kalitesi parametreleri deney sonuçları ve türlerden elde edilen skorlar benzer sonuçlar vermiştir. Sediment örneklerinin analizi sonucu 13 165 birey elde edilmiştir. Faunal benzerliklerin analizi 1 ve 2. noktalar ile 4. ve 5. noktaların birbirinden oldukça farklı olduğunu göstermiştir



## **SUMMARY**

An accurate assessment of water pollution is not possible by only chemical analyses. It is therefore essential to employ a biological assessment of water quality to assist and complete the chemical analyses. Biological assessments show the cumulative effects of physical, chemical and biological stresses in the water as whole.

The use of macroinvertebrates as indicator for observing any changes in a water body is an ideal method. Macroinvertebrates live in lakes, rivers, lagoons and wetlands. These biological creatures help to show the whole status of ecology. Therefore, the observation of the macroinvertebrate species changes as a biological assessment in a water body gives direct indications on water quality.

Besides being an important link in the food chain, macroinvertebrates can also serve as an indicator of water quality. Some stream-bottom macroinvertebrates cannot survive in polluted water while others can survive or even thrive in polluted water. A healthy ecosystem supports diversity of organisms, so in a healthy stream, the stream-bottom community will include a variety of pollution-sensitive macroinvertebrates. Conversely, an unhealthy stream will support only a few types of non sensitive macroinvertebrates. Aquatic macroinvertebrates provide information about the quality of a stream over long periods of time.

It may be difficult to identify stream pollution with water analysis such as pH and dissolved oxygen, which can only provide information for the time of sampling. Even the presence of fish may not provide information about a pollution problem because fish can move away to avoid polluted water and then return when conditions improve. However, most aquatic macroinvertebrates cannot move to avoid pollution. A macroinvertebrate sample may provide information about pollution that is not present at the time of sample collection.

A study of the relationship between benthic macroinvertebrates and water quality parameters such as biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), and dissolved oxygen (DO) in a river in Turkey was carried out in order to assess the ecological impact of polluted water discharge into rivers. Five sampling stations were selected on the river; three of them from upstream of an industrial and domestic wastewater discharge and two of them from downstream.

Seven samplings of water and benthic fauna were carried out at the stations at fortnightly between March 2004 and February 2005. The kick sampling method was used in collecting benthic macroinvertebrates. The Biological Monitoring Working Party (BMWP), Trent Biotic Index (TBI), and Chandler Score were used to quantify the condition of the biota at the study sites. The results of water quality parameter tests and the scores obtained from the indices showed similar responses for pollution. 13 165 macroinvertebrates were collected. Analysis of faunal similarities showed that station 1 and 2 were significantly different from station 4. and 5.