



# Zoobentik komünite yapısına bazı çevresel değişkenlerin etkilerinin araştırılması: Porsuk Çayı (Sakarya Nehri, Türkiye) örneği

Deniz MERCAN

## Cite this article as:

Mercan, D. (2022). Zoobentik komünite yapısına bazı çevresel değişkenlerin etkilerinin araştırılması: Porsuk Çayı (Sakarya Nehri, Türkiye) örneği.

*Aquatic Research*, 6(1), 52-63. <https://doi.org/10.3153/AR23006>

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen  
Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir,  
Türkiye

## ORCID IDs of the author(s):

D.M. 0000-0002-5526-8501

Submitted: 14.11.2022

Revision requested: 25.11.2022

Last revision received: 09.12.2022

Accepted: 11.12.2022

Published online: 29.12.2022

## Correspondence:

Deniz MERCAN

E-mail: [dkara@ogu.edu.tr](mailto:dkara@ogu.edu.tr)



© 2022 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

## ÖZ

Porsuk Çayı'nda bazı çevresel parametrelerin zoobentik komünite yapısı üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla 2020-2021 yılları arasında 6 istasyondan mevsimsel olarak zoobentik örnekler toplanmış ve aynı zamanda bazı fizikokimyasal parametreler de ölçülmüştür. Çalışma kapsamında Gastropoda sınıfından 4, Bivalvia sınıfından 1, Clitellata sınıfından 3, Insecta sınıfından 22 familya olmak üzere toplam 30 familya tespit edilmiştir. Tubificidae, Erpobdellidae ve Chironomidae familyaları her istasyonda tespit edilmiştir. Porsuk Çayı zoobentozunda baskın familyaların; Tubificidae (%41.90), Chironomidae (%16.68), Gammaridae (7.84), Valvatidae (%6.16), Naididae (%5.30), Asellidae (%3.73), Physidae (%3.48), Dreissenidae (%3.16), Baetidae (%3.07), Simuliidae (%1.70), Erpobdellidae (%1.69) ve Lymnaeidae (%1.32) şeklinde sıralandığı görülmektedir. En yüksek çözülmüş oksijen değeri ortalama 11.3 mg/L ile 1. istasyon olan Sobran Deresi'nde ölçülmüştür. Bu istasyonda kirliliğe toleransı düşük gruptan Ephemeroptera takımından Caenidae ve Trichoptera takımından Hydropsychidae familyalarının tespit edilmesi ve Kanonik Uyum Analizi sonuçları havzada belirlenen taksonların dağılımına çözülmüş oksijen konsantrasyonunun etkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu istasyon en yüksek BMWP (64) ve Shannon (2.22) değerlerine de sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Zoobentik komünite, Su kalitesi, Porsuk Çayı, Eskişehir

## ABSTRACT

**Investigation of the effects of some environmental variables on the zoobenthic community structure: The case of Porsuk Stream (Sakarya River, Türkiye)**

In order to examine the effects of some physicochemical parameters on the zoobenthic community structure in Porsuk Stream, seasonal zoobenthic samples were collected from 6 stations between 2020-2021, and some physicochemical parameters were also measured. Within the scope of the study, a total of 30 families, 4 from the Gastropoda, 1 from the Bivalvia, 3 from the Clitellata, and 22 from the Insecta, were identified. Families Tubificidae, Erpobdellidae, and Chironomidae were identified at each station. Dominant groups in Porsuk Stream zoobenthos; Tubificidae (41.90 %), Chironomidae (16.68 %), Gammaridae (7.84), Valvatidae (6.16 %), Naididae (5.30 %), Asellidae (3.73 %), Physidae (3.48 %), Dreissenidae (3.16 %), Baetidae (3.07 %), Simuliidae (1.70 %), Erpobdellidae (1.69%) and Lymnaeidae (1.32 %), respectively. The highest dissolved oxygen value was measured in the Sobran Stream with an average of 11.3 mg/L. Detection of Caenidae from Ephemeroptera and Hydropsychidae from Trichoptera with low tolerance to pollution and results of the Canonical Correspondence Analysis in this station shows that dissolved oxygen concentration is effective on the distribution of taxa determined in the basin. At the same time, this station has the highest BMWP (64) and Shannon (2.22) values.

**Keywords:** Zoobenthic community, Water quality, Porsuk Stream, Eskişehir

## Giriş

Doğal kaynakların ve biyolojik çeşitliliğin korunması ve ayrıca sürdürülebilir yönetimi, dünya gündeminde önceliği giderek artan bir konudur. Genetik çeşitliliğin, ekosistem, tür ve proses çeşitliliği ile birlikte devamlılığının sağlanması ve korunması, gelecek nesiller için oldukça önemli bir konudur (Eken vd., 2006). Bir ekosistemin işlevini yerine getirebilmesi ve sistemdeki tüm anahtar birimlerin çalışabilmesi, biyoçeşitliliğin orta veya yüksek seviyelerde sürdürülmesi ile sağlanmaktadır. Ayrıca çeşitlilik, ekosistemin kendi kendini yenileyebilmesinin ve baskılara karşı koyabilmesinin de bir güvencesidir (Odum ve Barrett, 2008). Türkiye, Palearktik bölge içerisinde biyoçeşitliliği yüksek olan ülkeler arasındadır. Türkiye, eski dünya kıtaları arasında köprü görevi görmüş ve son 2 milyon yıl içinde meydana gelen buzul çağlarında birçok canlı tarafından sığınak olarak kullanılmış ve şimdiki biyoçeşitliliğine kavuşmuştur (Şekercioğlu vd., 2011). Türkiye'nin topografik yapısı farklı olduğu ve özellikle kısa mesafelerde ekolojik faktörleri çok farklı ortamlar içerdiği için, çok farklı canlı gruplarını barındırma özelliğine sahiptir (Demirsoy, 1996). Türkiye sucul ekosistemler bakımından oldukça zengin bir ülke olmakla birlikte 25 su havzasına sahiptir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

Sucul sistemlerde yaşayan bentik makroomurgasız grupları, biyolojik zenginliğimizin büyük kısmını oluşturmaktadır. Ancak sucul ekosistemler ciddi şekilde antropojenik kaynaklı kirliliğe maruz kalmakta ve birçok bentik makroomurgasız grubu daha varlığı dahi tespit edilemeden yok olup gitmektedir. Ekosistem değerlendirmelerinde kullanılan kirlilik ve çeşitlilik indeksleri, biyolojik değişken olarak kullanımlarının kolay olması nedeniyle çoğunlukla 5 biyolojik bileşen (diatom, plankton, makrofit, makroomurgasız ve balık) ile yapılmaktadır (Kazancı vd., 1997). Makroomurgasızlar, bu bileşenlerin içinde en kalabalık ve heterojen gruptur. Gerek birey sayısı gerekse tür çeşitliliği diğer bileşenlerden çok daha yüksektir. Ayrıca zoobentik komünite üyelerinin tür bazında ekolojik istek ve değişen çevre koşullarına karşı tolerans sınırları farklı olduğundan buldukları ekosistemin canlı hafızaları olarak işlev görürler. Bu yüzden yüzey suları izleme ve kalite değerlendirmelerinde biyoindikatör olarak kullanılırlar (Demir, 2020).

Porsuk Çayı, Türkiye'nin büyük nehirlerinden biri olan Sakarya Nehri'ni besleyen en önemli koludur. Porsuk Çayı bazı önemli yerleşim (Eskişehir ve Kütahya gibi) yerlerinden geçerken gerek endüstriyel gerekse evsel atıklarla kirlenebilmektedir. Bu kirliliğin en önemli etkisi, başta sucul ortamda yaşayan ve balıkların besinini oluşturan zoobentik grupların yaşam ve dağılım alanları kısıtlaması şeklinde gözlemlene-

bilmektedir. Bu ise henüz varlığından dahi haberdar olamadığımız bazı taksonomik grupların yok olması anlamına gelmektedir. Belirli bir bölgede bazı canlı grupların bulunması veya bulunmaması bize su kirliliği ve boyutları hakkında ekolojik bilgiler verebilir. Çünkü yüzey sularının fizikokimyasal parametreleri (sıcaklık, pH, bulanıklık, çözünmüş oksijen, nitrat, nitrit ve amonyum azotu, fosfor vb.) uzun dönemler boyunca günlük ölçülmedikçe, sudaki kalıcı değişiklikleri yansıtmaz, anlık değişimleri verir. Hâlbuki aynı suda yaşayan zoobentik komünite üyelerinin varlığı veya yokluğu (özellikle de daha önceden varlığı biliniyor de güncel olarak aynı bölgede tespit edilemeyen) ise bize uzun süreli değişimleri gösterir.

Bu bakış açısı ile bu araştırmada, daha önce yapılan bazı çalışmalar (Arslan ve İlhan, 2010; Kırkağaç vd., 2011; Köse vd., 2015; Köse vd. 2016; Arslan ve Mercan, 2020) ile bilinen ve var olan Porsuk Çayı'nın kirliliğinin, havzadaki euryo-stenök taksonların dağılışı üzerine olası etkileri araştırılmıştır. Böylece, kirliliğin yaşayan doğal sistemler olarak bilinen tatlı su zoobentik canlıları üzerine olası etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

### Çalışma Alanı

Porsuk Çayı, Sakarya Havzası Porsuk Alt Havzası'nda yer almaktadır. Sakarya Havzası Türkiye yüzölçümünün 1/8'ini oluşturmaktadır. Porsuk Alt Havzası da 1.082.500 ha alanı kaplamaktadır. Porsuk Alt Havzası, kuzeybatı Anadolu'da 38°44'-39°99' kuzey enlemleri ile 29°38'-31°59' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Porsuk Çayı 448 km uzunluğu ve 1.082.519 ha'lık drenaj alanı büyüklüğü ile Sakarya Nehri'nin en uzun koludur (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Sakarya Nehri 810 km uzunluğu ile Türkiye'nin en uzun üçüncü nehridir. Nehir Eskişehir ili Çifteler ilçesinde Sakarbaşı bölgesinden doğar ve birçok dere ile beslenerek kuzey yönüne akıp Karasu Bölgesi'nde denize dökülmektedir (Işık vd., 2008).

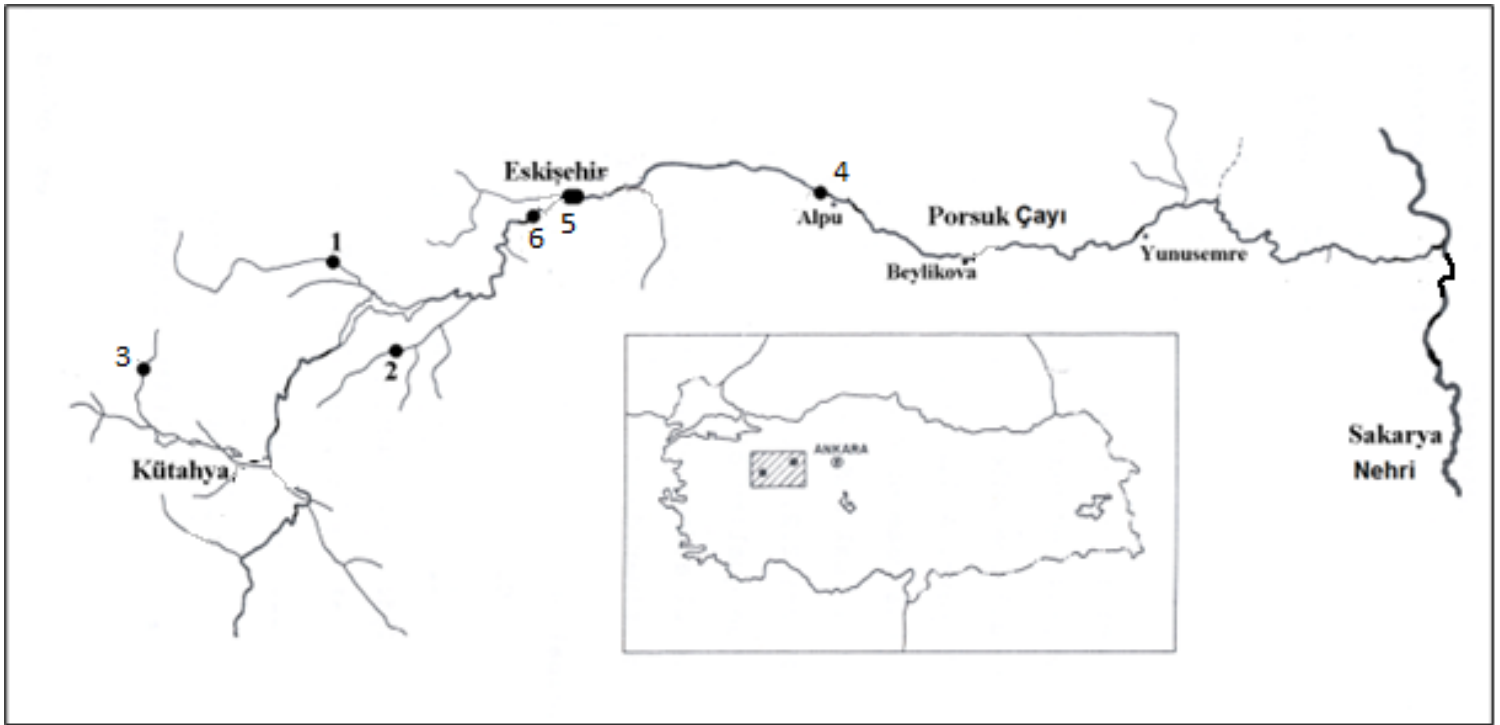
### Örneklerin Toplanması ve Teşhisi

Porsuk Çayı'nda 2020-2021 tarihleri arasında 6 istasyondan zoobentik örnekler dört mevsimi yansıtabilecek şekilde el kepçesi kullanılarak toplanmıştır (Şekil 1). Toplanan materyal elenerek %70'lik alkol ile fikse edilmiş ve laboratuvara getirilmiştir. Örnek alımı esnasında suyun bazı parametreleri de (sıcaklık (°C), çözünmüş oksijen (mg/L), pH) arazide Hach Lange marka cihaz ile *in situ* olarak ölçülmüş, Biyolojik Ok-

sijen İhtiyacı (BOI5) ise laboratuvara getirilen su örneklerinden Enotek marka cihaz ile analiz edilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler Zeiss marka stereomikroskop altında ayıklanmış, her bir takson familya düzeyine kadar teşhis edilmiş, daha sonra sayılarak her taksonomik grup ayrı ayrı %70'lik alkol içeren flakonlarda etiketlenerek saklanmıştır. Zoobentik örneklerin teşhisinde Macan (1965; 1977; 1979), Kruse ve Pritchard (1982), Brinkhust (1986), Nilsson (1996), Mandaville (2002), ve Boucherd (2004) teşhis anahtarları kullanılmıştır. Teşhis edilen örnekler Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Laboratuvarı'nda muhafaza altına alınmıştır.

### Verilerin Hesaplanması

Familyaların istasyonlardaki baskınlık değerlerini hesaplamak için;  $D = n / N \times 100$  (n=bir türün istasyondaki birey sayısı; N= istasyondaki toplam birey sayısı) formülü kullanılmıştır (Bellan-Santini, 1969). Biyotik indekslerden BMWP (İspanyol versiyonu) ve ASPT indeksleri ve çeşitlilik indekslerinden Shannon-Wiener, Margalef, Simpson ve Evenness indeksleri su kalitesi parametrelerinin zoobentik gruplar üzerine etkisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. İndeksler ASTERICS 3.1 programı kullanılarak hesaplanmıştır (AQEM Consortium 2002). Zoobentik komünite ile çevresel parametreler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Past programı kullanılarak Kanonik Uyum Analizi (CCA) yapılmıştır (Hammer vd., 2001).



(1. ist: Sobran Deresi; 2. ist: Sabuncupınar Deresi; 3. ist: Enne Çayı; 4. ist: Porsuk Çayı; 5. ist: Regülatör; 6. ist: Fidanlık)

**Şekil 1.** Porsuk Çayı'nda örnekleme yapılan istasyonlar (Çabuk vd., 2004'ten revize edilmiştir)

**Figure 1.** Map of sampling stations in Porsuk Stream (revised from Çabuk et al., 2004)

## Bulgular ve Tartışma

Porsuk Çayı'nın zoobentik faunasına ait; Gastropoda sınıfından 4, Bivalvia sınıfından 1, Clitellata sınıfından 3, Insecta sınıfından 22 familya olmak üzere toplam 30 familya tespit edilmiştir (Tablo 1). Porsuk Çayı'nda tespit edilen zoobentik taksonların dominansi değerleri ve suda ölçülen bazı parametrelerin minimum-maksimum ve ortalama değerleri Tablo

1'de verilmiştir. Porsuk Çayı'nda 6 istasyonda gerçekleştirilen çalışmada yüzey sularında oldukça sık rastlanılan ve toleranslı bireyleri içeren Chironomidae ve Oligochaeta bireylerinin baskın olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Porsuk Çayı'nda ölçülen bazı su parametrelerine ve tespit edilen zoobentik taksonların dominansi değerlerine göre dört mevsim genelinde minimum-maksimum ve ortalama değerleri

**Table 1.** The minimum-maximum and average values according to the some water parameters measured in Porsuk Stream and the dominance values of the determined zoobenthic taxa.

	Sobran Deresi	Sabuncupınar Deresi	Enne Çayı	Porsuk Çayı	Regülatör	Fidanlık
Parametre	min-mak (ort)	min-mak (ort)	min-mak (ort)	min-mak (ort)	min-mak (ort)	min-mak (ort)
Sıcaklık (°C)	5.9-13.6 (9.6)	8.5-16.5 (13.0)	11.9-19.0 (15.7)	8.4-12.9 (10.8)	5.7-11.6 (9.6)	5.5-13.1 (9.7)
pH	8.2-8.5 (8.3)	7.5-7.7 (7.6)	7.4-7.8 (7.6)	7.2-7.5 (7.4)	7.9-8.2 (8.1)	8.1-8.5 (8.3)
Su Kalite Sınıfı	I-I (I)	I-I (I)	I-I (I)	I-I (I)	I-I (I)	I-I (I)
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8.7-13.4 (11.3)	4.6-8.2 (7.1)	5.0-8.9 (7.3)	4.7-5.6 (5.0)	3.0-7.5 (5.1)	4.7-6.4 (5.3)
Su Kalite Sınıfı	I-I (I)	III-I (II)	III-I (II)	III-III (III)	III-II (III)	III-II (III)
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/L)	1.3-3.0 (1.8)	2.9-5.0 (3.9)	3.0-5.6 (3.8)	2.0-18.0 (9.5)	5.0-11.0 (7.4)	3.0-9.4 (5.1)
Su Kalite Sınıfı	I-I (I)	I-II (I)	I-II (I)	I-III (III)	II-III (II)	I-III (II)
<b>Takson</b>						
<b>Şube: Mollusca</b>						
<b>Sınıf: Gastropoda</b>						
<b>Altsınıf: Pulmonata</b>						
Lymnaeidae	-	1.00-12.42 (7.36)	-	0.59-1.70 (1.27)	-	-
Physidae	0.60-11.83 (5.46)	-	12.83-18.44 (15.21)	-	0.00-1.64 (0.65)	0.00-0.41 (0.16)
<b>Altsınıf: Prosobranchia</b>						
Hydrobiidae	-	1.04-3.94 (2.19)	-	-	-	-
Valvatidae	-	-	15.96-47.91 (34.14)	0.46-2.99 (1.62)	0.00-1.64 (0.65)	-
<b>Sınıf: Bivalvia</b>						
Dreissenidae	0.00-2.37 (0.82)	-	9.22-22.64 (15.20)	0.00-2.74 (1.08)	-	0.00-0.60 (0.25)
<b>Şube: Annelida</b>						
<b>Sınıf: Clitellata</b>						
<b>Oligochaeta</b>						
Naididae	3.01-7.34 (4.64)	13.93-20.69 (16.73)	2.09-4.52 (3.22)	0.94-13.29 (5.08)	-	1.62-8.33 (5.07)
Tubificidae	18.06-31.65 (25.40)	16.26-40.48 (27.24)	7.72-29.48 (17.67)	32.56-57.51 (49.09)	60.53-92.58 (74.31)	25.10-81.14 (50.06)
<b>Altsınıf: Hirudinea</b>						
Erpobdellidae	0.00-0.69 (0.29)	0.00-8.87 (2.60)	2.13-9.39 (4.37)	0.86-2.74 (1.49)	0.30-0.82 (0.60)	0.00-0.60 (0.25)
<b>Sınıf: Insecta</b>						
<b>Takım: Ephemeroptera</b>						

Baetidae	3.61-9.03 (6.43)	2.77-5.23 (3.98)	0.00-3.83 (2.16)	-	0.59-2.91 (1.99)	0.41-13.79 (5.30)
Caenidae	1.20-3.47 (2.33)	-	-	-	-	-
Ephemereididae	-	0.00-0.65 (0.29)	-	0.00-0.57 (0.18)	-	-
Ephemeridae	-	-	0.00-0.17 (0.08)	-	-	-
<b>Takım: Odonata</b>						
Calopterygidae	0.00-3.67 (1.07)	-	-	-	-	-
Libellulidae	-	-	-	0.00-1.15 (0.37)	-	-
Coenagrionidae	-	-	-	-	-	0.00-2.38 (1.10)
<b>Takım: Hemiptera</b>						
Gerridae	0.00-0.69 (0.29)	-	-	-	-	-
<b>Takım: Coleoptera</b>						
Empididae	0.00-0.69 (0.29)	-	-	-	-	-
Haliplidae	-	-	-	0.00-2.29 (0.61)	-	-
Dytiscidae	0.00-13.61 (4.16)	-	0.00-0.17 (0.08)	-	-	0.00-4.76 (1.19)
Dryopidae	0.00-0.69 (0.29)	-	-	-	0.00-0.59 (0.27)	0.00-1.19 (0.38)
Psephenidae	-	-	-	-	-	0.00-0.41 (0.10)
<b>Takım: Diptera</b>						
Chironomidae	15.97-27.11 (22.21)	1.49-28.10 (16.14)	0.35-13.48 (7.17)	26.65-41.86 (35.29)	3.86-9.43 (6.19)	4.73-33.14 (14.17)
Simuliidae	0.00-25.69 (9.28)	-	0.00-0.17 (0.08)	-	0.00-1.12 (0.28)	0.00-4.76 (2.34)
Ceratopogonidae	0.00-0.60 (0.30)	0.00-0.50 (0.25)	-	-	0.00-4.92 (1.80)	0.00-0.60 (0.20)
Tabanidae	0.00-0.69 (0.29)	0.00-1.49 (0.37)	-	-	0.00-0.84 (0.21)	-
Tipulidae	-	-	-	-	0.00-1.23 (0.31)	-
<b>Takım: Trichoptera</b>						
Psychomyiidae	-	-	-	-	0.00-0.82 (0.35)	-
Hydropsychidae	0.60-3.67 (2.23)	0.00-0.50 (0.25)	-	0.00-0.57 (0.18)	-	0.00-2.38 (1.02)
<b>Altşube: Crustacea</b>						
<b>Sınıf: Malacostraca</b>						
<b>Takım: Isopoda</b>						
Asellidae	-	10.73-47.76 (22.61)	0.15-1.31 (0.54)	-	0.00-0.56 (0.26)	-
<b>Takım: Amphipoda</b>						
Gammaridae	0.59-25.90 (14.23)	-	0.00-0.17 (0.08)	1.56-5.44 (3.74)	1.78-27.36 (12.14)	4.96-40.95 (18.41)

Ortalama bolluk değerlerine göre Porsuk Çayı zoobentozunda baskın gruplar; Tubificidae (%41.90), Chironomidae (%16.68), Gammaridae (7.84), Valvatidae (%6.16), Naididae (%5.30), Asellidae (%3.73), Physidae (%3.48), Dreissenidae (%3.16), Baetidae (%3.07), Simuliidae (%1.70), Erpobdellidae (%1.69) ve Lymnaeidae (%1.32) şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 2). Baskınlık değeri %1' in altında olan gruplar ise diğer olarak alınmıştır (Diğer; Hydrobiidae, Caenidae, Ephemereididae, Ephemeridae, Calopterygidae, Libellulidae, Coenagrionidae, Gerridae, Empididae, Haliplidae, Dytiscidae, Dryopidae, Psephenidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Tipulidae, Psychomyiidae and Hydropsychidae).

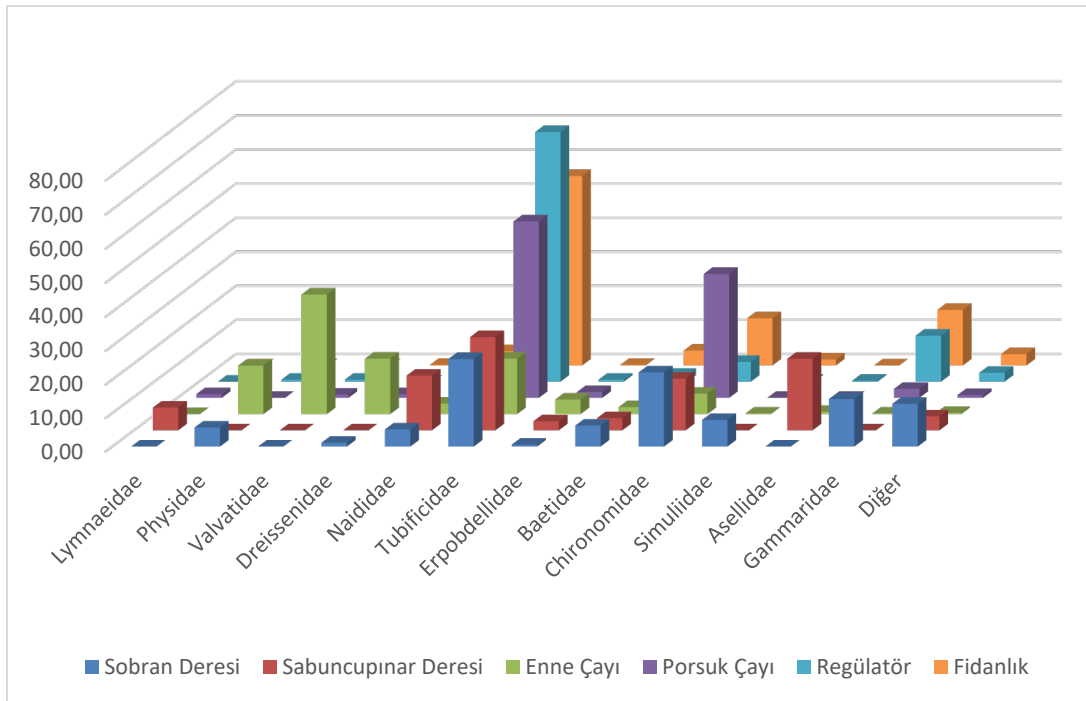
Her istasyonda tespit edilen Tubificidae, Erpobdellidae ve Chironomidae familyalarının %100 frekans değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Clitellata sınıfından Tubificidae ve Erpobdellidae ve Insecta sınıfından Chironomidae bireylerinin (stenök olan az sayıdaki bazı türleri haricinde) oldukça farklı habitatlara uyum sağlayabildikleri, suyun kuruması durumunda bile hayatta kalabildikleri, lağım sularında da yaşayabildikleri bilinmektedir (Brinkhurst, 1986; Şahin, 1991). Kanonik Uyum Analizi, zoobentik komünite ile çevresel parametreler arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Çözünmüş oksijen ve pH çevresel parametrelerinin zoobentik komünite

üzerine negatif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Çözünmüş oksijen parametresi Naididae, Hydrobiidae, Asellidae, Hydropsychidae, Caenidae ve Physidae familyalarının dağılışı üzerine negatif etkiye sahipken Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ5) Chironomidae, Tubificidae, Ceratopogonidae, Psephenidae, Coenagrionidae, Psychomyiidae, Tipulidae familyalarının dağılışı üzerine pozitif etkiye sahiptir (Şekil 3).

Tablo 1’de de görüldüğü üzere çözülmüş oksijen değerlerinin düşük olduğu Porsuk Çayı, Regülatör ve Fidanlık istasyonlarında Tubificidae bireylerinin yoğunluğu (sırasıyla %49,09, %74,31 ve %50,06) dikkat çekicidir. Benzer durum Porsuk Çayı istasyonunda %36,58 baskınlık oranı ile Chironomidae familyası için geçerlidir. Havzada bu iki grubun bariz bir şekilde baskın olması, havzanın baskı altında olduğunu, çevresel değişikliklerden olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir. Nispeten daha temiz sularda yaşayan türleri içeren Ephemeroptera ve Trichoptera taksonlarına ait familyaların bolluk değerleri az da olsa havzada bulunması, kirliliğe bağlı muhtemel fauna kompozisyonunun değiştiği fikrini akla getirmektedir. En yüksek çözülmüş oksijen değeri ortalama 11.3 mg/L değeri ile Sobran Deresi’nde ölçülmüştür. Bu istasyonda Ephemeroptera takımından Caenidae ve Trichoptera takımından Hydropsychidae familyalarının tespit edilmesi, havzada tespit edilen taksonların dağılışına çözülmüş oksijen konsantrasyonun etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 3). EPT (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera)

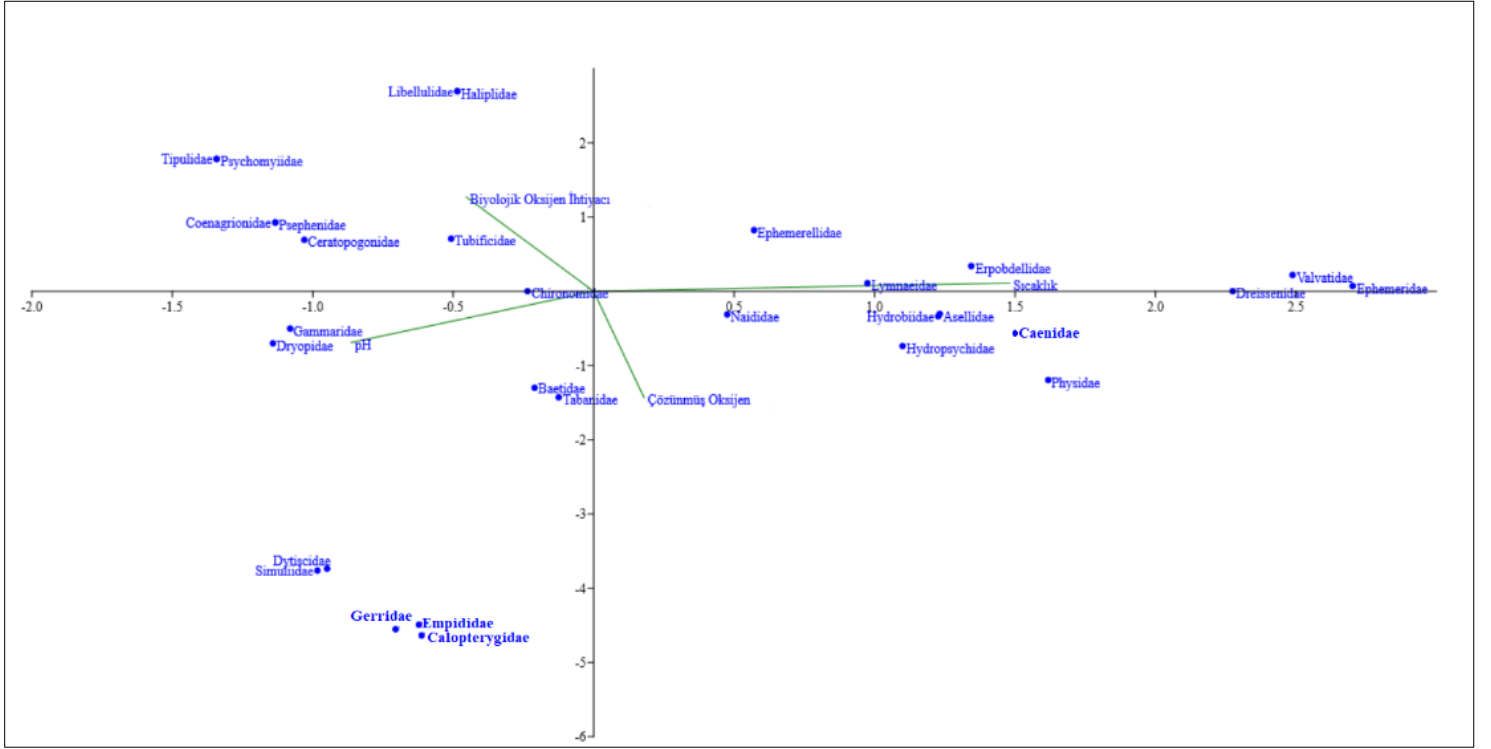
grubu taksonlar su kütlesindeki kirleticilere karşı diğer gruplara göre daha hassastırlar ve bu nedenle özellikle bu grubun üyeleri su kalitesini belirlemede önemli biyolojik indikatörlerdir. Çoğu kez akarsu yakınındaki aktif antropojenik aktiviteler EPT grubunun bolluğu ve çeşitliliği üzerinde etkiye sahiptir (Wan Hafezul vd., 2016). EPT içinde Plecoptera taksonları su kalitesi değişimlerine karşı en hassas olan gruptur. EPT türlerinin varlığı, habitatteki parametrelerin türlerin tolerans sınırları içinde olduğunu gösterir. Plecoptera dışında, Trichoptera larvaları ve Ephemeroptera nimfleri de sucul sistemlerin kalitesini ve ekolojik değişimleri belirlemede uygun biyoidikatörlerdir (Karr, 1991; Rosenberg ve Resh, 1993). Çünkü EPT grubunun çoğu cinsi tatlı suların sadece iyi su kalitesine sahip noktalarında yaşayabilirler (Chapman, 1996; Azrina vd., 2006; Suhaila vd., 2014; Suhaila ve Che Salmah, 2014) ve dağılımları bir dizi çevresel faktöre toleransları ile sınırlandırılır (Dudgeon, 1984; Suhaila ve Che Salmah, 2017). Örneklem noktalarında Plecoptera grubu üyelerinin tespit edilmemesi ancak Ephemeroptera ve Trichoptera taksonlarının sınırlı sayıda da olsa tespit edilmesi su kalitesi bakımından bir değişimin olduğunu göstermektedir.

Havzadaki sıcaklık değerleri mevsim normallerine göre seyretmiş, havzada ortalama sıcaklık değerleri 5.5-19 °C arasında değişmiştir. pH değerleri açısından bakıldığında ise 7.2 ile 8.5 arasında değişmiştir. BOİ5 değerleri ise çözülmüş oksijen değerleri ile uyumludur (Şekil 4).



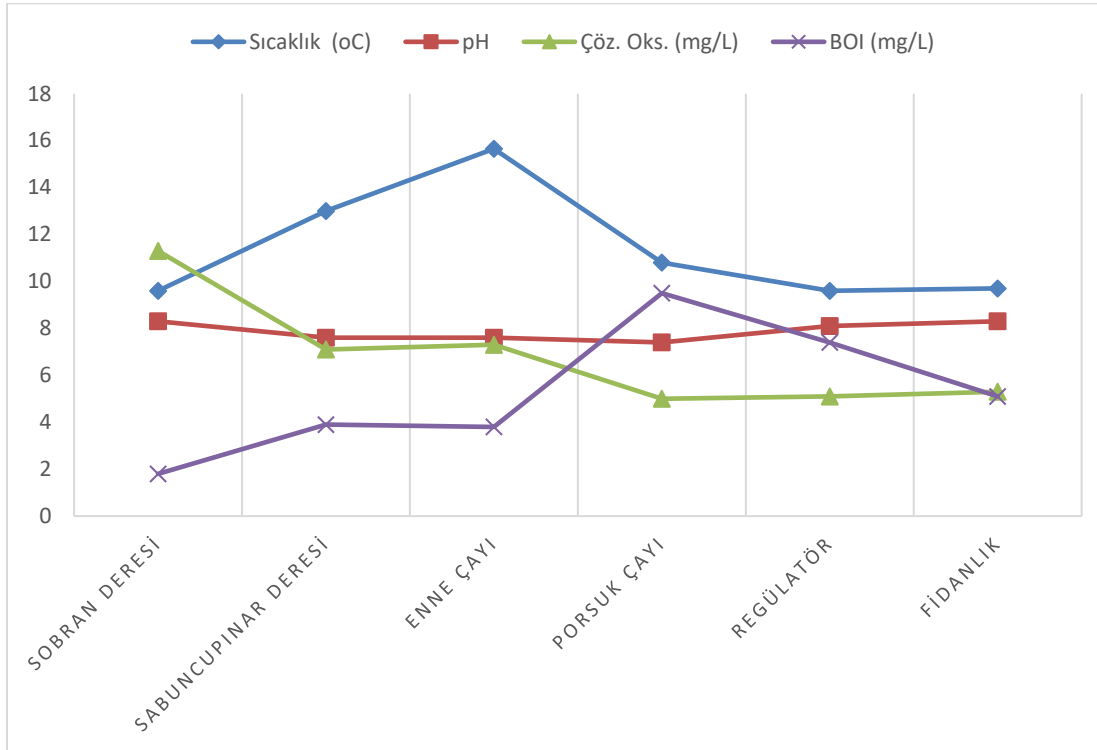
Şekil 2. Porsuk Çayı istasyonlarında tespit edilen zoobentik komünitenin ortalama bolluk değerleri

Figure 2. Average abundance values of identified zoobenthic communities in the Porsuk Stream



Şekil 3. Zoobentik komünite ile çevresel parametreler arasındaki ilişkiyi gösterir CCA analizi grafiği

Figure 3. Dendrogram of CCA analysis showing the relationship between of the zoobenthic community and environmental parameters



Şekil 4. Porsuk Çayı'nda istasyonlarda ölçülen bazı parametrelerin ortalama değerleri

Figure 4. Average values of the some measured parameters in stations of Porsuk Stream

**Tablo 2.** Porsuk Çayı'nda araştırılan istasyonların indeks değerleri**Table 2.** Indices values of studied stations in Porsuk Stream

Metrikler / İstasyonlar	Sobran Deresi	Sabuncupınar Deresi	Enne Çayı	Porsuk Çayı	Regülatör	Fidanlık
Takson sayısı	18.00	12.00	13.00	12.00	14.00	15.00
Birey Sayısı	180.00	216.00	574.00	812.00	338.00	570.00
BMWP değeri	64.00	39.00	43.00	42.00	56.00	47.00
ASPT değeri	4.00	3.55	3.91	4.20	4.00	3.92
Shannon-Wiener İndeks	2.22	1.87	1.82	1.18	1.00	1.44
Simpson-İndeks	0.86	0.82	0.79	0.60	0.44	0.64
Margalef İndeks	3.27	2.05	1.89	1.64	2.23	2.21
Evenness	0.77	0.75	0.71	0.47	0.38	0.53

## Sonuç

Sonuç olarak; Chironomidae ve Oligochaeta, evsel atıkların nehirlerle deşarj olduğu polisaprobik ve alfa-mezosaprobik akarsu zonlarında bulunan taksonlardır, ayrıca Chironomidae larvaları ile Oligochaeta bireyleri sınıf IV ve sınıf III akarsu zonlarının indikatörü olarak görülmektedir (Raczynska vd., 2000). Havzada bu iki grubun baskın olması kirletici baskısı ile ilişkilendirilebilir. Özellikle de Oligochaeta üyelerinin euryök formlar olduğu, lağım sularında dahi yaşayabildikleri bilinmektedir (Brinkhurst, 1986). Havzada %47.2 oranında Oligochaeta baskınlığı, kirliliğin boyutlarını göstermektedir. Her iki grupta sahip oldukları hemoglobin ve bazı euryök türlerde görülen solungaç yapısı ve yüzeysel epitel solunumu yapabilmeleri sayesinde düşük çözünmüş oksijen içeren ortamlarda hayatta kalabilmeleri en büyük avantajları oldukları bilinmektedir. Genel olarak havzadaki çözünmüş oksijen değerlerine bakıldığında (Şekil 4) 5.0 mg/L ile 11.3 mg/L arasında değiştiği görülmektedir. Her ne kadar çözünmüş oksijen konsantrasyonu, mevsimlere, suyun sıcaklığına, akış hızına ve rüzgâr durumuna bağlı olarak değişse de havza genelinde düşüktür. Sudaki çözünmüş oksijen bütün aerobik canlıların metabolizması için temel öneme sahiptir. İç sulardaki oksijen çözünürlüğü ve özellikle de oksijen dağılımı, sucul canlıların büyüme, davranış ve dağılımını etkileyen ana faktördür (Wetzel, 2001). Sucul sistemlerdeki oksijen, alglerin ve bitkilerin fotosentezi sonucu üretilirken; bitkilerin, hayvanların ve bakterilerin solunumu, biyolojik oksijen ihtiyacı bozunma süreci, sediment oksijen ihtiyacı ve oksidasyon ile uzaklaştırılır (Radwan vd., 2003; Lin vd., 2006). Yüzey sularında genellikle BOI5 ve çözünmüş oksijen ters orantılı olarak değişmektedir. Bilindiği gibi BOI5 aerob bakteriler tarafından 22 °C de 5 günde organik materyalin parçalanması için harcanan oksijen miktarıdır. BOI değerinin yüksek olması ortamdaki organik madde miktarındaki artışı işaret etmektedir. En yüksek BOI değerinin ise 4 no'lu istasyon olan Porsuk

Çayı'nda tespit edildiği ve çözünmüş oksijen değerinin düşük olduğu görülmektedir. Bu istasyon Alpu ilçesi sınırlarında olup küçük ve büyükbaş hayvan besiciliği ve tarım yapılan bölge içindedir. Bu istasyonda Chironomidae ve Tubificidae popülasyon yoğunluğu dikkat çekicidir. Ayrıca araştırma alanındaki en düşük BMWP (42) ve Shannon çeşitlilik indeksi (1,18) değerlerine sahip istasyonlarından biridir. Bu durum bölge içindeki su kaynaklarında organik materyalin artmasının bir sebebi olarak değerlendirilebilir. İkinci en yüksek BOI5 değeri Eskişehir il sınırları içinde Kütahya yolu üzerinde bulunan Regülatör piknik alanı içinde yer almaktadır. Bu bölgede aynı zamanda bir restoran da bulunmakta, alan il halkı tarafından yaz aylarında piknik alanı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. İl yönetimi tarafından her ne kadar çevre ve su temizliğine özen gösterilerek korunmaya çalışılsa da su analizleri ve zoobentik komünite yapısı ciddi boyutta sinyal vermektedir. Belki de bölgedeki piknik alanı ile ilgili daha yüksek boyutta önlemlerin alınması, mangal yakılmasının önlenmesi bazı faaliyetlerin yasaklanması gerekebilir.

Havzada baskın olan bir diğer grup ise %7,84 baskınlık oranı ile Gammaridae'dir. Gammaridae familyası bireylerinin genellikle alfa-mezosaprobik ve beta-mezosaprobik zonlarda bulunduğu, özellikle de alfa-mezosaprobik zonlarda bol miktarda bulunabildikleri bilinmektedir (Sporka, 2006). Genel olarak değerlendirildiğinde havzadaki su kalite değerlerinin özellikle de çözünmüş oksijen miktarının fauna kompozisyonu üzerine etkili olduğu görülmektedir.

Porsuk Çayı üzerinde 1970 yılından bu yana su kalitesini çevresel parametreler ile belirlemek amacıyla birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve Porsuk Çayı'nın yoğun bir şekilde kirlilik baskısı altında olup, evsel ve endüstriyel atıklarla su kalitesinin bozulmaya devam ettiği tespit edilmiştir (Öngel ve Ağaçık, 1970; Ağaçık, 1971; 1974; Türkman ve Dirik, 1974; DSİ, 1975; Özbek, 1976; Dirik, 1977; Atıcı, 1997; Özyurt



vd., 2004; Gürel, 2011; Arslan ve İlhan, 2010; Köse vd., 2015; Köse vd. 2016). Bahsi geçen çalışmalar su kalitesini çevresel parametreler ile belirlemeye yöneliktir. Ancak son yıllarda sucul sistemlerin uzun süreli izlenmelerinde makro-omurgasız gruplarını temel alan biyotik indeksler kullanılmakta ve daha etkili sonuçlar elde edildiği rapor edilmektedir (Kökmen vd., 2007; Kalyoncu ve Zeybek, 2011; Zeybek vd., 2014; Yorulmaz vd., 2015; Arslan vd., 2016; Kazancı vd., 2016). Bu çalışmada biyotik ve çeşitlilik indeksleri ile çevresel parametreler bir arada kullanılarak Porsuk Çayı'nda belirlenen bazı su kalitesi parametrelerinin zoobentik komünite üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu açıdan diğer çalışmalardan farklılık arz etmektedir.

Arslan ve İlhan tarafından 2010 yılında Porsuk Çayı'nda Oligochaeta dağılımları ve çevresel değişkenler incelenmiştir. Çalışmada çözünmüş oksijen bakımından en yüksek istasyon, bu çalışmada da yer alan Sobran Deresi olarak belirlenmiştir. Sobran Deresi'nin Porsuk Çayı'na giriş noktasında olduğu ve bu nedenle endüstriyel kirlilikten etkilenmediği bildirilmiştir. Ayrıca çözünmüş oksijen ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerine göre de Enne Çayı, Yenibosna ve Sabuncupınar Deresi istasyonlarının aşırı derecede organik kirliliğe maruz kaldığı vurgulanmıştır. Çevresel parametrelerin yanı sıra kirliliğe toleransı yüksek bireyler içeren Oligochaeta taksonları da tür seviyesinde tespit edilmiş ve 26 tür teşhis edilmiştir. Çalışmada, çevresel parametrelerden pH, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı ve nitrat seviyelerinin Oligochaeta taksonlarının bolluğu ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Arslan ve İlhan, 2010). Bu çalışmada da en yüksek çeşitliliğe ve çözünmüş oksijen değerine Sobran Deresi'nin sahip olduğu ve istasyonda kirliliğe toleransı düşük olan taksonların varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca Sabuncupınar istasyonu havzadaki en düşük BMWP değerine sahip istasyondur ve alanda kirliliğe toleransı yüksek Tubificidae, Chironomidae ve Asellidae familyalarının (Henderson ve Christian, 2022) baskınlığı mevcuttur. Bu da daha önce alanda rapor edilen kirliliğin devam ettiğini göstermektedir. Elde edilen veriler ışığında, havzada tespit edilen taksonların dağılımına çözünmüş oksijen konsantrasyonunun negatif yönde etkili olduğu da söylenebilir (Şekil 3). Kırkağaç vd. tarafından Porsuk Çayı'nın Eskişehir merkezinde belirlenen 5 istasyonda gerçekleştirilen çalışmada sadece Köprübaşı ve Salhane istasyonlarında makro-omurgasız tespit edildiği rapor edilmiş ve genel olarak organik kirliliğe toleranslı Erpobdellidae, Oligochaeta ve Gastropoda takımı bireylerinin varlığından söz edilerek Porsuk Çayı'nın makro-omurgasızlar açısından kirli sular (4. sınıf) sınıfına girdiği bildirilmiştir (Kırkağaç vd., 2011). Bu çalışmada bahsi geçen istasyonlar yer almamasına rağmen Porsuk Çayı'nın yerleşim yerlerinden geçen noktalarında antropojenik etkiye bağlı kirlenmelerin olduğu barizdir.

Arslan ve Mercan tarafından Yukarı Sakarya Havzası'nda gerçekleştirilen başka bir çalışmada 1995-2015 yılları arasında makro-omurgasız komünite yapı değişikliği irdelenmiştir (Arslan ve Mercan, 2020). Yukarı Sakarya Havzası'nda çalışılan 13 istasyondan Porsuk Çayı, Enne Çayı ve Regülatör istasyonları bu çalışma ile ortak istasyonlardır. Çalışmada, 1995-2015 yılları arasında Porsuk Çayı ve Enne Çayı'nda Naidine-Tubificine baskınlığının yüksek olduğu ve havza genelinde en düşük su kalitesine sahip olan istasyonlar olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada da özellikle Porsuk Çayı istasyonunda Chironomidae ve Tubificidae bireylerinin baskınlığı dikkat çekicidir. Ayrıca havzadaki en düşük BMWP (42.00) ve Shannon çeşitlilik indeksi (1.18) değerlerine sahip istasyonlarından biridir. Enne Çayı ise bir diğer düşük BMWP değerine (43.00) sahip istasyon olmakla beraber tolerans

Elde edilen veriler ışığında; Porsuk Çayı'nda tespit edilen zoobentik komünite ve ölçülen çevresel parametreler birlikte değerlendirildiğinde taksonomik grupların dağılımında özellikle çözünmüş oksijen parametresinin etkili olduğu görülmektedir. Örnekleme istasyonlarından özellikle antropojenik kaynaklı baskıların mevcut olduğu noktalarda (Porsuk Çayı, Regülatör ve Fidanlık) kirliliğe toleransı yüksek Chironomidae ve Tubificidae bireylerinin baskın olduğu görülmektedir. Kirliliğe toleransı düşük olan EPT grubu bireylerinin ise sınırlı sayıda istasyonda düşük dominansilerde tespit edildiği hatta hassas türler içeren Plecoptera grubu üyelerinin hiç tespit edilmediği belirlenmiştir. Çalışma alanlarından özellikle yerleşim bölgelerine yakın noktalarda kirliliğin mevcut olduğu ve gerekli önlemler alınmazsa ciddi boyutlara ulaşacağı bariz şekilde görülmektedir.

#### **Etik Standartlar ile Uyumluluk**

**Çıkar çatışması:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik kurul izni:** Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektirmemektedir.

**Finansal destek:** -

**Teşekkür:** Çalışmanın planlanması ve yazımı aşamasında değerli görüşlerini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Naime Arslan'a teşekkür ederim.

**Açıklama:** -

## Kaynaklar

**Ağacık, G. (1971).** Porsuk Çayına karışan tekstil fabrikası atık sularının kimyasal kontrolü ve tavsiyesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No: 525, 19 s.

**Ağacık, G. (1974).** Porsuk Barajının Kütahya azot fabrikası atıklarıyla kirlenmesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No: 575, 20 s.

**AQEM Consortium. (2002).** Manual for the Application of the AQEM System. A Comprehensive Method to Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, Developed for the Purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0.

**Arslan, N., İlhan, S. (2010).** Distribution and abundance of Oligochaeta (Annelida) species and environmental variables of Porsuk Stream (Sakarya River, Turkey). *Review of Hydrobiology*, 3(1), 51-63.

**Arslan, N., Mercan, D. (2020).** Long-term macrobenthic community structure changes in the Upper Sakarya River System (1995–2015). *Zoosymposia*, 17, 89-101. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.17.1.10>

**Arslan, N., Salur, A., Kalyoncu, H., Mercan, D., Barışık, B., Odabaşı D.A. (2016).** The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Küçük Menderes River (Turkey). *Biologia*, 71 (1), 49-57. <https://doi.org/10.1515/biolog-2016-0005>

**Atıcı, T. (1997).** Sakarya Nehri kirliliği ve algler. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 24, 28-32.

**Azrina, M.Z., Yap, C.K., Abdul Rahim, I., Ismail, A., Tan, S.G. (2006).** Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 64, 337-347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.04.003>

**Bellan-Santini, D. (1969).** Contribution a l'etude des peuplement infralittorale Sur Substrat rocheuse (Etude qualitative et quantitative de la faune Superiore). *Recherche, France*, 63(47), 9-284.

**Boucher, R.W. Jr. (2004).** *Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest*. University of Minnesota, p.185.

**Brinkhurst, O.R. (1986).** *Guide to the freshwater aquatic Microdrile Oligochaetes of North America*. Department of fisheries and oceans / Ottawa, Pp:259, ISBN-0-660-11924-2.

**Chapman D. (1996).** *Water quality assessments*. New York: Chapman and Hall. <https://doi.org/10.4324/NOE0419216001>

**Çabuk, Y., Arslan, N., Yılmaz, V. (2004).** Species composition and seasonal variations of the Gastropoda in Upper Sakarya River System (Turkey) in relation to water quality. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 32(6), 393-400. <https://doi.org/10.1002/ahch.200300544>

**Çevre ve Orman Bakanlığı (2010).** *Turkey National Basin Management Strategy*. Sector Note. The World Bank Sector Note on Watershed Management

**Demir, T. (2020).** Akdeniz ve Karadeniz Bölgesi münferit suları Ephemeroptera faunası ve karşılaştırılması. ESOGU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 147 p.

**Demirsoy, A. (1996).** *Genel ve Türkiye zoocoğrafyası "hayvan coğrafyası"*. Meteksan A.Ş. Ankara, 630 s.

**Devlet Su İşleri (1975).** Eskişehir ve İnönü Ovaları hidrojeolojik etüt raporu. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Daire Raporu.

**Dirik, M. (1977).** Sakarya Nehri, Porsuk Çayı ve Çarşuyu kirlilik araştırması. DSİ Etüt ve Planlama Dairesi Raporu, 20 s.

**Dudgeon, D. (1984).** Longitudinal and temporal changes in functional organization of the macroinvertebrate communities in the Tsuen River, Hong Kong. *Hydrobiologia* 111, 207-17. <https://doi.org/10.1007/BF00007201>

**Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D.T., Lise, Y. (2006).** *Türkiye'nin önemli doğa alanları*. Doğa Derneği, 79 s.

**Gürel, E. (2011).** Porsuk Çayı su kalitesinin belirlenmesi. ESOGU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82 s.

**Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001).** PAST: Paleontological statistics package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica*, 4(1), 9 pp.

Henderson, N.D., Christian, A.D. (2022). Freshwater invertebrate assemblage composition and water quality assessment of an urban coastal watershed in the context of land-use land-cover and reach-scale physical habitat. *Ecologies*, 3, 376-394. <https://doi.org/10.3390/ecologies3030028>

Kalyoncu, H., Zeybek, M. (2011). An application of different biotic and diversity indices for assessing water quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey). *African Journal of Agricultural Research*, 6(1), 19-27.

Karr, J. (1991). Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecological Applications*, 1, 66-84. <https://doi.org/10.2307/1941848>

Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D. (1997). *Akarsuların çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesinde ve izlenmesinde biyotik indeks yöntemi*. Türkiye İç Suları Araştırma Dizisi: II, İmaj Yayınevi, Ankara, s.100.

Kazancı, N., Türkmen, G., Başören, Ö., Ekingen, P. (2016). TR-BMWP (Turkish-BMWP) biotic index. *Review of Hydrobiology*, 9(2), 147-151.

Kırkağaç, M. U., Demir, N., Topçu, A., Fakioğlu, Ö., Zencir, Ö. (2011). Porsuk Çayı'nda (Eskişehir) sucul makrofitler, zooplankton ve bentik makroomurgasızların incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3(1), 65-72. [https://doi.org/10.1501/Csaum\\_0000000045](https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000045)

Kökmen, S., Arslan, N., Filik, C., Yılmaz, V. (2007). Zoobenthos of Lake Uluabat, a Ramsar site in Turkey, and their relationship with environmental variables. *Clean*, 35(3), 266-274. <https://doi.org/10.1002/clen.200700006>

Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Arslan, N., Emiroğlu, Ö. (2016). Evaluation of surface water quality in Porsuk Stream. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Science and Biotechnology*, 4(2), 81-93. <https://doi.org/10.18036/btde.35567>

Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö. (2015). Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3), 195-204. <https://doi.org/10.2175/106143015X14212658612993>

Kruse, G.O.W., Pritchard, M.H. (1982). *The collection and preservation of animal parasites*. Lincoln and London: University of Nebraska Press.

Lin J., Xiel., Pietrafesa L.J., Shen J., Mallin M.A., Durako M.J. (2006). Dissolved oxygen stratification in two microtidal partially-mixed estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(3), 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.06.032>

Macan, T.T. (1979). *A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera with notes on their ecology*. Scientific Publications of the Freshwater Biological Association, 20, Pp:79.

Macan, T.T. (1977). *A key to the British fresh and brackish water Gastropods*. No: XIII. Freshwater Biological Association Scientific Publication, 46.

Macan, T. T. (1965). *A revised key to the water bugs (Hemiptera-Heteroptera)*. Freshwater Biological Association, 1Sc. Publ. n 16, Ambles~de, Pp:78.

Nilsson, A. (1996). *Aquatic insects of Europe. 1. A taxonomic handbook*. Apollo Books, Stenstrup, Denmark.

Odum, E.P., Barrett, G.W. (2008). *Ekolojinin Temel İlkeleri*. Palme Yayıncılık, Çeviri Editörü; Kani Işık, Ankara. ISBN:0-534-42066-4

Öngel ve Ağacık, G. (1970). Porsuk Çayına karışan endüstri atık sularının kimyasal kontrolü ve Porsuk Çayının Kirlenmesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No, 575, 23 s.

Özbek, T. (1976). Eskişehir Yöresi Jeoloji-Hidrojeoloji Etüdü. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Özyurt, M. S., Dayıoğlu, H., Bingöl, N., Yamık, A. (2004). Porsuk Baraj Havzası'nın Kütahya kökenli kirlilik problemi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, 43-52 s.

Raczynska, M., Zurawska, J.C., Chojnacki, J. (2000). The problem of quality assessment of surface lotic waters as exemplified by rivers Tywa and Rurzyca. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 3(1), 3.

Radwan M., Willems P., El-Sadek A., Berlamont J. (2003). Modelling of dissolved oxygen and biochemical oxygen demand in river water using a detailed and a simplified model. *International Journal of River Basin Management*, 1(2), 97-104.

<https://doi.org/10.1080/15715124.2003.9635196>

Rosenberg D., Resh, V. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York, 488 p.

Sporka, F., Vlek, H.E., Bulankova, E., Krno, I. (2006). Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrate. *Hydrobiologia*, 566, 543-555.

<https://doi.org/10.1007/s10750-006-0073-8>

Suhaila, A.H., Che Salmah, M.R. (2014). Ecology of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) in rivers of Gunung Jerai Forest Reserve: Diversity and distribution of functional feeding groups. *Life Science Tropical Research*, 25(1), 61-73.

Suhaila, A.H., Che Salmah, M.R., Nurul Huda, A. (2014). Seasonal abundance and diversity of aquatic insects in rivers from Gunung Jerai Forest Reserve, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 43(5), 667-674.

Suhaila, A.H., Che Salmah, M.R. (2017). Application of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in water quality assessment of Malaysian Headwater. *Tropical Life Sciences Research*, 28(2), 143-162.

<https://doi.org/10.21315/tlsr2017.28.2.11>

Şahin, Y. (1991). *Türkiye Chironomidae Potamofaunası*. TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-869, Eskişehir, 88 s.

Şekercioğlu, Ç.H., Anderson, S., Akçay, E., Bilgin, R.,

Can, Ö.E., Semiz, G., Tavşanoğlu, Ç., Yokeş, M.B., Soyumert, A., İpekdal, K., Sağlam, İ.K., Yücel, M., Dalfes, H.N. (2011). Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation* 144(12), 2752-2769.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.06.025>

Mandaville, S.M. (2002). *Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters, Taxa Tolerance Values, Metrics and Protocols*. Soil and Water Conservation Society of Mero Halifex.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2022). Sakarya Havzası nehir havza yönetim planı hazırlanması projesi stratejik çevresel değerlendirme kapsam belirleme raporu, 198 s.

Türkman, M., Dirik, M. (1974). Eskişehir içme suyu ile ilgili Su Kalitesi Sorunu. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Daire Raporu.

Wan Mohd Hafezul, W.A.G., Che Salmah, M.R., Suhaila, A.H., Salman, A.S. (2016). Efficiency of different sampling gears for aquatic macroinvertebrates collections in Malaysian streams. *Tropical Life Sciences Research*, 27(1), 115-134.

Wetzel, R.G. (2001). *Limnology, Lake and River Ecosystems*. 3rd edition. Academic Press, San Diego, CA.

Yorulmaz, B., Sukatar, A., Barlas, M. (2015). Comparative analysis of biotic indices for evaluation of water quality of Eşen River in South-West Anatolia, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1a), 188-194.

Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakaş, B., Özgül, S. (2014). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 38(5), 603-613.

<https://doi.org/10.3906/zoo-1310-9>