

67668



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**NİLÜFER ÇAYINDA BAZI BAKTERİYOLOJİK  
KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Başaran DÜLGER**

**Bursa - 1997**

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİLÜFER ÇAYINDA BAZI BAKTERİYOLOJİK  
KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Başaran DÜLGER

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

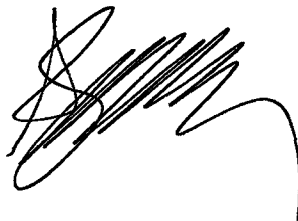
Bu tez 10/7 / 1997 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....  
Danışman

Prof. Dr. Fahrettin GÜCİN



Doç. Dr. Ahmet ASAN



Yrd. Doç. Dr. C. Cem ERGÜL



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Su Kirliliğinin Saptanmasında Bazı Kimyasal ve Biyolojik Parametreler ve Kirlilik Unsurlarının Sınıflandırılması	4
2.1.1. Yüzeysel Sularda Kirletici Etki Yapabilecek Unsurların Dünya Sağlık Örgütünce (WHO) Yapılan Sınıflandırılması	4
2.1.2. Kıta içi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması	4
2.1.3. Kirliliğin Belirlenmesinde Örnek Alma ve Saklama	7
2.1.4. Örnek Tipleri	7
2.1.4.1. Grab ve Ani Örnekler	7
2.1.4.2. Kompozit Örnekler	8
2.1.4.3. İntegre Örnekler	8
2.1.5. Örneklerin Korunması	8
2.1.6. Su Kirliliğinin Saptanmasında Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının (BOİ) Yeri	9
2.1.7. Su Kirliliğinin Saptanmasında Çözünmüş Oksijen Seviyelerinin Yeri	11
2.1.8. Su Kirliliğinin Saptanmasında Bakterilerin Kullanımı	11
2.1.8.1. Fekal Kirliliğin İndikatörü Bakteriler	12
2.1.8.1.1. Total Koliformlar	12
2.1.8.1.2. Fekal Koliformlar	12
2.1.8.2. Azot Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler	13
2.1.8.3. Sülfat Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler	16
2.1.8.4. Sülfür Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler	16
2.2. Su Kirliliği Sorununun Dünyadaki ve Ülkemizdeki Durumu	16

3. NİLÜFER ÇAYININ TANITIMI	23
4. MATERYAL ve METOT	25
4.1. Materyal	25
4.1.1. Örneklerin Sağlanması	25
4.1.2. Besiyerleri	25
4.1.3. Çözeltiler	33
4.1.3.1. Çözünmüş Oksijen Tayininde Kullanılan Çözeltiler	32
4.1.3.2. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> ) Tayininde Kullanılan Çözeltiler	33
4.1.3.3. Nitrit Oluşumunda Kullanılan Çözeltiler	34
4.1.3.4. Amonifikasyon Yapan Bakterilerin Saptanması İçin Kullanılan Nessler Çözeltisi	34
4.2. Metot	35
4.2.1. Örneklerin Alınması	35
4.2.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> ) Belirlenmesi	35
4.2.3. Çözünmüş Oksijen Tespiti	37
4.2.4. Sıcaklık Değerlerinin Ölçümü	38
4.2.5. pH Ölçümü	38
4.2.6. Nitrifikasyon Sürecinin Belirlenmesi	38
4.2.6.1. Nitrit Oluşumunun Saptanması	38
4.2.6.2. Nitrat Oluşumunun Saptanması	39
4.2.6.3. Nitrifikasyon Bakterilerin Saptanması	39
4.2.7. Sülfür Oksidasyonunu Sağlayan Bakterilerin Saptanması	39
4.2.8. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Denitrifikasyon Olayını Gerçekleştiren Bakterilerin Sayımı	40
4.2.9. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Amonifikasyon Bakterilerin Sayımı	40
4.2.10. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Sülfat Redükleyen Bakterilerin Sayımı	40
4.2.11. Toplam Canlı Bakteri Sayımı	40
4.2.12. Toplam Koliform Sayımı	41
4.2.13. Fekal Koliformların Sayımı	41

<b>5. BULGULAR</b>	<b>42</b>
<b>5.1. Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerin Sonuçlarına</b>	
<b>Göre Genel Değerlendirme</b>	<b>42</b>
<b>5.1.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Sonuçları</b>	<b>42</b>
<b>5.1.2. Bakteriyolojik Parametrelerin Sonuçları</b>	<b>59</b>
<b>5.1.3. Nitrifikasyon Sonuçları</b>	<b>60</b>
<b>5.1.4. Sülfür Oksidasyonu Sonuçları</b>	<b>60</b>
<b>6. TARTIŞMA VE SONUÇ</b>	<b>62</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b>	<b>71</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>76</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>77</b>



## ÖZ

Çalışmamızda, çeşitli kaynaklı kirleticileri taşıyan ve bu yüzden Marmara denizinin kirlenmesinde rol oynayan Nilüfer çayı 1996 yılı Ocak-Aralık ayları boyunca her ay periyodik olarak incelenmiştir. Bu kirletici kaynaklar özellikle evsel ve endüstriyel kaynaklıdır. Endüstriyel kaynaklı olarak özellikle otomotiv ve tekstil endüstrisi atıkları rol oynamaktadır.

Nilüfer çayının incelenmesinde belirli istasyonlardan alınan örneklerde kirliliği belirten bazı parametreler ölçülmüştür. Bu parametreler; biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI<sub>5</sub>), çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, fekal ve toplam koliform'dur. Bu parametrelerin standartlarla uygunluğu karşılaştırılmış ve sonuçta bunların büyük çoğunluğu standartların üstünde olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, bu çayda sülfat redükleyici bakteriler, denitrifikasyon ve amonifikasyon yapan bakteriler çoklu tüp fermentasyon tekniği ile en muhtemel sayıları saptanmıştır. Bu bakterilerin sayısı Nilüfer çayının kirliliğinde ne tür maddelerin bulunduğunu ve bu kirliliğin boyutlarını bize göstermektedir.

Bunlara ilaveten, Nilüfer çayında nitrifikasyonu sağlayan bazı nitrit ve nitrat bakterileri ile *Thiobacillus* grubu sülfür oksitleyici bakteri türleri izole edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Su kirliliği, Nilüfer çayı, Fekal koliform, Total koliform, Nitrifikasyon, *Thiobacillus* sp.

**ABSTRACT****STUDIES ON SOME BACTERIOLOGICAL POLLUTION PARAMETERS ON  
NILUFER STREAM**

In our study, Nilüfer stream containing pollutions from various sources is a great role in pollution of Marmara sea has been studied. Nilüfer stream was particularly studied periodically for every month during January-December of 1996. These pollutants were industrial and domestic sources. The industrial sources were usually the wastewater of textile and automotive industries.

In studying of Nilüfer stream, various parameters indicating pollution has been measured in the sample taking from definite stations. These parameters mentioned above were biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), dissolved oxygen, temperature, fecal and total coliform. The above parameters were compared with the standards and most of them have been found higher than standards.

In addition to above work in the stream, most probable number of sulphate reducing, denitrifying and ammonifying bacteria by using the multiple tube fermentation technique were determined. The number of these bacteria show what kind of pollutants are found and level of pollution of Nilüfer stream.

On the other hand, some nitrite and nitrate bacteria and the group of *Thiobacillus* which oxidize sulphur were also isolated in Nilüfer stream.

**Key Words :** Freshwater pollution, Nilüfer stream, Fecal coliform, Total coliform, Nitrification, *Thiobacillus* sp.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 1.** Nilüfer Çayı ve Su Örneklerinin Alındığı İstasyonlar

**Şekil 2.** Nilüfer Çayı Sıcaklık Değişimi

**Şekil 3.** Nilüfer Çayı Çözünmüş Oksijen Değişimi

**Şekil 4.** Nilüfer Çayı  $BOI_5$  Değişimi

**Şekil 5.** Nilüfer Çayı pH Değişimi

**Şekil 6.** Nilüfer Çayı Sülfat Redükleyen Bakterilerin (35 °C) Değişimi

**Şekil 7.** Nilüfer Çayı Sülfat Redükleyen Bakterilerin (55 °C) Değişimi

**Şekil 8.** Nilüfer Çayı Denitrifikasyon Yapan Bakterilerin Değişimi

**Şekil 9.** Nilüfer Çayı Amonifikasyon Yapan Bakterilerin Değişimi

**Şekil 10.** Nilüfer Çayı Toplam Canlı (5 °C) Değişimi

**Şekil 11.** Nilüfer Çayı Toplam Canlı (27 °C) Değişimi

**Şekil 12.** Nilüfer Çayı Toplam Canlı (35 °C) Değişimi

**Şekil 13.** Nilüfer Çayı Total Koliform Değişimi

**Şekil 14.** Nilüfer Çayı Fekal Koliform Değişimi



## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

**Çizelge 1.** Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

**Çizelge 2.** Çeşitli Analizler İçin Örnek Alma ve Saklama Tekniğı

**Çizelge 3.** Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Olarak Bazı Kirlilik Parametre Değerleri

**Çizelge 4.** Bursa Nilüfer Çayının Önemli Özellikleri ve Bu Çalışmadaki Örnek Alma Noktalarının Tanıtımı

**Çizelge 5.** Nilüfer Çayı Panayırdere Sonrası İstasyonundan Alınan Örneklere Ait Kirlilik Parametreleri

**Çizelge 6.** Nilüfer Çayı Dereçevuş İstasyonundan Alınan Örneklere Ait Kirlilik Parametreleri

**Çizelge 7.** Nilüfer Çayı Göbelye İstasyonundan Alınan Örneklere Ait Kirlilik Parametreleri

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı, hızlı kentleşme ve sanayileşme sonucu oluşan ve doğal kaynakları tehdit eden çevre kirlenmesi insanlığın en önemli sorununu oluşturmaktadır. Suların kirlenme sorunu, hiç şüphesiz çağdaş medeniyetin doğal ortamı bozmasının en fazla endişe verici görüntülerinden birisidir. Yeryüzündeki su potansiyeli devamlı olarak belirli bir döngü içinde bulunmaktadır. Bu döngü insanlar içersinde insanlar suyu kullandıktan sonra tekrar ekosisteme geri verirler. Bu durumda suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek su kirliliğine neden olmaktadır. Bu kirlilik endüstrilerden çıkan atıklar ve hızlı nüfus artışı ile birlikte artan evsel atıkların arılmadan su kaynaklarına verilmesi, tarımda uygulanan gübre ve ilaç kullanımındaki yanlışlıklar sonucu tarımdan sular sonucu oluşur.

Yakın zamanlara kadar su kirlenmesinin incelenmesi sağlık açısından ele alınmıştır. Gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler için bu fikir tazeliğini korumaktadır. Her şeyden önce toplumların ihtiyacı olan sağlıklı, en azından sıhate zarar vermeyecek içme ve kullanma suyunun temin edilmesi gerekir. Bunu, kullanılmış suların uygun bir şekilde uzaklaştırılması ve diğer problemlerinin çözümü takip eder. Bugün, su kirlenmesi sadece sağlık tesirleri yüzünden değil, kaynakların korunması ve en uygun bir şekilde kullanılmasının temini yollarının araştırılması yönüyle de ele alınmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerin suların kirlenmesini ve özellikle içme suyu kirlenmesini önlemeye yönelik etkin yasaların olmayışı konunun çözülmesindeki güçlüğü artırmaktadır. Sağlığa elverişsiz suların içilmesi ve kullanılması sonucu bazı bölgelerimizde bulaşıcı hastalıkların kendini gösterdiği basın ve yayın organlarımızdan zaman zaman duyulmaktadır.

Gelişmiş ülkeler, su kirliliği sorunlarının çözüm yollarını belirleme çalışmalarını başlatmışlar ve son yıllarda çevre sorunlarının çözümlenmesinde önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir. Ülkemizde de son yıllarda çevre konusunda gelişmeler yaşanmaktadır. Bu durum sevindirici olmasına karşın, henüz yeterli bir düzeye ulaşamamıştır. Toplumun bilinçlenmesi, olayın boyutlarının anlaşılması, önemli bir aşamadır. Ancak henüz sorunların çözümü için yerleşmiş bir politika oluşturulmamıştır.

Ülkemizde su kirlenmesinin önlenmesi ve giderilmesi konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar ne yazık ki gerekli etkinliği gösterememiştir. Su kirlenmesi sorunu ile ilgili tek bir sorumlu kuruluşun olmaması, kuruluşlar arasındaki iletişim ve eşgüdüm eksikliği bir çok araştırmanın gereksiz yere tekrarlanmasına neden olmuş buna karşın, bazı sorunlu yörelerde

hiçbir çalışma yapılamamıştır. Bu nedenle su kirlenmesi sorunlarının çözümünde ilgili yatırım gerektiren kamu kuruluşlarına yasal, ekonomik, teknik olanakların sağlanması önemlidir.

Türkiye'nin en önemli ticari ve endüstri merkezlerinden biri ve kullanılabilir suyun bol, topografya ve ulaşımın uygun oluşu nedeni ile endüstri, tarım, ticaret ve turizm merkezi durumunda olan Bursa 1961 yılında Organize Sanayi Bölgesinin kurulmasıyla büyük bir sanayi kenti olmuştur. Büyük sanayi tesisleri aynı zamanda küçük çapta bir çok yan sanayinin de kurulmasında ve gelişmesinde etkili olmuştur. Sulu tarıma geçiş ve modern hayvancılık hizmetlerinin kurulması ile tarım sektöründe de aşamalar kaydedilmiştir. En çok yetiştirilen bitki türleri buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, tütün ve mevsim sebzeleri olup, başta şeftali olmak üzere çeşitli meyveler de yetiştirilmektedir. Hızla ilerleyen sanayi ve tarım sektörlerinin su gereksinimi bölgedeki akarsulardan ve yeraltı suyundan sağlanmaktadır. Bursa kentindeki büyük sanayi kuruluşlarının bir araya geldiği Bursa Organize Sanayi Bölgesi tekstil, iplik, otomobil, boya, lastik, kimya, elektrik ve otomotiv yan sanayi dallarını kapsamaktadır. Bu bölgeden çıkan yaklaşık 46.500.000 ton/yıl atık su tek kanalla Ayvalı Deresi üzerinden Nilüfer çayına verilmektedir. Ayrıca Ankara-Bursa karayolu üzerinde yer alan Küçük Sanayi Bölgesinde çeşitli büyüklüklerde tekstil, tabakhane, boya, otomotiv yan sanayi, makine imalatı, dökümhane, teneke ve bakır imalatı, yem sanayi, meyve suyu ve konservecilik konularında işletmeler bulunmaktadır. Bu tesislerin atık suları küçük dereler vasıtasıyla Nilüfer çayına ulaşmaktadır. Gemlik yolu üzerinde kent çıkışından Demirtaş kavşağına kadar olan güzergahta özellikle Doğu tarafından kente yakın kısımda her iki tarafta meşrubat sanayinden tekstil ve metal sanayi ağırlıklı endüstriyel yapılanmanın atıksuları toplu deşarj kanalından Armut köyü öncesinde Nilüfer çayına karışmaktadır. Ayrıca Demirtaş kavşağında Demirtaş doğru olan arazide yapılanmış yaklaşık 350 hektar büyüklükte Demirtaş Organize Sanayi bölgesi de deri hariç hemen her türlü endüstri aktivitenin varlığıyla üretilen atıksuyunu Dereçavuş öncesinde Nilüfer çayına deşarj etmektedir (DSİ, 1993).

Bursa gibi önemli tarihi, ticari ve sanayi merkezi durumunda olan kentin ortasından geçen Nilüfer çayı evsel, tekstil ve oto sanayi gibi çeşitli endüstrilerden gelen atıklar ile uzun yıllardan beri olagelen kirlenmeye maruz kalmıştır. Böylece kentin estetik görünümü bozulmuştur. Ayrıca çevresinde bulunan çeşitli tarımsal alanların bu çayla sulanması sonucu şehir ekonomik ve sağlık açısından önemli kayıplara uğramaktadır. Bu nedenlerden yola çıkılarak bu çalışmada su kirliliğini belirleyen bazı bakteriyolojik parametreler ile çaydaki azot

ve kükürt döngüleri ve bu döngülerdeki bakterilerin varlığı ve sayıları saptanarak çayın kirliliğinde ne tür maddelerin bulunduğu ve kirliliğin boyutlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Halk sağlığı konusunda önemli bir risk durumundaki bu çayda kirlilik düzeyinin saptanmasıyla halkın bilinçlenmesi ve gerektiğinde uyarılar yapılması veya alınacak tedbirlerle çayın başına gelen bu durumun ülkemizdeki diğer çayların başına gelmemesi umudu amacımızın önemli bir kısmını oluşturmaktadır.



## **2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Su Kirliliğinin Saptanmasında Bazı Kimyasal ve Biyolojik Parametreler ve Kirlilik Unsurlarının Sınıflandırılması**

Yüzeysel suların kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı ortam olarak kullanılması düşünüldüğünde, oluşabilecek etkilerin kestirilebilmesi açısından, bu atıkların doğal dengelere getirebilecekleri kirlilik türlerinin sınıflandırılmasında yarar vardır (Şengül ve Türkman, 1987).

#### **2.1.1. Yüzeysel Sularda Kirletici Etki Yapabilecek Unsurların Dünya Sağlık Örgütünce (WHO) Yapılan Sınıflandırılması**

WHO (1977), tarafından yüzeysel sularda kirliliğe neden olabilecek unsurlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- a) Bakteriler, virüsler ve diğer hastalık yapıcı organizmalar
- b) Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme
- c) Endüstri atıkları
- d) Yağlar ve benzeri maddeler
- e) Sentetik deterjanlar
- f) Radyoaktivite
- g) Pestisitler
- h) Yapay organik maddeler
- i) Anorganik tuzlar
- j) Yapay ve doğal tarımsal gübreler
- k) Atık ısı

#### **2.1.2. Kıtaİçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması**

Akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıtaİçi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama aşağıda verilmiştir (Resmi Gazete, 1988).

- Sınıf 1. Yüksek Kaliteli Su
- Sınıf 2. Az Kirlenmiş Su
- Sınıf 3. Kirli Su
- Sınıf 4. Çok Kirlenmiş Su

Çizelge 1'de sınıflandırma için gerekli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Sınıf 1, 2, 3, 4 için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Resmi Gazete (1988)'e göre yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su ihtiyaçları için uygun olduğu kabul edilir.

**A. Sınıf 1. Yüksek Kaliteli Su**

- a) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- c) Alabalık üretimi
- d) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- e) Diğer amaçlar

**B. Sınıf 2. Az Kirlenmiş Su**

- a) Uygun arıtma ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar
- c) Alabalık dışında balık üretimi
- d) Sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak
- e) Sınıf 1 dışındaki diğer kullanımlar

**C. Sınıf 3. Kirlenmiş Su**

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun noktadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

**D. Sınıf 4. Çok Kirlenmiş Su**

Yukarıdaki 1, 2, ve 3 sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Çizelge 1. Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (T.C. Resmi Gazete, 1988).

Su kalite parametreleri	Su kalite sınıfları			
	I	II	III	IV
<b>Fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler</b>				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mgO <sub>2</sub> /l) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4. Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> /l)	200	200	400	> 400
5. Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> -N/l)	0.2 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	> 2
6. Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
7. Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> -N/l)	5	10	20	> 20
8. Toplam fosfor ((mg PO <sub>4</sub> -P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
9. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
<b>Organik parametreler</b>				
1. KOI (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOI (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam kjeldahl azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
<b>İnorganik kirlenme parametreleri <sup>c</sup></b>				
1. Civa (g Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2. Krom (toplam) (g Cr/l)	20	50	200	> 200
3. Mangan (g Mn/l)	100	500	3000	> 3000
4. Kadmiyum (g Cd/l)	3	5	10	> 10
5. Kurşun (g Pb/l)	10	20	50	> 50
<b>Bakteriyolojik parametreler</b>				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20.000	100.000	> 100.000

a- Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birinin sağlanması yeterlidir.

b- pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH<sub>3</sub>-N/l değerini geçmemelidir.

c- Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

### 2.1.3. Kirliliğin Belirlenmesinde Örnek Alma ve Saklama

Çoğu hatalı deney sonuçları, hatalı örnek almaktan ileri gelmektedir. Örnek almanın amacı, laboratuvara kolayca taşınabilecek yeterli hacimde ve laboratuvarında istenen amaç için kullanılacak hassasiyetteki özelliklerin, alınan örnekte de aynı olması ve örneğin testten önce bileşimi bozulmayacak şekilde laboratuvara getirilmesi dikkat edilecek önemli hususlardır (Şengül ve Türkman, 1984). Yapılacak analize göre örnek kapları kullanılır. Kolay taşınabilir oluşları nedeniyle plastik şişeler idealdir. Ancak tekrar kullanımlarında yeterince temizlenmezlerse kontaminasyon problemleri ortaya çıkacağından dikkatli olunmalıdır. Ayrıca plastik şişelerin bazı organik ürünleri (hidrokarbonlar, pestisitler) ve bazı elementleri (silikon, fosfor) adsorblayabilmelerinden dolayı bu duruma dikkat edilmelidir. Özel durumlar dışında paslanabildikleri için metal kaplar kullanılmamalıdır (Radier, 1972).

Toplanacak örnek ile örnek kabının 2-3 defa çalkalanıp dökülmesi uygun olacaktır. Toplanan her örnek için, örnek şişesi ve kaba üzerinde gerekli açıklamaların yapılacağı bir etiket olmalıdır. Örneğin daha sonra laboratuvara getirildiğinde kolayca taşınabilmesi için örneği alanın adı, alındığı tarih ve saat, örneğin alındığı yer, suyun sıcaklığı, su seviyesi, debi, hava koşulları gibi gerekli hususlar kaydedilmelidir (Şengül ve Türkman, 1984). Nehirlerden ve akarsulardan örnek alındığında, analitik değerler, derinlik, akış hızı, kıyıdan uzaklık ve bir kıyıdan diğerine olan mesafe ile değişir. Yüzey ve dipten 50 cm mesafede kıyıdan oldukça uzak mesafede şişe suyu daldırılır (Radier, 1972).

### 2.1.4. Örnek Tipleri

Şengül ve Türkman (1984)'e göre örnek tipleri üçe ayrılmaktadır. Bunlar grab ve ani örnekler, kompozit örnekler ve integre örneklerdir.

#### 2.1.4.1. Grab ve Ani Örnekler

Belli bir zamanda ve belli bir yerden örnek alındığında bu örnek, sadece o yeri ve zamanı temsil eder. Bununla beraber, eğer örnek, kaynağının bileşimi sabit ve belli bir zamanda ve tüm yönlerden belli bir mesafede alınan numune daha uzun bir zaman periyodunu veya daha büyük bir hacmi temsil eder. Bu gibi hallerde, bazı kaynaklar tek bir grab örnek ile çok iyi bir şekilde temsil edilebilirler. Bunun örnekleri, su temin sistemleri, bazı yüzeysel sular ve bazı atık su akımlarıdır. Kaynağın zamana bağlı olarak büyük ölçüde değiştiği bilindiğinde uygun zaman



aralıklarında grab örnekte toplanır ve ayrı ayrı analiz edilebilirler. Örnek alınan kaynağın bileşimi, zamana göre değilse, yere göre değişim gösteriyorsa, örnekler uygun yerleşimlerden toplanırlar.

#### 2.1.4.2. Kompozit Örnekler

Çoğu hallerde, kompozit terimi, aynı örnek alma noktasında, farklı zamanlarda toplanan anlık örneklerin karışımını ifade eder. Bunlar atıksu arıtma tesislerinin kirlilik yüklerinin veya verimlerinin hesabında kullanılır. Kompozit örnekler çok sayıda örnek yerine tek örnek olduklarında laboratuvaradaki örnek ve harcamalar yönünden çok uygundur.

#### 2.1.4.3. İntegre Örnekler

Bazı amaçlar için gerekli bilgi, farklı örnek alma noktalarından toplanan, grab örneklerin karışımının analizi ile sağlanır. Bu tip karışımlar bazen integre örnekler olarak ifade edilir. Bu tip örnek alma gereksinimine örnek olarak, genişlik ve derinliğe bağlı olarak suyun bileşiminin çok değiştiği nehirler ve akarsuları verebiliriz.

Radier (1972)'e göre, su örneklerinin miktarı fiziksel ve kimyasal analizlerin çoğu için 1 litre yeterli olmaktadır. Bazı özel tayinler için daha büyük örnek hacimleri gerekli olabilir. Çizelge 2'de, her bir analiz için gerekli örnek hacimleri verilmiştir.

#### 2.1.5. Örneklerin Korunması

Koruma teknikleri, sadece örnek kaynaktan uzaklaştırıldıktan sonra devam eden kimyasal ve biyolojik değişimleri geciktirir. Sıcaklık çok çabuk değişebilir. pH, dakikalara bağlı olarak değişebilir, çözülmüş gazlar (oksijen, karbondioksit) kaybolabilir. Bu nedenlerle sıcaklık, pH ve çözülmüş oksijen tayinlerini, arazide örneğin alındığı yerde yapmak gerekir.

Nitrat-nitrit-amonyak içeriğindeki değişimler mikrobiyal faaliyetler sonucu fenoller ve BOI azalır, renk, koku ve bulanıklık artabilir, azalabilir ve suyun kalitesi değişir. Örnek toplama ve analizler arasındaki zaman aralığının çok kısa tutulması bize en doğru analiz sonuçlarını verecektir. Bazı bileşenler ve fiziksel organizma gelişimi nedeni ile olan değişimler, numunelerin karanlıkta ve soğukta saklanması ile büyük ölçüde geciktirilir. Örnek toplama ve laboratuvarında analizleme arasındaki süre değişimine neden olacak kadar fazla ise o takdirde Çizelge 2'deki örnek koruma tekniklerini uygulamak gerekir (Şengül ve Türkman, 1984).

### 2.1.6. Su Kirliliğinin Saptanmasında Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının (BOI) Yeri

BOI tayini işlemi atıksuların ve kirlenmiş suların oksijen ihtiyacını belirleyerek bu değerlerden stokiometrik olarak organik madde miktarına geçebilecek şekilde standartlaştırılmış bir deneydir. Deney suda bulunan organik kirlenmelerin saptanmasında kullanılan analitik bir yöntemdir. Bu deney arıtma tesislerine gelen atıkların kirlilik yüklerinin ölçümünde ve arıtma verimlerinin (BOI giderme yöntemi) hesabında olduğu kadar, büyük su kütlelerinin kirlilik derecelerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Müezzinoğlu ve Efeoğlu, 1990). Gerçek anlamda BOI; mikroorganizmaların yaşamlarını sürdürmek ve büyüyüp çoğalmak için gerekli metabolik aktiviteleri sırasında harcadıkları oksijen miktarıdır (Uslu ve Türkman, 1987). Sudaki organik maddenin ayrışması sonucu oksijen tükenmekte, amonyum ve fosfat gibi besleyici tuzlar suda serbest kalmaktadır (Kışlaoğlu ve Berkes, 1985).

BOI testinde uygun standart koşullarda mikroorganizmalarla aşlanmış su örneği inkübatörde tutularak 5 gün sonunda tüketilen oksijen değeri belirlenmek suretiyle ölçüm yapılmaktadır. Nitrifikasyon olayı 5. günün sonundan itibaren meydana gelmeye başlamaktadır (Nemerow, 1974).

BOI testinin doğruluğu %  $\pm$  17 civarında olup testin yapıldığı koşullar su ortamının gerçek durumunu yansıtmamaktadır. Çünkü test koşullarındaki ortam sıcaklığı, mevcut mikroorganizma türü ve derişimi, nütrient miktarı gibi parametreler gerçek durumlarından hayli farklıdır (Müezzinoğlu ve Efeoğlu, 1990).

Çizelge 3'de kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre BOI<sub>5</sub> değerleri verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır (Resmi Gazete, 1988).

Çizelge 2. Çeşitli analizler için örnek alma ve saklama tekniği (Şengül ve Türkman, 1984).

Tayin	Örnek Kabı	Minimum Örnek hacmi ml.	Saklama ve/veya Koruma
Asidite	P, G, B	100	24 saat soğukta
Alkalinite	P, G (B)	200	24 saat soğukta
Bor	P, G	1000	6 saat soğukta
BOI <sub>5</sub>	P	100	-
Toplam organik karbon	G (kahverengi)	100	Mümkün olduğunca çabuk analizlenmeli, soğukta veya HCl ilavesi ile pH 2'de saklanmalı
CO <sub>2</sub>	P, G	100	Derhal analizlenmeli
KOI	P, G	100	Mümkün olduğunca çabuk analizlenmeli
Kalıntı klor	P, G	500	Derhal analizlenmeli
Renk	G	500	-
Amonyak	P, G	500	Mümkün olduğunca çabuk analizlenmeli, 0.8 ml derişik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l ilave edilir ve soğutulur
Nitrat azotu	P, G	100	Amonyak tayinindeki saklama ve koruma yönteminin aynısı
Nitrit azotu	P, G	100	Mümkün olduğunca çabuk analizlenir. 40 mg/l HgCl <sub>2</sub> katılır ve soğutulur veya 20 °C'de dondurulur
Çözünmüş O <sub>2</sub>	G, BOI şişesi	300	Derhal analizlenmeli
pH	P, G (B)	-	Derhal analizlenmeli
Sıcaklık	-	-	Derhal analizlenmeli
Katı maddeler	P, G (B)	-	-
Sülfid	P, G	-	Derhal analizlenmeli

P : (Polietilen veya eşdeğer malzeme )

G : Cam

G (B) : Cam, Borosilikat

### 2.1.7. Su Kirliliğinin Saptanmasında Çözünmüş Oksijen Seviyelerinin Yeri

Doğal sularda ve atıksularda çözünmüş oksijen seviyeleri sudaki fiziksel, kimyasal aktivitelere bağlıdır. Çözünmüş oksijen su kirlenmesi kontrol faaliyetlerinde ve atık su tasfiye proseslerinin kontrolünde önemlidir (Şengül ve Türkman, 1984).

Yüksek akış hızına sahip sığ yüzeysel sularda, biyokimyasal reaksiyonlarda tüketilen oksijen kolaylıkla ve hızlı şekilde atmosferden geri kazanılabilir. Sudaki organik madde derişiminin yüksek, akım hızının düşük ve derinliğin fazla olduğu akarsularda ise atmosferden oksijen kazanılması, sudaki biyokimyasal reaksiyonlar sırasındaki oksijen tüketiminden daha yavaş olabilir. Sonuç olarak, suda çözünmüş halde oksijen kalmaz. Bu durumda suda bulunan aerobik mikroorganizmalar yok olur. Aerobik mikroorganizmaların yerini alan oksijensiz ortamlarda yaşamlarını sürdürebilen anaerobik mikroorganizmalar da sudaki organik maddeleri tüketir. Ancak bunların yaşamsal reaksiyonları sonucunda pis kokulu metan, hidrojen sülfür ve amonyak gibi gazlar ortaya çıkar. Demir sülfür oluşumu suyun rengini siyaha dönüştürür.

Anaerobik ortamlarda balık yaşamı sona erer. Anaerobik duruma geçmiş olan akarsularda, yeterli akım süreleri sonucunda atmosferden oksijen kazanılması tekrar önemli boyutlara ulaşabilir. Çürüme ürünleri oksidasyona uğrayabilir. Böylece akarsu tekrar doğal aerobik haline dönüşür (Uslu ve Türkman, 1987).

Çizelge 3'de kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre çözünmüş oksijen değerleri verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır (Resmi Gazete, 1988).

### 2.1.8. Su Kirliliğinin Saptanmasında Bakterilerin Kullanımı

Su numunelerinin mikrobiyolojik incelenmesi genel kullanım için uygunluğunu belirlemek amacı ile yapılır. Yöntemler suyun hayvan ve insan atıkları ile kirlenmesinin derecesini belirlemeye yarar. Alışlagelmiş testlerde temel işlem, patojenlerin yerine indikatör organizmaların belirlenmesi ve sayılmasıdır. Koliform grubu bakterilerden bu şekilde yararlanılır (Şengül ve Türkman, 1984).

Bir kişi günde 100-400 milyar arası koliform organizma ve diğer bakteri türlerini deşarj etmektedir (Metcalf, 1979). Patojen mikroorganizmalar, koliform bakterilerle bulunmakta ve

tecrübeler göre 10.000 adet koliform bulunduğunda, 1 adet patojen organizmaya rastlama olasılığı vardır (Gölhan, 1970).

### 2.1.8.1. Fekal Kirliliğin İndikatörü Bakteriler

#### 2.1.8.1.1. Total Koliformlar

Total koliform grubu bakteriler, insan atıkları ile kirlenmeyi gösterebileceği gibi toprakta üreyebilmeleri ve sulara buradan karışabilmeleri nedeniyle tam bir anlamda fekal kirliliğin indikatörü olarak kullanılmamaktadır (WHO, 1977; Samsunlu, 1986).

Çizelge 3'de kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri olarak toplam koliform limitleri verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır (Resmi Gazete, 1988).

#### 2.1.8.1.2. Fekal Koliformlar

Fekal koliformların sayısı, ortam koşulları ile yakından ilgilidir. Bu bakteri grubunu teşkil eden mikroorganizmalar farklı yerlerde farklı sayıda bulunurlar. Örneğin, İnsan dışkısında sayıları yaklaşık olarak  $10^9$  / 1 g; arıtılmış kanalizasyon çamurunda  $10^6$ - $10^8$  / 100 ml ve ikincil arıtmadan geçmiş kanalizasyon sularında sayıları  $10^4$ - $10^6$  / 100 ml 'yi bulmaktadır (Veissman, 1993).

Fekal koliformlar, oldukları yerlerde yeni meydana gelmiş fekal kirliliği gösterirler. Çünkü bu türler, toprakta ve deniz ortamında çoğalamazlar. Bu yüzden bu grup bakteriler tam anlamda fekal kirliliğin göstergesi olarak kullanılmaktadırlar (WHO, 1977).

Çizelge 3'de kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri olarak fekal koliform limitleri verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır (Resmi Gazete, 1988).

Çizelge 3. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri olarak bazı kirlilik parametre değerleri (Resmi Gazete, 1988).

	Su kalite sınıfları			
	I	II	III	IV
	Yüksek Kaliteli Su	Az Kirlenmiş Su	Kirli Su	Çok Kirlenmiş Su
BOI (mg/l)	4	4-8	8-20	> 20
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	8	6-8	3-6	< 3
Toplam Koliform (EMS/100 ml)	100	100-20.000	20.000-100.000	> 100.000
Fekal Koliform (EMS100 ml)	10	10-200	200-2000	> 2000

### 2.1.8.2. Azot Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler

Yüzeysel sulara deşarj edilen kirleticiler genellikle üç ayrı aşamada ayrışma uğrarlar;

- Karbonlu organik maddelerin oksitlenmesi
- Amonyak azotunun oksitlenmesi nitrite dönüşmesi
- Nitritin oksitlenerek nitrata yükseltgenmesi

Bu aşamalar genellikle ardışık olarak gerçekleşir. Amonyak azotunun nitrite, nitritin ise nitrata dönüşmesinden oluşan son iki aşama nitrifikasyon olarak adlandırılır (Demircioğlu, 1983).

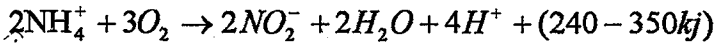
Yüzeysel sularda azot dört şekilde bulunmaktadır;

- Organik azot
- Amonyak azotu
- Nitrit azotu
- Nitrat azotu

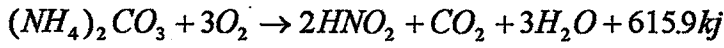
Amonyum tuzları ve nitratlar sürekli olarak organik azot bileşiklerinin parçalanması yoluyla yenilir. Bu süreç içinde özellikle protein parçalanması büyük önem taşır (Demircioğlu, 1983).

Yüzeysel sulara karışan azot bileşikleri doğal yada antropojen kökenli olabilir. Doğal azot yükleri bu ortamlarda bulunan mikroorganizmaların bağladığı ve yağışların getirdiği azot bileşenlerinden oluşur (Uslu ve Türkman, 1987). Antropojen azot yüklerinin kaynaklarını, noktasal kaynak diye adlandırılan kentsel, endüstriyel atıksu kanalizasyonu çıkışları oluşturur. Bunun yanı sıra yağmur suyu kanalizasyonları, çöplükler önemli azot yükü kaynaklarıdır (Erdur, 1990).

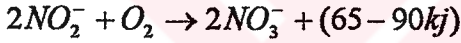
Amonyaklaşma süreci içinde oluşan amonyum iyonları bir yandan bitki besi maddesi olarak tüketilirler. Öte yandan da oksijenli ve yeterli tampon kapasitesi olan ortamlarda belirli kemolitoototrof organizmalar tarafından nitrit ve daha sonrada nitrata yükseltgenirler. Azot döngüsü sırasında nitrifikasyon reaksiyonları büyük önem taşır. Nitrifikasyon gerek ototrof gerekse de heterotrof bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Heterotrof nitrifikasyon konusunda bilgilerimiz oldukça ilkel düzeydedir. Nitrifikasyon ototrof iki bakteri grubu tarafından gerçekleştirilir. Bunlardan nitrit bakterileri örneğin *Nitrosomonas* türleri amonyumu nitrite dönüştürür.



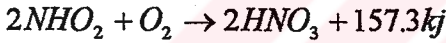
veya,



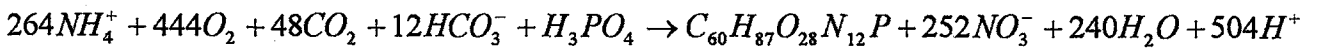
Nitrat bakterileri diye isimlendirilen bakteriler örneğin *Nitrobacter* türleri ise nitriti nitrata dönüştürür.



veya,

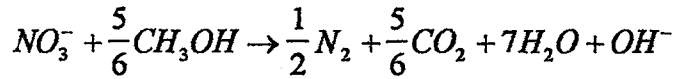
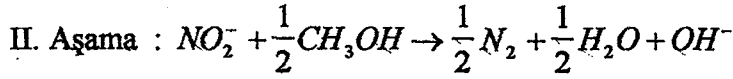
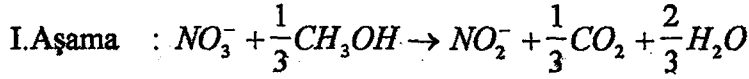


Nitrifikasyon süreçleri sırasında ortaya çıkan kimyasal enerji azot bakterileri tarafından CO<sub>2</sub> asimilasyonunda kullanılır. Nitrifikasyon ile asimilasyonun açıklayan bir reaksiyon şu şekilde verilebilir.



Anoksik koşullar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen vericilerinin bulunması halinde denitrifikasyon oluşmaktadır. Denitrifikasyon sırasında nitrat nitrite ve azot oksitler aracılığı ile de moleküler azota indirgenir. Bu süreç bir solunum olayını andırdığından nitrat solunumu diye adlandırılır. Şekerler, asetik asit, etanol, aseton ve metanol gibi çeşitli organik maddeler denitrifikasyonda elektron vericisi olarak davranabilmektedir.

Aşağıda metanol ile gösterildiği gibi denitrifikasyon iki aşamada gerçekleşir (Erdur, 1990).



Yüzeysel su ortamlarında mavi-yeşil algler tarafından önemli ölçüde moleküler azot bağlanması söz konusudur. Bu suların dip çökeltilerinde anaerobik olarak yaşayan *Clostridium* türleri de moleküler azotu bağlayabilme yeteneğindedirler. Ötrofik su ortamlarında su sütununun içindeki ayrı bölgeler de (epilimniyon, metalimniyon, hipolimniyon) değişik azot reaksiyonlarının yer aldığı ortamlardır. Özellikle stabil yaz tabakalaşmasının mevcut olduğu durumlarda epilimniyon bölgesinde nitrifikasyon süreçleri yer almaktadır (Demircioğlu, 1983).

Suda organik azot fakültatif aerobik mikroorganizmalar aracılığıyla amonifikasyon işlemi ile amonyum azotuna dönüşmektedir. Amonyum azotu ise ortamda nitrite; nitrit, nitrat bakterileri tarafından yine aerobik ortamda nitrata dönüştürülmektedir. Bu iki aşamalı olay nitrifikasyon olarak adlandırılır. Sedimentte bulunabilecek organik azot anaerobik koşullarda ayrışarak amonyum azotuna dönüşebilmekte ve suya geçebilmektedir. Sedimentte anoksik koşullarda nitrat, denitrifikasyon işlemiyle nitrite ve anaerobik denitrifikasyon işlemiyle de moleküler azot gazına dönüşmektedir (Erdur, 1990). Bu işlemlerin herbirini ayrı organizma grupları yapmaktadır. *Nitrobacter* kendi ortamında bulunabilecek çok az miktarda bile amonyaktan rahatsız olmakta ve onun etkilerine dayanmamaktadır (Öner, 1987).

Su ortamlarında bulunabilecek aerobik bakterilerin bazı fakültatif tipleri anaerobik koşullarda elektron alıcısı olarak nitrit ve nitrati kullanabilmektedir. Bu nedenle sularda veya atıksu içersindeki azot ayrışmaları sediment varlığına dayanmaktadır (Erdur, 1990).

Yüzeysel sulara karışan azot bileşikleri bir çok olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Bunların en önemlileri aşağıda verilmiştir.

- a- Nitrifikasyon süreçleri nedeni sularda oksijen bilançosunun etkilenmesi
- b- Sularda primer üretiminin artması ve ötrofikasyon sorunu



- c- Sularda yaşayan organizmalara serbest amonyak ve nitritin yaptığı toksik etkiler
- d- Su arıtımı sırasında ortaya çıkan güçlükler
- e- İçme sularında nitrat değişimlerinin artması ve bunun yarattığı toksik etkiler-

Yüzeysel sularda amonifikasyon ve denitrifikasyon yapan bakterilerin çokluğu suyun ne kadar organik azotça kirlendiğini göstermektedir (Erdur, 1990).

### 2.1.8.3. Sülfat Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler

Sularda sülfat redükleyici bakteriler sülfatı sülfide redükler. Bu işlemde *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum* türleri ve *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Saccharomyces* üyelerinin bazı suşları rol oynar. Sülfat redükleyici bakterilerin çokluğu bu çaya çok miktarda sülfid karıştığını gösterir.

### 2.1.8.4. Sülfür Kirliliğinin İndikatörü Bakteriler

Sülfür bakterileri ototrofik bakterilerin çeşitli formlarının oluşturduğu heterojen bir gruptur. Büyük miktarlarda sülfür içeren topraklarda bulunurlar. Göllerin, nehirlerin, haliçlerin ve limanların dip çamurlarında bulunurlar. Yüzeysel sularda insan faaliyetleri sonucu aşırı sülfür bakterisi üremesi olduğunda bu şekildeki büyümeler dolaylı kirleticiler olarak tanımlanırlar. Bazı nehirlerde sülfür bakterileri kalın büyüme gösterirler. Bunun nedeni, endüstriyel atık salınımından oluşan veya organik maddelerin anaerobik parçalanması sonucu suya karışan sülfür bileşikleridir (Köse , 1990).

## 2.2. Su Kirliliği Sorununun Dünyadaki ve Ülkemizdeki Durumu

Günümüzde çevre kirlenmesi sorunu plansız kaynak kullanımı, sanayileşme ve kentleşme gibi düzensiz ve denetimsiz gelişme sonucunda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük boyutlara ulaşan bir sorundur. Yaşamın temel kaynağı olan sudan insanlar çok çeşitli amaçlar için yararlanmaktadırlar. Amerikan mucidi ve diplomatı Benjamin Franklin "Suyun değerini kuyu kurduğu zaman anlarız" demiştir. Bugün maalesef dünyanın büyük bir bölümü, Franklin'in işaret ettiği gerçeğin ne kadar doğru olduğunu deneyerek öğrenmek tehlikesi ile karşı karşıya gelmiştir. Su uzun süreden beri harcanmış, yanlış yönetilmiş ve fazla kullanılmıştır. Bunların sonuçlarını ise dünya yeni yeni kavramıştır. İnsanların yaşam düzeyleri yükseldikçe suya karşı olan talep nüfus artışı hızından çok fazla olmaktadır. Senede kişi başına düşen 800 m<sup>3</sup>'lük miktar, 1950 yılından bu yana % 50 artmış ve artmaya devam etmektedir. Dünya, suyun

önemini kavrayarak ihtiyaçlarını karşılarken suyun ekonomik, ekolojik ve siyasal sınırlarının belirlenmesine, su ile olan ilişkilerinin de yeniden tanımlanmasına yönelik çalışmalara ancak bu yüzyılda başlamıştır. Gelişmiş ülkeler, su kirliliği sorunlarının çözüm yollarını belirleme çalışmalarını başlamışlar ve son yıllarda çevre sorunlarının çözümlenmesinde önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir (Brown ve ark., 1993).

Medama ve Schets (1993) Hollanda-Amsterdam'da rekreasyonel sahillerde su orjinli bir gastro-enterit ajanı olan ve son zamanlarda taze sularda bakteriyal kirlilik indikatörü olarak aranan *Plesiomonas shigelloides* yoğunluğunun fekal kirlilik ve trofik durum arasındaki korelasyonu ortaya çıkarmışlardır.

Turick ve ark. (1988) sudaki fekal koliformları yapısında biriktirme özelliği gösteren ve aktif bir filtratör gibi davranan taze su midyesi (*Elliptio complanato*) 'nin su sütunlarında meydana gelen fekal pollusyonun son zamanki bölümlerini kayda almak için bir bakteriyolojik su kalitesi indikatörleri olarak kullanılmasını önermişlerdir.

Palmer ve ark. (1993) Kanada-Ontorio'daki yükleme limanlarındaki disposal yıkama sularında indikatör organizmaları tespit etmişlerdir. Fekal koliform yoğunluğunu  $10^5$ - $10^8$  /100 ml olarak bulmuşlar ve değerlerin standartlardan oldukça yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Araujo ve ark. (1989), fekal kirliliğin farklı bölümlerini sahip 3 taze su habitatında bulunan fekal koliformların sayısı ile mezofilik aeromonadların varlığı arasında mümkün olan korelasyonu araştırmışlardır. Su örneklerinde *Aeromonas* spp.  $10^2$ - $10^9$  cfu/100 ml arasında ve fekal koliformların ise  $9$ - $10^7$  cfu/100 ml olarak saptamışlardır. Fekal kirlilikten yoksun sularda bir korelasyon saptanamadığı halde kirli sularda aeromodlar, fekal koliformlar ve BOI arasında bir ilişki tespit edilmiştir.

Bergstein ve ark. (1991), İsrail'de Kinneret gölündeki fekal indikatör bakterilerin dağılımını bir yıllık süreçte izlemişlerdir. Bu dağılımda sedimantasyon ve göle dökülen Jordan nehrinin boşaltımı gibi faktörlerin etkili olduğu saptanmıştır. Göldeki sedimentler, dip suları ve yüzey suları arasındaki indikatör fekal bakterilerin yoğunluğu üzerine istatistiksel modellemeler çıkarılmıştır. Yine Bergstein ve ark. (1992), aynı araştırma bölgesinin littoral zonunda meydana gelen fekal kirliliğin indikatör bakterilerinin dağılımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Göl suyu ve sedimentindeki bakteriyal konsantrasyonun sahil şeridinde göre yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumu mevsimsel şartlara, jeografikal durum ve göle giren nütrient konsantrasyonuyla ilişkilendirmişlerdir.

Eashwar ve ark. (1989), Hindistan'da Tutucarın liman sularında *Thiobacillus* 'ların varlığını ortaya koymuşlardır. Thiosülfat agar üzerinde koloni birim olarak saptanan *Thiobacillus* 'ların sayısı denizsel kaynaklardan rapor edilenlerden çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar *Thiobacillus* 'ların liman sularının kirlilik düzeyini belirlediği kadar bu sulardan karışan sahil sularındaki yayılımını ortaya çıkarmışlardır.

İslam ve ark. (1994) Bangladeş Dhaka çevresinde ve içinde beş su kaynağında Mayıs, 1998-Nisan, 1989 arasında bir yıllık peryotta fekal pollusyon durumunu incelemişlerdir. Sonuçlar 4 su kaynağının ağır şekilde fekal kirlenmeye uğradığını ve bu suların halk sağlığı açısından potansiyel sağlık rizikoları olduğu belirtilmiştir.

Neime ve ark. (1994), Finlandiya'da Aurajoki nehrinde fekal streptokoklar ile termotolerant koliform bakterilerinin uzun dönemli temporal değişimlerini araştırmışlar ve bakteriyal konsantrasyon, boşaltım ve kimyasal su kalite parametreleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır.

Rhodes ve Kator (1994) ABD Virginia eyaletindeki tatlı su göllerinde mesofilik aeromonadların yoğunluğunu trofik durumla karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar aeromonad konsantrasyonlarının trofik durumdan bağımsız olduğunu ve trofik durumu ölçmede kullanılan su kalite parametreleriyle (Toplam fosfor, Klorofil-a vb.) istatistiki olarak ilişkisinin bulunmadığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca çözünmüş oksijen ve toplam çözünmüş nitrojen değerleriyle aeromonad yoğunluğu arasında negatif bir korelasyonun bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Nix ve ark. (1993) aquatik sistemlerde fekal kontaminasyonun bir bütünleyicisi olarak sediment torba tekniği adı verilen bir yöntem geliştirmişleridir. Su kolumundaki örnekleme bir alternatif olarak, sedimentler fekal kirliliğin indikatörleri olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel mikrobiyolojik araştırmalar kontaminasyonun kaynağını ya da kapsamını belirleyememektedirler. Çünkü sitelerin devamlı izlenmesi klasik mikrobiyolojik tekniklerle pratik olmamakta ve oldukça masraflıdır. Bu yüzden sediment torbalar sedimentteki çamur tabakasına yerleştirilerek sedimentteki koliform bakterileri absorblamaktadırlar. Elde edilen sonuçlara göre bu tekniğin kontaminasyon kaynaklarını tanımlayabildiklerini ortaya çıkarmışlardır.

Niemi ve Niemi (1988) Finlandiya körfezine dökülen Vantaanjoki nehrinde bir yıllık peryod içinde fekal indikatörlerin varlığı ve yıllık değişimleri ortaya çıkarılmıştır. Süreç içinde

kirli nehirde izole edilen 931 termotolerant koliformun % 74'ü API20E identifikasyon sistemine göre *E. coli* olarak tanımlanmıştır. 3441 strainin toplamı (44.5 °C'de) gaz ve indol üretimi test edilmiştir. Bunların, % 73'ü gaz pozitif ve % 89'u indol pozitifdir. Fekal Streptokokların 3567'sinin % 67'si 44.5 °C'de Bile Esculine Azide Agar'da esculine pozitif ve katalaz negatif olarak doğrulanmıştır. Doğrulanmış fekal indikatörlerin oranı mevsimsel olarak ve nehrin farklı kollarında değişimler göstermiştir. Araştırmacılar fekal indikatörler arasındaki korelasyon ve fekal indikatörler ile su kalitesi arasındaki değişimleri modellendirmişlerdir.

Falcao ve ark. (1993), Brezilya'nın Araraquara bölgesinde değişik taze suların potansiyel patojenik ve patojenik bakterilerini incelemişlerdir. Nehirden, rezervuarlardan, artezyenden ve havuz sularından alınan 99 su örneğinde heterotrofik mikroorganizmaların sayımları, fekal koliformlar ve *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Mycobacterium*, *E. coli*'nin EPEC, ETEC ve EIEC varyantlarının varlığı analiz edilmiştir. Bu sulardan araştırmacılar *Shigella*, *Yersinia* ve EIEC varyantı izole edilmemiştir. Araştırmacılara göre bu sular bir potansiyel mikrobiyolojik sağlık riski oluşturmaktadırlar.

Niemi ve Niemi (1991), Güney Finlandiya'da 22 bozulmuş bölgeden ve 6 zirai bölgedeki sulardan muhtemel *E. coli* ve muhtemel Fekal Streptokokların varlığı ve termotolerant koliform bakterilerin konsantrasyonlarının tespitine yönelik yaptıkları bir çalışmada mukayese için kullandıkları 3 atık su deneme sitesinden aldıkları su örneklerindeki fekal indikatörleri karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak zirai ve bozulmamış doğal sularda kış aylarında bakteriyal kirliliğin oldukça yüksek durumlara ulaştığını tespit etmişlerdir. Ayrıca termotolerant koliformların diffüze yüklemeler ile kontamine olan sularda güvenilir kirlilik indikatörleri olduklarını bildirmişlerdir.

Montuelle ve ark. (1996), taze su sedimentinde biofilm oluşturan *Nitrobacter* türleri üzerine bir atıksu deneme tesisinin (WTP) etkisini belirlemişlerdir. Nehre atıksuyun boşaltımından sonra fizikokimyasal parametrelerde (çözünmüş oksijen konsantrasyonunda bir azalma, NH<sub>4</sub>-azotu düzeyinde bir artış vb.) yüksek bir değişim gözlenmiştir. Bentik *Nitrobacter* popülasyonları WTP boşaltımından sonra kalitatif ve kantitatif değişimi göstermiştir. Bu araştırmacılar Immunofloresans teknikleriyle 6 farklı *Nitrobacter* serotipi tanımlamışlardır. *Nitrobacter* serotip çeşitliliğinin boşaltım konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Türkiye’de su kirliliği sorunları, ilk kez Haliç’in kirlenmesi ile dikkat çekmeye başlamıştır. Bir zamanlar yalnız ulusal değil, dünya sanat ve edebiyat tarihini de geçmiş olan Haliç’in evsel ve endüstriyel atıkları taşıyan kanalizasyon haline dönüşmesi büyük yankılar uyandırmıştır. Haliç kirlenmesini İzmit ve İzmir Körfezi kirlilikleri, Porsuk kirlenmesi takip etmiş, daha sonraki yıllarda önlem alınmaması ya da alınan önlemlerin yeterli olmayışı gibi sebeplerle, kirlilik bütün ülkede yaygınlaşmıştır. Kirliliğin yoğunlaşmasına ve yaygınlaşmasına paralel olarak kirlilik kontrolüne ilişkin çalışmalar da hız kazanmış, başta Üniversiteler olmak üzere, pekçok kurum ve kuruluş ile gönüllü topluluklar çevre kirlenmesi ve kontrolüne yönelik çalışmalar yapmışlar ve halen yapmaktadırlar.

Özkanca ve Flint (1995), göl suyunda *E. coli* bakterisinin açlık şartları altında protein sentezinde meydana gelen değişimleri 2-boyutlu Polyacralamide Gel Elektroforezi metodu ile incelemişlerdir. Büyümenin durgunluk fazında göl suyunda inoküle edilen *E. coli* bakterisinin 30 günlük açlık stresi sonrasında yeni proteinler sentezlediği belirlenmiştir. Diğer taraftan fosfatın yetersiz olduğu ortamda üretilen *E. coli* ’de 7 yeni protein sentezi tesbit edilmiştir. Ayrıca 16 protein örneğinin sentezi azalırken, 22 tanesinde ise artış olduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Özkanca ve Flint (1995) başka bir çalışmasında besin maddelerinin göl suyunda yaşayan *E. coli* ’nin çoğalma ve canlı kalma yeteneğindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar bazı karbon kaynaklarının (maltoz, laktoz, D-glukoz) ilaveli doğal göl suyundaki *E. coli* ’nin yaşamını, özellikle 15 °C’de inkübe edildiğinde etkilediği saptanmıştır. Fruktoz, mannoz ve galaktozu’un ise *E. coli* yaşamını etkilemediği saptanmıştır. *E. coli* ’nin doğal mikroflora ile başarılı bir şekilde rekabet edebilmesi uygun inkübasyon sıcaklığına ve bazı besin maddelerinin ortamda bulunmasına bağlı olduğu ortaya konmuştur. Yine Özkanca ve Flint (1996), antibiyotiklerin değişik sıcaklıklarda doğal ve filtre-otoklav göl suyu ortamında yaşayan *E. coli* ’nin yaşamı üzerine etkisini gözlemlemişlerdir. Ökaryotik inhibitörler olan Cycloheximide ve Nystatin ’in *E. coli* yaşamını önemli derecede değiştirmedeğini, prokaryotik inhibitörlerin Neomycin’in doğal göl suyuna ilavesinin *E. coli* ’nin yaşam süresini uzattığını saptamışlardır. Antibiyotiklerin *E. coli* ’nin yaşamı üzerine olan etkisinin inkübasyon sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Özkanca (1996), göl suyunda açlık stresine maruz bırakılan ve geleneksel agar yayma metoduyla tespit edilemeyen bazı *E. coli* bakterilerinin metabolik olarak aktif olduğu solunum sistemi aktivitesinden yararlanılarak tespit

etmiştir. Sonuç olarak saptadığı bakteri sayısının, rutin yapılan analizlerden daha yüksek çıktığını bildirmiştir.

Algur (1988), Erzurum ovasındaki bazı köylerin içme sularının mikrobiyolojik analizleri üzerine çalışmıştır. Örneklerden 62'sinde (% 51.6) total bakteri sayısının 500/ml'den fazla olduğunu, 69 örnekte (% 57.5) koliform bakteri ve 55 örnekte (% 48.5) fekal koliform bakteri olduğunu belirlemiştir.

Özdemir (1992), İzmir Körfezine dökülen Melez çayında bazı bakteriyolojik kirlilik parametrelerini incelemiştir. Parametrelerin standartlara uygunluğunu karşılaştırmış ve sonuçta bunların büyük çoğunluğunun standartların üstünde olduğunu saptamıştır.

Boztepe (1985), Seyhan nehrinde bazı kirlilik parametrelerinin saptanması üzerine çalışmış. Çalışma sonucunda suyun standartlara uygun olmadığını belirtmiştir.

Erdur (1990), İzmir körfezine dökülen nehir ve derelerindeki azot kirliliğini ortaya koymuştur.

Kolankaya ve ark. (1986), Seka (Afyon-Çay) fabrikası atıksuyunu fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik kirlilik parametreleri yönünden incelemişlerdir. Araştırmacılar atıksuyun Karamık gölüne etkisini ortaya çıkarmışlardır.

Türkman (1981), İzmir körfezine dökülen yan derelerde bazı kirlilik parametrelerini incelemişlerdir. Sonuç olarak incelediği su kaynaklarının İzmir körfezinin kirlenmesine katkılarını bildirmiştir.

Yılmaz (1983), İzmir'de yeraltı sularında kirlilik parametrelerini incelemiştir. Kirletici kaynakların yeraltı sularını nasıl etkilediğini ve bunların düzeylerini bildirmiştir.

Kırımhan ve ark. (1994), Elazığ Hazar gölünün su kalitesini Nisan 1992-Eylül 1992 tarihleri arasında aylık olarak gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda bakteriyolojik kirlenmenin yaz ayları döneminde artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü ile DSİ'nin müşterek olarak yürüttüğü ve Araştırma Fonu tarafından desteklenen 91-93 nolu projede Nilüfer ve Kocasu derelerindeki ağır metallerin değişimleri ölçülmüştür. Bu çalışma ile her iki akarsuda demir düzeyinin genel olarak "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin" öngördüğü değerden düşük olduğu gözlenmiştir (Aksoy, 1993). Yine aynı bölümde yapılan bir Yüksek Lisans tez çalışması ile Nilüfer ve Kocasu derelerinin demir kirliliği yönünden II. Kalite su sınıfında olduğu gözlenmiştir (Delibaş, 1995). Ayrıca yine aynı bölümde yakın zamanda bitirilen bir Yüksek

Lisans tezi Nilüfer ve Kocasu dereleri üzerindeki dört farklı istasyonda (Geçit, Göbelye, Hayırlar ve Ekmekçi) alınan su örneklerinde demir türlelendirmesi üzerine çalışılmıştır. Toplam demir derişimi atomik absorbsiyon yöntemi, Fe (II) derişimi ise Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofopisi yöntemi ile belirlenmiş olup her bir istasyondaki suyun “Su Kalite Kontrolü Yönetmeliğı” gereğı II. Su kalite sınıfında olduğı saptanmıştır (Tüfekçi, 1996).

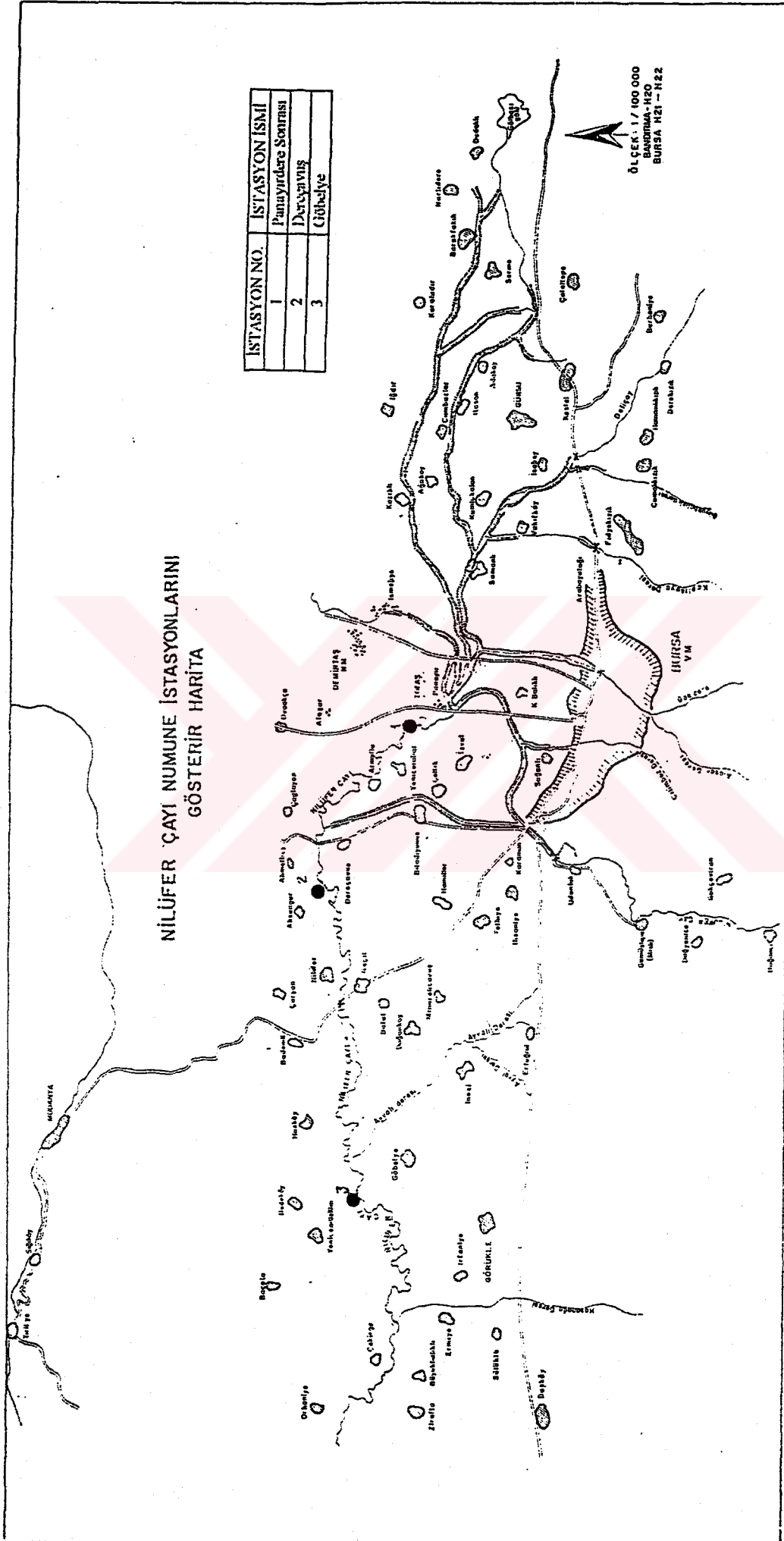


### 3. NİLÜFER ÇAYININ TANITIMI

Bu çalışmada araştırma yeri olarak evsel, tekstil ve oto sanayi gibi çeşitli endüstrilerden gelen atıklar ile kirlenen ve Marmara denizinin kirlenmesine katkısı olan Nilüfer çayı ele alınmıştır (Şekil 1). Keles ilçe merkezinin yaklaşık 10 km. kuzeydoğusunda ve Tepel dağı (2012 m) güneybatı yamaçlarından doğan Nilüfer çayı genel olarak kuzeybatıya doğru oldukça dar bir vadi içinde akmaktadır. Eğimi genel olarak % 2'yi geçen ve Uludağ'ın güneybatı etekleri boyunca uzanan bir vadi içinde akan Nilüfer çayına, Uludağ yamaçlarından ve vadinin güneybatısındaki yamaçlardan birçok yan dereler katılır. Misi Köy kesiminde akışı kuzeye kıvrılan Nilüfer çayı, Bursa ovası çıkışındaki Dereçavuş köyünün kuzeyinde batıya yönelir. Bu arada Bursa ovasının güneyinden ve Uludağ'ın kuzey taraflarından inen derelerde (Aksu, Kestel, Deliçay, Gökdere), ovaya kuzeyden inen Narlıdere, Sarpdere, Kelesen derelerinin sularını tahliye eden birleşik kolda Nilüfer çayına katılır. Bundan sonra batıya akan çaya Göbelye köyü kesiminde Çayırköy ovasından gelen Ayvalı deresi karışır. Nilüfer çayı buradan itibaren tekrar, geniş bir vadi içinde akarak İskele köyünün güneyinde Marmara Denizine akan Simav çayı ile birleşir. Nilüfer çayının uzunluğu yaklaşık 168 km'dir. DSİ'nin yaptığı sonuçlara göre çayın yıllık ortalama suyu  $388 \times 10^6$  m<sup>3</sup>'tür. Nilüfer çayının geçtiği ovalarda genellikle tarımsal bitkiler yetiştirilmekte ve bunların sulaması kısmen Nilüfer çayından kısmen de yeraltı suyundan yapılmaktadır. Tarımsal bitkiler genellikle buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, tütün, mevsim sebzeleri vb.'dir. Ayrıca başta şeftali olmak üzere çeşitli meyva bahçeleri, kavaklık, bağ vb. yer almaktadır (DSİ, 1993).

Nilüfer çayından, üzerinde Doğancı Köyü yakınında inşa edilmiş ve su tutulmasına 1983 tarihinde başlanmış bulunan Doğancı I (Selahattin Saygı) barajı ile Bursa kentine 2005 yılına kadar içme ve kullanma suyu olarak verilmesi öngörülmüştür. Kentin beklenenden daha büyük hızla büyümüş olmasından dolayı Doğancı Barajı su temininde yetersiz kalmış, 20 km. daha yukarda Nilüfer Barajı yapımına başlanmıştır.





Şekil 1. Nilüfer çayı ve su örneklerinin alındığı istasyonlar

## 4. MATERYAL ve METOT

### 4.1. Materyal

#### 4.1.1. Örneklerin Sağlanması

Bursa Nilüfer çayında çoğu kirliliği belirten parametreler ile bazı mikrobiyal grupların saptanması amacıyla, bu çaydan çeşitli noktalardan grab ve ani örnekleme tipine uyularak örnekler alınmıştır. Çaydan örnek alma noktaları belirlenirken, örnek alma noktalarının özellikle çaya endüstriyel atıksu girdilerinin olduğu noktalardan sonra olmasına özen gösterilmiştir. Çaydaki her örnek alma noktasından Ocak 1996 - Aralık 1996 arasında her ay numuneler alınmıştır (Çizelge 4 ve Şekil 1).

Çizelge 4. Bursa Nilüfer çayının önemli özellikleri ve bu çalışmadaki örnek alma noktalarının tanıtımı

Çayın Adı	Örnek Alma İstasyonları		
	1. Panayırdere Sonrası	2. Dereçavuş	3. Göbelye
Nilüfer Çayı			
Toplam drenaj alanı	Evsel atıklar ve	% 60 Endüstriyel atık	% 80 Endüstriyel atık
1970 km <sup>2</sup> , Uzunluğu	özellikle Deri sanayi	% 40 Evsel atık	% 20 Evsel atık
120 km., Ortalama	atıkları		
debi yıllık 12.3 m <sup>3</sup> /sn			

#### 4.1.2. Besiyerleri

##### Besiyeri 1. "Pepton Çözeltisi"

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.0	g
Dekstroz	1.0	g
MgSO <sub>4</sub>	0.2	g
FeSO <sub>4</sub>	0.01	g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.2	g
Distile Su	1000	ml

Ortam tüplerde hazırlanarak, 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Seeley, 1972 ve Alexander, 1977).

Bu besiyeri amonyum oluşumunu gözlemek ve amonifikasyon yapan bakterilerin En Muhtemel Sayı verilmesi için kullanılır.

### Besiyeri 2. "C Ortamı"

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.5	g
NH <sub>4</sub> Cl	1.0	g
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.5	g
CaCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	60.0	mg
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	60.0	mg
Sodyum laktat	6.0	g
Yeast ekstrakt	1.0	g
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.10	g
Sodyum sitrat.2H <sub>2</sub> O	0.03	g
Distile Su	1000	ml
pH	7.5	

Ortam tüplerde hazırlanarak, 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (American Society of Microbiology, 1981).

Bu besiyeri Sülfat Redükleyici Bakterilerin izolasyonu ve En Muhtemel Sayı verilmesi için kullanılır.

### Besiyeri 3. "Nitrat Broth"

Nütrient Broth	13.0	g
KNO <sub>3</sub> veya NaNO <sub>3</sub>	5.0	g
Distile Su	1000	ml

Ortam Durham tüplü olarak tüplerde hazırlanır, 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Tamer ve ark., 1989).

Bu besiyeri Denitrifikasyon Bakterilerinin varlığı ve sayısını (En Muhtemel Sayı) vermek için kullanılır.

#### Besiyeri 4. "Brilliant Green Lactose Bile Broth"

Pepton	10.0	g
Laktoz	10.0	g
Safra tuzu	10.0	g
Brilliant Green	13.3	ml
(% 1'lik solüsyondan)		
Distile su	1000	ml

500 ml distile su Pepton ve Laktoz çözülür. 200 ml distile suda da Safra tuzu çözülür. İki solüsyon karıştırılarak distile suyla hacim 950 ml'ye tamamlanır. pH 7.4'e ayarlanır. Brilliant Green 'in % 1 'lik solüsyonundan 13.3 ml ilave edilip, hacim distile suyla 1000 ml'ye tamamlanır. Ortam Durham tüplü içeren test tüplerine dağıtılarak, 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Tamer ve ark., 1989).

Bu besiyeri toplan koliform ve fekal koliform grubu bakterilerin varlığını ve sayılarını (En Muhtemel Sayı) vermek için kullanılır.

#### Besiyeri 5. "Plate Count Agar (=PCA)"

Tripton	5.0	g
Yeast ekstrakt	0.5	g
Desktoz	1.0	g
Agar	15.0	g
Distile su	1000	ml

Ortam Roxe şişelerinde 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir. Sterilizasyon sonunda 45 °C'ye kadar soğutulmuş bu ortam petrilere dökülür (Difco Manual, 1984).

Bu besiyeri Genel Canlı Sayımı için kullanılır.

Besiyeri 6. "Nitrit Oluşum Ortamı"

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2.0	g
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	1.0	g
$\text{MgSO}_4$	0.5	g
$\text{FeSO}_4$	0.4	g
$\text{CaCO}_3$	5.0	g
Distile su	1000	ml

Ortam erlenlerde hazırlanarak 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Difco Manual, 1953 ve Buchanon, 1974).

Bu besiyeri Nitrit Bakterilerinin kontrolü ve ön inokulum ortamı olarak kullanılmıştır.

Besiyeri 7. "Nitrat Oluşum Ortamı"

$\text{NaNO}_2$	1.0	g
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	1.0	g
$\text{MgSO}_4$	0.3	g
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1.0	g
$\text{NaCl}$	0.5	g
$\text{FeSO}_4$	0.01	g
Distile su	1000	ml

Ortam 300 ml 'lik erlenlerde hazırlanarak 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Difco Manual, 1953 ve Buchanon, 1974).

Bu besiyeri Nitrat Bakterilerinin kontrolü için ve ön inokulum ortamı olarak kullanılmıştır.

Besiyeri 8. “*Nitrobacter agilis* Nelson Ortamı”

KNO <sub>2</sub>	0.17	g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.14	g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.14	g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.25	g
Biotin	150	mg
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.03	g
CaCO <sub>3</sub>	10.0	g
Distile su	1000	ml

Biotin filtreden geçirilerek sterilize edilir. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ayrı olmak üzere, ortam 121 °C’de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir. Sterilizasyon sonrası biotin Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> aseptik koşullarda, toplam ortam bulunan erlene ilave edilir (Rehcigil, 1977).

Bu besiyeri *Nitrobacter agilis* için özeldir ve bu nitrat bakterisinin izolasyonu için kullanılmıştır.

Besiyeri 9. “*Nitrobacter winogradsky* Winslow Ortamı”

NaNO <sub>2</sub>	2.0	g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.15	g
MgSO <sub>4</sub>	0.15	g
FeSO <sub>4</sub>	30.0	g
CaCO <sub>3</sub>	2.0	g
Distile su	1000	ml
pH	7.5-8.0	

Ortam 121 °C’de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (American Society of Microbiology, 1981).

Bu ortam *Nitrobacter winogradsky* türü nitrat bakterisini izole etmek için kullanılmıştır.

Besiyeri 10. “*Nitrosococcus nitrosus* Migula Ortamı”

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.15	g
MgSO <sub>4</sub>	0.15	g
FeSO <sub>4</sub>	30.0	g
CaCO <sub>3</sub>	2.0	g
Distile su	1000	ml
pH	7.5-8.0	

Ortam 121 °C’de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (American Society of Microbiology, 1981).

Bu ortam *Nitrosococcus nitrosus* türü nitrit bakterisini izole etmek için kullanılmıştır.

Besiyeri 11. “Genel *Thiobacillus* spp. Ortamı”

Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.0	g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4.0	g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4.0	g
CaCl <sub>2</sub>	0.1	g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.1	g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .SO <sub>4</sub>	0.1	g
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	0.02	g
MnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.02	g
Glukoz (veya Asparagine)	1.5	g
Distile su	1000	ml
pH	7.0	

Ortam otoklavda sterilize edilmez. 100 °C’de 1 saat süresince arka arkaya 3 gün tekrarlanarak buharda tutulur. Bu ortam genel olarak *Thiobacillus* spp. gruplarını saptamak ve bu grup bakterileri ön inokulumla tutarak aktive etmek için hazırlanmıştır (Rehçigil, 1977).

Besiyeri 12. "*Thiobacillus thioporus* Beijreinek Ortamı"

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.0	g
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	4.0	g
$\text{CaCl}_2$	0.25	g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5	g
$(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{SO}_4$	4.0	g
$\text{FeSO}_4$	0.01	g
Distile su	1000	ml
pH	7.0	

Ortam 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Rechigl, 1977).  
Bu ortam *Thiobacillus thioporus* türü sülfür bakterisinin izolasyonu için kullanılmıştır.

Besiyeri 13. "*Thiobacillus denitrificans* Beijerick Ortamı"

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.0	g
$\text{KNO}_3$	5.0	g
$\text{NaHCO}_3$	1.0	g
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0.2	g
$\text{MgCl}_2$	0.1	g
$\text{FeSO}_4$	0.01	g
Distile su	1000	ml
pH	7.0	

Ortam 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Rechigl, 1977).  
Bu ortam *Thiobacillus denitrificans* türü sülfür bakterisinin izolasyonu için kullanılmıştır.



Besiyeri 14. "*Thiobacillus thiooxidans* Walksman and Joffe Ortamı"

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.2	g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3.0 - 0.5	g
MgSO <sub>4</sub>	0.1 - 0.5	g
FeSO <sub>4</sub>	0.01	g
CaCl <sub>2</sub>	0.25	g
Toz Sülfür	10.0	g
Distile su	1000	ml
pH	7.0	

Ortam 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Rechigl, 1977).

Bu ortam *Thiobacillus thiooxidans* türü sülfür bakterisinin izolasyonu için kullanılmıştır.

Besiyeri 15. "*Thiobacillus ferrooxidans* Temple ve Colmer Ortamı"

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.5	g
MgSO <sub>4</sub>	1.0	g
FeSO <sub>4</sub>	130	g
Distile su	1000	ml
pH	2.0 - 2.5	

Ortam pH'sı H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile ayarlandıktan sonra otoklavda 121 °C'de 1.5 atmosfer basınçta 15 dk. süre ile sterilize edilir (Rechigl, 1977).

Bu ortam *Thiobacillus ferrooxidans* türü sülfür bakterisinin izolasyonu için kullanılmıştır.

### 4.1.3. Çözeltiler

#### 4.1.3.1. Çözünmüş Oksijen Tayininde Kullanılan Çözeltiler

##### Mangan Sülfat Çözeltisi

480 g  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$  distile suda çözülür, süzülür ve 1 litreye tamamlanır.

##### Alkali-İyodür-Azid Çözeltisi

500 g NaOH (veya 700 g KOH) ve 135 g NaI damıtık suda çözülüp, 1000 ml'ye seyreltilir. Bu çözeltiye 10 g  $NaN_3$  'ün 40 ml distile suda çözünmüş çözeltisi ilave edilir. Bu reaktif asidik ortamda nişasta çözeltileri ile renk vermemelidir.

##### Sülfürik Asit Çözeltisi

Derişik, yaklaşık 36N,  $H_2SO_4$  kullanılır. 1 ml 'si 3 ml Alkali-iyödür reaktifine eşdeğerdir.

##### Nişasta Çözeltisi

5 g çözünebilir nişasta, 800 ml kaynamakta olan suda karıştırılarak çözülür ve 1 litreye tamamlanır. Birkaç dakika daha kaynatılır. Bir gece bekletilerek üstteki berrak kısım alınır. Bu çözelti litresine 1.25 g salisilik asit veya bir iki damla toluen ilavesiyle korunur.

##### Sodyum tiyosülfat Stok Çözeltisi, 0.10 N

24.82 g  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  kaynatılmış ve soğutulmuş distile suda çözülerek litreye tamamlanır. Bu çözelti litresine 5 ml. Kloroform ve 1 g NaOH ilave edilerek korunur.

##### Standart Sodyum tiyosülfat Çözeltisi, 0.025 N

250 ml stok sodyum tiyosülfat çözeltisi litreye tamamlanarak hazırlanır.

#### 4.1.3.2. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayininde Kullanılan Çözeltiler

##### Fosfat Tampon Çözeltisi

8.5 g Potasyum dihidrojen fosfat ( $KH_2PO_4$ ), 21.75 g dipotasyum hidrojen fosfat ( $K_2HPO_4$ ), 33.4 g disodyum hidrojen fosfat heptahidrat ( $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ ) ve 1.7 g amonyum

klorür ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), yaklaşık 500 ml distile suda çözülür ve 1 litreye tamamlanır. Bu tampon çözeltinin pH'sı 7.2 olmalıdır.

#### Magnezyum Sülfat Çözeltisi

22.5 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  distile suda çözülür ve litreye tamamlanır.

#### Demir III Klorür Çözeltisi

0.25 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  distile suda çözülür ve 1 litreye tamamlanır.

#### Kalsiyum Klorür Çözeltisi

27.5 g anhidrit kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) distile suda çözündürülür ve litreye tamamlanır.

#### Asit ve Alkali Çözeltiler

Asidik veya bazik numunelerin nötralizasyonu için kullanılır.

#### Sodyum Sülfid Çözeltisi, 0.025N

1.575 g anhidrit  $\text{Na}_2\text{S}$ , 1000 ml distile suda çözülür. Bu çözelti dayanıklı değildir ve günlük olarak hazırlanmalıdır.

#### 4.1.3.3. Nitrit Oluşumunda Kullanılan Çözeltiler

##### Trommsdorf Ayracı

% 20'lik 100 ml kaynayan  $\text{ZnCl}_2$  çözeltisi 150 ml su içindeki 4 g nişasta karışımına yavaşça ilave edilip karıştırılır. Kaynaymaya, nişasta mümkün olduğu kadar çözününceye kadar devam edilir (çözelti hemen hemen berraklaşmaya kadar). Daha sonra hacim 1000 ml'ye tamamlanarak filtre edilir ve karanlıkta sıkı kapaklı şişelerde stoklanır.

#### 4.1.3.4. Amonifikasyon Yapan Bakterilerin Saptanması İçin Kullanılan Nessler Çözeltisi

5 g KI, 5 ml distile suda çözülür ve  $\text{HgCl}_2$  'nin (35 ml'deki 2 g) doymuş çözeltisi presipitat olana kadar ilave edilir. Sonra, 5N NaOH'dan 20 ml ilave edilir; 100 ml'ye su ile tamamlanır; presipitat oluşuktan sonra üstteki temiz kısım alınır.

## 4.2. Metot

### 4.2.1. Örneklerin Alınması

Bursa Nilüfer çayında belirlenen istasyonlardan örnekler alınmıştır. Örnekler aylık periyotlar halinde 28.01.1996 - 28.12.1996 tarihleri arasında 1 yıl boyunca alınmıştır. Örnek almada sterilize edilebilir örnek kapları kullanılmıştır. Kontaminasyonu ve diğer girişim yapan maddeleri önlemek için kaplar temizlenmiş ve steril edilmiştir. Fizikokimyasal ve mikrobiyolojik tayinler için alınan örnek miktarı 1000 ml'dir. Örnek alırken sedimentin dağılmamasına ve çayın iki kıyısı arasında suyun orta kısmından örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Analizlemede çözülmüş oksijen, sıcaklık ve pH örnek alınan yerde derhal, diğer parametreler, örnek mümkün olduğunca çabuk laboratuvara taşınarak analiz edilmiştir (APHA, 1976).

### 4.2.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının (BOI<sub>5</sub>) Belirlenmesi

Biyokimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan araç ve gereçler aşağıda verilmiştir.

- a) İnkübasyon şişeleri veya BOI şişeleri : 250-300 ml'lik kapaklı özel şişelerdir.
- b) İnkübatör : Termositatik kontrollü 20 °C ± 1'de çalışan cihazlardır.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesi şu şekilde yapılmaktadır.

#### a) Seyrelme Suyunun Hazırlanışı

Seyrelme suyu mikroorganizmaların yaşaması ve gelişimini kolaylaştıracak anorganik tuzları ihtiva etmeli, toksik elementleri ihtiva etmemeli, doyumluğa yakın çözülmüş oksijeni bulunmalıdır. Bu amaçla 20 °C'deki distile su kullanılır. Distile su havalandırılır ve ağzı pamuk tıkaçla kapatılarak korunur. İstenen hacimde distile su uygun kaba alınır ve 1 litre su başına 1 ml fosfat tamponu, 1 ml MgSO<sub>4</sub> çözeltisi, 1 ml CaCl<sub>2</sub> çözeltisi ve 1 ml FeCl<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilir. Bu karışım karıştırmak sureti ile veya bir hava pompası yardımı ile havalandırılır.

#### b) Aşılama

Örnek çok az mikroorganizma içeriyorsa evsel atıksu ile veya özel aşı kullanılarak seyreltme suyu ile aşılır.

### c) Seyreltme Tekniği

Genellikle çözünmüş oksijen tüketiminin sağlayacak şekilde seyreltme yapılır. Çalışmamızda 1/10, 1/50, 1/100 ve 1/200 seyreltme oranları kullanılmıştır. Standart seyreltme suyu, 1000-2000 ml kapasiteli ölçülü kaba konur. İstenen seyreltme oranına uygun şekilde örnek hacmi ilave edilir ve karıştırılır. Örnek ile karıştırılmış seyreltme suyu BOI şişesine sifonlanarak doldurulur, şişelerin kapağı kapatılarak birisi inkübasyon için inkübatöre konur; diğeri de çözünmüş oksijen tayini için ayrılır. 20 °C'de, 5 gün sonunda inkübatörden BOI şişesi çıkarılır. İnkübatörlerden alınan örnek ve şahitte çözünmüş oksijen tayini yapılır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 1 mgr/l ve 1.gün tayin edilen çözünmüş oksijen ile 5.gün sonunda tayin edilen çözünmüş oksijen konsantrasyonunun farkının en azından 2 mgr/l olması arzu edilir. Bunu sağlayan seyreltme oranı güvenilirdir.

d) Eğer seyreltme suyu aşılıyorsa; aşının oksijen tüketimi bulunur. Bu değer esas örneğin oksijen tüketiminden çıkarılarak numunenin oksijen tüketimi bulunur. Aşılı seyreltme suyunu, aşı düzeltilmesi kullanmamak gerekir. Çünkü 5. gün süre ile aşılı seyreltme suyunda, aşının çok fazla seyreltilmesi nedeni ile oksidasyon sonuçları bulunabilir.

### e) Seyreltme Suyu Kontrolü

İki BOI şişesi açıklanmamış seyreltme suyu ile doldurulur, ağzı kapatılır ve inkübatöre konur. Diğer şişede derhal çözünmüş oksijen tayini yapılır. Bu iki şişenin çözünmüş oksijen sonuçları açıklanmış seyreltme suyunun kontrolü için kullanılır. İlk gün ve 5. gün oksijen tüketimleri arasındaki fark 0.2 mg/l 'den ve tercihan 0.1 mgr/l 'den fazla olmayan sabit numuneler uygundur. Bu sonucu gösteren, seyreltme suları deney uygun bir şekilde kullanılabilir.

Buna göre sonuç aşadıdaki gibi hesaplanır (Şengül ve Türkman, 1984; Seeley ve Van Demark, 1972).

$$\text{Aşı gerekli değilse mgr/l BOI} = \frac{(D_1 - D_2)}{P}$$

$$\text{Aşılı seyreltme suyu kullanıldığında mgr/l BOI} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P} \text{ olur. Burda,}$$

- (D<sub>1</sub>) : Numunenin hazırlandıktan 15 dk. sonra ki çözünmüş oksijen değeri  
 (D<sub>2</sub>) : Seyreltik numunenin inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen değeri  
 (B<sub>1</sub>) : Aşının inkübasyondan önceki çözünmüş oksijen değeri  
 (B<sub>2</sub>) : Aşının inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen değeri  
 (P) : Numunenin seyreltme oranı (ondalık kesir olarak)  
 (f) : Numunedeki aşının kontroldeki aşıya oranıdır.

#### 4.2.3. Çözünmüş Oksijen Tespiti

Çözünmüş oksijen seviyelerinin tespitinde kullanılan araç ve gereçler aşağıda verilmiştir.

- a- Otomatik Büret
- b- BOI Şişeleri
- c- 500 ml'lik Erlenler

Çözünmüş oksijen tespiti şu şekilde yapılmaktadır.

250-300 ml'lik hacmi bilinen BOI şişesine numune ağzına kadar doldurulur ve şişeden numune karıştırılarak şişenin ağzı kapatılır. Şişenin içinde hava kabarcığı kalmamalıdır. Şişenin kapağı açılarak 2 ml MnSO<sub>4</sub> çözeltisi, bunu takiben 2 ml alkali iyüdüür-azid reaktifi şişenin tam dibine doğru uzun bir pipet yardımıyla ilave edilir. Şişenin kapağı kapatılarak şişe en az 15 defa alt-üst edilerek karıştırılır. Çökelek oluştuğunda şişenin kapağı açılarak derhal 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi katılır ve şişenin kapağı kapatılır. Çökelek, çözüldükten sonra şişedeki çözeltiden 200 ml ölçülerek bir erlene alınır. Erlene alınan çözelti 0.025 N tiosülfat çözeltisi ile açık sarı renge kadar titre edilir. Sonra iki damla taze hazırlanmış nişasta çözeltisi ilave edilir. Sonra oluşan mavi renk kayboluncaya kadar titrasyona devam edilir. Daha sonra sonuç şu şekilde hesaplanır (Şengül ve Türkman, 1984). 200 ml orjinal numune için, 1 ml 0.025 N sodyum tiosülfat 1 mgr/l çözünmüş oksijen değerine eşdeğer olmaktadır. Sonucu oksijen gazı/litre biriminde elde etmek için 0 °C ve 760 mm basınçta düzeltmek üzere (mgr/ÇO)x0.70 şeklinde yazmak gerekir (Şengül ve Türkman, 1984).

#### 4.2.4. Sıcaklık Değerlerinin Ölçümü

Normal olarak sıcaklık ölçümleri civalı celsius termometreleriyle yapılır. Termometrelerin en az 0.1 °C'lik bölmelerin olması yanında kısa sürede dengeye de ulaşması gerekmektedir (Şengül ve Türkman, 1984).

#### 4.2.5. pH Ölçümü

pH ölçümünde kullanılan araç ve gereçler aşağıda verilmiştir.

- a- Elektronik pH metre
- b- Cam elektrot
- c- Referans elektrot, gümüş, gümüş klorür
- d- Manyetik karıştırıcı

pH ölçümü yapılmadığı zamanlarda da elektrotların ucu çözelti içerisinde tutulmalıdır. Kullanmadan önce elektrotlar distile su ile yıkanır, yumuşak bir kağıt ile silinir. Alet tampon çözeltiler yardımı ile standardize edilir. Çözelti homojenliği sağlamak için sürekli karıştırmak gerekir. Numunenin pH'sı ölçülmeden önce sıcaklık ölçümü yapılır. pH metrede sıcaklık ayarı yapılır, daha sonra pH değeri okunur. Bir sonraki ölçümden önce elektrotların tekrar yıkanması gerekir. pH ölçümleri uzun aralıklarla yapılacaksa, her seferinde yeniden standardizasyon gerekir (Şengül ve Türkman, 1984).

#### 4.2.6. Nitrifikasyon Sürecinin Belirlenmesi

Proteinlerin, aminoasitlerin ve azotun organik formları, mikroorganizmalarca önce nitrite ve sonra da nitrata oksitlenmektedir. Sularda bu olayın belirlenmesi aşağıdaki işlemlerle yapılır (Erdur, 1990).

##### 4.2.6.1. Nitrit Oluşumunun Saptanması

Nitrit ortamlarına 10'ar ml su örneği inokule edilmiştir. Erlenler 27 °C'de inkübe edilmiştir. Nitrit varlığı için kültürler her hafta test edilmiştir. Üç damla trommsdorf solüsyonu ile 1 damla H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bir petride karıştırılıp, üzerine 1 ml kültür ilave edilir. Mavi-siyah renk oluşumu nitrit bakterilerinin varlığını gösterir. Bu işlem her hafta tekrarlanarak nitrit oluşumu test edilmiştir (Difco Manual, 1953).

#### 4.2.6.2. Nitrat Oluşumunun Saptanması

Nitrat ortamlarına 10'ar ml su örneği inokule edilmiştir. Erlenler, 27 °C'de inkübe edilmiştir. Nitrat varlığı her hafta tüplerdeki nitrit negatif oluncaya kadar Trommsdorf ayırıcı ile kültürler test edilir. Bunun nedeni kullanılan difenilamin ayırıcı (veya  $\alpha$ -naftol) 'nın hem nitrit ve hemde nitrat için pozitif sonuç vermesidir. Nitrit negatif sonucu veren tüplerden 1 damla bir petri kabına konur. Üzerine bir damla difenilamin (veya  $\alpha$ -naftol) ve 2 damla konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilir. Koyu mavi siyah renk oluşumu nitrat varlığını gösterir (Difco Manual, 1953).

#### 4.2.6.3. Nitrifikasyon Bakterilerin Saptanması

Amonyaklı nitrite oksitleyen ototrofik bakterilerden *Nitrosococcus nitrosus* 'u saptamak için, bu organizmanın özel ortamına, nitrit oluşum ortamından ekim yapılmıştır. Ortam 25 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gram boyama yapılarak organizmanın varlığı kontrol edilmiştir. Bu ortam 2-3 kez hazırlanarak, ilk üremeden transfer edilmiş ve organizmanın saf kültürü elde edilmiştir (American Society of Microbiology, 1981).

Nitriti nitrate oksitleyen *Nitrobacter agilis* (American Society of Microbiology, 1981), *Nitrobacter winogradsky* 'i saptamak için de (Rehcgil, 1977), nitrat oluşumu test edilmiş ortamlardan inokulasyon yapılmıştır. Yine, süre sonunda üremeden gram boyama yapılmış ve organizmalar kontrol edilmiştir.

#### 4.2.7. Sülfür Oksidasyonunu Sağlayan Bakterilerin Saptanması

İnorganik sülfür bileşiklerini ototrofik bakterilerden en çok bilinen *Thiobacillus* türleri oksitleyebilmektedirler. Bu grup organizmaları saptamak için Genel *Thiobacillus* spp. Ortamı hazırlamıştır (Rehcgil, 1977). 300 ml'lik erlenlere 100 ml hazırlanmış genel *Thiobacillus* spp. ortamına 10 ml su örneği inokule edilmiştir. Ortam karanlıkta, 27°C'de 7 gün inkübe edilmişlerdir. Süre sonunda organizmanın varlığı, gram boyamaları yapılarak kontrol edilmiştir. *Thiobacillus* türlerini saptayabilmek için de, *Thiobacillus thioporus*, *T. denitrificans*, *T. thiooxidans*, *T. ferrooxidans* özel ortamlarına, genel *Thiobacillus* spp. ortamından 10 ml inokule edilmiştir. Ortamlar 300 ml'lik erlenlerde 100 ml olarak hazırlanmıştır. Tüm erlenler, 27 °C'de 4-5 gün karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. Bu özel ortamlar 2-3 kez hazırlanarak, ilk üremelerden transfer edilmiş ve *Thiobacillus* türlerinin morfolojik kontrolleri yapılmıştır.



#### 4.2.8. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Denitrifikasyon Olayını Gerçekleştiren Bakterilerin Sayımı

Su numunesinde gerekli seyreltme işlemi yapıldıktan sonra Nitrat Broth tüplerinden üçüne 10'ar ml, diğer üçüne 1'er ml, son üç tüpe 0.1'er ml numune inokule edilmiştir. Durham tüplerinde gaz birikimi gözlenerek en muhtemel sayı (EMS) belirlenmiştir (Gürgün ve Halkman, 1990).

#### 4.2.9. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Amonifikasyon Bakterilerin Sayımı

Su örneğinde gerekli seyreltme işlemi yapıldıktan sonra pepton çözeltisi içeren 9 tüpten 3'üne 10'ar ml, diğer 3 tüpe 1'er ml, son 3 tüpe 0.1'er ml örnek aşılır. Tüpler 27-30 °C'de 1 hafta inkübe edilir. Bütün tüpleri, 2., 4., 7. günde amonyak varlığı için aşağıdaki şekilde denir.

Bir petriye bir damla nessler ayıracından damlatılır. Tüpten alınan bir öze dolusu ortam ile bu damla karıştırılır. Koyu sarı renk oluşumu amonyağı belirtir. Kahverengimsi renkteki çökelmeler büyük miktarda amonyak varlığını belirtir. Koyu sarı renk oluşumuna göre EMS tablolarından yararlanılarak 100 ml'de en muhtemel sayı verilir (Gürgün ve Halkman, 1990).

#### 4.2.10. Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği İle Sülfat Redükleyen Bakterilerin Sayımı

Su örneğinde uygun dilüsyonlar hazırlandıktan sonra 9'ar tüplük 2 setin ilk 3 tüplerine 10'ar ml, ikinci 3'er 1'er ml, üçüncü 3'er tüplere 0.1'er ml örnek aşlanmıştır. 9 tüplük ilk set 37 °C'de, ikinci set 55 °C'de 1 hafta inkübe edilmiştir. Tüplerde siyahlaşma belirlenip EMS tablolarından yararlanarak 100 ml'de en muhtemel sülfat redükleyici bakterilerin sayısı belirlenmiştir. 55 °C'deki tüpler *Desulfotomaculum nigrificans* sayımı içindir (Gürgün ve Halkman, 1990).

#### 4.2.11. Toplam Canlı Bakteri Sayımı

Su numunesinde gerekli seyreltme işlemi yapıldıktan sonra numunelerden 1'er ml petrilere konmuştur. Petrilerin üzerine 45 °C'ye kadar soğutulmuş PCA dökülerek plaklanmaları sağlanmıştır. Petriler 5 °C'de 1 hafta, 27 °C'de 3 gün ve 35 °C'de 2 gün inkübe edilir. Süre sonunda oluşan koloniler sayılıp ve psikrofil ve mezofil organizmaların sayısı belirlenmiştir (Finstein, 1972).

#### 4.2.12. Toplam Koliform Sayımı

Su numunelerinde gerekli seyreltme işlemi yapıldıktan sonra, örnekten çift kuvvetli 3 tüpe 10'ar ml, tek kuvvetli tüplerden ilk 3 tüpe 1'er ml, diğer üç tüpe 0.1 ml örnek konmuştur. Tüpler 37 °C'de 24-48 saat inkübe edilir. Bu sürede Durham tüplerinde gaz birikimine bakılır ve EMS tablolarından yararlanılarak En Muhtemel Toplam Koliform Sayısı belirlenmiştir (Finstein, 1972; Gürgün ve Halkman, 1990).

#### 4.2.13. Fekal Koliform Sayımı

Toplam koliform sayım tekniğinde olduğu gibi aynı işlem yapılmıştır. Tüpler 44 °C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Durham tüplerinde gaz oluşumuna bakılarak, EMS tablolarından En Muhtemel Fekal Koliform Sayısı belirlenmiştir (Finstein, 1972).

## 5. BULGULAR

### 5.1. Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerin Sonuçlarına göre Genel

#### Değerlendirme

Bursa Nilüfer Çayında saptanan bazı kirlilik parametrelerin zamansal değişimleri Çizelge 5, 6 ve 7 ile Şekil 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14'de gösterilmiştir. Bu veriler incelendiğinde parametrelerin zamansal olarak büyük salınım gösterdiği görülmektedir. Evsel ve endüstriyel atıklar çaya değişik zaman ve yoğunluklarda deşarj edildiğinden atıkların karakteristiğine bağlı olarak ani değişimler göstermekte ve böylece ölçülen parametrelerin değişimlerinde büyük yükseliş ve düşüşler göze çarpmaktadır.

#### 5.1.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Sonuçları

Nilüfer çayında saptanan çözünmüş oksijen değerleri Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 3'de görüldüğü gibi kış aylarından yaz aylarına doğru bir azalma göstermektedir. Kış aylarında görülen artış, yağmur sularından kaynaklanan bir seyrelemeden dolayıdır. Panayırdere sonrası istasyonundan alınan su numunelerinde, Ocak ayında çözünmüş oksijen değeri 5.60 mg/l, Ağustos ayında 0.0 mg/l olarak bulunmuştur.

BOI<sub>5</sub> değerinde Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi kıştan yaza doğru bir artış saptanmıştır. Bunun nedeni çaya gelen seyrelme suyunun azalmasıdır. Böylece yaza doğru BOI<sub>5</sub> değerlerinde artış görülmektedir. Panayırdere sonrası istasyonundan alınan örneklerde BOI<sub>5</sub> değerleri Ocak ayında 31 mg/l, Ağustos ayında 140 mg/l olarak bulunmuştur.

İstasyonlarda saptanan pH değerlerinde Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 5'de görüldüğü gibi aylar itibarıyla salınımlar söz konusudur. Panayırdere sonrası istasyonundan alınan numunelerde pH değerleri 7.6 - 8.3 arasında değişmektedir. Ocak ayında 7.6, Mart ayında 8.3 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Nüfuzer çayı Panayırdere Sonrası istasyonundan alınan örneklere ait kirlilik parametreleri

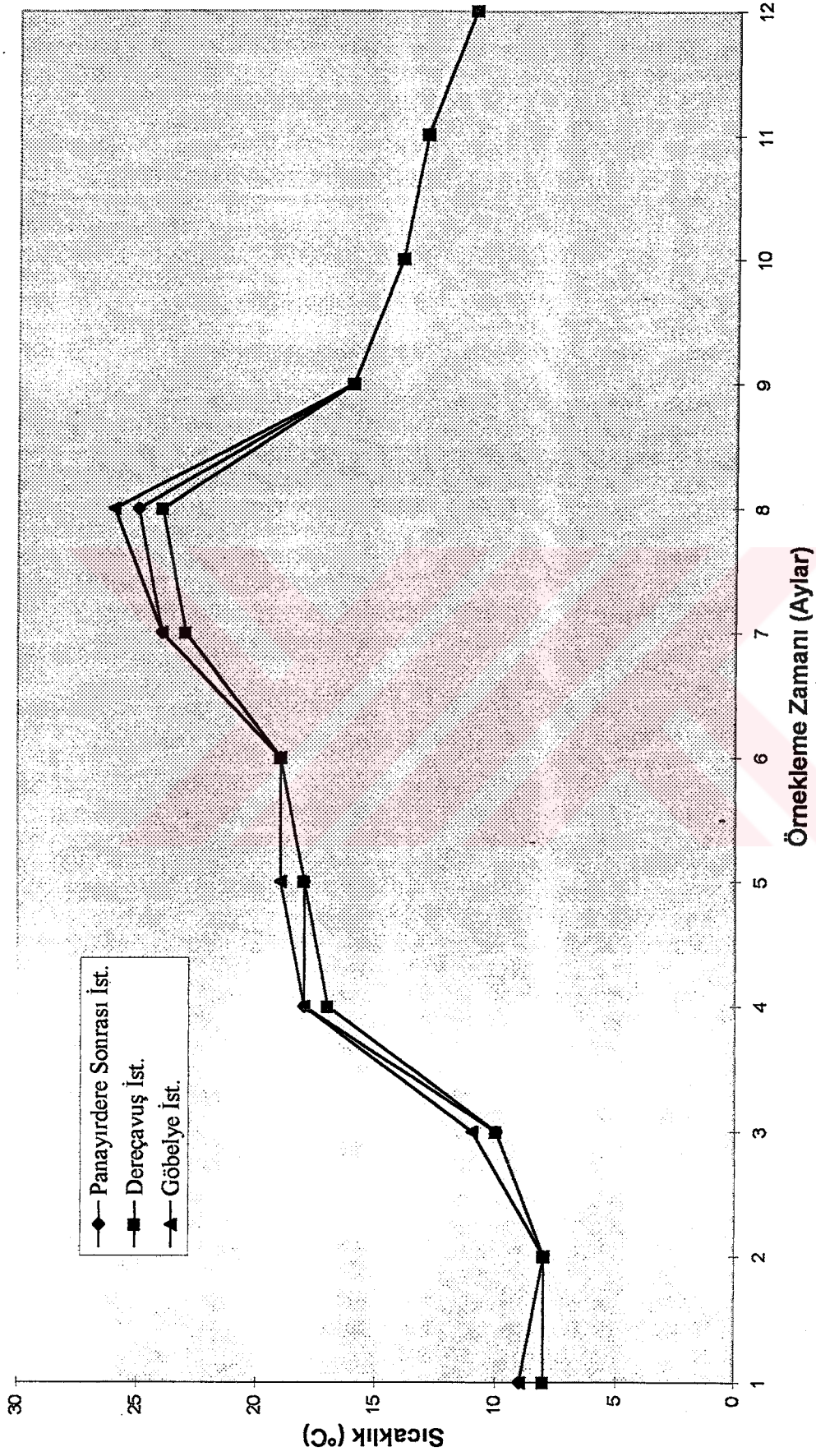
Parametre	28.1.96	28.2.96	28.3.96	28.4.96	28.5.96	28.6.96	28.7.96	28.8.96	28.9.96	28.10.96	28.11.96	28.12.96
• Sıcaklık °C	9.0	8.0	10.0	18.0	18.0	19.0	24.0	25.0	16.0	14.0	13.0	11.0
• Çözünmüş Oksijen mg/lt	5.60	6.25	6.30	6.70	0.0	0.25	0.0	0.0	0.20	0.0	0.60	1.00
• BOD <sub>5</sub> mg/lt	31.0	24.0	39.0	42.0	52.0	60.0	120.0	140.0	110.0	130.0	70.0	40.0
• pH	7.6	7.8	8.3	7.8	7.9	8.0	8.1	8.0	7.9	8.1	7.8	7.6
• Sülfat Redükleyen Bakteriler 35 °C EMS/100 ml	9x10 <sup>5</sup>	19x10 <sup>5</sup>	9x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>5</sup>	15x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>6</sup>	210x10 <sup>6</sup>	20x10 <sup>5</sup>	240x10 <sup>5</sup>	23x10 <sup>5</sup>	75x10 <sup>5</sup>
• Sülfat Redükleyen Bakteriler 55 °C EMS/100 ml	3x10 <sup>2</sup>	9x10 <sup>2</sup>	9x10 <sup>2</sup>	4x10 <sup>2</sup>	13x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>2</sup>	75x10 <sup>3</sup>	15x10 <sup>3</sup>	23x10 <sup>2</sup>	14x10 <sup>2</sup>	20x10 <sup>2</sup>	9x10 <sup>2</sup>
• Denitifikasyon Yapan Bakteriler EMS/100 ml	240x10 <sup>5</sup>	240x10 <sup>5</sup>	29x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	5x10 <sup>6</sup>	150x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>5</sup>	9x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>6</sup>	39 x10 <sup>7</sup>
• Amonifikasyon Yapan Bakteriler EMS/100 ml	4x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>	28x10 <sup>7</sup>	290x10 <sup>7</sup>	4x10 <sup>7</sup>	9x10 <sup>8</sup>	64x10 <sup>8</sup>	43x10 <sup>8</sup>	23x10 <sup>7</sup>	14x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>	4x10 <sup>7</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 5 °C Bak.Kol./1 ml	138x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	111x10 <sup>5</sup>	224x10 <sup>5</sup>	55x10 <sup>5</sup>	51x10 <sup>6</sup>	17x10 <sup>7</sup>	21x10 <sup>7</sup>	47x10 <sup>6</sup>	12x10 <sup>6</sup>	28x10 <sup>6</sup>	14x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 27 °C Bak.Kol./1 ml	90x10 <sup>5</sup>	32x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	287x10 <sup>5</sup>	100x10 <sup>5</sup>	44x10 <sup>6</sup>	42x10 <sup>7</sup>	69x10 <sup>7</sup>	131x10 <sup>6</sup>	37x10 <sup>6</sup>	62x10 <sup>6</sup>	17x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 35 °C Bak.Kol./1 ml	15x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>	9x10 <sup>5</sup>	111x10 <sup>5</sup>	152x10 <sup>5</sup>	59x10 <sup>6</sup>	77x10 <sup>7</sup>	111x10 <sup>7</sup>	65x10 <sup>6</sup>	86x10 <sup>6</sup>	17x10 <sup>6</sup>	59x10 <sup>6</sup>
• Fekal Koliform EMS/100 ml	23x10 <sup>5</sup>	9x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>	290x10 <sup>5</sup>	43x10 <sup>6</sup>	210x10 <sup>7</sup>	1100x10 <sup>7</sup>	75 x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>5</sup>	23 x10 <sup>6</sup>	43 x10 <sup>6</sup>
• Toplam Koliform EMS/100 ml	15 x10 <sup>6</sup>	15 x10 <sup>6</sup>	93 x10 <sup>6</sup>	240 x10 <sup>6</sup>	460 x10 <sup>6</sup>	43 x10 <sup>7</sup>	150 x10 <sup>8</sup>	460 x10 <sup>8</sup>	43 x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>6</sup>	23 x10 <sup>7</sup>	93 x10 <sup>7</sup>

Çizelge 6. Nüüfer çayı Dereçavuş istasyonundan alınan örneklere ait kirlilik parametreleri

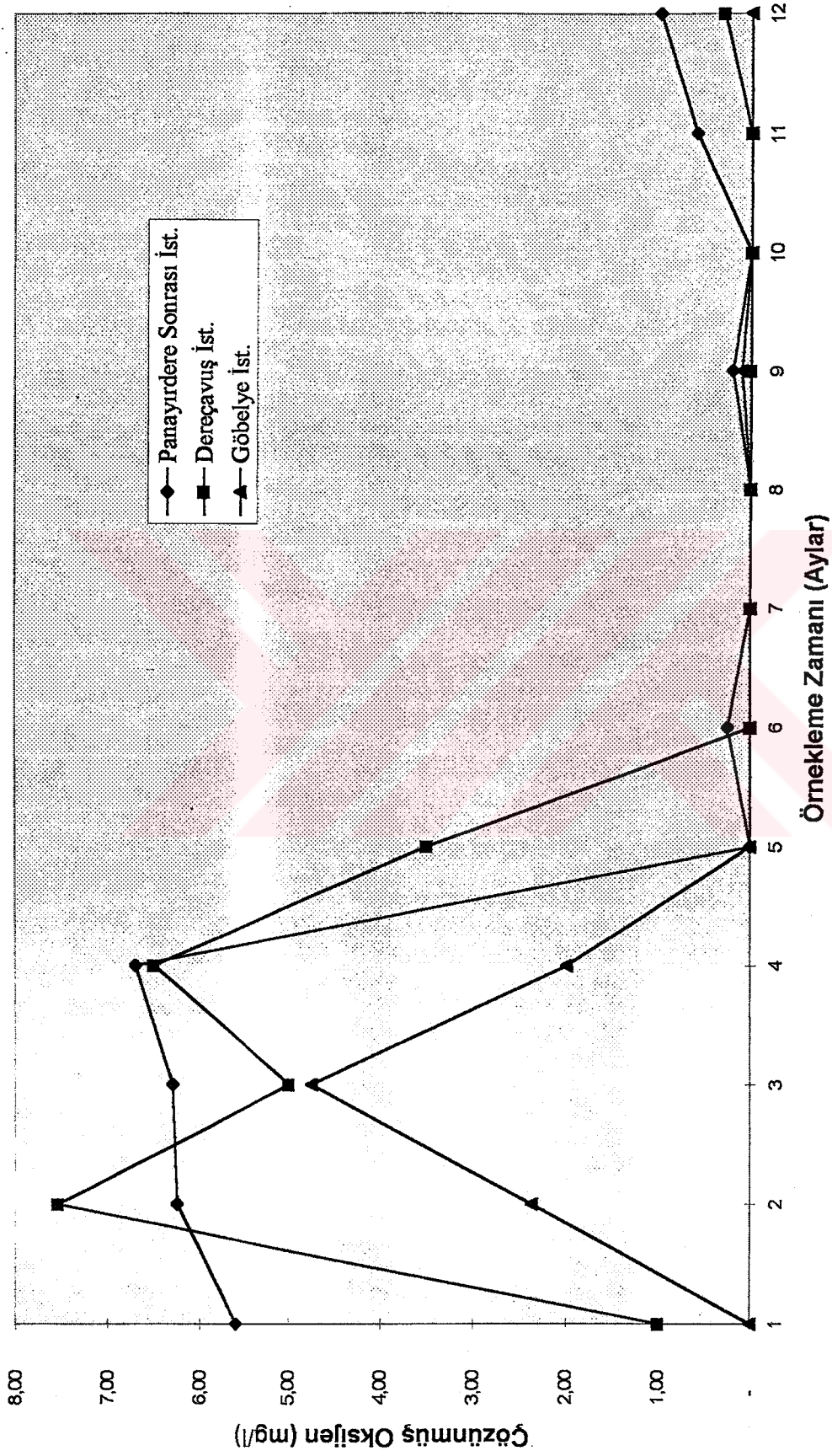
Parametre	28.1.96	28.2.96	28.3.96	28.4.96	28.5.96	28.6.96	28.7.96	28.8.96	28.9.96	28.10.96	28.11.96	28.12.96
• Sıcaklık °C	8.0	8.0	10.0	17.0	18.0	19.0	23.0	24.0	16.0	14.0	13.0	11.0
• Çözünmüş Oksijen mg/lt	1.00	7.60	5.00	6.50	3.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30
• BOİs mg/lt	64.0	29.0	34.0	47.0	63.0	64.5	160.0	175.0	130.0	165.0	95.0	74.0
• pH	7.8	8.0	8.3	7.6	7.8	8.2	8.3	8.0	8.0	8.3	7.8	7.5
• Sülfat Redükleyen Bakteriler 35 °C EMS/100 ml	23x10 <sup>5</sup>	19 x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>	240x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>6</sup>	150x10 <sup>6</sup>	150x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>5</sup>	15x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>
• Sülfat Redükleyen Bakteriler 55 °C EMS/100 ml	7x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>2</sup>	43x10 <sup>2</sup>	43x10 <sup>2</sup>	90x10 <sup>2</sup>	23x10 <sup>3</sup>	15x10 <sup>3</sup>	43x10 <sup>2</sup>	28x10 <sup>2</sup>	27x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>2</sup>
• Denitrifikasyon Yapan Bakteriler EMS/100 ml	44x10 <sup>5</sup>	44x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>6</sup>	210x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>7</sup>	35x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>6</sup>	15x10 <sup>7</sup>
• Amonifikasyon Yapan Bakteriler EMS/100 ml	15x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>7</sup>	210x10 <sup>7</sup>	31x10 <sup>7</sup>	2x10 <sup>8</sup>	23x10 <sup>8</sup>	23x10 <sup>8</sup>	90x10 <sup>7</sup>	64x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>7</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 5 °C Bak.Kol./1 ml	45x10 <sup>5</sup>	84x10 <sup>5</sup>	82x10 <sup>5</sup>	43x10 <sup>5</sup>	64x10 <sup>5</sup>	49x10 <sup>6</sup>	123x10 <sup>7</sup>	30x10 <sup>7</sup>	53x10 <sup>6</sup>	22x10 <sup>6</sup>	42x10 <sup>6</sup>	11x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 27 °C Bak.Kol./1 ml	107x10 <sup>5</sup>	77x10 <sup>5</sup>	75x10 <sup>5</sup>	197x10 <sup>5</sup>	120x10 <sup>5</sup>	62x10 <sup>6</sup>	57x10 <sup>7</sup>	72x10 <sup>7</sup>	74x10 <sup>6</sup>	34x10 <sup>6</sup>	132x10 <sup>6</sup>	22x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 35 °C Bak.Kol./1 ml	18x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>5</sup>	37x10 <sup>5</sup>	90x10 <sup>5</sup>	161x10 <sup>5</sup>	117x10 <sup>6</sup>	96x10 <sup>7</sup>	126x10 <sup>7</sup>	122x10 <sup>6</sup>	92x10 <sup>6</sup>	90x10 <sup>6</sup>	62x10 <sup>6</sup>
• Fekal Koliform EMS/100 ml	23x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>5</sup>	93 x10 <sup>5</sup>	39x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>6</sup>	150x10 <sup>7</sup>	210x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	39x10 <sup>6</sup>	39x10 <sup>6</sup>
• Toplam Koliform EMS/100 ml	43 x10 <sup>6</sup>	15x10 <sup>6</sup>	240x10 <sup>6</sup>	240 x10 <sup>6</sup>	240x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>8</sup>	240x10 <sup>8</sup>	150x10 <sup>6</sup>	210x10 <sup>6</sup>	93 x10 <sup>7</sup>	75 x10 <sup>7</sup>

Çizelge 7. Nilüfer çayı Göbelye istasyonundan alınan örneklerle ait kirlilik parametreleri

Parametre	28.1.96	28.2.96	28.3.96	28.4.96	28.5.96	28.6.96	28.7.96	28.8.96	28.9.96	28.10.96	28.11.96	28.12.96
• Sıcaklık °C	9.0	8.0	11.0	18.0	19.0	19.0	24.0	26.0	16.0	14.0	13.0	11.0
• Çözünmüş Oksijen mg/lt	0.0	2.40	4.75	2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.10	0.0	0.0	0.0
• BOİs mg/lt	58.0	24.0	39.0	43.0	49.0	65.0	110.0	150.0	120.0	115.0	90.0	54.0
• pH	8.0	8.1	8.0	7.2	7.8	7.8	8.4	8.0	8.0	8.1	7.8	7.6
• Sulfat Redükleme EMS/100 ml Bakteriler 35 °C	23x10 <sup>5</sup>	23x10 <sup>5</sup>	90x10 <sup>5</sup>	210x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	210x10 <sup>5</sup>	210x10 <sup>5</sup>
• Sulfat Redükleme EMS/100 ml Bakteriler 55 °C	7x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>2</sup>	43x10 <sup>2</sup>	43x10 <sup>2</sup>	75x10 <sup>2</sup>	150x10 <sup>2</sup>	43x10 <sup>3</sup>	23x10 <sup>3</sup>	90x10 <sup>2</sup>	44x10 <sup>2</sup>	27x10 <sup>2</sup>	21x10 <sup>2</sup>
• Denitritifikasyon Yapan Bakteriler	28x10 <sup>5</sup>	15x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>5</sup>	210x10 <sup>5</sup>	21x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>6</sup>	1100x10 <sup>7</sup>	1100x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>5</sup>	150x10 <sup>5</sup>	1100x10 <sup>6</sup>	43x10 <sup>7</sup>
• Amomifikasyon Yapan Bakteriler	4x10 <sup>7</sup>	210x10 <sup>7</sup>	240x10 <sup>7</sup>	43x10 <sup>7</sup>	4x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>8</sup>	90x10 <sup>8</sup>	93x10 <sup>8</sup>	150x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>7</sup>	210x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 5 °C	125x10 <sup>5</sup>	115x10 <sup>5</sup>	103x10 <sup>5</sup>	147x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	129x10 <sup>6</sup>	15x10 <sup>7</sup>	29x10 <sup>7</sup>	89x10 <sup>6</sup>	212x10 <sup>6</sup>	49x10 <sup>6</sup>	8x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 27 °C	142x10 <sup>5</sup>	47x10 <sup>5</sup>	108x10 <sup>5</sup>	290x10 <sup>5</sup>	147x10 <sup>5</sup>	217x10 <sup>6</sup>	63x10 <sup>7</sup>	81x10 <sup>7</sup>	179x10 <sup>6</sup>	109x10 <sup>6</sup>	177x10 <sup>6</sup>	18x10 <sup>6</sup>
• Toplam Canlı Sayımı 35 °C	23x10 <sup>5</sup>	12x10 <sup>5</sup>	23x10 <sup>5</sup>	77x10 <sup>5</sup>	189x10 <sup>5</sup>	247x10 <sup>6</sup>	118x10 <sup>7</sup>	142x10 <sup>7</sup>	211x10 <sup>6</sup>	187x10 <sup>6</sup>	130x10 <sup>6</sup>	70x10 <sup>6</sup>
• Fekal Koliiform EMS/100 ml	240x10 <sup>5</sup>	43x10 <sup>5</sup>	240x10 <sup>5</sup>	43x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>5</sup>	460x10 <sup>6</sup>	93x10 <sup>6</sup>
• Toplam Koliiform EMS/100 ml	210x10 <sup>6</sup>	15x10 <sup>6</sup>	93x10 <sup>6</sup>	39x10 <sup>6</sup>	290x10 <sup>6</sup>	460x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>8</sup>	210x10 <sup>8</sup>	460x10 <sup>6</sup>	150x10 <sup>6</sup>	240x10 <sup>7</sup>	460x10 <sup>7</sup>

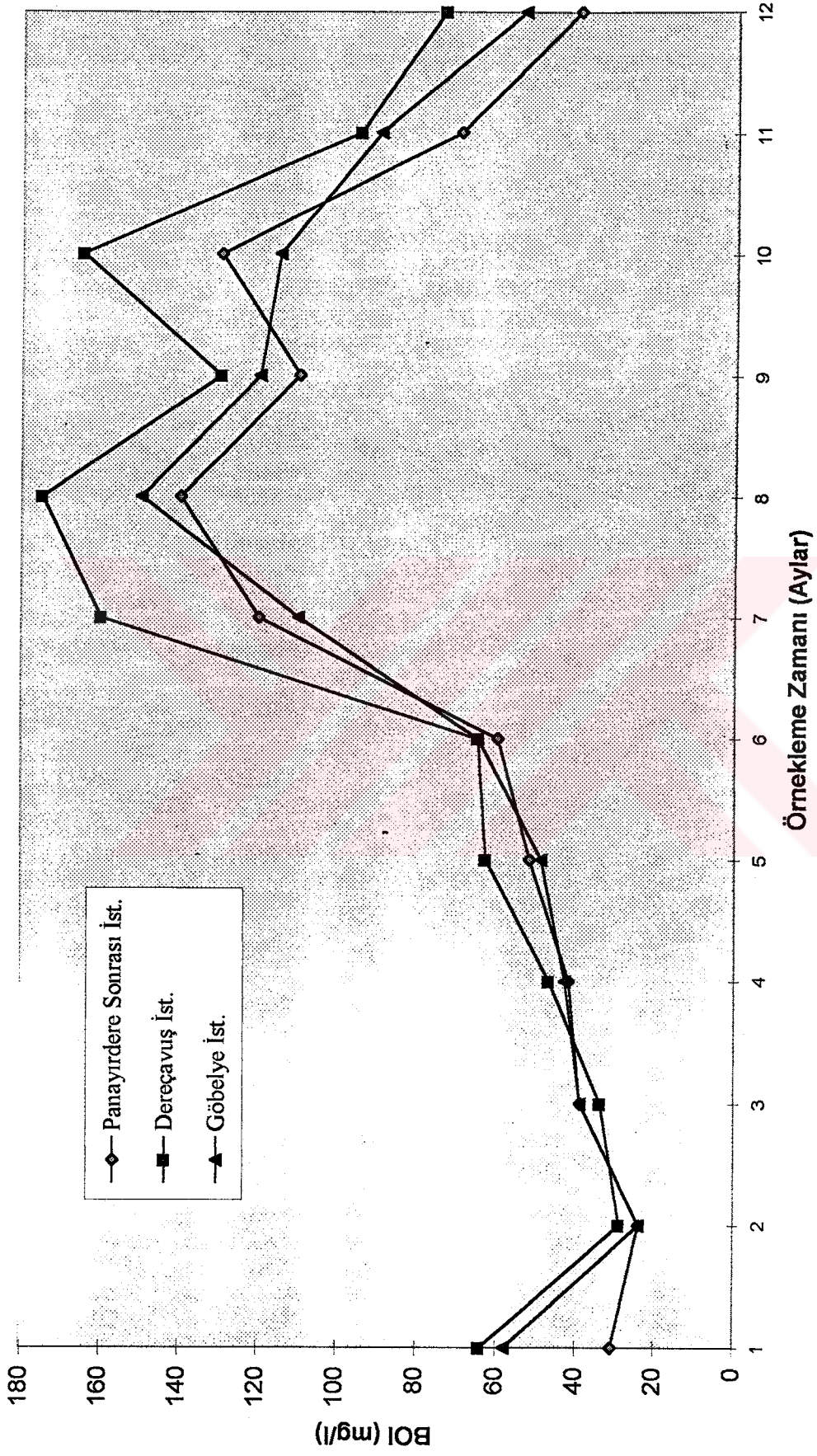


Şekil 2. Nüfüfer çayı sıcaklık değişimi

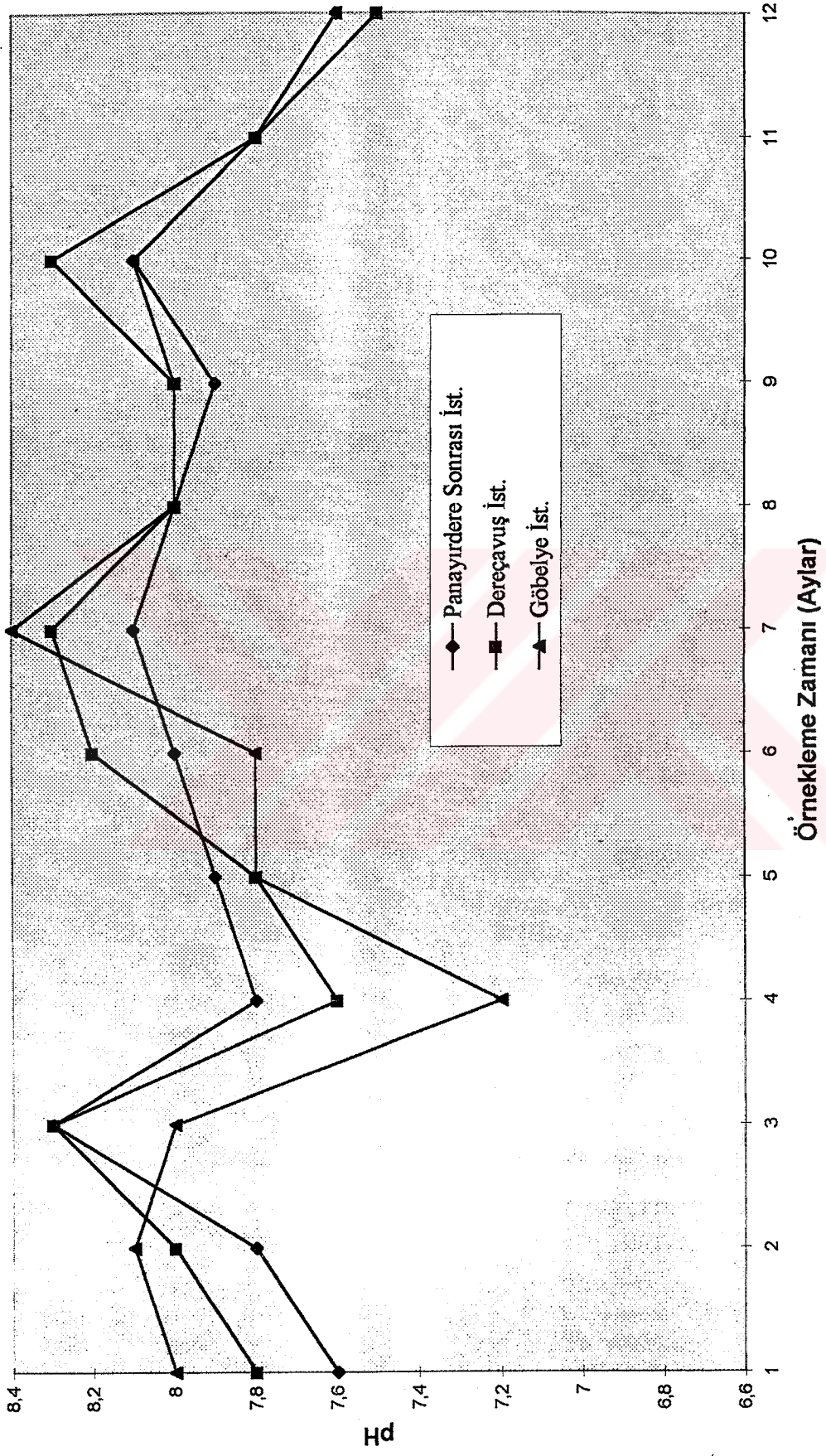


Şekil 3. Nüfer çayı çözünmüş oksijen değişimi

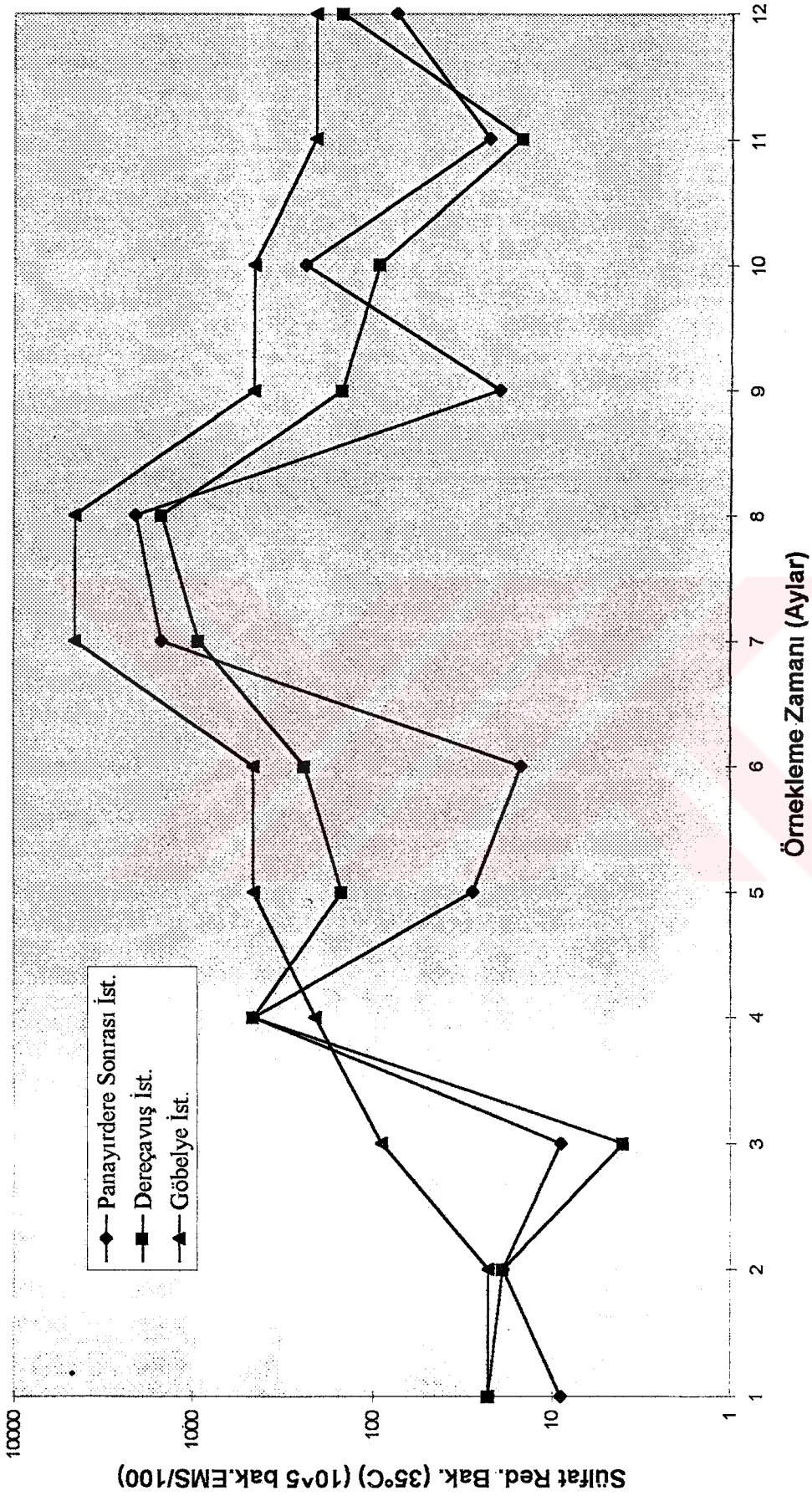




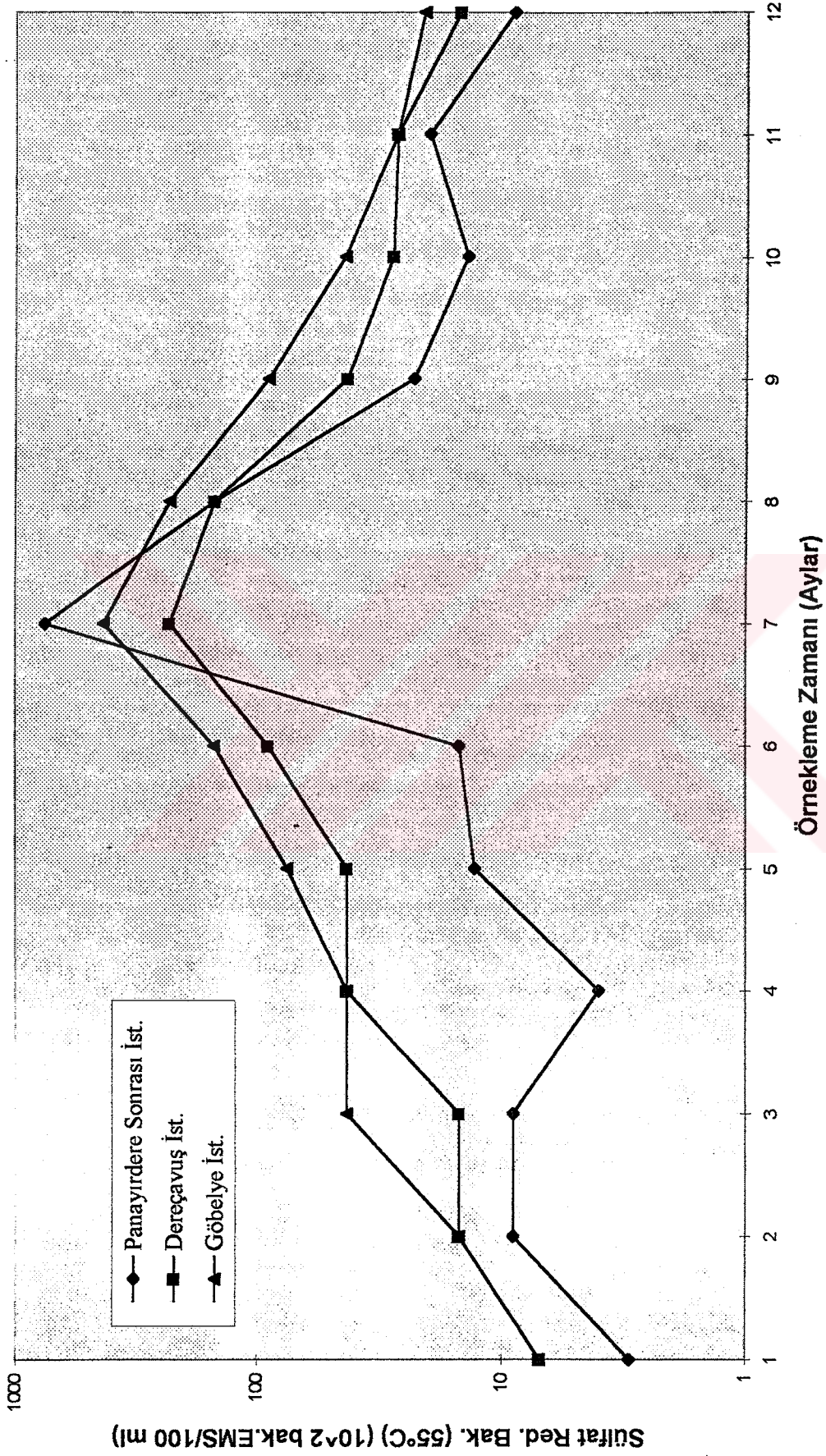
Şekil 4. Nilüfer çayı  $BOI_5$  değişimi



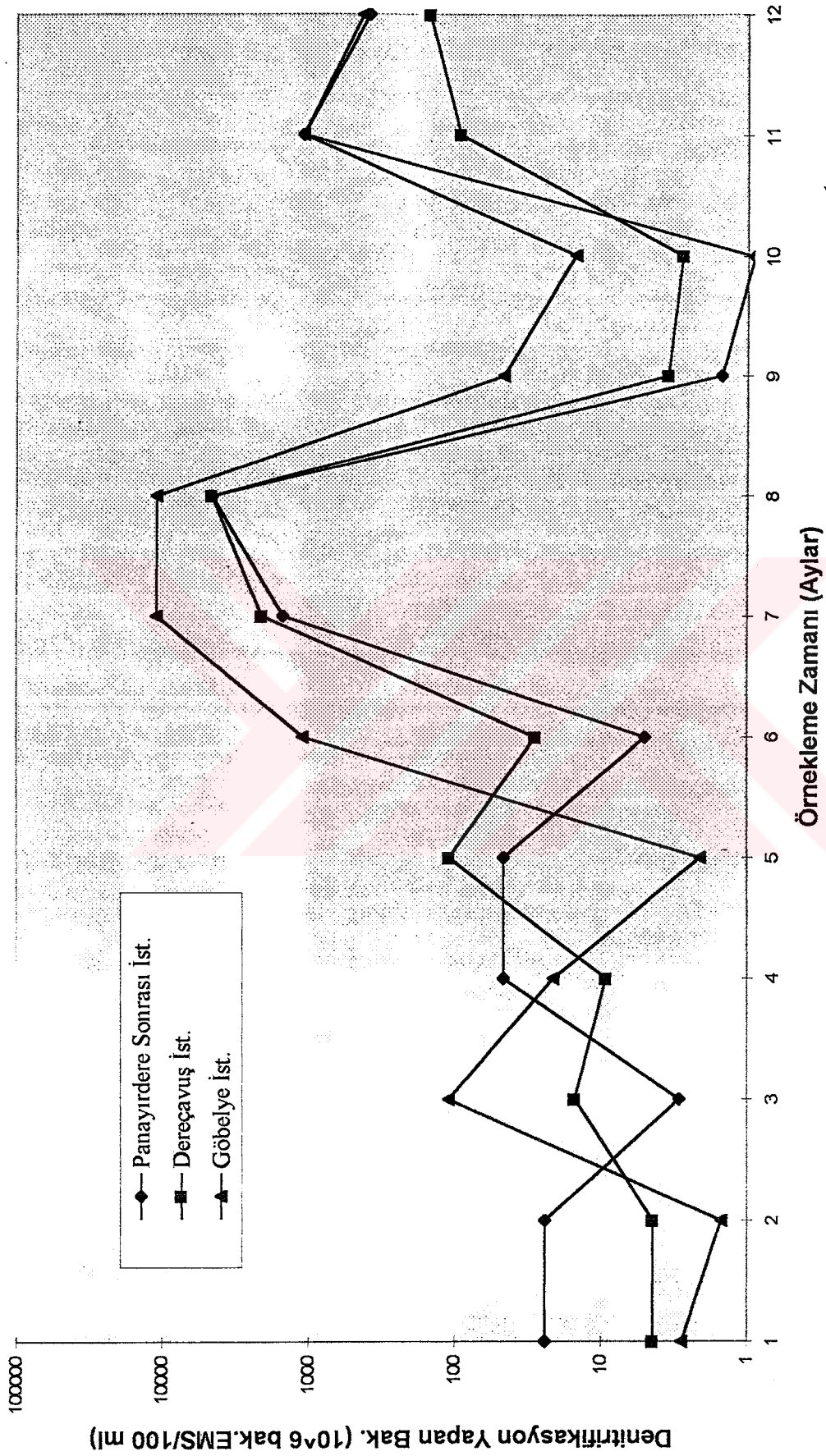
Şekil 5. Nilüfer çayı pH değişimi



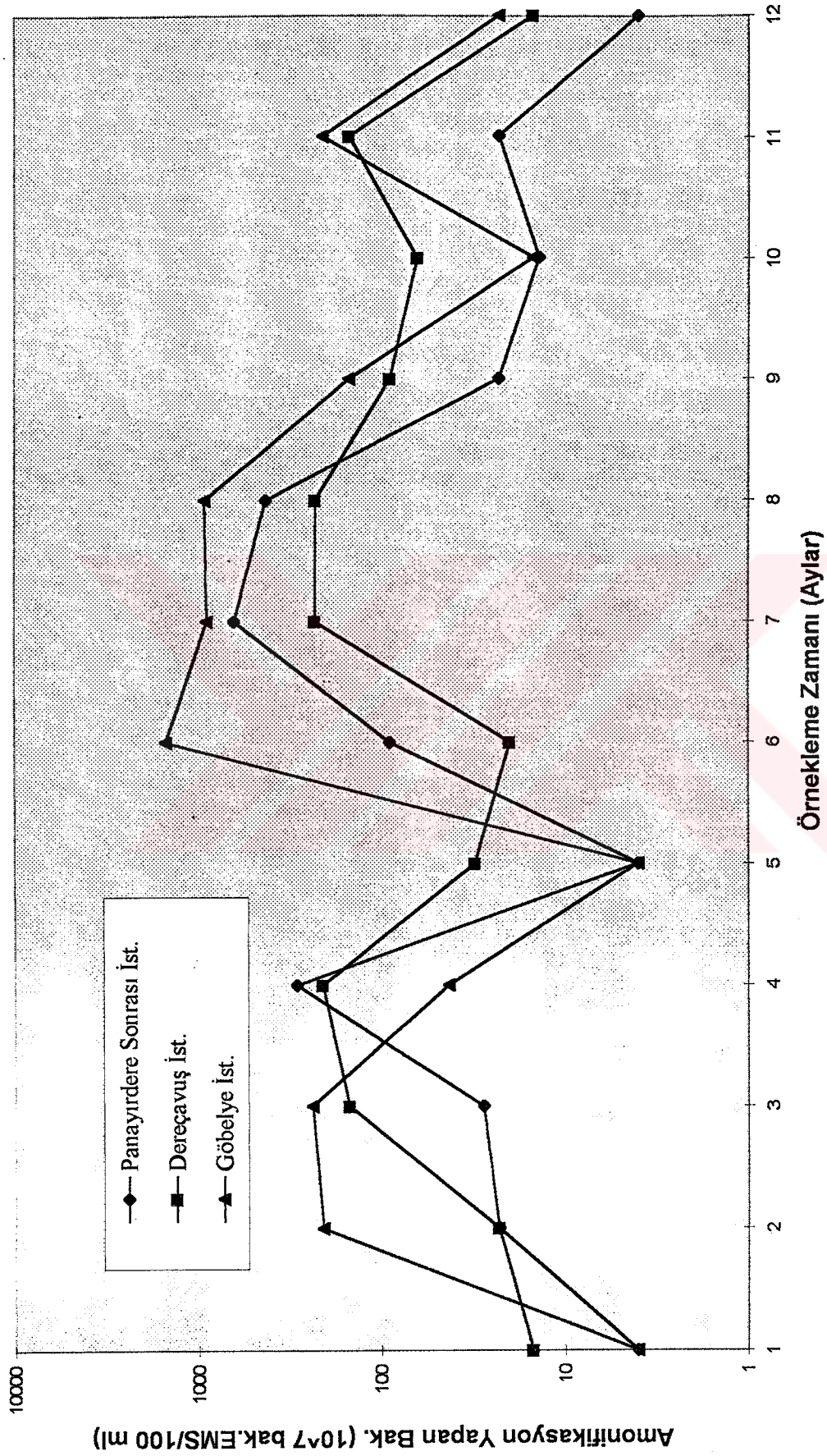
Şekil 6. Nilüfer çayı sülfat redükleyen bakterilerinin (35 °C) değişimi



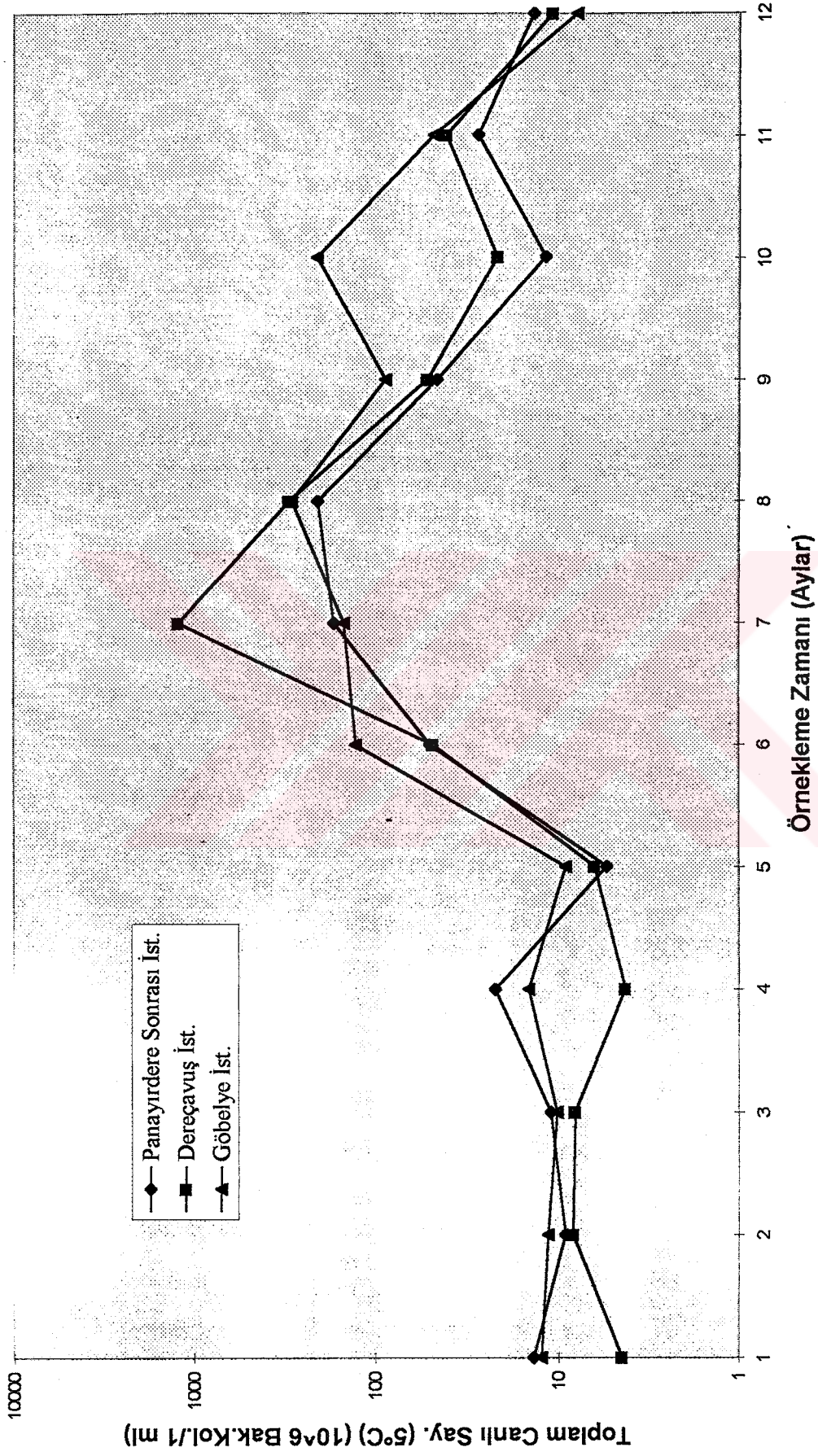
Şekil 7. Nilüfer çayı sülfat redükleyen bakterilerin (55 °C) değışimini



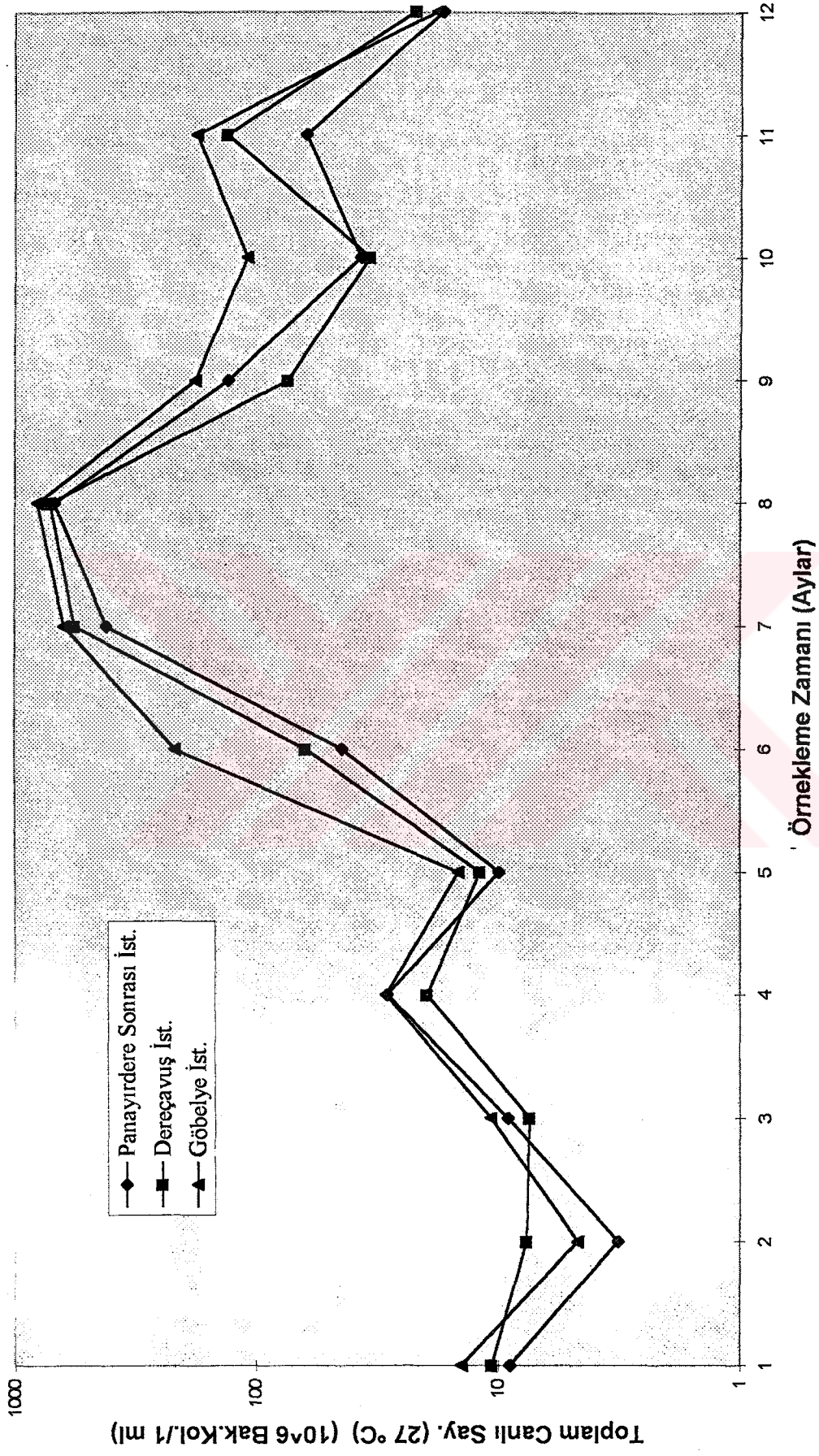
Şekil 8. Nilüfer çayı denitrifikasyon yapan bakterilerin değişimi



Şekil 9. Nilüfer çayı amonifikasyon yapan bakterilerin değişimi

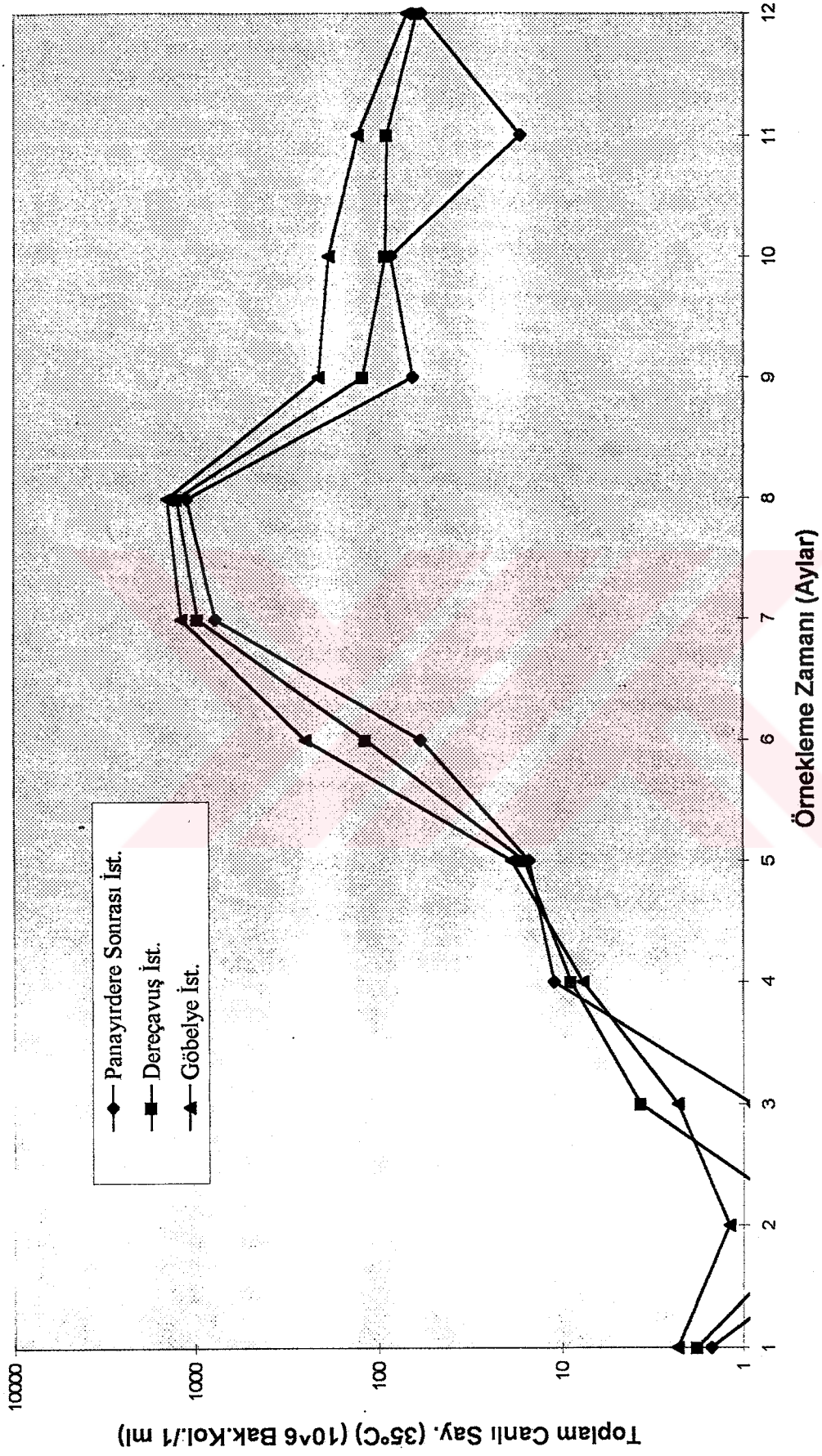


Şekil 10. Nilüfer çayı toplam canlı bakteri (5 °C) değişimi

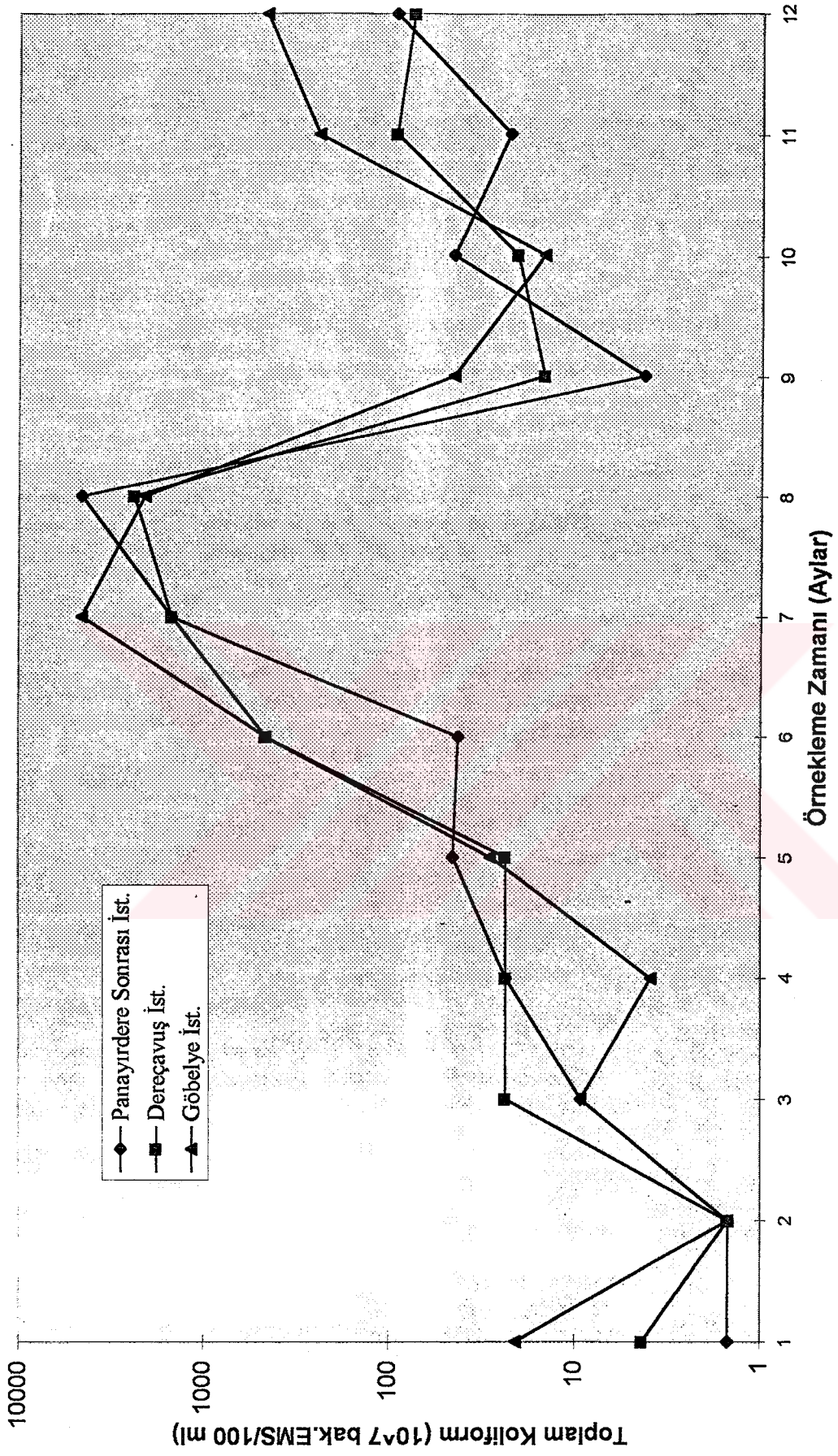


Şekil 11. Nilüfer çayı toplam canlı bakteri (27 °C) değişimi

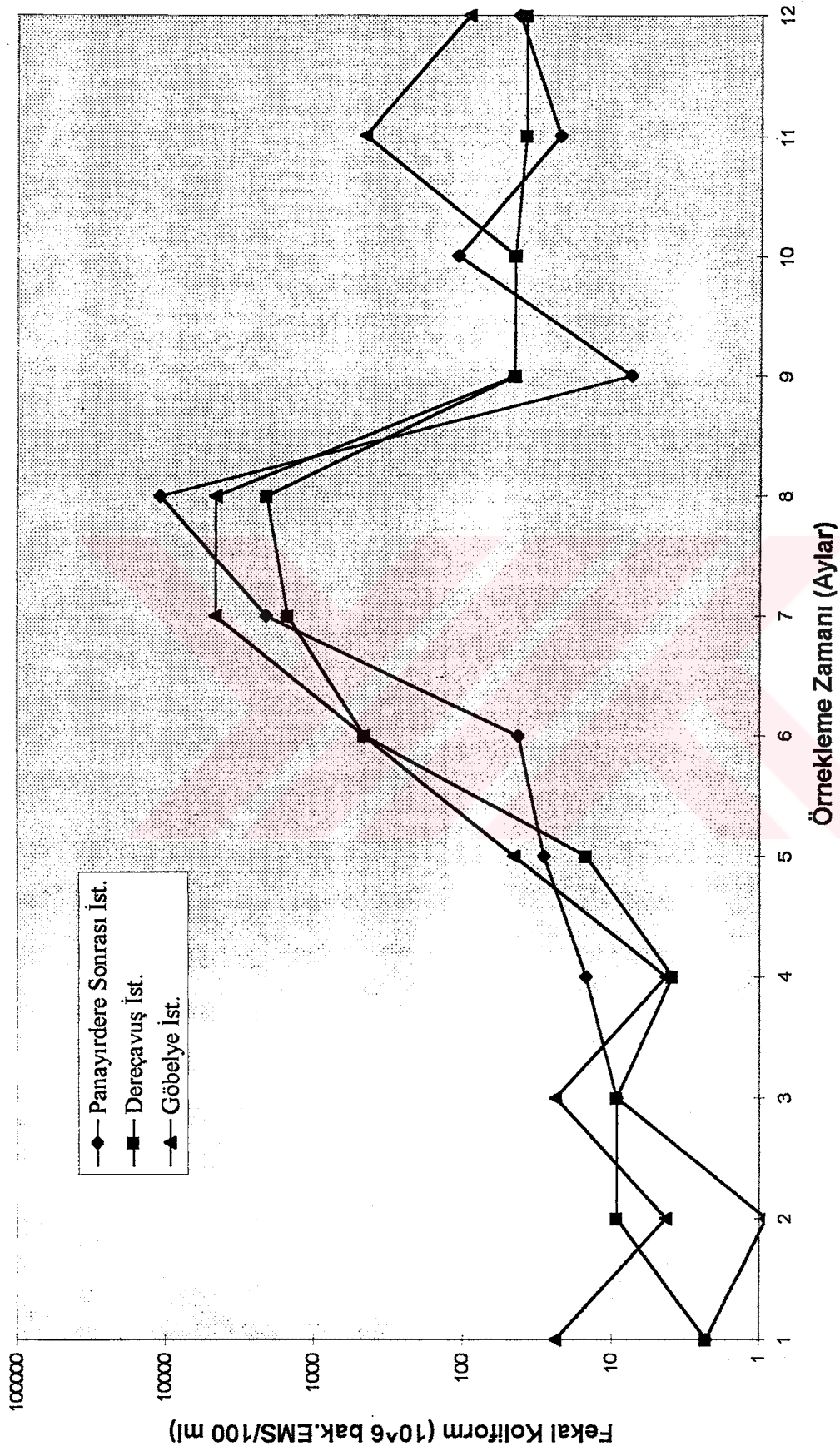




Şekil 12. Nilüfer çayı toplam canlı bakterisi (35 °C) değişimi



Şekil 13. Nilüfer çayı total koliform değişimi



Şekil 14. Nilüfer çayı fekal koliform değişimi

### 5.1.2. Bakteriyolojik Parametrelerin Sonuçları

Fekal ve toplam koliform değeri, Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 13, 14'de görüldüğü gibi Panayırdere sonrası, Dereçavuş ve Göbelye önünden alınan örneklerde birbirine yakın değerler olmasına karşın aylar itibarıyla salınım göstermektedir. Panayırdere sonrası istasyonundan alınan örneklerde toplam koliform sayısı Ocak ayında  $4 \times 10^6$  EMS/100 ml; Ağustos ayında  $460 \times 10^8$  EMS/100 ml; fekal koliform sayısı Ocak ayında  $23 \times 10^5$  EMS/100 ml; Ağustos ayında  $1100 \times 10^7$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonundan alınan numunelerde toplam koliform sayısı Ocak ayında  $43 \times 10^6$  EMS/100 ml; Ağustos ayında  $240 \times 10^8$  EMS/100 ml; fekal koliform sayısı Ocak ayında  $23 \times 10^5$  EMS/100 ml; Ağustos ayında  $210 \times 10^7$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda Şubat ayında toplam koliform sayısı  $15 \times 10^6$  EMS/100 ml; Temmuz ayında  $460 \times 10^8$  EMS/100 ml; fekal koliform sayısı Şubat ayında  $15 \times 10^5$  EMS/100 ml; Temmuz ayında  $460 \times 10^7$  EMS/100 ml olarak bulunmuştur.

Denitrifikasyon yapan bakteriler Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 8'de görüldüğü gibi Panayırdere sonrası istasyonundan alınan numunelerde Ağustos ayında  $460 \times 10^7$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonunda Ağustos ayında  $460 \times 10^7$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda Temmuz ve Ağustos aylarında  $1100 \times 10^7$  EMS/100 ml olarak saptanmıştır.

Nilüfer çayında Sülfat redükleyen bakterilerin sayılarına bakıldığında, bu bakterilerin yaz aylarında oldukça yüksek sayılara ulaştıkları saptanmıştır (Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 6 ve 7). Sülfat redükleyen bakteriler (35 °C), Panayırdere sonrası istasyonunda Ağustos ayında  $210 \times 10^6$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonunda Ağustos ayında  $150 \times 10^6$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda ise Temmuz ve Ağustos aylarında  $460 \times 10^6$  EMS/100 ml olarak tespit edilmiştir. Sülfat redükleyen bakteriler (55 °C), Panayırdere sonrası istasyonunda Temmuz ayında  $75 \times 10^3$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonunda Temmuz ayında  $23 \times 10^3$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda ise Temmuz ayında  $43 \times 10^3$  EMS/100 ml olarak tespit edilmiştir.

Amonifikasyon yapan bakteriler Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi Panayırdere sonrası istasyonundan alınan örneklerde Temmuz ayında  $64 \times 10^8$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonunda Temmuz ve Ağustos aylarında  $23 \times 10^8$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda ise Haziran ayında  $150 \times 10^8$  EMS/100 ml olarak saptanmıştır.

Nilüfer çayından seçilen istasyonlarda saptanan Toplam Canlı Sayımlarına bakıldığında aylar itibarıyla salınımlar göstermektedir (Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 10, 11, 12). Toplam canlı sayımı (5 °C), Panayırdere sonrası istasyonunda Ağustos ayında  $21 \times 10^7$  bak.kol./1 ml;

Dereçavuş istasyonunda Temmuz ayında  $123 \times 10^7$  bak.kol./1 ml; Göbelye istasyonunda Ağustos ayında  $29 \times 10^7$  bak.kol./1 ml olarak saptanmıştır. Toplam canlı sayımı (27 °C), Panayırdere sonrası istasyonunda Ağustos ayında  $69 \times 10^7$  bak.kol./1 ml; Dereçavuş istasyonunda Ağustos ayında  $72 \times 10^7$  bak.kol./1 ml; Göbelye istasyonunda Ağustos ayında  $81 \times 10^7$  bak.kol./1 ml olarak saptanmıştır. Toplam canlı sayımı (35 °C), Panayırdere sonrası istasyonundan alınan numunelerde Ağustos ayında  $111 \times 10^7$  bak.kol./1 ml; Dereçavuş istasyonunda Ağustos ayında  $126 \times 10^7$  bak.kol./1 ml; Göbelye istasyonunda Ağustos ayında  $142 \times 10^7$  bak.kol./1 ml olarak saptanmıştır.

### 5.1.3. Nitrifikasyon Sonuçları

Nitrifikasyon iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada nitrit oluşumunda temel ortam, besiyeri 6'da verilmiştir. Buradaki amaç amonyağın nitrite oksitlenmesi olduğundan; organizma amonyak kaynağı olarak besiyerindeki diamonyum sülfatı kullanmaktadır. Nitrit varlığı için kültürler her hafta test edildi. Nitrit bakterilerinin varlığı tespit edildikten sonra, nitrit oluşum ortamından amonyağı nitrite oksitleyen *Nitrosococcus nitrosus* için özel hazırlanmış besiyeri 10'a ekim yapıldı. 2-3 haftalık bir inkübasyon peryodundan sonra organizmanın varlığı gram boyama uygulanarak kontrol edildi. Yapılan incelemelerden sonra bakterinin Gr (-) karakterde ve 1.5 µm çapında olduğu saptandı. Nitrifikasyonun ikinci aşamada ise, nitrat oluşumu söz konusudur. Bu aşamada nitritin, nitrate oksitlenmesi gerçekleşir. Nitrat oluşum ortamı besiyeri 7'de verilmiştir. İşlem, ortamın içeriğinde bulunan sodyum nitritin kullanılmasıyla sağlanır. Nitrat oluşum ortamından *Nitrobacter winogradsky* için hazırlanmış besiyeri 9'a ve *Nitrobacter agilis* için besiyeri 8'e ekim yapıldı. 2-3 haftalık bir inkübasyon peryodundan sonra organizmaların varlığı gram boyama yapılarak kontrol edildi. Yapılan incelemeler sonucunda *Nitrobacter winogradsky* 'nin Gr (-) ve 1.8 µm çapında; *Nitrobacter agilis* 'in ise Gr (-) ve 1.5 µm çapında olduğu tespit edildi.

### 5.1.4. Sülfür Oksidasyonu Bulguları

İnorganik kükürtün bileşikleri ototrofik bakteriler tarafından oksitlenmektedir. Kükürt oksitleyici organizmalar enerji kaynağı olarak elementel kükürt, sülfid, tiyosülfat, tetratiyonat ve tiyosiyanat'ı kullanırlar. Sülfür bakterilerinin saptanmasında, organizmayı aktif hale getirmek için besiyeri 11 kullanıldı. Besiyerinin içeriğindeki sodyum tiyosülfat organizma tarafından

enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ön inokulum ortamından yapılan gram boyama sonunda gr (-), küçük basil formunda veya hafif uzamış yapıdaki türler saptandı. Türlerin identifikasyonları için besiyeri 12, 13, 14, 15 kullanıldı. Denemelerin sonucunda Nilüfer çayından sülfür oksitleyen bakteriler olarak *Thiobacillus thioporus*, *T. thiooxidans*, *T. ferrooxidans* ve *T. denitrificans* izole edilmiştir. Gram (-) özellik gösteren bu izolatlar için ortam pH 'sı çok önemlidir. Ortamın son pH'sı *Thiobacillus thioporus* için 4.6-4.1, *T. thiooxidans* için 2'den küçük, *T. ferrooxidans* için 2'den küçük ve *T. denitrificans* için 5.15 olmaktadır. Optimum pH, *T. ferrooxidans* ve *T. thiooxidans* için 2-4, *T. thioporus* ve *T. denitrificans* için 6-8'dir. Mikroskopik ve kültürel incelemeler sonucunda *T. thioporus*'un 0.5x1.7 µm çapında basil formunda , Thiosülfat Agarda 1-2 mm çapında koloniler oluşturduğu gözlemlendi. *T. denitrificans* incelediğinde 0.5x1.0-3.0 µm boyutunda kısa basil formunda, genellikle tek veya çiftler halinde oldukları gözlemlendi, Thiosülfat Agarda 0.5-1.0 mm çapında küçük koloniler oluşturduğu belirlendi. *T. thiooxidans* incelendiğinde, bu bakterinin 0.5x1.0-2.0 µm boyutunda kısa basil formunda, tekli ve çiftli veya kısa zincirler şeklinde ve Thiosülfat Agar yüzeyinde 0.5-1 mm çapında sarı pigmentli koloniler oluşturduğu saptandı. *T. ferrooxidans* ise 0.5x1.6-1.9 µm boyutunda kısa basil formunda, tek veya çiftler halinde olduğu, Thiosülfat Agarda 0.5-1 mm çapında koloniler oluşturduğu belirlendi.

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Susurluk havzasının en yoğun kirlenme odağı olarak belirlenen Bursa ve çevresindeki son nüfus sayımlarına göre bir milyonun üzerinde insan barınmaktadır. Geçmişte verimliliği ve tarım ürünleriyle tanınan Bursa ovası, son 20-25 yıl gibi bir süre içinde hızlı bir sanayileşmeye tanık olmuştur. Bunun sonucunda ise, yöredeki su kaynakları yoğun bir kirlenme baskısı altına girmiştir.

Bursa ovasının drenajını Nilüfer çayı ile gerçekleştirilmektedir. Nilüfer çayındaki kirlenmeye, bölgedeki irili ufaklı sanayi tesisleri ile Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nin atıksularıyla kentsel yerleşim bölgesinden kaynaklanan atıksular sebep olmaktadır. Bursa şehri kanalizasyonu, 7 noktadan açık kanallarla Nilüfer Çayına karışmaktadır. Bu kanallara çeşitli sanayi kuruluşları da atıksularını deşarj etmekte ve çöplerini boşaltmaktadırlar. Kanallar ve yan dereler organik kirlenmenin yanısıra sanayiden kaynaklanan ağır metaller de içermektedirler.

Kıtaıçi su kaynaklarının kalite kriterlerini belirlemede bazı fiziksel ve kimyasal parametreler ile bakteriyojik parametreler kullanılmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 1988). Bu parametrelerden rutinleşmiş BOI, mikroorganizmaların yaşamlarını sürdürmek ve büyüyüp, çoğalmak için gerekli metabolik aktiviteleri sırasında harcadıkları oksijen miktarıdır (Müezzinoğlu ve Efeoğlu, 1990). Deney suda oksijen ihtiyacını belirleyerek stokiyometrik olarak organik madde miktarına geçebilecek şekilde hazırlanıp standartlaştırılmış bir deneydir (Uslu ve Türkman, 1987). Kıtaıçi su kaynaklarında BOI<sub>5</sub> değeri 20 mg/lt 'den daha büyükse adı geçen su kaynağı çok kirli su olarak nitelendirilir (T.C. Resmi Gazete, 1988). Boztepe (1985), tarafından yapılan çalışmada Seyhan nehrinde ortalama BOI<sub>5</sub> değeri 3.2 mg/lt olarak bulunmuştur. Türkman (1981), tarafından yapılan çalışmalarda İzmir içi körfeze dökülen yan derelerde BOI<sub>5</sub> değeri 200 mg/lt üzerine çıkmaktadır. Örneğin Manda Çayında 1976 yılında alınan örneklerde ortalama BOI<sub>5</sub> değeri 272 mg/lt, 1977 yılında ise 67 mg/lt olarak bulunmuştur. Aynı araştırmacı İzmir-Melez çayında yaptığı çalışmada 1976 yılının Ocak ayında 600 mg/lt; Şubat ayında 220 mg/lt; Haziran ayında 270 mg/lt; Temmuz ayında 133 mg/lt; 1977 yılının Ocak ayında 58 mg/lt; Şubat ayında 82.4 mg/lt; Mayıs ayında 110 mg/lt BOI<sub>5</sub> değeri olarak bulunmuştur. Özdemir (1992), yine İzmir-Melez Çayında yaptığı BOI<sub>5</sub> ölçümlerinde 1991 yılı ilk altı ayında Şirinyer tarihi su kemeri altında Ocak ayında 200 mg/lt; Şubat ayında 385 mg/lt; Martta 250 mg/lt; Nisanda 450 mg/lt; Mayıs ayında 500 mg/lt; Haziran ayında 550 mg/lt bulunmuştur. DSİ'nin 1978 yılı İcra Planı Tedbir 298 kapsamında yeralan çalışmasında

Nilüfer Çayı 1979-1982 yılları arasında periyodik olarak izlenmiştir. Nilüfer Çayının Panayır deresinin kesim noktasından sonra Simav Çayına ulaştığı yere kadar olan kısım örneklenmiş ortalama BOI<sub>5</sub> değeri 29 mg/lt olarak belirlenmiştir (DSİ, 1984). DSİ, Uludağ Üniversitesi ve BUSKİ'nin beraber oluşturduğu bir çalışmada 1990-1993 tarihine kadar alınan numunelerde Dereçavuş istasyonunda BOI<sub>5</sub> değerleri Şubat 1990'da 11 mg/lt, Mayıs 1990'da 9.15 mg/lt, Ağustos 1990'da 53.2 mg/lt, Kasım 1990'da 26.91 mg/lt, Mart 1991'de 17.9 mg/lt, Mayıs 1991'de 7.75 mg/lt, Ağustos 1991'de 32.5 mg/lt, Kasım 1991'de 25.9 mg/lt, Mart 1992'de 16.2 mg/lt, Eylül 1992'de 102 mg/lt, Ekim 1992'de 73 mg/lt, Aralık 1992'de 27.65 mg/lt ve Şubat 1992'de 49.41 mg/lt olarak bulunmuştur (DSİ, 1993). Çalışmamız sırasında yaptığımız Nilüfer Çayı Dereçavuş istasyonu BOI<sub>5</sub> ölçümleri Ocak ayında 64 mg/lt, Şubat ayında 28.75 mg/lt, Mart ayında 34 mg/lt, Nisan ayında 47 mg/lt, Mayıs ayında 63 mg/lt, Haziran ayında 64.5 mg/lt, Temmuz ayında 160 mg/lt, Ağustos ayında 175 mg/lt, Eylül ayında 130 mg/lt, Ekim ayında 165 mg/lt, Kasım ayında 95 mg/lt ve Aralık ayında 74 mg/lt olarak bulunmuştur (Çizelge 6 ve Şekil 4). Bu değerler diğer çaylarda ve DSİ'nin aynı çayda yaptığı çalışmalarla aynı paralellikte olup çaya gelen seyrelme suyu yaz aylarında azaldıkça BOI<sub>5</sub> değerinde artış görülmektedir. BOI<sub>5</sub> değerlerine göre Nilüfer Çayı su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre IV. Sınıf su sınıfına girmekte ve bu değer açısından çok kirlidir. Ayrıca BOI<sub>5</sub> değerinde geçen yıllara göre artış gözlenmiştir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz BOI<sub>5</sub> düzeylerine göre Nilüfer çayı çok kirli su durumundadır.

Sularda ve atıksularda çözünmüş oksijen su kirlenmesi kontrol faaliyetlerinde ve atıksu tasfiye proseslerinin kontrolünde önemlidir (Şengül ve Türkman, 1984). Çözünmüş oksijen analizi için iki yöntem önerilmektedir.

- a- Winkler metodu veya iyodometrik metot ve onun modifiye edilmiş şekilleri
- b- Membran elektrodları kullanarak elektrometrik yöntem

İyodometrik yöntem çözünmüş oksijenin oksitlenme özelliğine dayanan titrimetrik bir işlemdir. Buna karşılık membran elektrod işlemi moleküler oksijenin membrana karşı difüzyon hızına dayanan bir yöntemdir. İyodometrik yöntem; çözünmüş oksijen analizleri için en güvenilir titrimetrik yöntem olup, divalent mangan ve kuvvetli alkali ilavesine dayanır. Çözünmüş oksijen, divalent mangan hidroksit çözeltisini daha büyük yükseltgenme basamağına okside eder. İyodür iyonları varlığında asitlendirme ile yükseltgenmiş mangan tekrar divalent duruma döner ve çözeltinin çözünmüş oksijenine eşdeğer miktarda iyot açığa çıkar. İyot



standart tiyosülfat ile titre edilir (Şengül ve Türkman, 1984). Uygulaması kolay olduğundan çalışmamızda iyodometrik yöntem kullanılmıştır.

Kitaiçi su kaynaklarında çözünmüş oksijen değeri 3 mg/lt 'den az ise adı geçen su çok kirli olarak nitelendirilmektedir (Resmi Gazete, 1988). DSİ Genel Müd. (1983), tarafından yapılan çalışmada Çubuk Çayında ortalama çözünmüş oksijen değeri 7 mg/lt olarak bulunmuştur. Türkman (1981), tarafından yapılan çalışmalarda İzmir iç körfezine dökülen Manda çayında ortalama çözünmüş oksijen değeri 1976 yılında 0.45 mg/lt, 1977 yılında ise 0.0 mg/lt olarak bulunmuştur. Kolankaya ve ark. (1986), tarafından yapılan Karamık gölüne Seka (Afyon-çay) fabrikası atık suyunun fiziksel ve kimyasal yönden incelenmesinde, Karamık gölünde çözünmüş oksijen değeri Kış aylarında, 8.90, 9.30, 9.30 mg/lt, Bahar aylarında 9.10, 8.80, 9.80 mg/lt, Yaz aylarında 8.00, 7.45, 7.37 mg/lt, Güz aylarında 6.36, 6.63, 7.20 mg/lt olarak bulunmuştur. Özdemir (1992), Melez çayında yaptığı çalışmada 1991 yılının Ocak ayında Şirinyer su kemeri altında 4.8 mg/lt, Şubat ayında 4.1 mg/lt, Mart ayında 3.8 mg/lt, Nisan ayında 0.9 mg/lt, Mayıs ayında 4.5 mg/lt, Haziran ayında 0.8 mg/lt çözünmüş oksijen değerleri bulunmuştur. DSİ Nisan 1974 - Şubat 1976 yılları arasında 22 ay değişik istasyonda çözünmüş oksijen yüzdesini % 35-60 arasında değişmekte olduğunu ve standart değerlerin altında kaldığını bildirmiştir (DSİ, 1976). DSİ'nin 1978 yılı İcra Planı Tedbir 298 kapsamında 1979-1982 yılları arasında gerçekleştirilen analizler sonucunda Dereçevuş istasyonunda çözünmüş oksijen değerini ortalama olarak 10.3 mg/lt olarak bulmuştur (DSİ, 1984). Yaptığımız çalışmada Nilüfer çayı Dereçevuş istasyonundan alınan numunelerde çözünmüş oksijen değerleri Ocak ayında 1.0 mg/lt, Şubat ayında 7.60 mg/lt, Mart ayında 5.0 mg/lt, Mayıs ayında 3.5 mg/lt, Haziran-Kasım ayları arasında 0.00 mg/lt ve Aralık ayında 0.3 mg/lt olarak bulunmuştur (Çizelge 6 ve Şekil 3). Görüldüğü gibi çözünmüş oksijen değerleri giderek düşmektedir. Bu azalma yaz aylarında daha belirginleşmektedir. Kış aylarında görülen artış, yağmur sularıyla olan seyrelmenin bir sonucudur. Sularda çözünmüş oksijenin yüksek olması istenmektedir, ancak bulunan bu değerler standartların altındadır. Saptanan bu sonuçlara göre Nilüfer çayı çözünmüş oksijen seviyesi yönünden çok kirli su durumundadır.

Suyun asit veya alkali özellikte olduğu pH ile tesbit edilmektedir. Kitaiçi su kaynaklarında 6-9 dışında pH değerleri istenmez. Bu değerler dışındaki değerlerin bulunması halinde çok kirlenmiş sudan söz edilir. Türkman (1981), tarafından yapılan çalışmalarda İzmir körfezine dökülen Melez çayında 1976 yılında ortalama pH değeri 7.14, 1977 yılında 8.22

olarak bulunmuştur. Özdemir (1992), tarafından Melez çayındaki bir çalışmada Şirinyer tarihi su kemeri altından alınan örneklerde ortalama pH değeri 7.2; Kemer'de 7.66; Sümerbank önünde 7.51 olarak bulunmuştur. DSİ Nisan 1974 - Şubat 1976 yılları arasında 22 ay değişik istasyonlardan aldığı numunelerin analizlerine göre Dereçavuş istasyonundaki sonuçlara göre pH 7.7-8.6 arasında değişmekte ortalama 8.2 olmakta ve standart değerinin altında kaldığı bildirilmektedir (DSİ, 1976). Yine DSİ'nin bir başka çalışmasında 1979-1982 yılları arasında Dereçavuş istasyonunda ortalama pH 8.2 olarak tespit edilmiştir (DSİ, 1984). 1990-1993 yılları arasında yapılan analizler sonucunda Dereçavuş istasyonunda alınan örneklerde ortalama pH değeri 7.96 olarak bulunmuştur (DSİ, 1993). Yaptığımız çalışmada Nilüfer çayı Panayırdere sonrası istasyonundan alınan örneklerde ortalama pH değeri 7.91; Dereçavuş istasyonunda 7.97; Göbelye istasyonunda ise 7.90 olarak bulunmuştur (Çizelge 5 ve Şekil 5). Bu da diğer araştırmacılar ve DSİ'nin Nilüfer üzerinde yaptığı analiz sonuçlarıyla aynı paralelliktedir. Sonuçlarımıza göre Nilüfer çayında asit veya alkalilik yönünden aşırı bir kirlenme gözlenmemektedir.

Suların bakteriyolojik araştırılmasında indikatör organizma olarak kullanılan koliform grubu bakteriler 100 ml'deki en muhtemel sayıları 100.000 'den fazla ise incelenen su kaynağı çok kötü kirlenmiş su olarak nitelendirilir (Resmi Gazete, 1988). Fekal koliform veya fekal streptokok grubuna dahil bakteriler sulardaki fekal kirliliğin tesbit edilmesinde indikatör olarak kullanılmaktadır (Veissman, 1993). Bu bakterilerin en önemlileri *E. coli*, *Citrobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans*, *Enterococcus equi*, *Clostridium perfringens*, *Bifidobacterium* sp. ve *Pseudomonas aeruginosa* 'dır (Hutchinson, 1977). İndikatör mikroorganizmaların sulardaki mevcudiyeti bu su kaynağının insan ve sıcak kanlı hayvanlar tarafından kirletilmiş olduğunu göstermektedir (Pelczar, 1981). *Escherichia coli* ve diğer koliform bakterilerin, suda belli miktarlarda bulunması, aynı ortamda patojenik bakterilerin de mevcut olabileceğinin bir göstergesi olmaktadır (Geldreich, 1970). Metcalf (1979)'a göre bir kişi günde 100-400 milyar arası koliform organizma ve diğer bakteri türlerini deşarj etmektedir. Bazı koliform türleri insanlara zararsız olup biyolojik atıksu arıtma sistemlerinde, organik maddenin parçalanmasında kullanılmaktadır (La Riviera, 1981). Fekal koliformlar, fakültatif anaerobik olup sıcaklığa dayanıklı bakterilerdir. Fekal koliformların sayısı, ortam koşulları ile yakından ilgili olduğu için farklı yerlerde farklı sayılarda bulunurlar (WHO, 1977). Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı

Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve başka kurumlar (1983), tarafından yapılan Kurt Boğazi kirlilik araştırmasında 100 cc'de koliform bakteri sayısı ortalama olarak Mera çayında 220; Kınık çayında 145; Pazar deresinde 170; Baraj gölünde ise 59 olarak bulunmuştur. Türkman (1981), tarafından yapılan çalışmada Manda çayında 100 ml'de 1.609.000 koliform bakteri bulunmuştur. Özdemir (1992), Melez çayı Şirinyer tarihi su kemeri altında alınan örneklerde ortalama koliform bakteri sayısı  $838 \times 10^5$  EMS/100 ml; Kemer'de  $969 \times 10^5$  EMS/100 ml; Sümerbank altından örneklerde ise ortalama  $780 \times 10^5$  EMS/100 ml olarak bulunmuştur. Araştırmacı kış aylarından yaz aylarına doğru fekal ve total koliform sayısında bir artış gözlemiştir. Kırımhan ve ark. (1994), Elazığ Hazar gölünün su kalitesini Nisan 1992-Eylül 1992 tarihleri arasında aylık olarak gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda bakteriyolojik kirlenmenin yaz ayları döneminde artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Niemi ve Niemi (1988), Finlandiya körfezine boşalan Vantaanjoki nehrinde bakteriyal kirlilik üzerine bir yıllık periyotta çalışmışlardır. Termotolerant koliform konsantrasyonun yıl içindeki sayımlarında büyük salınımlar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Konsantrasyonların yazın düşük, kışın yüksek, ilkbahar ve sonbaharda ise en yüksek değere ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar yazın konsantrasyonun düşük çıkmasının sebebini koliform grubu organizmaların güneş ışığına karşı çok duyarlı olduğuna bağlamışlardır. Kışın ise konsantrasyonun yüksek çıkmasını nehrin yüzeyinin buz tutmasıyla, buz altında kalan suyun sabit sıcaklıkta olmasına ilişkilendirmişlerdir. Güz ve bahar aylarında çok yüksek koliform konsantrasyonunu sel baskınlarına, süspanse maddelerinin suda artmasına ve nehre verilen değişik sitelerden boşaltımların artmasına bağlamışlardır. DSİ'nin 1990-1993 yılları arasında rutin olarak Nilüfer çayında yaptığı koliform grubu organizma sayılarında aylar itibarıyla büyük salınımlar görülse de kıştan yaza doğru sürekli bir artış görülmekte olduğu bildirilmiştir (DSİ, 1993). Yaptığımız çalışmada Nilüfer çayında Panayırdere sonrası istasyonundan alınan örneklerde ortalama toplam koliform sayısı  $63.9 \times 10^9$  EMS/100 ml, ortalama fekal koliform sayısı  $133.8 \times 10^8$  EMS/100 ml; Dereçavuş istasyonunda ortalama toplam koliform sayısı  $46.4 \times 10^9$  EMS/100 ml, ortalama fekal koliform sayısı  $42.6 \times 10^8$  EMS/100 ml; Göbelye istasyonunda ise ortalama toplam koliform sayısı  $79.8 \times 10^9$  EMS/100 ml, ortalama fekal koliform sayısı  $10.4 \times 10^8$  EMS/100 ml olarak bulunmuştur (Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 13, 14). Bu rakamlar çayın bakteriyolojik incelenmesinde standartların oldukça üstünde olduğunu göstermektedir. Bununla ilgili olarak diğer araştırmalardan görüleceği gibi koliform bakteri sayısının yüksek olduğu dolayısıyla evsel

atıkların herhangi bir arıtıma uğramadan akarsulara verildiği ve kirliliğin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışmamızda her üç istasyonda da fekal ve total koliform sayılarında kıştan yaza doğru yüksek bir artış görüldüğü saptanmıştır. Bu durum Niemi ve Niemi (1988)'in yaptığı çalışmayla bir zıtlık oluştururken diğer araştırmacılarla aynı paralelliktedir. Kışın koliform sayılarının az çıkmasının sebebi yağmur sularıyla olan seyrelmenin bir sonucudur. Yaz aylarında sayıları oldukça yüksek çıkmasının sebebi ise yağış yokluğu sebebiyle seyrelmenin azalması, Doğanca barajında bu aylarda su tutulması ve çaya yaz aylarında çok yüksek evsel ve endüstriyel atıkların girmesine bağlanabilir. Saptanan bu sonuçlara göre Nilüfer çayı fekal koliform ve toplam koliform limitleri yönünden çok kirli su durumundadır.

Son yıllarda, doğal su ortamında yaşayan indikatör ve patojen bakterilerin metabolik aktivitelerini etkilemek suretiyle, onların tayin ve gerçek miktarlarının saptanmasını zorlaştıran stres faktörleriyle ilgili yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Sularda bakteriyal kirliliğin belirleyicisi olarak kullanılan indikatör ve patojen bakterilerin klorlama, besin yetersizliği, ortamdaki tuzluluk oranı, inhibitör maddelerin ortamda bulunması ve sıcaklık gibi streşe sebep olan faktörlerden dolayı metabolik değişikliklere uğradığı, canlılığını devam ettirmesine rağmen klasik besiyerlerinde üremediği veya koloni oluşturmadığı bildirilmektedir. Bölünüp çoğalmayan ve koloni oluşturma yeteneğini kaybetmiş olan bakterilerin çevreden izolasyonu için birçok yeni ve modern teknikler kullanılmaktadır. Bu metotlardan ilk kullanılanları bakterilerin bazı boyalarla boyanması ile ilgilidir ki bunlardan sonra son zamanlarda en fazla kullanılanı Acridin Orange Boyama (AOB) tekniğidir (Hobbie var ark., 1977). Suda yaşayan patojen ve patojen olmayan bakterilerin gerçek miktarlarının tesbitinde kullanılan diğer metot ise bakterilerin solunum aktivitelerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Bu metotta INT violet (2-(p-iodophenyl)-3-(p-nitrophenyl)-5-phenyl tetrazolium chloride) adı verilen ve solunum zincirinin son aşamasında alternatif elektron alıcısı olarak görev yapan tetrazolium tuzları kullanılmaktadır. Epiforasan mikroskopu altında yapılan incelemede solunum yapan hücreler bu maddeyi formazon halinde depo ettiğinden kırmızı renkte noktalar halinde görülürken, metabolik olarak aktif olmayan hücreler solunum yapamadığından herhangi bir değişiklik görülmemektedir (Zimmermann ve ark., 1978). Bir modern yöntemde koromogenik substratlar olan ONPG (O-nitrophenyl-β-D-galactopyronidase) ve MUG (4-methylumbelliferyl-β-D-glucoronide) 'nin *Escherichia coli* tarafından üretilen glucoronidase enzimi tarafından katalizinden yararlanılarak yapılabileceğini göstermiştir (Adams ve ark., 1990). Colilert metodu

sayesinde su ortamındaki Enterobacteriaceae grubuna dahil bakteriler hakkında ve içme sularının kalitesi konusunda bazı veriler elde edilebilmektedir ve total koliform ölçümü yapılmaktadır (Edberg ve ark., 1990). Son yıllarda bakteri determinasyonunda çokça kullanılan metotlardan birisi de bioluminesans üreten bakterilerden yararlanılarak yapılmaktadır. Bioluminesans üretimi deniz, tatlı su ve deniz ekosistemlerinde yaşayan saprofit bakterilerde belirlenmiştir. Bu bakteriler ölü balık veya et üzerinde çoğalırlar ve genetik yapısında bulunan lux genleri vasıtasıyla bioluminesans üretirler. Üretilen bioluminesans Luminometre veya Scintillation aletleriyle ölçülür. Bu metodun üstünlüğü milimetrede 10 veya daha az sayıda bakteri bulunsa bile uygulanabilir olmasıdır (Steward ve ark., 1992). Bilindiği gibi koloni sayımı veya diğer metotlarla bu kadar düşük seviyede bakteri içeren bir örnekte bakteri sayımı inaktif hücrelerin belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Görüldüğü gibi bu sebeplerden dolayı klasik metotlarla tespit ettiğimiz bakteriyal miktarlar, bakterilerin değişik stres şartları altında geçirmiş oldukları fizyolojik ve morfolojik değişiklik nedeniyle gerçek değerleri yansıtmamaktadır. Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı değişik ekolojik ortamlardan mikrobiyal sayımlar ve izolasyon yapılacaksa örneğin koloni sayımı gibi klasik metotlardan farklı olarak yeni teknikler geliştirilmeli ve sonuçlar klasik yöntemlerin yanında yapılacak olan modern analizlerle desteklenerek irdelenmelidir.

Nilüfer çayında yüksek miktarda endüstriyel ve evsel atık verilmesi sonucu ve atıklarda da yüksek miktarda azot bileşikleri bulunması sonucu bu çay azot bakımından kirlenmektedir. Çaya verilen azot; organik azot, amonyak ve nitrit, biyolojik süreçler aracılığıyla oksitlenerek nitrat şekline dönüşebilmektedir (Erdur, 1990). Azot çevriminde rol oynayabilen amonifikasyon ve denitrifikasyon yapan bakterilerin bu çalışmada çoklu tüp fermantasyon tekniği ile en muhtemel sayıları (EMS) bulunmuştur (Çizelge 5, 6, 7 ve Şekil 8, 9). Gerek amonifikasyon gerekse denitrifikasyon yapan bakterilerin çokluğu bu çayda azot çevriminin olduğunu göstermektedir. Azot dönüşümlerinin en önemlileri olan denitrifikasyon, amonifikasyon ve nitrifikasyondur. Suda organik azot fakültatif aerobik mikroorganizmalar aracılığı ile amonifikasyon işlemi ile amonyum azotuna dönüşür. Amonifikasyon yapan bakterilerin çokluğu çayın ne kadar organik azotça kirlendiğini gösterir. Amonyum azotu ise ortamda bulunabilecek *Nitrosomonas* gibi nitrit bakterileri tarafından aerobik ortamda nitrite dönüştürülmektedir. Nitrifikasyon denen bu iki aşamalı olayı gerçekleştiren bakteri türlerinin çalışmamızda izole edilmesi çayda nitrifikasyon işleminin olduğunu kanıtlamaktadır. Anoksik koşullarda nitrat,

denitrifikasyon işlemiyle nitrite ve anaerobik denitrifikasyon işlemiyle de azot gazına dönüşmektedir. Oluşan azot gazı difüzyon yolu ile suya yayılmaktadır. Denitrifikasyon bakterilerinin çokluğu da bu çayda anaerobik koşullarda denitrifikasyon işleminin gerçekleştiğini göstermektedir.

DSİ Nisan 1974 - Şubat 1976 yılları arasında 22 ay değişik istasyonlardan aldığı numunelerin analizlerine göre Dereçavuş istasyonundaki sonuçlarına göre Amonyak miktarı 0-4.6 ppm arasında değişmekte, ortalama 1.34 ppm civarında olup genellikle limit değeri aşmadığı bildirilmektedir (DSİ, 1976). Yine DSİ'nin bir başka çalışmasında 1979-1982 yılları arasında Dereçavuş istasyonunda ortalama nitrit, nitrat ve amonyak azotu değerleri sırasıyla 0.278 mg/l, 0.482 mg/l ve 2.7 mg/l olarak tespit edilmiştir (DSİ, 1984). Yine bir başka DSİ kaydında 1990-1993 yılları arasında yapılan analizler sonucunda Dereçavuş istasyonunda ortalama amonyum azotu 6.5 mg/l olarak verilmiştir (DSİ, 1993). Bu değerler standartların oldukça üstündedir. Ayrıca yıllara göre yüksek bir artış görülmektedir. Sonuçta azotun olumsuz etkileri ortaya çıkmaktadır. Bu etkiler nitrifikasyon süreçleri nedeni ile sularda oksijen bilançosunun etkilenmesi, sularda yaşayan organizmalara serbest amonyak ve nitratın yaptığı toksik etkiler, su arıtması sırasında ortaya çıkan güçlükler ise içme sularında nitrit derişimlerinin artması ve bunun toksik etkiler olarak gruplanabilir.

Sülfat redükleyici bakteriler sularda sülfatı sülfide redükler. Bu işlemde sülfat redükleyici bakterilerin çokluğu suda çok miktarda sülfid karıştığını gösterir. Sülfür bakterileri; göllerin, nehirlerin, haliçlerin ve limanların dip çamurlarında bulunurlar. Yüzeysel sularda insan faaliyetleri sonucu aşırı sülfür bakterisi üremesi olduğunda bu şekildeki büyümeler dolaylı kirleticiler olur. Oksidatif sülfür bakterileri sadece H<sub>2</sub>S 'in bulunduğu bölgelerde gelişme gösterirler. Eashwar (1990), Hindistan-Turicorin'de liman sularının bakteriyolojik kirliliğini *Thiobacillus* 'ların varlığıyla ortaya koymuşlardır. Liman sularına yüksek seviyede yükleme ve boşaltma işlemleri esnasında elemental sülfür girdisi olmaktadır. Araştırmacılar elde ettikleri *Thiobacillus* izolatlarından en sık olarak *T. thiooxidans* ve *T. ferrooxidans* türlerini tanımlamışlardır. Diğer izolatlar ise *T. neopolitanus*, *T. thioporus*, *T. concretivorus* ve *T. neopolitanus* 'un her zaman disposal organik atık ve çamurda bulunduğunu belirleyen araştırmacılar sularda *T. thiooxidans* ve *T. ferrooxidans* 'in bulunmasını lokal pollusyonun varlığının indikatörü olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda Nilüfer çayından saptadığımız her 3 istasyonda çok yüksek sayılarda Sülfat redükleyen bakteriler tespit edilmiştir (Çizelge 5, 6, 7

ve Şekil 6, 7). Ayrıca istasyonlardan alınan numunelerde her ay *T. thioporus* ve *T. ferrooxidans* izole edilmiştir. Bu da Nilüfer çayına yüksek oranda sülfid karışığının ve oksitadif sülfür bakterileri sadece H<sub>2</sub>S varlığında ürediklerinden kirliliğin yüksek olduğunun göstergesidir (Droop ve Jannasch, 1977).

Türkiye'nin en önemli ticari ve endüstri merkezlerinden biri ve kullanılabilir suyun bol, topografya ve ulaşımın uygun oluşu nedenleri ile endüstriler için ve turistik alt yapıya sahip çekici bir kent görünümünde olan Bursa'nın tam ortasından geçen Nilüfer Çayının böyle hat safhada kirlenmeye maruz kalması çok üzücüdür. Endüstriyel ve atıksuların doğrudan bu çaya verilmesiyle kent ekonomi, estetik ve sağlık açısından önemli kayıplara uğramıştır. Böylece çaya verilen suların taşıdıkları organik maddeler, askıda katı maddeler, nütrient maddeler, patojen mikroorganizmalar ve ağır metaller ana kirletici unsurları oluşturmaktadır. Ayrıca bazı çiftçilerin bu kirli sularla ekinleri ve özellikle Karacabey'in ünlü Soğanlarını sulayarak ağır metal birikimine sebep olarak tüketicilere ulaştırması bir hayli düşündürücüdür.

Bu nedenler ile Nilüfer çayının bizim çalışmamız ve daha önce özellikle DSI'nin çalışmaları sırasındaki yapılan analizlerin yanısıra daha da zenginleştirilmiş bir kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizleme menüsü uygulanarak izlenmesine ve gerektiğinde uyarılar yapılması yada tedbirler alınmasına gerek var diye düşünmekteyiz.

## 7. KAYNAKLAR

- Adams, M.R., Grubb, S.M., Hammer, A., Clifford, M.N., Colorimetric Enumeration of *Escherichia coli* Based on  $\beta$ -glucuronidase Activity. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 2021-2024, 1990.
- Aksoy, M.S., Güney Marmara'nın Akarsularında Ağır Metal Kirliliği İle Önemli Kirlenici Parametrelerin Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv., Fen Bil. Ens., Bursa, 1993.
- Alexander, M., Introduction to Soil Microbiology. Cornell University, Second Edition, 1977.
- Algur, Ö.F., Erzurum Ovasındaki Bazı Köylerin İçme Sularının Mikrobiyolojik Analizleri. *Doğa Tr. J. Biol.*, 12, 1, 1988.
- American Society for Microbiology, Manual of Methods For General Bacteriology, Washington, 1981.
- APHA (American Public Health Assosiation), WPCF, AWWA, Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 14 th. Edition, 1976.
- Araujo, M.R., Arribas, M.R., Lucena, F., Pares, R., Relation Between Aeromonas and Faecal Coliforms in Freshwaters. *J. Appl. Bact.*, 67, 213-217, 1989.
- Bergstein, T., Dan, B., Stone, L., The Distribution of Fecal Pollution İndicator Bacteria in Lake Kinneret. *Wat. Res.*, 25 : 263-270, 1991.
- Bergstein, T., Dan, B., Köppel, F., Indicator Bacteria for Fecal Pollution in The Littoral Zone of Lake Kinneret. *Wat. Res.*, 26 : 11, 1457-1469, 1992.
- Boztepe, H., Seyhan Nehrindeki Bazı Kirlilik Parametrelerinin Saptanması. Çevre 86 Sempozyumu, İzmir, 1985.
- Brown, L.R., Durning, A., Flavin, C., French, H., Jacobseb, J., Dünyanın Durumu 1993, World Watch Enstitüsü Raporu, TEMA Vakfı Yayını No 4, 1993.
- Buchanon, R.E., Gibbons, N.E., Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8 th. Edition. The Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1974.
- Delibaş, Ö., Demir Kirliliği Olan Sularda Türlendirme ve Bazı Demir Komplekslerinin Job Yöntemiyle Formüllerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv., Fen Bil. Ens., Bursa, 1995.
- Demircioğlu, G., Akarsu Kirliliğinin Matematiksel Modellenmesi İçin Yapılan Çalışmalar. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl., Bitirme Ödevi, İzmir, 1983.



- Difco, M., Difco Manual of Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiology and Clinical Laboratory Procedures. Difco Laboratories, Detroit, Michigan, 1953.
- Difco, M., Difco Manual of Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiology. 10. Edition, Difco Laboratories, Detroit, Michigan, 1984.
- Droop, M.R., Jannasch, H.W., Advances in Aquatic Microbiology, vol. 1 (Academic Press. London), 347, 1977.
- Eashwar, M., Maruthamethu, S., Balakrishnan, K., Occurrence of Thiobacilli in Tuticorin Harbour Waters. Ind. J. Mar. Sci., 19 : 107-109, 1990.
- Edberg, S.C., Allen, M.J., Smith, D.B., Kriz, N.J., Enumeration of Total Coliforms and *Escherichia coli* from Source Water by the Defined Substrate. Technology, 56 : 366-369, 1990.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müd., Nilüfer Çayının Kirlenmesi Üzerinde Araştırma, Yayın No KI-613, Ankara, 1976.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müd., Çubuk Çayı Kirlilik Araştırması Proje Raporu. 2. Baskı, Ankara, 1983.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müd., Bursa Bölgesi Su Kaynakları Kirlilik Araştırması, Ankara, 1984.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müd., Nilüfer Çayında Su Kalitesi Tesbiti ve İyileştirme Önerileri, Ankara, 1993.
- Erdur, D., İzmir Körfezine Dökülen Nehir ve Derelerdeki Azot Kirliliği. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl. Bitirme Tezi, Bornova-İzmir, 1990.
- Falcao, D.P., Valentini, R.V., Leite, C.Q.F., Pathogenic or Potentially Pathogenic Bacteria as Contaminants of Fresh Water from Different Sources in Araraquara, Brazil. Wat.Res., 27 : 1737-1741, 1993.
- Finstein, M.S., Pollution Microbiology a Laboratory Manual. Marcel Dekker Inc., New York, 1972.
- Geldreich, E.E., Applying Bacteriological Parameters to Recreational Water Quality, J. American Water Works, 62 : 113-120, 1970.
- Gölhan, M., Aksoğan, S., Suların Arıtılması. Pilmaş Yayınları, c.1, s.12, İstanbul, 1970.
- Gürgün, V., Halkman, A.K., Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. Gıda Teknoloji Derneği, Yayın no. 7, 2. Baskı, Ankara, 1990.

- Hobbie, J.E., Daley, R.J., Jasper, S., Use of Nucleopore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33 : 1225-1228, 1977.
- Hutchinson, M., Ridgway, J.W., Microbiological Aspects of Drinking Water Supplies In : FA Skinner, JA Shewan "Aquatic Microbiology" The Society for Applied Bacteriology Symp. Series, No 6, Academic Press, New York, 1977.
- Islam, M.S., Alam, M.J., Khan, S.J., Huq, A., Faecal Pollution of Freshwater Environments in Bangladesh. *Intern. J. Environ. Stud.*, 46 : 161-165, 1994.
- Kırımhan, S., Keven, F., Aral, N., Hazar Gölünde Bakteriyojik Kirlenme. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Çevre Seksiyonu Kitapçığı, 53-60, Edirne, 1994.
- Kışlaoğlu, M., Berkes, F., Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara, 1985.
- Kolankaya, N., Gök, S., Sağlam, N., Cansunar, E., Seka (Afyon-Çay) Fabrikası Atık Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Yönden İncelenmesi ve Karamık Gölü'ne Etkisinin Araştırılması. *Çevre*, 1, 59-67, Ankara, 1986.
- Köse, S., Melez Çayında Atmosferin H<sub>2</sub>S Emisyonlarının Araştırılması. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl., Bitirme Tezi, İzmir, 1990.
- La Riviera, L., Microbioloy Lecture Notes. International Institute for Hydraulics and Enviromental Engineering, Delft, Holland, 1981.
- Medama, G., Schets, S.; Occurrence of *Plesiomonas shigelloides* in Surface Water : Relationship with Faecal Pollution and Trophic State. *Zbl.Hyg.* 194 : 398-404, 1993.
- Metcalf and Eddy Inc., Wastewater Engineering. Second Edition, p.104, Boston, 1979.
- Montuelle, B., Volat, B., Torio-Fernandez, M., Navarro, E., Changes in nitrobacter Serotypes Biodiversity in a River : Impact of a Wastewater Treatment Plant Discharge. *Wat.Res.*, 30 : 1057-1064, 1996.
- Müezzinoğlu, A., Efeoğlu, H., Deniz Ortamında Organik Kirlilik Parametreleri. Dokuz Eylül Üniv. Fen Bil. Ens. Çevre-89-AR-066, Araş. Raporları, İzmir, 1990.
- Nemerow, N.L., Scientific Stream Pollution Analysis. Hemisphere Publishing Corporation, McGraw Hill Book Company, USA, 1974.
- Niemi, R.M., Niemi, J.S., Annual Variation and Reliability of Fecal Indicators in a Polluted River. *Toxicity Assessment An International Journal*, 3 : 657-677, 1988.
- Niemi, R.M., Niemi, J.S., Bacterial Pollution of Waters in Pristine and Agricultural Lands. *J. Environ.Qual.*, 20 : 620-627, 1991.

- Niemi, J.S., Niemi, R.M., Pajakko, P.M., Long-Term Temporal Variation of Hygienic Indicator Bacteria in a River. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25 : 1901-1909, 1994.
- Nix, P.G., Daykin, M.M., Vilkas, K.L., Sediment Bags as an Integrator of Fecal Contamination in Aquatic Systems. *Wat.Res.*, 27 : 1569-1576, 1993.
- Öner, M., Mikrobiyal Ekoloji. Ege Üniv. Fen Fak. Kitaplar Serisi no. 100, Bornova-İzmir, 1987.
- Özdemir, G., Melez Çayonda Bazı Kirlilik Parametrelerinin Saptanması ve Nitrit, Nitrat Bakterileri ile Sülfür Oksitleyen Bakterilerin İzolasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., İzmir, 1992.
- Özkanca, R., Flint, K.P., Changes in Protein Patterns of *Escherichia coli* Under Starvation Stress in Lake Water. *Doğa Tr. J. Biol.*, 19 : 399-406, 1995.
- Özkanca, R., Flint, K.P., The Effects of Nutrient Sources on the Growth and Survival of *Escherichia coli* in Lake Water. *Doğa Tr. J. Biol.*, 19 : 377-390, 1995.
- Özkanca, R., Metabolik Olarak Aktif Fakat Kültürü Yapılamayan *Escherichia coli* 'nin Göl Suyundaki Yaşamı ve Determinasyonu. *Doğa Tr. J. Biol.*, 20 : 87-97, 1996.
- Özkanca, R., Flint, K.P., The Effects of Antibiotics on the Survival of *Escherichia coli* in Untreated and Filtered - Autoclaved Lake Water at Different Temperatures. *Doğa Tr. J. Biol.*, 20 : 339-350, 1996.
- Palmer, D.M., Holloran, F.M., Roberts, J.M., The Effects of Indicator Organisms in Wash Water Disposal on Mooring Embayments. *J. Great Lakes Res.*, 19(2) : 352-360, 1993.
- Pelczar, M.J., Chan, E.C.S., Pelczar, M.F., *Elements of Microbiology*, McGraw-Hill Hamburg, 1981.
- Radier, J., *Analysis of Water*. Wiley and Sons, New York, 1972.
- Rehcgil, M., *CPC Handbook Series In Nutrition and Food. Section 6 : Diets, Culture Media, Food Supplements Volume III Culture Media for Microorganisms and Plants*, 1977.
- Rhodes, W.M., Kator, H., Seasonal Occurrence of Mesophilic *Aeromonas* spp. as a Function of Biotype and Water Quality in Temperate Freshwater Lakes. *Wat.Res.*, 28 : 2241-2251, 1994.
- Samsunlu, A., Çevre Mikrobiyolojisi. Dokuz Eylül Üniv. Müh. MİM. Fak., s. 103, İzmir, 1986.
- Seeley, H.W., Van Demark, P.J. *Microbes in Action A Laboratory Manual of Microbiology. Selected Exercises From 2. Edition*, 1972.
- SSYB Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müd., Tarım ve Orman Bak. Su Ürünleri Daire Bşk., Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak. DSİ Genel Müd., Kurt Boğazı Baraj Gölü Kirlilik Araştırması, Ankara, 1983.

- Steward, S.A.B., Williams, P., Lux Genes and the Applications of Bacterial Bioluminescence. *J. Gen. Microbiol.*, 138 : 1289-1300, 1992.
- Şengül, F., Türkman, A., Su ve Atıksu Analizleri Lab. Notları. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. 2. Baskı, İzmir, 1985.
- Tamer, A.Ü., Uçar, F., Ünver, E., Karaboz, İ., Bursalıoğlu, M., Oğultekin, R., Mikrobiyoloji Laboratuvar Kılavuzu 3. Baskı. Ege Üniv., Biyoloji Böl., Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Anabilim Dalı. E.Ü. Fen Fak. Teksirler Serisi No. 55, İzmir, 1989.
- T.C. Resmi Gazete, Sayı 19919, 1988.
- Tüfekçi, S., Demir (III) İyonunun Bazı Oksijen Verici Ligandlar İle Oluşturduğu Komplekslerin İncelenmesi ve Demir Kirliliği Olan Sularda Türlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv., Fen Bil. Ens., Bursa, 1996.
- Turick, E.C., Sexstone, J.A., Bissonnette, K.G., Freshwater Mussels as Monitors of Bacteriological Water Quality. *Water, Air and Soil Pollution*, 40, 449-460, 1988.
- Türkman, A., İzmir Körfezine Dökülen Yan Derelerin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt II, 1981.
- Uslu, O., Türkman, A., Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, 1987.
- Veissman, W., Hammer, M.J., Water Supply and Pollution Control, Fifth Edition. Harper Collins College Publishers, New York, 1993.
- WHO., Guidelines for Health Related Monitoring of Coastal Water Quality. World Health Organization Regional for Europe, Copenhagen, 1977.
- Yılmaz, Z., Kirlenici Kaynaklardan Etkilenen Yeraltı Sularında Kirlilik Parametreleri İlgileri. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl., Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 1983.
- Zimmermann, R., Iturriaga, R., Becker-Birck, J., Simultaneous Determination of the Total Number of Aquatic Bacteria and Thereof the Summer Involved in Respiration, *Appl. Environ. Microbiol.*, 36 : 926-935, 1978.

**TEŞÜKKÜR**

Bu çalışmayı bana öneren, planlanmasında ve gerçekleştirilmesinde ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Fahrettin GÜCİN'e, çalışmalarına yaptığı katkılar ve önerileriyle sürekli desteğini gördüğüm Hidrobiyolog Engin ŞENTÜRK, DSİ Çevre Sorunları bölümünden İnşaat Müh. Taner TORUNOĞLU ve Kimya Müh. Sibel TORUNOĞLU 'na ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkürlerimi sunarım.



## ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Muğla'da doğdu. İlk, Orta ve Lise tahsilini Muğla'da tamamladı. 1989 yılında Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümüne girdi. 1993 yılında aynı bölümün Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Anabilim Dalından Bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Eğitimine başlayıp ve Yabancı dil hazırlığına devam etti. 1994 Yılında Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Genel Biyoloji Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi oldu. Yine aynı yıl aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisansa başladı. Halen Araştırma Görevliliğini sürdürmektedir.

