

Porsuk ayı Su Kalitesinin Belirlenmesi

Engin Gürel

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Biyoloji Anabilim Dalı

Haziran 2011

Determination of Water Quality of Porsuk Stream

Engin Gürel

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Biology

June 2011

Porsuk ayı Su Kalitesinin Belirlenmesi

Engin Gürel

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Hidrobiyoloji Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Naime Arslan

Haziran 2011

## ONAY

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Engin Gürel'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Porsuk Çayı Su Kalitesinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç.Dr. Naime ARSLAN

**İkinci Danışman** :

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Doç.Dr. Naime ARSLAN

**Üye** : Prof.Dr. Veysel YILMAZ

**Üye**: Doç.Dr. Arzu ÇİÇEK

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Ünal ÖZELMAS

**Üye**: Yrd. Doç. Dr. Pınar ÖZTOPÇU VATAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .....tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## Özet

Bu çalışmada Porsuk Çayı'nın su kalitesinin tespiti amacıyla Ocak 2009 – Ekim 2009 tarihleri arasında mevsimsel olarak (Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim) belirlenen 12 istasyondan alınan su örnekleri, fiziksel ve inorganik kimyasal (Sıcaklık, pH, Çözünmüş oksijen, sülfat iyonu, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu), organik (kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam kjeldahl azotu), inorganik (demir, mangan, bor) parametreler açısından incelenmiştir. İncelenen parametreler ayrı ayrı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucu Porsuk Çayı sıcaklık, sülfat ve bor parametreleri açısından I. Sınıf, mangan açısından II. Sınıf, demir açısından III. Sınıf, pH, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, Çözünmüş oksijen, Biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam Kjeldahl Azotu açısından IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Porsuk Çayı, Su kalitesi

## Summary

In this study, it is aimed that determine of water quality of Porsuk Stream between January 2009 – October 2009. During the study water samples were collected seasonal from determined twelve stations. For this purpose, water samples were investigated from the viewpoints of physical inorganic chemical (Temperature, pH, DO, SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>- N, NO<sub>2</sub>-N) organic (COD, BOD<sub>5</sub>, TKN) and inorganic (Fe, Mn, B) characteristics. Taking into consideration of Water Pollution Control Regulations Porsuk Stream is in first class depend on temperature, SO<sub>4</sub>, B, it is in second class depend on Mn, it is in third class depend on Fe, it is in fourth class depend on pH, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>- N, NO<sub>2</sub>-N, DO, BOD, COD, TKN.

**Keywords:** Porsuk Stream, Water quality.

## Teşekkür

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması ve yürütülmesi sırasında katkı ve desteklerini esirgemeyen, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım sayın Doç. Dr. Naime ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Tezimi tamamlamamda yardım, destek ve ilgisini esirgemeyen sayın Dr. Özgür EMİROĞLU'na, çalışmalarım ve tezimin yazım aşamasında bana sonsuz desteklerini her daim sunan ve hiç yorulmadan ve moral depolayan sevgili arkadaşlarım Cansev AKKAN ve Melih RÜZGAR'a verdikleri yardımlardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmamı gerçekleştirmemde büyük destek ve özverilerde bulunan her anımda ilgilerini hissettiren kıymetli aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekiller Dizini</b> .....	xi
<b>Tablolar Dizini</b> .....	xii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>1.1. Sakarya Nehri ve Porsuk Çayı ile ilgili Yapılan Çalışmalar</b> .....	5
<b>1.2. Su Kalite Parametreleri Hakkında Genel Bilgiler</b> .....	10
<b>1.2.1. Fiziksel ve Organik – Kimyasal Parametreler</b> .....	11
<b>1.2.1.1. Sıcaklık</b> .....	11
<b>1.2.1.2. pH</b> .....	11
<b>1.2.1.3. Çözünmüş oksijen (DO)</b> .....	12
<b>1.2.1.4. Bulanıklık</b> .....	12
<b>1.2.1.5. Elektriksel İletkenlik</b> .....	13
<b>1.2.1.6. Sülfat İyonu</b> .....	13
<b>1.2.1.7. Azot</b> .....	14
<b>1.2.1.8. Nitrat ve Nitritler</b> .....	15
<b>1.2.1.9 Amonyum Azotu (NH<sub>4</sub>-N)</b> .....	15
<b>1.2.2. Organik Parametreler</b> .....	16
<b>1.2.2.1. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)</b> .....	16
<b>1.2.2.2. Kimyasaol Oksijen İhtiyacı</b> .....	17
<b>1.2.2.3. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)</b> .....	17
<b>1.2.3. İnorganik Kirlenme Parametreleri</b> .....	18
<b>1.2.3.1. Bor</b> .....	18



## İÇİNDEKİLER (DEVAM EDİYOR)

1.2.3.2. Demir.....	19
1.2.3.3. Magnezyum.....	20
1.2.3.4. Mangan.....	20
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>24</b>
2.1. Çalışma Alanının Tanımı.....	24
2.2. Porsuk Çayı ve Havzası Üzerindeki Kuruluşlar.....	26
2.2.1. SARAR Giyim Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.....	26
2.2.2. Tülomsaş Eskişehir Lokomotif Fabrikası Atıkları.....	25
2.2.3. Eskişehir Şeker Fabrikası Atıkları.....	25
2.2.4. Eskişehir 1. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı.....	26
2.2.5. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Atıkları.....	26
2.2.6. Eskişehir Dersan Deri İşleme Sanayi.....	27
2.2.7. Güven Süt San. Tic. A.Ş.....	27
2.3. Porsuk Çayı'nı Kirleten Evsel Atıklar.....	27
2.3.1. Kaplıcalardan Gelen Atıklar.....	27
2.3.2. Eskişehir Belediyesi Kanalizasyon Atıkları.....	27
2.3.3. Sulama Kanallarına Verilen Atıklar.....	28
2.3.4. Porsuk Çayı Havzası Üzerindeki Kütahya İline Bağlı Kuruluşlar.....	28
2.3.5. Kütahya İl Kanalizasyonu.....	28
2.3.6. Kütahya Belediye Mezbahası.....	28
2.3.7. Kütahya Şeker Fabrikası.....	29
2.3.8. Kütahya TÜGSAŞ Gübre Fabrikası.....	29
2.3.9. Kütahya Kümaş Manyezit Fabrikası.....	29
2.3.10. Kütahya Seyitömer Termik Santrali.....	29

**İÇİNDEKİLER (devam ediyor)**

2.4. Örneklerin Toplanması.....	29
<b>3. BULGULAR.....</b>	<b>31</b>
<b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>51</b>
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>58</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 1a.</b> Porsuk Çayı Havzası ve örnek alınan İstasyonlar.	30
<b>Şekil 1b.</b> Porsuk Çayı Havzası (www.mta.gov.tr, 2007; Devlet Su İşleri, 2001).	31
<b>Şekil 2a.</b> Su sıcaklığının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	40
<b>Şekil 2b.</b> pH değerlerinin 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	40
<b>Şekil 2c.</b> Bulanıklığın 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	41
<b>Şekil 2d.</b> Amonyum azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	41
<b>Şekil 2e.</b> Nitrit azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	42
<b>Şekil 2f.</b> Nitrat azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	42
<b>Şekil 2g.</b> Toplam Kjeldahl Azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	43
<b>Şekil 2h.</b> Çözünmüş oksijenin 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	43
<b>Şekil 2i.</b> Biyolojik Oksijen İhtiyacının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	44
<b>Şekil 2j.</b> Kimyasal Oksijen İhtiyacının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	44
<b>Şekil 2k.</b> Sülfat iyonunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	45
<b>Şekil 2l.</b> Demirin 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	45
<b>Şekil 2m.</b> Manganın 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	46
<b>Şekil 2n.</b> Magnezyumun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	46
<b>Şekil 2o.</b> Borun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi	47

**TABLolar DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.</b> Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği-Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.	21
<b>Tablo 2.</b> Örnek alınan istasyonlarda ölçölenen su kalite parametreleri ve değerleri	32
<b>Tablo 2b.</b> 2. İstasyon	32
<b>Tablo 2c.</b> 3. İstasyon	33
<b>Tablo 2d.</b> 4. İstasyon	34
<b>Tablo 2e.</b> 5. İstasyon	34
<b>Tablo 2f.</b> 6. İstasyon	35
<b>Tablo 2g.</b> 7. İstasyon	36
<b>Tablo 2h.</b> 8. İstasyon	36
<b>Tablo 2i.</b> 9. İstasyon	37
<b>Tablo 2j.</b> 10. İstasyon	38
<b>Tablo 2k.</b> 11. İstasyon	38
<b>Tablo 2l.</b> 12. İstasyon	39

## 1. GİRİŞ

Canlıların yaşamı açısından hayati önem arz eden su, dünya üzerinde doğal olarak bulunan en yaygın kaynaktır. Yeryüzünün % 75'i, insan vücudunun % 70'i, kanın yaklaşık % 78'i sudur (Mutluay ve Demirak 1996). Yeryüzündeki toplam suyun %98'i okyanuslar, tortul kayalar ve buzullarda bulunmaktadır. Tatlı su kaynakları ise %2'nin bile altında yer almaktadır. Tüm canlılar için yaşamsal önem taşıyan su kaynakları sonsuz değildir aksine günümüz olanakları ile kullanılabilen su miktarı oldukça sınırlıdır (Kocataş, 1997; Kuleli, 1989).

Yıllar boyunca su, insanların yaşam alanları, yaşam tarzları, yerleşim yerleri, geçinme şekilleri, savaşları gibi pek çok alışkanlığı ve pek çok olayı belirleyen temel unsurlardan biri olmuştur. İçme, endüstri ve tarım için kullanılan suyun bulunabilirliği, medeniyetin devamı için zorunludur. İnsanların hayatta kalması ve refahı, genellikle suyun sürekliliği ve kontrolüne bağlıdır (Çoban, 2007).

İçinde bulunduğumuz yüzyılda, temiz su kaynaklarının hızla azalması, suya erişimin zorlaşması ve su yoksulluğunun giderek artması en büyük sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İklimsel değişiklikler, kuraklık ve çarpık sanayileşme sonucu, zaten yetersiz olan su kaynaklarımız çok hızlı bir şekilde kirlenmekte ve azalmaktadır. Bu problemin önüne geçmek için, üretim ve diğer faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıkların ve atıksuların arıtılıp kirletici özelliklerinin azaltılması ve belirlenen deşarj standartlarına uygun hale getirildikten sonra alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. İnsan faaliyetleri, düzensiz sanayileşme ve nüfus artışı sonucunda içme suyu kaynakları ve diğer doğal kaynaklar hızla kirlenmektedir. Bu kaynakların bilinçli kullanımı, sürekliliğinin sağlanması, kalitelerinin artırılması ve miktarlarına göre kullanım alanlarının belirlenmesi için çalışmaların yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Su kalitesini belirlemek ve kirlilik durumunu ortaya koymak için fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, radyolojik ve biyolojik analizler yapılmakta, ayrıca hidrolojik özellikler de takip edilmektedir. Özellikle son zamanlarda varlığını daha çok hissettirmeye başlayan küresel ısınma da tatlı su kaynaklarını olumsuz yönde

etkilemekte ve bu sorun da canlı yaşamını ciddi şekilde tehdit etmektedir (Bayraktar, 2007).

Sulak araziler; doğal olarak veya insan kaynaklı atıkların temizlendiği yerler olması nedeniyle, “doğanın böbrekleri”, geniş besin zinciri ve zengin biyolojik çeşitliliği nedeniyle de “biyolojik süper marketler” olarak tanımlanırlar. Sulak araziler bilimsel olarak, derin olmayan, geçici ve sürekli sularla kaplı alçak alanlar şeklinde tanımlanabilir. Dünya üzerindeki sulak alanların kapladığı alan 3.8 milyon kilometre kare olarak belirtilmektedir. En önemli sulak araziler, kuzey Amerika ve Rusya’nın kuzey bölümünde yer almaktadır. (Mitsch and Gosselink, 2000). Ayrıca, olaya içme suyu potansiyeli açısından bakıldığında, yeryüzünün ancak % 0.3’ lük bir bölümünde kullanılabilir tatlı su rezervi bulunmakta olup, bu rezerv de toplam 214 ülke tarafından kullanılmaktadır (Kocataş, 1996).

Akarsular çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen ekosistemlerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. Kalkınma ile beraber gelen aşırı nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel ve endüstriyel atıklar da çoğalmış ve akarsular kendi kendini temizleyemez duruma gelmiştir. Özellikle, tüm canlıların yaşamı için zorunlu ama hızla tüketilmekte olan sucul kaynaklar bir o kadar da hızla kirletilmektedir. Sucul alanlara deşarj edilen atık sular içerdikleri ağır metaller, toksik bileşikler, azotlu ve karbonlu organik ve inorganik bileşikler ile bazı canlı türlerinin ölümüne, toleranslı türlerde ise fizyolojik ve morfolojik değişimlere neden olmaktadır.

Dünyamızın önemli bir kısmını oluşturan su katı, sıvı ve gaz halinde bulunmakta olup güneşin sağlamış olduğu enerji ile devamlı bir döngü içerisinde. Bu hidrolojik döngü içerisinde canlılar suyu yaşamsal ve diğer aktiviteleri için kullandıktan sonra bunu tekrar döngü içerisine bırakırlar. Suyun bu sirkülasyon olayı sırasında yapısına karışan çeşitli maddeler fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek su kirliliğine neden olurlar (Çoban, 2007).

Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde gözlenmesi şeklinde gözlenen doğrudan doğruya veya

dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkcılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılması su kirliliği olarak tanımlanır (Anonim 2004).

Endüstriyel su kirliliği kaynakları kâğıt hamuru fabrikaları, kimyasal üreten fabrikalar, çelik fabrikaları, tekstil imalatçılar, gıda işlekleridir. Kentsel su kirlilik kaynakları arasında ise kamuya ait lağım arıtım birimler en önemlisidir. Özellikle atık çamurun arıtılmadan ve işlenmeden su kaynaklarına yakın biriktirilmesi veya yayılması en önemli kirlilik nedenlerinden birisi olabilir. Yağmur sularını ve lağımı bir arada taşıyan kombine lağım sistemleri özellikle taşkın durumlarında yüzeysel sızıntılarla su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Tarımsal alanlar, gübrelikler, ekim ve otlama alanları başlıca tarımsal kirlilik nedenleridir. Silvikültürel olarak orman yollarının yapılması, yol yapımı, orman işletmesi, orman kesimi vb uygulamaları sayılabilir. İnşaat sektörü özellikle otopan yapımı, toprak geliştirme çalışmalarını vb. nedeniyle kirlenmeye sebep olabilir. Madencilik uygulamalarında her türlü maden ocakları, petrol sondajları, cevher biriktirme bölgeleri ve bunlara bağlı sızıntılar kirlenmeye sebep olur. Sehtik tank sızıntıları; çöp gömme bölgeleri, zararlı atık yoketme bölgeleri önemli kirlilik ögesi olabilir. Son olarak tüm su müdahaleleri, kanal açma, kuyu açma, baraj yapma, akıntı banket müdahaleleri suların kirlenmesine yol açabilir (Güler, 1998).

Su kirliliğinin önlenmesinde, suyun kalitesinin bilinmesi ve su kalitesinin korunması büyük önem taşır. Su kalitesi, kısaca bir su kütesinin belli bir zaman boyunca ihtiva ettiği mevcut fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bütünü olarak tanımlanabilir. Su kalite sınıflarının belirlenmesi, su kalitesi kriterleri ile yapılmaktadır (Zeybek, 2006).

Kalite kriterleri tamamen kullanıma özgü olarak ve bilimsel verilerden hareketle elde edilmektedir. Potansiyel tehlikeli su bileşenleri ve içme suyu kalitesinin değerlendirilmesinde bir baz teşkil etmek üzere düzenlenmiştir. Kalite standartları bu kriterler esas alınarak her bölgenin ve ülkenin koşullarına uygun olarak belirlenir (Baltacı, 2003).

Su kalitesi standardı, su parçası veya kütlesinin kullanım amaçlarını ve bu amaçlar için sağlanması gereken su kalite kriterlerini belirleyen kural veya kanunlar olarak tanımlanır. Standartlar insan sağlığına zararlı etkisi olan kirleticilerin elimine edilmesinde veya konsantrasyonlarının en az seviyeye düşürülmesi suretiyle kaliteli su temininde yarar sağlayacaktır. Standartların iki amacı vardır:

- 1) Belirli bir su kütlesi için su kalite hedeflerinin belirlenmesi.
- 2) Su kaliteleri arıtım kontrolü ve belirlenen arıtım ihtiyacı için kullanılan teknolojilerin takibi.

Standartlar su temini şartlarındaki değişimlere, arıtma ve kimyasal analizlerdeki gelişmelere bağlı olarak revize edilerek yeniden düzenlenirler. Her kullanım alanının kendine özel standardı vardır. Bir su kaynağının kullanım amacı belirlendikten sonra bu kullanım için kabul edilebilir kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik ve radyolojik özelliklerin sınırları belirlenmelidir (Baltacı, 2003).

Suların kalitelerine göre sınıflara ayrılmasının nedeni, kullanım amacının belirlenmesidir. Kıta içi yüzeysel sular için yapılan sınıflama aşağıdaki gibidir (Anonim 2004).

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su (yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar).

Sınıf II: Az Kirlenmiş Su (ileri veya uygun arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, Teknik Usuller Tebliğinde verilmiş olan sulama suyu kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak, sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar).

Sınıf III: Kirlenmiş Su (Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir).



Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su Her hangi bir su kaynağının bu sınıflardan birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde olmalıdır (Anonim 2004).

### **1.1. Sakarya Nehri ve Porsuk Çayı ile ilgili Yapılan Çalışmalar**

Öngel ve Ağaçık (1970) Eskişehir'deki Şeker, Sümerbank Tekstil, Vagon ve Lokomotif Fabrikaları atık sularındaki kirliliği ve Porsuk Çayı'nın Eskişehir'e giriş ve çıkış noktalarındaki kirliliği incelemişlerdir. Araştırmacılar bu inceleme sonucu, Porsuk Çayı'nın Eskişehir'den geçerken kirlendiğini, ana kirletici kaynağın Şeker Fabrikası atık suları olduğu sonucuna varmıştır.

Ağaçık (1971), Sümerbank Tekstil Fabrikası atık sularının kirliliğini ve kimyasal kontrolünü ele almıştır. Araştırmacı hiçbir arıtma işlemi yapmadan Porsuk Çayı'na boşaltılan fabrika atık sularının akarsudaki kirliliğe önemli oranda katkıda bulunduğunu belirtmiş ve atık suların arıtılması için gerekli işlemler dizisini kısaca açıklamıştır.

Ağaçık (1974), DSİ tarafından Eskişehir'e su sağlamada kullanılması planlanmış olan Porsuk Barajı'nın Kütahya Gübre Fabrikası artıklarıyla kirlenmesini incelemiştir. Araştırmacı söz konusu artıklarla Porsuk Çayı'na önemli miktarda nitrat (NO<sub>2</sub>) verildiğini ve ileride kirliliğin daha da artarak barajın içme suyu için kullanılamaz duruma gelebileceğini belirtmektedir.

Curi ve Tanyeri (1974), Porsuk Çayı'nın Eskişehir'den çıkışından sonraki 10 kilometrelik bölümde yaptıkları ölçümleri kullanarak çözünmüş oksijen harcamasını tahmin için bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Türkman ve Dirik (1974), Eskişehir içme suyu ile ilgili olarak ovadaki akarsular, yeraltı suları ve kaynak sularının kalitesini incelemişlerdir. İnceleme sonucu Porsuk Çayı'nın Kütahya Gübre Fabrikası çıkışından sonra nitrat, nitrit, ve amonyak yönünden kirlendiği, ovadaki bazı kuyularda da oldukça yüksek nitrat, nitrit, ve amonyak bulunduğu saptanmıştır.

DSİ (1975), tarafından Porsuk Ovası'nın genel hidrojeolojik etüdü sırasında yapılan analizlerde bazı kuyularda içme suyu standartlarındaki sınırların üzerinde nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) ve amonyak ( $\text{NH}_3$ ) saptandığına işaret edilmektedir. Aynı etüt sırasında Porsuk Çayı'ndan alınan örneklerde de oldukça yüksek miktarda  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  saptanmıştır.

Özbek (1976), Porsuk Ovası'ndaki bazı kuyularda Porsuk Çayı'ndan kaynaklanan kirlenme görüldüğünü, ayrıca şehir merkezindeki sıcak su kaynaklarının kirlenme tehdidi altında bulunduğunu belirtmiştir.

Dirik (1977), 1974–1977 yılları arasında aylık periyotlarla alınan su örneklerinin analizi ile Porsuk Çayı'nın kirliliğini incelemiştir. Araştırmacı Porsuk Çayı'nın evsel ve endüstriyel atıklarla önemli derecede kirlendiği ve doğal temizlemeye (self purification) rağmen akarsuyun Eskişehir çıkışından sonra organik olarak kirli kaldığı sonucuna varmıştır.

Ilgaz ve Gönenç (1980), İnorganik azotun biyokimyasal reaksiyon ve boyuna türbülanslı dispersiyon etkisi ile seyrelme mekanizmasını tanımlayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Porsuk Çayı'nda yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, aynı veriler için matematiksel modelden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Giritlioğlu (1981), Eskişehir-Porsuk içme suyu projesi ile ilgili olarak Porsuk Çayı'nın Porsuk Barajı çıkışı ile Eskişehir girişindeki Karacaşehir Regülatörü arasındaki bölümde 1975–1980 yılları arasında aylık olarak alınan örnekler üzerinde su kalitesi incelemeleri yapılmıştır. İnceleme sonucunda suyun Avrupa Ekonomik Konseyi sınıflamasına göre sınıflaması yapılmış ve arıtma sisteminin seçimi konusundaki öneri belirtilmiştir.

Eroğlu (1983), Lineer ve dinamik programlama teknikleri kullanarak bir nehir havzasındaki yıllık arıtma maliyetini en düşük düzeyde tutacak olan optimum arıtma sonuçlarının bulunması ile ilgili yeni çözüm yolları geliştirmiştir. Geliştirilen çözüm

yolları, Porsuk Çayı ve Sakarya Nehri üzerinde saptanan gözlem istasyonlarında elde edilen verilere uygulanmıştır.

Atıcı (1997) “Sakarya Nehri Kirliliği ve Algler” ile ilgili yaptığı çalışmasında, Ankara Çayı ve Porsuk Çayı gibi kirlenmiş suların Sakarya nehrine karıştığı bölgeden alınan örneklerde bulunan ve sayıca fazla olan alg türleri tespit etmiş ve suyun fiziksel ve kimyasal özellikleriyle aralarındaki bağ oluşturulmaya çalışarak Sakarya Nehrinde kirliliğe toleranslı indikatör alg türleri belirlemiştir.

Çiçek ve Koparal (2001) Porsuk Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da kurşun, krom ve kadmiyum seviyeleri isimli çalışma da Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 ve *Barbus plebejus* Bonaparte, 1832 (Bıyıklı Balık) balıklarda ve baraj suyunda ağır metallere kurşun, krom ve kadmiyum seviyeleri incelenmiş, balık dokularında kurşun ve krom, ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir. Kadmiyum değerleri ise Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın 1991 yılı ve 20884 sayılı Resmi Gazetede yayınladığı, balık ve yumuşakçalar için önerdiği kabul edilebilir ağır metal değerlerinin üzerinde tespit edilmiş ve suda saptanan kadmiyum ve krom seviyelerine göre de sınıflandırma yapılmıştır.

Kavaf (2007), “Kütahya Ovasının Su Kalitesi ve Kirliliği” çalışmasında, Kütahya ovasının su kalitesi ve kirlilik durumunu ortaya koyarak olası kirletici unsurlar belirlemiş, çalışma alanındaki kaynak, yeraltı ve yüzey sularının kalitesi ve kirlilik durumu ortaya koymuştur. Çalışma alanındaki suların laboratuvar analiz sonuçlarına göre Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarında su kalitesi bakımından değerlendirilmesini yapmıştır. Piper diyagramına göre, karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{MgSO}_4$ 'lu su grubuna girmektedir. Schoeller diyagramına göre, değerleri birleştiren doğruların birbirlerine yaklaşık paralel geçmektedir. Wilcox diyagramına göre, sular çok iyi-iyi ve suyun uygun olmadığı alanlar arasında olduğu belirlenmiştir. ABD tuzluluk diyagramına göre ise bazı sular C1-S1 alanına, bazıları C2-S1 alanına ve C3-S1 alanına olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC), Cl, Sertlik ve  $\text{SO}_4$  konsantrasyonlarından inceleme alanındaki dağılım haritaları

hazırlanmıştır ve inceleme sahasının kuzeybatı kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kirlilik parametrelerinden Al, As, B, Ba, Be, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, S, Sb, Se, Tl ve Zn konsantrasyonlarının alansal dağılımları yapılmış ve sonuçlara göre bazı değerler inceleme alanının kuzeybatı kesimlerinde, bazıları ise güneydoğu kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Br, Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Se ve Tl konsantrasyon miktarları EPA(2003) standartlarına göre karşılaştırılmış ve bazı numunelerde As, bazılarında Pb ve U miktarlarının önerilen maksimum sınırları aştığı belirlenmiştir.

Koçal (2006), “Porsuk Barajında Su Kalitesinin Matematik Modelle İncelenmesi” adlı çalışma da, Porsuk Barajı su kalitesinin özellikle ötrofikasyon açısından incelemiştir, bu amaçla, Besi Maddesi modeli kullanmıştır. Yayılı kaynaklardan gelebilecek yüklerin hesaplanmasında bir su bütçesi modeli olan GROWA alt modeli için giriş verilerinin hazırlayarak elde edilen sonuçlarda havzanın evaporasyon, yüzeysel akış, ve yeraltı suyu beslemesi haritaları arazi kullanım verileri ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirmiştir.

Muhametoğlu vd., “Rezervuarlarda Su Kalitesi Tahmininde Kullanılan Modeller” adlı çalışma da rezervuarlarda su kalitesini tahmin amaçlı olarak kullanılan modeller ve uygulama alanları ile ilgili genel bilgiler vermiş ve çalışmasının bir kısmında ötrofik yapıya sahip Porsuk Baraj Gölü havzasında uygulanacak senaryoların etkilerini incelemek amacı ile kullanılan model özellikleri tartışılmıştır.

Orak (2006), “Porsuk Çayı’nın Su Kalitesinin Bulanık Mantık Metodu İle Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında da, bulanık mantık yöntemi kullanarak Porsuk Çayı’nın kirlilik profilini ortaya konulmaya çalışmıştır.

Öztürk (2007), “Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri” adlı çalışmasında, Porsuk Çayı Havzası’nın mevcut durumu ve günümüzdeki çevre sorunları incelenmiş ve bu konuya ilişkin geleceğe yönelik öneriler geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmada Porsuk Çayı Havzası’ndaki çevre sorunları ve oluşturdukları etkiler üzerine yapılan çalışmalar incelenerek havzadaki sorunların

(kirlilik, erozyon, taşkın, bitki örtüsünün tahribi vb.) çözülmesinde havza yönetimi ilkeleri doğrultusunda çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır.

Öztürk (2007), “Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri” adlı çalışmasında Sakarya Nehri'nin bir kolu olan Porsuk Çayı Havzası'nın mevcut durumu ve günümüzdeki çevre sorunları incelenmiş ve bu konuya ilişkin geleceğe yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışmada Porsuk Çayı Havzası'ndaki çevre sorunları ve oluşturdukları etkiler üzerine yapılan çalışmalar incelenerek havzadaki sorunların (kirlilik, erozyon, taşkın, bitki örtüsünün tahribi vb.) çözülmesinde havza yönetimi ilkeleri doğrultusunda çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır.

Özyurt vd. (2004), “ Porsuk Baraj Havzası'nın Kütahya Kökenli Kirlilik Problemi” adlı çalışma da Kütahya 'daki çeşitli sanayi kuruluşlarının Porsuk Çayı'na bıraktıkları deşarj sularındaki başlıca kirlilik parametrelerinden pH, BOI, KOI, AKM, Kurşun, Kadmiyum, Yağ ve Gres, Toplam Fosfor analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği verilerine göre karşılaştırılarak deşarj sularındaki değerlerin yönetmelik kriterlerine uygun olmadığı belirlenmiştir.

Selki (2008), “Sakarya Havzasına Genel Bakış” isimli çalışmasında, 2001-2007 yılları arasında standartlara uygun olarak gözlem istasyonlarından numunelerle gerekli deneyler yaparak Porsuk Çayının kirliliğini de içeren Karadeniz'e dökülen Sakarya Nehrinin değerlendirmesi yapılmıştır.

Solak (2007) “Descy İndeksine Göre Yukarı Porsuk Nehri (Kütahya) Su Kalitesinin Durumu”, isimli çalışma Aralık 2004 – Ağustos 2005 tarihleri arasında Porsuk Çayı'nın kaynağından sonra, Porsuk Barajı'na kadar olan bölgede, tespit edilen 3 istasyondaki (P1, P2 ve P3) epilitik diyatome örneklerine bağlı DESCY İndeksi kullanılarak suyun kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılmış, P1 ve P2 istasyonlarının kirlilik durum “az kirlenmiş” ( $4,06 \pm 0,03$ ;  $4,01 \pm 0,02$ ) iken P3 istasyonu ise “çok yoğun kirlenmiş” olduğu tespit edilmiştir.

Şengörür ve Dilşat (2001) “Sakarya Nehri'ne Ait Su Kalite Gözlemlerinin Faktör Analizi” isimli çalışma da, Sakarya Nehri üzerindeki son gözlem istasyonu olan Adatepe Gözlem istasyonundan 1992- 1996 yılları arasında elde edilen 42 su kalitesi parametresi değerlendirilmiş, bu veriler üzerinde faktör analizi uygulayarak, bu istasyon için, 42 parametrenin 12 faktöre indirgenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. Böylece su kalite araştırmalarında çok fazla sayıda parametrenin ölçülmesi yerine önceden dikkatlice seçilmiş, daha az sayıda, fakat kritik parametrelerin tespiti sağlanmıştır.

Sakarya Nehri'nin en önemli kollarından biri olan Porsuk Çayı, yukarıdaki verilen çalışmaların sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, yoğun bir şekilde kirlilik baskısı altında olup, evsel ve endüstriyel atıklarla su kalitesi bozulmaya devam etmektedir. Hızla değişen ve sanayileşen dünyamızın, çağın gereklerine ayak uydurması tabii bir zorunluluktur. Ancak önemli olan, var olan biyolojik değerlerimizi sanayileşmenin olumsuz etkilerinden minimum düzeyde zarar görmesini sağlamak olmalıdır. Bu amaçla da yapılması gereken en önemli şey, özellikle alıcı ortam durumundaki su potansiyellerinin biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak sürekli izlenmesidir. Bu amaçla bu çalışmada;

Porsuk çayının 1 yıllık dönem içinde mevsimsel olarak örnekleme yapılarak su kalitesinin ortaya konulması ve elde edilen verilerin daha önceki çalışmaların verileri ile karşılaştırılarak, kirlilik boyutunun hangi yönde değiştiğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 1.2. SU KALİTE PARAMETRELERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

### 1.2.1 Fiziksel ve Organik – Kimyasal Parametreler

#### 1.2.1.1. Sıcaklık

Rezervuar ve göllerde sıcaklığın derinlikle değişimi genellikle yaz aylarında olur. Göllerde bu değişim sonucunda tabakalaşma meydana gelebilir. Sıcaklık, göllerde tabakalaşmanın belirlenmesinde ölçülmesi gereken en önemli parametredir. Sıcaklık su kaynağındaki biyolojik, kimyasal ve fiziksel işlemleri etkiler. Böylece pek çok parametrenin konsantrasyonu değişir. Suyun sıcaklığı arttığında kimyasal reaksiyonların hızı ve sudaki maddelerin buharlaşması da artar. Suyun sıcaklığının artması ayrıca O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> gibi gazların suda çözünürlüğünü azaltır. Sucul organizmaların metabolik hızı sıcaklığa bağlıdır. Sıcak sularda organizmaların solunum hızının artması oksijen tüketimini artırır ve organik maddelerin bozunmasına neden olur. Besleyici koşullar uygun olduğunda, çok kısa sürede hızla artan bakteri ve fitoplanktonlar suyun bulanıklığının artmasına neden olurlar (DSİ, 2001).

#### 1.2.1.2. pH

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunu 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. pH=7 olan sular Nötr sular olarak bilinir. Bunlarda H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunun artması ile pH'nın değeri 7'nin altına düşer ve su asit karakter kazanır. OH<sup>-</sup> iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7'nin üzerinde değer alır ve su bazik karakter taşır. pH değerleri 0-14 arasında değişir. Genel olarak yeraltı suları pH'sı 7'den küçük olan ve asit özelliği taşıyan sulardır. Yüzeysel sularda genellikle pH 8'den büyük değer taşıyan bazik sulardır. İçme sularındaki pH değeri 6.5-8.5 arasında uygun görülmektedir. Yeraltı sularındaki pH değeri, çözünmüş karbondioksit ve diğer karbonat ve bikarbonat bileşikleri arasındaki dengeye bağlı olarak değişmektedir. Bu denge, sıcaklık ve basınç değişmelerine göre kolayca değişim göstermektedir. Örneğin bir kuyuda pompaj sırasında oluşan alçalışla basınç

düŖeçeđinden çözünmüş karbondioksitin bir kısmı da serbest hale geçmektedir. Böylelikle akan ya da açık olarak bekletilmiş sudan alınan numunenin pH değeri kaynaktaki suyun pH değerinin aynı değildir. (Güler, 1998)

### **1.2.1.3. Çözünmüş oksijen (DO)**

Çözünmüş oksijen su kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisidir. Doğal sularda oksijen, azot ve karbondioksit gibi gazlar da erimiş halde bulunurlar. Oksijenin suda erime derecesi suyun sıcaklık ve tuzluluk derecesine bağlıdır. Sıcaklık yükseldikçe suda daha az oksijenin eridiği görülmektedir. Sudaki çözünmüş oksijen (Dissolved Oxygene=DO) suda yaşayan bakterilerin fotosentez olayı sonucu verdikleri oksijen ve havadaki oksijenden gelir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü, havadaki oksijenin kimyasal basıncı, suyun sıcaklığı ve suyun kapsamındaki minerallerin derişimlerine bağlıdır. Sudaki aerobik organizma vb. aerobik canlı yaşamı için çözünmüş oksijene gereksinim vardır. Atık su alıcı ortamda oksijen talebi yaratır, alıcı ortamda yeterli oksijenin olmaması halinde septik şartlar, dolayısıyla koku oluşur (Güler, 1998).

Çözünmüş oksijen tayini ile göl, nehir gibi yüzeysel sularda çözünmüş oksijen miktarının orada yaşayan canlıların, örneğin balık ve diğer organizmaların türüne göre en az 4 mg/L, daha iyisi 5 mg/L'den az olmaması istenir. Böylece yüzeysel sularda canlı yaşamını devam ettirmek mümkün olacaktır. Ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu suyun kirlenme derecesini, sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade eder (Çoban, 2007).

### **1.2.1.4. Bulanıklık**

Bulanıklık kil, süt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir. Bulanıklık kum gibi askıda olan maddelerden ileri geliyorsa tehlikeli olmayıp çökelme ve filtrasyonla giderilebilir. Kil gibi koloidal maddelerin giderilmesi ise çok güçtür. Su içindeki madde, kaynağına göre kabaca inorganik veya organik olarak sınıflandırılabilir. Organik



bileşikler genel olarak kokuya, renge ve tada neden olurken, bulanıklık meydana getiren maddeler çoğunlukla inorganiktir. Bulanıklığın 3 bakımdan önemi vardır . Su ne kadar sıhhi olursa olsun istenmez, şüpheyle bakılır. Çünkü askı halindeki maddeler içinde sağlığa zarar veren mikroplarda bulunabilir. İkincisi filtre edilmesinin zorlaşması ve kimyasal maddelerle çökelmeleri gerekir, o da pahalı olur. Son olarakta dezenfeksiyonu zorlaştırır. Canlı organizmalar askı halindeki bulanıklık veren maddeler üzerinde bulduklarından klorun veya dezenfektanın etkisini zorlaştırır daha fazla dezenfektan harcanır (Güler, 1998 ).

#### 1.2.1.5. Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EC) suyun elektrik akımını iletebilmesinin bir ölçüsüdür ve sularda mineral asitler olmak üzere çözülmüş katılardaki değişimi ifade eder. Toplam çözülmüş katılar (TDS), iletkenlik değerinin 0,55–0,75 arasındaki bir faktörle çarpılmasıyla yaklaşık olarak elde edilir. Suların iletkenliği sulardaki iyon sayısı hakkında bilgi verir. Kimyasal dengede, iyonların toplam konsantrasyon etkisi, bitki ve hayvanlar üzerinde fizyolojik etkiler ve korozyon hızı, vs. değerlendirilirken mineralizasyon derecesini belirlemede önemli bir parametredir. Sulama suyu için su kalite kriterlerinde elektriksel iletkenlik değerlerine bağlı olarak su kalitesi aşağıda verilmektedir (Uslu ve Türkmen, 1987).

Sınıf	EC değeri (µmhos/cm)	Değerlendirme
1.Sınıf	< 250	Mükemmel
2. Sınıf	250-750	İyi
3. Sınıf	750-2000	İzin verilebilir
4. Sınıf	2000-3000	Şüpheli
5. Sınıf	> 3000	Uygun değil

### 1.2.1.6. Sülfat İyonu

Sülfatlar doğada bulunan ağır metal sülfürlerinin atmosferik olayların etkisiyle kısmen oksitlenerek suda çözünmesinden oluşmuşlardır. Büyük kısmı sedimentar kayalardan çözünse de doğada en yaygın olan minerali jibstir. Sülfat tuzları(baryum, stronsiyum ve kurşun sülfat hariç suda çözünürler. Çözünmüş sülfatlar sülfüre indirgenebilir veya hidrojen sülfür halinde buharlaşarak havaya verilir. Bir diğeri çözünmeyen bir tuz olarak çökebilir veya canlı organizmalarla birleşebilirler. Değişik sanayilerden atılan atıklarda sülfat suya verilir. Minerallerin kavrulması işleminden sülfat sulara verilir. Fosil yakıtların yanmasıyla atmosferik kükürt dioksit meydana gelir. Kükürt trioksit ( $SO_3$ ) in katalitik oksitlenmesiyle meydana gelir ve su buharıyla birleşerek  $H_2SO_4$  oluşur. Bu da asit yağmuru veya karı şeklinde yere iner. Suda sülfat genellikle yüksek konsantrasyonlarda bulunabilir. Çünkü kayalardan çözeltilen katyonlar genellikle sülfatla, çözünebilen bileşikler verirler. Günde alınan sülfat miktarı hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. İnsanlarda sülfat bağırsaklar da az miktarda absorbe edilir. Hücre zarını çok yavaş geçer ve süratle böbreklerden atılır. 1-2 gr sülfat, insanlarda müshil etkisi göstererek bağırsakları temizler. Bu miktar çocuklar için 21 mg/kg/gün olarak verilmiştir. Tat veren en çok kullanılan sülfat tuzlarının tat başlangıç değerleri; 200-500 mg/Lt sodyum sülfat için, 250-900 mg/Lt kalsiyum sülfat için, 400-600 mg/Lt magnezyum sülfat için verilmiştir. Suda yüksek sülfat konsantrasyonu dağıtma sistemlerindeki, özellikle düşük alkalinite olduğu zaman, metallerin korozyonuna neden olur ( Güler, 1998).

### 1.2.1.7. Azot

Azot normal şartlarda kimyasal bileşikler veya iki atomlu molekül halinde bulunur. Bu nedenle serbest atomu veya iyonları halinde bulunamaz. Bileşiklerinde azot atomları elektronlarını komşu atomlarla paylaşır, florür, oksijen ve klordan başka elementlerle yaptığı atomlardan alarak negatif yüklenir. Doğal sularda bulunduğu şekiller amonyak, nitrat iyonu, nitrit iyonudur. Doğada azot gazı, inorganik nitrit, nitrat ve amonyum iyonları ve protein gibi organik bileşikler arasında kimyasal değişimler olur ve azot devri meydana gelir. Azot, doğadaki çeşitli evrelerden geçtikten sonra

insana kadar ulaşmakta ve insan artıklarıyla çevreye dönerek devrini tamamlamaktadır. Doğada azot dolaşımı çok karmaşık bir biçimde süregeldiğinden, azot çevriminin su kaynaklarına uygulanarak göz önünde tutulması, bunların kontrolü açısından hangi süreçlerin önemi olduğu hakkında daha iyi bir fikir vermektedir. Değişik şekilde su kaynaklarına verilen azot bileşikleri nedeni ile amonyağa dönüşme, nitrifikasyon, asimilasyon ve denitrifikasyon olayları meydana gelmektedir. Amonyaga dönüşme sürecinde organik azotun amonyağa dönüşümü mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bakteriler, ortamdaki amonyağı önce nitrite oksitler. Bu olaya nitrifikasyon süreci denilir. Oksidasyon işlemleri, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen biyokimyasal reaksiyonlar sonucu meydana geldiğinden nitrifikasyon süreci inorganik azot bileşiklerinin biyokimyasal oksidasyonu olarak da tanımlanabilir. Akarsuların kirlenmesi açısından önemli olan, inorganik azot bileşiklerinin nitrifikasyon sürecindeki bünye değişimleriyle ortamdaki oksijen dengesinin bozulmasıdır. Yüzeysel sularında inorganik azot bileşikleri genellikle bir kaç mg /lt' yi geçmez. Fakat yeraltı sularında 100 mg/Lt ye kadar bulunabilir. Düşük konsantrasyonlarda bile sularda yaşayan bitkilerin gelişmesini kolaylaştırır (Güler, 1978).

#### **1.2.1.8. Nitrat ve Nitritler**

Nitrat ve nitrit doğal azot döngüsünde yaygın olarak oluşan maddelerdendir. Nitratlar gübre olarak kullanılmaktadır. Patlayıcıların yapımında, oksitleyici etken olarak ve cam imalatında saf potasyum nitratın eldesinde kullanılmaktadır. Sodyum nitrit gıda koruyucusu olarak kullanılmaktadır. Nitratlar aynı zamanda nitrit rezervuarı olarak işlev görmektedir. Havadaki konsantrasyonu 0, 1-04, mg/Litre dir. Sudaki konsantrasyonu ise 5 mg/ litre kadardır. Kırsal kesimlerde daha düşük olabilir. Gıdalardaki nitrat ve nitrit kaynağını sebzeler ve et oluşturmaktadır. İçme suyundaki yüksek nitrat seviyesi ile konjenital malformasyon bağlantısını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Kardiyovasküler etkileri ile ilgili çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Deneylein gösterdiği kadarıyla nitratlar ve nitritler hayvanlarda doğrudan karsinogenik değildir. Ancak N-nitroso bileşiklerinin oluşumu aracılığıyla kanser oluşumunu artırabilmektedir.

### 1.2.1.9. Amonyum azotu ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )

Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkilere sahip olup, en önemli etkileri; oksijen bilançosunun etkilenmesi, ötrofikasyon ve içme suyunun sağlıklı bir şekilde temininde oluşan hijyenik ve toksikolojik problemlerdir (Uslu ve Türkman 1987). Amonyumun toksisitesi, onun kimyasal haline bağlıdır. Genellikle  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu,  $\text{NH}_4^+$  şeklinde olmalı ve 0.1 ppm'den fazla olmamalıdır (Mutluay ve Demirak 1996). Sulu çözeltilerde, iyonize olmamış amonyak, amonyum iyonu ile dengededir ve toplam amonyak, iyonize olmamış amonyak ile amonyumun toplamıdır (Chapman ve Kimstach 1996). Amonyak yüzeysel sularda, doğal olarak toprakta ve suda bulunan azotlu inorganik ve organik maddelerin, bitki artıklarının ve azot gazının sudaki mikroorganizmalar tarafından indirgenmesi ile atmosferik gaz değişimleri sonucu sularda meydana gelir. Antropojenik olarak ise, amonyak temelli endüstrilerin atık suları (kağıt ve kağıt hamuru üretimi), evsel ve endüstriyel atık suların deşarjı ile tarımda kullanılan aşırı gübrelerin yüzey sularına ulaşması sonucu sulara girer (Chapman ve Kimstach 1996). Amonyum bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından absorblanır ve organik maddedeki azota dâhil edilir. Amonyum nitrifikasyon prosesi boyunca önce nitrite sonra nitrata indirgenir (Gabor ve ark. 2004).

### 1.2.2. Organik Parametreler

#### 1.2.2.1. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)

Aerobik şartlarda ayrışabilen organik maddelerin kararlı hale gelmeleri sırasında, ortamdaki bakteriler için gerekli oksijen miktarıdır. Diğer tanımla, BOD suda bulunan organik maddelerin aerobik koşullar altında oksidasyonu ve mineralizasyonu (stabilizasyonu) için bakteriler tarafından tüketilen oksijen miktarıdır. Organik maddeler bakteriler için besin maddesidir. BOD deneyi, kanalizasyon ve sanayi artıklarının kirlenme derecesini, gerekli oksijen miktarı cinsinden tayinde kullanılır. Organik maddelerin biyolojik oksidasyonu tamamlaması için 20 günden fazla bir süre gerekirken beraber, BOD miktarının ilk 5 günde kullanıldığı görülmüştür. BOD reaksiyonları çoğunlukla birinci dereceden reaksiyonlardır. Reaksiyon hızı belli bir anda

geriye kalan parçalanmamış organik madde miktarı ile orantılıdır. Genellikle bütün sularda ölçülecek miktarlarda silis, magnezyum, potasyum, bikarbonat ve sülfat mevcuttur. Sodyum klorür doğal sularda en çok bulunan bir maddedir ve içinde çeşitli miktarlarda bu tuzu içeren organik maddelerin artıkları, bir işleme tabi tutulmadan, sulara karıştıkça sudaki sodyum klorür miktarı daha da artmaktadır. Sodyum klorür miktarı 20 mg/l geçtiği takdirde borularda ve tesisattaki korozyonu hızlandırır. Bununla beraber, bu kadar fazla konsantrasyona normal sularda sık rastlanmaz. Yalnızca jeolojik tuz kaynaklarına rastlayan okyanus ve derin kıyı sularında sodyum klorür miktarı bu kadar yüksektir. Nitrat da, birçok sularda önemli miktarda bulunan bir maddedir. Nitratlar suyun eritme özelliği dolayısıyla mineraller arasından geçerken veya kirlenme sonucu suya karışır (Güler, 1998).

#### **1.2.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)**

Su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici ile oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kollektif bir parametredir. KOİ, su ve atık suların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Bir suya ait KOİ değeri BOİ den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ' den büyüktür. KOİ organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eşdeğeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır ([www.ins.itu.edu.tr](http://www.ins.itu.edu.tr)).

#### **1.2.2.3. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)**

Azot, doğal dolanımı olan, bakteriler tarafından tüketilmek suretiyle veya kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bileşikler oluşturabilen bir maddedir. Çeşitli içme ve kullanma sularıyla yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve anorganik azotlu bileşiklerin ölçümü birçok bakımdan önem taşır. Özellikle yüzeysel sularda organik azot fazlalığı, doğrudan fekal bulaşmayı gösterebilir. Diğer taraftan kirlenmiş sularla atılıp, yüzeysel sulara karışan

azotlu maddeler; karbon ve fosfor gibi genelde aynı kaynaklı sayılabilecek diğer besleyici maddelerle birlikte, bu su ortamlarında aşırı beslenme ile ilgili ötrofikasyon olayına neden olur. Aslında göl ve benzeri körfez kesimlerinde ortaya çıkan bu olay doğal bir süreç olup, ötrofiye olmuş göllerde, klorofilli bitkisel tek hücreliler (algler) başta olmak üzere çeşitli mikroorganizmaların aşırı üremeleri; daha sonra ölüp çökerek dip çamurunun sürekli yükselmesi ile sonuçlanır. Ancak evsel ve endüstriyel atıkların bu yüzeysel sulara eklediği çeşitli besleyiciler ve bu arada azotlu maddelerin neden olduğu dip çamuru yükselmesi giderek göl ve körfezin bir bataklığa dönüşmesine yol açtığı gibi, aşırı üreme nedeni ile bulanıklaşan su kütlesi güneş ışığının geçmesine engel olacağından, oksijen üretiminin sadece en üst tabakaya ait bir özellik haline dönüşmesi kaçınılmazdır (Şengül ve Müezzinoğlu, 1993).

Analiz yoluyla organik azot ile amonyak azotu birlikte ölçülebilmekte ve Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) şeklinde nitelendirilmektedir. Bir suda organik azot ve amonyak bulunması, o suyun kısa bir zaman önce atık sularla kirlendiği anlamına gelir. Organik azot olsun, amonyak olsun Kjeldahl metoduyla tayin edilir. Bu metotta numune bağlı azotu amonyuma dönüştürmek için, sıcak derişik sülfürik asitle parçalanır. Oluşan çözelti soğutulur, seyreltilir ve bazik yapılır. Açığa çıkan amonyak ayarlı bir asitle tayin edilir (Çoban, 2007).

### **1.2.3. İnorganik Kirlenme Parametreleri**

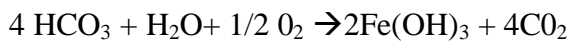
#### **1.2.3.1. Bor**

Sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularda oldukça yüksek konsantrasyonda bor bulunur. Bunun dışında boratların deterjan olarak kullanıldığı yerlerde sulardaki bor konsantrasyonu yüksektir. Suda bulunan borun en büyük etkisi tarım üzerinde görülmekle beraber, içme ve kullanma suyunda, su ürünleri üzerinde ve hayvan sulamasında da çeşitli zararları saptanmıştır (Hornick vd., 1970). Bitkilerin gelişmesi için gerekli olan bor, fazla bulunduğu zaman bitkiler için son derece zararlıdır. Borun az olması bitkide çeşitli dokuların oluşumunu ve gelişmesini

yavaşlatır, bitkilerin su düzenini bozar. Ancak sulama suyundaki bor derişiminin yüksek olması durumunda, bitki yaprağında sararma, yanma, yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile ürünlerde veriminin azaldığı gözlenmektedir. Bor'un toprakta ve sulama sularında oldukça düşük derişimlerde bulunmasına karşın, toprakta tutulma ve yıkanmasının güçlüğü nedeniyle toprakta hızla birikebilmekte ve tarımsal ürünlerin yetişmesini engellemektedir. Bor ince toprak tabakasında kalma oranla daha fazla birikmektedir. Bor derişimi 0.5 mg/1 olan su ile sulanan toprakta bor derişimi 4 mg/1 yi aşabilmektedir. İnsanlar tarafından meyve ve sebzelerden olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg bor vücuda alınabilmektedir. Su ve yiyecekler yoluyla alınan bor kısa sürede ve tamamen vücut tarafından soğurulmakta, ancak vücutta birikmeden idrar yoluyla atılmaktadır. Yetişkinler için öldürücü doz 5-45 gram olduğu değişik kaynaklarda verilmiştir (Güler, 1998).

### 1.2.3.2. Demir

Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir 2 değerlikte olabilir. Bunlar, iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halidir. Ferro demir kararlı bir iyon olmayıp ortamda oksijen varsa;



reaksiyonu gereğince demir-3-hidroksit halinde çökerek sudan ayrılır. İndirgeyici koşullar altında yukarıdaki reaksiyon tersine dönerek, suda bol miktarda ferro demir bulunabilir, pH değerinin 6-8 değerlikleri arasında üç değerlikli ferri demirin çözünürlüğü sınırlandırılmış olup, çözünürlük çarpımı 4.10<sup>10</sup> dan 5.10<sup>6</sup> dolayında olur. Daha düşük pH değerlerinde ferri demirin çözünürlüğü artar, çoğunlukla alkali karakterdeki sularda ferri demir, kolloidal halde görülür. Havanın etkisi veya klor ilavesiyle demir, ferri (+3) haline yükseltgenir ve hidrolize olarak çözünmeyen demir 3 oksit haline döner. Özel koşullar altında havadan sakınmaksızın toplanan laboratuvar numunelerinin çoğunda demir bu şekilde bulunur. Alkali yüzey sularında demir ender

olarak 1 mg/Lt değerinden daha fazla konsantrasyonlarda bulunur. Diğer taraftan bazı yeraltı sular ve asidik yüzey sularında fazla miktarda Fe bulunabilir. Litrede 0.3 mg dan itibaren demir içeren suların lezzeti hoş değildir. Böyle sular sanayi ve günlük gereksinim bakımından kullanılmaya da uygun değildir. Çünkü bazı küçük canlıların oluşumuna yardım ettikleri gibi bunların çoğularak (alg oluşumu) çöken hidroksitle beraber boruları tıkama tehlikesi vardır. Dokuma, boya, yıkama, tutkal, yapay ipek, fotoğraf malzemesi, cam, seramik maddeleri imal eden sanayiler litresinde 0,1 mg dan daha fazla demirli suları kullanamazlar. Bu gibi sular çöküp tıkama olasılığından dolayı kalorifer tesislerinde de kullanılmaz. En uygun litresinde 0, 05 mg dan fazla demiri olmayan suları kullanmak, bulunmadığı takdirde demiri tasviye yoluna gitmektir (Güler, 1998).

### **1.2.3.3. Magnezyum**

Magnezyum suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Sıcak sularda kırılğan bir kabuk meydana getirir. İnsan biyolojisinde gerekli bir mineraldir. Kemik, kas ve sinirsel dokularda bulunur. Magnezyum daha çok bir hücre içi elemandır. Yetişkin bir insanın günlük 35 mg magnezyuma gereksinimi vardır. Suda bulunan karbondioksit, karbonatlı ve sislikatlı minerallerdeki magnezyumun suya geçmesinde rol oynar. Granit ve silisli kumlarda bulunan suların kapsamında 5mg kadar magnezyum bulunur. Kireç taşı ve dolomitlerde ( $MgCa(CO_3)_2$ ) bulunan sulardaki magnezyum miktarı 10-15 mg civarındadır. Magnezyumun sülfat ve klorürleri suda kolay çözülür. Magnezyum suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan birisidir. Sıcak sularda kırılğan bir kabuk meydana getirir (Güler, 1998).

### **1.2.3.4. Mangan**

Toprakta minerallerden geçmiş mangana rastlanır. Toprak veya tortul kütlelerdeki mangan atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sularda, çok defa mangana rastlanır. Fakat miktarı çok az olup litrede 0, 3 mg ı geçmez. Yeraltı sularında bulunan mangan ortamda oksijenin bulunmayışı nedeniyle iki değerliklidir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi



çamurları içerisinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Manganın suda bulunmasının zararı endüstri sularında hemen hemen demirin etkisinin aynısıdır. Bu da suda bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0.5 mg/lt mangan dan fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çay ve kahve hazırlamaya, çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride manganlı suların arıtımı gerekmektedir (Güler, 1998).

Yüzeysel bir su kaynağının kalite sınıflandırması için ülkemizde kullanılan mevzuat 04.09.1998 tarihinde yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğidir (SKKY). Bu yönetmeliğe göre akarsular 4 ana sınıfa ayrılmıştır.

- a) I.Sınıf: Yüksek kaliteli su.
- b) II. Sınıf: Az kirlenmiş su.
- c) III. Sınıf: Kirli su.
- d) IV. Sınıf: Çok kirlenmiş su olarak tanımlanmaktadır.

**Tablo 1:** Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği-Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	<6, 9> dışında
3. Çözünmüş oksijen[DO]	8	6	3	<3
4. Oksijen doygunluğu %	90	70	40	>40
5. Klorür iyonu[Cl]	25	200	400	>400
6. Sülfat iyonu [SO <sub>4</sub> ]	200	200	400	>400
7. Amonyum azotu [NH <sub>3</sub> -N]	0.2	1	2	>2
8. Nitrit azotu[NO <sub>2</sub> -N]	0.002	0.01	0.05	>0.05
9. Nitrat azotu[NO <sub>3</sub> -N]	5	10	20	>20
10 Toplam fosfor	0.02	0.14	0.65	>0.65
11 Toplam çözünmüş madde[TDS]	500	1500	5000	>5000
12 Renk (Pt-Co)	5	50	300	>300
13 Sodyum [Na]	125	125	250	>250
B) Organik Parametreler				
1. KOİ	25	50	70	>70
2. BOİ	4	8	20	>20
3. Organik karbon	5	8	12	>12
4. Toplam Kjeldahi azotu [TKN]	0.5	1.5	5	>5
5. Emülsifiye yağ ve gres	0.02	0.3	0.5	>0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri	0.02	0.2	1	>1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri	0.02	0.1	0.5	>0.5
9. Toplam pestisid	0.001	0.01	0.1	>0.1
C) İnorganik Kirlenme Parametreleri				
1. Civa[Hg]	0.0001	0.0005	0.002	>0.002
2. Kadmiyum[Cd]	0.003	0.005	0.01	>0.01
3. Kurşun[Pb]	0.01	0.02	0.05	>0.05
4. Arsenik[As]	0.02	0.05	0.1	>0.1
5. Bakır[Cu]	0.02	0.05	0.2	>0.2
6. Krom (toplam)[Cr]	0.02	0.05	0.2	>0.2
7. Krom[Cr]	eser	0.02	0.05	>0.05
8. Kobalt[Co]	0.01	0.02	0.2	>0.2
9. Nikel[Ni]	0.02	0.05	0.2	>0.2
10 Çinko[Zn]	0.2	0.5	2	>2
11 Siyanür[SN]	0.01	0.05	0.1	>0.1

12 Florür[F]	1	1.5	2	>2
13 Serbest klor[Cl <sub>2</sub> ]	0.01	0.01	0.05	>0.05
14 Sülfür[S]	0.002	0.002	0.01	>0.01
15 Demir[Fe]	0.3	1	5	>5
16 Mangan[Mn]	0.1	0.5	3	>3
17 Bor[B]	1	1	1	>1
18 Selenyum[Se]	0.01	0.01	0.02	>0.02
19 Baryum[Ba]	1	2	2	>2
20 Alüminyum[	0.3	0.3	1	>1
21 Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-radyoaktivitesi	1	10	10	>10
beta-radyoaktivitesi	10	100	100	>100
D) Bakteriyolojik Parametreler				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	>2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	>100000

Belirtilenler hariç bütün birimler mg/L dir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanının Tanımı

Kütahya ve Eskişehir illerinin bir kısmını kapsayan 11188 km<sup>2</sup> büyüklüğündeki alan 29° 38' ve 31° 59' doğu boylamları ile 38° 44' ve 39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Doğu-batı doğrultusunda 202 km, kuzey-güney doğrultusunda 135 km'dir Kütahya ili sınırları içinde yaklaşık 1250 m. yükseklikteki kaynaklardan çıkan Porsuk Çayı 405 km. yol izleyerek Sakarya Nehri'ne karışmaktadır. Porsuk Çayı Havzası Ege, Marmara, İç Anadolu Bölgelerinin kesiştiği noktada bulunmaktadır. Her üç bölgenin özelliklerini de taşımaktadır (Öztürk, 2007).

Porsuk Çayı'nın en yüksek kotu 1250 m. civarındadır. Sakarya Nehrine bağlandığı noktada ise yaklaşık 650 m. dir. Yaklaşık 600 metrelik bir kot farkı bulunmaktadır. 405 km.lik bir uzunluğu bulunan Porsuk Çayı bazı kısımlarda dik eğimlere sahiptir.

Porsuk Çayı başlıca iki koldan meydana gelir. Bunlardan ilki ; “Porsuk Suyu” dur. Bu kolu meydana getiren sular Murat dağından, Altıbaş ovasındaki sazlığa inerler ve burada toplanarak göl suyunu meydana getirirler. Bunun kuzeye devamı “Porsuk Suyu” ismini alır. Kütahya ovasına girmeden önce Porsuk Çiftliği yakınlarında Koca Dağ dibindeki pınar sularını aldıktan sonra debisi artar. Diğeri ise; yine Kütahya İlinin batısından gelen Yoncalı ılıcalarının da fazla sularını alan ve Eskişehir'in “Porsuk Çayı” ismi ile geçen koludur. Bu iki kol Kütahya merkezinin 3 km kuzey-doğusunda (Çukur Ovada) birleşirler ve buradan itibaren de yine “Porsuk Çayı” adı altında akarlar. Porsuk Çayı Eskişehir İli sınırlarına İncesu Köyü'nün kuzey batısında yer alan Kalburcu Çiftlikleri mevkiinde dahil olur. Çıkışından itibaren umumiyetle dar ve eğimli bir vadi içinden akan Porsuk Çayı, il içinde önce soldan Kunduzlar Çayı'nı sonradan Kargın Deresi'ni alır. Eskişehir'in 8 km güneybatısında yer alan Orman Fidanlığı'ndan sonra eğimi hayli azalır ve bu durum Sakarya'ya karışmaya kadar devam eder. Porsuk Çayı, Eskişehir İl merkezine güney-batıdan sokulur ve batı yönünden girer. Daha önce şehrin

batısında Ertuğrulgazi Mahallesi yakınında soldan Sarısu olarak batı-doğu yönünde şehrin ortasından akmaya devam eder (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

İl merkezinden sonra Sakarya'ya karışınca kadar Porsuk'a katılan kollar kısa, debisi zayıf ve önemsizdir. Bunların birkaçı hariç tamamı ovanın kuzey ve güneyindeki yükseltilerden inen geçici sulardır. Nitekim şehri geçtikten sonra soldan Şeker Fabrikası Çiftliğinden Keskin- Muttalip derelerini içine alır Sakarya'ya kavuşmadan önce İlören köyünün kuzeyinden sağdan Sivrihisar dağları içinden gelen Pürtek Çayı'nı da bünyesine katar. Buradan takriben kuş uçuşu 16 km doğuda İl sınırını terk eder ve sınırın 6 km doğusundaki "Kıran Harman Köyü"nü 2 km kuzey-doğusundan da Sakarya'ya karıştır. Porsuk Çayı'nda şehir içinde yapılan ölçümlere göre maksimum debi (1961 taşkınında) 2000 m<sup>3</sup>/sn olarak ölçülmüştür. Yaz aylarında bazen akışın tamamen durmasına sebep Porsuk'un Kunduzlar kolundan sonra kurulmuş olan Porsuk Barajıdır. Ortalama debisi 10 m<sup>3</sup>/sn dir. Yıllık ortalama akıttığı su miktarı ise 300.000.000 m<sup>3</sup>/sn'dir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

Porsuk Havzası'ndaki akarsuları Porsuk Çayı ve kolları oluşturur. Havzanın yıllık ortalama su potansiyeli 481 hm<sup>3</sup> tür. Porsuk Çayı, Murat Dağı eteklerinden doğar, Porsuk kaynaklarını alıp Kütahya'yı geçtikten sonra kuzeydoğuya doğru bir yay çizerek Porsuk Baraj Gölü'ne girer ve çıkar. Eskişehir, Alpu, Beylikova, Sarıköy boyunca doğuya akar ve Beylikköprü civarında Sakarya Nehri'ne karışır. Çayın büyük kolları, güneyde Kokar Çayı, Murat Çayı, Porsuk Dere, Çat Dere, Değirmen Dere, Felent Çayı, Kınık Dere, Kuduzlu Dere, Kargın Dere, Uludere ve Musaözü Deresi oluşturur. Kuzey ve doğuda, Sarısu Çayı, Sarıungur Dere, Muttalip Dere, Mihaliççik Dere ve Pürtek Dere yer alır (Öztürk, 2007).

## **2.2. Porsuk Çayı ve Havzası Üzerindeki Kuruluşlar**

### **2.2.1. SARAR Giyim Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.**

Bu tesis Sümer Holding A.Ş.'ne bağlı Eskişehir Basma Sanayi İşletmesi iken 28.02.1996 yılında Sarar Giyim ve Tekstil Sanayi tarafından satın alınmış olup, faaliyetlerine devam etmektedir. Üretimi yılda 3.600.000 m<sup>2</sup> basma+terbiye ve boyama işlemidir. 22.5 saat, 3 vardiya halinde çalışmaktadır. Proses, içme ve kullanma suyunu şehir şebekesinden temin etmektedir. Sıvı atık miktarı 2500 m<sup>3</sup>/gün'dür. Sıvı atıkları, ön çöktürme ve pH ayarlaması işleme tabi tutulduktan sonra Belediye şehir kanalizasyonuna verilmektedir. Bu işlemlerle atıksu kanalizasyona verilme standartlarına indirilmesi öngörülmektedir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

### **2.2.2. Tülomsaş Eskişehir Lokomotif Fabrikası ve Atıkları**

Fabrika 1993 yılına kadar atıklarını belirli ameliyelerden geçirdikten sonra (yağ tutma, siyanür giderme gibi) fabrikanın hemen önünden Porsuk Çayına vermekteydi. Kanalizasyon işlemi tamamlandıktan sonra yine aynı işlemlerden geçirilerek kanalizasyon sistemine vermektedir. Fabrikanın atıksu miktarı 100 m<sup>3</sup>/gün'dür (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

### **2.2.3. Eskişehir Şeker Fabrikası ve Atıkları**

Eskişehir Şeker Fabrikası şeker pancarından beyaz şeker, melas ve ispiroto üretmektedir. 2006 yılı kampanya dönemi sonu itibariyle; Toplam kristal şeker üretimi : 191.410 ton/yıl Toplam melas üretimi : 25.695 ton/yıl Kampanya Ağustos ayında başlamaktadır ve 6 ay devam etmektedir. İspirto Fabrikası bütün yıl çalışmaktadır. Fabrika soğutma suyunu 400 m<sup>3</sup>/saat Porsuk Çayı'ndan çekmektedir. Diğer su ihtiyacını açmış oldukları derin kuyulardan sağlamaktadırlar. Porsuk Çayına verilen atıklar pancar yıkama ünitesinden ve ispiroto fabrikasından gelmektedir. 1993 yılına kadar sadece pancar yıkama ünitesinden gelen atıklar belirli bir işleme tabi tutularak (atık su havuzlara alınıyor, parçalama ve oksidasyon işleminden geçiriliyor) Porsuk'a

verilmekteydi. İspirto Fabrikasından gelen atıklar genelde hiçbir işleme tabi tutulmadan Porsuk Çayına verilmekteydi. Birkaç kez geçici tedbirler alındıysa da bunlardan bir verim alınamamıştır. Fakat 1993 yılında ispirto fabrikası atıkları (şilempe atıkları) için bir arıtma sistemi devreye sokulmuştur. Şilempedeki organik yükü büyük bir oranda azaltarak Porsuk Çayına vermektedir. Arıtma tesislerinden çıkan ürün değerlendirilmektedir. Arıtım tesisleri projesi Fransız Swenson firması tarafından yapılmıştır. Montajı Türk Şeker tarafından gerçekleştirilmiştir. Arıtım tesislerinde günde yaklaşık 150 ton buhar kullanılarak 7-8 kuru maddeli 600 ton seyreltik şlempe işlenmektedir. 66-68 kuru maddeli 65-70 ton konsantre şlempe elde edilmektedir. Manipilasyon kademelerinden birine 150 kg sülfürik asit verilerek potasyum, potasyum sülfat şeklinde tutulur. Elde edilen potasyum sülfat gübre olarak kullanılır. Konsantre şlempe hayvan yemi olarak (potasyumun ayrılması gereklidir) veya gübre olarak (gübre olarak kullanılacaksa içindeki potasyumun ayrılmasına gerek yoktur) kullanılabilir. İşletme masraflar arıtmadan çıkan ürünlerin satılmasıyla sağlanmaktadır. Ayrıca pancar yıkama atıklarınının arıtım üniteleri daha da geliştirilerek kapalı sistem olarak çalışması ve elde edilen suyun geri kullanılması planlanmaktadır. Şeker Fabrikasının atıksu miktarı 6000 m<sup>3</sup>/gün'dür (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

#### **2.2.4. Eskişehir 1. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı**

Kuruluşa ait fabrika ve atölyelerin atık su miktarı 50 m<sup>3</sup>/gün'dür. Yeterli arıtma yapıldıktan sonra atıksular Porsuk Çayına verilmektedir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

#### **2.2.5. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ve Atıkları**

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi 31 000 000 m<sup>2</sup>'lik toplam alana genişletilmesi planlanmış olup, 2006 yılı sonu itibarıyla 259 adet kuruluş faaliyet göstermektedir. Yaklaşık 70.000 m<sup>2</sup> alanda Eskişehir Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerden kaynaklanan endüstriyel ve evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla, 12.500 m<sup>3</sup>/gün debisinde Atıksu Arıtma Tesisi kurulması planlanmış olup, inşaat faaliyetleri Nisan 2007 başlanmıştır. Çevre

Kanununda Değişiklik yapılmasına dair 5491 sayılı kanunun geçici 4. maddesi gereğince, Organize Sanayi Bölgelerinin arıtma tesislerini tamamlamaları için 2 yıl süreleri olduğu için Eskişehir Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü yapılması devam edilen arıtma tesisi inşaatının bitmesiyle işletmeye alınmasının 01.05.2009 tarihinden önce olacağını taahhüt etmiştir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

### **2.2.6. Dersan Deri İşleme Sanayi**

Eskişehir'in Beylikova İlçesinde faaliyetini sürdürmektedir. 1980 tarihinde üretime geçmiştir. Günde 500-700 adet kuzu derisi işlemektedir (boyama işlemi dahil). Suyunu yüzeysel bir kuyudan (6 m derinlik) temin etmektedir. Fabrika atıkları için arıtma üniteleri vardır. Arıtmadan çıkan sıvı atıklar 150 m<sup>3</sup>/gün debiyle Porsuk'a verilmektedir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

### **2.2.7. Güven Süt San. Tic. A.Ş.**

Eskişehir'in Beylikova İlçesinde faaliyetini sürdürmektedir. 2002 yılında kapasite artırımını nedeniyle ÇED Yönetmeliğine göre Bakanlığımızca "ÇED Gerekli Değildir Kararı" verilerek inşaat faaliyetlerine başlamış ve yeni kapasiteye göre arıtma tesisi planlanmıştır. İmalatı süt ve süt ürünleri olup, tesiste mevcut olan kimyasal arıtma tesisi yeni tesis inşaat alanı içerisinde kalmıştır. Atık suları Porsuk Çayı'na deşarj edilmektedir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

## **2.3. Porsuk Çayı'nı Kirleten Evsel Atıklar**

### **2.3.1. Kaplıcalardan Gelen Atıklar**

Kaplıcalardan gelen atıklar kanalizasyona verilmektedir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).



### 2.3.2. Eskişehir Belediyesi Kanalizasyon Atıkları

Eskişehir Belediyesi kanalizasyon sisteminin büyük bir kısmı tamamlanmıştır. Eskişehir Atıksu Arıtma tesisleri inşaatı ESKİ tarafından Temmuz 1993 de başlatılmış ve 1998 yılında tamamlanarak faaliyete geçmiştir. Aktif Çamur Sistemi ile arıtma prensibine dayanmakta olup, günde 75.000 m<sup>3</sup> atıksu arıtma kapasitesine sahiptir. Atıksuyun Biyolojik Oksijen İhtiyacı 187 mg/Lt, Askıda Katı Madde miktarı 349 mg/Lt dir. Atıksu Arıtma tesisinde Kaba Izgaralar, Terfi İstasyonu, Otomatik Taraklama, Kum ve Yağ Tutucu Tankları, Ön Çökeltme Havuzları, Havalandırma Havuzları, Son Çökeltme Havuzu, Çamur Karıştırma Tankı, Çamur Yoğunlaştırma Tankı, Çamur Susuzlaştırma Ünitesi olmak üzere üniteler bulunmaktadır.

Eskişehir Büyükşehir Belediye Başkanlığı Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı, 14.08.2006 tarih ve AT/87 sayılı dilekçeleri ile İş Termin Planlarını Müdürlüğümüze sunarak, bu plan uyarınca, şu an 75.000 m<sup>3</sup>/gün kapasite ile çalışan tesise ek olarak 140.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli ilave tesislerinin Ocak 2010 tarihine kadar işletmeye alacaklarını taahhüt etmişlerdir (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

### 2.3.3. Sulama Kanallarına Verilen Atıklar

Porsuk Çayı Eskişehir girişinde Karacaşehir Regülâtörü ile sağ ve sol ana kanallar vasıtasıyla Eskişehir ve Alpu Ovaları sulanmaktadır. Bu sulama kanallarının Eskişehir içinden geçen bölümlerde, özellikle Porsuk Çayı Eskişehir girişinde Karacaşehir Regülâtör ile sağ ve sol ana kanallar vasıtası ile Eskişehir ve Alpu ovaları sulanmaktadır. Bu sulama kanallarının Eskişehir içinden geçen bölümleri özellikle evsel nitelikli açık atık kanalları olarak çalışmaktadır (Eskişehir İl Çevre Raporu, 2008).

#### **2.3.4. Porsuk Çayı Havzası Üzerindeki Kütahya İline Bağlı Kuruluşlar**

**2.3.5. Kütahya ili kanalizasyonu** 1992 yılına kadar Kütahya evsel atıkları direk Porsuk Çayı'na verilirken, 1992 yılından sonra Kütahya Pis Su Arıtma Tesisi kurulmuş, fakat bu tesis tam randımanlı çalışmamaktadır (Özyurt, 2004).

**2.3.6. Kütahya Belediye Mezbahası:** 1992 yılına kadar, büyük ve küçük baş hayvan olmak üzere günde 8-10 ton et üreten mezbaha atık sularını direk Porsuk Çayı'na verirken, bu tarihten sonra atık sularını Kütahya Pis Su Arıtma Tesisi'ne vermektedir (Özyurt, 2004).

**2.3.7. Kütahya Şeker Fabrikası:** Fabrika, 1954 yılında kurulmuştur. 1954 yılında kurulan fabrika yılda 96.121 kg/yıl organik atık, azot yükü ve 896 kg/yıl fosfor yükünü Porsuk Çayına direkt olarak vermektedir (Özyurt, 2004).

**2.3.8. Kütahya TÜGSAŞ Gübre Fabrikası:** 47 yıl önce kurulan Azot Fabrikası ülkemiz endüstrisindeki yeri çok büyüktür. Bu fabrika tarım için gerekli olan gübreleri ve savunma sanayiinde kullanılan TAN (Teknik Amonyum Nitrat) üretmektedir. Fabrikanın atık sularındaki önemli kirletici unsurlar nitrat, nitrit, amonyak tuzu ve AKM (Askıda Katı Madde)'dir (Özyurt, 2004).

**2.3.9. Kütahya KÜMAŞ Manyezit Fabrikası:** 1976 yılından beri faaliyette olan fabrika yüksek sıcaklığa dayanıklı sinter manyezit üretmektedir. Manyezit ve serpintenden meydana gelen yıkama suları Porsuk Çayı'na verilmektedir (Özyurt, 2004).

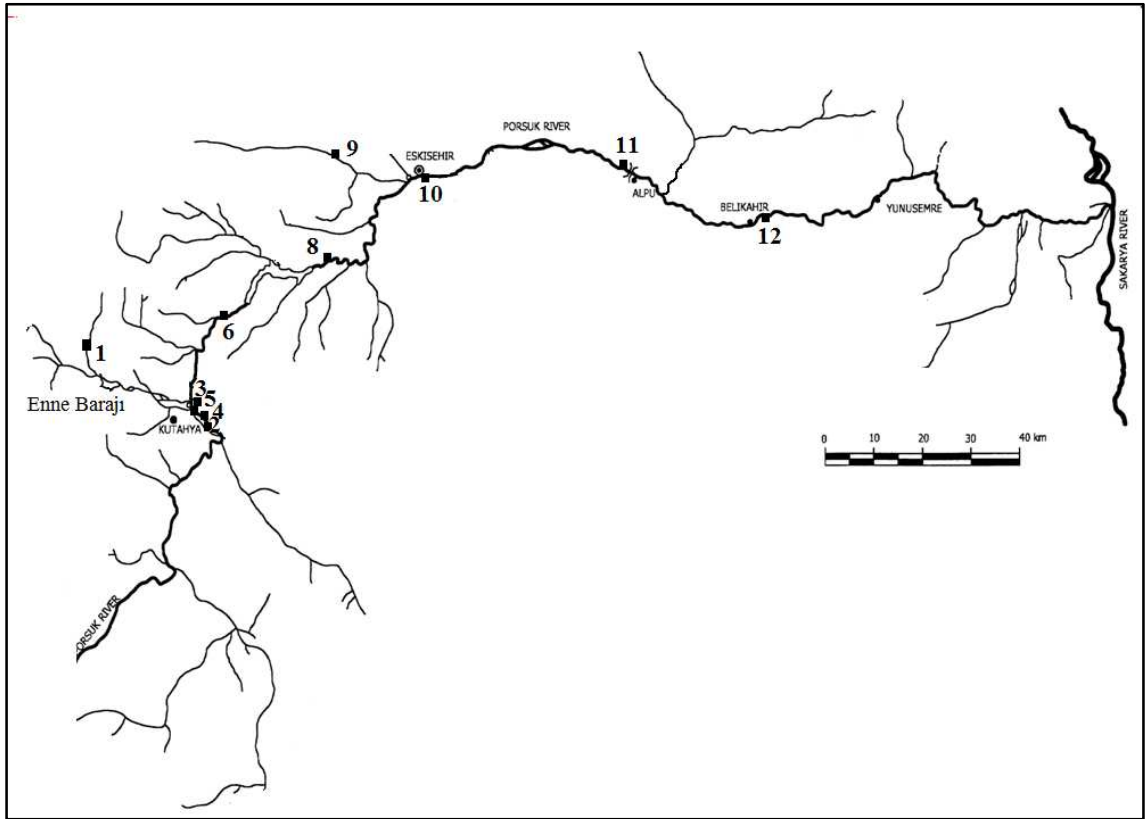
**2.3.10. Kütahya Seyitömer Termik Santrali:** Seyitömer Termik Santrali atık suları Güvez Deresi'ne verilmektedir. Fakat bu dere de Porsuk Çayı'na karışmaktadır [8,9]. Bütün bu kirletici etkenlere rağmen, Porsuk Havzasında kirliliğin önlenmesine yönelik ciddi önlemler alınmamıştır (Özyurt, 2004).

## 2.4. Örneklerin Toplanması

Porsuk Çayı su kalitesi tespiti amacıyla Ocak 2009 – Ekim 2009 tarihleri arasında, mevsimsel olarak (Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim 2009 tarihlerinde olmak üzere dört mevsimi yansıtacak şekilde) 12 istasyondan su örnekleri alınmıştır. Çalışma alanı ve istasyonlar Şekil 1’de verilmiştir.

Örneklerin toplanması sırasında suyun bazı fiziko-kimyasal özellikleri de ölçülmüştür. pH, sıcaklık, DO, turbidite, Elektriksel İletkenlik, WQC-22A marka cihaz ile arazide; BOI Enotek marka BOD<sub>5</sub> cihazı ile, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, TKN, COD, SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, Mg, B ise, laboratuvarında 24 saat içinde analiz edilmiştir.

Su örnekleri, steril kahverengi şişelere su akıntısına ters yönde yüzeyin 5-10 cm altından alınıp, laboratuvara soğuk zincir sistemiyle getirilmiştir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) standart metodlara göre yapılmıştır.



**Şekil 1a:** Porsuk Çayı Havzası ve örnek alınan İstasyonlar.



Şekil 1b: Porsuk Çayı Havzası (www.mta.gov.tr, 2007; Devlet Su İşleri, 2001).

### 3. BULGULAR

Çalışma alanı olan Porsuk Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi amacıyla, Ocak 2009- Ekim 2009 tarihleri arasında belirlenen 12 istasyondan örnekler mevsimsel olarak toplanmış ve incelenmiştir. 12 istasyondan elde edilen su örnekleri incelenerek sonuçlar istasyon bazında Tablo 2' de verilmiştir.

**Tablo 2.** Örnek alınan istasyonlarda ölçülen su kalite parametreleri ve değerleri.

**Tablo 2b.** 1.İstasyon

1.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
<b>Parametreler</b>			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	9	20	22,5	12,5
pH		I.	5,1	8	8,1	8
Bulanıklık	NTU		7,5	4	12,5	7
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	I.	0,106	0,169	0,4	0,181
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	III.	0,014	0,146	0,046	0,021
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	I.	1,32	0,57	0,37	0,94
Çözünmüş oksijen	mg/l	I.	11,4	5,9	6,2	8,5
Sülfat iyonu	mg/l	I.	36,7	21,2	19,2	20,7
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/l	I.	1,63	2,44	1,48	0,69
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/l	I.	11	11,1	9,8	12,2
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/l	III.	3,6	3,2	3,1	4,2
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/l	I.	0,05	0,03	0,14	0,02
Mangan	mg/l	I.	0,01	0,11	0,04	0,02
Magnezyum	mg/l		22,1	24,3	17,9	17,1
Bor	mg/l	I.	0	0	0	0

**Tablo 2b.** 2. İstasyon, Kütahya Arıtma tesisi öncesi.

2.İstasyon Parametreler	Birim	Kalite sınıfı	Örnekleme tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	8	9	22	21
pH		IV.	8,2	8,1	9	8,4
Bulanıklık	NTU		14	16	25	14,9
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,102	0,168	0,302	0,084
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,016	0,019	0,014	0,035
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,65	0,73	0,41	0,75
Çözünmüş oksijen	mg/L	I.	13	10	10,3	12
Sülfat iyonu	mg/L	I.	29,3	31,1	20,5	24,7
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	I.	0,7	1,59	1,55	0,62
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	I.	17	35	9,9	13
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	III.	4,6	3,2	3,3	5,2
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	I.	0,04	0,06	0,28	0,11
Mangan	mg/L	I.	0,06	0,04	0,06	0,05
Magnezyum	mg/L		20,3	22,6	17,6	31,6
Bor	mg/L	I.	0,03	0,05	0,2	0

**Tablo 2c.** 3. İstasyon, Kütahya Azot Fabrikası öncesi.

3.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>Parametreler</b>						
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	8	9	21,5	22,5
pH		I.	7,8	7,9	8,1	7,7
Bulanıklık	NTU		15,5	72	28	15
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	3,3	2,52	3,02	5,2
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	IV.	0,052	0,065	0,055	0,056
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,33	0,59	0,72	0,15
Çözünmüş oksijen	mg/L	III.	5,5	8	1,9	3,1
Sülfat iyonu	mg/L	I.	31,1	39,2	29	35,1
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	24	26	14	28
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	53	64	24,8	66
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	III.	4,3	4,2	3,45	5,7
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	II.	0,42	0,85	0,38	0,23
Mangan	mg/L	II.	0,13	0,18	0,11	0,16
Magnezyum	mg/L		27,7	26,6	7,5	33,1
Bor	mg/L	I.	0,02	0,08	0	0,05

**Tablo 2d.** 4. İstasyon, Kütahya Arıtma tesisi sonrası.

4.İstasyon Parametreler	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C <sup>o</sup>	I.	10	10	22	22
pH		I.	7,9	8	8,5	7,7
Bulanıklık	NTU		12,2	20	17	13,2
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	3,3	3,02	2,38	10,5
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	IV.	0,087	0,063	0,168	0,093
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,77	0,56	1,53	0,66
Çözünmüş oksijen	mg/L	II.	4,5	8,6	7,6	2,4
Sülfat iyonu	mg/L	I.	34	37	36,5	35,4
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	7,6	8	6,13	40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	45	55	27,7	75
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	3,5	3,9	3,12	20,6
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	I.	0,2	0,25	0,19	0,16
Mangan	mg/L	II.	0,11	0,09	0,09	0,14
Magnezyum	mg/L		23,4	25,4	11,6	32,7
Bor	mg/L	I.	0,07	0,07	0,08	0,07



**Tablo 2e.** 5. İstasyon, Kütahya Azot Fabrikası sonrası.

5.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>Parametreler</b>						
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	9	9	21	21,5
pH			8	8	8,1	7,8
Bulanıklık	NTU		46	153	30	29
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	4,56	3,52	3,04	8,05
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	IV.	0,058	0,051	0,103	0,056
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	2,01	1,57	2,02	2,15
Çözünmüş oksijen	mg/L	III.	7,1	7,1	2,2	2,5
Sülfat iyonu	mg/L	I.	36,4	39,8	33	40,2
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	14	16	13	27
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	II.	41	56	24,8	49
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	4,03	3,6	3,89	8,12
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	II.	0,87	1,58	0,21	0,19
Mangan	mg/L	II.	0,18	0,22	0,11	0,2
Magnezyum	mg/L		21,4	27,7	4	36,1
Bor	mg/L	I.	0,05	0,07	0,03	0,02

**Tablo 2f. 6. İstasyon**

6.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>Parametreler</b>						
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	8	8	20,5	21
pH		I.	8	8,2	8,2	7,7
Bulanıklık	NTU		20	51	254	11
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	3,46	3,692	3,06	7,15
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	IV.	0,08	0,046	0,181	0,193
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	1,33	1,47	1,12	1,71
Çözünmüş oksijen	mg/L	III.	5,85	6,95	2,5	2,6
Sülfat iyonu	mg/L	I.	35,5	38,6	35,6	46,8
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	24	20	73	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	46	53	124,7	80
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	4,3	5,3	6,8	7,3
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	II.	0,67	0,57	1,4	0,27
Mangan	mg/L	II.	0,14	0,15	0,18	0,18
Magnezyum	mg/L		22,6	25,8	10	37,3
Bor	mg/L	I.	0,12	0,09	0,14	0,17

**Tablo 2g. 7. İstasyon**

7.İstasyon Sabuncu Köprüsü	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
Parametreler			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	9	9	21	23
pH		I.	7,9	8	7,8	7,9
Bulanıklık	NTU		44	164	88	31,6
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	3,4	3,86	3,42	7,2
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	IV.	0,072	0,063	0,098	0,064
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,93	1,87	0,95	0,83
Çözülmüş oksijen	mg/L	III.	6,3	6,3	4,5	5,2
Sülfat iyonu	mg/L	I.	34,6	49,6	39	54,6
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	23	22	15	16
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	55	82	24,8	70
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	4,7	5,8	4,11	7,7
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	II.	1,02	1,32	1,03	0,53
Mangan	mg/L	II.	0,19	0,21	0,17	0,13
Magnezyum	mg/L		28,6	33,2	10	41,6
Bor	mg/L	I.	0,16	0,12	0,12	0,2

**Tablo 2h.** 8. İstasyon, Porsuk Barajı sonrası.

8.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
Parametreler			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	4	5	9,5	13
pH		I.	7,9	8,5	7,8	8
Bulanıklık	NTU		13	7	3	14,5
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	II.	0,335	0,239	0,626	1,51
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,024	0,014	0,089	0
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,24	0,25	0,23	0
Çözülmüş oksijen	mg/L	I.	12,6	10,2	11,4	7,8
Sülfat iyonu	mg/L	I.	37,5	38,6	39,6	46,4
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	I.	3,66	3,47	2,06	2,14
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	46	57	26,7	76
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	4,6	5,2	4,1	7,3
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	I.	0,05	0,06	0,01	0,16
Mangan	mg/L	II.	0,4	0,6	0,1	0,04
Magnezyum	mg/L		37,6	39,5	33,4	44,5
Bor	mg/L	I.	0,09	0,16	0,07	0,07

**Tablo 2i.** 9. İstasyon

9.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>Parametreler</b>						
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	5	12	13	9,5
pH		I.	8,5	8,1	8	8,2
Bulanıklık	NTU		5	23	10	45
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	II.	0,67	0,248	0,468	0,178
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,006	0,015	0,065	0,015
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0,59	0,79	0,22	0,83
Çözülmüş oksijen	mg/L	I.	10,2	8,5	8,7	9,7
Sülfat iyonu	mg/L	I.	36,6	35,9	39,1	34,7
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	I.	2,73	3,8	3,09	4,45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	II.	38	19,2	10,8	33,7
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	6,7	5,6	6,1	7,2
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	I.	0,11	0,27	0,2	0,61
Mangan	mg/L	II.	0,06	0,02	0,14	0,2
Magnezyum	mg/L		39,4	35,9	27	30,5
Bor	mg/L	I.	0,1	0,07	0	0

**Tablo 2j.** 10. İstasyon, Eskişehir Şeker Fabrikası sonrası.

10.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
<b>Parametreler</b>			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	8,5	15,5	17	14,5
pH		I.	8,4	8,1	8,33	8
Bulanıklık	NTU		60	122	9,1	22
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	III.	1,066	0,518	0,398	2,8
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,022	0,042	0,081	0,037
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	1,67	0,77	0,34	1,07
Çözünmüş oksijen	mg/L	I.	9,1	7,9	9,7	8,8
Sülfat iyonu	mg/L	I.	47,4	42,2	41,4	46,4
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	18	7	3,63	39
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	III.	45	38,3	41,2	96,9
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	III.	1,94	0,8	1,9	1,2
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	III.	1,61	2,,68	0,88	0,42
Mangan	mg/L	II.	0,17	0,25	0,09	0,14
Magnezyum	mg/L		43,7	39,6	38,9	15,2
Bor	mg/L	I.	0,09	0,06	0	0

**Tablo 2k.** 11. İstasyon, Alpu.

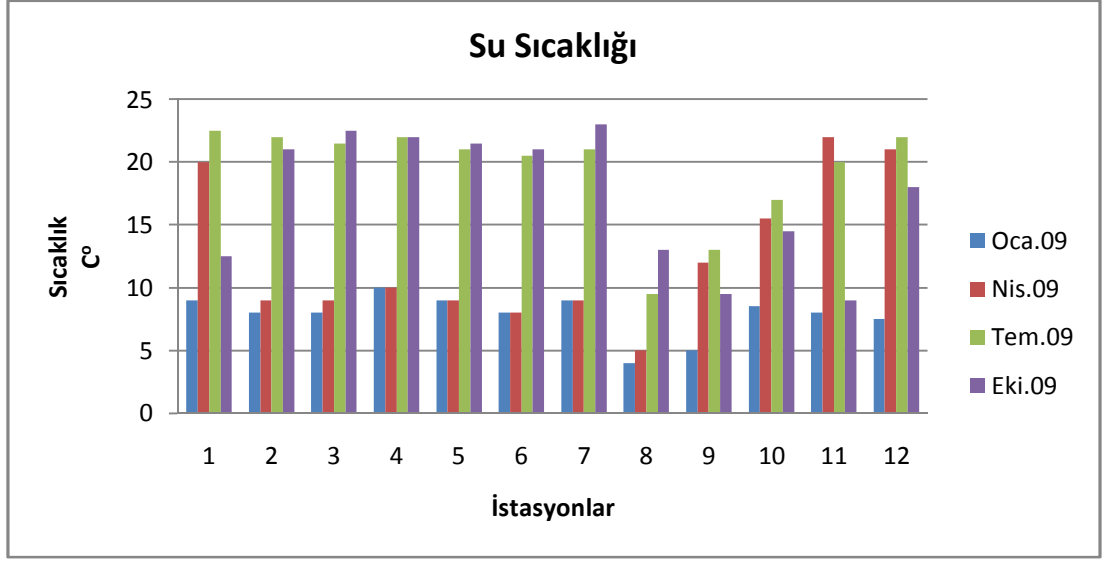
11.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
<b>Parametreler</b>			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	8	22	20	9
pH		I.	7,8	7,8	7,8	7,7
Bulanıklık	NTU		60	184	57,9	29
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	11,9	17,1	4,93	9,22
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,005	0	0,049	0,01
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0	0	0,07	0
Çözünmüş oksijen	mg/L	IV.	1,4	0,3	4,1	2
Sülfat iyonu	mg/L	I.	71,6	50	50,4	56
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	50	86	18	39
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	168	283,2	63,7	114,2
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	12,61	19,1	6,2	8,9
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	III.	0,86	3,16	0,85	0,49
Mangan	mg/L	II.	0,14	0,35	0,17	0,21
Magnezyum	mg/L		47,4	35	34,8	8,5
Bor	mg/L	I.	0,28	0,44	0,06	0,11

**Tablo 21.** 2. İstasyon, Beylikova.

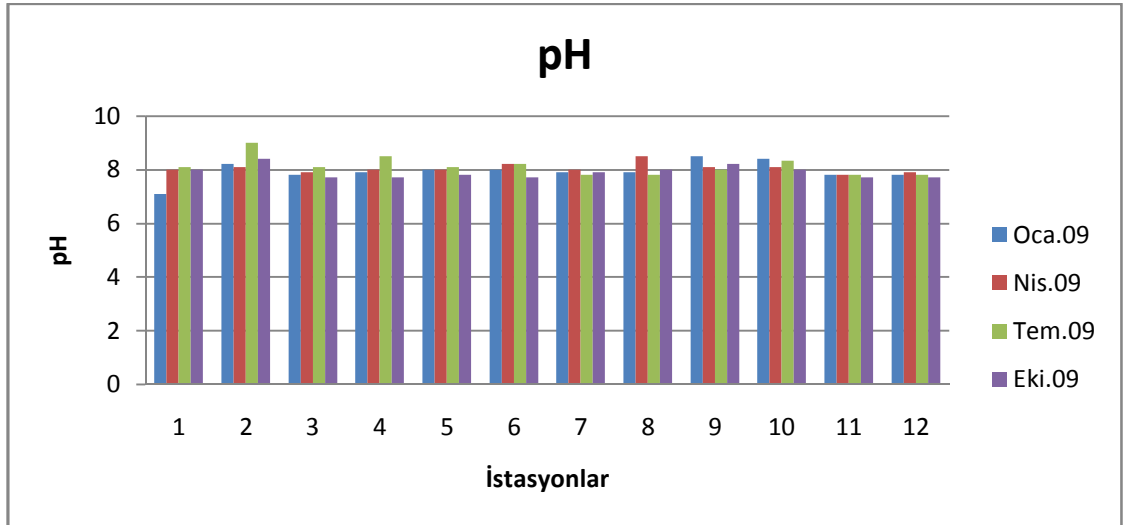
12.İstasyon	Birim	Kalite sınıfı	Örneklem tarihleri			
<b>Parametreler</b>			Oca.09	Nis.09	Tem.09	Eki.09
<b>A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>						
Sıcaklık	C°	I.	7,5	21	22	18
pH		I.	7,8	7,9	7,8	7,7
Bulanıklık	NTU		48	26	39,2	47
Amonyum azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	IV.	15,8	17,9	5,04	12,7
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	III.	0,004	0	0,06	0,001
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	I.	0	0,26	0	0,04
Çözünmüş oksijen	mg/L	IV.	2,4	0,9	2,7	2
Sülfat iyonu	mg/L	I.	87,6	58,6	54	59,2
<b>B) Organik Parametreler</b>						
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	51	42	10	41
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	IV.	142	89,7	46,1	127,5
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	IV.	16,95	21	6,2	7,9
<b>C) İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Demir	mg/L	II.	0,62	0,13	0,71	0,54
Mangan	mg/L	II.	0,12	0,11	0,2	0,26
Magnezyum	mg/L		48,6	42,3	42,8	5,5
Bor	mg/L	I.	0,38	0,44	0,24	0,2

Porsuk Çayı üzerinde çalışılan 12 istasyondan elde edilen her bir parametrenin mevsimsel değişimi ise Şekil 2’de verilmiştir.

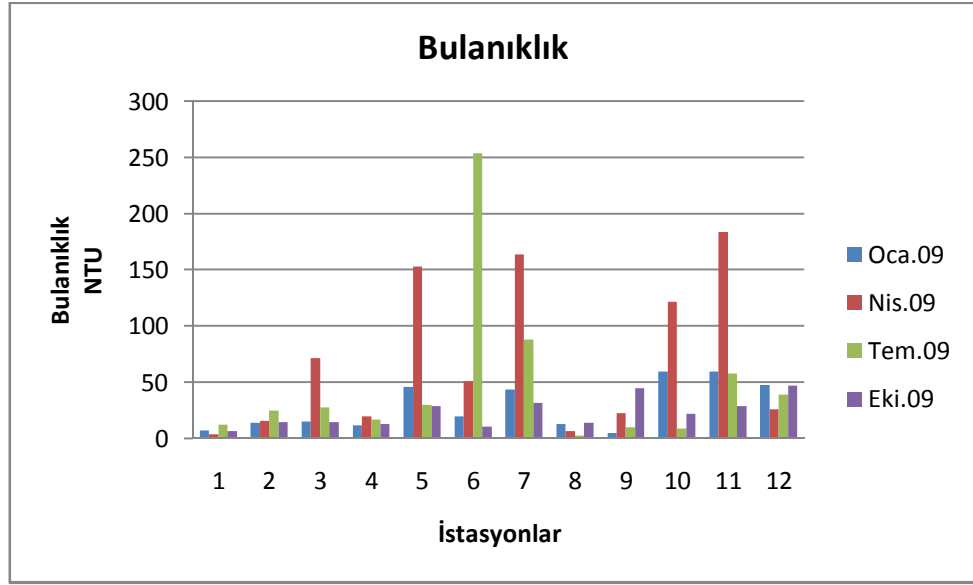




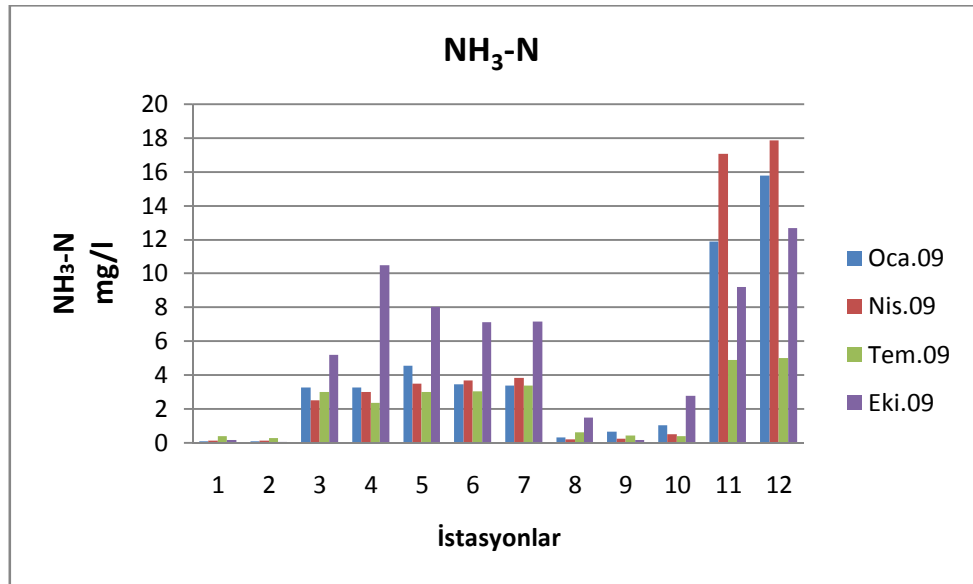
**Şekil 2a:** Su sıcaklığının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



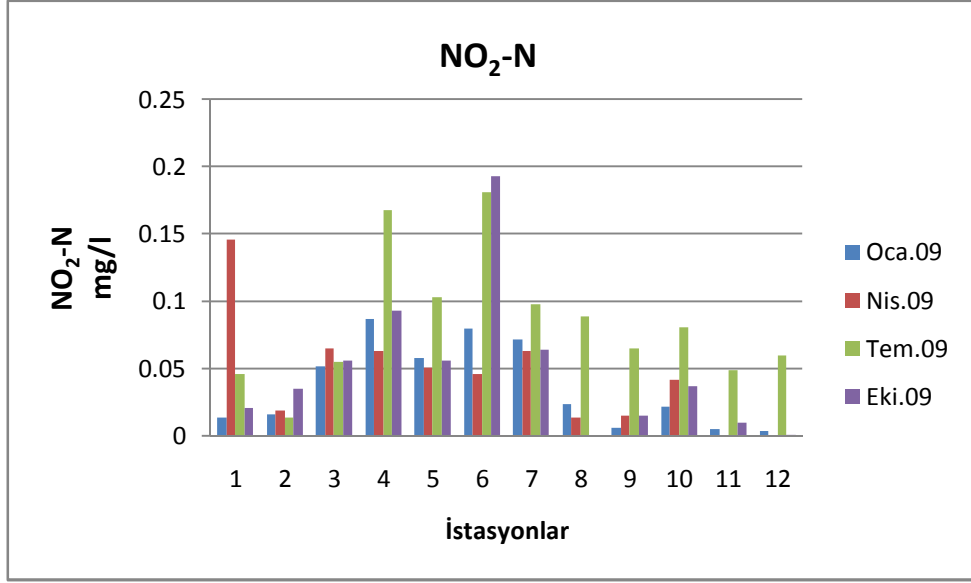
**Şekil 2b:** pH değerlerinin 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



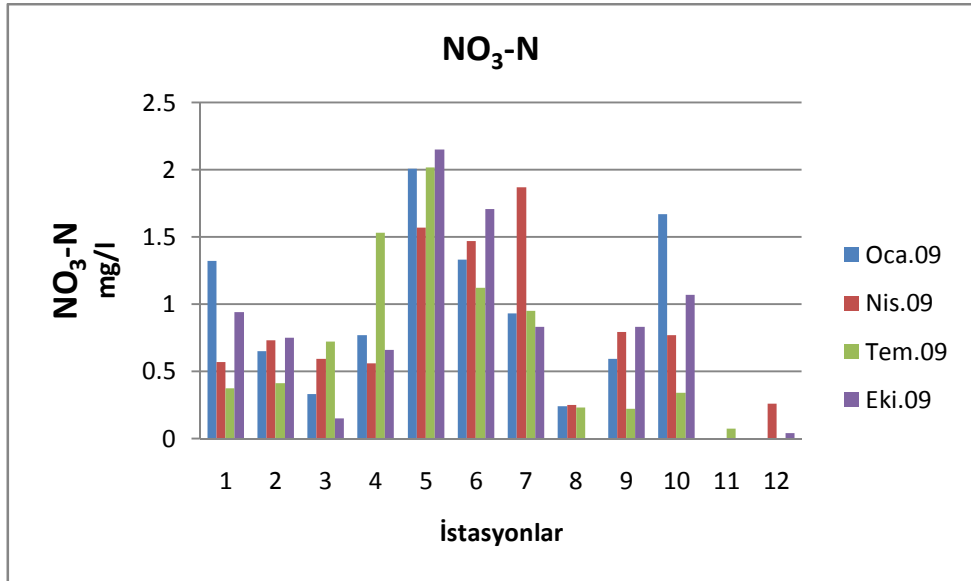
Şekil 2c: Bulanıklılığın 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



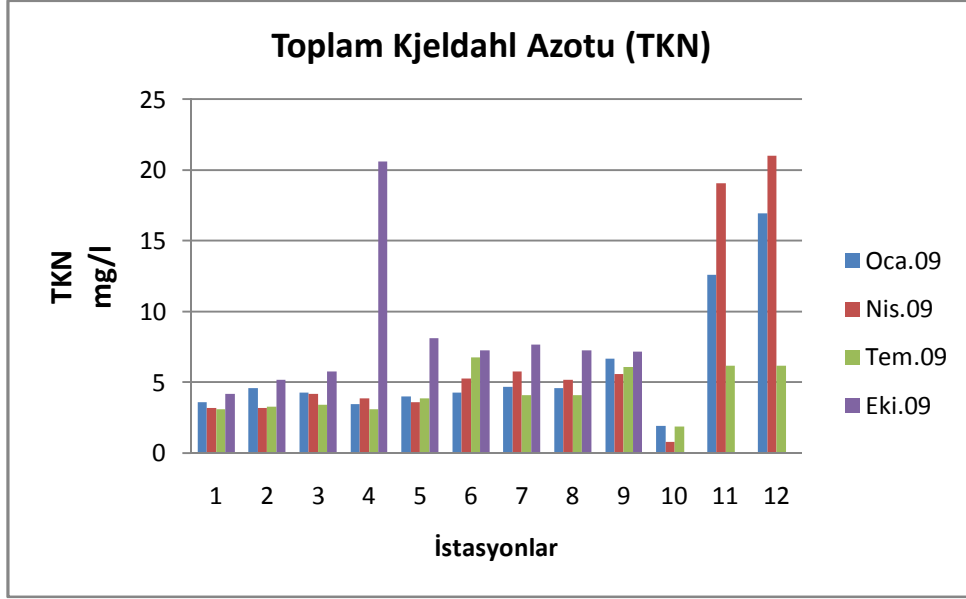
Şekil 2d: Amonyum azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



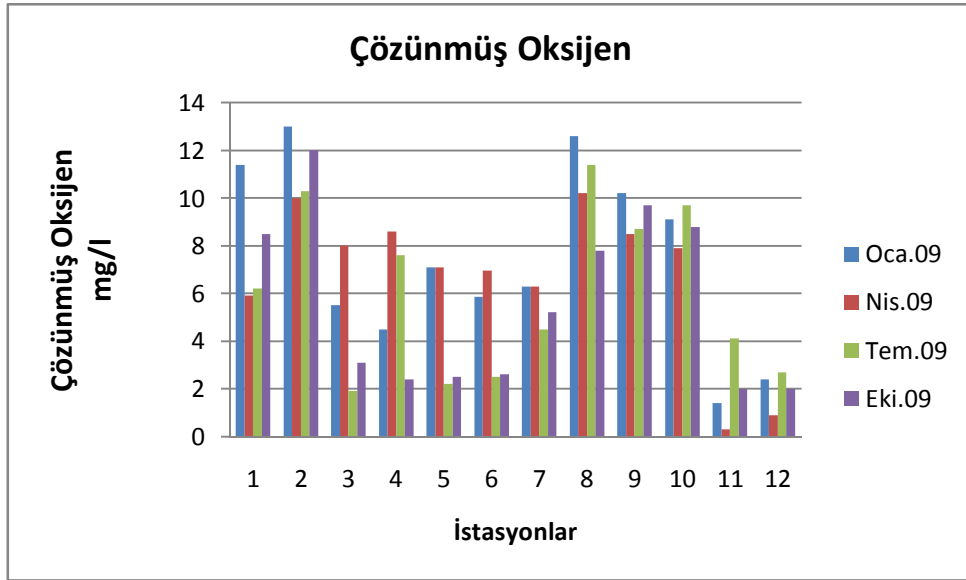
Şekil 2e: Nitrit azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



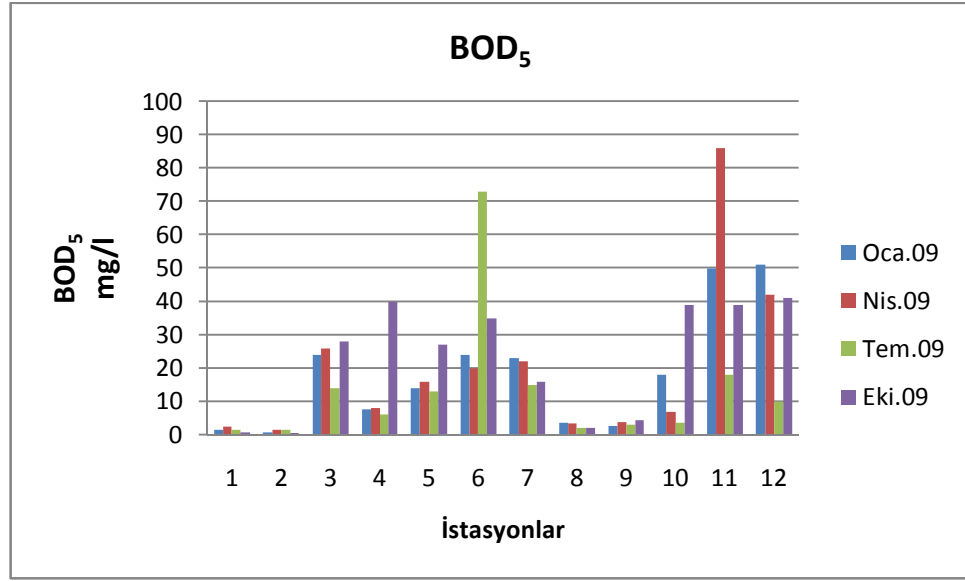
Şekil 2f: Nitrat azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



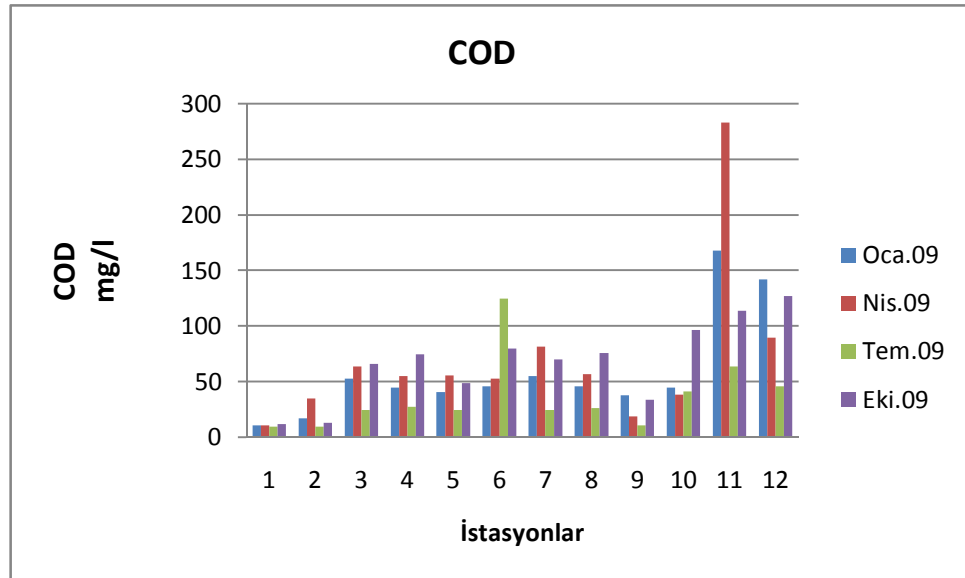
**Şekil 2g:** Toplam Kjeldahl Azotunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



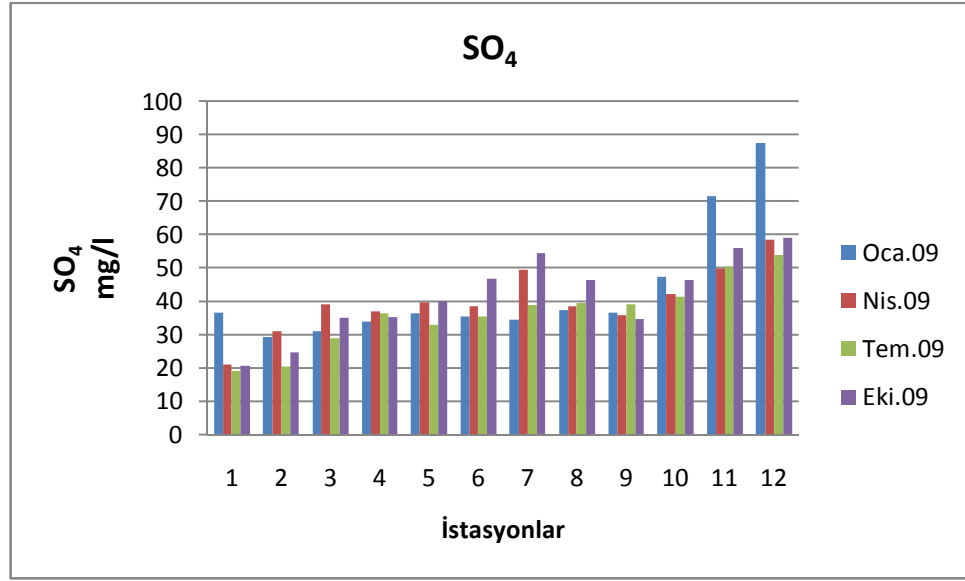
**Şekil 2h:** Çözünmüş oksijenin istasyondaki mevsimsel değişimi.



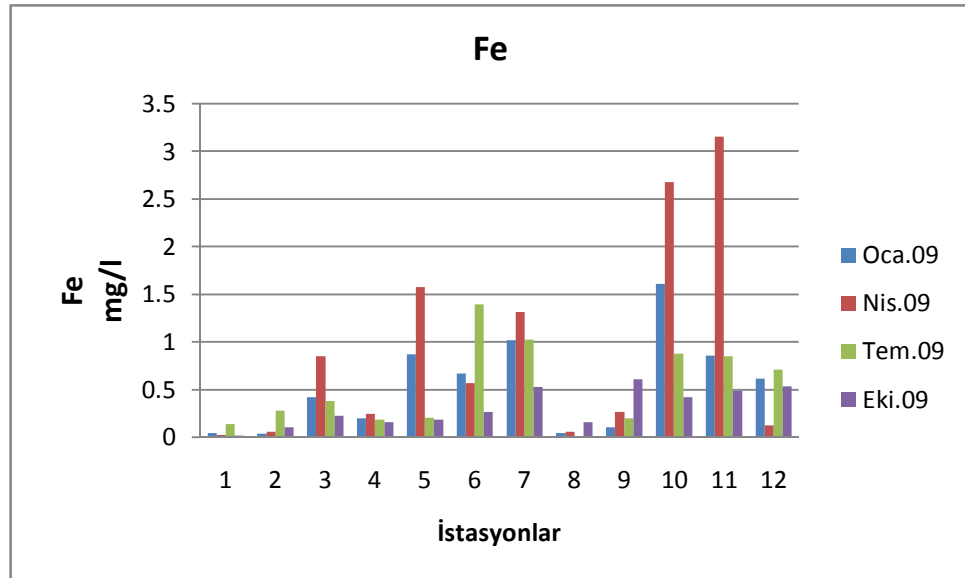
**Şekil 2i:** Biyolojik Oksijen İhtiyacının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



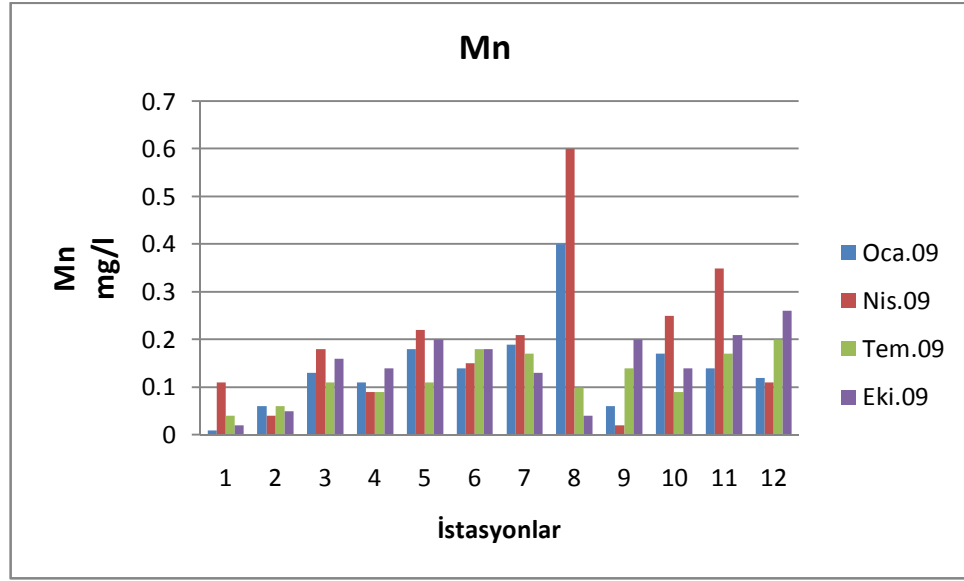
**Şekil 2j:** Kimyasal Oksijen İhtiyacının 12 istasyondaki mevsimsel değişimi



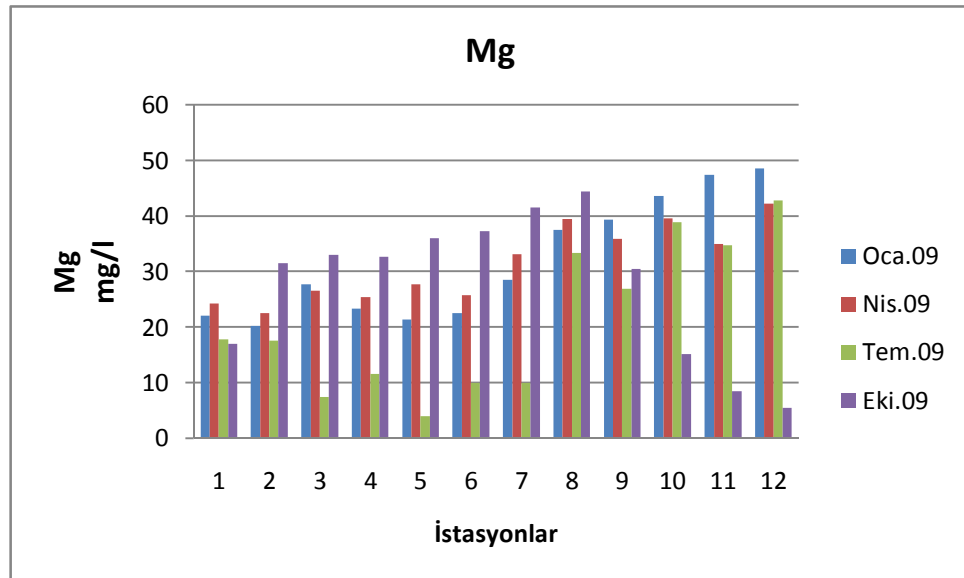
**Şekil 2k:** Sülfat iyonunun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



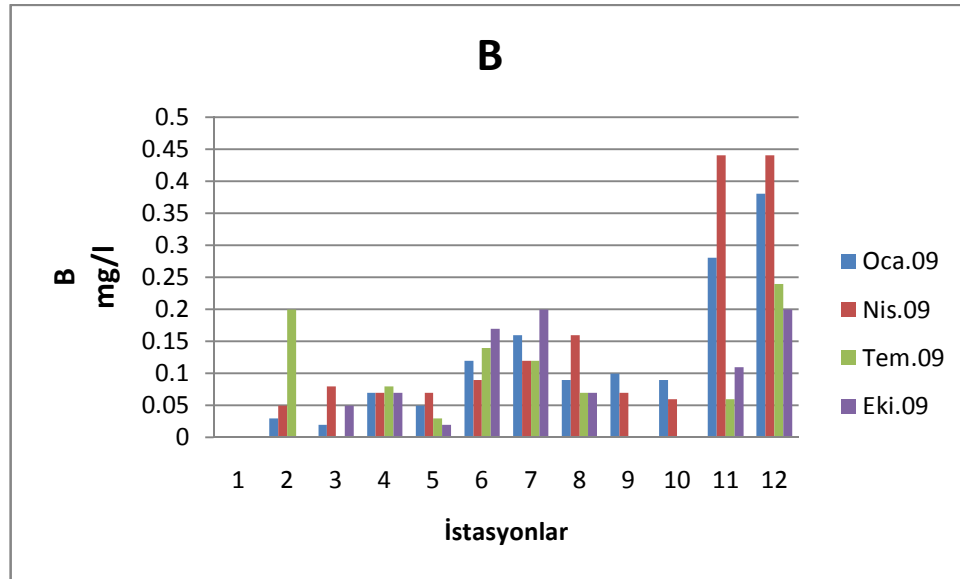
**Şekil 2l:** Demirin 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



**Şekil 2m:** Manganın 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



**Şekil 2n:** Magnezyumun 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.



**Şekil 2o:** Bor'un 12 istasyondaki mevsimsel değişimi.

Bu çalışma, Porsuk Çayı'nın su kalitesini incelemek amacı ile Ocak 2009 ve Ekim 2009 tarihleri arasında mevsimsel(Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim) olarak gerçekleştirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi Porsuk Çayı üzerinde on iki örnekleme noktası seçilmiş, bu örnekleme noktalarında fiziko-kimyasal analizler yapılmıştır.

Akarsu yatağı üzerinde seçilen örnekleme noktalarında su sıcaklığı mevsimsel şartlara ve akarsu akımına bağlı olarak değişim göstermektedir. Araştırma sonuçları Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler açısından değerlendirildiğinde;

Arazi çalışması süresince en yüksek su sıcaklığı 7. istasyon olarak belirlenen Sabuncu Köprüsü örnekleme noktasında 23 °C, en düşük su sıcaklığı ise 8. istasyon olarak belirlenen Porsuk Çayı Baraj Çıkışı örnekleme noktasında 4°C olarak saptanmıştır.

Porsuk Çayı'nda pH, akarsu genelinde çok büyük değişimler göstermemektedir. Tüm mevsimlerde yapılan ölçümlere bakıldığında, en düşük pH değeri (5.1) Ocak



2009'da 1. İstasyon olarak tespit edilen Ağaçköy örnekleme noktasında, en yüksek değer (9) ise Temmuz 2009'da 2. İstasyon olarak belirlenen Kütahya Pissu Arıtma öncesi örnekleme noktasında görülmüştür. Çalışma boyunca ölçülen pH değerlerine göre 2. İstasyon (Kütahya Pis su arıtma öncesi) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerince IV. Sınıf su kalitesinde, 2. İstasyon dışındaki tüm istasyonlarda pH değerleri bu istasyonların I. Sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir.

Bulanıklık açısından Porsuk Çayı'nda yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, en düşük değer (3 NTU) Temmuz 2009'da 8. istasyonda, en yüksek değer ise (254 NTU) ise Temmuz 2009'da 6. istasyonda tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı suyunda en yüksek amonyum azotu miktarı 12. istasyonda (Beylikova) Nisan 2009'da 17,9 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu örnekleme noktasını Nisan 2009 örneklemesindeki 17,1 mg/L'lik değer ile 11. istasyon (Alpu) takip etmektedir. En düşük değerler ise Ekim 2009'da 2. istasyonda (Kütahya Pissu arıtma öncesi) 0.084 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma boyunca yapılan Amonyum azotu ölçümleri değerlendirildiğinde, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Kalite Kriterlerine göre I. Sınıf su kalitesine giren istasyonlar; 1., 2. ve 3. istasyonlardır. II. Sınıf su kalitesine giren istasyonlar 8. ve 9. istasyonlardır. III. Sınıf su kalitesi 10. İstasyonda, IV. Sınıf su kalitesi ise 4., 5., 6., 7., 11. ve 12. istasyonlardır.

Nitrit azotuna ait en yüksek değerler 6. istasyonda (0,193 mg/L) Ekim 2009 ve Temmuz 2009'da (0,181 mg/L) tespit edilmiştir. Nitrit azotunun en düşük değeri 0,001 mg/L olarak Ekim 2009'da Beylikova örnekleme noktasında ölçülmüştür. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre nitrit azotu bakımından III. Sınıf su kalitesine giren örnekleme noktaları 1., 2., 8., 9., 10., 11., ve 12. istasyonlardır. IV. Sınıf su kalitesine giren istasyonlar ise 3., 4., 5., 6. ve 7. örnekleme noktalarıdır.

Nitrifikasyonun son ürünü olarak bilinen nitrat azotu için Porsuk Çayındaki örnekleme noktalarında yapılan ölçümler sonucu en yüksek değer Ekim 2009 örnekleminde 5. istasyonda 2,15 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer ise Ekim 2009'da 12. istasyonda 0,04 mg/L olarak ölçülmüştür. Nitrat azotu bakımından Porsuk Çayı'nda çalışılan istasyonlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre, 3. İstasyon IV. Sınıf, diğer istasyonların tümü I. Sınıf su kalitesi sınıfına girmektedir.

Porsuk Çayı suyu tespit edilen çözülmüş oksijen konsantrasyonlarına göre 1., 2., 8., 9. ve 10. istasyonlar I. Sınıf su kalitesinde iken, 4. istasyon II. Sınıf su kalitesi, 3., 5., 6. ve 7. istasyonlar III. Sınıf su kalitesi, 11. Ve 12. İstasyonlar ise IV. Sınıf su kalitesinde olarak tespit edilmiştir.

Suyun kimyasal ekolojisinde organik kirlenmenin bir ölçüsü olarak bilinen BOI'in Porsuk Çayı'nda en yüksek ölçülen değeri Nisan 2009 örnekleminde 11. İstasyonda, 86 mg/L olarak tespit edilmiştir. 2. İstasyonda Ekim 2009 tarihinde ölçülen 0,62 mg/L değeri ise bu çalışmada tespit edilen en düşük BOI değeridir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğince 12 istasyonun BOI değerlerine göre sınıflandırılması;

1., 2., 8. ve 9. istasyonlar I. Sınıf su;

4., 5., 7. ve 10. istasyonlar noktaları III. Sınıf su;

3., 6., 11. ve 12. istasyonlar ise IV. Sınıf su kalitesini göstermektedir.

Atık suların değerlendirilmesinde önemli bir parametrelerden biri olan KOİ'nin, Porsuk Çayı'ndaki en düşük değeri (8 mg/L) 1. istasyonda, Temmuz 2009 örnekleminde tespit edilirken En yüksek değeri ise 11. istasyonda Nisan 2009 örnekleminde 283,2 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında 1.ve 2. istasyonlar I. Sınıf su kalitesine girerken; 2., 5., 9. istasyonlar II. Sınıf su kalitesinde, 3., 4., 8. ve 10. istasyonlar III. Sınıf su kalitesinde; 6., 7., 11. ve 12. istasyonlar ise IV. Sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı'nda en yüksek Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) miktarı Nisan 2009'da 12. istasyonda 21 mg/L olarak tespit edilirken en düşük değer ise Nisan 2009'da 10. istasyonda 0,8mg/L olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre Porsuk Çayı istasyonları Toplam Kjeldahl Azotu değerlerine göre genellikle III. ve IV. Kalite su sınıfına girmektedir.

Porsuk Çayı'nda ölçülen en yüksek Sülfat değeri 12. İstasyonda, Ocak 2009'da, 87.6 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise 1. İstasyonda, Temmuz 2009 örnekleminde 20,7 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümler sonucunda, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı'nda en yüksek demir konsantrasyonu 11. istasyonda 3,16 mg/L (Nisan 2009 örnekleminde) olarak belirlenmiştir. Bunu takiben en yüksek ikinci değer 10. istasyonda 2.68 mg/L (Nisan 2009 örnekleminde) tespit edilmiştir. En düşük değer ise 0,02 mg/L olarak 1. istasyonda Ekim 2009'da tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre; 1.,2., 4., 8. ve 9. istasyonlar I. Sınıf su kalitesinde; 3., 5., 6., 7. ve 12. istasyonlar II. Sınıf su kalitesinde; 10. ve 11. istasyonlar ise III. Sınıf su kalitesinde olarak belirlenmiştir.

İnorganik kirlenme parametrelerinden biri olan Mangan en yüksek olarak 8. İstasyonda 0,6 mg/L (Nisan 2009) olarak ölçülürken, en düşük değer ise 1. İstasyonda 0,01 mg/L (Ocak 2009) olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre 1., 2., İstasyonlar I. Sınıf su kalitesine girerken geriye kalan diğer istasyonların tümü II. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biri olan Magnezyum konsantrasyonunun en yüksek değeri 12. İstasyonda 48,6 mg/L olarak Ocak 2009'da tespit edilmiştir. En düşük değer ise 5. istasyonda, 4 mg/L olarak Temmuz 2009 da tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı'nda yapılan analizler sonucunda en yüksek Bor miktarı, 11. ve 12. İstasyonlarda 0,44 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer ise 0,02 mg/L olarak 5. İstasyonda, Ekim 2009'da ölçülmüştür. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre tüm istasyonların I. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda çevre kirliliğine duyulan hassasiyetin artmasına paralel olarak yüzey sularındaki kirlilik ve bu kirliliğin insan sağlığına olan etkilerini göstermek için kirleticilerin su sistemlerindeki konsantrasyonlarının araştırılması gün geçtikçe hız kazanmaktadır. Çalışma alanımız olan Porsuk Çayı suyu Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler, Organik Parametreler ve İnorganik Kirlenme Parametreleri bakımından araştırılmıştır.

Porsuk Çayı akarsu yatağı üzerinde seçilen örnekleme noktalarında su sıcaklığı mevsimsel şartlara ve akarsu akımına bağlı olarak değişim göstermektedir (Tablo 2 ve Şekil 2a). Arazi çalışması süresince en yüksek su sıcaklığı 7. İstasyon olarak belirlenen Sabuncu Köprüsü örnekleme noktasında 23 °C, en düşük su sıcaklığı ise 8. İstasyon olarak belirlenen Porsuk Çayı Baraj Çıkışı örnekleme noktasında 4°C olarak saptanmıştır. Çalışma boyunca ölçülen sıcaklık değerlerine göre tüm istasyonlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerince (Tablo 1) I. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Su sıcaklığının özellikle çözülmüş oksijen ile ters orantılı olduğu bilinmektedir. Şekil 2h'de de görüldüğü gibi en yüksek değerler genellikle sonbahar ve kış örneklemlerine denk gelmektedir. Bu da bize rüzgârın etkisi ile atmosferik oksijenin suya diffüze olduğunu ve çözülmüş oksijen miktarını arttırdığını göstermektedir. Her ne kadar su sıcaklığı su kalite araştırmalarında temel bir parametre olarak tek başına çok anlam ifade etmese de, diğer parametrelerle (çözülmüş oksijen, biyolojik, kimyasal oksijen ihtiyacı gibi) olan ilişkisi bakımından anlamlıdır. Suyun mevsimlere bağlı 20 °C'lik sıcaklık farkı ayrışma ve çözünme bakımından önemlidir. Sıcaklık, suyun pH değerini düşürerek bazı

elementlerin çökmesini veya daha uzun süre eriyik halde kalmasını sağlar, (Mason ve Moore, 1985). Çözünmüş oksijenin artan sıcaklık ile azalması, sıcaklık artışı ile çürümenin arttığına işaret etmektedir.

Porsuk Çayı'nda pH, akarsu genelinde çok büyük değişimler göstermemektedir. Tüm mevsimlerde yapılan ölçümlere bakıldığında, en düşük pH değeri (5.1) Ocak 2009'da 1. İstasyonda, en yüksek değer (9) ise Temmuz 2009'da 2. istasyonda tespit edilmiştir. Çalışma boyunca ölçülen pH değerlerine tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesinde olduğunu görülmüştür.

Bilindiği gibi pH, bir çözültideki  $H^+$  iyonu konsantrasyonunun logaritmasıdır. Porsuk Çayı suyu pH değeri 5.1-9 arasındaki değişimle genellikle bazik karektere daha yakın bir çizgidedir. Mason ve Moore (1985) ve Hölting'e (1984) göre akarsuların pH değerleri genel olarak 6 ila 8 arasında değişmektedir. Çalışma alanında özellikle Ocak 2009 örneğinde 1. istasyonda düşük pH dikkat çekmektedir. Büyük olasılıkla artan sonbahar akımı yükseltirken bitki yaprak ve köklerinin taşınma ve çürümesini de hızlandırarak pH değerinin düşmesine neden olmaktadır. Artan pH değeri ile Na derişimi artmakta, Mn derişimi azalmaktadır.

Bulanıklık açısından Porsuk Çayı suyu 3 NTU (8. İstasyon) ile 254 NTU (6. İstasyon) arasında değişmektedir. Bilindiği gibi doğal su hiçbir zaman saf su kadar berrak değildir; çünkü içinde çözünmüş maddeler, mikroskopik canlılar, askıntı maddeler vb. birçok parçacık bulunur. Berraklığı çeşitli nedenlerle azalan sulara bulanık su adı verilir. Az bulanık sular canlılar için gerekli maddeleri daha fazla taşıdığından, yasama ortamı olarak daha elverişlidir. Akarsuların aşağı havzalarında (ilkbaharda üst havzada) bulanıklık en yüksek düzeydedir. Porsuk Çayı'da Yukarı Sakarya Nehir Sistemi içinde yer almaktadır. 3., 5., 7., 10. ve 11. istasyonların ilkbahar örneklerindeki yüksek bulanıklık tespiti (Şekil 2c) bu bilgi ile paraleldir. Akarsuların çoğu akış sırasında oldukça fazla alüvyon ve diğer ince parçacıkları taşıdığından bulanıklılıkları artar. Porsuk Çayı üzerinde en yüksek bulanıklılığın tespit

edildiği 6. İstasyon yüksek akış hızına istasyonlardan bir tanesi olması, bu istasyondaki yüksek değeri açıklamaktadır.

Bulgular kısmında da verildiği gibi Porsuk Çayı suyunda en yüksek amonyum azotu miktarı 12. (17,9 mg/L) ve 11. (17,1 mg/L) tespit edilmiştir. Bu değerler IV. Sınıf su kalitesine girmekte olup, bu istasyonlara ilave olarak 4., 5., 6. ve 7. istasyonlarda amonyum azotu bakımından IV. Sınıf su kalitesindedir.

Nitrit azotuna ait en yüksek değerler 6. istasyonda (0,193 mg/L) Ekim 2009 ve Temmuz 2009'da (0,181 mg/L) tespit edilmiştir. Bu değerlerin Porsuk çayının çevresindeki tarımsal, evsel ve endüstriyel aktiviteler ile oluşan kirliliğin sonucudur.

Nitrifikasyonun son ürünü olarak bilinen nitrat azotu için Porsuk Çayı'nda çalışılan istasyonlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre, 3. İstasyon IV. sınıf, diğer istasyonların tümü I. Sınıf su kalitesi sınıfına girmektedir.

Kirlenmemiş nehirlerde nitrat konsantrasyonunun 0,5-1,0 mg/L arasında değiştiği Horne ve Goldman (1994) tarafından bildirilmiştir. Porsuk Çayı'nda 5. istasyonda sonbahar örnekleminde nitrat azotu 2,15 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu değer Horne ve Goldman (1994) tarafından verilen değer 2 katıdır ve ciddi boyutta bir kirliliği göstermektedir.

Canlı bünyesinin yanı sıra besin maddelerinde ve ölü organizmalarda bulunan azot, doğada, atmosfer-su sisteminde azot çevrimi içinde sürekli bir dolanım halindedir. Bu nedenle azot bileşiklerinin su kirliliği açısından önemli bir kilit rolü vardır. Bunların basında ötrofikasyon, O<sub>2</sub> bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksikolojik sorunlar gelir. Su ortamında bulunan azot bileşiklerini azot, organik azot, iyonize

olmamış amonyak ( $\text{NH}_3$ ), iyonize olmuş amonyak (amonyum,  $\text{NH}_4$ ), toplam amonyak, nitrit ve nitrat oluşturmaktadır.

Öztürk (2007) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde Kütahya Azot Fabrikasının,  $\text{NH}_3$  kullanarak azot oksitler, nitrik asit, amonyum nitrat, amonyum sülfat ve polietilen torba üretimi yapmakta olduğu, fabrikanın, kömür cürufu atıklarının ise 1988 yılından sonra DSİ'nin yaptığı toplama göletine, Amonyak, nitrit, nitrat içeren sıvı atıkları ise atık kanalıyla direk olarak Porsuk Çayı'na verildiği rapor edilmiştir. Her ne kadar bu bilgiler havzadaki yüksek oranda tespit edilen azot bileşikleri miktarını açıklıyorsa da yüksek değerlere Porsuk çayının çevresindeki tarımsal, evsel ve endüstriyel aktiviteler ile oluşan kirliliğin etkisi de açıktır. Çünkü araştırma bulguları, azot bileşikleri konsantrasyonlarının özellikle ilkbaharda artış gösterdiğini ortaya koymuştur (Tablo 2 ve Şekil 2d-f). Bu durumun baharda yağış miktarına bağlı olarak debideki artıştan ve çevredeki tarım arazilerinde kullanılan yoğun gübrenen kaynaklanması olasılığını akla getirmektedir.

Porsuk Çayı çözülmüş oksijen miktarı açısından değerlendirildiğinde 0,3 mg/L ile 13 mg/L arasında değişim göstermektedir. En düşük çözülmüş oksijen miktarı 11. İstasyonda, en yüksek çözülmüş oksijen miktarı ise 4. istasyonda tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı suyu tespit edilen çözülmüş oksijen konsantrasyonlarına göre 1., 2., 8., 9. ve 10. istasyonlar I. Sınıf su kalitesinde iken, 4. istasyon II. Sınıf su kalitesi, 3., 5., 6. ve 7. istasyonlar III. Sınıf su kalitesi, 11. Ve 12. İstasyonlar ise IV. Sınıf su kalitesinde olarak tespit edilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 2h'den de görüldüğü gibi en yüksek çözülmüş oksijen konsantrasyonları genellikle kış mevsiminde ve ilkbaharda tespit edilmiştir. Bu, sıcaklık ile çözülmüş oksijen konsantrasyonu arasındaki doğal bir etkileşimin sonucudur. Sucul sistemlerde çözülmüş oksijen konsantrasyonunu azaltan en önemli faktörlerden biri de organik maddelerin ayrışmasıdır. Araştırma esnasında havzanın bazı kesimlerinde aşırı alg oluşumları gözlemlenmiştir.

Suyun kimyasal ekolojisinde organik kirlenmenin bir ölçüsü olarak bilinen BOİ'in Porsuk Çayı'nda 0,62 mg/L (12 istasyonun) - 86 mg/L (11. İstasyon) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Bilindiği gibi Biyolojik oksijen ihtiyacı organik maddelerin aerobik şartlarda bozunarak kararlı hale gelmeleri sırasında, bu ortamdaki bakteriler için gerekli olan oksijen miktarıdır. BOİ reaksiyonlarını etkileyen en önemli faktörler sıcaklık ve suyun kirliliğidir. Bu açıdan bakıldığında su kirliliği çalışmalarında önemli bir kriterdir. Araştırma alanında BOİ değerlerinin 0,62-86 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Özellikle de 6. 11. ve 12 istasyonlarda çok yüksek değerlerde tespit edilmiş olması bu istasyonlarda ciddi bir organik kirlilik olduğunun göstergesidir.

DSİ verilerine göre Porsuk Çayı'nda Kütahya Arıtma Tesisinden itibaren su BOİ yönünden III. sınıf kalitede akmaktadır ve Porsuk Barajı'na da bu şekilde bağlanmaktadır. Ayrıca Kütahya ilinin atık sularının %30'u da arıtılmadan direkt Porsuk Çayı'na verilmektedir. Porsuk Çayı Kütahya ilinin sanayi tesisleri içinde de alıcı ortam durumundadır. Bu nedenle Porsuk Barajı'na bağlanana dek suyun kalitesinde bir iyileşme görülmemektedir. DSİ verilerine göre Eskişehir Atık Su Arıtma Tesisi'nden ve Eskişehir Şeker Fabrikası'ndan sonra suyun kalitesi yine düşmekte ve Porsuk Çayı BOİ yönünden maksimum III. ve IV. sınıf su kalitesinde akmaktadır. Diğer bazı tesisler de yine atık sularını Porsuk Çayı'na vermektedirler (Devlet Su İşleri, 2001a). DSİ'nin bu verileri ile bulgularımız paraleldir.

Atık suların değerlendirilmesinde önemli bir parametrelerden biri olan KOİ'nin, Porsuk Çayı'nda 8 mg/L (1. İstasyon) ile 283,2 mg/L (11. İstasyon) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma alanında en yüksek KOİ değerlerinin tespit edildiği istasyonlarda, aynı zamanda yüksek BOİ, düşük çözünmüş oksijen değerleri olması, porsuk Çayı kirliliğinin ciddi boyutlarda olduğunun göstergesidir.



Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre Porsuk Çayı istasyonları Toplam Kjeldahl Azotu değerlerine göre genellikle III. ve IV. kalite su sınıfına girmektedir. Porsuk Çayı Sülfat değerleri açısından değerlendirildiğinde havzadaki tüm istasyonların I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir.

Daha önce bulgular kısmında da verildiği gibi Porsuk Çayı'nda inorganik kirlenme parametrelerinden demir, mangan, magnezyum ve bor incelenmiş; demir konsantrasyonu açısından 10. ve 11. istasyonlar ise III. sınıf su kalitesinde; mangan açısından 1., 2., istasyonlar hariç diğer istasyonların hepsinin II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Bilindiği gibi havza alanı ve yakın çevresi maden yatakları bakımından zengindir. Başlıca maden yatakları, mermer, kükürt, kalsit, diatomit, talk, sepiyolit, nikel, kaolen, florit, demir, asbest, manyezit, manganez, kromdur. Analiz sonuçlarına göre maden işletmelerinden kaynaklanan bir kirlilik olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; Porsuk Çayı, Kütahya ve Eskişehir'in evsel ve sanayi atık suları tarafından kirlendiği ve bu sürecin devam ettiği görülmektedir. Son yıllarda çevreye olan bilincin artması ile su kaynaklarının korunmasına yönelik önlem çalışmaları artmış ve hem havzada hem de şehirlerde arıtma tesislerine sahip sanayi kuruluşlarının sayısı artmıştır. Ancak kontrolsüz deşarjların devam ettiği de bir gerçektir. Porsuk Çayı havzasında kirliliğe yol açan nedenlerden biri de havza içerisinde geniş alanlarda yapılan sulamalardır. Sulamalardan Porsuk Çayı'na geri dönen sular kullanılan gübrelerin sonucu olarak azot ve fosfor yönünden oldukça zengindir. Sucul sistemler gübre kaynaklı azot ve fosfor yönünden zengin sulara alıcı ortam görevini üstlendiği sürece nehirlerimizde bu maddelerin miktarı artacaktır. Özellikle de nehirler üzerine kurulmuş barajlar gibi fluvial olmayan stabil su kütlelerinde bu maddelerin miktarlarındaki artış sucul hayatın devamını tehlikeye sokabilecek boyuttadır.

Porsuk Çayı Havzası'ndaki kirlilik gün geçtikçe artmakta, alınan önlemler ise yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde sadece Porsuk Çayı havzası için tüm akarsularımız için

“Bütüncül Havza Yönetimi” olarak tanımlanan ve pek çok Avrupa ülkesi tarafından uygulanan su kaynakları yönetimi anlayışı benimsenmelidir. Daha sonrada mevcut kaynakların daha etkin kullanılması, talep yönetimi ve çevresel etkilerin giderilmesi aşamaları ile doğal kaynaklarımız korunmalıdır.

#### 4. KAYNAKLAR

Ağacık, G., 1971, Porsuk Çayına Karışan Tekstil Fabrikası Artık Sularının Kimyasal Kontrolü ve Tavsiyesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No, 525, 19 s. (Yayınlanmamış).

Ağacık, G., 1971. Porsuk Çayına Karışan Tekstil Fabrikası Artık 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. (Yayınlanmamış).

Ağacık, G., 1974. Porsuk Barajının Kütahya azot Fabrikası Atıklarıyla Kirlenmesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No, 575, 20 s.

Am. J., 1970, Suda Azot Kimyası ve Devri, Water Works Association, Vol. 62

Anonim 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Anonim, 2003. Türkiye'nin Çevre Sorunları 2003, TCV Yay No:163, Ankara, 472 s.

Arslan, O., 2008, Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Örneği), Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 99, 5-11 s.

Atıcı, T., Sakarya Nehri Kirliliği Ve Algler, Ekoloji Çevre Dergisi, 1997, 24, 28-32 s.

## KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)

Bakış, R., Altan, M., Gümüšođlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Onsoy, H., Olgun, K., 2008, Porsuk Havzası Su Potansiyelinden Hidroelektrik Enerji Üretme Yönünden İncelenmesi, Eskisehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi, 11, 2, 125-162 s.

Baltacı, F., 2003. Su Kaynaklarının Kalitesinin Belirlenmesi ve İlgili Standartlar, Türkiye'nin kıta içi su kaynaklarında kirlilik etkiler ve çözüm önerileri, 73-86 s.

Büyükerşen, Y., Efelerli S. S., 2009, Porsuk Havzası Su Yönetimi Ve Eskişehir Örneği, TMMOB Su Politikaları Kongresi, 451-459 s.

Canturk, N., 2007, Van Gölü'ne Dökülen Akköprü Deresi Su Kalitesinin İncelenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.

Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Chapter 3. Selection of Water Quality Variables. Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition, Chapman, D. (ed), pp 1-56, UNESCO / WHO/ UNEP.

Curi, K. V., Ve Tanyeri, S., 1974, Nehirlerdeki Özümlenme Kapasitesi Üzerine Genel Analitik Model ve Porsuk Nehrine Uygulaması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Curi, K. V., ve Tanyeri, S., 1974. Nehirlerdeki Özümlenme Kapasitesi Üzerine Genel Analitik Model ve Porsuk Nehrine Uygulaması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

## KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)

Çiçek, A., Koparal, A. S., 2001, Porsuk Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri, Ekoloji Çevre Dergisi, 39, 1-6 s.

Çoban, F., 2007, Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.

Devlet Su İşleri Müdürlüğü (DSİ), Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı., *Eğrekkaya Baraj Gölü ve Havzasında Kirlilik Araştırması Raporu.*, Şubat 2001, Ankara.

Devlet Su İşleri, 1972. Porsuk-Eskişehir Projesi Planlama Raporu. Eskişehir.

Devlet Su İşleri, 1975. Eskişehir ve İnönü Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu. Dsi Jeoteknik Hiz. ve YAS. Daire Raporu ,49 s.

Devlet Su İşleri, 2001a. Porsuk Havzası Su Yönetim Planı Projesi Hidroloji Raporu, Eskişehir.

Devlet Su İşleri, 2001b. Porsuk Havzası Su Yönetim Planı Projesi Nihai Rapor 1/3, Eskişehir.

Dirik, M., 1977, Sakarya Nehri, Porsuk Çayı ve Çarksuyu Kirlilik Araştırması, DSİ Etüd ve Planlama Dairesi Raporu, 20 s. (Yayınlanmamış).

Dirik, M., 1977. Sakarya Nehri, Porsuk Çayı ve Çarksuyu Kirlilik Araştırması. DSİ Etüd ve Planlama Dairesi Raporu, 20 s.

Dügel, M., 2001, Büyük Menderes Nehri'nin Su kalitesinin Biyolojik ve Fizikokimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara

## KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)

Eroğlu, V., 1983. Porsuk ayı ve Sakarya Nehrinin Kirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doğa Bilim Dergisi (Mühendislik/Çevre), 7, 2, 135–150.

Gabor, T.S., North, A.K., Ross, L.C., Murkin, H.R., Anderson, J.S., Roven, M. 2004. Natural Values; The Importance of Wetlands & Upland Conservation Practices in Watershed Management: Functions & Values for Water Quality & Quantity, Ducks Unlimited Canada, Canada’s Conversation Company.

Giritlioğlu, 1981. Eskişehir Porsuk İçme Suyu Projesi, Su Kalite İncelemeleri, İller Bankası, Ankara

Güler, ., 1997, Su Kalitesi, evre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 43, 1-93 s.  
Güley. M. Vural. N., Toksikoloji, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları: 38, Ankara, 1976

Haggar, K. M., 2001, *Defining Wetlands*, SWS Society of Wetland Scientists Bulletin, 18, 5-10 p.

Hardness of Drinking Water and Public Health, Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975

Health Hazards From Nitrate in Drinking Water. Report on a WHO Meeting, Copenhagen March, 1984, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1985.

Horne, A.J. ve C.R. Goldman, 1994. Limnology. Second Edition. 576p., USA.

Hornick, R. B. , et al, 1970, Typhoid Fever, Pathogenesis and Immunologic Control. Part I. , New England Journal of Medicine, 283, 686-91,

**KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)**

Hoşafcıoğlu, S., 2007, Beyşehir Gölü Havzası'nda Noktasal Ve Noktasal Olmayan Kirletici Kaynakların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Hölting, B. 1984: Hydrogeologie. 2. Enke Verl. Stuttgart , 370 s.

Ilgaz, C., Gönenç, İ.E., 1980. Akarsularda Kirlenme Dağılımına Dispersiyonun Etkisi.

ISO, Water Quality-Determination of Nitrate, ISO 7890 1 ,2,3, 1986, 1988.

Kali, N., 2008, Erzurum Ovası Su Kalitesi Ve Kirliliğinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum

Kavaf, N., 2007, Kütahya Ovasının Su Kalitesi Ve Kirliliği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Kocataş, A., 1996, Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 51, Ege Üniv. Basımevi, İzmir, 564 s.

Kocataş, A., 1997, Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova- İzmir, 564 s.

Koçal, M., 2006, Porsuk Barajında Su Kalitesinin Matematik Modelle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

## KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)

Kuleli, S., 1989, T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Su Kalitesi Gözlem ve Denetim Semineri, İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi, Ankara

Mason, B. ve Moore, C.B.1985: Grundzüge der geochemie Enke ver Stuttgart, 340 s.

Mitsch, W. J and Gosselink, J. M., 2000, *Wetlands*, Third edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, U. S. A., 920 p.

Muhametoğlu, A., Muhametoğlu, H., Soyupak, S., 2006, Rezervuarlarda Su Kalitesi Tahmininde Kullanılan Modeller, I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 169-178 s.

Mutluay, H.,Demirak, A. 1996. Su Kimyası, 1. Bası, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

Orak, E., 2006, “Porsuk Çayı’nın Su Kalitesinin Bulanık Mantık Metodu İle Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Oruç, N., Eskişehir’in İçme Ve Kullanma Suyu Kaynağı Olarak Porsuk Çayı’nın Ve Kent Merkezi Su Şebekesinin Bazı Sorunları, 6 s.

Öngel ve Ağacık, G., 1970, Porsuk Çayına Karışan Endüstri Artık Sularının Kimyasal Kontrolü ve Porsuk Çayının Kirlenmesi, DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No, 575, 23 s. (Yayınlanmamış).

Öngel ve Ağacık, G., 1970. Porsuk Çayına Karışan Endüstri Artık Sularının Kimyasal Kontrolü ve Porsuk Çayının Kirlenmesi. DSİ Araştırma ve Geliştirme Dairesi Raporu No, 575, 23 s.



## KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)

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

Öztürk, R., 2007, Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Öztürk, R., 2007, Porsuk Çayı Çevre Sorunları Ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

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.

Selki, K., 2008, "Sakarya Havzasına Genel Bakış", 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı, 9-14 s.

Solak, C. N., Dayıoğlu, H., Özyurt, M. S., Çaycı, K., Şenyüz, Y., 2007, Descy İndeksine Göre Yukarı Porsuk Nehri (Kütahya) Su Kalitesinin Durumu, Türk Sucul Yaşam Dergisi, 5-8, 518 s.

Şengörür, B., Dilşat, İ., 2001, Sakarya Nehri'ne Ait Su Kalite Gözlemlerinin Faktör Analizi, Turk J Engin Environ Sci, 25 , 415 – 425 s.

Şengül, F., Müezzinoğlu, A., 1993, *Çevre Kimyası* , D.E.Ü Çevre Mühendisliği Bölümü Basım Ünitesi, İzmir.

**KAYNAKLAR (DEVAM EDİYOR)**

Şengül, F., Müezzinoğlu, A., *Çevre Kimyası* , D.E.Ü Çevre Mühendisliği Bölümü Basım Ünitesi, İzmir, 1993.

TÜBİTAK, Doğa Dergisi, MAG / ÇAG (43 -49) Cilt 4, Sayı 1, sh. 43 -49.

Tülek, S., 2006, Kızılırmak Nehri Su Kalitesi Belirlenmesi Ve Ötrofikasyona Bağlı Risk Değerlendirmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.

Türkman, M., Dirik, M., 1974. Eskişehir İçme suyu İle İlgili Su Kalitesi Sorunu. Dsi jeoteknik Hiz. ve YAS. Daire Raporu No 103, 3 s.,

Uslu, O., Türkman, A., 1987, *Su Kirliliği ve Kontrolü.*, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları Ankara, No: 1, 344–345 s.

Yorulmaz, B., 2006, Eşen Çayı ( Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal Ve Biyolojik Açından İncelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.

Yücel, E., Doğan F., Öztürk, M., 1995, Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri Ve Halk Sağlığı İlişkisi, Ekoloji Çevre Dergisi, 17, 29-32 s.

Zeybek, Z., 2006, Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.