

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖLLERİN EKOLOJİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN  
ARAŞTIRILMASI ve TUZLA ( KAMİL ABDUŞ ) GÖLÜ  
ÖRNEĞİ**

139650

139650

Su Ürünleri Müh. Hande ACAR

FBE Çevre Mühendisliği Dahı Çevre Mühendisliği Programında  
Hazırlanan

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç.Dr. Süleyman ŞAKAR**

*Doç. Prof. Atilla Akdoğan  
Yrd. Doç. Dr. Süleyman Şakar  
Prof. Dr. Feriuh Ertürk*

**İSTANBUL, 2003**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

## İÇİNDEKİLER

|                                                                   |      |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                | v    |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                              | vii  |
| ÖNSÖZ.....                                                        | xii  |
| ÖZET.....                                                         | xiii |
| ABSTRACT.....                                                     | xiv  |
| <br>                                                              |      |
| 1. GÖLLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....                            | 1    |
| <br>                                                              |      |
| 1.1. Giriş.....                                                   | 1    |
| <br>                                                              |      |
| 1.2. Göller Hakkında Genel Bilgiler.....                          | 1    |
| <br>                                                              |      |
| 1.3. Göl Tipleri.....                                             | 3    |
| 1.3.1. Kaya Gölleri.....                                          | 3    |
| 1.3.2. Doğal Set Gölleri.....                                     | 4    |
| 1.3.2.1.Lagün Gölleri ve Özellikleri.....                         | 5    |
| 1.3.3. Özel Tip Göller.....                                       | 7    |
| 1.3.4. Termal Özelliklerine Göre Göl Tipleri.....                 | 7    |
| 1.3.5. Verimlilik Esaslarına Göre Göllerin Sınıflandırılması..... | 9    |
| 1.3.6. Göllerin Besin Durumu.....                                 | 10   |
| <br>                                                              |      |
| 1.4. Göl Tabakalaşması.....                                       | 12   |
| 1.4.1. Termal Tabakalaşma.....                                    | 13   |
| 1.4.1.1. Termal Tabakalaşmanın Parçalanması.....                  | 14   |
| 1.4.2. Göllerde Hareket.....                                      | 14   |
| 1.4.3. Göllerin Morfolojik Özellikleri.....                       | 17   |
| 1.4.4. Göl Sularının Özellikleri.....                             | 17   |
| 1.4.5. Göllerin Fiziksel Özellikleri.....                         | 20   |
| 1.4.6. Göllerin Kimyasal Özellikleri.....                         | 24   |
| 1.4.7. Göllerin Biyolojik Özellikleri.....                        | 34   |
| <br>                                                              |      |
| 1.5. Göl Ekolojisi.....                                           | 34   |
| 1.5.1. Göllerde Yaşayan Organizma Grupları.....                   | 35   |
| 1.5.1.1. Fitoplanktonlar.....                                     | 35   |
| 1.5.1.2. Zooplanktonlar.....                                      | 39   |
| 1.5.1.3. Vertebrata.....                                          | 41   |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2. GÖL EKOLOJİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....                                    | 43 |
| 2.1. Giriş.....                                                                | 43 |
| 2.2. Ötrofikasyon.....                                                         | 45 |
| 2.2.1.Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri.....                     | 46 |
| 2.2.2. Ötrofikasyonun İçmesuyu ve Halk Sağlığı Açısından Olumsuz Etkileri..... | 47 |
| 2.3. Alg Kontrolü.....                                                         | 48 |
| 2.4. Ötrofikasyon Kontrolü.....                                                | 49 |
| 2.5. Göl Ekosistemine Yönelik Tehditler.....                                   | 50 |
| 2.5.1. Kirleticilerin Göl Ekolojisi Üzerindeki Etkileri.....                   | 51 |
| 2.5.1.1. Zehirli Kirleticiler.....                                             | 51 |
| 2.5.1.2. Organik Maddeler.....                                                 | 52 |
| 2.5.1.3. Çökelebilen Katı Maddeler.....                                        | 53 |
| 2.5.1.4. Pestisitler.....                                                      | 54 |
| 2.5.1.5. Gübreler.....                                                         | 55 |
| 2.5.1.6. Yağlar.....                                                           | 55 |
| 2.5.1.7. Yüzey Aktif Maddeler.....                                             | 56 |
| 2.5.1.8. Besi Maddeleri ( Nutrientler ).....                                   | 56 |
| 2.5.1.9. Isı Kirlenmesi.....                                                   | 58 |
| 2.5.1.10. Ağır Metaller.....                                                   | 58 |
| 2.5.1.11. Radyoaktif Maddeler.....                                             | 60 |
| 2.5.1.12. Asit Yağmurları.....                                                 | 61 |
| 2.5.1.13. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği.....                             | 61 |
| 2.5.1.14. Mikrobiyolojik Parametreler.....                                     | 62 |
| 2.6. Göl Havzalarının Korunması.....                                           | 63 |
| 2.7. Göllerin Korunumu ve Restorasyonu.....                                    | 64 |
| 3. TUZLA ( KAMİL ABDUŞ ) GÖLÜ.....                                             | 68 |
| 3.1. Giriş.....                                                                | 68 |
| 3.2. Tuzla Gölü Hakkında Genel Bilgiler.....                                   | 69 |
| 3.2.1. Tuzla Gölü'nün Sulak Alan Olarak Değerlendirilmesi.....                 | 71 |
| 3.2.2. Sulak Alanların Ekonomik ve Ekolojik İşlevleri.....                     | 72 |
| 3.2.3. Ramsar Sözleşmesi.....                                                  | 74 |
| 3.3. Tuzla Göl Ortamının Oluşumu.....                                          | 77 |
| 3.4. Tuzla Gölü ve Çevresinin İklimsel Özellikleri.....                        | 78 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. Tuzla Gölündeki Biyoçeşitlilik.....                                            | 81  |
| 3.5.1. Fitoplanktonlar.....                                                         | 83  |
| 3.5.2. Zooplanktonlar.....                                                          | 92  |
| 3.5.3. Vertebrata.....                                                              | 93  |
| 3.6. Tuzla Gölü Jeolojisi.....                                                      | 96  |
| 3.7. Gölün Hidrografik Özelliği.....                                                | 99  |
| 3.8. Göl Ortamının Özellikleri.....                                                 | 100 |
| 3.8.1. Sedimentolojik Özellikleri.....                                              | 117 |
| 3.8.2. Bakteriyolojik Özellikleri.....                                              | 118 |
| 3.9. Tuzla Gölü Çevresinin Toprak Özellikleri.....                                  | 122 |
| 3.10. Tuzla Gölü ve Havzasındaki Kirleticiler Kaynaklar.....                        | 123 |
| 3.10.1. Umurbey ( Tuzla ) Deresi ile Taşınan Kirleticiler.....                      | 123 |
| 3.10.2. Göle Doğrudan Akıtılan Atıksular.....                                       | 124 |
| 3.10.3. Yağmur Suyu ile Taşınan Kirleticiler.....                                   | 124 |
| 3.10.4. Katı Atıklar.....                                                           | 125 |
| 3.10.5. Hava Kirliliği.....                                                         | 125 |
| 3.10.6. Gürültü Kirliliği.....                                                      | 125 |
| 3.11. Tuzla Gölü Havzasındaki Endüstriyel Kuruluşlar.....                           | 125 |
| 3.12. Tuzla Gölü'nü Etkileyen Mühendislik Yapıları.....                             | 127 |
| 3.13. Tuzla Gölü ve Çevresinin Korunması Amacıyla Yapılan Mühendislik Yapıları..... | 128 |
| 4. TUZLA GÖLÜNÜN MUHTEMEL KURUMA SEBEPLERİ.....                                     | 129 |
| 4.1. Göl Çevresindeki Mühendislik Yapıları.....                                     | 129 |
| 4.2. Göl ile Deniz İrtibatının Kesilmesi Sonucu Kuruma.....                         | 131 |
| 4.3. Bölgenin Jeolojik Konumundan Kaynaklanan Kuruma.....                           | 133 |
| 4.4. İklim Kaynaklı Kuruma.....                                                     | 133 |
| 4.5. Ani Plankton Üremesi Sonucu Kuruma.....                                        | 137 |
| 5. TUZLA GÖLÜ'NÜN REHABİLİTASYONU.....                                              | 145 |



|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....                | 153 |
| 6.1. Değerlendirme.....                          | 153 |
| 6.2. İyileştirme ( Restorasyon ) Yöntemleri..... | 155 |
| 6.3. Sonuç.....                                  | 157 |
| KAYNAKLAR.....                                   | 161 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                    | 164 |



## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Göllerde Ekolojik Tabakalaşma.....     | 13 |
| Şekil 1.2. Su Ekosisteminde Sirkülasyonlar.....   | 16 |
| Şekil 2.1. Suction Dredge.....                    | 66 |
| Şekil 2.2. Hipolimnetik Havalandırma.....         | 66 |
| Şekil 2.3. Kimyasal Çökeltme.....                 | 67 |
| Şekil 3.1. Tuzla Gölü ve Çevresi.....             | 70 |
| Şekil 3.2. Tuzla Gölü'nün Mevsimsel Değişimi..... | 78 |
| Şekil 3.3. <i>Cladophora sp.</i> .....            | 84 |
| Şekil 3.4. <i>Scenedesmus sp.</i> .....           | 84 |
| Şekil 3.5. <i>Cosmarium sp.</i> .....             | 85 |
| Şekil 3.6. <i>Oedogonium sp.</i> .....            | 85 |
| Şekil 3.7. <i>Closterium sp.</i> .....            | 86 |
| Şekil 3.8. <i>Oscillatoria sp.</i> .....          | 87 |
| Şekil 3.9. <i>Anabaena sp.</i> .....              | 87 |
| Şekil 3.10. <i>Merismopedia sp.</i> .....         | 87 |
| Şekil 3.11. <i>Gloeocapsa sp.</i> .....           | 88 |
| Şekil 3.12. <i>Chara sp.</i> .....                | 89 |
| Şekil 3.13. <i>Navicula sp.</i> .....             | 91 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.14. <i>Nitzchia sp.</i> .....                                            | 91  |
| Şekil 3.15. <i>Gammarus sp.</i> .....                                            | 93  |
| Şekil 3.16. Tuzla Gölü'nde Gözlenen Kuş Türleri.....                             | 94  |
| Şekil 3.17. Tuzla Gölü'nde Gözlenen Kuş Türleri.....                             | 94  |
| Şekil 3.18. İnceleme Alanının ve Çevresinin Stratigrafi Kesiti.....              | 98  |
| Şekil 3.19. Hidrografik Ölçüm Yapılan İstasyonlar.....                           | 99  |
| Şekil 3.20. Tuzla Gölü'nün 1993 Yılındaki Durumu ve Örnek Toplama Noktaları..... | 102 |
| Şekil 3.21. Tuzla Balık Gölü'nde Aylara Göre Sıcaklık Değerleri.....             | 103 |
| Şekil 3.22. Tuzla Balık Gölü'nde Aylara Göre pH Değerleri.....                   | 103 |
| Şekil 3.23. Tuzla Gölü Örnekleme Noktaları.....                                  | 104 |
| Şekil 3.24. Toplam Fosfat ile Klorofil – a İlişkisi.....                         | 112 |
| Şekil 3.25. Orto – fosfat ile Klorofil – a İlişkisi .....                        | 112 |
| Şekil 3.26. Toplam İnorganik Azot ile Klorofil – a İlişkisi .....                | 113 |
| Şekil 3.27. Nitrat + Nitrit ile Klorofil – a İlişkisi .....                      | 113 |
| Şekil 3.28. Tuzla Gölü ve Havzasındaki Yerleşim Durumu.....                      | 126 |
| Şekil 3.29. Tuzla Gölünün Kuzeybatı Lagün Ağzındaki Endüstriyel Kuruluşlar.....  | 127 |
| Şekil 4.1. Tuzla Gölü – Haziran 2002.....                                        | 132 |
| Şekil 4.2. Tuzla Gölü – Haziran 2002.....                                        | 132 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 1.1. Türkiye'nin İçsu Kaynakları, Sayıları ve Alanları .....                                               | 3  |
| Çizelge 1.2. Bölgelere Göre ( Göl – Baraj Gölü ) Su Potansiyeli.....                                               | 3  |
| Çizelge 1.3. Göllerin Verimlilik Esasına Göre Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kriterler.....                      | 10 |
| Çizelge 1.4. Kıta İçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri.....                                                      | 19 |
| Çizelge 1.5. Değişik Sıcaklıklarda Suyun Oksijen Doygunluğu.....                                                   | 25 |
| Çizelge 1.6. Göllerde Yaygın Olan Alglerin Sınıflandırılması.....                                                  | 38 |
| Çizelge 2.1. Kirletici Kaynaklar.....                                                                              | 45 |
| Çizelge 2.2. Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrol Sınır Değerleri.....         | 47 |
| Çizelge 2.3. Gölün OECD'ye Göre Farklı Trofik Seviyelerin Belirleyen Limit Değerler.....                           | 48 |
| Çizelge 2.4. Göllerde Müsaade Edilen Azot ve Fosfor Yükleri.....                                                   | 57 |
| Çizelge 3.1. Ramsar Sözleşmesine Göre Sulak Alanların Sınıflandırılması.....                                       | 75 |
| Çizelge 3.2. 1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Yıllık Minimum Sıcaklık Değerleri ( °C )..... | 79 |
| Çizelge 3.3. 1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık .....                 | 79 |
| Çizelge 3.4. 1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Maksimum Sıcaklık Değerleri.....        | 80 |
| Çizelge 3.5. 1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri ( % )..... | 80 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 3.6. 1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış<br>Miktarları ( mm ) ..... | 81  |
| Çizelge 3.7. Tuzla Gölü Florası.....                                                                               | 82  |
| Çizelge 3.8. Tuzla Gölü Faunası.....                                                                               | 82  |
| Çizelge 3.9. Tuzla Gölü’nde Gerçekleştirilen Hacimsel Plankton Analiz Sonuçları.....                               | 83  |
| Çizelge 3.10. Tuzla Gölü ve Çevresinde Konaklayan Kuş Türleri.....                                                 | 95  |
| Çizelge 3.11. Tuzla Gölü’nün Kimyasal Özellikleri.....                                                             | 100 |
| Çizelge 3.12. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 105 |
| Çizelge 3.13. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 105 |
| Çizelge 3.14. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 106 |
| Çizelge 3.15. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 106 |
| Çizelge 3.16. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 107 |
| Çizelge 3.17. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 107 |
| Çizelge 3.18. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 108 |
| Çizelge 3.19. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 108 |
| Çizelge 3.20. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 109 |
| Çizelge 3.21. Tuzla Gölü Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreleri.....                                        | 109 |
| Çizelge 3.22. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü Su Analizleri.....                                                     | 114 |
| Çizelge 3.23. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü Su Analizleri.....                                                     | 114 |
| Çizelge 3.24. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü Su Analizleri.....                                                     | 115 |
| Çizelge 3.25. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü Su Analizleri.....                                                     | 115 |

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 3.26. Tuzla Gölü'nden Nisan 1998'de Alınan Su Numunelerinin Analiz Sonuçları.....                                | 116 |
| Çizelge 3.27. Referans İstasyona Ait Sediment Değerleri.....                                                             | 117 |
| Çizelge 3.28. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Olarak Total ve Fekal Koliform Limitleri..... | 119 |
| Çizelge 3.29. 1 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri.....                       | 119 |
| Çizelge 3.30. 2 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri.....                       | 120 |
| Çizelge 3.31. 3 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri.....                       | 120 |
| Çizelge 3.32. 4 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri.....                       | 121 |
| Çizelge 3.33. 5 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri.....                       | 121 |
| Çizelge 3.34. Tuzla Gölü Çevre'sinin Toprak Özellikleri.....                                                             | 123 |
| Çizelge 3.35. Tuzla Gölü ve Çevresini Etkileyen Endüstriyel Alanlar ve Atıkları.....                                     | 126 |
| Çizelge 4.1. 1970 – 1990 Yılları Arası Tuzla İlçesi Nüfus Sayımları.....                                                 | 129 |
| Çizelge 4.2. 1970 – 1990 Yılları Arası Tuzla İlçesi'nin % Nüfus Artış Oranları .....                                     | 129 |
| Çizelge 4.3. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1958 Yılları Arası Buharlaşma Değerleri.....                           | 134 |
| Çizelge 4.4. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1991 Yılları Arası Yağış Değerleri .....                               | 135 |
| Çizelge 4.5. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1991 Yılları Arası Bağıl Nem Değerleri .....                           | 135 |

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.6. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1986 Yılları Arası Rüzgarlı Gün Sayısı ve Ortalama Rüzgar Hızı Değerleri..... | 136 |
| Çizelge 4.7. Tuzla Gölü 8/10/1992 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                 | 138 |
| Çizelge 4.8. Tuzla Gölü 18/11/1992 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                | 139 |
| Çizelge 4.9. Tuzla Gölü 6/4/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                  | 139 |
| Çizelge 4.10. Tuzla Gölü 27/4/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                | 139 |
| Çizelge 4.11. Tuzla Gölü 24/5/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                | 139 |
| Çizelge 4.12. Tuzla Gölü 5/7/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                 | 140 |
| Çizelge 4.13. Tuzla Gölü 13/10/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                               | 140 |
| Çizelge 4.14. Tuzla Gölü 9/12/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                                | 140 |
| Çizelge 4.15. Tuzla Gölü 21/12/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri.....                               | 140 |
| Çizelge 4.16. Tuzla Gölü 8/10/1992 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                      | 141 |
| Çizelge 4.17. Tuzla Gölü 18/11/1992 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                     | 142 |

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.18. Tuzla Gölü 6/4/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                   | 142 |
| Çizelge 4.19. Tuzla Gölü 27/4/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                  | 142 |
| Çizelge 4.20. Tuzla Gölü 24/5/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                  | 142 |
| Çizelge 4.21. Tuzla Gölü 5/7/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                   | 143 |
| Çizelge 4.22. Tuzla Gölü 13/10/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                 | 143 |
| Çizelge 4.23. Tuzla Gölü 9/12/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                  | 143 |
| Çizelge 4.24. Tuzla Gölü 21/12/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri .....                                 | 144 |
| Çizelge 5.1. Tarım Alanlarında Kullanılacak Çamurda Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal Muhtevaları.....               | 146 |
| Çizelge 5.2. Evsel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları.....                                                        | 148 |
| Çizelge 5.3. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi Elementi Giderim Potansiyelleri..... | 150 |
| Çizelge 5.4. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi Elementi Giderim Potansiyelleri..... | 151 |
| Çizelge 5.5. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi Elementi Giderim Potansiyelleri..... | 151 |



## ÖNSÖZ

Çevre sorunları özellikle yüzey sularının kirliliği dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi ülkemizde de son yirmi yılda güncel yaşama iyice girmiştir. Hızlı nüfus artışı, ormanların tahribi ve erozyon sorunu, düzensiz kentleşme, kıyıların bozulması ve hızlı sanayileşme sonucunda gerçekleşen su kirliliği sorunu sadece Türkiye’de değil, dünyanın pek çok ülkesinde çözümleri aranan sorunlar haline gelmiştir. Bu çalışmada yukarıda adı geçen bu sorunların nedenleri ve olası çözümleri anlatılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Bitirme Tezi olarak Yrd. Doç. Dr. Süleyman ŞAKAR’ın denetimi ve yönetiminde hazırlanmıştır. Çalışma sırasında yardımını ve bilgisini esirgemeyen, titizlikle yol gösteren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Süleyman ŞAKAR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanması esnasında gerekli verilerin sağlanmasında yardımcı olan Tuzla Belediyesi mensuplarına, özellikle Tuzla Belediye Başkan Yardımcısı Mehmet Demirci’ye ,Göztepe Meteoroloji İstasyonu çalışanlarına ve Tarım ve Köy İşleri Müdürlüğü Su Ürünleri Bölümü çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm eğitimim boyunca beni maddi ve manevi bakımdan destekleyen ve asla yalnız bırakmayan aileme, özellikle annem Nurten ACAR’a ve tezimin hazırlanması esnasında bana destek veren tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

İnsanoğlu rahat ve modern bir yaşama kavuşabilmek için sanayileşmeye önem vermiş ve var olan kaynakları, hiç bitmeyecekmiş gibi sınırsızca kullanarak kendine bugünkü dünyayı hazırlamıştır. Ancak çevre kirliliğinin ileri boyutlara ulaşmasıyla rahatsız olmaya ve çözüm üretmeye hatta çevreye en az zararı verecek teknolojileri araştırıp geliştirmeye başlamışlardır.

Özellikle Türkiye’de hızlı nüfus artışı sonrası, sanayileşme, kentleşme ve gelişen teknoloji ile doğal ve fiziksel kaynaklardan aşırı derecede ve dengesiz bir şekilde yararlanılmıştır. Bu hızlı gelişme, çarpık kentleşme, doğal kaynaklardan hiç bitmeyecekmişcesine faydalanmak ve ilgisizlik gibi nedenlerden dolayı yüzeysel sularımızın yapıları hızla bozulmaya başlamış, hatta birçoğu yokolma tehlikesi ile yüzyüze kalmıştır.

Bu çalışmada, yüzeysel sular içinde kirlenmeye en hassas su kütlesi olan göller, fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri, ekolojileri ve ekolojilerini etkileyen faktörler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Araştırma kısmında ise, bir yıl içinde iki kere suları çekilen ve ülkemizin sınırlı sayıdaki kuş barınaklarından biri olarak görülen Tuzla Gölü’nün oluşumu, yapısı, jeolojisi, özellikleri, ekolojisi ve kuruması üzerinde durulmuştur. Sulak alan olarak değerlendirilen bu gölün sularının aniden çekilmesinin olası nedenleri ve göl ekolojisinin tekrar hayat kazanabilmesi için yapılması gerekli olan çalışmaları içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuzla Gölü, ekoloji, sulak alan, sanayileşme, kentleşme.

## **ABSTRACT**

In order to reach a comfortable and a modern life, man has given importance to industrialization and by using the existing resources unlimitedly, they have prepared the today's world for themselves. But after facing the environmental pollution, man has started to produce solutions, and try to develop the best technologies that could give the least damage to environment.

Especially in Turkey, after the increase in population, industrialization, urbanization and development in technology, we started to use our natural and physical resources unstably and excessively. Because of this rapid development, unsystematic urbanization, limitless use of natural resources, and lack of interest to environment, our natural water resources are being damaged, furthermore so many of them are being vanished everyday.

In this study, general knowledge ( chemical, physical and biological characteristics, their ecology, and the factors that affects their ecology ) about lakes, the most sensitive water resources among all surface water has been given. In the research part , Tuzla Lake, one of the limited bird shelters of Turkey, that has dried twice in a year has been studied. Data about Tuzla Lake's formation, structure, geology, characteristics and its ecology has been given. This study, also includes the possible reasons of Tuzla Lake's water loss and rehabilitation works that can be applied in order to refresh the lake ecology.

**Keywords:** Tuzla Lake, ecology, wetland, industrialization, urbanization.

## 1. GÖLLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Günümüz sanayi toplumlarında su gereksiniminin önemli bir bölümü göllerden karşılanmakta ve göller sadece su temini ( belediyelere ve sanayi kuruluşlarına ) için değil aynı zamanda , kullanılmış suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak, zirai maksatlar için ( sulama suyu ve çiftliklere içme ve kullanma suyu temininde ), balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde, taşıma, dinlenme ve turistik maksatlar için ve enerji üretimi ile arsa, arazi kazanmak amacıyla doldurulması gibi birbiriyle çelişen amaçlarla da kullanılmaktadır. Bu kullanımlardan hangisine yönelik olusa olsun, göllerden bilinçsizce ve sınırsızca faydalanmaya çalışmak çeşitli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Göllerden kaynaklanabilecek çevre sorunlarının önüne geçebilmek ve göl sularının amaç dışı kullanımlarını önlemek için kaynakların daha iyi yönetilmesi gerekmektedir.

Göllerimizin giderek artan bir hızla bozulması, ülkemizin en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Fakat ülkemizde sadece göllerin korunmasını sağlayacak ilgili bir mevzuat bulunmamaktadır. Çevre Kanunu kapsamında yayınlanan “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ” ise, göl çevresindeki kirliliği önlemeye yönelik ilkeler ihtiva etse de bunlar göllerin ekolojik olarak korumasını sağlayacak yaptırımlar açısından yeterli değildir.

### 1.2. Göller Hakkında Genel Bilgiler

Kapalı havzalarda yer alan geniş ve durgun su kütlelerine “göl” denir. Göller yeryüzünün hemen her yerinde bulunmakla birlikte, yüksek enlemlerde ( kutuplara yakın kesimlerde ) ve özellikle yakın dönemde buzullaşma geçirmiş dağlık bölgelerde daha yaygındır. Çoğunlukla nehir boylarında, nehirlerin yatak değiştirmesine bağlı olarak oluşan göller geniş düzlükleri kapsar ve hafif bir eğimle derinleşirler. Bol yağış alan bölgelerle, denize yakın düzlüklerde de çok sayıda göl bulunur ( Wetzel, 1975 ).

Göller, drenajı bulunmayan büyük çöküntülerde ya da dip bölümlerinde bulunan kaynaklarla sürekli olarak beslenen geniş çöküntülerde oluşurlar. Başlıca göl suyu kaynakları, eriyen buzlar ve karlar, kaynak suları, nehirler ve yağıştır. Göller, bulundukları bölgeye, iklime ve kendini besleyen kaynaklara göre tatlı ya da tuzlusu özelliği gösterebilir. Tatlısu gölleri, dünya yüzeyindeki serbest suların yaklaşık % 0,009'unu oluşturur. Tuzlu su göllerinin oranı ise daha düşüktür. Kurak bölge gölleri genellikle tuz ve alkali bileşikleri açısından zengindir. Çünkü

tüm tuzlar çevre kayalardan türer ve kalıntı çözeltiler içinde göllere karışır. Ayrıca yüksek sıcaklık nedeniyle gerçekleşen buharlaşma ile göldeki tuz oranı sürekli artar.

Yeryüzündeki göllerin büyük çoğunluğu buzul kökenlidir. Pleyistosen dönemde (~2,5 milyon – 10 bin yıl önce ) dünyanın belli bölümlerini kaplayan geniş buz örtüleri ve anakayaçların içinde akaçlaması bulunmayan çöküntülerin oluşmasına yol açmış ve buna bağlı olarak da binlerce kayaç zeminli göl oluşmuştur. Bu tür kıta buzulları aynı zamanda var olan akaçlama kanallarının önünü kaya parçalarıyla tıkayarak başka göllerin oluşumuna da neden olmuşlardır. Akarsuların önünde çökelen kum tepecikleri, ırmakların ağız bölümünde toplanan kumsallar ya da büyük bir ırmak tarafından daha küçük bir ırmak kolunun önüne yığılan alüvyonlar da bölgenin su akışını engelleyerek göl oluşumuna yol açabilir. Göllerin oluşumu ile ilgili daha detaylı bilgi 1.2.1. kısmında verilmiştir.

Jeolojik zaman ölçekleri kıstas alındığında göller oldukça kısa ömürlüdür. Genel olarak göllerin yok olma safhaları değişik üç süreçte gerçekleşmektedir. Birincisi, göl içine akan tüm akarsuların taşıdığı askıda maddelerle dolmasıdır. İkincisi, göllerin havza sınırını aşabilecek kadar suyla dolması sonucu, dışarı akan akıntıların havzanın kenarlarını aşındırmasıyla su kapasitesinin azalması sonucu meydana gelir. Üçüncü olarak da, göllerde bitkilerden gelen organik çökellerin birikmesi turbalık ya da bataklık alanlara dönüşerek, gölün sığlaşarak sığ göllere , en sonunda da kara haline dönüşmesidir ( Öngör, 1961 ).

Göller, yağışlar, yeraltı suları ve akarsularla beslenirler; buharlaşma ve sızma suretiyle de su kaybederler. Bu durum, mevsimlere göre değişiklik gösterir, bu yüzden birçok gölün seviyeleri bir mevsimden diğerine alçalır veya yükselir.

Türkiye, doğal göller açısından zengin bir ülke sayılabilir. Ayrıca sulama, balıkçılık ve enerji amaçlı yapılan tabi rezervuar gölet ve barajlar açısından da zengin denebilir. Tabi ve doğal göllerin bir kısmı günümüz toplumunun su gereksinimini karşılarken, bir kısmı da sulama, taşıma, dinlenme, enerji üretimi, kent ve sanayi atıklarının giderilmesi gibi durumlar için kullanılmaktadır.

Türkiye’de önemli amaçlar için kullanılan içsu kaynaklarımızın, sayıları ve kapladıkları su yüzey alanları Çizelge 1.1.’de, bölgelere göre dağılımı ise Çizelge 1.2.’de verilmiştir ( Oray, 1992 ).

Çizelge 1.1. Türkiye’nin İçsu Kaynakları, Sayıları ve Alanları

| SU SAHALARI                           | SAYISI | SU SAHASI ALANI ( ha ) |
|---------------------------------------|--------|------------------------|
| <b>Doğal Göller</b>                   | 200    | 350000                 |
| <b>Baraj Gölleri</b>                  | 120    | 600000                 |
| <b>Göletler</b>                       | 1000   | 10000                  |
| <b>Nehirler</b>                       | 33     | 170000                 |
| <b>İnşa Halindeki Baraj Gölleri</b>   | 60     | 50000                  |
| <b>İnşası Planlanan Baraj Gölleri</b> | 100    | 100000                 |

\* Van ve Tuz gölleri hariç

Çizelge 1.2. Bölgelere Göre ( Göl – Baraj Gölü ) Su Potansiyeli

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>GAP BÖLGESİ</b>        | 300000 ha |
| <b>GÖLLER BÖLGESİ</b>     | 15000 ha  |
| <b>MARMARA BÖLGESİ</b>    | 150000 ha |
| <b>İÇ ANADOLU BÖLGESİ</b> | 40000 ha  |

### 1.3. Göl Tipleri

Türkiye’deki göller, oluşum biçimleri bakımından genel olarak yerli kaya gölleri ve doğal set gölleri olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Bununla birlikte yeryüzündeki göller, termal ve verimlilik özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadırlar ( Wetzel, 1975 ).

#### 1.3.1. Kaya Gölleri

Türkiye’deki kaya gölleri, tektonik göller, krater gölleri ve buzul gölleri olmak üzere üç kısımda incelenmektedir.

- **Tektonik Göl:** Yeryüzünün kıvrılması ile oluşmuş çukur, çatlak ya da faylarda su birikmesi sonucu oluşan uzun ve derin göllerdir ( Manyas, Apolyon, İznik, Tuz , Hazar gölleri, vs. ).



- **Krater Gölü:** Etkin olmayan ya da sönmüş olan yanardağların kraterlerinde su birikmesi sonucu oluşan göllerdir. Bu göllerin derinlikleri çok fazla ve çevreleri yuvarlaktır ( Nemrut Gölü ).
- **Buzul Gölü:** Ülkemizde yer alan buzul göllerin üç değişik tipi vardır. Bunlar;
  1. Buzulların bir havzayı aşındırması ve buzul sularının burayı doldurması sonucu oluşan göller ( Karagöl ).
  2. Buzulların getirdiği taş, toprak atıklarının birikip kapalı havza oluşturması ile oluşan göller ( Elmalı Gölü ).
  3. Dağdan inen buzulun vadiyi tıkiyarak oluşturduğu göller ( Kaşkar, Cilo, Bolkar ve Uludağ Gölleri ).
- **Karstik Göl:** Ya nehir yatağı ve vadilerde çöküntü oluşumu sonucunda ya da yeraltısuyunun kalkerli bir yerden geçerken burayı aşındırması, mevcut  $\text{CaCO}_3$ 'ün suda eriyip çöküntü oluşturması ve bu kısmın su ile dolmasıyla oluşur ( Tortum Gölü ).

### 1.3.2. Doğal Set Gölleri

Hızla akan aşırı askıda madde (mil) yüklü bir akarsuyun daha yavaş bir akarsuya bıraktığı askıda katı maddelerin bir set oluşturmasıyla meydana gelen göllerdir. Oluşum şekillerine göre Türkiye'de yer alan doğal set gölleri;

- **Heyelan Set Gölü:** Tortum gölü, Sera gölü, Abant gölü, Yedigöller
- **Alüvyon Set Gölü:** Marmara gölü, Bafa gölü, Köyceğiz gölü, Eymir gölü, Mogan gölü
- **Volkanik Set Gölü:** Van gölü, Erçek gölü, Nazik gölü, Balık gölü, Çıldır gölü
- **Buzul ( Moren Set ) Gölü:** En çok kuzey batı Avrupa'da görülür.
- **Kıyı Set ( Lagün ) Gölü:** Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri, Terkos gölü, Tuzla ( Kamil Abduş ) gölü verilebilir.

### 1.3.2.1. Lagün Gölleri ve Özellikleri

Önceleri bir lagün olan fakat daha sonra çeşitli nedenlerle lagün özelliğini kaybeden Tuzla Gölü'nü ve yapısını daha iyi kavrayabilmek için lagün göllerin özellikleri ve kullanım alanları üzerinde durulması gereken bir konudur.

Kıyı çizgisinin karaya doğru girinti yaptığı yerlerde kıyı boyunca sürüklenen kum ve çakılların taşınma koşulları da değişir. Taşınan birikimler, kıyının doğrultu değiştirdiği yerin önünde toplanır. Burası genellikle bir koy ağzı olduğu için, birikme önce deniz dibinde başlamakta ve kum çakıl yığınları gittikçe yükselerek su düzeyine erişir. Bu safhada birikintinin geldiği tarafta, koy ağzında plajın devamı gibi görünen bir şekil oluşur. Daha sonra birikme ve taşınmaların devam etmesi sonucu karşı kıyıya doğru uzanan dar ve uzun bir plaj meydana gelir. Bu oluşuma “kıyı oku” denilir. Kıyı okları zamanla büyüyerek karşı kıyıya iyice yaklaştıkları veya kıyıya bağlandıklarında “set” durumuna geçmektedirler. Bu şekilde bir gelişme sonucunda seddin arkasında kalarak bir göl manzarası alan koy veya körfezlere “LAGÜN” denilmektedir. Kısaca lagün gölü, denizle yarı bağlantılı kıyısız gölcük de denilebilir ( Tarkan, 1987 ).

Nehir ağzı ve delta ile ilişkili olup olmaması, kıyı boyunca sürüklenen sedimanların önemi, deniz ve dalgaların etkisine açıklık derecesi lagün göllerin tiplerini belirlemede yardımcı olan özelliklerdir. Türkiye kıyılarında çeşitli lagün göl tipleri görülsede, bunların arasında en sık rastlanılanı, suyu akarsudan gelen, ancak hemen denize karışmadan önce sığ bir gölcük oluşturan lagün göl tipidir.

Lagün göllerin denizle olan bağlantıları bazı mevsimlerde kesilir. Diğer mevsimlerde ise, artan tatlısu girişi ve fırtına gibi çeşitli nedenlerle gölcük ile deniz bağlantısının sağlanmasıyla, su alışverişi gerçekleşir. Lagün göl durumuna geçmiş bulunan eski koylara veya körfezlere akarsular dökülüyorsa, bunların getirdiği fazla suların denize karıştığı bir geçit vardır. Lagün göllerin suları zamanla tatlılaşır, ya da yarı tuzlu bir özellik kazanır. Tuzluluğun devamı ve oranı, geçitin durumu ile ilgilidir. Geçit, denizden lagün gölüne doğru alt taraftan tuzlu suların girebileceği bir derinlikte ise, lagün gölünde tam bir tatlılaşma görülmez.



Lagün göller ve haliçlerin çevresel birçok özellikleri benzerlik gösterir. Ancak haliçlerle, lagün göller arasındaki önemli fark; lagün göllerin deniz ortamı ile önemli bir su sirkülasyonu eksikliği olmasından kaynaklanan özelliktir. Oysa haliçler bu türlü su sirkülasyonlarına sahiptirler.

Lagün göller düşük enerji çevreleridir. İçsel dolaşım sadece rüzgardan dolaydır. Rüzgarın oluşturduğu akıntılar ve küçük yağmur girdileri karasal kökenli sediman kaynaklarını oluşturur. Fakat genelde toplanma oranları haliçlerle karşılaştırıldığında lagün göllerde daha düşüktür. Lagün göller ve haliçlerin ard arda sıralandığı yerlerde akıntılar, bazı sedimanların, haliçlerden lagünlere taşınmasını sağlayabilir. Diğer bir önemli sediman kaynağı ise, karasal ortamlardan rüzgar etkisiyle gelen kumdur. Canlı organizmalara ait sediman, lagün göllerde haliçlere oranla daha fazladır.

Lagün göllerin fauna ve florası, aşırı tuzlu ortam özelliğine sahiptirler ve çevresel koşullardaki değişikliklere de uyum sağlayabilme özelliğine sahiptirler. İskeletli hayvanlar, yüksek tuzluluğa uyumlu mollusk ve foraminiferler, sediman için uygun birer katılımcıdır. Az tuzlu haliçlerin tipik hayvanları olan ostrakod ve istiridyeler ise lagün göllerinde çok seyrek bulunurlar.

Kışlalıoğlu ve Berkes'e (2001) göre, lagün göllerin ekolojik ve ekonomik önemleri şöyle sıralanabilir:

1. *Yüksek balık üretimi.* Özellikle Ege ve Akdeniz gibi besleyici tuzları az olan denizlerde, lagünler nehirlerin taşıdığı nitrat ve fosfat nedeniyle, yüksek biyolojik üretim özellikleri gösteren bölgeler oluştururlar. Beslenmek için lagünlere giren balıkların avlanması, lagün ağzını kapatmak yoluyla kolaylaştırılır. Dolayısıyla, lagün balıkçılığı, balık avcılığı ile çiftçiliği arasında bir işlemdir.
2. *Önemli doğal habitat.* Ekonomik değeri olan balık türlerinden başka, pek çok çeşit hayvan lagünlerde yaşar. Balıklardan başka, kuş, memeli hayvan ve böcek türleri, özellikle sulak bölgelerle çevrili dalyanlarda çok zengindir.
3. *Çevre sağlığına katkı.* Nehir suyunun denize dökülmeden önce yavaşladığı yerlerde tortular dibe çöker. Eğer bu tortular daha çok erozyonla getirilen toprak ise, lagünler erozyon kontrol görevi yapmış olurlar. Bu tortular, insan yapısı diğer maddeleri içeriyorsa, lagünün yüksek üretim ve yüksek ayrışma nitelikleri gösteren

ortamında, bu maddeler zararsız hale getirilir. Dolayısıyla, lagünler çevre kirliliğinin denetimine de katkıda bulunurlar. Ancak, aşırı dercede kirlene bir lagün, bu doğal işlevini yerine getiremez olur.

### 1.3.3. Özel Göl Tipleri

Yeryüzündeki göller incelendiğinde, bunların çok çeşitli özelliklere sahip olmaları nedeniyle, ayrımlarının yapılabilmesi için esasları seçmek oldukça zordur. Şişli'ye ( 1999 ) göre, özel tip göller 6'ya ayrılır. Bunlar;

- a) **Distrofik Göl:** Esmer renkli, humuslu bataklık gölleridir. Genellikle suda humus asidi oranı yüksektir. Bu yüzden suyun pH değeri düşüktür.
- b) **Endemik Faunalı Derin Eski Göller:** Bu göl tipine, Rusya'daki Baykal Gölü en iyi örnektir. Bu göl, Mezozoik dönemde oluşmuş ve dünyanın en derin gölüdür. Mevcut 384 tür Arthropod'un % 98'i ile 38 balık türünün % 81'i endemiktir.
- c) **Çöl Tuz Gölleri:** Bu tip göller, kurak iklimlerde görülür. Bu bölgelerde buharlaşma yağıştan fazladır ( Tuz Gölü ).
- d) **Çöl Alkali Gölleri:** Kurak bölgelerde görülür. Karbonatların yüksek yoğunluğu sonucu pH da yüksek değerlerdedir. Ülkemizde Acı Göl, bu tipe en iyi örnektir.
- e) **Volkanik Göller:** Faal volkanik yerlerde görülen göllerdir. Bu göller, kimyasal maddelerce zengin, biyota bakımından sınırlıdır. Bazı Japon gölleri buna örnektir.
- f) **Baraj Gölleri ( Yapay Göller ):** Sulama, içme suyu sağlama ve elektrik üretimi amacıyla vadilerin uygun yerlerine büyük setler yapılarak yapay baraj gölleri meydana getirilir. Bu şekilde göl vadinin biçimini alır. Özellikleri drenaj özelliklerine bağlıdır.

### 1.3.4. Termal Özelliklerine Göre Göl Tipleri

Wetzel ( 1975 ), gölleri termal özelliklerine göre de sınıflandırmıştır. Buna göre;

**a ) Amiktik Göl ( Polar Göl ):** Hava etkisinden, buz tabakası ile korunan göllerdir. Sirkülasyonun gerçekleşmediği bu göller genellikle Antartika'da, bazı özel durumlarda da yüksek dağlarda görülür.

**b ) Soğuk Monomiktik Göl:** Kutup bölgelerinde görülen ve yüzey su sıcaklığı  $4^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıkmayan göllerdir. Bu göllerde sirkülasyon sadece yaz aylarında senede bir kez, sıcaklık  $4^{\circ}\text{C}$  ya da altında iken gerçekleşir. Soğuk monomiktik göller, çoğunlukla Arktik göller ve dağ gölleri ile sınırlıdır, ama yaz aylarının belli dönemlerinde buzla kaplı olmayabilirler.

**c ) Sıcak Monomiktik Göl:** Okyanus etkisi altındaki ılıman bölgelerin yüksek kesimlerinde görülür. Sirkülasyon, senede bir kez, kış aylarında sıcaklığın  $4^{\circ}\text{C}$  ya da üzerinde olduğu zamanlarda gerçekleşir. Ve yaz aylarında da tabakalanma gösterirler.

**d ) Dimiktik Göl:** İlkbahar ve sonbahar olmak üzere senede iki kez sirkülasyonu gerçekleşen ılıman bölgelerin tipik gölüdür. Bu göllerde varyasyonlar:

- Yazın sıcaklığı  $4^{\circ}\text{C}$  , az sirkülasyon yapan göller.
- Tabakalanan, sıcaklığı  $4^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerindeki göller.
- Tabakalanmanın olmadığı, karışımın ise devamlı olduğu göllerdir.

**e ) Oligomiktik Göl:** Bu göller genellikle tropik göllerdir ve sıcaklık her zaman  $4^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerindedir. Göl suyu her derinlikte sıcak , su sirkülasyonu ise çok seyrek ve düzensizdir. Genellikle ekvator bölgesinde görülen göllerdir.

**f ) Polimiktik Göl:** Sık sık ya da devamlı sirkülasyonun gerçekleştiği göllerdir. Yüksek enlem ya da ekvator da bulunurlar. Soğuk ve sıcak olmak üzere ikiye ayrılır.

- **Soğuk Polimiktik Göl:**  $4^{\circ}\text{C}$  veya altındaki sıcaklıklarda sürekli sirkülasyon yapan, geniş alana sahip, orta derinlikteki göllerdir. Rüzgarlı ve az nemli bölgelerde görülür.

- **Sıcak Polimiktik Göl:** Ekvator ve tropik bölgelerde görülen göllerdir. Sıcaklık daima 4° C'nin üstündedir, ve çok sık sirkülasyon gerçekleşir.

### 1.3.5.Verimlilik Esasına Göre Göllerin Sınıflandırılması

Verimlilik esasına göre göller beslenme ve besin potansiyellerine göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmada esas alınan kriterler ise, göldeki klorofil miktarı, toplam biyokütle miktarı, toplam fosfor miktarı ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu gibi parametreler göz önünde bulundurulur. Buna göre göller 4 kısımda incelenmektedir ( Wetzal, 1975; Temel, 1995; Demir, 1998; Muslu, 2000 ).

**a ) Oligotrofik Göller :** Besi maddeleri bakımından fakir, yani az beslenen su yataklarıdır. Bunların tipik örnekleri, suları soğuk ve berrak olup içinde pek az bitki ve balık yetişen dağ gölleridir. Pınarlarla beslenen kırsal tabanlı göller de bu sınıfa girer. Oligotrof göller, büyük bir çoğunlukla derin olan, çözünmüş oksijenin bol ve tüm derinliklerde bulunduğu genç göllerdir, bu özelliklerinden dolayı tüm derinliklerinde balıklar rahatlıkla yaşayabilirler. Bu göllerde, bazı Diatomeler, Desmidler ve Chlorococcales mensupları görülür. Tür sayısı fazla, birey sayısı ise azdır.

**b ) Mezotrofik Göller:** Besi maddelerinde biraz artış, mezotrofik gölleri meydana getirir. Bunlar, orta derecede beslenen göllerdir. Burada su bitkileri görünmeye başlar ve su, yeşilimsi bir renk alır, orta derecede balık üretimi olur ( Muslu, 2001 ). Mezotrofik göller, ötrofik ve distrofik göller arasında ara evredeki göllerdir, yani bu göllerde organik materyal sıklığı, ötrofik göllerinkinden fazla, distrofik göllerinkinden ise daha azdır ( Demir, 1996 ).

**c ) Ötrofik Göller:** Besi elementleri bakımından zengin, tabii ve alkali sulara sahiptir. Zengin fitoplankton grubu içerir ve en çok *Euglena*, *Phacus* genusuna ait türlere rastlanır. Ötrofik göllerde plankton açısından tür çeşitliliği az, fakat türlere ait birey sayıları fazladır. Oksijen oranında günlük ve mevsimsel büyük değişimler olur ( Temel, 1995 ). Ötrofik göllerde, besleyicilerin miktarında, dolayısıyla verimde artma olurken, ona uygun olarak balık faunasında da değişiklik olur; birçok organik madde dahil, yumuşak materyalin dipte yığılması, sığ sularda köklü bitkilerin miktarının artmasına neden olur. Ötrofik göllerin sularında fito ve zooplankton populasyonları daha yoğundur, yani besin kaynağı daha fazladır. Bu nedenle bu göller, oligotrof göllere oranla, birim alanı olarak daha fazla biyokütle'ye sahiptir ve kullanılan biyokütle'yi daha çabuk yerine koyma kapasitesindedir.

**d ) Distrofik Göller:** Sığ, çevresi genelde bataklıklarla kaplı göllerdir. Gerek göl zemini, gerekse su, askıda organik maddece zengindir. Ca, P, N'ca çok zengin göllerdir. Bu göller, diğerlerinden başlıca humuslu maddelerin çok miktarda bulunmasıyla ayırt edilirler. Plankton, değişebilen miktarda, genellikle tür ve sayıca fakirdir. Dominant türler değişkendir, genellikle Cyanophyta bakımından zengindir. Dipteki mikrofauna çok fakirdir. Soğuk su balıklarına hiç rastlanmaz. Yüksek oranda organik madde içerdiklerinden , en azından kimi mevsimlerde oksijenden, dolayısıyla, balıktan yoksundurlar.

Göllerin verimlilik esasına göre sınıflandırılmalarında esas alınan kriterlerin miktarları Çizelge 1.3.'de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Göllerin Verimlilik Esasına Göre Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kriterler

| Parametre                          | Oligotrofik Göl | Mezotrofik Göl | Ötrofik Göl |
|------------------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Klorofil – a ( gr/m <sup>3</sup> ) | 0.3 – 2.5       | 1 – 15         | 5 – 140     |
| Biyokütle ( gr/m <sup>3</sup> )    | 1               | 3 – 5          | 10          |
| Toplam P ( µgr/lit )               | < 10            | 10 – 20        | > 20        |
| Oksijen doygunluğu<br>( % )        | > 80            | 10 – 80        | < 10        |
| Secchi Diski<br>Derinliği (m)      | >4              | 2 – 4          | <2          |

#### 1.3.6. Göllerin Besin Durumu

Göllerde alg patlaması, göldeki trofik kademenin bir değer ölçüsüdür. 1 m<sup>3</sup>' deki alg hücrelerinin sayısı ötrofikasyonla artar. Göl sularındaki alglerin türü ve birey sayıları da suyun mevcut trofik seviyesinin bir diğer ölçüsüdür. Göllerdeki besin durumu derin ve sığ göller olmak üzere iki kısımda incelenir:

##### 1 ) Derin Göllerde Besin Ağı

Derin göllerdeki besin ağının ilk halkasını fitoplanktonlar oluşturmaktadır. Derin göl ortamlarındaki birincil üreticiler sınıfına giren ve yoğun olarak bulunan planktonlar, azot ve



fosforlu inorganik besin tuzlarını kullanarak fotosentez olayını gerçekleştirirler. Besin zincirinin ikinci halkasını fitoplanktonlarla beslenen farklı büyüklüklerdeki zooplanktonlar oluşturur. Göl dip çamurunda yaşayan ve zooplanktonlarla beslenen omurgasızlar ise üçüncü halkayı oluşturur. Sonraki halkayı ise, zooplankton, omurgasızlar ve yüksek bitkiler ile beslenen balıklar ve besin zincirinin en üst tabakasını ise küçük balıklarla beslenen yırtıcı balıklar oluşturur. İnsan etkinliğiyle doğal besin ağı bozulmamış derin göllerde ise fitoplanktonlar baskın canlı organizma durumundadır.

## **2 ) Sığ Göllerde Besin Ağı**

Derin göllerin tersine, sığ göllerde sucul bitkilerin yaşama ortamları çok geniş bir alan içerir bundan dolayı, gölün hemen hemen tamamı sualtı bitkileriyle kaplı olabilir. Sığ göllerde besin ağının ilk halkasını, derin göllerdeki gibi azot ve fosfor kullanarak fotosentez yapabilen fitoplanktonlar oluşturur. İkinci halkayı, bitkiler üzerindeki biyofilm tabakasını ve fitoplanktonu yiyen, çok zengin tür çeşitliliğine sahip zooplanktonlar oluşturur. Sualtı bitkilerine bağımlı olarak yaşayan, fito ve zooplanktonlarla beslenen omurgasızlar ise çok zengin bir grup olarak üçüncü halkayı oluşturur. Sonraki halkadaysa, zooplankton, omurgasızlar ve yüksek bitkilerle beslenen otçul balıklar vardır. Besin zincirinin en üstünde ise, küçük balıklarla beslenen ve sualtı bitkileri arasında saklanarak yaşamlarını sürdüren yırtıcı balıklar yer alır.

Sığ göllerde zengin sualtı ve su üstü ( sazlıklar ) bitki türleri, farklı mikrohabitatlar oluşturarak farklı beslenme özelliğindeki su kuşlarına ev sahipliği yaparlar. Sığ göllerde görülen biyolojik zenginliğin en önemli nedenlerinden biri, sualtı ve suüstü bitkilerinin yoğunluğudur. Özellikle sualtı bitkilerinin sucul ortamda yüklendiği birçok görev, ekolojik zenginliğin ana nedenidir. Sualtı bitkilerinin ana görevleri şöyle sıralanabilir: oluşturdukları mikrohabitatlarda azotu atmosfere çıkararak su kalitesini korurlar, kökleriyle dip çamurunu sabitleyerek suyun ışık geçirgenliğini arttırırlar, çeşitli balıklara beslenme ve barınma olanağı sağlarlar, suda bulanıklık nedeni fitoplankton üremesini sınırlarlar, ve son olarak da sayıca çok zengin omurgasızlara yaşama ortamı sağlarlar ( Beklioğlu, 2000 ).

## **Derin ve Sığ Göllerde Besin Zinciri Yıkımı**

Derin göllerde besin zinciri yıkımı, fitoplankton biyokütlesinin aniden artması sonucu, göl suyunun yeşilimsi renk alması ile fark edilir. Artan fitoplankton biyokütlesi, göl berraklığını

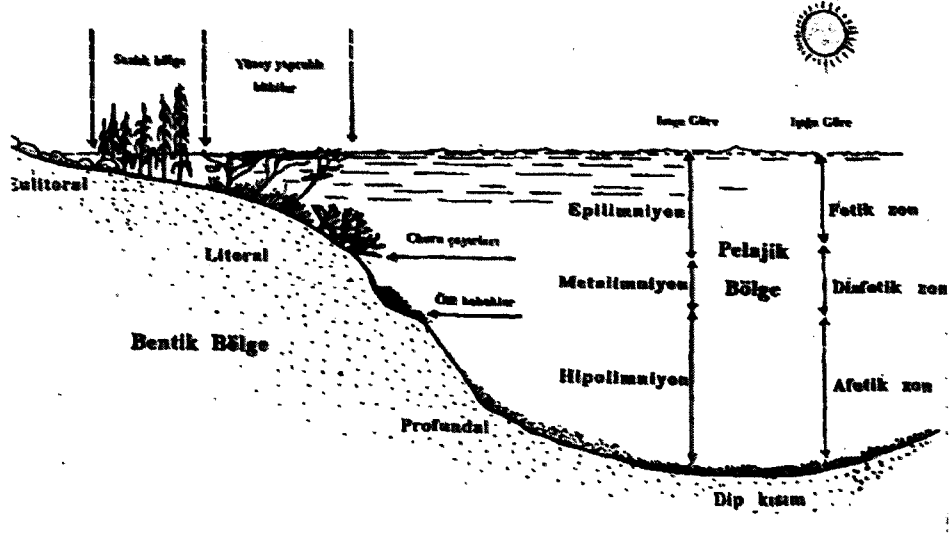
azaltıp, koku ve tad sorunlarının görülmesine ve taban kısımlarında oksijen azalmasına neden olur. Bu kısımlarda yüksek oksijen gereksinimi olan balıklar yaşayamazlar.

Sığ göllerde ise fitoplankton biyokütlesindeki artış, bulanıklığa neden olarak, yeterli güneş ışığının göl dibine ulaşımını da engeller. Işık geçirgenliği engellenmesi, sualtı bitkilerinin büyümesini de engeller. Artan fitoplankton biyokütlesinin mikroorganizmalar tarafından parçalanma işlemi esnasında oksijenin aşırı kullanması, sudaki çözünmüş oksijen yoğunluğunu azaltır. Oksijen gereksinimi fazla olan etçil balık biyokütlesi azalma görülür ve bu durumda otçul balık biyokütlesi denetlenemez. Sualtı bitkileri de yok olduğu için, omurgasız sayısında belirgin bir azalma görülür. Bitki ve omurgasızlarla beslenen su kuşları da beslenebilecekleri yiyecek bulamadıklarından dolayı yok olmaya başlayarak göl ekosistemindeki denge bozulur.

#### 1.4. Göl Tabakalaşması

Gölün serbest ve açık bölgesi olan ortama *pelajik bölge* denilmektedir. Kara ile suyun temas ettiği ve zemin kısmını teşkil eden bölgeye de *bentik bölge* denir. Bu bölgeler denizlerde de, göllerde de iyi bir şekilde ayırt edilir ve bu bölgelerde yaşayan organizmalar birbirinden farklıdır. Şekil 1.1.'de de görüleceği üzere, göllerde genellikle ısı ve ışığa göre ekolojik tabakalaşmalar, belirli biyolojik zonlar vardır. Isıya göre de göller üç farklı tabakaya ayrılır.

Göllerde ışığa göre tabakalaşma ise 3 zonda gerçekleşir. Işığın yüzeyden en iyi ulaştığı derinliğe kadar olan bölgeye *fotik zon*, ışığın ulaşamadığı bölgeye *afotik zon*, bu iki bölge arasında kalan yarı karanlık bölgeye de *disfotik zon* denir ( Altuner, 1996 ).



Şekil 1.1. Göllerde Ekolojik Tabakalaşma ( Altuner, 1996 )

#### 1.4.1. Termal Tabakalaşma

Göllerde termal tabakalaşma üç kısımda incelenir. Bunlar;

1. **Epilimnion Tabakası:** Gölün 0 – 10 m derinlikteki bölgesidir. Bu tabakada sıcaklık sık sık değişir. Ancak tedrici bir değişim söz konusudur. En üstte bulunan epilimnion bölgesinde, sıcaklık ve yoğunluğun yaklaşık olarak üniform olması dolayısıyla, buradaki sular, rüzgarla yatay istikamette kolayca harekete geçebildiğinden, bu bölgeye *sirkülasyon bölgesi* de denilmektedir.
2. **Metalimnion Tabakası ( = Termoklin ) :** Sıcaklık atlama bölgesi. Epilimnion'dan 5 – 10 °C birden sıcaklık farkı olur. Sıcaklığın hızla değiştiği bu ince tabakaya *geçiş bölgesi* de denilebilir.
3. **Hipolimnion Tabakası:** Gölün dip kısmına rastlar. Sıcaklıkta tedrici düşme vardır. Bu en alttaki bölgede yatay hareketler pek azdır. Düşey akımlar ise hemen hemen mevcut değildir. Hipolimnion tabakasına aynı zamanda *sükunet bölgesi* de denilmektedir.



Göllerin derinlikleri 6 m'den düşük ise, rüzgar gölün bütün derinliklerinde etkilidir. Bu sebeple, sıcaklık ve oksijen konsantrasyonu bütün derinliklerde üniform dağılım gösterir. Uzun süren rüzgarsız yaz aylarında termal tabakalaşma görülür, yani yüzeyde sıcaklık artar. Kışın sıcaklık bütün derinlik boyunca üniformdur ve oksijen yeterlidir. Ancak su yüzü buzla örtülü ise rüzgar sebebiyle bir karışımın olması önlenir ve alt kısımlarda anaerobik durumlar oluşabilir. 6 m'den daha derin olan göllerde ise yazın ve kışın termal tabakalaşma belirgindir. İlkbahar ve sonbahar aylarında ise, bu tabakalaşmalar bozularak karışımlar meydana gelir. Kışın göl yüzeyindeki buz tabakasının hemen altında su sıcaklığı  $0^{\circ}\text{C}$ ' iken, buzun kendisi yüzeyde veya yüzeye yakın noktalarda çok daha soğuktur. Göl veya haznenin tabanındaki sıcaklık ise, maksimum yoğunluk sıcaklığı olan  $4^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Bu sebeple su nispeten kararlı denge durumundadır. Buna *Kış Tabakalaşması* denir. Gölün kış tabakalaşması görülen kısımlarında, ilkbaharda buzlar çözülürken, yüzeye yakın kısımlarda sular ısınmaya başlar. Maksimum yoğunluk sıcaklığı olan  $4^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşıncaya kadar, ısınan su daha da yoğunlaştığından dibeye çöker. Günlük sıcaklık değişimlerinde bile artık denge bozulur hale gelir ve rüzgarların sebep olduğu düşey akıntılar da buna eklenince bütün derinliklerde sıcaklık aynı ve  $4^{\circ}\text{C}$ 'ye yaklaşılınca sirkülasyonlar artık bariz hale gelir. Buna da *İlkbahar Sirkülasyonu* denir. Yaz yaklaştıkça yüzeydeki sular iyice ısınır. Hafif olan sıcak sular ağır olan serin suların bir defa daha üzerine çıkar. Sıcaklık farkları artarken sirkülasyonlar gittikçe daha fazla olarak üst kısma sıkışmış hale gelir. Su hem sıcaklık, hem de yoğunluk bakımından doğru orantılı olarak tabakalaşır, yani kararlı bir denge durumu söz konusudur. Bu tabakalaşmaya ise *Yaz Tabakalaşması* denilmektedir. Sonbahar geldiğinde yüzeydeki sular soğurken ağırlaşarak dibeye çöker. Gittikçe daha aşağı tabakalara doğru karışımın ilerlemesi ile birlikte denge bir defa daha bozulmuş olur ve sonuç olarak hiç sıcaklık farkı kalmaz. Bütün derinliklerde su sıcaklığı  $4^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Bu yeni bir kararsız denge durumu olup sular, sonbahar rüzgarları ile kolayca harekete geçebilirler. Buna da *Sonbahar Sirkülasyonu* denilebilir. Yüzeydeki su tabakaları donarken tekrar kış durumuna dönmüş olur ( Muslu, 2001 ).

#### 1.4.1.1. Termal Tabakalaşmanın Parçalanması

Göllerde termal tabakalaşmanın önlenmesi, göl ve haznelerde alg kontrolüne yardımcı olur. Termal tabakalaşmayı parçalamak için gerekli karıştırma teknikleri arasında kabarcıklı havalandırma ile mekanik ve hidrolik karışım meydana getirme sistemleri sayılabilir. Haznede karışımın sağlanması için bütün alana hava enjekte edilir. Mekanik veya hidrolik karışımda, haznenin bir bölgesinden farklı yoğunlukta başka bir bölgesine su pompalanır. Havalandırma ve karıştırma faaliyeti su içinde sirkülasyonlara sebep olarak neticede homojen bir su kolonu

oluşturur ve taban sularında anaerobik şartların ortadan kalkmasına neden olur. Anaerobik şartların ortadan kaldırılması ile birlikte ,  $H_2S$  oluşumu da önlenmiş olur. Alg üremesi önlendiğinden , gölde koku ve tat problemleri de azalmış olur.

#### 1.4.2. Göllerde Hareket

Bir gölde su daima, kısmen ya da tamamen hareketlidir. Su hareketi sıcaklık, çözünmüş maddeler ve bazı canlıların dağılımını sağlar. Periyodik hareket ( dalga ), rüzgarlar tarafından meydana gelir. Açık su sahası, rüzgar yönü, hızı, kıyı şekli, sığ-derin suyun birbirine oranı gibi faktörlere bağlıdır. Rüzgarın üzerinden geçtiği su kütlesi ne kadar büyükse, dalganın hızı, yüksekliği ve genişliği de o kadar büyük olur.

Göl sularının hareketlerini etkileyen faktörler:

- Su yüzeyinde esen rüzgarlar
- Dünya dönüş hızı
- Suyun yoğunluğu
- Sahanın genişliği
- Göl çanağının durumu ve derinliği olmak üzere beş kısımda incelenir.

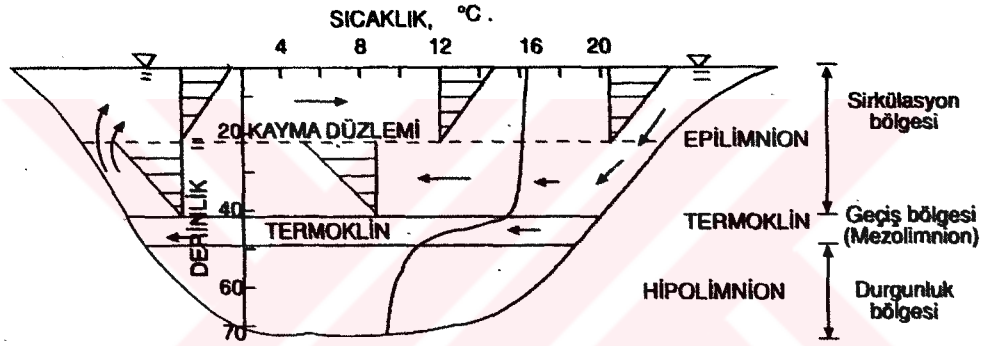
Su ekosisteminde madde devirlerini gerçekleştiren ana mekanizma, + 4° C'de suyun yoğunluğunun en büyük olmasıdır. Bu sayede belirli bir derinliğin altında suyun yoğunluğu pratik olarak değişmez.

Termal tabakalanma yapan göllerde, epilimnion aynı sıcaklık ve yoğunluğa sahip olduğu için kuvvetli rüzgar, suyu devamlı sürükler. Fazla su, göl çanağı boyunca derinlere kadar iner. Burada termoklin tabakasının soğuk - ağır suyu ile karşılaşır, yatay konum alır ve termoklin üzerinden karşı kıyıya gider. Suyun sıcaklık ve yoğunluğunun homojen olduğu ilkbahar ve sonbahar aylarında geri dönen akıntılar dibe kadar gidebilir ( Aykulu, 1998 ).

Göllere doğru esen rüzgarlar, yalnız gölü dalgalandırmakla kalmaz, gölde bir takım akıntıların belirmesine de yol açarlar. Bir yönden esen rüzgar, su kütlelerini harekete geçirerek gölün bir tarafına doğru yığmaya başlar, böylece göl yüzünde bir seviye oynaması gerçekleşir. Rüzgar hafifleyince ya da kesilince, göl yüzeyinde yeniden bir denkleşme gerçekleşir. İşte bu takdirde de yığılma yerinden karşı tarafa doğru akıntılar başlar. Bu arada, gölün rüzgar çarpan bölümünde ( seviyesi düşen kısım ) kaybolan suyun yerini doldurmak üzere derinlerden sular

yüzeye doğru çıkmaya başlar. Bu halde de aşağıdan yukarıya doğru dikine bir su hareketi gerçekleşir. Bu hareket gölün içinde uzunca süren başka hareketleri doğurmuş bulunur, böylece göl suyunun dolaşımı belirir ( İzbirak, 1990 ).

Rüzgar esmeden de göllerde akıntıların gerçekleştiği görülmektedir ki, bunun da nedeni eşit olmayan sıcaklık dağılımıdır. Göl yüzündeki suların soğuması durumunda ağırlaşan serin sular dibine iner, dipteki daha sıcak ve hafif olan su ise göl yüzeyine çıkmaya başlar. İşte bu durumda dikine hareketler, çok belirsiz bir şekilde meydana gelir ki, buna konveksiyon akıntıları denir. Konveksiyon akıntıları, göl suyunun sıcaklığının düşey dağılımından doğan, termik sebeplere dayanan akıntılardır. Bu akıntılar, rüzgarın da etkisi ile gelişir ve rüzgarın esiş yönünde bir takım yeni akıntılar oluşur. Bir göl haznesinde gerçekleşen sirkülasyonlar Şekil 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Su Ekosisteminde Sirkülasyonlar ( Muslu, 2000 )

Göllerde görülen ve periyodik olmayan hareketler, dikey, yatay ve geriye dönen akıntılar olmak üzere üç kısımda incelenir:

- 1. Dikey Akıntı:** Nadir olarak görülen bir harekettir. Oluşumu, o gölde olağan dışı termal, morfolojik ve hidrolojik olayların olduğunu gösterir.
- 2. Yatay Akıntı:** En çok görülen harekettir. Rüzgarlarla oluşur, ve kıyı bölge şekli ile göl çanağı şeklinden etkilenir. Akış hızı derinlik arttıkça azalır. Suyu giriş-çıkış olan bölgelerde akıntı rüzgara bağlı değildir. Bir nehir sisteminin genişlemesi ile oluşan göllerde rastlanır.
- 3. Geriye Dönen Akıntı:** Hızlı, ani bir rüzgar suyu gölün bir tarafında biriktirince, su ani olarak o noktada yükselir, yükselen su kıyı boyunca geri döner. Hızlı-devamlı esen rüzgar, bu akıntıyı meydana getirir.

### 1.4.3. Göllerin Morfolojik Özellikleri

Göl tabanlarının morfolojilerinin, göllerin tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde çok önemli etkileri vardır. Bir gölde inceleme yapılırken ortalama derinlik, maksimum derinlik, maksimum genişlik, ortalama genişlik, hacim, kıyı şeridi uzunluğu ve su seviyesi gibi özellikler göz önüne alınır. Ve gölün bu özellikleri göz önünde tutularak, gölün batimetrik haritası hazırlanır.

Morfometrik parametreler, göllerin maksimum derinliği, ortalama derinliği, maksimum derinliği ve genişliği, ortalama genişlik, alan, hacim ve kıyı şeridinin uzunluğu gibi göl ekosistemi araştırmaları için bilinmeleri gerekli olan parametrelerdir ( Wetzal, 1975 ).

**Maksimum derinlik (  $Z_m$  ):** Gölün en büyük derinliği. Göllerin derinlikleri birkaç metre ile 2000 m arasında değişir.

**Ortalama derinlik (  $Z$  ):** Bir gölün hacminin, alanına oranıdır. (  $Z = V / A$  )

**Maksimum uzunluk:** Bir gölün birbirinden en uzak iki noktası arasındaki mesafedir.

**Maksimum genişlik:** Gölün maksimum uzunluğuna dik olacak şekilde gelen gölün enine en uzak iki noktası arasındaki mesafedir.

**Ortalama genişlik:**  $A / \text{maksimum uzunluk}$

**Alan (  $A$  ):** Bir gölün alanı, göl yüzeyinin büyüklüğüdür.

**Hacim (  $V$  ):** Toplam hacim, belirli derinlik konturlarının kapladığı su miktarından hesaplanır. Her konturun alt – üst tabanı bilinmektedir, buradan her tabakanın hacmi bulunur ve gölün toplam hacmi hesaplanır.

**Kıyı Şeridinin Uzunluğu:** Gölün, çevresini kuşatan kara parçası ile olan sınırına denir.

### 1.4.4. Göl Sularının Özellikleri

Göller durgun su kütleleridirler, bu yüzden göl suları, uzun zaman durmayla bir durulma işlemi geçirdiklerinden, nehir sularına göre daha temiz ve berraktırlar. Ayrıca göl yüzeyinde, oksijen ve ışık etkisi ile kendiliğinden bir temizlenme işlemi de gerçekleşir.

Göl sularında bulunan maddelerin cins ve miktarları, buralara akan suların cinsine ve yağın yağmur miktarına göre değişir. Derin göllerin yüzeye yakın kısımları, yağmur suyu ile karıştığından derin kısımlarına nazaran daha az tuz ihtiva eder. Az derin göllerde, hayvansal ve bitkisel organizmaların yardımıyla meydana gelen temizleme daha kolay olur. Çünkü güneş ışığı göllerin dip kısmına kadar inebilir.

Derin göllerde relatif yüzey, yani  $m^2$  yüzey /  $m^3$  su hacmi az olduğundan oksijen alma, ihtiyaca oranla daha az olur. Bu gibi göller kirli suyla karşılaştıklarında, suyun oksijen bilançosu bozulur ve bir takım aerob organizmalar yaşayamaz. Derin bölgelerde de anaerob bakterilerin etkinlikleri artar.

Göllerin çoğu tatlı suludurlar, ama acı ve tuzlu sulu göllerde oldukça fazladır. Tuzlu göller genellikle çöl iklimlerinin hüküm sürdüğü bölgelerde görülürler; buralarda buharlaşma fazla olduğundan tuz konsantrasyonu oldukça yüksektir. Tuzun cinsi, gölün bulunduğu yerin jeolojik yapısına, buharlaşmaya ve göle akarsu karışıp karışmadığına bağlıdır. Kireç taşı ve dolomit bulunan bölgelerdeki göller,  $CaCO_3$  ve  $Mg CO_3$  içerirler. Göl sularında, özellikle  $O_2$  gibi çözünmüş gazlar da bulunur. Volkanik sahalardaki krater göllerinde ise, kükürt ve  $H_2 S$  gibi bileşikler bulunur.

Göl suyunda 0,01 ppm fosfor oluşu yosun üremesine neden olur.  $NO_3$  iyonları da göllerde yosun büyümesini hızlandıran etkenlerdendir. Sulara nitrat karışmasının başlıca nedenleri nitratların suda çözünmesi ve toprak tarafından absorblanmamasıdır.

Suyun bulanık oluşu, genellikle içinde suda çözünmeyen kil bulunuşundandır. Kil, saf olmayan alüminyum silikattır. Suya, suyun kaya ve toprağı aşındırması sonucu karışır ( Mutluay ve Demirak, 1996 ).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre, Kıta İçi Yüzeysel Suların sınıflandırılmasında suların kirlilik durumu göz önüne alınmıştır. Yönetmeliğe göre;

**SKKY - Madde 7:** Akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıtaiçi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflandırma;

Sınıf 1: Yüksek kaliteli su

Sınıf 2: Az kirlenmiş su

Sınıf 3: Kirli su

Sınıf 4: Çok kirlenmiş su olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Buna göre sınıflandırma için gerekli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Çizelge 1.4.'de verilmiştir ( SKKY, 1988 ). Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametrelerin, o sınıf için verilen parametre değerleri ile uyum halinde bulunması gerekmektedir.



Çizelge 1.4. Kıta İçi Su Kaynalarının Kalite Kriterleri ( SKKY )

| SU KALİTE PARAMETRELERİ                          | SU KALİTE SINIFLARI |           |           |           |
|--------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| A) Fiziksel ve İnorganik - Kimyasal Parametreler | 1                   | 2         | 3         | 4         |
| Sıcaklık (° C )                                  | 25                  | 25        | 30        | >30       |
| PH                                               | 6.5 – 8.5           | 6.5 – 8.5 | 6.0 – 9.0 | 6.0 – 9.0 |
| Çözülmüş Oksijen ( mg / lt ) a                   | 8                   | 6         | 3         | 3         |
| Oksijen Doygunluğu ( % )                         | 90                  | 70        | 40        | <40       |
| Klorür iyonu ( mg / lt )                         | 25                  | 200       | 400 b     | >400      |
| Sülfat iyonu ( mg / lt )                         | 200                 | 400       | 400       | >400      |
| Amonyum Azotu ( mg / lt )                        | 0.2 c               | 1 c       | 2 c       | >2        |
| Nitrit Azotu ( mg / lt )                         | 0.002               | 0.01      | 0.05      | >0.05     |
| Nitrat Azotu ( mg / lt )                         | 5                   | 10        | 25        | >20       |
| Toplam Fosfor ( mg / lt )                        | 0.02                | 0.16      | 0.65      | >0.65     |
| Toplam Çözülmüş Madde ( mg / lt )                | 500                 | 1500      | 5000      | >5000     |
| Renk ( Pt-Co birimi )                            | 5                   | 50        | 300       | >300      |
| Sodyum ( mg / lt )                               | 125                 | 125       | 250       | >250      |
| B ) Organik Parametreler                         |                     |           |           |           |
| KOl ( mg / lt )                                  | 25                  | 50        | 70        | >70       |
| BOİ ( mg / lt )                                  | 4                   | 8         | 20        | >20       |
| Organik Karbon ( mg / lt )                       | 5                   | 8         | 20        | >20       |
| Toplam Kjeldahl Azotu ( mg / lt )                | 0.5                 | 1.5       | 5.0       | >5.0      |
| Emülsüfiye Yağ ve Gres ( mg / lt )               | 0.02                | 0.3       | 0.5       | >0.2      |
| Metilen Mavisi Aktif Maddeleri ( mg / lt )       | 0.05                | 0.2       | 1         | >0.5      |
| Fenolik Maddeler ( Uçucu ) ( mg / lt )           | 0.002               | 0.01      | 0.1       | >0.1      |
| Mineral Yağlar ve Türevleri ( mg / lt )          | 0.02                | 0.1       | 0.5       | >0.5      |
| Toplam Pestisit ( mg / lt )                      | 0.001               | 0.01      | 0.1       | >0.1      |
| C ) İnorganik Parametreler d                     |                     |           |           |           |
| Civa ( mg / lt )                                 | 0.1                 | 0.5       | 2         | >2        |
| Kadmiyum ( mg / lt )                             | 3                   | 5         | 10        | >10       |
| Kurşun ( mg / lt )                               | 10                  | 20        | 50        | >50       |
| Arsenik ( mg / lt )                              | 20                  | 50        | 100       | >100      |
| Bakır ( mg / lt )                                | 20                  | 50        | 200       | >200      |
| Krom ( Toplam ) ( mg / lt )                      | 20                  | 50        | 200       | >200      |
| Krom ( mg / lt )                                 | -                   | 20        | 50        | >50       |
| Kobalt ( mg / lt )                               | 10                  | 20        | 200       | >200      |
| Nikel ( mg / lt )                                | 20                  | 50        | 200       | >200      |
| Çinko ( mg / lt )                                | 200                 | 500       | 2000      | >2000     |
| Siyanür ( mg / lt )                              | 10                  | 50        | 100       | >100      |
| Florür ( mg / lt )                               | 1000                | 1500      | 2000      | >2000     |

|                                        |        |        |        |         |
|----------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| Serbest Klor ( mg / lt )               | 10     | 10     | 50     | >50     |
| Sülfür ( mg / lt )                     | 2      | 2      | 10     | >10     |
| Demir ( mg / lt )                      | 300    | 1000   | 5000   | >5000   |
| Mangan ( mg / lt )                     | 100    | 500    | 3000   | >3000   |
| Bor ( mg / lt )                        | 1000 e | 1000 e | 1000 e | >1000   |
| Selenyum ( mg / lt )                   | 10     | 10     | 20     | >20     |
| Baryum ( mg / lt )                     | 100    | 2000   | 2000   | >2000   |
| Alüminyum ( mg / lt )                  | 0.3    | 0.3    | 1      | >1      |
| Radyoaktivite ( pCi / lt )             |        |        |        |         |
| Alfa – aktivitesi                      | 1      | 10     | 10     | >10     |
| Beta – aktivitesi                      | 10     | 100    | 100    | >100    |
| <b>D ) Bakteriyolojik Parametreler</b> |        |        |        |         |
| Fekal Koliform ( EMS / 100 ml )        | 10     | 200    | 2000   | >2000   |
| Toplam Koliform ( EMS / 100 ml )       | 100    | 20000  | 100000 | >100000 |

- ( a ) - Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
- ( b ) - Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
- ( c ) – pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg / lt değerini geçmemelidir.
- ( d ) – Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
- ( e ) – Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µgr / lt'ye kadar düşürmek gerekebilir.

#### 1.4.5. Göllerin Fiziksel Özellikleri

Genel olarak göllerin fiziksel özellikleri ışık, renk, bulanıklık, sıcaklık, tad ve koku gibi parametreler açısından incelenirler.

##### **Işık:**

Işık, bir ekosistemin işleyişinde en önemli öğelerden birisidir. Bu radyasyonun hepsi dünya'ya ulaşmaz. Göl'e ulaşan ışık radyasyonu, ya doğrudan ya da dağlardan, bulutlardan ve atmosferik toz parçacıklarından yayılan ışıktır. Göl çevresindeki dağlar ve bitki örtüsü de ışığın gelişini, yönünü ve miktarını etkiler ( Aykulu, 1998 ).

Bütün su bitki ve hayvanlarının su içindeki dağılımları güneş ışığından etkilenir. Göllerde zooplankton güneş ışığına göre yer değiştirir. Fotosentetik bitkiler ( planktonik algler ), göl yüzeyinde veya alt tabakada yayılır, şiddetli ışıktan da kaçarak. Bazı bitkilerde ise, zayıf ışınları yakalayabilecek özel pigmentler geliştiği gibi, bazılarında da kendilerini ışık şiddetinden koruyacak bir pigment çoğalması görülebilir.



Su yüzeyine gelen ışık önce kırılır, sonra ya emilir, yansır ve dağılır ya da su içine geçer. Su içinde absorbe edilen ışık ısıya döner. Işık bir gölün suyuna nüfuz ederken çabucak absorbe olur ve ışığın şiddeti üslü olarak azalır. Işığın azalması *sönme katsayısı* olarak tanımlanır. Işık göl içine nüfuz ettiğinde, spektrumun iki ucunda daha fazla olan bir absorbsiyon görülür. Ultraviyole ve infrared ışınlar daha önce emilir ve bu yüzden de en az derinlere nüfuz ederler.

Göl yüzeyine gelen ışığın bir kısmı absorbe edilirken, bir kısmı da yansır. Sabahın erken, günün geç saatlerinde su yüzeyinin metalik renk alması da bu yansımadan ileri gelmektedir. Yansıyan ışığın %'sine *Albedo* denir. Işık tam tepeden geldiğinde yansıma, eğik geldiği duruma nazaran daha azdır. Su yüzeyi hiçbir zaman dümdüz değildir, bu yüzden ışık tepeden bile gelse yansıma da daima bir değişiklik vardır. Su yüzeyindeki herhangi bir yağ veya toz damlası bile ışığı hem tam yansıtır, hem de emebilir.

Yaz aylarında mavi – yeşil algler yüzeyin hemen altında kalın tabakalar oluşturur. Kırmızı ve mavi ışığı emerek, infrared'e yakın ışığı ve yeşil ışığı aksettirirler. İnfrared'e yakın bölgeler, insan gözüyle görülemediğinden, yüksek bitkilerce zengin göl suyu koyu yeşil görünür. Aksetmeyen ve geri dağılmayan ışık, su içindeki partiküller ve pigmentler tarafından ısı şeklinde absorbe edilir.

### **Renk:**

Göllerin rengi, gerçek ve zahiri renk olmak üzere iki şekilde görülür. Göle gelen radyasyonun günlük ve mevsimlik değişimi, çevredeki bitki örtüsü gölün gerçek rengini değiştirir. *Gerçek renk* su içindeki çözünmüş maddelerdeniyle veya kolloidal haldeki maddelerden ileri gelen renktir. *Zahiri renk* ise, göl zemini, göğün aksetmesi ve su içindeki askıda katı maddelerden ileri gelir. Renk yoğunluğu pH'ın artması ile genellikle artar. Göl içerisindeki çözünmüş maddeler; protein, yağ, karbonhidrat ve bunların yan ürünleridir. Partikülat maddeler ise, planktonik ve ölü organizmalar, cansız parçacıklar, detritus ve kolloidal maddelerdir.

Sudaki askıda katı madde miktarı çok az ise, renk mavi görünür. Fırtına bulutları altında en berrak göl bile, gri – kahverengimsi görülür. Suda ortalama miktarda askıda katı varsa (kil) renk yeşil, kalkerli dibe sahip göllerde ise renk yeşilimsidir. Özellikle göl suyunda bol miktarda organik madde çözünmüş ise renk kahverengimsi sarı birhal alırken, suda kükürt çoksa, göl sarıdır. Fitoplanktonun aşırı çoğalmasıda, içindeki grupların dominantlığına göre karakteristik bir renk verir.

### **Bulanıklık:**

Göllerin bulanık oluşu, içinden geçen ışığın engellenmesinden dolayıdır. Bulanıklığın nedeni ise, su içinde askıda halde bulunan kil, silis, organik maddeler, mikroorganizmalar, çökelmiş haldeki kalsiyum karbonat, demirhidroksit ve benzeri maddelerdir. Bunlar kolloid büyüklüğünden, iri taneciklere kadar değişik tane iriliklerinde olabilir.

Göllerde ve diğer durgun sularda bulanıklık, kolloidal haldeki maddelerden dolayı olmaktadır. Nehirlerde ise, akım şartları mevcut olduğundan, bulanıklığın çoğu iri taneciklerden oluşmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmiş göllerde, kısmen anorganik, büyük ölçüde de organik yapıli maddeler mevcuttur. Göllere gelen organik maddeler, bakteriler için besin olarak tüketilirler ve sonuçta bakteriyel büyümeye, bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların gelişimine neden olurlar. Bu durumda ilave bir bulanıklık meydana gelir. Azot ve fosfor gibi anorganik besin maddeleri, atıksu deşarjı ve zirai alanlardaki sulamalar ile taşınarak yüzeysel sulara gelirler ve alglerin gelişmesine neden olarak sulardaki bulanıklığa katkıda bulunurlar.

Durgun suda bir süre sonra askıda katılar yavaş ya da hızlı bir şekilde dibe çökerler. Çökme hızı parçacık özgül ağırlığı, büyüklük ve vizkozite'ye bağlıdır. Göllerde çökme devamlı bir olaydır, aynı hızda olmaz. Termal tabakalanma zamanında, epilimnion'da çökme hızı hemen hemen her derinlikte aynıdır. Termoklinde azalır. Hipolimnion'da ise daha ağırdır. Sikülasyon dönemlerinde dibe çökmüş maddeler tekrar su içinde dağılır ve bu dönemlerde bulanıklık artar. İlkbaharda karların erimesi, yağış fazlalığı, planktonun aşırı çoğalması, sonbaharda ise plankton çoğalması ve hızlı esen rüzgarların taşıdığı parçacıkların artması bulanıklığı fazlalaştırır. İlkbahar bittikten sonra parçacıklar tekrar dibe çöker ve göl suyu tekrar berraklaşır.

### **Sıcaklık:**

Sıcaklık, yüzey ve yeraltı sularının şekil ( katı, sıvı, gaz ) ve yerdeğiştirmesine, çeşitli yerlere göç edip birikmesine ve kullanılmasına etki eden en önemli etkenlerden biridir. Göl suyu sıcaklığı, coğrafik konum, mevsim, derinlik, göl alanı ve absorbe edilen güneş enerjisine bağlı olarak değişir. Suya giren ışık enerjisinin % 73'ü absorbe edilir, ısıya dönüşür. Göl suyu mevsimsel olarak buharlaşma ile, göle giren – çıkan sular nedeniyle bir akım meydana gelir ( konveksiyon akımı ). Ilıman göllerde konveksiyon akımları en fazla 3 m'ye kadar ısınmayı sağlarlar. Esas ısınmayı, sıcaklığın rüzgar etkisi ile göl içindeki dağılımı sağlar.

Yoğunluğa etkisi nedeniyle, su hareketlerini etkiler ve göllerde bu yoğunluk farkından dolayı tabakalaşma olur. Sıcaklık, su canlılarının tür ve sayılarını etkilediği gibi, aynı zamanda davranışlarını, metabolizmalarını, gelişim ve solunum hızlarını da etkiler.

Gazların çözünmeleri doğrudan sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık arttıkça, göl suyundaki çözünmüş oksijen oranı azalır, biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar hızlanır. CO<sub>2</sub> dengesi de sıcaklıktan etkilenir ( Tüfekçi, 1998 ).

Sıcaklık, su ortamındaki tabii süreçlerin en önemli düzenleyicisidir. Organizmaların fizyolojik faaliyetleri ve diğer su özelliklerine karşı tavırları sıcaklığın değişmesinden etkilenir. Su ortamındaki kimyasal reaksiyon hızları, enzimlerle ilgili faaliyetler, moleküllerin hareketi ve canlı organları ve fizyolojik sistemler arasında bulunan membranlardaki moleküler hareketler sıcaklığın birer fonksiyonudur.

#### **Tad ve Koku :**

Genel olarak tat ve koku problemi ya tabii ya da sun'i, yani insan yapısı olan kaynaklara dayanır. Tabii olan tad ve koku problemleri mikroorganizmalardan, özellikle mavi yeşil alg ve algler ile bakterilerden ileriye gelir. Bakteriler birçok kimyasal bileşik oluştururlar ve sulardaki topraksı tadın sebebidir. Su kirlenmesi bakımından problem olan alg türleri mavi – yeşil alglerdir. Bu alglerin ürettiği iki kimyasal madde, göllerde çevre kirlenmesi açısından çok önemlidir. Suların tat ve kokusunda değişikliklere neden olan bu iki madde, *Geosmin* ( GEO ) ve *2- metil isoberneol* ( MIB ) olarak bilinmektedir.

İnsan yapısı koku ve tat ise, göl suyuna karışan kimyasal maddelerden, su boruları , haznelerin tecrid ve kaplamalarından oluşur. Bu maddelerin suda çözünürlüğü önemli bir rol oynar. Bunlar çok küçük konsantrasyonlarda bile suya çok kötü koku ve tat verirler ( Muslu, 2001 ).

Algler ve bazı zooplanktonlar dışında, sular içinde erimiş halde bulunan maddelerde ( NaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> vb. ) suda belli bir miktardan fazla bulunursa sulara özel bir koku ve tad verirler. Bir suyun kokması, o sudaki bazı maddelerin ayrıştığının göstergesidir. Eğer ortam aerobik ise koku olmaz. Havasız ortamda ise koku oluşur, bu da anaerobik koşulların göstergesidir.

#### 1.4.6. Göllerin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal maddelerin gölde dağılımı, göldeki hayat için çok önemlidir. Sığ göllerde, derin göllere nazaran su kütlesinin zeminle teması daha fazladır. Bu durum besin tuzlarının, zeminden ve sedimanlardan daha fazla çözünüp suya geçişini sağlar. Göl çevresinin büyüklüğü, eğimi, jeolojik yapısı ve iklimi, suda çözünmüş maddelerin cins ve yoğunluğunu etkiler.

Göllerin kimyasal özellikleri, göle dökülen, gölden çıkan sulara ve gölün bulunduğu yerin iklim şartlarına göre belirir. Göle dökülen akarsular, içlerinde erimiş halde bulunan maddeleri de suya karıştırırlar. Eğer bu akarsuyun dışında, gölün fazla suyunu boşaltan bir ayak da varsa, göl suyu içinde erimiş haldeki maddeler değişmeden kalır. Bu maddeler arasında suda çabuk eriyen kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum ve çabuk erimeyen silisyum, alüminyum, demir gibi maddeler de bulunmaktadır.

Dışarıya bir ayak ile akışı olmayan göllerin, suları buharlaşmalarla azalıyorsa göllerin kimyasal içerikleri oldukça değişir. Buharlaşmalarla yalnız su kaybı olur, tuzlar ise gölde kalır. Böylece göl sularında erimiş tuz içeriği artar ve göl suyu gittikçe daha da tuzlulaşır. Göyle göller kurursa veya suları bir süre için çekilirse, yerlerinde tuz çanakları oluşur. Dışarıya akışı bulunmayan göllerde yalnız tuzluluk artmakla kalmaz, bu tip göllerin bileşimi de değişir. Kurak bölgelerdeki göllerin kalsiyum karbonat miktarı azalır. Çok tuzlu göllerde tuz miktarı dibe doğru artar. Bunun nedeni ise, daha ağır olan tuzlu suyun dibe inmesidir.

Göllerin kimyasal özellikleri, oksijen, karbondioksit, pH, gazlar, azot, fosfor ve diğer elementlerden oluşmaktadır.

#### **Oksijen:**

Göl ortamında çözünmüş gazların en önemlisi oksijendir. Gölün çeşitli derinliklerindeki oksijen miktarı, termoklinin bulunup bulunmamasına, bitki miktarına ve dip kısmın organik madde zenginliğine bağlı olarak değişiklikler gösterir. Tatlı sularda 1 atmosfer basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü 0° C'de 14,6 mg/l'tir ve 35° C'de 7 mg/l'dir. Göllerde çözünmüş oksijen konsantrasyonu, heterojen dağılım gösterir. Bu özellik;

- Su kütlelerinin hareketlerine
- Göl organizmalarının solunumlarına
- Fotosentez olaylarına bağlıdır.

Göl yüzeyi kapalı değilse, atmosferden alınan oksijen kolaylıkla çözülür. Oksijenin çözünmesinde su sıcaklığı kadar önemi olmasa da hava basıncının da önemi büyüktür. Özellikle su sıcaklığı, suda çözünen oksijen miktarının dikkate değer bir şekilde artmasını sağlar. Oksijen çoğunlukla, ilkbahar ve sonbahar sirkülasyon dönemlerinde tüm suda çözünür. Ama özellikle sonbahar sirkülasyonu döneminde bu çözünürlük dikkate değer bir oranda artar. Sıcaklığa bağlı olarak suda çözünen oksijen konsantrasyonları Çizelge 1.5.'de verilmiştir ( Heinonen, Ziglo ve Van Der Beken, 1985 ).

Çizelge 1.5. Değişik Sıcaklıklarda Suyun Oksijen Doygunluğu

| Sıcaklık ( ° C ) | Oksijen Konsantrasyonu ( mg / l ) |
|------------------|-----------------------------------|
| 0.0              | 14.2                              |
| 5.0              | 12.4                              |
| 10.0             | 10.9                              |
| 15.0             | 9.8                               |
| 20.0             | 8.8                               |
| 25.0             | 8.1                               |

Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir. Yüksek basınç altında, oldukça yüksek miktarda oksijen çözünür. Basınç azaltıldığı zaman ise azaltılma oranı kadar gaz çıkışı olur. Oksijenin sudaki miktarı, havadaki 1/3'ü ile 1/20'si kadardır. Aynı zamanda sudaki mineral miktarı da, suyun oksijeni çözme yeteneğini basınç kadar etkileyen bir faktördür.

Su içinde bulunan alglerle genel olarak kıyılarda yerleşmiş bulunan köklü yeşil bitkiler, sudaki canlılar için önemli ölçüde oksijen sağlar. Ancak fotosentez ışıktaki gerçekleştiği için fotosentez sonunda açığa çıkarılan oksijen miktarı, günün değişik saatlerinde farklıdır. Bununla birlikte fitoplanktonlar ve köklü bitkiler bakımından zengin olan göllerde birim miktardaki su, süratli fotosentez nedeniyle kısa zamanda oksijene doymuş hale gelebilir.

Göllerde oksijen kaynakları;

- *Atmosferden oksijen alımı* : Yüzeyden doğrudan doğruya difüzyon ile O<sub>2</sub> alımı çok yavaş gerçekleşir ve fazla bir etkisi yoktur. Dalgalar yolu ile alınan O<sub>2</sub> ise daha fazla etkilidir.

- *Fotosentez*: Klorifilli bitkilerin gerçekleştirdiği fotosentez olayı esnasında ortaya çıkan oksijen olarak sıralanır.

Göl sularında oksijen tüketen olaylar ise;

- Hayvan ve bitki solunumları
- Organik madde ayrışması
- Oksijence fakir toprak altı sularının göle girmesi ,
- Suda demir iyonunun varlığı,
- Göl suyu sıcaklığı artması ile sudaki oksijen çözünürlüğünün azalması,
- Çözünmüş tuz yoğunluğunun artması oksijen çözünürlüğünü azaltarak, göl suyunda oksijen azalmasına neden olurlar.

#### **Karbondioksit:**

Atmosferde düşük konsantrasyonda bulunmasına rağmen, sudaki yüksek çözünürlüğü nedeniyle sudaki konsantrasyonları yüksektir. Bitkilerin karbon kaynağı atmosferin % 0.03'ünü teşkil eden CO<sub>2</sub> gazıdır. CO<sub>2</sub>'nin daha büyük kısmı yeryüzünün üçte ikisini kaplayan sularda erimiş halde bulunur. Suda CO<sub>2</sub> ya serbest halde ya da yarı bağlı HCO<sub>3</sub> ( karbonikasit ) veya bağlanmış halde karbonat ( CO<sub>3</sub> ) olarak bulunur.

Göl sularında karbondioksit kaynaklarını,

- *Atmosfer'den alınan CO<sub>2</sub>*
- *Yeraltısuyundan alınan CO*
- *Organik madde dekompozisyonu sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub>*
- *Göl organizmalarının solunumu sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub> oluşturmaktadır.*

Göl sularında karbondioksit tüketimini etkileyen faktörler ise;

- Sucul bitkilerin fotosentezi sonucu, serbest ve yarı bağlı CO<sub>2</sub>'in bitkilerce tüketilmesi,



- Suyun çalkalanması sonucunda, yarı bağlı  $\text{CO}_2$  serbest kalarak  $\text{CaCO}_3$  halinde çökmesi,
- Suda oluşan çalkantı ile serbest  $\text{CO}_2$ 'nin sudan atmosfere geçmesi,
- Buharlaşma ile, bikarbonatlı suyun  $\text{CO}_2$ 'sinin buharlaşması,
- Göl dibinden gelen gaz kabarcıklarının su içinde yükselerek yüzeye gelirken  $\text{CO}_2$ 'i atmosfere taşınması olarak sıralanabilir.

### **pH:**

Göllerin asidite ve alkalinitesini ölçen birimdir. Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonuna denir.  $\text{pH} < 6$  ise, göl asit gölüdür,  $\text{pH} > 6$  ise de, göl alkali göldür denir.

Hidrojen iyonu konsantrasyonu, su kaynakları için önemli bir kalite parametresidir. Biyolojik yaşam için uygun olan hidrojen iyonu konsantrasyon aralığı oldukça dardır. Su kaynaklarındaki mikro ve makro yaşamın korunması ve istenilmeyen kimyasal reaksiyonların önlenmesi için pH'ın 6 – 9 arasında tutulması gereklidir. ( Aykulu, 1998 )

Su ortamında pH'ın değişmesi aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

- Suda erimiş halde bulunan  $\text{CO}_2$ 'nin artması ile pH düşer,
- Su sıcaklığının artması ile pH düşer,
- Tuzluluğun artması ile pH artar,
- Basıncın artması ile pH düşer,
- Fotosentezin artmasıyla pH düşer,
- Organik madde dekompozisyonunun artmasıyla  $\text{CO}_2$  artar ve buna bağlı olarak da pH düşer.

### **Göllerdeki Diğer Gazlar**

#### **$\text{CH}_4$ :**

Bataklık, göl, gölcük zemininde ayrışma ürünü olarak ortaya çıkar. Bu gaz genellikle su kaynağındaki oksijenin tükendiği dönemlerde belirir ve bataklık gazı olarak bilinir. Ötrofik göllerde organik maddelerin hipolimnion zonunda parçalanması ile ortaya çıkar. Oligotrofik göllerde metan gazına fazla rastlanmaz. Fazla sirkülasyon yapmayan göllerde dipte oluşur,

kabarcıklar halinde analiz edildiğinde, kabarcıkların metan ve H iyonları olduğu anlaşılır. Bu kabarcıklar yüzeye çıkarken, daha yüzeye ulaşmadan H iyonları kaybolur, metan ise hacmi azalarak yüzeye ulaşır ve yüzeyde kabarcıkların oluşumuna neden olur. Metan gazı yaz durgunluk devresinde daha fazladır. CH<sub>4</sub> yoğunluğu çok olmadıkça, insanlar ve göl organizmaları için zararlı değildir.

### **H<sub>2</sub>S :**

Göl, bataklık dibinde kükürtlü zengin sedimanlarda anaerobik ayrışma sonucu oluşur. Özellikle kanalizasyonla kirlenen yüzey sularında hissedilir. H<sub>2</sub>S gazı, protein moleküllerinin parçalanması sonucunda ve sülfat ve sülfid gibi inorganik bileşiklerin, organik maddelerin varlığında ve oksijensiz ortamda heterotrof bakteriler tarafından H<sub>2</sub>S'e indirgenmesi sonucunda meydana gelir. H<sub>2</sub>S geniş bir pH aralığındasü organizmalarına toksik etki gösterir. Aynı zamanda H<sub>2</sub>S varlığı, su ortamında oksijen yetersizliğine neden olur. H<sub>2</sub>S gazının bol bulunduğu bir ortamda normal yaşantı yoktur, ancak bazı özel bakteriler böyle bir ortamda yaşayabilirler.

### **NH<sub>3</sub> :**

Göllerin dibindeki organik maddelerin ayrışma ara ürünü olup, kirlenmemiş sularda az rastlanır, genellikle 1 mg/l'te veya daha az miktarlarda bulunur. Organik maddelerle kirlenmiş sularda ise, oksijen içeriğindeki azalmalar gibi, amonyak miktarında da 12 mg/l'te ve daha fazlaya varabilen artışlar gözlenebilmektedir. Aminoasitlerin, proteinlerin, amin ve üre gibi bileşiklerin hidrolizleri ile oluşur. Yüzey katalizörleri yardımı ile sudaki serbest oksijenden yararlanarak ya da dip sedimanlarındaki bakteriler yardımıyla oksitlenir. Sudaki varlığı, sucul bitki ve hayvanlarının çeşitlilik ve bolluklarını etkiler. 10 mg/l'te'nin üzerindeki amonyak konsantrasyonlarının göl canlıları üzerinde toksik etkiler yarattığı bilinmektedir.

### **SO<sub>2</sub>:**

İşlem görmemiş kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlarının içerdiği kükürdün yanması sonucunda ortaya çıkan zehirli gaz. Sudaki SO<sub>2</sub> doğrudan ve dolaylı olarak iki yolla canlıları etkiler. Doğrudan etkisi oksijen, tuz ve besinlerin alımını engellemesidir. Dolaylı etkisi ise, toprakta bulunan ağır metallerin ayrılarak serbest kalmasını sağlar. Örneğin alüminyum, asit yağışı sonucu toprakta serbest kalır ve göllerde birikerek canlılar için öldürücü etkiye neden olur.

### Azot:

Canlı proteini temel elemanlarından biridir. Bu nedenle canlılar için gerekli olan besin maddelerinin vazgeçilmez bir elemanıdır ve doğada da sürekli olarak bir çevrim halindedir. Ancak azot bileşikleri su kirliliği açısından, çeşitli etkileri vardır. Bunların başlıcaları ötrofikasyon, oksijenin etkilenmesi ve iç sulardaki toksik sorunlardır. Azot gazı havadan diffüzyon yoluyla suya geçer ve çok miktarda olduğu zaman su yüzünde kabarcıkların oluşumuna neden olabilir.

Azot yüzeysel sulara evsel atık sular, bazı endüstriyel atıksular ya da tarımda kullanılan gübrelerin yağmur suları ve drenaj nedeniyle taşınması sonucu oluşan kimyasal elemanlardan biridir. Azot gazının çok olduğu sularda gazın, balıkların dolaşım sistemine geçtiği ve orada gaz kabarcıkları meydana getirerek ölüme neden olduğu bilinse de, bu doğal su habitatında fazla rastlanan bir olay değildir.

Toplam azot, organik azot, amonyak azotu, nitrit azotu ve nitrat azotu olmak üzere dört ana bileşenden meydana gelir. Amonyak azotu, nitrit azotu ve nitrat azotu, fitoplanktonların gelişmeleri için kullandıkları toplam inorganik azot bileşikleridir. Organik azot ise, partiküler ve çözülmüş formda bulunur. Partiküler organik azot, fitoplankton biyokütlesinin oluşmasında esas elementlerden biridir ( Muslu, 2001).

Sulara verilen organik azot ve amonyak biyolojik zaman içerisinde nitrat şekline dönüşebilmektedir. İşte bu reaksiyonlarda tüketilen O<sub>2</sub> önemli boyutlardadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde arıtma tesislerinde bile tam bir nitrifikasyon uygulanmadığı için tesislerden çıkan sular da var olan çok düşük derecelerdeki amonyak alıcı ortamlarda önemli O<sub>2</sub> tüketimine sebep olurlar. Azotun ikinci olumsuz etkisi su ortamlarındaki ötrofikasyon olayıdır. Yüzeysel olan su ortamlarında birinci derecede üretimi sınırlayabilecek faktörler azot ve fosfordur.

Organik azot bileşikleri ( proteinler ve diğerleri ), biyolojik parçalanma ile amonyuma dönüşür. Bu amonyumun bir kısmı, protein sentezi ile yeni organizma bünyelerinde tutulur. Serbest amonyumun bir kısmı torak ve sudaki bazı organizmaların yardımı ile *Nitrifikasyon*'a uğrarlar. Amonyum öncelikle, *Nitrosomanas sp.* bakterilerinin yardımıyla NO<sub>2</sub>'e, sonra da *Nitrobacter sp.*'lerin yardımıyla NO<sub>3</sub>'e dönüşür. Oluşan NO<sub>3</sub> *Denitrifikasyon* ile önce NO<sub>2</sub>, sonra da N<sub>2</sub> gazına dönüşür. Ortamda mevcut NO<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> bazı organizmalar ve bitkiler

tarafından assimile edilerek amonyuma dönüştürülür ve protein sentezinde kullanılabilir ( İleri, 2000 ).

Gölün fotik zonunda, ilkbahar ve sonbahar aylarında bitki kullanımı yüzünden azot bileşikleri yoğunluğu azalır. Kışın ise sedimanlardan suya karışma, yağışlarla taşınma ile azot bileşikleri tekrar zenginleşir. Amonyum iyonu, fitoplankton ve diğer alglerce kolaylıkla alınır ve kullanılır. Bütün doğal sularda, çözünmüş organik azot bulunur.

Azot, göllere aşağıdaki yollarla ulaşabilir:

1. Sun'i gübreler, yani nitrat ve amonyum tuzları ile,
2. Enerji santrallerinde ve arabalarda ullanılan fosil yakıttan atmosfere azot dioksit gazı vermek suretiyle,
3. Artan nüfusla birlikte gelişen besiciliğin sebep olduğu fazla miktarda hayvan gübresinin içerdiği nitratların ekosfere girmesi dolayısıyla,
4. Endüstriden ve evlerden gelen atıksuların gittikçe artması sebebiyle,
5. Zirai alanlardan ve meskun bölgelerden gelen yağmur suyu akımı ve erozyon dolayısıyla su kaynaklarına bulaşabilir.

#### **Fosfor:**

Su ortamlarında var olan çok yönlü ve de karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biri de fosfordur. Fosfor sularda çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve de doğal ortamlarda oluşan pek çok biyokimyasal reaksiyonlarda yer alır. Çoğu göllerde fosfor konsantrasyonunun çok olduğu zamanda bile azot genellikle yeterli seviyeler de bulunup fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların sentezini sınırlayıcı eleman olarak fosfor yer alır. Zira heterotrof olan organizmaların büyümesinde fosfor önemli bir role sahiptir. Gerek kara, gerekse sularda yokluğu önemli sınırlayıcı faktördür.

Toplam fosfor iki ana bileşenden oluşur: Toplam çözünmüş fosfor ve toplam partiküler fosfor. Çözünmüş fosfor, sıra ile birkaç formdan meydana gelir. Bunlardan biri çözünmüş reaktif fosfordur. Bu fosfor formu fitoplankton hayatı için kullanılmaya hazır bir fosfordur. Partiküler fosfor formları içinde inorganik topraklardan gelen akış içindeki partiküller

mevcuttur. Diğer bir kısmı ise organik partiküllerden oluşur. Bunlar döküntü içinde ve fitoplanktonda bulunabilir. ( Muslu, 2001 )

Çözünmüş organik fosfor, sudaki mevcut toplam fosforun yarısıdır. Birçok su ortamında partiküler fosfor, çözünmüş organik fosfor'dan daha önemlidir. Partiküler fosfor, hayvan ve bitki vücutlarında bulunduğu gibi, suda askıdaki kil ve diğer minerallerin yapısında da bulunabilir. Fosfor suya girince, büyük bir kısmı bakteriler, algler ve bitkilerce kullanılır, diğer bir kısmı ise çökelir ve toprağa tutunur. Özellikle planktonik algler, fazla  $PO_4$ 'ü vücutlarında polifosfat şeklinde depo ederler. Göllere en büyük  $PO_4$  girişi, akarsu ve yağışlarla gerçekleşir.

Büyük göllere noktasal olmayan kaynaklardan ( endüstriyel atıklar, ziraat arazisinden gelen yağmur suyu, ormanlık bölgelerden gelen yağmur suyu, meskun bölgelerden gelen yağmur suyu, atmosferik döküntü maddeleri ) giriş olur. Bu sularda fitoplankton gelişmesi, fosfor konsantrasyonlarının düşürülmesiyle durur. Küçük göller ise, noktasal kaynaklardan ( evsel atıklar ) kirlenir ve bu bu kirlilik azot kontrollüdür. Fakat fosfor tasfiyesi yapılırsa, fosfor kontrollü olabilirler. N/P oranı faydalı bir ölçü olmakla beraber , neticelerin yorumlanmasında yin de dikkatli olunmalıdır. Mesela azot kontrollü tatlı su sistemlerinde, azotu tasfiye edip fitoplankton sayısı azaltılmak istenirken  $N/P < 4$  gibi düşük oranlara ulaşılması halinde bile mavi – yeşil alglerin ürediği görülmüştür. Zira bu alg, eksik azotu, atmosfer azotunu bağlayarak giderebilmektedir.

### **Diğer Elementler:**

#### **Kalsiyum:**

Bu element tüm canlı organizmalarda metabolik faaliyetler için gerekli olduğu kadar, yapı ve iskelet materyali olarak da oldukça önemlidir. Yeryüzündeki kalsiyum yataklarının büyük bir kısmı, su organizmalarının kısmen kalsit, kısmen aragonit bileşikli iskeletlerinden oluşmaktadır. Sularda Ca azlığı, büyümeyi sınırlar. Ca'un sudaki önemli etkisi pH ve bikarbonat sistemi üzerinedir. Aynı zamanda Ca, sulardaki sertliğin ana nedenidir. Ca, sulardaki karbonik asidi nötralize ederek tampon görevi görür. Günümüzde halen birçok göle aşırı asitliliği gidermek üzere kalsiyumhidroksit püskürtülmektedir. Su kaynağında Ca eksikliği, balık omurgalarının zarar görmesine neden olur.

**Klorür:**

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sulara en bol bulunan halojendir. Sulara yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su – tatlı su girişimleri sonucu katılabilir. Fotosentez esnasında suyun fotolizi için kullanılır. Aynı zamanda ATP reaksiyonlarında da  $Cl^-$ 'a ihtiyaç vardır. Serbest klor, atıksulardaki zararlı bakterileri öldürmek için kullanılır. Suda serbest formda çok az süre kalır, güneş ışığı ile klor iyonu haline geçer. Organik bileşikler ile birleşmesi sonucu oluşan klorofiller, tatlısullarda çok zehirlidirler. Suyun iletkenliğini artırarak korozyonu kolaylaştırır.

**Demir:**

Taşkürenin yapıtaşlarından biri olduğundan, doğada bol bulunur. Demir yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sulara ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Organizmaların C, O, N, S, P dışında en ihtiyaç duyduğu elementtir. Demir, omurgalı canlılar için olduğu kadar bitkiler için de yaşamsal önem taşır. Balıklar ve diğer omurgalı canlılar demir gereksinimlerini yedikleri besinlerden sağlarken, bitkiler, yaprakları ve kökleri aracılığıyla sudan aldıkları çözünmüş halde bulunan demirli bileşiklere bağımlıdır.

Bitkiler, fotosentez için gerekli olan yeşil klorofil pigmentini üretebilmek için demire gereksinim duyarlar. Doğrudan klorofilin yapısında yer almayan demir, klorofilin sentezlenmesi sırasında bir katalizör işlevi görür. Demir eksikliğinde bitkiler, yeterli klorofili üretemediği için yeterince fotosentez de yapamaz; böyle bir durumda  $CO_2$  ve mineraller gibi gerekli bütün diğer besin maddeleri suda bolca bulunsun bile açlık çeker, sararıp solarlar. Yeşil olması gereken yapraklardaki sararma genellikle demir eksikliğinin bir belirtisidir. Demirin suda hangi formda ( $+2$  veya  $+3$ ) bulunacağı ise suyun pH derecesine ve redox potansiyeline bağlıdır.

**Önemli İz Elementler :****Mangan:**

Manganez yeraltı sularında hemen her zaman, yüzey sularında da yılın belli dönemlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunabilir. Mangan suda çözünmeyen ( $Mn^{+4}$ ) ve çözünen ( $Mn^{+2}$ ) hallerinin iki şeklinde de olabilir. Bitkilerce fotosentez için gerekli olup, birçok



enzimatik olayda kofaktör olarak görev alır. Maden suyu sızıntısı ile kirlenmiş sularda Mn aşırı çoğalınca toksik etki gösterir. Fakat alg çoğalmasında rolü fazla değildir. Yüksek konsantrasyonlarında, sularda istenmeyen renk ve bulanıklığa neden olurlar.

#### **Bakır:**

Kırmızımsı bir metal olan bakır, doğal ortamda, kayalarda, toprakta, suda ve havada bulunur. Bakır ayrıca tarımda böcek öldürücü olarak ve göllerde ve depolarda alglerin gelişmesini önlemek için kullanılmaktadır. Bilinen tüm canlılar için esansiyel (olmazsa olmaz) bir elementtir. Ancak çok yüksek dozda uzun süre veya bir defada alındığında sağlık açısından zararlı olur. Genel olarak doğada bulunan sulardaki bakır miktarı litrede 4 mikrogramı ( $4 \mu\text{g/l}$ ) geçmez. Ancak bazı sularda daha yüksek oranlarda saptandığı da olmuştur ( <http://www.hekimce.com> ). Fitoplankton faaliyetlerinde katalizör görevi görür. Alglerin, Cu'ya dirençleri fazla değildir.

#### **Magnezyum:**

Genelde doğal sularda kalsiyum ile birlikte bulunur. Kalsiyumla beraber sularda sertliğe neden olur. İçerisinde  $\text{CO}_2$  çözünmüş sular yer kabuğunda bulunan ve normal suda çözünmeyen kireç taşı (  $\text{CaCO}_3$  ) ve dolomiti (  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  ) yavaş yavaş çözer. Böylece Ca ve Mg bikarbonatlar halinde suya geçer.

#### **Sodyum:**

Suların çoğunda ihtiyaçtan fazla bulunan Na, özellikle tuz gölleri ve haliçlerde bulunur. Diğer iyonlarla beraber canlıların osmoregülasyonunu engellerler.

#### **Potasyum:**

Bitki gelişmesi için şart olan potasyum, canlı hücreler içinde çevredeki sudan daha fazla bulunur. Potasyum ihtiyacı, enzim aktivatörü olarak kullanılmaktan ileri gelmektedir.

#### **Çinko:**

Doğal sularda fazla rastlanmaz. Sularda normal miktarlarda bulunduğu bazı enzimatik reaksiyonlarda aktivatör görevi görür ve birçok proteinde yapı elementi olarak bulunur. Balıklarda aşırı salgılanmaya neden olur ve balıklara zararlı olan bazı organizmaları öldürür.

#### 1.4.7. Göllerin Biyolojik Özellikleri

Göl ekosisteminde pelajik ve bentik bölgeler, çevresel faktörlerin etkisinde belli yaşam bölgeleri oluşturur. Bentik bölgede yaşantısını sürdüren organizmalara Bentik form, bunların dipte oluşturdukları topluluğa da *Benthos* denir. Yaşamlarını pelajik bölgede sürdüren organizmalar ise pelajik form ve bunların oluşturduğu topluluğa da *Pelagos* denir. Pelagosu oluşturan formlar kendi içlerinde Pleuston, Nekton ve Plankton olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Sularda yaşayan organizmaların bir kısmı hava ile su arasında, suyun dış yüzeyini oluşturan membran üzerinde yaşarlar. Bu gruba dahil canlılara *Pleuston* denir. *Nekton* terimi ise, güçlü yüzme hareketleri sayesinde dalga ve akıntılardan bağımsız olarak yüzen organizmalar için kullanılır. Nektona tezat teşkil eden *plankton* terimi ise, hareketsiz ya da hareketleri dalga ve akıntılarla sürüklenmelerini önlemeye yetmeyecek kadar güçsüz olan organizmaları kapsar ( Temel, 1995 ). Planktonlar ise, fitoplanktonlar ( bitkisel plankton ) ve zooplanktonlar ( hayvansal plankton ) olmak üzere iki grupta toplanır. Bu organizmalar dışında göl ekosisteminde bulunan diğer canlılar, omurgalılar ( balıklar, kurbağalar, su kuşları, su yılanları vs. ), yüksek yapılı bitkiler, mantarlar, bakteri ve virüsler görülmektedir. Göllerdeki bu canlı organizmaların daha kapsamlı anlatımı 1.5.'de verilmiştir.

#### 1.5. Göl Ekolojisi

Bilindiği gibi yaşam ilk kez su ortamı içinde oluşmuştur. Yine bilindiği üzere, hayvanların zaman içinde evolusyonunun büyük bir kısmı su içinde olmuştur. Dünyamız atmosfer, litosfer ve hidrosfer olmak üzere üç tabakadan meydana gelmektedir. Dünyanın sularla kaplı olan kısmına Hidrosfer denilmektedir. Hidrosfer, birbirinden ayrı iki yaşama ortamı göstermektedir. Bunlardan biri denizler, diğeri ise içsulardır. Yeryüzünün % 97'sini kaplayan deniz ve okyanuslar, gerek zaman bakımından, gerekse saha bakımından devamlılık gösterirler. Deniz ve okyanuslar genellikle çevrelerinde bulunan karaların etkisi altında kalmazlar, aksine onları etkilerler. Yeryüzünün yaklaşık % 3'ünü oluşturan içsular ise jeolojik zamanlar gözönüne alındığında efemerik yapılardır. Yani tektonik olaylarla yapısı değişikliğe uğrayabilmekte, dolayısıyla buna bağlı olarak buralara uyabilen canlılar varlıklarını sürdürebilmektedirler. Bu nedenle içsulardaki canlılar , denizlerdekilere kadar çeşitli değildir.Genellikle birbirinden kopuk olan içsular, bulundukları kara parçası ikliminin etkisi altındadır. İçsular kavramı göl, gölet, lagün, yapay baraj gölleri ve akarsuları içermektedir. İçsular suyun akış durumuna göre ikiye ayrılmaktadır:

**a ) Durgun Sular ( Lentik Habitat ) :** Göl, gölcük, bataklık, lagün, vs.

**b ) Akarsular ( Lotik Habitat ) :** Nehir, dere, çay ve ırmak.

Sularda yaşayan hayvan ve bitki gruplarının çeşit zenginliği çok fazladır. Karalarda yaşayan hayvan ve bitkilerin cins, çokluk ve dağılımlarını incelemek ve saptamak, suda yaşayan canlılara oranla çok kolay ve kesindir.

Sularda ise, ister deniz olsun, isterse tatlı sular, karalarda olduğu gibi çeşitli tipler ve çeşitli zenginlikte canlılar var olmasına karşın, bunların durumunu saptamak için çok sistemli araştırmalar yapmak ve bilimsel metodlar kullanmak zorunluluğu ortaya çıkar. Karalardaki gaz şeklindeki ortam ile denizlerdeki sıvı şeklindeki ortam koşullarının ortaya çıkardığı yoğunluk farkları ve ortamların hareket tarzları, karasal ve denizel organizmaların biçim ve yapılarında da farklar oluşturmaktadırlar.

Göller, canlı organizmalar açısından denizler kadar zengin olmasada, yine de yüzlerce canlı organizma ve mikroorganizma göllerde yaşamalarını sürdürmektedir. Göl ortamında yaşayan bu canlıların şematik gösterilişi Şekil 1.5.'de verilmiştir.

### **1.5.1. Göllerde Yaşayan Organizma Grupları**

Göllerin üst kesimlerinde iyi bir ışık, ısı, oksijen ve besin ortamı vardır ve bunlar akıntılar ve çalkantılar aracılığıyla düzgün bir biçimde dağılır. Bu nedenle göllerin üst kesimlerinde çok çeşitli türden su organizmaları bulunur. En yaygın olanları planktonlar(başta diatomeler) , algler ve kamçılılardır. Daha alt kesimlerde ve çökellerde ise bakteriler egemendir.

Göldeki yaşama ortamları üç ana bölgeye ayrılır: Işığın tabana kadar ulaştığı ve köklü bitkiler ile dip hayvanlarının egemen olduğu sığ bölge; bitki ve hayvan planktonlarını barındıran ve ışığın ulaşabildiği derinliğe kadar inen yüzey bölgesi; ışığın ulaşamadığı, karanlığa uyarlanmış canlıların yaşadığı dip ve derin su bölgesidir.

Göllerde yaşayan organizma grupları, fitoplanktonlar, zooplanktonlar ve vertebrata içerisinde incelenmektedir.

### 1.5.1.1. Fitoplanktonlar

Bitkisel planktonlar olup, fotosentez yeteneğine sahip canlılar olduklarından dolayı, sucul ortamlarda primer üretici olarak kabul edilirler. Hakiki plankton ( klorofil taşıyan plankton ) ve saproplankton ( planktonik bakteriler ve mantarlar ) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Göllerde fitoplankton organizmalarını genel olarak virüsler, bakteriler, mantarlar, algler ve mavi-yeşil algler oluştururlar.

#### Virüsler:

0.2 – 0.12  $\mu$  büyüklüğünde, sadece elektron mikroskobu ile görülebilen bakteri filtrelerinden geçebilen mikroorganizmalardır. Bir virüsün yapısı sadece dışta bir kılıf ve içte nükleik asitten oluşmaktadır. Herhangi bir organelleri ya da enzimleri olmadığından normal bir hücre gibi yaşamlarını sürdürmeleri olanaksızdır. Yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için muhakkak canlı bir hücreye girmeleri gerekmektedir. Hücre dışında ise kristal halde bulunurlar. Bu özellikleri sebebiyle bilimadamları tarafından, canlılık ve cansızlık arasındaki bir geçiş formu olarak kabul edilirler. Bütün virüsler, patojen özellikte olup, canlılarda çeşitli hastalıklara sebebiyet verirler. Virüslerden phage denilenleri, bakterilere ve mavi – yeşil alglere hücum ederler. Bakterilere saldıranlara bakteriyofaj, bitkilere saldıranlara cyanofaj denilir.

#### Bakteriler:

Monera alemini oluşturan prokaryot canlıların en yaygın ve en çok bilinen grubudur. Göl ve nehirlerin açık sularında, 1 cm<sup>3</sup>'te 1 milyon bakteri hücresi bulunmakla beraber, toprakla karşılaştırıldıklarında bu rakam oldukça azdır. Bakteriler basit, ortadan ikiye bölünme şeklinde çoğalan, tek hücreli canlılardır. Bazıları kamçılarıyla hareket edebilirken, bazıları kamçıları olmadığı için sadece bulundukları ortamla beraber pasif hareket edebilirler.

Bakterilerden kılıf içinde yaşayanları da vardır. Bunlar, hertürlü suda bulunmakla beraber, özellikle organik maddece kirlenen sularda boldurlar. Bakterilerin çok özel organik ve inorganik besin istekleri vardır. Ortama çok karakteristik ürünler verirler. Bazıları asetatları CO<sub>2</sub>'ye çevirirler, bazıları ise NO<sub>2</sub>'yi NO<sub>3</sub>'e çevirirler. Bakterilerin bazıları oksijenli ortamlarda yaşamayı tercih ederlerken, bazıları da oksijensiz ortamda yaşarlar.

### **Mantarlar:**

Bakteri ve virüsler gibi aquatik mantarlar da, maddelerin dekompozisyonunda ve devrinde rol oynayan klorofilsiz iplikli bitkilerdir. Enerjilerini organik maddelerin oksitlenmesinden sağlarlar. Karbonhidrat ve yağları enerji ve karbon kaynağı olarak kullanabilirler. Mantarların Chytridler olarak tanınan grubu, çoğu göllerde bolca bulunurlar ve bazı durumlarda ilkbahardaki plankton çoğalmalarında çok etkili olurlar. Tüm mantarlar belirli çepere sahiptirler, ya saprofitiktirler ya da parazitiktirler

### **Algler:**

Tohumsuz bitkilerin çok geniş bir grubunu, teşkil eden algler, gerçek kök, gövde ve yaprak gibi organlar halinde farklılaşmamış “Thallus” adı verilen vücut yapılarına sahip, klorofil ihtiva eden çiçeksiz, sporlu bitkilerdir.

Algler, su ortamında primer üretici canlılardır.Yapılarındaki pigmentler sayesinde, CO<sub>2</sub> ve suyu ışığın etkisi ile karbonhidratlara çevirirler, böylece su ortamındaki besin değerinin ve çözünmüş O<sub>2</sub> oranının artmasını sağlarlar. Sonuçta kendi gelişimlerini sağlayarak, su ortamının besin zincirinin ilk halkasını oluştururlar.

Doğal sularda algler şekil, büyüklük, biyokimyasal karakter ve ekolojik bakımdan çeşitlilik gösterirler. Algler ve bitki benzeri protistler sucul çayırın en büyük bölümlerinden birini oluştururlar ve protoplazmalarında güneş enerjisini bağlayarak, bunu ototrof olmayan canlılara, zooplanktondan balığa ve balıktan insana kadar sırayla iletir.

Alglerin sınıflandırılması besin depolama maddelerinin kimyasal içeriğine, hücre çeperine ve kapsadığı pigmentin kalitesine göre yapılır. Çizelge 1.6.’da göllerde yaygın olan alglerin sınıflandırılması verilmiştir ( Altuner, 1996 ).

### **Mavi – Yeşil Algler**

Hücre yapıları bakteriler kadar basit olduğu halde, yüksek fizyolojileri ve karışık metabolizmalarından dolayı biyolojik olarak ve ekonomik bakımından önemli alglerdir. Mavi – yeşil algler, tek hücreli, koloni halinde ya da filamentli olmak üzere 3 tipi vardır. Tatlı sularda ve denizlerde yaşarlar. Bazı türleri planktonik, bazı türleri de bentiktirler ve göl, akarsu ve bataklıkların zeminlerinde yaşarlar. Planktonik türleri yaz ve sonbahar başlarında



aşırı çoğalarak, çıkardıkları toksinlerle, balıkların ve suda yaşayan diğer organizmaların ölümüne sebep olabilirler.

Mavi – yeşil alglerin çoğu hareketsiz olup, filamentli olanların bazılarında hareket görülebilir. Planktonik mavi – yeşil alglerde gaz vokuelleri bulunur, ve bu vokueller sayesinde algler rahatlıkla su yüzeyinde yüzebilirler. Bu algler tatlı suların yüzeyinde diğer planktonlarla beraber *su çiçeği* ( water bloom ) denilen, yeşilimsi bir tabaka oluştururlar. Mavi – yeşil alglere ait bazı türler, mantarlarla simbiotik yaşayarak “Liken” adı verilen ve her ikisinin de farklı, ayrı karakterli bir bitki çeşidini meydana getirirler.

Bazı türleri nemli topraklarda, ve kayaların üzerinde siyahımsı bir örtü halinde bulunurken, bazıları da toprak yüzeyi ve altında diatomelerden sonra en çok bulunan alglerdir. Bazı türleri 75 – 85 °C sıcaklıktaki su kaynaklarında yaşarken, bazılarında kutup bölgelerinde kar içerisinde, nadiren tuzlu sularda ve okyanuslarda yaşamlarını sürdürürler.

Çizelge 1.6. Göllerde Yaygın Olan Alglerin Sınıflandırılması

| ADI                                        | BELİRGİN MORFOLOJİ                                         | HÜCRE ÇEPERİ İÇERİĞİ          | ÖRNEKLER                                                           |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Bacillariophyta</b><br>( Diatoma )      | Genellikle mikroskobik, filamentli veya tek hücreli        | Opalin<br>Silica              | <i>Nitzschia sp.</i><br><i>Melosira sp.</i><br><i>Navicula sp.</i> |
| <b>Chlorophyta</b><br>( Mavi – yeşil alg ) | Mikroskobik veya görülebilir, filamentli, bazıları kamçılı | Selüloz                       | <i>Cladophora sp.</i><br><i>Oocytis sp.</i>                        |
| <b>Pyrrophyta</b><br>( Dinoflagellat )     | Mikroskobik, hepsi kamçılı                                 | Selüloz, bazı formlar silisli | <i>Peridinium sp.</i><br><i>Ceratium sp.</i>                       |
| <b>Cyanophyta</b><br>( mavi – yeşil alg )  | Mikroskobik veya görülebilir, genellikle filamentli        | Mukopeptid<br>Aminoasid       | <i>Anabaena sp.</i><br><i>Nostoc sp.</i><br><i>Osillatoria sp.</i> |
| <b>Chrysophyta</b>                         | Mikroskobik, bazısı kamçılı                                | Pektin<br>Selüloz veya silis  | <i>Dinobryon sp.</i><br><i>Hymenomonas sp.s</i>                    |
| <b>Cryptophyta</b>                         | Mikroskobik<br>Kamçılı                                     | Selüloz                       | <i>Rodomonas sp.</i>                                               |
| <b>Euglenophyta</b>                        | Mikroskobik<br>Kamçılı                                     | Protein<br>Pellikul           | <i>Euglena sp.</i>                                                 |
| <b>Rhodophyta</b>                          | Görünür veya mikroskobik                                   | Selüloz + jel                 | <i>Gigartina sp.</i><br><i>Rhodymenia sp.</i>                      |



### 1.5.1.2. Zooplanktonlar

Hayvansal planktonlardır. Kendi içerisinde hayat evrelerine göre sürekli ( holoplankton ) ve geçici ( meroplankton ) olmak üzere ikiye ayrılır.

Göl zooplanktonunun başlıca bileşenleri protozoa, rotiferler ve crustacea'lardır. Zooplankterlerin çoğunun boyu genellikle 0.5 – 1.0 mm arasında değişir. Bazıları herbivor olup, bakterilerle ve alglerle beslenirken, diğerleri zooplankterlerle beslenirler, yani karnivordurlar. Zooplankton bolluğu ötrofik göllerde litrede 500 birey olabildiği gibi, oligotrofik göllerin çoğunda litrede 1 bireyden aza düşer.

Zoobentozun yayılım ve bolluğu başlıca ortamdaki çözünmüş oksijen yoğunluğu ve zemin sedimanlarının tipine bağlıdır. En yoğun ve çeşitli zoobentoz populasyonları genellikle kıyı bölgesinde, termoklin sınırının üstündeki çalkantının bol oksijen ve besin sağladığı, göl kıyıları sedimanları üzerinde bulunur. Termoklin tabakanın altında sıcaklığın düşük olmasından dolayı nispeten daha az sayıda bulunurlar.

Limnetik zonda zooplankton topluluğu genellikle birkaç dominant türle karakterize edilir. Tipik olarak tek bir gölde, birkaç cladocer, 1 ila 3 copepod türü, 3 – 7 arasında da rotifer türü bulunabilir. Göllerin çoğunda zooplankton komünitesi 5 – 8 dominant tür, çok sayıda da nadir formlardan oluşur. Oksijen, ışık, sıcaklık, besin ve su hareketleri bulunan türlerin sayısını etkiler. Örneğin düşük pH, tür çeşitliliğini ve bolluğunu azaltabilir.

Ilıman bölge göllerinde, zooplanktonun kış toplulukları besin zor bulunduğu için yavaş yavaş büyüyen az sayıda bireyden oluşur. Ve çoğunluğu ergin ve genç copepodlardır. Cladocerler kışın nadir olarak bulunurlar. Rotiferler de kış planktonunda çok azdırlar, sedimanlar üzerinde dinlenme yumurtası halinde bulunurlar. İlkbaharda göl sıcaklığı artarken, zooplanktonda daha aktif bir hal alır. Yani beslenme hızıyla sıcaklık arasında doğrusal bir ilişki vardır. Böylece eğer besin bulmak mümkünse, çoğalma da hızlanır. İlkbaharda uygun sıcaklığa erişilince, cladocer, rotifer ve copepod yumurtaları açılır ,ve genç bireyler çok çabuk olgunlaşır.

### Protozoa

Protozoonlar morfolojik bakımdan bir hücreye benzerler. Yaklaşık bütün protozoonlar aerobik olmalarına rağmen, çoğunluk yinede O<sub>2</sub>'nin büyük ölçüde azalmış olduğu veya tamamen yok olduğu anaerobik şartlarda da iyi bir gelişme gösterebilir. Bu mikroaerofilik yetenek özellikle planktonik ve bentik ciliatlar arasında göze çarpar ve bu organizmalar

organik maddece zengin sularda ve kirli sularda iyi bir şekilde büyüyebilir. Daha çok bakterilerin, alglerin ve organik maddelerin bol olduğu sularda çok çoğalırlar. Özellikle çiftliklerde gübre yığınlarından sızan suların aktığı sularda boldur. Göllerde bentik alglerin bol olduğu kısımlar ve yavaş akan nehirlerdeki kaya ve taşlar üzerinde bol bulunurlar. Dinlenme sporlarının rüzgarlarla dağılması nedeniyle türleri dünya üzerinde geniş yayılma özelliğine sahiptir ( Temel, 1995 ).

### **Crustacea**

Crustacea sınıfı, Arthropoda phylumunun ( eklembacaklıların ) suda yaşayan en büyük gubunu oluşturmaktadır. Crustacealer hem larva hem ergin veya her iki halde de planktonun en önemli üyeleridir. Bazı denizlerde zooplankton ağırlığının % 90 kadarını bunlar teşkil eder. Arthropodlara dahildirler ve eklembacaklıdırlar. Kitinden yapılmış dış koruyucu bir iskeletleri vardır. Krustasenin büyük çoğunluğunu Copepod'lar ve Cladocera'lar meydana getirir. Cladoceraların çoğu tatlısularda az bir kısmı da acısu ve denizlerde yaşarlar. Cladocera'lar, balık besini olarak göl ortamındaki besin zincirinde çok önemli rol oynamaktadır. Copepodalar ise kısmen serbest kısmen de parazit yaşayan crustacea'lardır. Tatlısu ve denizlerde, genellikle büyük gruplar halinde bulurlar. Serbest yaşayan copepoda'lar, su ortamındaki besin zincirinin esas halkalarından birini teşkil etmekle birlikte genellikle Cladocera'lar gibi balık besininin önemli elementi değildir. Crustacea'ların çoğunluğu kırmızı ya da kırmızının tonlarında pigment taşırlar. Parazit olanlar hariç hepsi ayrı eşeylidir. Çoğu denizlerde , bir kısmı da tatlısularda yaşarlar ( Aykulu, 1998 ).

### **Rotiferler**

Sularda çok geniş yayılıma sahip, 1800'den fazla türe sahip bir gruptur. Göllerin zooplankton kommünitesinde önemli rol oynarlar. Nehir planktonunda boldurlar. 1800 türün yalnızca % 5'i deniz ve acısularda yaşar. Türlerin çoğu omnivordur ve uygun ölçülerdeki tüm organik partiküllerle beslenirler. Genellikle alkali sular nispeten birkaç tür, fakat fazla sayıda fert; asidik sular ise fazla miktarda tür ve birkaç fert ihtiva eder. Rotiferler, sabahın erken saatlerinde yüzey yakınında maksimum bollukta bulunurlar. Öğleden sonra ise yavaş olarak aşağıya çekilirler.

### 1.5.1.3. Vertebrata

#### Balıklar

Vertebrata ( omurgalılar ) arasında türü en fazla olan balıklardır. Balıklar, yalnızca tür sayısı, biçim ve büyüklük bakımından değil, diğer dış morfolojik özellikler, anatomi, fizyoloji, davranış vs. gibi daha pek çok bakımdan çok çeşitlilik gösterirler; fakat birçok bakımdan bu kadar çok çeşitlilik göstermelerine çok geniş alanlara yayılmış olmaları ve çok çeşitli koşullar altında yaşayabilmeleri nedeniyle şaşmamak gerekir. Çünkü yeryüzünün % 97'si denizler ve okyanuslarla kaplı olup, yaklaşık % 3'ü de içsuları kapsar ve balıklar, hemen hemen nerede su varsa orada yaşayabilirler. Yerüstü sularında olduğu kadar yeraltı sularında, yaklaşık olarak – 2 °C'den + 44° C'ye kadar her sıcaklıktaki sularda, tatlısudan tuzluluğu % 14.24.'e kadar her tuzlulukta sularda balıklara rastlanır. Üstelik balıklar, bol ışıklı ve çok hızlı akan dağ sularında yaşayabildikleri gibi, diğer omurgalıların hiçbirinin yaşayamadığı son derece sakin olan ve salt karanlığın hüküm sürdüğü sularda da yaşayabilirler ( Demir, 1996 ).

Balık türlerinin % 58'i denizlerde, % 41'i tatlısularda yaşar, % 1'i ise diyadromdur, yani iki ortam arasında düzenli göçler yapar. Tatlısu türlerinin bu görece fazlalığı, içerdikleri balık popülasyonları birbirinden tümüyle ayrılmış olan içsuların, yeni türlerin oluşumuna daha elverişli olmaları nedeniyledir.

Tatlısuda, biri zorunlu tatlısu balıkları, diğeri öyrihalin deniz balıkları olmak üzere, başlıca iki tip balık bulunur. Zorunlu tatlısu balıkları, yaşamlarının hiç olmazsa bir evresini tatlısuda geçirmek zorunda olan balıklardır. Öyrihalin deniz balıkları ise, birincil olarak deniz formu olup, tatlısulara girerek, oralarda uzun süre kalabilme yeteneğine sahip olan balıklardır.

Oligotrofik göller, büyük bir çoğunlukla derin olan, besleyiciler ve organik materyalin az olduğu, çözünmüş oksijenin bol ve tüm derinliklerde bulunduğu genç göllerdir; bu nedenle tüm derinliklerde balıklar yaşayabilir. Ilıman bölgelerde yazın gerçekleşen tabakalaşma sonucunda, göl yüzeyinde sıcak bir tabaka hakimken, altta soğuk tabaka hakimdir. Alttaki soğuk su tabakası, soğuk su balıklarının yıl boyunca yaşamasına olanak verir.

Ötrofik göllerde, besleyicilerin miktarında, dolayısıyla veriminde artma olurken, ona uygun olarak balık faunasında da değişiklik olur; birçok organik madde dahil, yumuşak materyalin dipte yığılması, sığ sularda köklü bitkilerin miktarının artmasına neden olur ve yaşamlarının kimi evrelerinde balıklar için besin oluşturan birçok organizmaya nişler sağlar. Ötrofik

göllerde, organik materyalin ayrışımı için çok oksijene gereksinim vardır, bu nedenle hipolimnetik sularda çözünmüş oksijen miktarı azalır. Böylece bir gölün dip sularında yüksek oksijen gereksinimi olan balıkların sürekli olarak yaşamalarına olanak olmadığından, yüzey sularının soğuk olabileceği bir iklim kuşağında bulunmayan göllerde *Salmonidae*'nin üyeleri ortadan kalkar. Distrofik göller, genellikle sığ ve turba bataklığı olmaya yönelmiş organik materyali bol olan göllerdir. Bu tip göller, kimi mevsimlerde oksijenden, dolayısıyla balıktan yoksundurlar ( Demir, 1996 ).



## 2. GÖL EKOLOJİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

### 2.1 Giriş

Ülkemizde, 200 adet doğal göl, 120 adet baraj gölü, yaklaşık 1000 adet de gölet bulunmaktadır. Farklı boyutlardaki bozulma belirtileri, bu göllerin neredeyse tümünde gözlenmektedir. Göl havzalarındaki kirlenmenin başlıca nedeni, kentleşme ve endüstriyel gelişmedir. Bunlara ek olarak, ormanlık alanların yok oluşu ve erozyon, göl ekosistemlerini olumsuz yönde etkilemekte ve bozulmayı hızlandırmaktadır. Yüzeysel sularımızın kirlenmesine neden olan kaynaklar Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Su kirliliği, evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan su ortamlarına boşaltılmaları ve tarımda kullanılan bazı yapay maddelerin suya karışması ile oluşan, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştiren bir olgudur. İçme, kullanma ve sulama suyu ihtiyacı, artan nüfusuyla orantılı olarak her geçen gün fazlalaşan Türkiye’de su kirliliği ile ciddi şekilde mücadele edilmesi gerekliliği önem kazanmıştır.

Yüzeysel sular içinde kirlenmeye en hassas su kütleleri göllerdir. Özellikle dışarıya akışı olmayan göllerin havzalarında akarsuların taşıdığı maddeler birikmeye başlar ve zamanla su kalitesi bozulur. Bu sebeple Türkiye’deki birçok göl ciddi tehdit altındadır. Ülkemizde nüfus artış hızının yaklaşık % 3 olduğu dikkate alınacak olursa, zaten sınırlı sayıda olan su kaynaklarımızın her geçen yıl daha fazla kullanıcı tarafından tüketildiği açıkça görülür. Bir yandan su kaynaklarımızın hızlı kirliliği, diğer bir yandan da kaynakların kullanımındaki artış, göllerimizin biyolojik hayatını olumsuz yönde etkilemenin yanı sıra, su kalitesinde de bozulmalara neden olmaktadır.

Su kütlelerindeki kirliliği kontrol altına almak ve önlemek için ülkemizde yeterli yatırım yapılmamıştır. Sanayi atıksularında, özellikle büyük özel girişimlerde önemli derecede bir ilerleme sağlanmışsa da evsel atıksu konusunda herhangi bir ilerleme kaydedilememiştir. Su kirliliği ve kontrolü birçok bakanlığın çalışma alanı içinde yer almaktadır. Çevre Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Tarım ve Orman Bakanlıkları bunlardan sadece birkaçıdır. Ayrıca yerel yönetimler ve bazı gönüllü kuruluşlar da bu konuda çalışmalar yürütmektedirler.

Çeşitli sosyo-ekonomik gelişmeler sonucunda, Türkiye’deki göllerin bozulma tehdidi altında olması bu konuda acil önlemler alınmasını gerektirmektedir. Daha geniş ekosistemlerin ve su döngülerinin dengeleyici unsurları olan göller, kirlilikten çabuk etkilenen duyarlı yapılarına rağmen, bugüne kadar sınırsız su, enerji ve doğal yaşam kaynakları ve atıksu deşarj ortamları olarak görülmüşlerdir.

Göl yönetimine ilişkin yasal düzenlemeler içerisinde özel bir öneme sahip olan Çevre Kanunu kapsamındaki “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği”, göl çevresindeki kirliliği önlemeye yönelik ilkeleri içermektedir. Ancak, ilgili mevzuat, göllerin korunmasını sağlayacak yaptırımlar açısından yeterli değildir.

Su kaynaklarının yönetimi konusunda önemli bir darboğaz da, atıksuların deniz ve göllere kontrolsüz boşaltılması nedeniyle, su kalitesinin izlenmesi ve denetimi ile ilgili sorunlardan kaynaklanmaktadır. İzleme ve denetime ilişkin görevler, su kaynaklarının kullanım amaçlarına bağlı olarak, yerel yönetimler ile merkezi yönetim kuruluşları arasında paylaştırılmıştır. Sorumlu kuruluşların görev dağılımındaki boşluklar nedeniyle, iyi kurulmuş sürekli bir izleme sisteminden yararlanamayan çok sayıda göl bulunmaktadır.

Göller “koruma ve kurtarma” konusundaki en önemli atılımlar, göl belediyeleri tarafından yapılmaktadır. Göl yönetimi konusundaki en duyarlı kuruluşların başında gelen belediyeler, yerel gelişme planlarının hazırlanmasından ve atıksu yönetimi çerçevesinde atıkların güvenli bir şekilde deşarjından sorumludur. Belediyeler, arazi kullanımı planlaması konusundaki yetkileri ile, göllerin kirlenmesini önleme konusunda önemli bir role sahip olmakla birlikte, gerekli teknik kapasiteye ve altyapının inşası için yeterli mali kaynaklara sahip değildirler.



Çizelge 2.1. Kirletici Kaynaklar

| KIRLETİCİ KAYNAĞININ TİPİ | KIRLETİCİNİN CİNSİ                                                                                                                                                          |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>NOKTASAL KAYNAKLAR</b> | Evsel Atıksular<br>Endüstriyel Atıksular<br>Belediye Kanal Suları<br>Meskun Bölgelerden Gelen Yağmur Suları<br>Gemi Balast Suları<br>Maden İşletmeleri<br>Çöp Dökme Yerleri |
| <b>DAĞINIK KAYNAKLAR</b>  | Toprak Erozyonu<br>Gübreler<br>Pestisitler<br>Hayvan Barınaklarının Katı ve Sıvı Atıkları<br>Ormanlık Bölgelerden Kaynaklanan Kirleticiler<br>Drenaj Suları                 |

## 2.2. Ötrofikasyon

Göl ve haznelerin, azot ve fosfor gibi besi maddelerince zenginleşerek kalitesinin bozulması ile su bitkilerinin gelişmesi ve birdenbire büyük kütlelere ulaşması – yani alg patlamaları – olayına *ötrofikasyon* denir. Ötrofikasyon olayı, göldeki besin zincirleriyle ilgilidir. Göl ötrofikasyonu, yüzeysel suyun coğrafi konumuna, güneş radyasyonunun çeşitli derinliklere nüfuz etme derecesine, besi elementi girişinin miktar ve şekline, su partiküllerinin hareket ve dispersiyonuna bağlı olarak değişebilir. Aşırı ötrofikasyon durumunda, büyük miktarlarda alg üremesi ve bu alglerin dibe çökerek ayrışması sonucunda, dip sularında oksijen tükenir ve hidrojen sülfid gazı ortaya çıkar. Bu gaz, suyun karışmasıyla zamanla su yüzüne çıkarak, hem çevreye kötü koku yayılmasına hem de balık kırımına neden olur.

Ötrofikasyon olayı, suların organik bakımdan zenginleştiği tabii bir yaşlanma olayı olup su bitkilerinin gelişmesine, gölün bataklık halini almasına ve sonunda kurumasına yol açar. Ötrofikasyon insan tarafından göle besi elementleri sokulması nedeniyle hızlanır. Gelişen bitkilerin ölüp tabana çökmesiyle tabanda ilave bir oksijen talebi ile karşılaşılır. Bunun sebebi tabanda ölü bitkisel maddelerin çürümesidir. Bu da, suyun çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına yol açar. Ötrofikasyonun su hayatı için zararlı olabilen etkileri gece ve gündüz arasında çözünmüş oksijen seviyelerinin kayması ile birlikte kendini gösterir ( Muslu, 2001 ).

Sulardaki besin zincirleri ne kadar gelişmiş ve fazla üretken durumda ise, normal olarak sularda az miktarda bulunan azot ve fosfor elementlerinin miktarı da o kadar fazla olur. Bitkisel üretim ve besin zincirlerinin tabii dengesi, besi elementlerinin miktarına bağlıdır. Bu maddelerin normalden fazla olması, dengeyi bozar ve zooplankton tarafından tüketilmesi kolay olmayan mavi – yeşil alglerin ( *cyanophyta* ) birden bire çok fazla miktarda üremesine yol açar. Dolayısıyla mavi – yeşil alglerin ortamda gözükmesi ötrofikasyonun belirtisidir. Ötrofikasyon su ortamını ekonomik ve ekolojik açıdan olumsuz yönde etkiler. Göllerde ötrofikasyonu önlemek için gerekli olan kontrol sınır değerleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Muslu ( 2001 )'e göre, bir gölde ötrofikasyonun belirlenebilmesi için dikkate alınması gereken başlıca değişkenler şunlardır:

1. Su yüzeyindeki güneş radyasyonu,
2. Su kütlesinin yüzey alanı, taban alanı, derinlik ve hacim,
3. Akım, hız, dispersiyon,
4. Besi elementleri ( azot, fosfor, silisyum ),
5. Su sıcaklığı,
6. Klorofil – a

### 2.2.1. Ötrofikasyonun Ekolojik Açıdan Olumsuz Etkileri

1. Su yataklarının ötrofik hale gelmesiyle, bazı fitoplanktonlar aşırı derecede çoğalmaktadır. Bazı fitoplankton türlerinin aşırı dercede artmasıyla birlikte, ekolojik denge bozulmakta ve besin zinciri yoluyla doğal hayat zarar görmektedir.
2. Ötrofik seviyenin artmasıyla balıkların beslendikleri organizmalar ve balıklar azalmaktadır. Bu olumsuz etki ötrofikasyonun düşük seviyede olması durumunda görülür. İleri derecede ötrofik hale gelmiş su yataklarında balıklar yaşamlarını sürdüremezler.
3. Su yataklarının tabanında taban çamurunun birikmesi sonucu zamanla, su ortamında canlılara olumsuz etki yapabilecek kirleticiler aşırı derecede çoğalır.
4. Bakteri sayısı anormal derecede artar.
5. Aşırı derecede çoğalan canlı organizmaların ayrışması sırasında, su yataklarının alt tabakalarında aşırı oksijen tüketimi olmakta ve anaerobik bir ortam oluşmaktadır..

6. Özellikle sahil kesimlerinde bitkiler, çamur oluşumunun hızlanması sonucunda yok olurlar.
7. Su yüzeyi canlılara zehirleyici etki yapan mavi – yeşil alglerle kaplanır.
8. Aşırı derecede çoğalmış alglerin dalgaları kırması sonucu, su yatağının atmosferden oksijen kazanımı azalır.
9. Sirvisinek ve böceklerin üremesinde artış görülür.

### 2.2.2. Ötrofikasyonun İçmesuyu ve Halk Sağlığı Açısından Olumsuz Etkileri

1. Suyun renk, koku ve tat gibi özellikleri bozulur.
2. Sıcaklık tabakalaşması olan göllerin alt kısımlarında, anaerobik ortamlar oluşmakta ve sudan  $CH_4$  ve  $H_2S$  gibi oksijensiz ortam ayrışma ürünü gazlar çıkmaktadır. Bu gazların oluşturduğu kokular, göl çevresindeki yerleşim yerlerinde yaşayan insanları rahatsız etmektedir.
3. Ötrofik seviye ilerledikçe, su kaynağındaki amonyak iyonu artmakta, bu da zehirlenme ve guatr hastalıklarına yol açmaktadır. Alerjik hastalıklar artmaktadır
4. Demir ve mangan konsantrasyonu artarak, suyun renk ve tadını bozmaktadır..
5. Alg özellikli kompleks bileşikler meydana gelmektedir.

Çizelge 2.2. Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrol Sınır Değerleri ( Resmi Gazete, 1988 )

| İSTENEN ÖZELLİKLER                         | KULLANIM ALANI                      |                          |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
|                                            | Doğal koruma Alanı ve<br>Rekreasyon | Çeşitli Kullanımlar İçin |
| pH                                         | 6.5 – 8.5                           | 6.0 – 10.5               |
| KOI ( mg / lt )                            | 3                                   | 8                        |
| CO <sub>2</sub> ( mg / lt )                | 7.5                                 | 5                        |
| AKM ( mg / lt )                            | 5                                   | 15                       |
| Toplam Koliform Sayısı<br>( EMS / 100 ml ) | 1000                                | 1000                     |
| Toplam Azot ( mg / lt )                    | 0.1                                 | 1                        |
| Toplam Fosfor ( mg / lt )                  | 0.005                               | 0.1                      |

### 2.3. Alg Kontrolü

Bitkilerin gelişmesi için bol miktarda bulunması gerekli besi elementleri, karbondioksit, inorganik azot ve fosfat bileşikleridir. Demir gibi bir çok iz elementleri de büyüme için lüzumludur. Göl ötrofikasyonunun kontrolünde, besi elementlerinin miktarının sınırlandırılması anahtar bir faktördür. Tabii sulara aşırı üretkenlik için lüzumlu karbondioksit, bikarbonat alkaliliği halinde zaten mevcuttur. Ötrofikasyonda esas sınırlandırıcı faktörün fosfor veya azot olduğu anlaşılmıştır. Araştırmacıların çoğu, bir göl, gittikçe daha ötrofik hale gelirken, gelişmeyi sınırlandıran esas faktörün fosfor olduğuna inanmaktadırlar. Mavi – yeşil alglerin atmosfer azotunu tespit edebilmesi de bu kanaati doğrulamaktadır. Bundan dolayı göle giren azot miktarını sınırlandırarak besin kaynaklarının kontrolü şüpheli bir işlemdir. Bugünkü durumda göllerde bitki üremesinin kontrolü için fosfor girişinin azaltılması üzerinde durulmaktadır ( Muslu, 2001 ). Göllerin trofik seviyelerini belirleyen secchi diski, korofil – a ve fosforun limit değerleri Çizelge 2.3.’de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Gölün Farklı Trofik Seviyelerini Belirleyen Limit Değerler ( OECD’ye göre )  
( Zilioli ve Brivio, 1997 )

| Trofik Seviye              | Secchi Diski ( m ) |           | Klorofil (µg /l) |          | Fosfor (mg/l) |
|----------------------------|--------------------|-----------|------------------|----------|---------------|
|                            | Ortalama           | Maksimum  | Ortalama         | Maksimum | Ortalama      |
| <b>Ultra – Oligotrofik</b> | > 12               | > 6       | <1               | <2.5     | <4            |
| <b>Oligotrofik</b>         | > 6                | > 3       | <2.5             | <8       | <10           |
| <b>Mezotrofik</b>          | 6 – 3              | 3 – 1.5   | 2.5 – 8          | 8 – 25   | 10 – 35       |
| <b>Ötrofik</b>             | 3 – 1.5            | 1.5 – 0.7 | 8 – 25           | 25 – 75  | 35 – 100      |
| <b>Hyper ötrofik</b>       | <1.5               | <0.7      | >25              | >75      | >100          |

Avrupa Çevre Koruma Kuruluşu ( EPA )’na göre, göl rezervuarlarında biyolojik problemlerin ortaya çıkma sınırı olarak 25 mg/l toplam fosfor değeri kabul edilmektedir. Günümüzde kullanılmakta olan sınır konsantrasyonlar ise 10 mg/l ve 20 mg/l’dir. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 10 mg/l’nin altında olan göller oligotrofik, 20 mg/l’nin üzerinde toplam fosfor konsantrasyonuna sahip göller ise ötrofik göller olarak değerlendirilmektedir. Bu iki sınır değer arasında bulunan göller ise mezotrofik göller olarak sınıflandırılmaktadırlar.



## 2.4. Ötrofikasyon Kontrolü

Ötrofikasyon kontrolü için esas metod, besi elementlerinin girişini kontrol etmek ise de, başka yöntemler de uygulanabilir. Bunlar;

- Evsel ve endüstriyel atıksulara ait nokta kaynaklardan gelen akım, fiziksel, kimyasal ve biyolojik vasıtalarla tasfiye edilerek bu kaynakların yükleri azaltılabilir.
- Arazinin kullanılma ve korunma şekli ile tarım alanlarında kullanılan kimyasal maddeler değiştirilerek, değişik kaynaklardan gelen yükler azaltılabilir.
- Atıksu akım yönü değiştirilerek besi elementi girişi, zararı daha az olacak başka bir deşarj noktasına sevkedilebilir.
- Atıksu göle girmeden önce bir su tutma ya da arıtım haznesinden geçirilerek, hem hidrolojik, hem de biyolojik bir dengeleme ve tasfiye işlemi gerçekleştirilebilir.
- Fosfat ihtiva etmeyen deterjan kullanımı teşvik edilerek, besi elementi girişi azaltılabilir.

Bazı geçici usuller de tatbik edilebilir. Bunlar;

1. Alttaki soğuk suyu yüzeye pompalayarak tabakalaşmayı kırmak ve sun'i bir karışım oluşturmaktır. Bu esnada hipolimnionda çözünmüş oksijen artar, epilimnion'da ise sıcaklık düşer. Bu durum, esas tad ve kokuya neden olan mavi – yeşil alglerin yerini, daha az zararlı olan yeşil alglerin almasına imkan verir.
2. Mikroeleklerle suyu süzerek alg gidermek de mümkündür. Fakat bu işlem oldukça pahalı ve pratik olmayan bir yöntemdir.
3. Bu metodlar dışında, çeşitli yollarla su bitkilerini kazıyıp temizlemek ya da çeşitli herbisidler kullanmak da geçici çözüm sağlayabilir.

Ötrofikasyon kontrolü biyolojik ve kimyasal metodlarla da gerçekleştirilebilir. Biyolojik kontrol, *Tilapia* ve *Cyprinus carpio* ( sazan ) gibi bazı balık türlerini üreterek, fitoplanktonların bunlar tarafından tüketilmesi sağlanarak gerçekleştirilebilir. Biyolojik ot

mücadelesinde, özel bazı tür sazanlar tercih edilir. Bunlardan en çok tercih edileni ise, (*Ctenopharyngodon idella*) ot sazanıdır. Bunlar dışında;

1. Bitki patojenleri kullanılarak tüketilebilirler.
2. Balık türlerinde, bunların besin zincirlerinde ve aralarındaki rekabet ve avlanma şekillerinde biyomanipülasyonlar yaparak değişiklikler meydana getirilebilir.

Kimyasal kontrolde ise *bakır sülfat* yaygın olarak kullanılan bir maddedir. Uygun dozda kullanılmadığı takdirde balıklar için zehirleyicidir. Ayrıca birkaç yıllık bir tatbikattan sonra gölde, taban çökeltilerinde bakır sülfat biriktiği tesbit edilmiştir. Fakat uygun şekilde ve ölçüde uygulandığında göl suyu hızla temizlenir ve berraklaşır. Bu töntemin muntazam aralıklarla tatbik edilmesi şarttır. Bazı hallerde *potasyum permanganatın* da alg kontrolünde etkili bir kimyasal madde olduğu kabul edilmektedir.

## 2.5. Göl Ekosistemine Yönelik Tehditler

Tatlısu kaynakları, canlı yaşamının devamlılığı için vazgeçilmezdir. Tatlısu kaynaklarından biri olan göller, durgun su kütleleri olduklarından dolayı ekolojileri doğal kaynaklarla ya da insan faaliyetleri sonucunda hızla bozulabilmektedir. Göl kirlenmesinde temel taşınım yolları ise akarsular ve atmosferrir. Akarsuların taşıdığı çözünmüş ve askıda maddelerin miktarının önemli bir bölümü erozyon ve kimyasal çözünme sonucu oluşur. Bu maddelerin göle giriş miktarlarında, arazi kullanımındaki değişim ve asit yağmurları gibi nedenlerle artış gerçekleşebilir. Göle giren kirleticilerin büyük kısmı akarsular, sanayi kuruluşları ve drenaj yolu ile taşınır, fakat azımsanamayacak miktarda bir kirlilik de atmosferle taşınmaktadır. Atmosfer, fosil yakıtların yanma ürünleri ( kükürt ve azot oksitler, hidrokarbonlar ), endüstriyel atık gazlar ve halojenürlü hidrokarbonlar gibi maddelerin de uzun mesafelere taşınımını sağlar.

Su canlıları için yaşama çevresi, insanlar için besin kaynağı, dinlenme ve eğlenme için tabii ortam, atıkların tabii tasfiyesini temin eden alıcı bir ortam ve bunun gibi sayabileceğimiz daha onlarca özelliğe sahip göller ne yazık ki hiçbir zaman gerekli ilgiyi görmemiştir. Göl ekosistemlerinin yaşadıkları en önemli tehditler arasında besin zinciri yıkımı ( ötrofikasyon ), aşırı avlanma, arazi islahları, asitleşme, tuzlanma, ağır metal ve diğer toksik madde kirlilikleri, doğal su rejimlerinin su çekimi, tarım, evsel ve küresel ısınma gibi nedenlerle bozulması sayılabilir. Su kirleticileri hem doğal hem de insan kaynaklı olabilir. Doğal



kaynaklı olan su kirliliği, zaman zaman endişe verici boyutlarda olsa da, insan kaynaklı kirlilik daha yaygındır. Su kirliliği kaynaklarını; noktasal ve dağınık kaynak olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Noktasal kaynaklı kirlilik, işletme ve belediyelerin arıtma tesisleri vasıtası ile sulara karışır ve genellikle suya karışma noktaları belli olduğu için gerektiğinde kolaylıkla kontrol altına alınabilir. Dağınık kaynaklı kirlilik ise, çeşitli küçük alanlardan büyük alana yayılan kirliliktir. Zirai sızıntı, toprak erozyonu, maden ocaklarının atıkları, şehir atıkları ve inşaat kalıntıları gibi kirletici kaynakları dağınık kaynaklı kirlilik kapsamına girerler. Bu kirliliğin kontrol altına alınması oldukça zordur. Buna göre, göl ekosistemlerine yönelik belli başlı tehditleri sıralayacak olursak:

- Endüstriyel ve evsel atık deşarjları ve tarım kaynaklı kimyasallar,
- Kıyı gelişimlerinde meydana gelen arazi islahları,
- Balık ve kuşlar üzerindeki ağır av baskısı,
- Göl havzasındaki ormanlık alanların tahribi,
- Yanlış tarım uygulamaları ve maden ocakları atıkları ile gölün dolması,
- Sulama amaçlı gölden su çekimi,
- Regülatörlerle su seviyesi düzenlemeleri,
- Genelde göl hidrolojisi üzerine yapılan müdahaleler,
- Göl çevresine çekilen seddeler vasıtasıyla gölün taşkın alanının daraltılması,
- Taşkından korunan kısımların tarıma açılması, bu tehditlerin başında sayılabilir.

### **2.5.1. Kirleticilerin Göl Ekolojisi Üzerindeki Etkileri**

#### **2.5.1.1. Zehirli Kirleticiler**

Ağır metaller veya diğer toksik maddelerden bir veya birkaçını ihtiva eden kullanılmış suların göl gibi hassas bir alıcı ortama verilmesi, bu su ortamındaki organizmalar üzerinde zehirleyici etki yapar ve ortamdaki canlı hayatını tehlikeye sokar. Kitle halindeki balık ölümleri de bu tip zehirli maddelerin su yataklarına verilmesi sonucu gerçekleşmektedir.

Bazı pestisitlerin, ağır metallerin ve radyoaktif elementlerin su ortamındaki besin zincirinde birikerek, organizmadan organizmaya artan konsantrasyonlar halinde taşındığı bilinmektedir.

Düşük seviyedeki zehirlilikler ise aşağıdaki olaylardan dolayı sistemdeki bütün organizma grubunun dengesini bozabilir ( Karpuzcu, 1996 ):

1. Gerek hassas yapılı balık türleri, gerekse bunlara besin teşkil eden mikroorganizmalar ölebilir ve böylece daha az hassas olan ve insanlar tarafından daha az arzu edilen türler, rakiplerinin azalması nedeniyle aşırı çoğalabilir.
2. Alglerin ve diğer mikroorganizmaların düşük zehirlilik seviyelerinde ölmeleri halinde, balıklar da ölebilir veya besin aramak üzere bulunduğu su ortamını terk edebilir.
3. Tolerans sınırlarında yaşama mücadelesi veren zayıf türlerin bireyleri, parazit ve hastalıklara karşı çok daha hassas bir duruma gelebilir.
4. Yumurta, larva veya çok genç bireyler düşük zehirlilik seviyelerine, yetişkin bireylere nazaran çok daha hassas olduklarından, türlerin üreme ve çoğalma potansiyelleri değişir.

Sonuç olarak düşük seviyedeki zehirlilikler göl, haliç, veya nehir gibi bir su yatağındaki alışılmış biyolojik yapıyı yavaş yavaş ve farkına varılmadan değiştirebilir.

#### **2.5.1.2. Organik Maddeler**

Göllere gibi doğal sularda, organik maddeleri sestondaki ( suya asılı halde bulunan canlı ve cansız tüm parçacıklar ) canlılarla, çözünmüş ve süspansiyon haldeki parçacıklar oluşturur. Çözünmüş organiklerin tümü, canlıların metabolik atıklarından ve ölmüş organizmaların bozunmasından kaynaklanır. Bu organik maddelerin başlıcaları: organik fosfor, organik azot, organik karbon, protein, karbonhidrat, aminoasit, organik asit ve vitaminlerdir.

Organik veya biyolojik olarak ayrışabilen atıklar, su yatağına girer girmez bakterilerin hücumuna uğrarlar. Bu ayrışma esnasında, sudaki hayat için çok önemli olan çözünmüş oksijen konsantrasyonu da azaltılmış olur. Su yatağına giren organik maddelerin çok fazla olması halinde, mevcut çözünmüş oksijenin tamamı kullanılarak ortam anaerobik bir durum alabilir. Bu durumda sistemin ekolojik dengesi bozulur ve su ortamındaki hayat büyük ölçüde etkilenir. Fakat ayrıştırma esnasında harcanan bu oksijen, atmosferle su arasındaki ara kesitte gerçekleşen gaz transferi ile yeniden kazanılır ve doğal arıtım olarak adlandırılan bu döngü

kararlı bir halde devam eder. Eğer sulardaki bu oksijen tüketim hızı, oksijen kazanım hızından çok daha yüksekse, çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0 mg/l'te kadar düşer. Bu durumda da tüm aerobik yaşam durur. Bunların yerini oksijensiz ortamda yaşayabilen anaerobik mikroorganizmalar alır. Bu mikroorganizmalarda su ortamındaki mevcut organik maddeleri tüketirler. Fakat bu anaerobik ayrıştırma esnasında amonyak, metan ve hidrojen sülfür gibi yarı stabil son ürünler açığa çıkar. Bu tür su ortamlarında balık ve diğer su canlılarının yaşamasına imkan olmadığı gibi bu tip sular, içme, kullanma ve rekreasyon amacı ile de kullanılamazlar.

Kullanılmış suların göllere alıcı ortam olarak verilmesi sonucunda BOİ yükü artar, buna karşılık çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Göl sularındaki BOİ miktarı, biyolojik olarak parçalanabilen organik madde miktarının göstergesidir. Organik madde konsantrasyonunun yüksek olduğu göl sularında, su sıcaklığı da normal değerlerin üstünde ise, çözünmüş oksijen konsantrasyonu kritik bir durum gösterebilir. Böyle durumlar da göl sularında aerobik mikroorganizmaların yerini anaerobik mikroorganizmalar alır ve parçalanmanın son ürünleri de değişir.

Göllerde çözünmüş halde bulunan organik maddelerin kaynakları;

1. Karalardan taşınan organik maddeler,
2. Göl canlılarının ölümleri sonrası ayrışmaları ile açığa çıkan organik maddeler,
3. Alglerin, özellikle fitoplanktonik formların hücre dışı metabolitleri,
4. Zooplankton ve diğer göl canlılarının ekskresyonlarından meydana gelen organik maddeler olarak bilinmektedir.

### 2.5.1.3. Çökelebilen Katı Maddeler

Çökelebilen katı maddeler, inşaat işleri sonucu, erozyon neticesinde, maden ve taş ocağı işletmelerinin çeşitli faaliyetlerinden, kum – çakıl yıkama tesislerinden kaynaklanmaktadır. En büyük kaynak ise, maden işletmeleri ve özellikle tarla ziraatıdır.

Su yatağı tabanının çökelebilen maddeler ile örtülmesi, balık yumurtalarının ve diğer organizma larvalarının gelişmesini önlerken, gıdalarını bu ortamdan temin eden organizmalarında beslenmesini güçleştirir. Tabanda biriken maddelerin organik menşeyli olmaları halinde, bunların zamanla biyolojik olarak parçalanması, sudaki çözünmüş oksijen

konsantrasyonunu azaltır ve su çevresi için arzu edilmeyen organizmaların büyük ölçüde çoğalmasına sebep olur. Bu ayrışma ve çürüme neticesinde taban oksijensiz bir ortam haline gelebilir ve arzu edilemeyen,  $H_2S$ ,  $CO_2$  ve  $CH_4$  gazları ortaya çıkabilir.

#### 2.5.1.4. Pestisitler

Zararlı böcek, bakteri, kemirgen ve mantar gibi zararlı unsurların kontrolü amacıyla kullanılan çok çeşitli kimyasal bileşime sahip organik ve inorganik bileşiklerdir. Canlı vücudunda mutajenik ve kanserojen etkisi vardır. Tarım yapılan arazilerde kullanılan tarım ilaçları genellikle çok dayanıklı olduklarından ayrışmaları yıllarca sürebilir. Bunlar hem toprak, hem de dolaylı olarak su kaynaklarının önemli ölçüde kirlenmesine sebep olurlar.

Mutluay ve Demirak'a (1996) göre, pestisitler kimyasal yapılarına göre üç gruba ayrılırlar :

1. *Anorganik pestisitler:* Suda ağır metal sınıflandırmasına girerler. Başlıcaları Arsenik, Civa, Florür, Bakır ve Elementel Kükürt'tür.
2. *Sentetik ve organik pestisitler:* Klorlu hidrokarbonlar, Tiyokarbamatlı ve Karbamatlı pestisitler.
3. *Doğal organik pestisitler:* Nikotin, allethrin ve pyretrum'dur.

Genellikle tarım alanları senede en az bir kere DDT ve benzeri pestisitler ile ilaçlanır, ve bu pestisitler toprakta birikir. DDT ve türevi olan klorürlü hidrokarbonlar cinsinden tarım ilaçlarının önemi, ekosistemlerde çok uzun süre kalma ve yayılabilme özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ortamda çok uzun süre ayrışmadan kalabilen bu dayanıklı tarım ilaçları, sonunda erozyon ve yağmur suyu gibi nedenlerle taşınarak çeşitli yollardan yüzey sularına karışır ve suya karıştıklarında kitleler halinde su ürünleri ölümüne yol açarlar. Bazı pestisitler, su ürünlerinin bünyelerinde birikerek gıda zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşarak zarar verirler.

Dünyada 1940'lı yıllarda kullanılmaya başlayan ve pek çok ülkede kullanımı yasaklanan DDT tarım ilacı, 1982 yılından itibaren ülkemizde de yasaklanmıştır. Ama bilinçsizce kullanımı bazı yörelerde halen devam etmektedir. DDT, dünyada besin zincirinde konsantrasyonu gittikçe büyüyen tek bileşik değildir. PCB'ler de DDT gibi bütün dünyada görülen bir kirletici olmuştur. PCB'ler yaklaşık 50 bileşiğin karışımından meydana gelmektedir. DDT'ler gibi suda erimeyen PCB karbon, hidrojen ve klordan yapılmıştır. Hem kimyasal maddelere hem de biyolojik ayrışmaya karşı dayanıklıdır. Bazı fitoplankton

türlerinde fotosentezi önleyebildikleri gibi, karides gibi omurgasızlar, balıklar ve bu balıklarla beslenen su kuşları da PCB'ye karşı hassasiyet gösterirler.

#### **2.5.1.5. Gübreler**

Tüm dünyada tarım, dağınık su kirliliğinin başlıca kaynağıdır. Tarımsal uygulamalar, su kirliliği yaratacak çeşitli maddelerin ortaya çıkmasına neden olurken, gübre sızıntıları da, suların besin bakımından zenginleşmesine sebep olur. Besin bakımından zenginleşen sular, su organizmalarının sayıca fazla miktarda artmasına ve su yüzeyinde kirlilik oluşmasına neden olur.

Her yıl esas bileşimi azot, fosfor ve potasyum olan, büyük miktarda sun'i gübre tarım arazilerine verilmektedir. Bilhassa azot, toprak içinde yağış veya sulama ile kolayca taşınarak yeraltısularına karışır. Fosforlu gübrelerin hareketleri ise, kumlu topraklar dışında oldukça yavaştır, yani yayılma tehlikesi fazla değildir. Potasyumlu gübrelerin de suda çözünürlükleri iyidir, fakat topraktaki hareketleri yavaştır.

Kimyasal gübrelerin su alanlarına etkisi hakkındaki tipik bir bulgu, İç Anadolu'daki önemli bir sulak alan olan Mogan Gölü'ndeki fosfor yüküdür. Göl canlılarının yaşam ve üremelerini kısıtlayan bu fosfor yükü çevredeki tarım alanlarından kaynaklanmaktadır. Çevredeki tarım alanlarından her yıl göle gelen sediment yükü yaklaşık 354 tondur. Sediment olarak göle ulaşan bu tarım toprakları, bir taraftan göl dibinin yükselmesine neden olarak ötrofikasyona sebep olurken, diğer taraftan taşıdıkları fosfor yükü nedeniyle de sorun yaratmaktadırlar.

#### **2.5.1.6. Yağlar**

Su yatağında kirlenme meydana getiren yağlar, ya petro – kimya tesislerinden ya da rafinerilerden ileri gelir. Serbest yağ ve emüsyonları, alglerin ve fitoplanktonların üzerlerine sıvanarak onları tahrip ettikleri gibi balıkların solungaçlarını tıkayarak soluk almalarını da güçleştirir. Aynı zamanda yağlar bir tabaka halinde su yüzeyini kaplayarak, su ortamına havadan oksijen girmesini önler. Yağların bir kısmı doğrudan zehirleyici özelliğe sahiptir ( fenoller gibi ) ve organizmaları zehirleyerek tahrip eder. Yağ ile kirlenmiş sularda yaşayan balık ve midye gibi canlılar ölmeseler bile, yağın koku ve tadını absorbe ettikleri için etlerinin kalitesi bozulur.

### 2.5.1.7. Yüzey Aktif Maddeler

Bazı aktif maddeler düşük konsantrasyonda bile yüzey gerilimini düşürücü etkiye sahiptir. İşte böyle maddelere yüzey aktif maddeler denir. Yüzey aktif madde ( sürfaktan ) terimi, sabun, deterjan ve emülsiyon yapıcılar için kullanılan genel bir isimdir.

Deterjan üretiminde büyük hacimlerde yüzey aktif organik bileşikler kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları *dodesil benzen sülfonat (DDB)*, *alkil benzen sülfonat (ABS)* ve *alkil aril sülfonattır*. Çeşitli molekül yapılarına sahip olan alkil benzen sülfonatların düz tiplerine *lineoral alkal benzen sülfonat (LAS)* denir. Sentetik deterjan aktif maddelerin kimyasal yapılarının çok değişmesine karşılık tümünün ortak özelliği suda çözünen bir ucu sülfat, sülfonik asit veya poli eter grubu ile uzun ve yağda çözünen bir diğer uçtan oluşmasıdır. Anyonik olan deterjanlar düz zincirli veya dallanmış halkalı alkil sülfatlar ve sülfonatlar şeklinde imal edilirler. Düz zincirli anyonik deterjanlar biyolojik ayrışmaya çok müsaittir. Buna karşılık halkalı zincirli alkil sülfat veya sülfonatlar biyolojik olarak çok zor parçalanırlar ve hatta hiç parçalanmazlar. Anyonik olan deterjanların düz zincirli olanları ise sert deterjanlardır. İnsan sağlığı ve çevre kirliliği dikkate alındığında parçalanmalarının gerekliliği ortaya çıkar.

Özellikle akarsularda ve göllerde konsantrasyonun önemli ölçüde artması sonucu ortamdaki fauna ve flora olumsuz etkilenir. Deterjanda bulunan DDB ham maddesi doğada yıllarca kalabilen ve biyolojik olarak ayrışamayan sert yüzey aktif maddesidir. Ülkemizde 1972 de üretime başlamıştır. Ancak Avrupa ülkelerinin bir çoğunda DDB kullanımı kısıtlanmış veya tamamen kalkmıştır.

### 2.5.1.8. Besi Maddeleri ( Nutrientler )

Canlıların organizmalarını yenilemeleri ve metabolizma faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli kimyasal maddelere besi maddesi denir. Bu maddeler, algler tarafından çevreden temin edilir ve besin zincirinden geçerek tekrar ortama bırakılır. Yüzey sularındaki mikroskobik bitkiler için gerekli olan besi maddeleri:

1. Hücre teşkili ve enerji temini için gerekli olan ve canlı yapısının esasını teşkil eden “biyojenik maddeler” ( fosfor, azot, karbon vb. )



2. Canlı organizma ve faaliyetleri için gerekli olan eser halindeki maddeler olmak üzere iki grupta toplanabilir.

*Besi elementlerinin dış kaynakları:*

1. Evsel atıklar
2. Endüstriyel atıklar
3. Ziraat arazisinden gelen yağmur suları
4. Ormanlık bölgelerden gelen yağmur suları
5. Meskün bölgelerden gelen yağmur suları
6. Atmosferik döküntü maddeleri olarak sıralandırılmaktadır.

Su yataklarında, özellikle göl ve haliçler gibi durgun sularda besi maddeleri ötrofikasyona neden olurlar. Ötrofikasyona neden olan bu iki temel besi maddesi azot ve fosfor'dur. Bu besi maddelerinin bol miktarda ortama verilmesi neticesinde, su çevrelerinde algler ve diğer mikroorganizmalar arzu edilmeyecek miktarlarda çoğalarak suyun kalitesini bozarlar. Suyun tadı, kokusu ve rengi değişir. Su alma yapıları, tasfiye tesisleri ve sulama cihazları tıkanarak tam randımanla çalışamazlar. Algler ayrışmaya başlayınca, ayrışma için ortamdaki oksijen kullanılır. Diğer organizma ve kirleticilerle birlikte ölen alg hücrelerinin çabuk ayrışması, koku ve H<sub>2</sub>S gazının intişar etmesine sebep olur. Böyle bir su yatağı, sahili yaşama bakımından da uygun değildir. Böyle sahillerde yaşayanlarda cilt hastalıkları, solunum rahatsızlıkları ve gut gibi hastalıklara rastlanır. Göllerde müsaade edilebilecek azot ve fosfor yükleri Çizelge 2.4.'de verilmektedir ( Karpuzcu, 1996 ).

Çizelge 2.4. Göllerde Müsaade Edilen Azot ve Fosfor Yükleri

| Ortalama Derinlik<br>( m ) | Müsaade Edilebilir Yük<br>gr/m göl yüzeyi - sene |      | Tehlike Arzedan Yük<br>gr/m göl yüzeyi - sene |      |
|----------------------------|--------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------|------|
|                            | N                                                | P    | N                                             | P    |
| 5                          | 1.0                                              | 0.07 | 2.0                                           | 0.13 |
| 10                         | 1.5                                              | 0.10 | 3.0                                           | 0.20 |
| 50                         | 4.0                                              | 0.25 | 8.0                                           | 0.50 |
| 100                        | 6.0                                              | 0.40 | 12.0                                          | 0.80 |
| 150                        | 7.5                                              | 0.50 | 15.0                                          | 1.00 |
| 200                        | 9.0                                              | 0.60 | 18.0                                          | 1.20 |

#### 2.5.1.9. Isı Kirlenmesi

Yüzey sularına karışan atıksuların içerdiği atık enerji de ısı kirliliğine neden olabilir. Kömür, petrol ya da nükleer yakıt kullanan santraller, elektrik üretimi sırasında aşırı oranlarda ısı üretirler. Bu santrallerde ısınan mekanizmaları soğutmak için su kaynaklarından alınan sular kullanılır. Bu sular kullanıldıktan sonra tekrar kaynaklarına geri boşaltılır. Böylelikle su kaynaklarının ısısı artmış olur. Su ekosistemindeki birçok mikroorganizma ve balık artan ısıya dayanamayıp ölebilir ( Akben ve Sungur, 1993 ).

Balıkların ve diğer su canlılarının üreyebilmeleri, normal hayat faaliyetlerini sürdürebilmeleri için kesin sıcaklık sınırları vardır. Bu alt ve üst sınırların aşılması veya ani farklılıklar organizma için tehlikeli olabilir. Larvaların ve genç bireylerin gelişmeleri için bu aralık daha da küçüktür. Çok sıcak sularda balıkların mevcudiyeti, ancak yetişkin bireylerin dışarıdan göç etmesi ile mümkündür. Su yatağında sıcaklığın artması çevredeki alglerin de türlerini değiştirebilir. Bentik organizmaların sayıları ve türleri de çevre sıcaklığının 32 ° C'nin üstüne çıkması halinde azalmaya başlar. Bütün bunların yanında sıcak su deşarjlarının soğuk bölgelerdeki su yatakları için tek faydası, suyun donmasının önlenmesi ve soğuk bölgelerde balık bulunmasına olanak vermiş olmasıdır.

#### 2.5.1.10. Ağır metaller

Ağır metaller canlının yaşamı üzerinde konsantrasyonları nispetinde toksik etki gösterirler. Eser miktarda bile sakıncalı olabilen bu metallere örnek olarak, gümüş, arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, mangan, cıva, çinko gibi... metaller verilebilir. Özellikle kadmiyum, cıva, krom, kurşun gibi ağır metaller besin zinciri ile canlının vücuduna girer ve doğal fizyolojik mekanizmalarla vücuttan atılamadıkları için birikime uğrayarak birikmiş olan ağır metal konsantrasyonu nispetinde toksik etki yaparlar. Zira birikim sonucunda suda yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilirler. Bu çeşit su ürünleriyle beslenen insanlar da yaşamsal tehlike içine düşerler.

Ülkemizde su kaynaklarındaki bazı ağır metallerin işlevleri hakkında şunları söyleyebiliriz; Arsenik ve sodyum son derece zehirli elementlerdir. Su ortamlarına sanayi kuruluşlarının ve pestisidlerden karışırlar. Ayrıca arsenik toprağın özelliğine bağlı olarak zeminden kaynaklanabilir. Özellikle kükürtle bileşikle oluşturan arsenik ( Örneğin arsenik sülfür ) çözünerek doğal su ortamlarına ulaşmaktadır.

Doğal sularda bakır ve çinko bulunmaz. Ancak sulara endüstri atıklarından bulaşır. Genel olarak çinkoya bakırdan daha fazla rastlanır ve su ortamlarında balıklarda zehirlilik meydana getirdiği için, su ortamında istenmeyen metaldir. Çinko 0,15mg/lt konsantrasyonda balıklarda öldürücü olabilir. Sulara patlayıcı madde üretimi, fotoğrafçılık işlemleri ve boyalardan geçmektedir. Kemik dokusunda birikerek kurşun zehirlenmesine yol açar. Çinko normal miktarlarda bazı enzimatik fonksiyonlar için gereklidir ve birçok proteinlerde yapı elementi olarak bulunur. Bakır ise bazı enzimlerde bulunur ve pek çok omurgasızın kan proteininde solunum pigmenti olarak bulunmaktadır. Çinko ve bakır balıklarda aşırı salgılanmaya neden olur ve balıklara zararlı olan bazı organizmaları öldürürler. Yüksek miktarda çözünmüş oksijen bakırın toksik etkilerini bir dereceye kadar azaltarak solunumu kolaylaştırır. Su yüzeyinin kuvvetli bir şekilde karıştırılması suyun pH'ını düşürür ve bakırı çözünür halde tutacak olan serbest CO<sub>2</sub> birikimini önler.

Balıklarda görülen ağır metal zehirlenmelerinde bakır, solungaç yüzeylerinde çözünmeyen organometalik bileşikler oluşturur. Başka bir görüşe göre solungaçlar içindeki proteinler kimyasal bozunmaya uğrar. Diğer bütün ağır metaller de solungaç üzerine çökerler ve salgıyı pıhtılaştırırlar. Böylece oksijen alınımları zorlaşır. Sıcaklık artışı ile de ağır metallerin balıklara karşı olan toksititesi çoğalır.

Krom, doğal sularda çok düşük konsantrasyonlarda bulunur. İçme ve kullanma sularında toksik etkisinden dolayı bulunması tavsiye edilmez. Su ortamlarına, metal kaplama işlemi yapan, deri doya ve cam sanayisinden verilen atık sularla bulaşmaktadır.

Kadmiyum, korozyonu önlemek için metal yüzeylere ince tabaka halinde kaplanır. Plastik renklendirici gibi amaçlarla kullanılmakta ve her yıl da önemli miktarlarda sulara boşaltılmaktadır. İnsanda kemik kırılmaları şeklinde kendini gösteren itai-itai hastalığına yol açtığı için su ortamlarında bulunuşu önem taşır.

Civa'nında miktarını tahmin etmek zorsa da, insan tarafından kullanılan civanın %25 ile % 50 sinin çevreye, genel olarak, nehir, akarsu ve göllere verildiğine inanılmaktadır. Tabii yollardan veya insanın çeşitli etkinlikleri sonucu yüzeysel sulara verilen civa miktarları hemen hemen birbirine eşittir. Yüzeysel sulara karışan bu civanın bir kısmı suda erimiş halde bulunurken, geriye kalan büyük bir kısmı da taban çökeltisi halinde kalır. Hernekadar su ekosistemlerindeki çok karışık civa kimyasının büyük kısmı halen bilinmiyorsa da ortam alkali özellikte kaldığı müddetçe, dimetil civa stabildir ve direkt bir zararı yoktur. Fakat su asit özellikli ise, dimetil civa, suda eriyebilen, metil civaya dönüşür. Bu da direkt absorpsiyon

yoluyla ve besin zincirlerinde konsantrasyonun artması suretiyle canlı organizmalarda toplanır. Sularımız genellikle fazla asidik özellikte olmadığından, balıkların çoğunun yaşaması mümkün olabilmekte ve zehirlenme tehlikesi bulunmamaktadır.

Aslında metal ve metal bileşiklerinin sağlığa verdikleri zararlar hakkında kesin bilgiler elde etmek çok zordur. Bazı metaller düşük konsantrasyonlarda hayat için lüzumlu olduğu halde, yüksek konsantrasyonlarda zehirlidirler. Ayrıca bunlar saf metal halinde değil de herbiri ayrı bir tesire sahip olan inorganik metal bileşikleri halinde, veya organik, yani karbon ihtiva eden metal bileşikleri olarak çevreye verildiğinden, durum daha da karışıktır. Ağır metaller ile ilgili kirlenme sorunlarında son derece küçük konsantrasyonların etkisi söz konusudur.

#### **2.5.1.11. Radyoaktif Maddeler**

Radyasyon, organizmaların hücrelerini biyokimyasal açıdan etkiler. Radyasyonlu ortamlarda hücrelerin ve tüm organizmaların yaşamlarını kaybetmeleri söz konusudur. Özellikle de genler radyasyona karşı çok hassastır. Bu nedenle radyasyonun tesirinde kalan bir hücre ölmesede, üreme yeteneğini kaybeder ya da genlerinin mutasyonu söz konusudur. Bu nedenledir ki radyoaktivite için güvenli bir alt sınırın tespiti mümkün değildir. En küçük bir radyasyon bile büyük zararlara yol açabilir.

Radyasyonun yaşayan canlılar üzerindeki etkisi izotoplarına göre değişir. Bazı izotoplar insan vücudunda kemik ve dokularda birikim yapar. Bu yüzden biyolojik açıdan tehlikeler yaratır. Yüzeysel suların kabul edilebilir radyoaktivite değerleri belirlenirken onun izotoplarının da dikkate alınması ve standartlara çok düşük sınır değerleri konulmalıdır. Sulama sularında radyoaktivite bulunması halinde radyasyona dayanıklı olduklarından bitkiler üzerinde zararlı bir etkisi görülmez. Doğal sulara bulunan en önemli radyoaktif madde uranyum, toryum, radon, stronsiyum, potasyum, karbon ve hidrojenidir. Ülkemizde çok sayıda kaplıca bulunmakta ve suları da genellikle radyoaktivite içermektedir. Kaplıca ve maden sularındaki radyoaktivite doğal olabileceği gibi  $\alpha$ -partiküllerinin çözünmüş maddeler üzerine bombardımanı sonucunda meydana gelebilir. Volkanik kayalar ve granit radyum, toryum, uranyumca zengindir.

### 2.5.1.12. Asit Yağmurları

Asit yağışının ana sebepleri, sülfür ve azot oksitlerdir. Volkanlar, planktonlar ve çürümüş bitkiler gibi doğal kaynaklar sülfürdioksit yayarlar. Bunun yanı sıra kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yanması dünyadaki bu gazın kaynaklarından yaklaşık yarısından fazlasından sorumludur. Sülfürdioksit atmosfere yükseldiğinde sülfat iyonları formunu alır. Daha sonra havada hidrojen atomları ile sülfürik asidi oluşturur ve dünyaya geri döner. Oksidasyon amonyak ve ozonun kataliz etkisi ile genellikle bulutlarda oluşur. Bununla beraber sülfürdioksitin hepsi sülfürik aside dönüşmez, önemli bir miktar atmosferde serbest kalarak dünyaya geri döner. Azot oksitler de asit yağışın önemli elemanlarından. Bu kirleticilerin ana kaynağı ise egzoz gazları ve güç santralleridir. Sülfürdioksit gibi azot oksitlerde atmosferde yükselerek bulutlarda nitrik asit formuna dönüşür. Bu reaksiyonlar demir, mangan, amonyak ve hidrojen peroksitein bulunduğu yüksek kirliliklerdeki bulutlarda oluşur.

Kirleticilerin havadan uzaklaştırılmasında yağışlar büyük rol oynarlar. Fakat bu yolla atmosferden yere inen kirleticiler, yeryüzünde kirlenmeye neden olurlar. Su damlacıkları tarafından yer yüzeyine indirilen partikül ve gaz halindeki kirleticiler topraktan yeraltı sularına sızarak veya doğrudan akış ve yağış halinde yüzeysel su kaynaklarına ulaşırlar.

Asit yağışları tatlı su göllerinde asitliği arttırarak bu göllerde asitliğe duyarlı balık ve yumuşakçaların tür ve miktarının azalmasında etkili olmaktadır. Göller üzerinde kar ve don halinde bulunan asitli tabaka, havanın ilkbaharda ani ısınmasıyla göl ekosistemini bozmaktadır. Bu hızlı değişime ayak uyduramayan canlılar zarar görmektedir. Sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) balıkların yaşamını sağlayan oksijen, tuz ve gıdaların azalmasına neden olur. Kalsiyum gibi iyonlarda olan azalma balık yumurta üretimine zarar verir. Kalsiyumun az olması balık omurgalarının zarar görmesine neden olur. Azot değişimi balıkların zarar görmesine neden olur. Alüminyum balıklar için çok zararlı olup ölümlere neden olur. pH değerinin 5.9'un altına düşmesi zararlı olmaya başlar. Bazı temel besinleri zarar görür. Bazı türler uzun süre yaşayamazlar. pH 5.5 değerine ulaştığında bir çok balık türü çoğalamaz. Yaşlılar ölür, genç olanlar ise yaşamakta zorlanır. pH 5.0 olduğunda ise tüm balıklar ölür.

### 2.5.1.13. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Küresel iklim sistemleri, kendi doğal değişkenlikleri içinde, zamansal ve alansal olarak değişim eğilimi içindedirler. Atmosfere bırakılan, başta  $CO_2$  olmak üzere diğer sera gazları, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında yaklaşık  $0.4 - 0.8^\circ C$ 'lik bir artışa neden olurlar.



Yerkürenin radyasyon dengesi, özellikle sanayi devriminden bugüne doğal sera etkisini kuvvetlendiren fosil yakıtların kullanılması, sanayi süreçleri ve ormansızlaşma gibi nedenlerden dolayı atmosfere salınan sera gazlarının ( karbondioksit, metan, diazotmonoksit vb. ) atmosferdeki birikimlerinin önemli düzeyde artmasıyla radyasyon dengesi bozulmuştur.

Küresel sıcaklıklarda meydana gelen artışlar, hidrolojik çevrimde önemli değişikliklere neden olur. İklim değişikliği ve buna bağlı olarak gerçekleşen deniz seviyesindeki oynamalar, kıyıda ve kıyı habitatında erozyona, tatlısu akiferlerinde tuzluluk artışına, yüzey sularında sediment ve besin maddesi taşınmasında değişikliklere, kıyı alanlarında kimyasal ve mikrobiyolojik kirlenmelerde artışa ve kıyı taşkınlarında artışa neden olurlar.

Türkiye, küresel ısınmadan kaynaklanan değişimler sonucunda, su kaynaklarının azalması, tarım ürünlerinden elde edilecek verimde düşme, orman yangınları, kuraklık ve çölleşmeye bağlı ekolojik bozulmalar ile karşı karşıyadır. Özellikle sanayileşmenin yoğun olduğu, nüfus hareketlerinin yığılma gösterdiği bölgelerde, küresel iklim hareketlerinden kaynaklanan hidrolojik süreçlerdeki olumsuz gelişmelere ilave olarak, tüketimlerinde eklenmesiyle yüzey sularımız, özellikle yaz aylarında tükenme sınırına gelmektedir.

#### 2.5.1.14. Mikrobiyolojik Parametreler

Özellikle insan ve hayvan dışkıları ile karışan patojen bakteriler ve virüsler önemli derecelerde sağlık riski taşımaktadırlar. Patojenler, hastalar ve hastalık taşıyıcılardan idrar ve dışkı yoluyla su ortamlarına ulaşırlar. Su kaynaklarının sağlık açısından emniyetli olabilmesi için suyun fekal kirlenmenin etkisinde kalıp kalmadığının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla geliştirilmiş yöntemlerin çoğu indikatör olarak seçilen organizmaların varlığının belirlenmesinde önem taşır.

Bir su kaynağında ki indikatör organizmaların varlığı, o su kaynağının insan ya da hayvan atıkları ile kirlenmiş olduğunun göstergesidir. Yaygın olarak kullanılan indikatör organizma olan *Escherichia coli* insan dışkısında çok miktarda ( 50 milyon / gr ) bulunur. Sularda fekal kontaminasyon indikatörü olarak koliform grubu bakteriler aranır. Suda koliform bakteri bulunması genel bir bulaşmanın olduğunu gösterir. Bunların bir alt grubu olan fekal koliformlar ise, direkt veya indirekt yollarla dışkı bulaşmasının kanıtıdır.

Patojen organizmaların doğrudan tespiti için kullanılacak ölçüm teknikleri bulunmakla beraber, bunlar hem zor, hem pahalı, hem de zaman almaktadır. İndikatör olan türlerin



ortamdan yok olmasından sonra özellikle düşük sıcaklıklarda bazı virüs türlerinin uzun zaman suda yaşayabildikleri bilinmektedir. Bu sebeple en çok kullanılan indikatör organizmalar coliform türü bakterilerdir. Bunlar açısından emniyetli görülebilecek su ortamlarının virüs kirlenmesi açısından tehlikeler taşıyacağı bilinmelidir.

Sulardaki kirlenme değişik aşamalarda ve değişik kaynaklardan oluşabilmektedir. Bu kirlenme en büyük oranda kaynak ve havzadan oluşan kirlenmelerdir. Yerüstü ve yeraltı sularında kirlilik ağırlıklı olarak doğaya dikkat edilmeksizin yapılaşma ve yerleşimlerden kaynaklanmaktadır. Su kaynaklarının önemli bir kısmı, denetimsiz ve önlenemeyen yapılaşmalar sonucu temiz su kaynağı olarak kullanılabilirlik yönünden sürekli tehdit altındadır. Su kaynaklarının çevresinde özellikle son yıllarda yerleşim alanlarının oluşması ve beraberinde gelen nüfus artışıyla su kalitesinde bozulmalar meydana gelmektedir.

## **2.6. Göl Havzalarının Korunması**

- Göl havzalarındaki yapılaşmanın planlı bir şekilde yapılması ve kaçak yapılanmaya izin verilmemesi gerekmektedir.
- Göl havzası içindeki mevcut yerleşimlerden kaynaklanan kirliliğin önüne geçilebilmesi için gerekli alt yapı çalışmaları yapılmalıdır.
- Göl havzalarındaki mevcut bitki örtüsü korunmalı, mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarının diğer kısımları da ağaçlandırılmalıdır.
- Arazi kazanmak amacıyla göllerin doldurulmaları önlenmeli ve göllerden sulama amaçlı su çekimlerinin önüne geçilmelidir.
- Göl sularının endüstriyel ve evsel atıksular ile kirlenmesini önleyebilmek için tedbirler alınmalıdır.
- Göle giren atıksu akımının yönü değiştirilerek, atıksuyun daha az hassas başka bir deşarj noktasına boşaltılması sağlanmalıdır.
- Hava kirliliği ve buna bağlı olarak gerçekleşen asit yağmurları ile göl suyu kalitesi önemli ölçüde etkilendiğinden, hava kirliliği önlenmeye çalışılmalıdır.

- Çevre ve göl ekosisteminin korunması için ilgili ulusal mevzuat ile uluslararası sözleşmelerin gerekleri yerine getirilmelidir.

## 2.7. Göllerin Korunumu ve Restorasyonu

Göllerin iyileştirilmesi yaklaşımlarında besin elementleri ile göl şartları arasındaki ilişkilerin anlaşılması önemlidir. Besin elementlerinin göl ortamına girişi su bitkilerinin aşırı çoğalmasına, sonuçta da aşırı miktarda organik madde üretimine neden olurken su kalitesi bozulur. Sedimentasyon arttığında ötrofikasyon da ilerler, göl gittikçe sığlaşır ve neticede yok olur. Bu şekilde ötrofikasyonun hızlanması olayına “göllerin yaşlanması” denir. Göllerin restorasyon çalışmalarında, ötrofikasyona neden olan su bitkilerinin aşırı çoğalmalarının azaltılması amaçlanmaktadır. Bu nedenle çeşitli göl yenileme teknikleri geliştirilmiştir.

Göllerin iyileştirilmesi için uygulanan yöntemlerin ilk grubunda besin elementlerinin girişini azaltarak su kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. İkinci grupta ise, göllerdeki besin elementlerinin yeniden çevrimi veya iç hareketleri bozarak su kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu grupta asıl amaç epilimnetik sulara fitoplankton üreme mevsimlerinde besin elementleri girişini sınırlamaktır. Bu işlem göl şartlarını değiştirerek dolaylı olarak başarılabilmektedir. Üçüncü grup restorasyon teknikleri ise, besin elementlerinin göl ortamından uzaklaştırılmasını içermektedir.

### 1. Besin elementleri girişini azaltma teknikleri

- Atık arıtımı
- Atıksu / yağmursuyu karıştırma
- Arazide arıtım
- Giriş suyunu arıtma
- Ürün modifikasyonu

### 2. Besin elementleri çevrimini kırma tekniği

- Dredging
- Tabakalaşmayı kırma / havalandırma

- Hipolimnetik havalandırma
- Besin elementlerinin inaktivasyonu / çöktürme

### 3. Besin elementleri çıkışı azaltmak

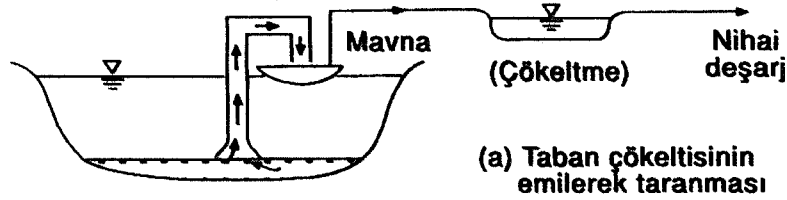
- Biyotik hasat ( harvesting )
- Deşarjlarda seçicilik
- Seyreltme / akış

Göl restorasyonlarında, çoğunlukla sulara giren besin elementleri, özellikle de fosfat yükü azaltılmaya çalışılmaktadır. Restorasyon uygulamaları besin elementleri girişini azaltmak ve çıkışını arttırmak, iç çevrimdeki dengeyi bozmak ve istenmeyen biyolojik üretimden çok besin elementlerini faydalı yöne kaydırmayı amaçlamaktadır.

Tuzla Gölü örneğinde de göreceğimiz gibi sığ göllerde rastlanılan en önemli sorun göl tabanının çeşitli nedenlerle dolarak , taban kotunun yükselmesidir. Tabanın dolması iki yolla gerçekleşir; ya nehir ve derelerin taşıdığı askıda maddeler dolmaya neden olur ya da evsel ve endüstriyel atıksuların taşıdığı partikül maddelerle dolma söz konusudur. Sığ göllerin dolması durumunda yapılacak en önemli restorasyon işlemi, göl tabanındaki çamurun taranması ( dredging ) işlemidir. Dredging işlemi fiziksel bir işlemdir. Bu işlem esnasında tabana çökmüş olan maddeler yeniden askıda hale geçerek bulanıklığı artırırlar. Bu maddelerden bir kısmı partikül büyüklüklerine bağlı olarak yeniden çökelişir. Kolloidal büyüklükte olanlar ise, süspansiyon halinde kalırlar. Buna bağlı olarak, su ortamına zehirli madde salınımı, O<sub>2</sub> azalması, sıcaklık değişimi, besin elementi seviyesinde artış gibi olumsuz olaylarla karşılaşılabilir. Modern dredging ekipmanları kullanılması halinde ekoloji daha az zarara uğrayabilir. Yurtdışındaki uygulamalarında çok iyi sonuçlar alınan taban tarama işlemlerine örnek verecek olursak, suction dredge bunların başında gelmektedir. Taban çökeltilerinin taranmasında faydaları gözlenen bu işlem, taban çamurunu emerek çamuru mavna yardımıyla uzaklaştıran bir sistemdir. Emilen çamur havuzlarda çöktürülerek sudan ayrılmakta ve sıvı kısmı bir deşarj noktasına sevk edilir.

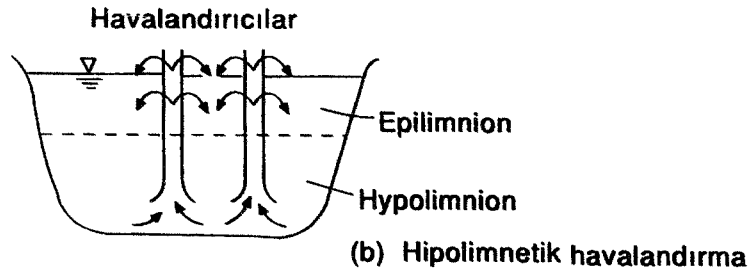
Bu yönteme bir örnek verecek olursak, İsveç’de bir göl yıllarla atıksu deşarjına maruz kalmış ve bunun sonucunda göl tabanında yaklaşık 30 – 40 cm kalınlığında bir çamur çökeltisi oluşmuştur. Bu taban çamuru, tarama yöntemi ile emilerek uzaklaştırıldıktan 2 yıl sonra

göldeki mavi – yeşil alg kütlelerinde %90'lık bir azalma gözlenmiştir. Yaz aylarında 20 cm'de bulunan secchi diski derinliği de 71 cm'e kadar yükselmiştir. Bu da göstermektedir ki, göl restorasyon projelerinde, uygun bir şekilde yapıldığı takdirde taban çökeltilerinin taranmasının göl ekolojisine yararları dikkat çekicidir. Taban çamurunun taranması işlemi Şekil 2.1.'de verilmiştir.



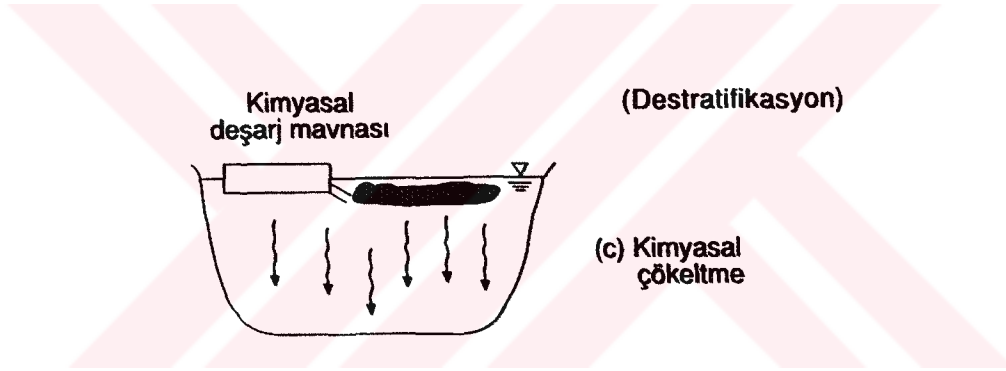
Şekil 2.1. Taban Çökeltilerinin Emilerek Taranması ( Muslu, 2001 )

Göllerin restorasyonunda uygulanan bir diğer yöntem ise, hipolimnetik havalandırmadır. Hipolimnetik havalandırma, epilimnion tabakasındaki termal tabakalaşmanın muhafaza edildiği ve hipolimnion tabakasının çözünmüş oksijen konsantrasyonunun artırıldığı bir havalandırma işlemidir. Hipolimnion tabakasından su çekip, emilen suyu, epilimnion'daki çözünmüş oksijeni yeterli olan su ile karıştırarak çalışan aeratörler vasıtasıyla gerçekleştirilen bir işlemdir. Havalandırılan su, tekrar hipolimnion'a geri döner. Bu yöntemle her ne kadar sediment arıtımı gerçekleşmese de, kritik olan çökelti maddesi – su arakesit yüzeyinde yeterli oksijen seviyeleri korunur ve çökelti içinde bulunan demir, manganez, fosfor, azot ve diğer metal bileşikler indirgenerek katı halden suda çözünmüş hale geçmesi engellenir. Göllerde hipolimnetik havalandırma Şekil 2.2.'deki gibi gerçekleşmektedir ( Muslu, 2001 ).



Şekil 2.2. Hipolimnetik Havalandırma

Besin elementlerinin kimyasal yollarla çökeltilmesi işlemi de, sediment kimyasını değiştiren ve fosfatın sedimana inme kapasitesini arttıran bir yöntemdir. Bu işlemde, alüminyum sülfat ( alum ) veya başka bir alüminyum bileşiği, doğrudan göle ilave edilir. Alüminyum sülfatın Amerika'daki bazı göllerde gerçekleştirilen uygulamalarında gözle görülür başarılar elde edilmiştir. Göl yüzeyinden, yaklaşık 200 mg/lit konsantrasyonunda tatbik edilen alüminyum sülfat, klorofil – a, orto – fosfat, toplama fosfor, toplam organik karbon ve bulanıklıkta önemli azalmalar meydana getirmenin yanı sıra, Cd, Zn, Cu, Fe, Pb, ve Ni gibi ağır metallerin konsantrasyonlarında % 90'ana varan azalmalara neden olmuştur. Bakır sülfat vasıtasıyla alg kontrolü de uygulanan bir yöntemdir. Fakat bu kimyasal aşırı kullanıldığı takdirde, balık ölümlerine de neden olur. Aynı zamanda zaman içinde göl taban çökeltlerinde birikerek kirliliğe neden olabilir. Hem bu gibi nedenlerle, hem de uygulanma durumunda elde edilen başarı yüzdesinin yüksekliği nedeniyle alüminyum sülfat uygulaması en çok tavsiye edilen işlemdir. Kimyasal çökeltme işlemi Şekil 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Kimyasal Çökeltme ( Muslu, 2001 )

Besin elementlerinin girişinin azaltıldığı yerlerde makrofitlerin toplanması ( harvesting ) yani hasat işlemi de göl restorasyonu için kullanılabilir bir yöntemdir. Bu işlem genelde fitoplanktonların yoğun olduğu dönemlerde, küçük ve sığ göller için uygundur. Sedimanların uzaklaştırılması ile birlikte makrofitlerin toplanması işlemi göllerin derinleştirilmesini sağlamanın yanısıra göllerin su bütçesini arttırmaya da katkıda bulunabilir. Bu hasat işlemi için mikroelekler kullanılabilir. Mikroelekler yardımı ile su süzülerek alg giderilebilir, fakat bu yöntem oldukça pahalı ve zahmetli bir işlemdir. Makrofitleri öldürmek maksadıyla, herbisidler yani bitki öldürücü ilaçlar da kullanılabilir.

### 3. TUZLA ( KAMİL ABDUŞ ) GÖLÜ

#### 3.1. Giriş

Tuzla ( Kamil Abduş ) Gölü ve çevresinin Tuzla'ya kazandırdığı ilk özellik ismi olmuştur. İlçe ismini bu göl dolayısıyla almıştır. Tuzla Gölü'nde eskiden tuz üretimi yapıldığı, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde İstanbul'un tuz ihtiyacının önemli ölçüde bu gölden karşılandığı bilinmektedir. 1403 yılında Osmanlı Donanması gemilerine liman ve kalafat yeri olan Tuzla'nın o dönemde Rum ve Türklerden oluşan halkı, geçimini öncelikle balıkçılık, daha sonra zeytin ve tütüncülükten sağlamıştır. Tuzla, 1912 yılına kadar balıkçı köyü olma özelliğini korumuştur. Cumhuriyet'in ilk yıllarında Gebze'ye bağlı olan köy, 1951'de Kartal, 1987'de Pendik'e bağlandı. 3 Haziran 1992 tarihli 21247 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 3806 sayılı kararla Tuzla ilçe olmuştur.

İlçe eskiden beri bir sayfiye ve dinlenme merkezi olma özelliğini korumaktadır. Özellikle Sakız Adası'nda bulunan sakız çamları, göl ve çevresine ayrı bir doğal zenginlik katmaktadır. Küçük bir balıkçı köyü olan bu kırsal yerleşim yakınlarında, birçok dinsel yapı bulunmaktadır.

Bizans döneminden beri yararlanıldığı bilinen şifalı maden suları, yarımadaının kuzeydoğusunda yer almaktadır. 1873 yılında Anadolu – Bağdat demiryolunun Tuzla Köyü'nün kuzeydoğusundan geçirilmesi ile birlikte, şifalı suları ile ünlü olan içmeler, demiryolu ulaşımının sağlanması sayesinde gözde bir sayfiye yeri haline gelmiştir.

1950'lerden sonra, önce karayolu'nun kenarından başlayarak içlere doğru gelişen sanayi kuruluşları, Pendik'ten sonra Tuzla'ya da ulaşmıştır. Pendik Tersanesi'nin yapımıyla Tuzla çevresinde önemli değişimler gözlenmiştir. 1970'lerde Tuzla, hızla sanayi tesislerinin kurulduğu, öte yandan da İstanbul yakınında ikinci konut edinmek isteyenlerin arsa satın alıp inşaat yaptırdığı bir yöre haline gelmiştir. Daha sonra bazı yapı kooperatifleri bu yörede hızlı biten inşaat faaliyetine girişmiştir. 1980'lerin başında açılan Pendik Tersanesi tesislerinin bir bölümü Tuzla Yarımadası'nın kuzey kıyılarında yer almaktadır. Tuzla yöresindeki son gelişme de Kazlıçeşme'deki deri fabrikalarının organize sanayi bölgesi'ne taşınmasıdır.



### 3.2. Tuzla ( Kamil Abduş ) Gölü Hakkında Genel Bilgiler

İstanbul kent merkezine yaklaşık 50 km mesafede bulunan Tuzla Lagün Gölü, Kocaeli Yarımadasının güneybatısında, Tuzla Yarımadasının kuzeye bakan kısmında ve tarihi içmelerin hemen yanında yer almaktadır. Halk arasında balıklı göl ve Kamil Abduş gölü olarak da isimlendirilen Tuzla gölü ve çevresindeki yerleşimler Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Tuzla Tersanesi ile şehir arasındaki bu doğa harikası, her iki yerleşiminde birbirinden rahatsız olmasını önleyen doğal bir perde görevi görmektedir.

Gölün derinliği suların çekilmediği son dönemde ortalama 70 cm. olup, su hacmi de yaklaşık 500.000 m<sup>3</sup>'dür. Gölün sularının çekildiği tarihe kadar da halk sınırlı da olsa gölde balık avlanmaktaydı, fakat göl sularının tamamen çekilmesiyle birlikte göldeki sınırlı avcılık faaliyeti de son bulmuştur. Bunun dışında halk göl kıyısında sebze üretimi de yapmaktadır. Sera şeklinde de yapılan tarımsal üretim özellikle gölün kuzeybatısında gerçekleştirilmektedir.

Tuzla Gölü önceleri batıdan, şimdiki tersanelerin bulunduğu yerden kısmen denizle bağlantılıyken, bu alanın doldurulmasıyla denizden izole olmuştur. 1990 yılında yapılan bir incelemeye göre, göl yüzölçümü 1.245.121 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir ( Tuzla Belediyesi, 1990 ). Fakat zamanla gölün batı kesimindeki alanın doldurularak tersanelere tahsis edildiği, daha sonra da göl yüzeyinden belli bir alanı kullanarak tersaneler ile göl arasından yol geçirilmesiyle birlikte göl yüzey alanı daraltılmıştır. Bugün gölün toplam yüzey alanı 1.066.750 m<sup>2</sup>, sulak alanı 885.000 m<sup>2</sup>, sulak olmayan alanı 181.750 m<sup>2</sup>, kamulaştırma alanı 340.000 m<sup>2</sup> ve kıyı düzenlemesi yapılacak alan ise 275.000 m<sup>2</sup>'dir.

1970'lerin sonunda başlayan hızlı sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışı beraberinde çevre sorunlarını da getirmiş, kirlenme öncelikle denizlerden başlamış, zaman içinde iç sularda kirlenmeden payını almıştır. Uzun yıllar, Umurbey deresi tarafından taşınan kirleticilere maruz kalan Tuzla gölünün su kalitesi de bu zaman içinde oldukça değişmiştir.

**Şekil 3.1. Tuzla Gölü ve Çevresi ( Tuzla Belediyesi, 2002 )**

Doğal değerlerin korunması ve çevre değerlerinin iyileştirilmesi adına, Tuzla Belediye Başkanlığınca, “Tuzla Sakız Adası ve Kamil Abduş Gölü Çevresi Kentsel Tasarım Projesi” kapsamında İstanbul İli, Tuzla İlçesi, 20/01/1993 tarih, 3019 sayılı İstanbul II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu kararına istinaden anıtsal sakız ağaçları, kaya formasyonu ve arkeolojik değerleri açısından I. Derece Doğal ve Arkeolojik Sit Alanı olarak tescilli Kamil Abduş Gölü çevresi ile kuzeyindeki fauna ve floranın korunması için II. Derece Doğal Sit Alanı olarak belirlenen alanlar ihale çalışmaları başlatılmış olup, bugün Tuzla Balık Gölü ve çevresi I. ve II. Derece Doğal Sit Alanı ilan edilmiştir. Deniz ile göl arasındaki yol bağlantısının yapıldığı ve çalışma alanına dahil olan Sakız Adası ise I. Derece sit olmasının yanı sıra, arkeolojik sit ilan edilerek koruma altına alınmıştır. Buna göre Tuzla Balık Gölü, artık doğal ve arkeolojik sit kapsamında bir sulak alandır. Sulak alanlar, yeryüzü peyzajının temel bir özelliği olmalarının dışında yeryüzündeki en değerli ekosistemlerden birisidir. Sulak alanlar her zaman işe yaramaz kayıp alanlar olarak düşünülmüş ve başka bir kullanıma dönüştürülmeleri fikri hep üstün gelmiştir. Tuzla Balık Gölü de ne yazık ki bu düşüncelerden payını almıştır.

### **3.2.1. Tuzla Gölü’nün Sulak Alan Olarak Değerlendirilmesi**

Uluslararası Sulak Alanların Korunması ( Ramsar ) Sözleşmesinde, biyolojik olarak korunması gerekli sulak alanların özellikleri belirtilmiştir. Tuzla Gölü’de bu sözleşmede yer alan kriterlerin çoğuna sahiptir. Buna göre, bugün sulak alan kapsamında değerlendirilen Tuzla Balık Gölü’nden daha iyi faydalanabilmek için sulak alanların ekolojik ve ekonomik işlevleri ile sulak alanları tehdit eden problemler ve çözümlerini bilmek gerekmektedir.

Halk arasında sazlık ve bataklık olarak tanımlanan sulak alanların, aslında bilimsel açıdan pek çok çeşitleri vardır. Bazı sulak alanlar geniş bir sığ göl ve sazlıktan oluşurken, nehir, göl ve lagünlerin sığ bölgeleri de sulak alan kapsamına girmektedir. Korunaklı ve alçak deniz kıyıları, özellikle deltalar da günümüzde sulak alan olarak kabul edilmektedir.

Kendi içlerinde ekolojik bir denge kuran sulak alan sistemleri oldukça üretkendirler. Evsel ve endüstriyel atıksulardaki azot ve fosforun gideriminin yanı sıra periyodik hasatlarla sulak alan ürünleri elde edilmektedir. Sulak alanlar, bakteri, zooplankton, alg, kabuklular, balık ve yüksek bitkilerle donatılmış ekolojik bir sistem olarak, güneş ve doğal süreçleri kullanarak atıksuları standartlara uygun olarak daha kaliteli su haline getirirler. Ülkemiz bulunduğu

coğrafi konum dolayısıyla, sulak alan açısından zengindir. Uygun şartların sağlandığı yerlerde atıksuların sulak alanlarda arıtımı çok verimli olacaktır.

Tuzla gölü'nün yeniden sulak alan olarak kullanılacak hale getirilmesiyle birlikte, bölge hem ekolojik, hem de ekonomik açıdan önem kazanacaktır. Tuzla sulak alanı sadece yaban hayata ev sahipliği yapmakla kalmayacak, ayrıca bu bölgede yaşayan halka sulak alan ürünlerinin toplanması ve işlenmesi gibi yeni iş olanakları sunacak, sulak alan sisteminin atıksu arıtımında kullanılmasıyla birlikte hem çevresel açıdan korunma sağlanacak, hem de bu alandan ekonomik anlamda yarar elde edilecektir.

Yaklaşık 20 – 25 yıl önce sulak alanlar, yukarıda sayılan özelliklerinden, inşaa ve işletme maaliyetlerinin düşük olmasından dolayı alıcı ortam olarak kullanılmaktaydı. Doğal sulak alanların bu şekilde kullanılmalarının sebebi ya yakınlarda atıksuların deşarj edileceğı nehir veya akarsu gibi alıcı bir sistemin bulunmaması, ya da arıtma sistemi kurulmasından daha kolay bir yöntem olmasından kaynaklanmaktaydı. Zamanla sulak alanların doğal ve ekonomik önemleri ortaya çıkmış bu sayede de sulak alanlar koruma altına alınmaya başlanmıştır ( Ateş ve Özesmi, 2001 ).

### **3.2.2. Sulak Alanların Ekolojik ve Ekonomik İşlevleri**

Aşırı yağışlarda sulak alanlar, fazla suyu sünger gibi çeker ve tutarlar. Tüm doğal bitki örtüsü de aynı görevi görürse de, fazla suyu depolamak için sulak alanların kapasitesi çok büyüktür. Dolayısıyla, doğal bitki örtüsüyle beraber sulak alanların korunduğı yerlerde, nehirler yıl boyu akar ve sel felaketleri az görülür.

Sulak bölgeler yeraltı suları için rezerv ya da kaynak görevi görürler. Yeraltı suları hem doğal bitki örtüsü için; hem de tarım, içme suyu gibi insan kullanımı açısından büyük önem taşır.

Sulak bölgelerde, kara ile su ekosistemlerinin iç içe olmaları nedeniyle, yüksek biyolojik üretim görülür. Bataklıklar hariç, sulak alanlarda birincil üretim değerleri çok yüksektir. Besin bulmak için gelen çeşitli yüksek yapılı bitkiler, hayvanlar, özellikle kuşlar, sulak alanların tür çeşitliliğinin zenginleşmesini sağlar.

Sulak bölgeler yüksek biyolojik etkinlikleri nedeniyle, nitrat ve fosfat kirlenmesini azaltırlar. Dolayısıyla, tarımsal gübrenleme ve atık sulardan doğacak ötrofikasyon problemi büyük

ölçüde önlenmiş olur. Aynı şekilde, organik atıklar da ayrışma hızının çok yüksek olduğu sulak alanlarda kısa zamanda zararsız hale getirilir. Bu, sisteme olan yüklemenin belli bir sınırı aşmaması koşulu ile geçerlidir.

Sulak alanlar üzerine yapılan çalışmalara göre, farklı bitki türlerine ve akış şekline sahip olan sulak alanlarda evsel atıksu arıtımında yüksek değerlerde giderimler söz konusudur. BOİ, KOİ ve bakteri gideriminde % 80-99, AKM gideriminde % 92-95, toplam azot'da % 30-80 ve toplam fosfor'da % 20-70'lik giderimler elde edilmiştir ( Ateş ve Özesmi, 2001 ).

Bir nehir boyundaki alanlar, sediman ve erozyon denetim görevi de yaparlar. Suya çeşitli kaynaklardan eklenmiş olan sedimanlar sulak alanlarda birikir. Suyun taşıdığı toprak, akıp denize gideceği yerde, sulak alanda kalır. Bitki örtüsü ve sulak alanların tahrip edildiği yerlerde, sulak alanların doğal olarak yaptıkları bu koruyucu işlevin insan eliyle yapılabilmesi için, milyarların harcanması gerekmektedir.

Sulak alanlar, organik maddeler, askıda katı maddeler, besinler, toksik maddeler, ağır metaller ve biyolojik unsurları giderebilmelerinden dolayı yüksek miktarda doğal arıtım kapasitesine sahiptirler.

Sulak alanlar, ekolojik ve ekonomik katkılarının yanı sıra, estetik görünüşleri dolayısıyla da güzel bir peyzaj yapısı oluştururlar. Yeşil görüntüleri, arıtım yetenekleri, çevreye daha az zararlı yan ürünleri ile ( atık çamuru gibi ) günümüzde “yeşil teknoloji” olarak adlandırılmaktadırlar ( Brix, 1999 ).

Sulak alanları tehdit eden problemler,

- Tarım ya da yerleşim amaçlı kurutmalar,
- Sanayi, tarım ve yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlenmeler,
- İçme, kullanma ve sulama suyu temini amacıyla aşırı miktarda su çekilmesi veya sulak alanı besleyen suların yönünün değiştirilmesi,
- Turizm amaçlı yapılaşmalar,
- Sazlıkların yakılması, tahrib edilmesinin yanı sıra su kuşlarının yaşamlarını tehdit eden en önemli unsurlardan birisi de aşırı ve yanlış avlanma olarak sıralanabilir. Bu bağlamda sulak alan için çözüm önerileri olarak;

- Öncelikle sulak alan kaybına neden olan politika ve yasaların değiştirilmesi,
- Sulak alana ya da sulak alanı besleyen kaynaklara kesinlikle artılmamış suların verilmemesi,
- Sulak alanların yakınındaki tarım alanlarında kimyasal ilaç, gübre ve pestisit kullanımı yasaklanması,
- Sulak alanları olumsuz yönde etkileyecek ölçülerde su çekimi yapılmaması, alanı besleyen yüzey sularının kısıtlanmaması, yönlerinin değiştirilmemesi ve yeraltı suları çekilmemesi verilebilir.

### 3.2.3. Ramsar ( Uluslararası Sulak Alanların Korunması ) Sözleşmesi

Tüm dünyada en üretken ortamlar olan sulak alanlar, sayısız türde bitki ve hayvan için gerekli yaşam koşullarını sağlar ve çok sayıda kuş, memeli, sürüngen, amfibi, balık ve omurgasız canlıya ev sahipliği yapar. Sulak alanlar, balıkçılık, tarım, odun üretimi, ulaşım ve turizm için de önemlidir. Aynı zamanda da, su, yaban hayatı ve enerji kaynağıdır. İnsan hayatındaki bu önemli rollerini korumaları için, bu alanların ekolojik işlevlerini sürdürmelerini sağlamamız gerekmektedir. Uzmanlara göre sulak alanlar, özellikle son yüzyılda en çok tehlike altında olan bölgelerdir. Bu alanların karşı karşıya kaldıkları tehlikelerin başında da kurutulma, yapısal değişikliğe uğratılma, kaynaklarının çok fazla tüketilmesi ve kirlenme gelmektedir.

Belli başlı sulak alanlarının korunması konusunda ilk uluslararası antlaşma, İran'ın Ramsar kentinde 2 Şubat 1971'de imzalanmıştır. Ramsar Sözleşmesi olarak anılan bu sözleşmenin kapsamı daha sonraki yıllarda sulak alanların korunması ve akılcı kullanımın her yönünü içerecek şekilde geliştirilmiştir.

Ramsar Sözleşmesine göre taraf ülkeler kendi ulusal arazi kullanım planlamalarında, sulak alanların korunmasına ilişkin değerlendirmeleri de gözönünde bulundurmak zorundadırlar. Ayrıca bu planlamayı kendi topraklarındaki sulak alanların akılcı kullanımını da sağlayacak şekilde yapmaları ve geliştirmeleri beklenmektedir. Akılcı kullanım, sulak alanların insan yararına, ekosistemin doğal özelliklerini koruyarak kullanımı anlamına gelmektedir. Çizelge 3.1.'de Ramsar Sözleşmesine göre sulak alanların sınıflandırılma kriterleri verilmiştir.



Çizelge 3.1. Ramasar Sözleşmesine Göre Sulak Alanların Sınıflandırılması

| SİSTEM               | ALT SİSTEM               | SINIF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DENİZ ORTAMI</b>  | 1. Gelgit şeridinin altı | 1. Gelgit çekildiğinde koylar ve boğazlar dahil olup, 6 m'den az sürekli bitki örtüsünden yoksun alanlar<br>2. Tropikal deniz çayırlarının deniz otlarının, kelp türü yosun yataklarının bulunduğu gelgit altındaki alanlar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                      | 2. Gelgit arası alanlar  | 1. Yamaçlar ve kayalık deniz kıyıları<br>2. Hareketli taşlar ve çakılların bulunduğu kıyılar<br>3. Gelgit arası hareketli, bitki örtüsü olmayan çamur, tuz<br>4. Korunaklı kıyılarda tuzlu su balıklarının bulunduğu, bitki örtüsü ile kaplı çöküntü alanları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>LAGÜN</b>         |                          | 1. Denizlerle bir ya da daha fazla sayıda kanallarla bağlantısı olan tuzlu – tatlı su karışımı tuzlu lagünler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>TUZLU SU GÖLÜ</b> |                          | 1. Sürekli ya da mevsimsel tatlı – tuzlu sulu, tuzlu sulu veya alkalın sulu göller veya bataklıklar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>BATAKLIKLAR</b>   | 1. Yeni ortaya çıkan     | 1. Büyüme mevsimi süresince çoğunlukla kökleri ve dip kısımları, tabansuyu altında kalan yeni gelişen vejetasyona sahip, anorganik topraklar üzerinde oluşmuş, sürekli tatlısu bataklıkları ve ıslak alanlar<br>2. <i>Papyrus sp.</i> ve <i>Typha sp.</i> 'nin hakim olduğu tropik yayla ovaları, bataklıklarında dahil olduğu sürekli turba oluşumu gözlenen tatlı su bataklıkları<br>3. <i>Dambo sp.</i> 'lerin , <i>Carex sp.</i> türü sazların oluşturduğu bataklıkların mevsimsel taşkıllıklarından etkilenen çayırların, çamurlu bataklıkların da dahil olduğu anorganik topraklar üzerinde oluşmuş, mevsimsel tatlısu |



|                            |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                          | <p>bataklıkları</p> <p>4. Hertürlü bataklık çayırlarının, medikal otların ve cüce çalılıkların ve kara yosunlarının kapladığı bol sulu veya asit özellikli çamurların da dahil olduğu Alpin veya kutupsal ıslak alanlar</p> <p>5. Geçici olarak kar suları ile sulanan, mevsimsel taşkınlara uğrayan çayırların dahil olduğu kutupsal ya da Alpin ıslak alanlar</p> <p>6. Etrafindaki vejetasyon ile birlikte tatlısu kaynakları</p> <p>7. Püsküren ve yoğunlaşan su buharının nemlendirdiği devamlı volkan buhar delikleri</p> |
|                            | 2. Ağaçlıklı             | <p>1. Anorganik topraklar üzerinde çalılıkların ve çalılıkların baskın olduğu tatlısu bataklıklarının da dahil olduğu çalılık bataklıklar</p> <p>2. Anorganik topraklar üzerinde oluşan ağaçlıklı bataklıkların ve mevsimsel taşkınlara uğrayan ormanların da dahil olduğu tatlısu bataklıkları ve tatlısu bataklıklarının bulunduğu ortamlar</p>                                                                                                                                                                               |
| <b>GÖLLER</b>              | 1. Sürekli               | 1. Mevsimsel ve değişken su basmalarına uğrayan kıyıların da dahil olduğu 8 hektardan büyük alan kaplayan sürekli tatlısu göller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | 2. Sürekli olmayan       | 1. Taşkın ovalarında oluşan göllerin de dahil olduğu 8 hektardan büyük mevsimsel tatlısu gölleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>TUZLU SULAK ALANLAR</b> | 1. Gelgit şeridinin altı | 1. Haliç suları, deltaların haliç sistemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 2. Gelgit arası alanlar  | <p>1. Üzerinde az miktarda bitki örtüsü olan çamur, tuzla</p> <p>2. Tuzlu bataklıkların, çayırların, tuzlaların, yükseltilmiş tuzlu bataklıkların gelgitten etkilenen tuzlu-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

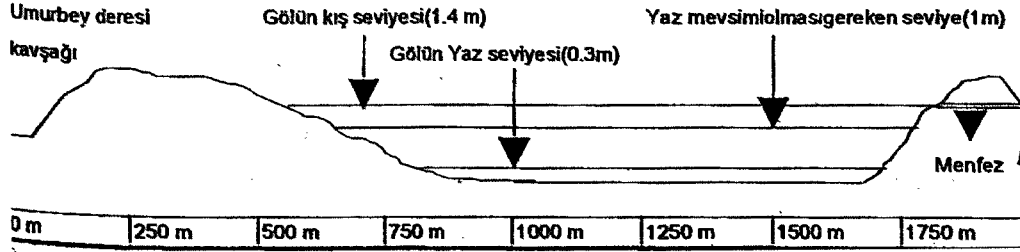
|                       |                    |                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                    | acı ve tatlısu bataklıklarına ait olduğu gelgit arası ıslak alan                                                                                                                |
| <b>NEHİR KIYILARI</b> | 1. Sürekli         | 1. Şelaleler de dahil olmak üzere sürekli olan nehir, ırmaklar<br>2. Denizden uzak deltalar                                                                                     |
|                       | 2. Sürekli olmayan | 1. Mevsimsel ve düzensiz nehirler, ırmaklar<br>2. Mevsimsel taşkınlara maruz kalan çayırın, nehir havzasının, nehir yataklarının dahil olduğu nehir kıyılarındaki taşkın ovalar |

### 3.3. Tuzla Göl Ortamının Oluşumu

Göl başlangıçta batıdan küçük tepelerle çevrili, denizle bağlantısı olan ve önü adalarla kaplı bir koy görünümündeydi. Zamanla akarsuların getirdiği malzemeler bu koyun gerisinde alçak bir kıyı ovası oluşturmuş ve Aydınli Limanının güneyinde bulunan Sakız Tepesi'nin doğal bir kıyı kordonu ile karaya bağlanarak bir tombolo görüntüsü almıştır. Marmara Denizi'nin lodos fırtınaları ile çıkardığı kum seddeleri zaman içinde Aydınli Limanı'nın arka kesiminin denizden ayrılarak göl haline dönüşmesine neden olmuştur. Tuzla tersaneleri ile şehir arasında doğal bir perde görevi gören Tuzla Gölü, önceleri şimdiki tersanelerin bulunduğu kuzeybatı kesiminden denizle bağlantılı bir lagün gölüydü. Fakat 1969 yılında gölün kuzeybatı kesimine tersanelerin inşaa edilmesiyle birlikte, hem göl alanı daralmış, hem de gölün denizle olan bağlantısı kesilmiş oldu. Bir süre denizle bağlantı kuramayan göl arkadaki yükselimlerden gelen sularla şişmiş , güneybatıdaki doğal bariyeri patlatarak denizle tekrar bağlantı kurmuştur fakat bir süre sonra bu bağlantı tekrar kapatılmıştır. Dolguyla kapatılan bariyere taşkın sularının dışarı çıkabilmesi için denize doğru eğimli büzler döşenmiştir. Önceleri bir lagün göl özelliği taşıyan Tuzla Gölü, 1987 yılında yapılan bu işlemten sonra lagün özelliğini kaybetmiş ve tatlı su özelliği kazanmıştır. Katılaştıran göl çamurunda da gölün hem denizle bağlantılı, hem de denizle bağlantısının kesilmesinden sonraya ait dönem çok iyi görülmektedir.

Göl kurumadan önce, yağışlı havalarda, özellikle de kış aylarında gölün kuzeyinde bulunan Umurbey Deresi taşmakta ve kuzeydeki araziye su basmaktaydı. Böyle zamanlarda göl ile taşkın su birleşmekte ve gölün su seviyesi yükselmekte, gölün fazla suyu menfezden denize akmaktaydı. Göl kurumadan önce hazırlanmış olan raporlara göre, yağışlı mevsimlerde gölün

maksimum derinliği 70 – 80 cm’i bulurken, yağışın az olduğu yaz aylarında göl suyu derinliği 30 – 50 cm’i geçememektedir. Tuzla gölü’nün kurumadan önceki su seviyesinin mevsimlere göre değişimi Şekil 3.2.’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Tuzla Gölü’nün Mevsimsel Değişimi

### 3.4. Tuzla Gölü ve Çevresinin İklimsel Özellikleri

Marmara Denizi’nin etkisinde kalan Tuzla, genellikle Ege ve Akdeniz iklimlerinin etkileşim alanıyla karasal iklimin kısmen hakim olduğu bir iklim özelliğine sahiptir. Genellikle yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve az yağışlıdır. Bununla birlikte ilkbahar ve sonbahar ayları, serin ve yağışlı geçer.

İlçenin yıllık ortalama sıcaklığı  $15^{\circ}\text{C}$ ’dir. Yazın belli dönemlerinde maksimum  $40,5^{\circ}\text{C}$ ’ye çıkan sıcaklığın, kışın belli dönemlerinde de maksimum  $-16,1^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar düştüğü kaydedilmiştir. Ortalama bir değer verecek olursak, yaz aylarında  $30 - 35^{\circ}\text{C}$ ’ye varan sıcaklık, kış aylarında  $4 - 8^{\circ}\text{C}$  dolaylarında seyretmektedir. Yıllık ortalama nisbi nem oranı % 72’dir. Yağışlar çoğunlukla yağmur şeklinde olup, yıllık yağış ortalaması 720 mm’dir. İlçede yazın poyraz, kışın ise lodos rüzgarları hakimdir. Tuzla ilçesine en yakın meteoroloji istasyonu olan Göztepe Meteoroloji İstasyonu’ndan alınan klimatolojik değerler Çizelge 3.2., 3.3, 3.4., 3.5., 3.6.’da verilmiştir.



Çizelge 3.2.

1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Yıllık Minimum Sıcaklık Değerleri  
( °C )

| YILLAR | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1986   | 5.5  | 4.0   | 4.1  | 8.6   | 11.3  | 17.6    | 19.3   | 20.6    | 17.0  | 11.3 | 6.8   | 4.3    |
| 1987   | 3.2  | 4.0   | 1.7  | 6.1   | 11.4  | 16.6    | 19.8   | 17.6    | 16.0  | 11.6 | 9.7   | 5.2    |
| 1988   | 4.7  | 3.4   | 5.6  | 7.7   | 11.6  | 17.3    | 20.4   | 19.8    | 15.5  | 11.7 | 5.2   | 4.8    |
| 1989   | 2.3  | 3.6   | 6.9  | 11.6  | 12.2  | 16.3    | 19.2   | 19.9    | 16.8  | 11.5 | 7.2   | 4.4    |
| 1990   | 2.4  | 3.8   | 5.7  | 9.4   | 11.8  | 16.0    | 19.7   | 19.1    | 14.5  | 12.0 | 11.2  | 7.3    |
| 1991   | 4.2  | 2.6   | 4.2  | 8.2   | 12.3  | 17.0    | 20.0   | 20.2    | 15.9  | 12.9 | 9.1   | 2.7    |
| 1992   | 3.0  | 1.5   | 4.8  | 8.6   | 10.4  | 17.8    | 17.9   | 20.6    | 15.1  | 14.2 | 7.9   | 3.3    |
| 1993   | 2.5  | 0.9   | 3.7  | 7.9   | 12.6  | 16.7    | 17.9   | 19.5    | 15.2  | 13.6 | 7.2   | 6.4    |
| 1994   | 6.3  | 4.0   | 5.4  | 10.2  | 13.6  | 16.4    | 20.6   | 20.2    | 19.9  | 15.5 | 7.4   | 4.2    |
| 1995   | 4.3  | 5.0   | 6.0  | 8.2   | 13.0  | 18.7    | 20.5   | 19.9    | 16.9  | 11.6 | 6.0   | 5.5    |
| 1996   | 2.9  | 3.2   | 3.3  | 6.7   | 13.9  | 16.0    | 19.6   | 20.3    | 15.5  | 11.8 | 8.8   | 7.9    |
| 1997   | 4.6  | 2.4   | 3.1  | 5.9   | 12.6  | 16.9    | 19.7   | 18.2    | 13.9  | 11.1 | 9.3   | 6.6    |
| 1998   | 4.4  | 3.8   | 3.7  | 10.4  | 13.4  | 18.1    | 20.3   | 21.6    | 16.9  | 13.6 | 9.6   | 4.6    |
| 1999   | 4.8  | 4.0   | 6.3  | 10.2  | 13.2  | 18.5    | 21.7   | 21.0    | 16.8  | 13.2 | 8.6   | 7.9    |
| 2000   | 1.2  | 4.1   | 4.1  | 11.2  | 12.6  | 16.7    | 20.1   | 20.4    | 16.9  | 12.6 | 10.1  | 7.2    |
| 2001   | 6.1  | 5.2   | 9.2  | 10.2  | 12.1  | 17.2    | 22.2   | 21.6    | 17.3  | 13.4 | 7.8   | 3.0    |

Çizelge 3.3

1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık ( °C )

| YILLAR | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1986   | 8.1  | 6.5   | 6.5  | 13.2  | 15.3  | 22.0    | 23.5   | 24.5    | 20.4  | 14.5 | 9.2   | 6.8    |
| 1987   | 5.7  | 7.1   | 4.0  | 9.9   | 16.0  | 21.2    | 24.1   | 21.9    | 20.1  | 14.2 | 12.2  | 7.3    |
| 1988   | 7.2  | 6.5   | 8.9  | 11.1  | 16.1  | 21.8    | 25.1   | 24.2    | 19.9  | 14.3 | 7.7   | 7.3    |
| 1989   | 4.7  | 6.6   | 9.5  | 15.6  | 16.3  | 20.9    | 23.2   | 24.1    | 20.2  | 14.6 | 9.7   | 7.3    |
| 1990   | 4.9  | 6.6   | 9.2  | 13.5  | 15.7  | 20.9    | 23.7   | 23.3    | 18.9  | 15.7 | 14.0  | 9.5    |
| 1991   | 5.9  | 5.2   | 6.5  | 10.9  | 15.6  | 20.8    | 23.7   | 23.9    | 19.3  | 15.9 | 11.8  | 4.5    |
| 1992   | 5.0  | 3.9   | 7.7  | 12.4  | 14.5  | 21.5    | 21.9   | 24.8    | 19.3  | 17.8 | 10.9  | 5.4    |
| 1993   | 4.7  | 3.4   | 7.2  | 11.4  | 15.7  | 21.3    | 22.6   | 23.6    | 19.6  | 17.1 | 9.5   | 9.2    |
| 1994   | 8.2  | 6.2   | 8.3  | 14.4  | 18.1  | 20.7    | 24.5   | 24.6    | 23.7  | 18.1 | 10.0  | 6.9    |
| 1995   | 6.6  | 7.8   | 9.0  | 12.0  | 17.3  | 23.3    | 24.1   | 23.8    | 20.5  | 14.2 | 8.8   | 7.7    |
| 1996   | 4.9  | 5.7   | 5.3  | 10.0  | 19.1  | 21.5    | 23.8   | 23.9    | 19.2  | 14.2 | 12.3  | 10.1   |
| 1997   | 6.9  | 5.4   | 6.1  | 9.2   | 16.7  | 21.4    | 23.8   | 21.6    | 17.5  | 14.2 | 11.9  | 8.8    |
| 1998   | 6.8  | 6.9   | 6.2  | 14.2  | 16.6  | 22.5    | 24.4   | 25.1    | 20.4  | 16.9 | 11.8  | 6.7    |
| 1999   | 7.2  | 6.8   | 9.1  | 14.4  | 17.5  | 21.9    | 25.4   | 24.5    | 20.7  | 16.2 | 11.5  | 10.8   |
| 2000   | 3.5  | 6.5   | 7.7  | 14.3  | 16.7  | 21.0    | 25.1   | 24.1    | 20.7  | 15.3 | 13.6  | 9.6    |
| 2001   | 8.6  | 8.0   | 12.7 | 13.6  | 16.8  | 21.8    | 26.1   | 25.1    | 21.5  | 16.6 | 10.9  | 5.0    |

Çizelge 3.4

1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Maksimum Sıcaklık  
Değerleri ( °C )

| YILLAR | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1986   | 11.0 | 9.9   | 9.7  | 18.6  | 19.9  | 26.5    | 28.2   | 29.4    | 25.2  | 18.5 | 12.6  | 9.6    |
| 1987   | 8.6  | 11.0  | 7.4  | 13.8  | 20.5  | 26.0    | 29.1   | 27.0    | 25.6  | 17.8 | 15.4  | 9.8    |
| 1988   | 10.3 | 9.9   | 12.8 | 15.8  | 20.7  | 26.0    | 29.7   | 29.5    | 25.2  | 18.0 | 10.4  | 9.8    |
| 1989   | 7.5  | 10.5  | 13.3 | 20.6  | 20.5  | 25.3    | 27.3   | 29.1    | 24.8  | 18.1 | 13.0  | 10.1   |
| 1990   | 7.7  | 9.6   | 13.5 | 17.7  | 19.8  | 25.3    | 28.4   | 28.3    | 24.0  | 19.9 | 17.6  | 12.2   |
| 1991   | 8.1  | 8.1   | 9.7  | 14.3  | 19.0  | 24.7    | 27.8   | 28.2    | 23.3  | 19.8 | 15.1  | 6.8    |
| 1992   | 7.2  | 6.6   | 11.0 | 16.8  | 19.4  | 25.5    | 25.9   | 29.8    | 24.5  | 22.5 | 14.5  | 7.7    |
| 1993   | 7.6  | 6.2   | 11.2 | 15.9  | 19.5  | 25.9    | 27.8   | 28.5    | 25.5  | 22.2 | 12.5  | 12.1   |
| 1994   | 10.9 | 9.0   | 12.6 | 19.6  | 22.1  | 25.3    | 29.0   | 29.8    | 29.2  | 21.9 | 12.9  | 9.5    |
| 1995   | 9.3  | 11.7  | 13.1 | 16.4  | 22.1  | 28.1    | 28.3   | 28.3    | 25.3  | 17.8 | 12.3  | 10.1   |
| 1996   | 7.2  | 8.6   | 7.7  | 14.0  | 23.0  | 26.3    | 28.4   | 28.2    | 23.8  | 17.7 | 16.7  | 12.4   |
| 1997   | 9.6  | 9.0   | 9.8  | 12.8  | 21.4  | 25.6    | 28.2   | 25.5    | 21.6  | 18.0 | 15.0  | 11.1   |
| 1998   | 9.9  | 10.6  | 9.0  | 18.2  | 20.3  | 26.5    | 29.2   | 29.4    | 24.5  | 21.4 | 14.7  | 8.7    |
| 1999   | 10.0 | 9.8   | 12.9 | 18.6  | 22.3  | 26.0    | 29.6   | 29.0    | 24.9  | 19.9 | 14.7  | 13.5   |
| 2000   | 5.8  | 9.5   | 11.5 | 18.6  | 21.3  | 25.5    | 30.7   | 28.7    | 25.3  | 19.2 | 18.5  | 12.1   |
| 2001   | 11.1 | 11.3  | 17.1 | 17.8  | 21.3  | 27.1    | 30.6   | 29.5    | 26.3  | 20.9 | 14.3  | 7.2    |

Çizelge 3.5.

1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Nispi Nem  
Değerleri ( % )

| YILLAR | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1986   | 78   | 84    | 81   | 73    | 77    | 74      | 74     | 73      | 75    | 79   | 78    | 80     |
| 1987   | 81   | 78    | 80   | 75    | 74    | 72      | 74     | 76      | 74    | 83   | 78    | 82     |
| 1988   | 82   | 80    | 78   | 85    | 74    | 72      | 74     | 74      | 72    | 81   | 79    | 82     |
| 1989   | 79   | 71    | 77   | 70    | 75    | 73      | 74     | 76      | 75    | 80   | 78    | 80     |
| 1990   | 77   | 77    | 67   | 71    | 77    | 67      | 68     | 68      | 76    | 83   | 79    | 91     |
| 1991   | 76   | 78    | 80   | 83    | 80    | 80      | 80     | 76      | 80    | 82   | 80    | 79     |
| 1992   | 82   | 77    | 74   | 72    | 71    | 72      | 76     | 77      | 68    | 74   | 72    | 78     |
| 1993   | 77   | 72    | 71   | 72    | 82    | 70      | 70     | 75      | 73    | 78   | 80    | 80     |
| 1994   | 78   | 78    | 73   | 73    | 72    | 70      | 70     | 69      | 75    | 84   | 79    | 83     |
| 1995   | 81   | 78    | 71   | 73    | 72    | 70      | 80     | 73      | 75    | 79   | 74    | 79     |
| 1996   | 78   | 75    | 79   | 77    | 74    | 67      | 71     | 76      | 78    | 83   | 76    | 83     |
| 1997   | 79   | 74    | 74   | 78    | 75    | 73      | 69     | 78      | 74    | 80   | 79    | 78     |
| 1998   | 79   | 75    | 77   | 72    | 78    | 68      | 67     | 74      | 83    | 84   | 83    | 82     |
| 1999   | 81   | 76    | 74   | 73    | 70    | 78      | 73     | 76      | 76    | 81   | 78    | 81     |
| 2000   | 76   | 75    | 72   | 74    | 72    | 71      | 70     | 79      | 81    | 85   | 78    | 77     |
| 2001   | 74   | 74    | 72   | 66    | 66    | 63      | 78     | 74      | 70    | 74   | 75    | 82     |



Çizelge 3.6.

1986 – 2001 Yılları Arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu Aylık Toplam Yağış Miktarları

| YILLAR | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Yıllık |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1986   | 143.3 | 99.6  | 15.0  | 30.6  | 3.9   | 29.0    | 0.4    | 2.2     | 17.0  | 90.5  | 56.5  | 87.0   | 575.0  |
| 1987   | 108.1 | 22.3  | 99.3  | 41.5  | 18.6  | 9.1     | 82.6   | 52.5    | 0.5   | 114.6 | 96.1  | 163.2  | 808.4  |
| 1988   | 12.6  | 50.4  | 59.8  | 45.7  | 17.3  | 49.8    | 17.2   | 0.9     | 23.7  | 65.4  | 208.2 | 169.4  | 720.4  |
| 1989   | 28.8  | 23.3  | 26.4  | 15.9  | 49.3  | 12.5    | 8.4    | 6.6     | 5.7   | 101.2 | 115.8 | 62.0   | 455.9  |
| 1990   | 33.9  | 24.3  | 24.0  | 32.2  | 46.4  | 34.5    | 1.1    | 8.1     | 53.4  | 52.1  | 108.6 | 123.9  | 542.5  |
| 1991   | 34.7  | 50.2  | 36.3  | 123.5 | 110.8 | 12.9    | 77.7   | 0       | 118.1 | 66.1  | 47.8  | 126.4  | 804.5  |
| 1992   | 12.7  | 90.7  | 109.4 | 26.0  | 26.0  | 62.2    | 30.7   | 0       | 13.2  | 72.8  | 64.5  | 106.7  | 614.9  |
| 1993   | 67.5  | 56.5  | 35.0  | 15.6  | 46.3  | 33.2    | 6.6    | 2.4     | 37.3  | 36.3  | 139.2 | 77.0   | 552.9  |
| 1994   | 72.4  | 51.3  | 23.8  | 30.8  | 24.9  | 70.9    | 6.6    | 15.8    | 0.2   | 105.7 | 95.8  | 136.3  | 634.5  |
| 1995   | 104.5 | 24.3  | 89.5  | 41.3  | 6.4   | 21.4    | 88.8   | 15.2    | 51.0  | 40.2  | 135.6 | 82.8   | 700.4  |
| 1996   | 6.84  | 82.5  | 91.1  | 76.8  | 30.7  | 5.6     | 0.1    | 27.8    | 98.3  | 63.6  | 39.0  | 102.3  | 686.2  |
| 1997   | 42.5  | 39.9  | 68.9  | 95.7  | 11.3  | 38.5    | 62.1   | 104.4   | 3.9   | 235.3 | 43.8  | 164.3  | 910.6  |
| 1998   | 35.0  | 50.9  | 125.7 | 32.9  | 101.7 | 13.5    | 28.3   | -       | 36.4  | 125.8 | 57.7  | 102.6  | 710.5  |
| 1999   | 32.2  | 123.2 | 53.3  | 22.4  | 3.7   | 59.7    | 14.6   | 50.9    | 27.9  | 34.6  | 118.3 | 87.6   | 628.4  |
| 2000   | 92.1  | 81.8  | 104.9 | 88.1  | 33.2  | 30.3    | 10.6   | 46.5    | 44.4  | 75.5  | 17.1  | 51.0   | 677.5  |
| 2001   | 21.5  | 73.7  | 36.1  | 53.0  | 30.9  | 5.3     | 13.6   | 31.8    | 55.3  | 14.7  | 149.8 | 250.4  | 736.1  |

### 3.5. Tuzla Gölündeki Biyoçeşitlilik

Tuzla gölündeki biyoçeşitlilik, denizle bağlantılı olduğu dönemdeki lagün göl ve denizle bağlantısının kesildiği dönemdeki tatlı su ortamı olmak üzere iki dönemde incelenmektedir. Göl dibinde 2 – 3 cm’lik ince bir sediment örtüsünün altındaki ilk 50 – 60 cm kalınlığındaki çamur keki organizma kalıntıları açısından kısır, koyu siyah organik çamurdan oluşmakta iken, bu tabakanın hemen altındaki kumlu bir yapıya sahip sedimentte denizel kökenli çökeltinin varlığı dikkati çekmektedir.

Gölün başlıca hayvan türlerini balıklar, karidesler, kaplumbağalar, kuşlar ve su yılanları oluşturmaktadır. Göl canlıları arasında kuşların özel bir yeri vardır. 1997 yılında 36 kuş türünün gözlemlendiği bu alanda bir günde 2630 kuş sayılmıştır. Sazan balığı, gölün en yaygın balık türünü oluştururken, lagün döneminde de yaygın olarak lüfer avlandığı bilinmektedir. Yapılan eski araştırmalardan da görülmektedir ki, gölde eskiden çok miktarda kefal, pisi, Blue Fish, Goby, Barbunya, Levrek ve yılan balığı gibi ekonomik değerleri yüksek balıklar bulunmaktaydı.

Göl ve çevresi otluk ve sazlıklarla kaplı olup, gölün büyük bir kısmını kaplayan su bitkileri sadece gölün orta kısmındaki küçük bir alanda görülmezler. Gölün büyük bir kısmını da, *Myriophyllum sp.* ve *Chara sp.* türü su bitkileri kaplamaktadır. Gölde yapılan incelemelerde gözlenen fauna ve flora türleri Çizelge 3.7 ve 3.8.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Tuzla Gölü Florası ( Aydın ve Yüksek, 1990 )

| FLORA                   |                              |                               |                        |                         |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Cyanophyta              | Bacillariophyta<br>(Diatome) | Pyrrophyta<br>(Dinoflagellat) | Chlorophyta            | Angiosperma             |
| <i>Oscillatoria sp.</i> | <i>Nitzschia sp.</i>         | <i>Gymnodinium</i>            | <i>Scenedesmus sp.</i> | <i>Myriophyllum</i>     |
| <i>Merismopedia</i>     | <i>Synedra sp.</i>           | <i>sp.</i>                    | <i>Chara sp.</i>       | <i>verticillatum L.</i> |
| <i>sp.</i>              | <i>Cymbella sp.</i>          |                               | <i>Cosmarium sp.</i>   |                         |
| <i>Anabaena sp.</i>     | <i>Navicula sp.</i>          |                               | <i>Cladophora sp.</i>  | <i>Phragmites</i>       |
| <i>Gloecapsa sp.</i>    | <i>Pleurosigma sp.</i>       |                               | <i>Closterium sp.</i>  | <i>communis Trin.</i>   |
|                         | <i>Melosira sp.</i>          |                               | <i>Oedogonium sp.</i>  |                         |

Çizelge 3.8. Tuzla Gölü Faunası ( Aydın ve Yüksek, 1990 )

| FAUNA            |                     |                           |
|------------------|---------------------|---------------------------|
| Protozoa         | Invertebrata        | Vertebrata                |
| <i>Rotatoria</i> | <i>Gammarus sp.</i> | <i>Aphanius fasciatus</i> |
|                  |                     | <i>Mugil cephalus</i>     |
|                  |                     | <i>D. labrax</i>          |
|                  |                     | <i>M. barbatus</i>        |
|                  |                     | <i>A. anguilla</i>        |

Tuzla Gölünün florasının büyük çoğunluğunun mikroskobik alglerden meydana geldiği görülmektedir. Makroskobik algler, sayıları bakımından oldukça az olmalarına rağmen, gölün her tarafındaki yoğunlukları fazladır. Mikroskobik alglerden bir kısmı epifitik hayata uygunluk gösteren alg topluluklarından oluşuyordu. Epifitik hayata uygunluk sağlamış olan alglerin çoğunluğu *Cladophora sp.* gibi fazla dallanma gösteren alglerin üzerine tutunarak yaşamlarını sürdürürler. *Cyanophyceae* familyasından *Merismopedia sp.* ve *Anabaena sp.* gibi müsilaçlı kolonilere de rastlanmıştır. *Oscillatoria sp.* gibi *Cladophora* hücrelerine yapışarak

büyüyen, sonradan müsilaılı koloniler oluşturarak yaşayan alglere de sık olarak rastlanmaktadır ( Aydın ve Yüksek, 1990 ).

Tuzla gölü çevresinde belirlenen üç istasyondan, plankton örnekleme ağı yardımı ile yapılan yatay çekim sonucunda elde edilen hacimsel analiz sonuçları Çizelge 3.9.'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Tuzla Gölü'nde Gerçekleştirilen Hacimsel Plankton Analiz Sonuçları  
( Kocasoy, 1991 )

| İSTASYON | PLANKTON MİKTARI ( mg / m <sup>3</sup> ) |
|----------|------------------------------------------|
| 1        | 2.70                                     |
| 2        | 2.73                                     |
| 3        | 2.74                                     |

### 3.5.1. Fitoplanktonlar

Makrofitler, suda ya serbest olarak yüzerler, ya da kökleri ve rizoidleri ile toprağı tutunarak yaşamlarını sürdürürler. Köklü olanlar ise ya kısmen, ya tamamen su içinde, ya da bazı kısımları suyun dışında yaşayabilirler. Köklü makrofitler, besin tuzlarını hem sudan hem de sedimanlardan ( özellikle fosforu ) alırlar. Öldüklerinde ise fosforu suya geçirirler. Bunların üzerinde yaşayan yeni epifitik algler, bu durumdan çok iyi faydalanırlar. Aquatik bir ortamda, makrofit bir topluluğun en göze çarpan özelliğı, karadan itibaren daha derin kısımlara doğru gidildikçe zonlaşma görülmesidir. Şeffaf sulu, sığ göllerde makrofitler tüm göl dibini kaplayabilirler. Tüm tatlısu angiospermeleri de sığ sulara mahsustur ve 10 m'den fazla derinliklerde yaşayamazlar.

### Chlorophyta ( Yeşil Algler )

Hareketli, hareketsiz tek hücreli veya koloni teşkil eden formlar olduğı gibi tek veya çok çekirdekli, dallanan veya basit yapıli çok hücreli filamentlere sahip olan formlarda bulunur. Klorofil a ve b pigmentleri içermektedirler. Hücre çeperleri genellikle iki, bazen üç tabakalıdır. İç çeper tabakaları selüloz, pektin veya sellüloz + diğ er polisakkaritlerden meydana gelmektedir. Dıştaki tabakalar ise müsilaı ve pektoz yapıdadır. Su florasının büyük bir kısmını teşkil eden yeşil algler, yeryüzünde ışı k ve rutubetin olduğı her yerde yaşayabilirler. Türlerinin % 10'u denizlerde, geri kalanları ise tatlısularda yaşarlar. Denizlerde

yaşayanların çoğunluğu sığ seviyelerde bulunurlar. Tatlısulara yaşayanların büyük çoğunluğu, tek hücreli veya koloni halinde olup, planktoniktirler. İplikli formda olanları ise bentiktirler. ( Altuner, 1996 )

***Cladophora sp.*** : Çok nükleuslu, silindirik hücrelerin uç uca eklenmesiyle meydana gelmiş, dallanmış iplikler halindeki alglerdir. Hem deniz, hemde tatlısulara yaşayan türleri vardır. Taşlar üzerinde rizoidal bir hücre ile tutunurlar. Kloroplastları ağimsı yapıdadır. Uzun silindirik şeklindeki hücreleri çok nükleusludur.



Şekil 3.3. *Cladophora sp.*

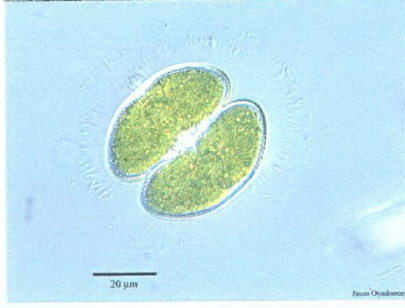
***Scenedesmus sp.***: Tatlı sularda yaygın halde fakat az sayıda bulunan alglerdir. Koloniler, bir veya iki sıra halinde dizilmiş, 2-4 veya 8 adet hücreden meydana gelirler. Koloniler yassı plak şeklindedirler. Bazı türlerinin uçlardaki hücrelerinde boynuz şeklinde müsilağ uzantılar bulunur.



Şekil 3.4. *Scenedesmus sp.*

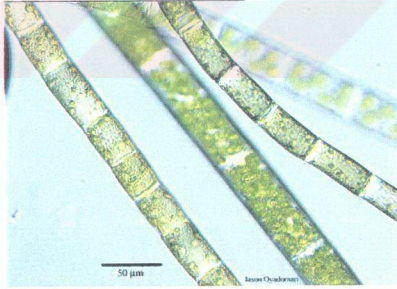


***Cosmarium sp.*:** Hücreleri orta kısmında bulunan dar bir boğazla iki yarım hücre halinde boğumlanarak, fiyongu andıran bir yapı alır. Çeperleri ise delikliidir.



Şekil 3.5. *Cosmarium sp.*

***Oedogonium sp.*:** Dallanmamış ipliksi yeşil alglerdir. Özel hücre bölünmesi sonucunda yan çeperlerinde testere dişlisi gibi yapılar gösterir. Bu özellik bu genus için karakteristik bir yapıdır. Bu genusun türleri genç devrede bir ayak hücresiyle, su içindeki katı cisimlere ve su bitkilerine tutunur. Sonradan serbest hale geçerler. Tatlısularda, taşlar üzerinde su bitkilerine tutunmuş halde bulunurlar.



Şekil 3.6. *Oedogonium sp.*

***Closterium sp.*:** Yarım ay şeklindeki hücrenin kutuplarında, içerisinde jibs kristallerinin bulunduğu birer vakuol vardır. İki parça halindeki kloroplastlarının üzerinde çıkıntılar ve pirenoid mevcuttur. Genellikle bataklıklarda ve havuzların dip çamurlarında bolca rastlanırlar.





Şekil 3.7. *Closterium* sp.

### Cyanophyta ( Mavi – Yeşil Algler )

Tek tek hücreler halinde bulundukları gibi, küre, kurs veya yassı koloniler halinde de bulunabilirler. Genellikle hareketsizdirler. Hücre çeperinin birinci tabakası selüloz, ikinci tabakası ise pettik maddelerden oluşmuştur. Renk pigmenti olarak klorofil a, beta karoten, E karoten ve flavisin, ksantofiller ve lutein içerir. Yeryüzünün bütün bölgelerinde yayılmışlardır. Tatlısularda ve denizlerde yaşarlar. Bazı türleri planktoniktir. Bazı türleri ise bentik olup, akarsu, göl, gölcük sularının ve bataklıkların zeminlerinde yaşarlar. Planktonik türlerin bazıları uygun mevsim ve şartlarda çok fazla çoğalarak çıkardıkları toksinlerle, balıkların ve suda yaşayan diğer canlıların ölümüne neden olabilirler. Bazı türleri nemli topraklarda, su sızdıran kayaların üzerinde siyahımsı müsilaçlı bir örtü halinde bulunurlar. Bazı türleri sıcak su kaynaklarında bile yaşayabilirler. Su üzerinde bilhassa göl ve havuzların yüzeyinde “su çiçeği” denilen ve kısmen diğer planktonik türlerin de katıldığı yeşil veya yeşilimsi bir örtü meydana getirirler ( Altuner, 1996 ).

***Oscillatoria* sp.:** Akarsu kenarlarındaki nemli kayalarda ve toprakta, seralardaki ıslak saksıların çevrelerinde, çakıl taşlarının üstünde siyahımsı kaygan bir örtü meydana getiren ipliksi organizmalardır. Dallanma hiçbir zaman görülmez. En uçtaki hücrenin ritmik kasılıp açılması ile ipliğin uç kısmı sağa sola konik titreşim hareketleri yaptığından dolayı bu alg'e *Oscillatoria* adı verilmiştir ( Temel, 1995 ).



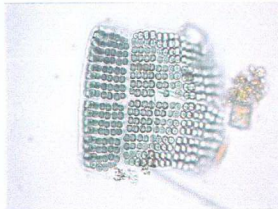
Şekil 3.8. *Oscillatoria* sp.

***Anabaena* sp.:** Küre ve tesbih tanesi şeklindeki hücrelerin meydana getirdikleri trikomları ( ipliksi yapı ) düz veya kıvrık olabilir. Yaz aylarında aşırı çoğalırlar. Ancak su yüzeyinde cıvık bir örtü meydana getirmezler. Çoğu türleri planktoniktir. Havanın serbest azotunu tesbit ederler. İçerdikleri toksik maddelerden dolayı bazı hayvanların ölümüne neden olurlar. *Microcystis*'le beraber en zehirli alg türlerini meydana getirirler.



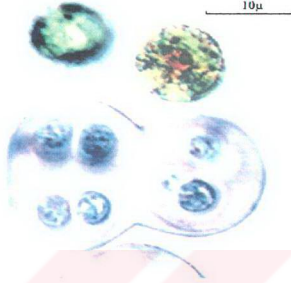
Şekil 3.9. *Anabaena* sp.

***Merismopedia* sp.:** Yalnız iki düzlemde dizilerek sal benzeri yassı koloniler oluşturan 3 – 10 µm çapındaki yuvarlak hücrelere sahip alglerdir.



Şekil 3.10. *Merismopedia* sp

***Gloeocapsa sp.*:** Genellikle havuz ve tatlısulara yaşarlar. Havuz duvarlarında ve akarsu kenarlarındaki nemli kayalarda jelatinimsi kaygan bir örtü meydana getiren koloniler oluştururlar. Koloniler mikroskopta incelendiğinde, küresel ve yumurtamsı şekilde görünürler.

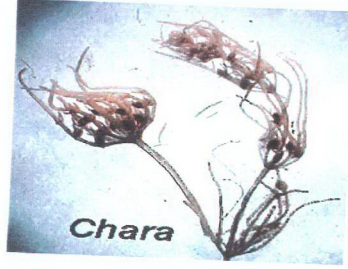


Şekil 3.11. *Gloeocapsa sp.*

#### Angiospermae ( Kapalı tohumlular )

***Chara sp.* :** Derinliği az, tatlı ve acısuların dibinde adeta çayırılar meydana getirirler. Thallusları rizoidal bir yapı ile zemine tutunur, gövde uzunca düğüm aralarıyla kısa düğümlerin muntazam bir almasıyla katlı şamdanlara benzerler. Bu yüzden su şamdanları olarak bilinirler. Chara genusunda, düğümlerde yan dalların alt hücrelerinden çıkan ve internod hücreleri üzerinde aşağı ve yukarı doğru büyüyerek bu hücreleri tamamen örten korteks tüpleri bulunur. Eşeysiz üremede spor meydana gelmez, eşeyli üreme ise oogami ile olur.

Tatlı sulara, nadiren acısulara yaşarlar. Yaşadıkları sığ suların dibinde 30 – 40 cm yüksekliğinde çayırılar teşkil ederler. Chara sp.'nin üzeri  $\text{CaCO}_3$  ile kaplıdır. Bu şekilde hayvanlar tarafından yenmeleri zorlaşmaktadır.



Şekil 3.12. *Chara* sp.

### Dinophyta ( Ateş Rengi Algler )

Tek hücreli kamçılı algler olup, nadiren koloni ve ipliksi yapı meydana getirirler. Çıplak veya enteresan süslü selüloz bir zırhla çevrili alglerdir. Zırh bazılarında ince plaklar halindedir. Klorofil a ve c, beta karoten ve çok sayıda ksantofil içerirler. Hareketleri, ipliksi kamçıları tarafından sağlanır. Denizlerde ve tatlısullarda bulunurlar. Bazı türleri, nörotoksin denen zehirli maddeleri hücre dışına salgılayarak su ortamının ekolojisini bozabilirler. Denizlerde aşırı çoğalmaları ile Red – Tide olayı gözlenir.

**Dinoflagellatlar :** Tek hücreli kamçılı algler olup, fitoplanktonun önemli bir kısmını teşkil ederler. Nadiren koloni ve ipliksi yapı meydana getirirler. Çıplak veya enteresan süslü selüloz bir zırhla çevrili alglerdir. Zırh bazılarında ince plaklar halindedir. Kamçıları ventraldir; yapı ve yönleri değişiktir. Biri daha çok şeritsi ve yılankavi olup, diğeri ise ipliksi ve geriye doğru yönelmiştir. Hücrede iyi gelişmiş, oldukça büyük bir çekirdek, bir veya birden fazla çekirdekçik bulunur. Eşeysiz üremeleri, hücrelerin ikiye bölünmesiyle olurken, eşeyli üremeleri ise, izogami veya anizogami ile olur. Dinoflagellatlar, okyanusların planktonunda, tatlı sulardan ise daha çok gölcük ve su birikintilerinde yaygındırlar. Bazıları yumuşak, bazıları sert sularda daha iyi gelişirler. Dinoflagellatların bazıları, zehir etkisi yapan alkaloid ihtiva ettiklerinden dolayı, fazla çoğalmaları durumunda su ortamının flora ve faunasını olumsuz yönde etkiler ve geniş ölçüde balık ölümüne neden olurlar.

**Gymnodinium sp.:** Morfolojik yapısı topaç şeklindedir. Enine ve boyuna olmak üzere iki olukludur. Oluklarda yer alan iki kamçı sayesinde hem kendi eksenini etrafında dönerler, hemde ileriye doğru hareket edebilirler. Bazı türleri, balıklar ve hatta insanlar için toksiktir. Deniz ve tatlısullarda yaşarlar.

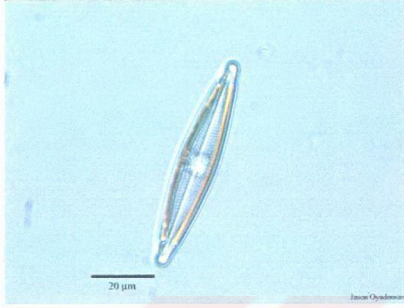
## Bacillariophyta ( Silisli Su Yosunları )

Küçük, esmer renkli, tek hücreli veya koloni halinde yaşayan alglerdir. Diğer alglerden en önemli farkları, hücrelerinde bol miktarda silis ihtiva etmeleri ve hücre çeperinin her biri üzerine kapanan kapaklı kutu biçiminde olmasıdır. Hücre çeperinin ana maddesi pektin olup, oranı % 95'e kadar değişebilen miktarda silis içerir. Renk maddesi olarak, klorofil-a ve c, beta karoten, E-karoten ve ksantofil içerirler. Karotenoidlerin diğer pigmentlere göre daha baskın olmalarından dolayı, kahverengimsi, sarı ve esmer olarak görülürler. Pek çoğu serbestçe hareket edebilme kabiliyetine sahiptirler. Hareketleri bir seri irkilme şeklindedir. Hareket edebilenler pennat diatomelerdir. Sentrik diatomeler ise serbestçe hareket edemezler. Bazıları sadece tatlısullarda, bazıları ise sadece tuzlu sularda bulunurlar. Tatlı sulardakiler plankton içerisinde bulundukları gibi, bazıları bentik olarak, su içerisindeki taşların üzerinde kahverengi müsilaşlı bir örtü yapacak biçimde çoğalmış bulunabilirler. Sulardan başka nemli topraklar üzerinde ve toprak altında da bulunurlar ( Altuner,1996 ).

**Diatome :** Diatomeler, şekil bakımından fevkalade zenginlik gösteren, küçük, esmer renkli, tek hücreli veya koloni halinde yaşayan alglerdir. Diğer alglerden çok farklı yapıdadırlar. En önemli özellikleri hücrelerinde bol miktarda silis ihtiva etmeleri ve hücre çeperinin her biri üzerine kapanan kapaklı kutu biçiminde olmasıdır. Hücre çeperinin ana maddesi pektin olup, oranı % 95'e kadar değişebilen miktarda silis iştirak eder. Süslerin kabuğun ortasında bulunan bir noktanın etrafında ışınsal doğrultuda dizildiği tiplere "*Sentrik diatomeler*", süslerin bir eksensel çizgiye göre simetrik veya asimetrik iki taraflı olarak dizildiği tiplere de "*Pennat diatomeler*" denilmektedir. Pennat diatomelerin pek çoğu serbestçe hareket edebilme kabiliyetine sahiptirler. Bu hareketleri bir seri irkilme şeklindedir. Sentrik diatomelerin ise hiçbir serbestçe hareket edemezler. Bazı diatomeler sadece tatlısullarda, bazıları ise sadece tuzlu sularda bulunur. Sulardan başka, nemli topraklar üzerinde ve toprak altında da bulunabilirler. Diatomelerin silisli çeperleri, diatome protoplastı öldükten sonra dibe çöker ve zamanla yüksek miktarlarda birikerek tabakalar hasil ederler. Uygun şartların uzun süre devam etmesi halinde birikimler oldukça kalınlaşır ve ekonomik önem kazanır. Fosil diatome kabuklarının birikimleri "Diatome Toprağı" olarak bilinir.

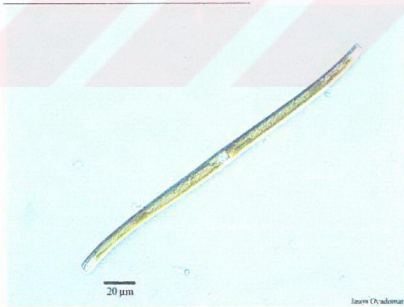


**Navicula sp.:** Deniz ve tatlısularda yaşayan, önden görünüşü uzunca mekik veya kayık şeklinde olan alglerdir. Çoğu tatlısuların dibinde, su bitkileri üzerinde yaşarlar. Tüm rafe kapsayan türlerde olduğu gibi, sürünme tarzında hareket ederler.



Şekil 3.13. *Navicula sp.*

**Nitzschia sp.:** Hücreler tek ve serbest yüzer. Kuşaktan görünüşü uzunca, geniş, köşeli veya s harfi biçimindedir. Boydan boya asimetrik olup, şekilleri çok değişkendir. Uçları sivri veya keskin olan bu türlere daha çok tatlısularda rastlanır.



Şekil 3.14. *Nitzschia sp.*

### 3.5.2. Zooplanktonlar

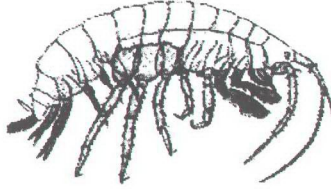
#### Protozoa

Büyüklikleri birkaç  $\mu$  ile 5 mm arasında değişen tek hücreli organizmalardır. Tüm sularda görülürler. Daha çok bakterilerin, alglerin ve organik maddelerin bol olduğu sularda çok çoğalırlar. Göllerde bentik alglerin bol olduğu kısımlar ve yavaş akan nehirlerdeki kaya ve taşlar üzerinde bol bulunurlar. Genelde ağır bir şekilde hareket ederler. Bazıları ise kamçı ve silleri ile hızlı hareket edebilme yeteneğine sahiptirler. Yaklaşık olarak bütün protozoalar aerobik olmalarına rağmen, çoğunluk yinede oksijenin büyük ölçüde azalmış olduğu veya tamamen yok olduğu anaerobik şartlarda da iyi bir gelişme gösterebilirler. Bu özellikleri nedeniyle, bu organizmalar organik maddece zengin sularda ve kirli sularda da iyi bir şekilde büyüyebilirler.

#### Arthropoda ( Eklembacaklılar )

Eklembacaklılar, hayvanlar aleminin en fazla sayıda tür içeren grubudur. Deniz, kara ve tatlısu gibi üç büyük ekosistemde de yaygın olarak dağılım gösterirler. Crustacea sınıfı Arthropoda'nın suda yaşayan en büyük grubunu oluşturmaktadır. Büyük bir kısmı denizlerde, az bir bölümü ise tatlısularda ve nemli topraklarda yayılım gösterir. Arthropodlar, genellikle hızlı hareket eden hayvanlardır. Bunu da vücutlarında bulunan çizgili kaslara borçludurlar. Vücutları dış taraftan kitin kökenli bir madde olan kutikula ile kaplıdır. Kutikulanın kalınlığı vücudun her yerinde aynı olamayıp, eklemlerde harekete olanak sağlayacak şekilde incelmıştır. Diğer yandan bünyesine yabancı maddeleri de katarak çok sağlam bir zırh oluşturabilmektedir.

**Gammarus sp. :** Amphipoda ordo'sunun bir üyesi olup, kısmen serbest, kısmende parazit yaşayan krustaselerdir. Deniz ve tatlısularda, genellikle büyük gruplar halinde bulunurlar. Besinlerinin çoğunu tek hücreli algler, diğer plankton organizmalar ve organik atıklar oluşturur. Antenlerinin hareketiyle akım sağladığı sudaki planktonu filtre ederek beslenirler.



Şekil 3.15. *Gammarus sp.*

### 3.5.3. Vertebrata ( Omurgalılar )

**Bahklar:** Yapılan araştırmalardan görülebileceği gibi Tuzla Bahık Gölü'nde bir zamanlar Barbunya, Levrek, Blue Fish, Pisi, Goby, Yılan Balığı ve Kefal balığı gibi ekonomik değerleri yüksek bahklar yaşamaktaydı. Hatta ekonomik değeri olan bu balık türlerinden bir zamanlar yılda ortalama 15.000 kg üretilmekte olduğu söylenmektedir. Tuzla Gölü'nün lagün olduğu günlerde buradan oldukça fazla lüfer yakalandığı bilinmektedir. Gölün denizle bağlantısının geliştirilmesi halinde, doğal balıkçılığın yanısıra dalyan balıkçılığı için de son derece uygun bir su yatağı haline gelmesi mümkündür.

**Kuşlar:** Yaban hayata gerekli önemin verilmediği ülkemizde birkaç koruma altındaki sulak alan dahil tüm ülkeye yayılan kuşlar, başta yaşama alanlarının çeşitli nedenlerle tahribinin yanısıra, inanılmaz boyutlara varan bir av baskısının da tehdidi altına girmişlerdir. Afrika – Avrupa arasındaki göç yollarının en önemlilerinden birinin İstanbul üzerinden geçmesi, boyutları ne olursa olsun, kuşların barınabileceği bütün alanların korunmasını gerektirmektedir. Sadece bu açıdan bakıldığında bile, kıyıları sazlarla çevrili yer yer ıslak çayırların kıyıya kadar indiği, kıyılarda yer yer çalı kümelerine rastlanan ve de bir lagün gölü sayılan Tuzla Bahık Gölü'nün kuşlar açısından oldukça önemli bir değer taşıdığı ortaya çıkmaktadır. Gölde, Pelikan'dan Yaban Ördeğine, Siyah Balıkçıl'dan, Karabatağa kadar 36 kuş türünün barındığı 19.1.1990 ve 15.12.1990 tarihleri arasında yapılan gözlemler sonucunda kesinlik kazanmıştır. Haziran 2001'de suları tamamen çekilen Tuzla Gölü'nün bazı kuş türlerince hala uğrak yeri olduğunu gösteren fotoğraflar Şekil 3.16. ve 3.17.'de verilmiştir. Kurumadan önce gölde barınan kuşların tam listesi ise Çizelge 3.10.'da verilmektedir.



Şekil 3.16. Tuzla Gölü'nde Gözlenen Kuş Türleri



Şekil 3.17 . Tuzla Gölü'nde Gözlenen Kuş Türleri



Çizelge 3.10. Tuzla Gölü ve Çevresinde Konaklayan Kuş Türleri

| <b>Türler</b>           | <b>Latince İsmi</b>           |
|-------------------------|-------------------------------|
| Büyük Batağan           | <i>Podiceps cristatus</i>     |
| Kızıl Boyunlu Batağan   | <i>Podiceps grisegena</i>     |
| Küçük Batağan           | <i>Tachybaptus ruficollis</i> |
| Karabatak               | <i>Phalacrocorax carbo</i>    |
| Gri Balıkçıl            | <i>Ardea cinerea</i>          |
| Büyük Beyaz Balıkçıl    | <i>Egretta alba</i>           |
| Küçük Beyaz Balıkçıl    | <i>Egretta garzetta</i>       |
| Alaca Balıkçıl          | <i>Ardeola ralloides</i>      |
| Çeltikçi                | <i>Plegadis falcinellus</i>   |
| Angıt                   | <i>Tadorna ferruginea</i>     |
| Yeşilbaş                | <i>Anas platyrhynchos</i>     |
| Leylek                  | <i>Ciconia ciconia</i>        |
| Kirik                   | <i>Anas crecca</i>            |
| Tepeli Patka            | <i>Aythya fuligula</i>        |
| Elmabaş                 | <i>Aythya ferina</i>          |
| Pasbaş                  | <i>Aythya nyroca</i>          |
| Saz Delicesi            | <i>Circus aeruginosus</i>     |
| Yelve                   | <i>Rallus aquaticus</i>       |
| Saz Tavuğu              | <i>Gallinula chloropus</i>    |
| Su Çulluğu              | <i>Gallinago gallinago</i>    |
| Sakarmeke               | <i>Fulica atra</i>            |
| Küçük Halkalı Yağmurcun | <i>Charadrius dubius</i>      |
| Karabaş Martı           | <i>Larus ridibundus</i>       |
| Küçük Martı             | <i>Larus minutus</i>          |
| Gümüşi Martı            | <i>Larus argentatus</i>       |
| Yalıçapkını             | <i>Alcedo atthis</i>          |
| Kırlangıç               | <i>Hirundo rustica</i>        |



|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| Karagagalı Sumru | <i>Sterna sandvicensis</i>  |
| Kuyruksallayan   | <i>Motacilla alba</i>       |
| Baştankara       | <i>Parus major</i>          |
| İspinoz          | <i>Fringilla coelebs</i>    |
| Serçe            | <i>Passer domesticus</i>    |
| Sığırcık         | <i>Sturnus vulgaris</i>     |
| Saksağan         | <i>Pica pica</i>            |
| Leş Kargası      | <i>Corvus corone cornix</i> |
| Küçük Karga      | <i>Corvus monedula</i>      |

### 3.6. Tuzla Gölü Jeolojisi

Tuzla gölü'nün sularının çekilmesi sonucunda, göl tabanındaki birikintilerin kazınması gündeme gelmiştir. Bu bağlamda gölün jeolojik özelliklerini tespit edebilmek amacıyla sondaj ve geoteknik etüdler yapılmıştır. Bir yerbilimleri şirketinin gölde yaptığı araştırmalara göre;

Tuzla Gölü, İstanbul Jeoloji Literatüründe Kartal Formasyonu olarak bilinen Alt – Orta Devoniyen yaşlı istif üzerinde bulunmaktadır. Genelde alt kesimi yeşilimsi gri – kırmızımsı kahve renkli ince laminalı şeyllerden yapılmıştır. Bölgede yeralan yaşlı kayalar, çoğunlukla erime boşluklu kireçtaşlarıdır. Üst kesimde ise, kalınlığı 0,5 – 15 m arasında değişen kalsitürbidit arakatlıları mevcuttur. Göl formasyonunun üst kesiminde yer alır. Bu kesimde izlenen kireçtaşı aratabakaları oldukça kalındır. Kireçtaşı aratabakalarında gözlenen husus ise, tabakanın ileri derecede karstlaşmış olmasıdır. Bu nedenle, kireçtaşları, ara boşluklara çökelmiş kızıl renkli dolgu içinde çeşitli boyutlu bloklar şeklinde izlenmektedir. Bu temelin üst kesimi değişik kalınlıkta ve derecede ayrılmıştır. Temel üzerinde göl dolgusu koyu gri çamur şeklinde olup 1.20 m ile 11.50 m arasındadır. Bu litoloji, İstanbul çevresindeki genç havza dolgularıyla eşdeğer olması nedeniyle Kuşdili Formasyonu olarak tanımlanır. Bu düzey içinde bol miktarda mollusk ve gastropod kavkıları mevcuttur. Ayrıca gölün kenar kesimlerinde sazlık kökleri bulunmaktadır. Göl olasılıkla Geç Kuvaterner döneminde deniz işgali ile oluşmuş, sonra da ağız tarafı kum – çakıldan yapılmış bir kıyı kordonu ile kapanmıştır. Gölün her tarafında denizel kökenli mollusk ve gastropod kavkılarının izlenmesi, buraya zaman zaman deniz suyunun girdiği ve ortamın tatlı su değil, bir acı su gölü olduğunu kanıtlamaktadır.

Tuzla Gölü, Jeolojik/Jeofizik Etüdü Projesi kapsamında hazırlanan rapora göre, bölgenin saha jeolojisi, sondaj ve labratuvar deneyleri esas alındığında, ilgili alanda, çok gevşek çamur ve gevşek orta sıkı granüler zeminden oluşan birimlerin bulunduğu rapor edilmiştir. Yine bu raporda yer alan bilgilere göre, göl tabanı değişik kökenden gelen bir kil tabakası ile kaplıdır. Tabanda ise içerisinde karst oluşumları bulunan boşluklu poröz, yer yer kil dolgu Kartal Formasyonu bulunmaktadır. İSKİ'nin bu çevrede yaptığı atıksuyu tünelinin yeraltında belirli bir hacimdeki suyu toplayacağı, fakat bu alanın dışından gelen suların gölü yine besleyebileceği ifade edilmektedir. Ayrıca raporda, Türkiye genelinde son yıllarda azalan yağış miktarına ve göle gelen atıksuların kesilmesine bağlı olarak , göldeki su rezervi zaman içerisinde tükendiği, göle artırılmış atıksular ve düzenli su akışı olan dereler bağlandığı takdirde göl eski durumuna gelebileceği ifade edilmektedir ( Anadolu Yerbilimleri, 2001 ).

Öztürk ve Ertan'a (2001) göre, inceleme alanında pek çok kırık bulunmakla birlikte, bunların en önemlisi ve genç olanı bölgeye çizgisel yapı veren İçmeler Fayı'dır. Bu fay hattı çoğunlukla denizin içinden devam etmekte ve muhtemelen Haliç'e kadar uzanmaktadır. Düşey fay niteliğindeki bu fayda sismik bir aktivite gözlenmemektedir. Tuzlanın toprak yapısıyla ilgili inceleme alanının ve çevresinin stratigrafi kesiti Şekil 3.18.'de verilmiştir.

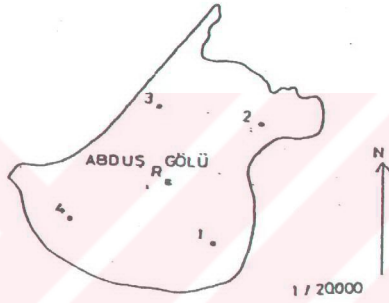
| SİSTEM     | YAŞ         |                    | FORMASYON | KALINLIK (m.) | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR                                                                                                                                                   |
|------------|-------------|--------------------|-----------|---------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | SERİ        | KAT                |           |               |          |                                                                                                                                                               |
| KUVATERNER | PLEYİSTOSEN | HOLOSEN            | —         | 0 - 15        |          | Alüvyon - Gevşek çakıl, kum, silt, kil                                                                                                                        |
|            |             | KUŞDİLİ            | —         | 0 - 70        |          | Kil, Silt; bentik fosilli, yerel kumlu-çakıllı                                                                                                                |
|            |             | —                  | —         | 0 - 85        |          | Alüvyon Yelpazeleri : Çakıl, kum, silt, kil                                                                                                                   |
| PALEOZOYİK | KARONİFER   | ALT KARONİFER      | TRAKYA    | > 1500        |          | Şeyl: Koyu gri, türbiditik kumtaşı-çakıltası aratabakalı                                                                                                      |
|            |             | BALTALIMANI        | 25 - 30   |               |          | Cört-Lidit: siyah, ince paralel laminallı, fosfat yumrulu radiolarialı                                                                                        |
|            | DEVONİYEN   | ÜST DEVONİYEN      | TUZLA     | ~ 65          |          | Masif kireçtaşı-yumrulu kireçtaşı                                                                                                                             |
|            |             | ALT-ORTA DEVONİYEN | KARTAL    | > 750         |          | Şeyl; sarımsı yeşilimsi kahve, ince paralel laminallı al silttaşı-kumtaşı aratabakalı, üst kesimde kalsitürbidit aratabakalı bol brachiopod ve mercan fosilli |
|            | SİLÜRİYEN   | DOLAYOBA           | ~ 600     |               |          | Biyolütit-Mikrit ; koyu grimsi mavi, bol mercanlı, üst yumrulu, alt kesimde yerel dolomitik, ince-kalın tabakalı bentik fosilli                               |
|            | ORDOVİSİYEN | GÖZDAĞ             | > 700     |               |          | Şeyl; yeşilimsi koyu gri, ince paralel laminallı, üst kes kumtaşı-çakıllı kumtaşı : Pembe, kuvarz arenitik, çap tabakalı, silis çimentolu                     |
|            |             | AYDOS              |           |               |          | Çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ardışımı : Mor, mercekli düzlemsel-tekne tipi çapraz tabakalı, devresel akarsu çökelleri, yerel paraçakıltası aratabakalı         |
|            |             | KURTKÖY            |           |               |          |                                                                                                                                                               |
|            | ORDOVİSİYEN | GÖZDAĞ             | > 700     |               |          | Şeyl; yeşilimsi koyu gri, ince paralel laminallı, üst kes kumtaşı-çakıllı kumtaşı : Pembe, kuvarz arenitik, çap tabakalı, silis çimentolu                     |
|            |             | AYDOS              |           |               |          | Çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ardışımı : Mor, mercekli düzlemsel-tekne tipi çapraz tabakalı, devresel akarsu çökelleri, yerel paraçakıltası aratabakalı         |

Şekil 3.18. İnceleme Alanının ve Çevresinin Stratigrafi Kesiti

( Anadolu Yerbilimleri, 2001 )

### 3.7. Gölün Hidrografik Özelliği

Tuzla gölü kurumadan önce yapılan çalışmalara göre sığ bir göldür. Gölün bu özelliği hidrografisinde büyük ölçüde etkilemektedir. Örneğin sıcaklığı, hava sıcaklığına bağlı olarak günlük hatta saatlik farklılık göstermektedir. Hatta hem deniz, hemde tatlısu ile beslenen bir göl olmasından dolayı tuzluluk değerleri de stabil değildir. Sıcaklık ve tuzlulukta görülen bu değişiklik gölün pH ve çözünmüş O<sub>2</sub>'sini de etkilemektedir. Çalışma alanındaki en derin nokta olan ( 40 cm ) gölün orta bölgesinde bir referans istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonun yanı sıra Şekil 3.19.'da yerleri belirtilen 4 hidrografik istasyon daha saptanmıştır ( Aydın ve Yüksek, 1990 ).



Şekil 3.19. Hidrografik Ölçüm Yapılan İstasyonlar

Bu istasyonların hidrografik değerleri aşağıda verilmiştir:

1. İstasyonun tuzluluk değeri % 0,630 , sıcaklık değeri 21.94° C, pH değeri 9.74 ve çözünmüş O<sub>2</sub> değeri ise 11.6 ppm'dir.
2. İstasyon, tatlısu bağlantısının bulunduğu bölgede yer almaktadır. Tuzluluk değeri % 0.634, sıcaklığı 21.92 °C, pH değeri 10.48 ve çözünmüş O<sub>2</sub>'ni ise 20.12 ppm gibi yüksek bir değerdedir.
3. İstasyonda elde ettiğimiz değerler ise, tuzluluk % 0.650, sıcaklık 20.66 °C , pH 10.30 ve çözünmüş O<sub>2</sub> 15.40 ppm'dir.
4. İstasyon deniz tarafında yer almaktadır, tuzluluk % 0.624, sıcaklık 20.94 °C, pH 10.21 ve çözünmüş O<sub>2</sub>'nin 17.60 ppm olduğu görülür.



Gölün orta kısmında yer alan en derin referans istasyonundan alınan değerler ise, tuzluluk % 0.661, sıcaklık 20.91 °C, pH 9.92 ve çözünmüş O<sub>2</sub>'ni ise 12.52 ppm'dir.

### 3.8. Göl Ortamının Özellikleri

Çizelge 3.11. Tuzla Gölünün Kimyasal Özellikleri ( Orhon ve Kırath, 1990 )

| PARAMETRELER                             | NUMUNE ALMA İSTASYONLARI |        |        |        |          |
|------------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|----------|
|                                          | 1                        | 2      | 3      | 4      | Referans |
| Sıcaklık ( ° C )                         | 21.90                    | 21.92  | 20.66  | 20.94  | 20.11    |
| İletkenlik ( ms )                        | 10.10                    | 10.20  | 10.18  | 9.93   | 9.63     |
| Tuzluluk ( % )                           | 6.30                     | 6.34   | 6.50   | 6.24   | 6.51     |
| pH                                       | 9.74                     | 10.48  | 10.30  | 10.21  | 9.92     |
| ÇO <sub>2</sub> ( mg / lt )              | 11.6                     | 20.12  | 15.40  | 17.60  | 12.52    |
| BOI <sub>5</sub> ( mg / lt )             | 45.24                    | 84.46  | 35.52  | 22.8   | 76.20    |
| TKM ( mg / lt )                          | 7290                     | 9140   | 7030   | 7060   | 7950     |
| UKM ( mg / lt )                          | 1140                     | 1460   | 1060   | 1010   | 1200     |
| SKM ( mg / lt )                          | 6150                     | 7630   | 5970   | 6040   | 6750     |
| AKM ( mg / lt )                          | 90                       | 66     | 65     | 53     | 44.5     |
| AOM ( mg / lt )                          | 4.3                      | 5.4    | 5.0    | 8.0    | 7.0      |
| Asidite ( mg / lt )                      | -                        | 16     | -      | 5      | -        |
| Alkalinite ( mg / lt )                   | 48                       | -      | 16     | -      | 20       |
| Sertlik CaCO <sub>3</sub><br>( mg / lt ) | 1100                     | 1320   | 90     | 1040   | 1.70     |
| SBV değeri                               | 22                       | 26.4   | 18     | 20.8   | 21.4     |
| Serbest klor                             | 0.21                     | 0.17   | 0.10   | 0.16   | 0.14     |
| Ca ( mg / lt )                           | 40                       | 32     | -      | 12     | 36       |
| Mg ( mg / lt )                           | 134.87                   | 166.17 | 120.42 | 130.05 | 154.13   |
| Nitrat( mg / lt )                        | 1.32                     | 0.44   | 1.32   | 0.88   | 1.32     |
| Fosfat ( mg / lt )                       | 0.3                      | 0.1    | 0.8    | 0.2    | 0.1      |
| Sülfat ( mg / lt )                       | 150                      | 230    | 305    | 310    | 275      |
| Deterjan ( mg / lt )                     | 0.118                    | 0.077  | 0.055  | 0.044  | 0.06     |
| Cu ( mg / lt )                           | 9                        | 9      | 28     | 9      | 19       |
| Fe ( mg / lt )                           | 0.63                     | 0.41   | 3.04   | 0.70   | 0.32     |
| Zn ( mg / lt )                           | 106                      | 285    | 324    | 156    | 235      |
| Ni ( mg / lt )                           | 50                       | 67     | 583    | 93     | 125      |
| Mn ( mg / lt )                           | 142.5                    | 82.5   | 97.5   | 67.5   | 82.5     |



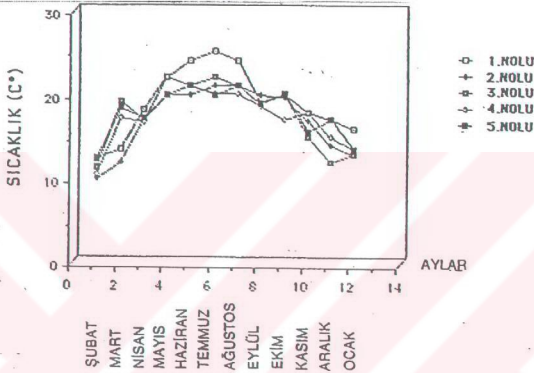
Kasım 1990 yılında Tuzla Balık Gölü'nde gerçekleştirilen bu deneyler sonucunda, göl ortamının fiziksel ve kimyasal parametre değerlerinin tamamen gölün kendi ortamına özgü bir durum yansıttığı, ne deniz ne de göl tanım kapsamına girmediği görülmüştür. Göl ortamının sığ olması nedeniyle ancak horizontal çalışma yapılabilen gölde sıcaklık değerinin pek fazla değişmediği fakat pH değerlerinin bazik ortam özellikleri yansıttığı, iletkenlik ve sertlik değerlerinin ise kalsiyum ve magnezyum değerleriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Asit bağlama yeteneğinde ( SBV değeri ) görülen yükseklik, kalsiyum iyonlarından değil, yüksek magnezyum iyonlarından ileri gelmektedir. Çözülmüş oksijen değerleri ise, yüksek alg derişimi ve göl ortamının sığ olmasından kaynaklanmaktadır. BOI değerleri ise, kirlenici girdisi düşünülmeyen bir ortam için oldukça yüksek değerlerdir. Ni ve Fe değerleri dışındaki ağır metal değerlerinin de doğal ortam koşullarına uygunluk gösterdiği görülmektedir.

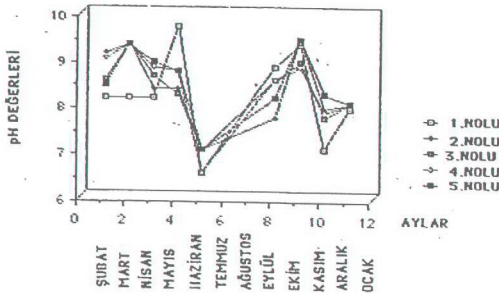
Yapılan tüm incelemeler sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa; 1 numaralı istasyon, evsel atık ve sediment taşınımı nedeniyle kirlenmeye eğimli bir bölgededir, kıyıdaki yerleşim yerlerinin atıkları yağmur sularının yardımıyla göle ulaşabilecek durumdadır. Bu istasyondaki deterjan değerlerinin diğer istasyonlardan yüksek çıkması da evsel atıklar sonucu kirlenme fikrini destekler. 2 numaralı istasyonun bulunduğu bölgeye ise atıksu deşarjı yapılmasından dolayı buradan elde edilen değerler de diğer istasyondakilerden daha farklı çıkmıştır. İSKİ'ye kanalizasyon sistemi beton boruları yapan bir işletmenin gölden aldığı suları kullandıktan sonra tekrar göle geri boşalttığı bilinmektedir. Bu istasyonda ki değerlerin yüksek çıkmasının nedeni de bu işletmenin göle boşaltım yapmasından ileri gelmektedir. 3 numaralı istasyon ise Tuzla Tersanesi'nin gölden yolla ayrıldığı kıyıda bulunmaktadır, bu nedenle tersanenin olası etkileri sonucunda bu istasyon da metal kirlenmesinden söz edilmektedir. 4 numaralı istasyonun ise deniz etkisinde kaldığı düşünülmektedir, fakat yapılan çalışmalar sonucunda, salinite değerlerinin lodos rüzgarlarının estiği günlerde bile denizin göl ortamını değiştirecek kadar bile ortama giremediği görülmüştür. Örnekleme noktaları Şekil 3.19.'da gösterilmiştir.



Göl suyu çok sık olduğundan, su sıcaklığı doğrudan hava koşulları ile belirlenmektedir. Bu grafikler incelendiğinde, sıcaklıklarda fazla bir değişiklik gözlenmez, pH değerleri ise göl suyunun Haziran – Temmuz ayları arası haricinde bazik bir özellik sergilediğini göstermektedir. Yaz aylarında kaydedilen yüksek Klorofil – a değerlerinin de etkisiyle, pH'ın yükselerek en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Buna göre çizilen grafikler, Şekil 3.21. ve 3.22.'de verilmektedir. Ölçümü yapılan numunelerin alındığı örnekleme noktaları ise, Şekil 3.20.'de verilmiştir.

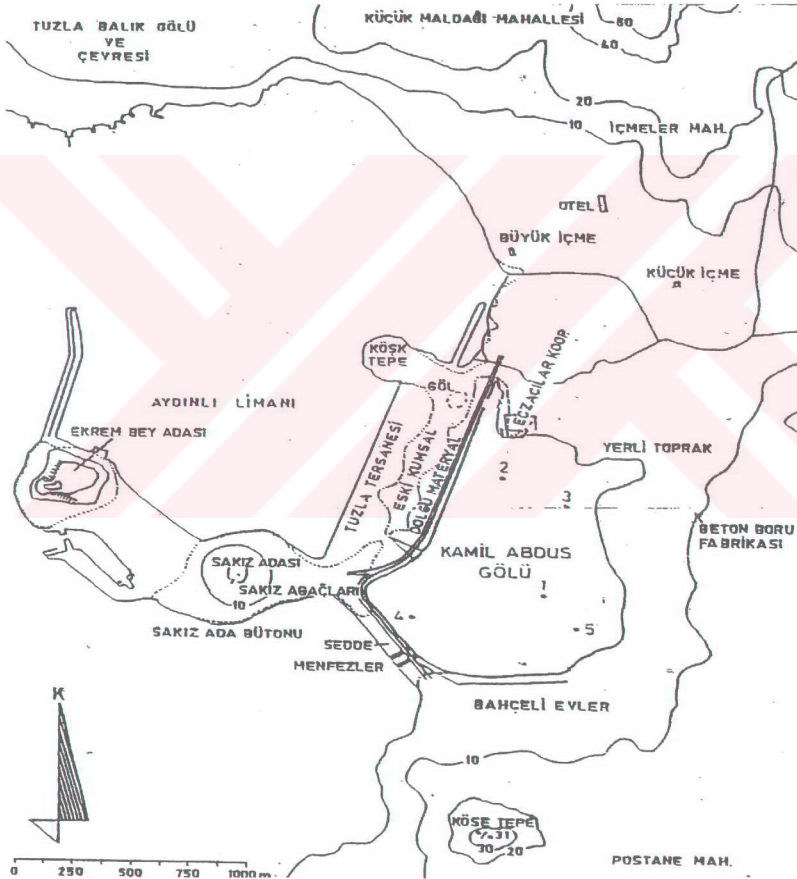


Şekil 3.21. Tuzla Balık Gölü'nde Aylara Göre Sıcaklık Değerleri



Şekil 3.22. Tuzla Balık Gölü'nde Aylara Göre pH Değerleri

Tuzla Gölü, gerek hızlı kentleşme, gerekse çevresindeki sanayi kuruluşlarının sürekli aktiviteleri sonucunda uzun süreli bir kirlilik baskısı altında kalmıştır. Özellikle deri endüstrisi, tersaneler ve Umurbey deresinin göle girdiği dönemlerde bu dere den oldukça fazla bir kirlilik yükü göle girmiştir. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi tarafından 1994 yılında gölde gerçekleştirilen saha çalışmaları sonucu elde edilen kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametreler Çizelge 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 ve 3.21’de verilmiştir. Su numunelerinin alındığı örnekleme noktaları ise Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. 1992 – 1993 Yıllarına Ait Tuzla Gölü Örnekleme Noktaları

Çizelge 3.12.Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih: 8/10/1992

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 15.5             | 3820                | 8.91       | -           | 4.1                | 530.7              | 200.0               | 1261             | -                   | -                    | 780            | 18.9       |
| 2           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 3           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 4           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 5           | 13.9             | 5325                | 7.95       | -           | 9.4                | 130.7              | 70.2                | 1126             | -                   | -                    | 980            | 21.7       |
|             | Alkalinite (mcq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | -                | 0.280               | 6.0        | 1.6         | 600                | 35.0               | 39.5                | 66.8             | 72.4                | 1147                 | 0.08           | 0.11       |
| 2           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 3           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 4           | -                | -                   | -          | -           | -                  | -                  | -                   | -                | -                   | -                    | -              | -          |
| 5           | -                | 0.190               | 27.0       | 2.5         | 895                | 48.2               | 54.5                | 102.0            | 94.0                | 1858                 | 0.25           | 1.48       |

Çizelge 3.13. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih: 18/11/1992

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 11.5             | 5079                | 8.36       | 8.9         | 5.76               | 26.9               | 6.8                 | 939              | -                   | -                    | 152            | 18.8       |
| 2           | 12.3             | 6219                | 9.31       | -           | 8.96               | 21.8               | 14.2                | 890              | -                   | -                    | 239            | 19.6       |
| 3           | 11.7             | 4935                | 8.34       | 12.0        | 7.68               | 35.8               | 39.8                | 5102             | -                   | -                    | 143            | 19.6       |
| 4           | 12.5             | 5128                | 8.16       | 12.0        | 12.16              | 37.1               | 25.7                | 4451             | -                   | -                    | 266            | 19.9       |
| 5           | 12.0             | 5122                | 8.08       | 10.2        | 12.8               | 32.0               | 42.9                | 5059             | -                   | -                    | 260            | 25.6       |
|             | Alkalinite (mcq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | -                | -                   | -          | 0.5         | 823.5              | 39.7               | 60.8                | 100.6            | 73.9                | 1487                 | 0.23           | 0.03       |
| 2           | -                | -                   | -          | 1.2         | 1093.0             | 45.1               | 69.8                | 136.3            | 63.8                | 1518                 | 0.46           | 0.03       |
| 3           | -                | -                   | -          | 0.9         | 801.3              | 38.4               | 48.5                | 97.5             | 64.1                | 1498                 | 0.19           | 0.04       |
| 4           | -                | -                   | -          | 1.2         | 833.8              | 40.4               | 52.3                | 106.3            | 70.3                | 1599                 | 0.21           | 0.09       |
| 5           | -                | -                   | -          | 1.9         | 827.5              | 39.6               | 50.0                | 102.5            | 161.8               | 2025                 | 0.32           | 0.10       |



Çizelge 3.14. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih:6/4/1993

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 15.0             | 2693                | 7.94       | 9.8         | 9.7                | 41.1               | 479.5               | 2900             | -                   | 695.5                | 155            | 11.6       |
| 2           | 14.9             | 2650                | 7.73       | 8.7         | 12.7               | 22.0               | 350.0               | 3997             | -                   | 829.0                | 196            | 11.3       |
| 3           | 15.1             | 2436                | 7.78       | 7.8         | 11.7               | 25.3               | 310.0               | 2975             | -                   | 861.5                | 119            | 11.3       |
| 4           | 14.6             | 2743                | 7.86       | 8.3         | 10.1               | 28.3               | 477.0               | 3254             | -                   | 781.0                | 186            | 10.4       |
| 5           | 14.8             | 2582                | 7.90       | 8.9         | 9.8                | 28.4               | 567.5               | 3532             | -                   | 749.0                | 158            | 11.4       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (mcq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | -                | 0.035               | 6.3        | 0.3         | 468.0              | 25.3               | 84.5                | 67.0             | 153.1               | 816                  | -              | -          |
| 2           | -                | 0.060               | 13.0       | 0.7         | 482.5              | 25.9               | 85.5                | 66.8             | 155.6               | 811                  | -              | -          |
| 3           | -                | 0.035               | 8.4        | 0.6         | 459.5              | 25.3               | 84.5                | 64.6             | 151.2               | 814                  | -              | -          |
| 4           | -                | 0.012               | 7.8        | 1.2         | 470.0              | 25.2               | 85.0                | 64.5             | 151.8               | 815                  | -              | -          |
| 5           | -                | 0.054               | 7.4        | 1.3         | 477.0              | 25.7               | 84.5                | 64.1             | 150.6               | 806                  | -              | -          |

Çizelge 3.15. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih: 27/4/1993

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 15.0             | -                   | 8.68       | 12.3        | 0.80               | 24.40              | 177.8               | 1117             | 26                  | 35.2                 | 213            | 11.7       |
| 2           | 14.5             | -                   | 8.85       | 12.5        | 0.50               | 25.55              | 60.4                | 1209             | 15                  | 24.7                 | 195            | 12.7       |
| 3           | 14.3             | -                   | 8.85       | 12.9        | 1.10               | 15.20              | 89.6                | 1287             | 18                  | 27.5                 | 152            | 11.3       |
| 4           | 14.0             | -                   | 8.85       | 12.8        | 1.19               | 21.95              | 92.5                | 1582             | 43                  | 39.6                 | 255            | 11.1       |
| 5           | 14.5             | -                   | 8.70       | 12.8        | 4.09               | 23.15              | 163.9               | 1283             | 28                  | 49.5                 | 223            | 12.1       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (mcq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | 4.1              | 0.06                | 6.4        | 1.8         | 443.0              | 24.6               | 74.0                | 69.8             | 170.7               | 809.2                | 0.12           | 0.03       |
| 2           | 4.1              | 0.036               | 18.4       | 1.3         | 460.5              | 24.2               | 76.0                | 68.0             | 122.9               | 811.5                | 0.38           | 0.05       |
| 3           | 3.8              | 0.036               | 8.0        | 1.1         | 446.5              | 24.6               | 65.5                | 65.3             | 159.6               | 790.9                | 0.06           | 0.02       |
| 4           | 3.9              | 0.096               | 8.0        | 0.7         | 416.0              | 23.6               | 68.5                | 62.3             | 347.5               | 772.2                | 0.16           | 0.01       |
| 5           | 4.1              | 0.06                | 8.4        | 1.3         | 433.7              | 25.0               | 69.8                | 77.3             | 232.7               | -                    | 0.13           | 0.01       |



Çizelge 3.18. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih:5/7/1993

| İstasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 28.2             | 2960                | 10.26      | 15.6        | 21.5               | 148.0              | 13.2                | 2170             | 2.3                 | 1.5                  | 474            | 18.5       |
| 2           | 28.6             | 2930                | 10.10      | 14.0        | 27.5               | 107.0              | 19.9                | 2197             | 1.8                 | 2.5                  | 240            | 18.8       |
| 3           | 26.0             | 2950                | 7.2        | 10.1        | 15.0               | 66.0               | 14.1                | 2046             | 1.7                 | 1.5                  | 868            | 17.5       |
| 4           | 26.0             | 2900                | 9.60       | 14.0        | 26.0               | 150.0              | 16                  | 2000             | 1.8                 | -                    | 350            | 16.0       |
| 5           | 26.0             | 2800                | 9.64       | 15.0        | 48.5               | 225.0              | 24.1                | 2183             | 7.4                 | 11.0                 | 512            | 15.8       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (meq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | 2.9              | 0.042               | 11.6       | 37.2        | 565.5              | 29.5               | 39.0                | -                | 99.6                | 1166                 | -              | -          |
| 2           | 2.3              | 0.054               | -          | 36.2        | -                  | -                  | -                   | -                | 98.7                | 1006                 | -              | -          |
| 3           | 2.2              | -                   | 8.4        | 7.4         | 575.5              | 28.7               | 36                  | -                | 103.6               | 1125                 | -              | -          |
| 4           | 2.7              | -                   | -          | 30.5        | -                  | -                  | -                   | -                | 100.9               | 141                  | -              | -          |
| 5           | 2.7              | 0.042               | 10.8       | 11.6        | 532.5              | 26.5               | 49.5                | -                | 187.7               | 134                  | -              | -          |

Çizelge 3.19. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih: 13/10/1993

| İstasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 18.5             | 4540                | 9.17       | 7.9         | 10.2               | 79.0               | 12.5                | 2477             | 4.1                 | 7.4                  | 1447           | 29.6       |
| 2           | 22.0             | 4460                | 9.60       | 12.5        | 68.8               | 309.0              | 2.0                 | 2099             | 4.5                 | 7.0                  | 693            | 40.0       |
| 3           | 18.5             | 4100                | 9.10       | 12.5        | 9.8                | 39.2               | 40.0                | 2856             | 4.2                 | 6.7                  | 581            | 29.4       |
| 4           | 23.0             | 4640                | 8.67       | 7.8         | 20.2               | 3.92               | 10.0                | 1224             | 3.3                 | 4.0                  | 1387           | 30.0       |
| 5           | 22.5             | 4575                | 8.74       | 6.5         | 19.6               | 76.8               | 12.5                | 2449             | 4.0                 | 3.6                  | 1912           | 27.9       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (meq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | 3.2              | 0.100               | 38         | 8.3         | 870.5              | 44.1               | 47.3                | 77.5             | 117.2               | 1922                 | 0.86           | 1.18       |
| 2           | 4.1              | 0.095               | 76         | 34.5        | 952.5              | 46.7               | 48.6                | 85.0             | 81.3                | 1995                 | 3.14           | 1.37       |
| 3           | 3.3              | 0.090               | 45         | 16.4        | 836.3              | 42.2               | 46.0                | 62.5             | 113.2               | 1750                 | 0.32           | 0.62       |
| 4           | 3.7              | 0.060               | 55         | 19.1        | 855.0              | 43.5               | 46.3                | 60.0             | 90.4                | 1830                 | 0.93           | 0.70       |
| 5           | 3.5              | 0.084               | 43         | 88.1        | 833.8              | 42.5               | 46.2                | 65.0             | 113.3               | 1768                 | 0.51           | 0.60       |



Çizelge 3.20. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih:9/12/1993

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 9.5              | 5590                | 7.77       | 10.2        | 37.8               | 63.0               | 34.4                | 5630             | 11.1                | 718.0                | 1315           | 24.7       |
| 2           | 9.5              | 6270                | 7.71       | 10.6        | 52.5               | 86.7               | 83.5                | 5939             | 22.3                | 734.5                | 1623           | 20.1       |
| 3           | 9.0              | 6100                | 7.64       | 7.8         | 29.9               | 55.4               | 93.9                | 6712             | 11.3                | 751.5                | 833            | 19.5       |
| 4           | 9.0              | 6520                | 7.61       | 7.9         | 34.6               | 57.8               | 49.7                | 6016             | 17.6                | 996.0                | 1300           | 21.3       |
| 5           | 9.0              | 6520                | 7.66       | 8.4         | 35.6               | 64.0               | 81.6                | 8180             | 14.8                | 1341.5               | 1423           | 23.1       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (meq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | 4.3              | 0.035               | 27.6       | 56.9        | 846.0              | 37.6               | 67.0                | 104.3            | 141.6               | 1542                 | -              | -          |
| 2           | 4.1              | 0.029               | 31.2       | 77.8        | 845.0              | 37.4               | 69.0                | 103.0            | 142.4               | 1598                 | -              | -          |
| 3           | 4.3              | 0.046               | 24.0       | 45.4        | 831.0              | 37.5               | 65.5                | 99.5             | 148.1               | 1490                 | -              | -          |
| 4           | 4.3              | 0.0461              | 20.4       | 42.1        | 843.5              | 37.2               | 65.0                | 101.3            | 145.2               | 1523                 | -              | -          |
| 5           | 4.1              | 0.040               | 34.0       | 49.9        | 850.5              | 37.1               | 66.5                | 99.0             | 149.0               | 1530                 | -              | -          |

Çizelge 3.21. Tuzla Gölü fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri

Tarih:21/12/1993

| Istasyon No | Sıcaklık (°C)    | İletkenlik (µ S/cm) | pH         | Ç.O2 (mg/l) | Orto Fosfat (µg/l) | Top. Fosfat (µg/l) | Nitrat Azotu (µg/l) | Top. Azot (µg/l) | Nitrit Azotu (µg/l) | Amonyum Azotu (µg/l) | Silikat (µg/l) | TOK (mg/l) |
|-------------|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------|------------|
| 1           | 8.3              | 5970                | 7.76       | 8.0         | 17.6               | 46.5               | 62.3                | 4962             | 10.6                | 1500                 | 1674.0         | 18.9       |
| 2           | 8.0              | 6010                | 7.68       | 7.7         | 29.5               | 83.6               | 142.8               | 7163             | 13.3                | 1360                 | 1841.5         | 21.9       |
| 3           | 8.0              | 6040                | 7.63       | 6.4         | 22.4               | 80.7               | 57.7                | 7530             | 8.3                 | 1902                 | 1570.0         | 20.7       |
| 4           | 8.0              | 5990                | 7.64       | 6.8         | 19.9               | 64.6               | 60.1                | 6552             | 10.9                | 1779                 | 1529.0         | 19.5       |
| 5           | 8.0              | 5940                | 7.62       | 7.2         | 19.2               | 79.8               | 66.1                | 6796             | 16.0                | 1736                 | 1583.5         | 18.8       |
|             |                  |                     |            |             |                    |                    |                     |                  |                     |                      |                |            |
|             | Alkalinite (meq) | Deterjan (mg/l)     | AKM (mg/l) | KI-a (µg/l) | Na (mg/l)          | K (mg/l)           | Ca (mg/l)           | Mg (mg/l)        | SO4 (mg/l)          | Cl (mg/l)            | Fe (mg/l)      | Mn (mg/l)  |
| 1           | -                | 0.057               | 18.0       | 33.6        | 770.5              | 38.2               | 68.0                | 97.5             | 150.6               | 1519.6               | -              | -          |
| 2           | -                | 0.053               | 23.6       | 64.2        | 766.0              | 38.4               | 75.0                | 75.0             | 152.2               | 1541.1               | -              | -          |
| 3           | -                | 0.081               | 17.8       | 32.2        | 741.5              | 37.9               | 69.5                | 102.5            | 146.6               | 1515.2               | -              | -          |
| 4           | -                | 0.057               | 19.6       | 27.1        | 770.0              | 37.6               | 68.0                | 92.5             | 143.6               | 1526.2               | -              | -          |
| 5           | -                | 0.043               | 21.6       | 31.2        | 749.5              | 38.0               | 67.5                | 80.0             | 150.3               | 1493.2               | -              | -          |

Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlara bakılacak olursa, göl sıg olduğundan yüzey ve dip sular arasında ısısal bir tabakalaşmadan söz edilemez. Kısacası Tuzla Gölü Polimiktik bir göldür. Gölde yapılan analizlerde, kışın göl sıcaklığının 8 – 11° C aralığında değiştiği, ilkbahar ve sonbahar da ise 14 – 20° C gibi değerlere ulaştığı görülmektedir. Yaz aylarında ise, gölün sıg olmasından dolayı sıcaklığın 28° C'nin üzerine çıktığı kaydedilmiştir.

Tuzla Gölü'nün iletkenliği diğer tatlısularla kıyaslanacak olursa, değerlerin on kat kadar fazla olduğu görülür. İletkenlik değerlerini veren anyon ve katyon değerlerine ( Cl, Na, Mg, SO<sub>4</sub>, Ca, K ) bakacak olursak, bu değerlerde sonbahar'dan ilkbahar'a yarı yarıya bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu düşüşün, sediman – su arayüzeyinde ve sedimanda oluşan *authigenic* ( su kolonunda ve sediman – su arayüzeyinde partiküllerde meydana gelen kimyasal değişiklik ) ve *diagenetic* reaksiyonlardan ( sedimanda, partiküllerde meydana gelen kimyasal değişiklikler ) kaynaklandığı düşüncesi savunulmaktadır. Tuzla Gölü, deniz suyu ve yağmursuları ile beslenen bir göl olduğundan, gölün denizle bağlantılı olduğu dönemlerde iletkenliğin 10 000  $\mu$ S/cm gibi yüksek değerlerde olduğu, o yüzden yapılan bu analizlerde elde edilen sonuçlarıntahmin edilen sonuçlar olduğu anlaşılmaktadır.

İlk bölümde de söz edildiği gibi, göl ortamına çözünmüş O<sub>2</sub> girdisi, atmosferden diffüzyon ile ve su bitkilerinin fotosentezi sonucunda gerçekleşmektedir. Tuzla gölünde , özellikle yaz aylarında aşırı fitoplankton üremesi sonucunda yüksek Ç.O<sub>2</sub> değerleri gözlenmektedir.

Gölün pH değerleri ise, 7 - 9.5 arasında değişmektedir. 6 Nisan – 27 Nisan arasındaki değerlere bakacak olursak, pH değerlerinin 0.5 birimden fazla artmış olduğu görülür. Bu durum, fitoplankton üremesinin başlamasıyla birlikte fotosentez aktivitesinin başladığının bir göstergesidir.

Besi maddeleri, göl ortamındaki canlı organizmaların oluşumlarını ve metabolizma faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan temel parametrelerden biridir. Birincil üretim için gerekli olan besi elementleri derişimi oldukça düşüktür, ancak bu değerler Mayıs ayından itibaren artmaya başlamakta ve Temmuz ayında yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen besi elementi değerlerini, göller için önerilen genel besi elementi değerleri ile kıyaslayacak olursak, Tuzla gölünün besin tuzları açısından pek de zengin olmadığını söyleyebiliriz. Ancak gölde yoğun bir makrofit üretimi söz konusudur, bu durumu da göle dış kaynaklardan giren partikül halindeki azot ve fosfatın sedimanda oldukça fazla oranda besi elementi birikimi sağlaması ile açıklayabiliriz.

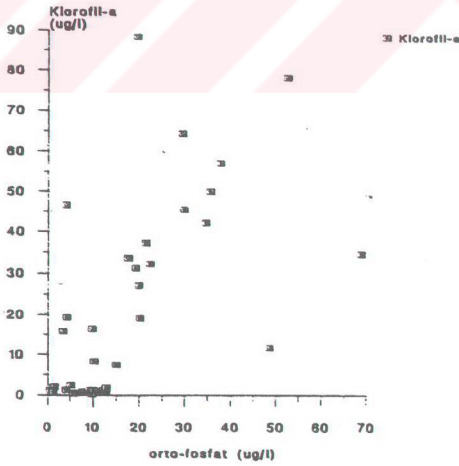
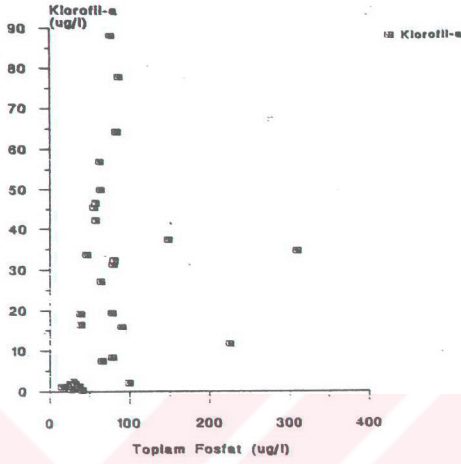


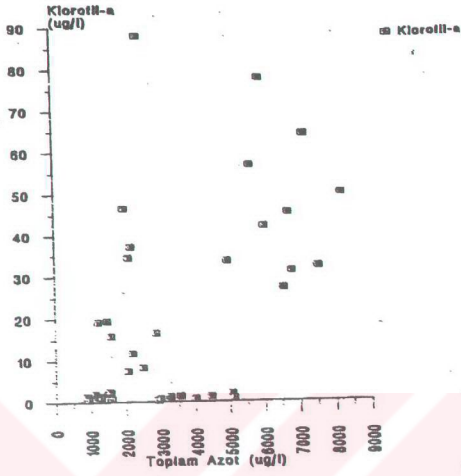
Göldeki fitoplankton popülasyonunun bir göstergesi de klorofil – a derişimidir. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlere bakılacak olursa, ilkbahar aylarındaki değerlerin oligotrofik göllerin üretim değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Fakat yaz aylarında ise göl ötrofik göl yapısına uygun değerler vermektedir.

Besi elementleri, özellikle fosfor, klorofil – a ve bulanıklık üçlüsü arasında yakın bir ilişki vardır. Bir göl ortamına yüksek besi elementi girişı gerçekleşiyorsa, klorofil – a miktarında da ve buna bağılı olarak da bulanıklık değerlerinde artış gözlenir. Tubitak – MAM çalışanlarının gerçekleştirdikleri bu araştırma sonucu da bu gözlemi doğrulamaktadır. Yukarıdaki çizelgelerde de göreceğimiz gibi, fosat değerinde artış gözlenen örnekleme noktalarında, klorofil – a değerlerinde de dikkate değer bir yükselme söz konusudur. Bu örnekleme noktalarında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda hazırlanan grafikler aşağıda verilmiştir. Tubitak – MAM'ın sunduğu bu rapora göre, orto-fosfat ile klorofil – a arasında bir ilişki görülmesine karşılık toplam fosfatla kıyaslandığında aralarında bir ilişki olmadığı görülmektedir. Aynı şekilde  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  ile klorofil – a'nın ilişkisi hakkında da bir karşılaştırma yapamayacağımız şekilde açıkça görülmektedir. Fakat toplam inorganik azot ve klorofil – a arasında belirgin bir ilişki olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hazırlanmış olan bu sonuç raporuna göre birincil üretim için gerekli olan besi elementleri orto – fosfat ve amonyak azotu'dur denilebilir. Bu görüşü doğrulayan grafikler Şekil 3.24., 3.25., 3.26. ve 3.27.'de verilmektedir.

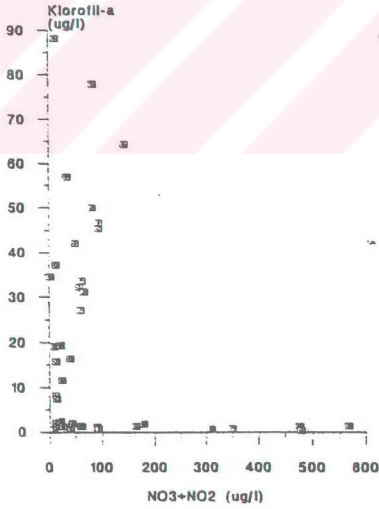
Tuzla gölünde yapılan organik madde ölçümleri sonucunda ise, göl ortamının kendine özgü bir yapı sergilediği görülmektedir. Bahar aylarında 11 – 12 mg/lt 'nin üzerinde olan organik madde değerleri, yazın 17 – 18 mg/lt'ye yükselmekte, havanın soğuması ve karışımın artması ile birlikte bu değerler daha da artmakta, sonbahar – kış aylarında maksimum değerlere ( 30 – 40 mg/lt ) ulaşmaktadır.

Son olarak deterjan seviyelerine bakacak olursak, Tuzla gölünde deterjan kirliliğinden söz etmek zordur. Çünkü göle düşük debili evsel atıksu ve yeraltısuyu girdisi dışında bir karışım yoktur. Bu nedenle deterjan seviyesi oldukça düşüktür.





Şekil 3.26 . Toplam İnorganik Azot ile Klorofil – a ilişkisi



Şekil 3.27. Nitrat + Nitrit ile Klorofil – a ilişkisi

Tuzla Gölü'nde kültür balıkçılığı yapmayı planlayan özel bir firmanın Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne analizini yaptırdığı su numunelerinin analiz sonuçları Çizelge 3.22., 3.23., 3.24. ve 3.25.'de verilmiştir.

Çizelge 3.22. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü'nün Kimyasal ve Fiziksel özellikleri ( Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1996 )

| Renk                              | Renksiz         | Koku – Tad                   | Kokusuz        |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| Bulanıklık                        | Bulanık-Tortulu | pH                           | 7.00           |
| Kasyonlar ( mg / lt )             |                 | Anyonlar ( mg / lt )         |                |
| Sodyum                            | 1610.0          | Karbonat                     | 0.0            |
| Potasyum                          | 57.7            | Bikarbonat                   | 268.4          |
| Kalsiyum                          | 96.0            | Klor                         | 2803.0         |
| Magnezyum                         | 91.2            | Sülfat                       | 0.0            |
| Toplam Sertlik                    | 62 ( Fr )       | Amonyak                      | Var            |
| Toplam Tuz<br>( mg / lt )         | 56934.4         | Organik Madde<br>( mg / lt ) | 25.0           |
| EC x 10 25 C mic.<br>( hos / cm ) | 88960           | SAR                          | 28.11          |
| Bor ( mg / lt )                   | -               | Toprakta Yaratması           | Tuzluluk – T4  |
| Demir ( mg / lt )                 | 0.75            | Muhtemel                     | Alkalilik – A4 |

Numune 4 – Lagün - (T4) Yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu (A4) bir sudur.

Çizelge 3.23. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü'nün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

| Renk                              | Renksiz    | Koku – Tad                   | Kokusuz        |
|-----------------------------------|------------|------------------------------|----------------|
| Bulanıklık                        | Bulanık    | pH                           | 7.30           |
| Kasyonlar ( mg / lt )             |            | Anyonlar ( mg / lt )         |                |
| Sodyum                            | 3622.5     | Karbonat                     | 0.0            |
| Potasyum                          | 2184.0     | Bikarbonat                   | 195.2          |
| Kalsiyum                          | 264.0      | Klor                         | 11999.0        |
| Magnezyum                         | 1040.0     | Sülfat                       | 0.0            |
| Toplam Sertlik                    | 500 ( Fr ) | Amonyak                      | Var            |
| Toplam Tuz<br>( mg / lt )         | 213504.0   | Organik Madde<br>( mg / lt ) | 24.7           |
| EC x 10 25 C mic.<br>( hos / cm ) | 333600     | SAR                          | 22.3           |
| Bor ( mg / lt )                   | -          | Toprakta Yaratması           | Tuzluluk – T4  |
| Demir ( mg / lt )                 | 0.05       | Muhtemel                     | Alkalilik – A4 |

Numune 3 – Deniz Suyu - ( T4) Yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu(A4) bir sudur

Çizelge 3.24. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü'nün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

|                                   |           |                              |                |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------|----------------|
| Renk                              | Renksiz   | Koku - Tad                   | Kokulu         |
| Bulanıklık                        | Bulanık   | pH                           | 8.60           |
| Kasyonlar ( mg / lt )             |           | Anyonlar ( mg / lt )         |                |
| Sodyum                            | 126.5     | Karbonat                     | 34.8           |
| Potasyum                          | 15.6      | Bikarbonat                   | 414.8          |
| Kalsiyum                          | 30.4      | Klor                         | 95.0           |
| Magnezyum                         | 10.56     | Sülfat                       | 0.0            |
| Toplam Sertlik                    | 12 ( Fr ) | Amonyak                      | Var            |
| Toplam Tuz<br>( mg / lt )         | 854.0     | Organik Madde<br>( mg / lt ) | 12.5           |
| EC x 10 25 C mic.<br>( hos / cm ) | 1334      | SAR                          | 5.0            |
| Bor ( mg / lt )                   | -         | Toprakta Yaratması           | Tuzluluk – T3  |
| Demir ( mg / lt )                 | 0.10      | Muhtemel                     | Alkalilik – A1 |

Numune 2 – Lagün – Yüksek Tuzlu (T3) – Az Sodyumlu (A1) bir sudur

Çizelge 3.25. 26.09.1996 Tarihli Tuzla Gölü'nün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

|                                   |           |                              |                |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------|----------------|
| Renk                              | Renksiz   | Koku – Tad                   | Kokusuz        |
| Bulanıklık                        | Bulanık   | pH                           | 7.40           |
| Kasyonlar ( mg / lt )             |           | Anyonlar ( mg / lt )         |                |
| Sodyum                            | 1330      | Karbonat                     | 0.0            |
| Potasyum                          | 48.0      | Bikarbonat                   | 183.0          |
| Kalsiyum                          | 72.0      | Klor                         | 2603.0         |
| Magnezyum                         | 65.0      | Sülfat                       | 0.0            |
| Toplam Sertlik                    | 45 ( Fr ) | Amonyak                      | Var            |
| Toplam Tuz<br>( mg / lt )         | 49.817    | Organik Madde<br>( mg / lt ) | 18.5           |
| EC x 10 25 C mic.<br>( hos / cm ) | 77840     | SAR                          | 28.0           |
| Bor ( mg / lt )                   | -         | Toprakta Yaratması           | Tuzluluk – T4  |
| Demir ( mg / lt )                 | 0.12      | Muhtemel                     | Alkalilik – A4 |

Numune 1 – Lagün - (T4) Yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu(A4) bir sudur



Nisan 1998 yılında gölden alınan numunelerin bir başka analizi ise Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde yapılmıştır. Birinci su numunesi, Mercan Semtı önünden, kıyıdan 1.5 m açıktan alınmıştır. İkinci numune , Mercan semti ile Sakız Adasını birleştiren dolgu yolun önünden alınmıştır. Üçüncü numune, Tersaneler caddesi önünden, son numune ise, göl kıyısının yola uzak olduğu Rauf Orbay caddesi önünden alınmıştır. Alınan numunelerin analiz sonuçları Çizelge 3.26.'da verilmektedir.

Çizelge 3.26. Tuzla Gölü'nden Nisan 1998'de Alınan Su Numunelerinin Analiz Sonuçları  
( Ateş, 1998 )

| ÖLÇÜLEN PARAMETRELER     | NUMUNE ALINAN İSTASYONLAR |       |       |        |
|--------------------------|---------------------------|-------|-------|--------|
|                          | 1                         | 2     | 3     | 4      |
| KOI ( mg/l )             | 133.875                   | 72.66 | 81.63 | 80.357 |
| pH                       | 7.8                       | 7.6   | 6.7   | 7.92   |
| TOPLAM AZOT ( mg/l )     | 18.5                      | 12    | 8     | 8.6    |
| TOPLAM FOSFOR ( mg/l )   | 0.5                       | 0.55  | 0.508 | 0.45   |
| A.K.M. ( mg/l )          | 58                        | 32    | 38    | 36     |
| DEMİR ( mg/l )           | 0.31                      | 0.33  | 0.45  | 0.40   |
| KALSİYUM ( mg/l )        | 101.8                     | 85.5  | 77.8  | 75.7   |
| MAGNEZYUM ( mg/l )       | 44.63                     | 58.52 | 65.53 | 59.02  |
| SERTLİK ( mg/l )         | 438                       | 454   | 464   | 432    |
| SO <sub>4</sub> ( mg/l ) | 213                       | 263   | 240   | 250    |

1. örnekleme istasyonunda KOI oldukça yüksek bir değerde çıkmıştır. Bunun nedeni olarak Mercan semti önünden alınan su numunesinin, buradaki yerleşim yerlerinin kanalizasyon atıklarından etkilenmiş olması gösterilmiştir. Alınan 4 numunenin de, besi elementleri açısından oldukça yüksek değerlere sahip olduğu da bu analiz sonucunda görülmüştür. pH'ın 3. bölgede aniden düşmesi bu bölgedeki organik maddelerin yoğun olarak bozulduğunun bir işaretidir. 1. bölgedeki A.K.M. miktarındaki yüksekliğin nedeni ise, numune alınan kısımda birikmiş olan 10 cm kalınlığındaki mil, sazlıklar ve taban yapısı olarak gösterilmektedir. İSKİ'nin bu bölgede yapmış olduğu bir başka çalışmada ise, buradaki askıda katı madde miktarındaki artışın nedeni olarak su bitkilerinin yoğunluğu sebep gösterilmiştir. Tersaneler bölgesinden alınan numunede ise, demir değerinin yüksek çıkması, tersane atıklarının bazen göl ve çevresine boşaltıldığının bir göstergesidir.

### 3.8.1. Sedimentolojik Özellikleri

Çevre koşullarının çok dinamik olduğu böyle bir ortamda fitoplankton yoğunluğunun fazla olması nedeni ile göl ortamı bozulmakta, buna bağlı olarak da ekosistemin dengesi bozulmaktadır ve sonuçta da besi elementleri miktarları artmaktadır. Sedimentin 2 -3 cm derinliğindeki yüzey tabakasında normal yapı gözlenmekte ( kahverengi çamur ) iken, bu çok ince sediment örtüsünün altında ise 20 – 25 cm kalınlığında koyu siyah, çürümeye yüz tutmuş çamur tabakası gözlenmektedir. Bu kalın çamur tabakasının altında ise kumlu bir tabakaya rastlanmaktadır ki, bu durum da büyük ihtimalle acısuya geçiş sürecinden önceki deniz ile olan bağlantının bir sonucudur. Göl dibindeki organik çamur ise gölün denizle irtibatının kesildiği ve göl koşullarının hüküm sürmeye hüküm sürmeye başladığı acısu evresini temsil etmektedir. En üstteki ince mil tabakası ise, henüz organik çamur haline dönüşmemiş olup, sedimentin yeni çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Kasım 1990 yılında Orhon ve Kıratlı tarafından Tuzla Gölünde yapılan çalışmalar göstermiştir ki, sedimentteki siyahlaşmış çamur tabakasının kalın olması ve hemen yüzeyin altında başlaması gölün kokuşma ortamı yaratabilecek bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Göl dibi yapısını ve sedimentteki kirlenmeyi belirlemek için referans istasyonda gerçekleştirilen analizler sonucunda, sedimentte ağır metal kirliliği olduğu görülmüştür. Sedimentteki kirlenmeyi gösteren analiz sonuçları Çizelge 3.27.'de verilmiştir ( Kocasoy, 1991 ).

Çizelge 3.27. Referans İstasyona Ait Sediment Değerleri

| PARAMETRELER                         | ÖLÇÜM SONUÇLARI |
|--------------------------------------|-----------------|
| Mn ( mg / kg )                       | 609             |
| Cu ( mg / kg )                       | 72              |
| Zn( mg / kg )                        | 344             |
| Ni( mg / kg )                        | 48              |
| Fe( mg / kg )                        | 27              |
| Silikat                              | 17.4            |
| Uçucular( mg / kg ) ( 550 derecede ) | 14.24           |

### 3.8.2. Bakteriyolojik Özellikleri

Yüzeysel organizmalarda bulunan mikroorganizmaların bir kısmı hastalık yapan (patojen) organizmalardır. Diğerleri ise saprofit'tir. Patojenlerin tayin ve teşhisi zor olduğundan, bunların mevcudiyeti, indikatör organizma adı verilen bir takım başka saprofit mikroorganizmaları tayin yoluyla anlaşılır. İndikatör organizmaların en tanınmış olanı Koliform organizmalar grubudur. Tuzla Gölü'nün bakteriyolojik özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerde kullanılan su numunelerinin alındığı örnek noktaları aşağıda verilmiştir.

#### Örnek Noktaları:

**1. No'lu Örnek Noktası :** Gölün doğu kıyısı, İçmeler mevki'i'nin alt kısmından göle kadar çeşitli işletmeler, atölyeler ve boyacı vs. gibi işyerleri ile doludur. Bu işyerleri ile göl arasından yol geçmektedir. Yolun da geçtiği bu arazinin gölün doldurulmasıyla kazanıldığı bilinmektedir.

**2. No'lu Örnek Noktası :** Gölün tersanelere paralel olarak uzanan Kuzey – Kuzeybatı kıyılarıdır. Tersanelerle arasından karayolu geçmektedir. Gölün iç kısmı sazlıktır. Bu sazlıklarda çok sayıda su kuşu ve göçmen kuş barınmaktadır.

**3. No'lu Örnek Noktası :** Gölün denizle komşu olan batı kıyısıdır. 1991 yılına kadar göl ile deniz arasından karayolu geçmekte iken, çevre düzenlemeleri sonucu bu yol taşıt trafiğine kapatılmıştır. Bu yol altında gölün denizle bağlantısını sağlayan büzler bulunmaktadır. Denizin lodos nedeniyle kabardığı zamanlar da göl ile su alışverişi bu hat üzerinden olmaktadır.

**4. No'lu Örnek Noktası :** Gölün güney tarafındadır. Çok sayıda konut bu civardadır. Bu konutların atıklarının göle ve denize atıldığı bilinmektedir.

**5. No'lu Örnek Noktası :** Bu kıyıda da yazlık evler bulunmaktadır. Aynı zaman da kıyıda ağaçlık alan ve sazlık bir bölge de bulunmaktadır.

Yapılan su analizleri incelendiğinde, bulunan değerlerin tamamen gölün kendi ortamına özgü bir durumu yansıttığı, ne deniz ne de göl tanım kapsamına girmediği görülmüştür.

Tuzla Balık Gölünün, Bakteriyolojik ve Kimyasal kirlilik parametreleri ile ilgili olarak tespiti çalışmaları Şubat 1992 – Ocak 1993 tarihleri arasında çalışma gerçekleştirilmiştir. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri olarak total ve fekal koliform limitleri Çizelge 3.28’de verilmektedir. Yapılan çalışmalara ait değerler , Çizelge 3.29., 3.30., 3.31., 3.32. ve 3.33.’de verilmiştir, örnekleme noktaları ise Şekil 3.20’de verilmiştir ( Kayhan, 1993 ).

Çizelge 3.28. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Olarak Total ve Fekal Koliform Limitleri

| Sınıf | Total Koliform<br>EMS/100 ml | Fekal Koliform<br>EMS/100 ml |
|-------|------------------------------|------------------------------|
| 1     | 100                          | 10                           |
| 2     | 100 – 20 000                 | 200                          |
| 3     | 20 000 – 100 000             | 2000                         |
| 4     | >100 000                     | >2000                        |

Çizelge 3.29. 1 No’lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri

| AYLAR        | <i>Escherichia Coli</i><br>( EMS-adet/100ml ) | TOPLAM KOLİFORM<br>( EMS-adet/100ml ) |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Şubat 1992   | 12                                            | 170                                   |
| Mart 1992    | 33                                            | 90                                    |
| Nisan 1992   | 11                                            | 14                                    |
| Mayıs 1992   | 14                                            | 14                                    |
| Haziran 1992 | <2                                            | 2                                     |
| Temmuz 1992  | -                                             | -                                     |
| Ağustos 1992 | -                                             | -                                     |
| Eylül 1992   | 17                                            | 80                                    |
| Ekim 1992    | 110                                           | 500                                   |
| Kasım 1992   | 11                                            | 26                                    |
| Aralık 1992  | <2                                            | 240                                   |
| Ocak 1993    | <2                                            | 80                                    |



Çizelge 3.30. 2 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri

| AYLAR        | <i>Escherichia Coli</i><br>( EMS-adet/100ml ) | TOPLAM KOLİFORM<br>( EMS-adet/100ml ) |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Şubat 1992   | 11                                            | 21                                    |
| Mart 1992    | 4                                             | 17                                    |
| Nisan 1992   | 4                                             | 7                                     |
| Mayıs 1992   | 4                                             | 4                                     |
| Haziran 1992 | 2                                             | 4                                     |
| Temmuz 1992  | -                                             | -                                     |
| Ağustos 1992 | -                                             | -                                     |
| Eylül 1992   | 9                                             | 21                                    |
| Ekim 1992    | 17                                            | 500                                   |
| Kasım 1992   | <2                                            | 2                                     |
| Aralık 1992  | 2                                             | 34                                    |
| Ocak 1993    | <2                                            | 34                                    |

Çizelge 3.31. 3 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri

| AYLAR        | <i>Escherichia Coli</i><br>( EMS-adet/100ml ) | TOPLAM KOLİFORM<br>( EMS-adet/100ml ) |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Şubat 1992   | 14                                            | 14                                    |
| Mart 1992    | 11                                            | 17                                    |
| Nisan 1992   | 7                                             | 9                                     |
| Mayıs 1992   | 11                                            | 11                                    |
| Haziran 1992 | <2                                            | 4                                     |
| Temmuz 1992  | -                                             | -                                     |
| Ağustos 1992 | -                                             | -                                     |
| Eylül 1992   | 7                                             | 11                                    |
| Ekim 1992    | 39                                            | 500                                   |
| Kasım 1992   | 4                                             | 6                                     |
| Aralık 1992  | <2                                            | 11                                    |
| Ocak 1993    | <2 EM                                         | 22                                    |



Çizelge 3.32. 4 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri

| AYLAR        | <i>Escherichia Coli</i><br>( EMS-adet/100ml ) | TOPLAM KOLİFORM<br>( EMS-adet/100ml ) |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Şubat 1992   | 2                                             | 9                                     |
| Mart 1992    | 4                                             | 6                                     |
| Nisan 1992   | 4                                             | 17                                    |
| Mayıs 1992   | 2                                             | 2                                     |
| Haziran 1992 | <2                                            | 2                                     |
| Temmuz 1992  | -                                             | -                                     |
| Ağustos 1992 | -                                             | -                                     |
| Eylül 1992   | 17                                            | 20                                    |
| Ekim 1992    | 9                                             | 300                                   |
| Kasım 1992   | 6                                             | 12                                    |
| Aralık 1992  | 4                                             | 34                                    |
| Ocak 1993    | <2                                            | 70                                    |

Çizelge 3.33. 5 No'lu Örnek Noktasında Aylara Göre Total Koliform ve Fekal Koliform Değerleri

| AYLAR        | <i>Escherichia Coli</i><br>( EMS-adet/100ml ) | TOPLAM KOLİFORM<br>( EMS-adet/100ml ) |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Şubat 1992   | 14                                            | 21                                    |
| Mart 1992    | <2                                            | 17                                    |
| Nisan 1992   | 7                                             | 33                                    |
| Mayıs 1992   | 17                                            | 17                                    |
| Haziran 1992 | 2                                             | 2                                     |
| Temmuz 1992  | -                                             | -                                     |
| Ağustos 1992 | -                                             | -                                     |
| Eylül 1992   | 12                                            | 21                                    |
| Ekim 1992    | 50                                            | 300                                   |
| Kasım 1992   | 14                                            | 17                                    |
| Aralık 1992  | <2                                            | 20                                    |
| Ocak 1993    | <2                                            | 170                                   |

Çizelge 3.29, 3.30, 3.31, 3.32 ve 3.33'deki analiz sonuçlarından da görülebileceği üzere, Tuzla Gölü 1990'lı yılların başından itibaren her örnek noktada, her ay tüm standartların üzerinde *E. Coli* bakterileri üremektedir. Bu da demektir ki, Tuzla Balık Gölü, bakteriyolojik açıdan aşırı kirlidir. Bu bulgular, Tuzla Balık Gölü kurumadan önce ortama insan kaynaklı evsel ve kanalizasyon atıkların karıştığını göstermektedir.

### 3.9. Tuzla Gölü Çevresinin Toprak Özellikleri

Tuzla Balık Gölü çevresindeki toprak özelliklerine genel olarak bakıldığında funda ve tabii bitki örtüsü ile kaplı, yaz ayları hariç yılın büyük kesimi yağış alan, tarıma elverişli, fazla miktarda kil içeren, kısmen kireçli, ağaç miktarı açısından yetersiz sayılabilecek fakat doğal ot ve fundalıklar ile bol miktarda sazlıklara sahip olan toprak özelliği göstermektedir. Ortalama olarak taban suyu seviyesi 15 cm'de bulunmaktadır.

Gölün kuzey ve doğu kesiminde rastlanılan yerli topraklar, kırmızı renkli, taşsız, az kireçli, Akdeniz Toprağı tipindeki killi topraktır. Bu topraklar çok sıkı olmalarına rağmen durgun su izi gösterirler. Kuzeydeki dolgu materyalin kırmızı killi bir malzeme olduğu bilinmekle beraber, bu malzeme arasında çevredeki inşaat alanlarından gelen kazı materyali, taş ve inşaat artığı göze çarpmaktadır. Gölün doğu kesiminde görülen dolgu maddesi de inşaat artıkları ve çöplerden oluşmaktadır. Burada da aynı şekilde malzemenin tamamında kırmızı kil karışıktır. Tüm kesimlerde görülen sazlıkların altı, sık köklerle kaplanmış, bol çürüntülü ve humuslu kara renkli bir toprak ile kaplıdır. Gölün kuzey kesiminde, bu tabakanın altında mil toprağı devam eder, 10 cm'den sonra humus oldukça azalır. Doğru kesiminde ise, çürüntü + humus tabakası altında ince deniz kabukları ile karışık az çakıllı, milli bir kum tabakası yer almaktadır. Son olarak güney kesiminde, bu horizonun hemen altında, ince deniz kumu ve deniz hayvancılarının kırık, ince kabuklarından oluşan malzeme dikkati çekmektedir. Yine güney kesimindeki sedde ve çevresindeki toprak ise kırmızı killi yapıdadır. Bu killi tabaka arasında taş, beton parçaları ve çöpler görülür. Tuzla gölü çevresinin toprak özellikleri Çizelge 3.34' de verilmiştir.

Çizelge 3.34. Tuzla Gölü Çevresinin Toprak Özellikleri

| Bölüm | Yer                          | Toprak Türü | Taban Suyu | Belirgin Özellik                                 |
|-------|------------------------------|-------------|------------|--------------------------------------------------|
| Kuzey | Yerli Toprak                 | Kil         | -          | Sıkı kil, yazın kuruyup çatlayabilir. Az kireçli |
|       | Dolgu Materyal               | Kil         | -          | Taş ve inşaat artığı karışık                     |
|       | Sazlıklar                    | Mil         | 20 cm      | Çürüntü+humus                                    |
| Batı  | Yol-Göl Arası                | Kil         | -          | Sıkı kil, arada taşlar var. Az kireçli           |
|       | Sazlıklar                    | Mil         | 20 cm      | Çürüntü+humus                                    |
| Doğu  | Yerli Toprak                 | Kil         | -          | Sıkı kil, yazın da kuruyup çatlar                |
|       | Yığılmış Materyal            | Kil         | -          | Taş ve inşaat artığı çöp karışık                 |
|       | Sazlıklar                    | Mil+Kum     | 20 cm      | Çürüntü+humus                                    |
|       | Yerli Toprak                 | Kil         | -          | Sıkı kil, yazın da nemli toprak                  |
|       | Yığılmış Materyal            | Kil         | -          | Az taşlı kil                                     |
|       | Sedde                        | Kil         | -          | Boru hattını örten malzeme                       |
| Güney | Sazlıklar<br>( Ev önü )      | Kum         | 20 cm      | Çürüntü+humus                                    |
|       | Sazlıklar<br>( Menfez Yanı ) | Kum+Çakıl   | 10 cm      | Çürüntü+humus                                    |

### 3.10. Tuzla Gölü ve Havzasındaki Kirletici Kaynaklar

#### 3.10.1. Umurbey ( Tuzla ) Deresi ile Taşınan Kirleticiler

Göle yaklaşık 100 m uzaklıktaki, denize dökülen dere, Tuzla organize Deri Sanayi Bölgesi ve civarından başlayarak göl çevresinde işletilmekte olan endüstriyel kuruluşların ( çelik sanayii, boya sanayii, plastik sanayii, ağır makina sanayii, pres döküm sanayii, kurşun fabrikası ve dericiler ) ve yerleşim alanlarının atıksularını taşımakta ve bu atıkları doğal olarak Tuzla Gölü'ne boşaltmaktaydı. Umurbey deresi endüstriyel atıksuların yanında, yağışlı mevsimlerde

bol miktarda sediment taşıma işlevi de görmüştür. Bunların dışında, dere çevresindeki bostan ve tarlalardan da sun'i gübre ve zirai ilaçlar dereye taşınmakta ve göl için kirlileti bir kaynak oluşturmaktadır. Tuzla Gölü su havzasının sanayi, konut vb. amaçlarla kullanıma açılmasıyla, doğal bitki örtüsü ve arazi yapısı hızla değişmiştir. Bunun sonucu olarak gölün tek yüzeysel su kaynağı bağlantısı olan Umurbey deresi dere fonksiyonlarını da kaybetmiştir.

Dere çevresindeki yerleşim yerleri ve sanayi alanlarının atıksuları ile yüzey kirlilikleri ( çöpler ve çöp sızıntı suları ) ayrıca yollardan gelen egzoz ve yağ kirlilikleri, Umurbey deresince Aydınli Limanı'nın kuzey kesimine taşınmaktadır. Ancak Umurbey deresinin taşıdığı, yağışın fazla olduğu bahar ve kış aylarında bu kirlilik Tuzla gölü'ne taşınmaktadır ( Kocasoy, 1991 ).

Yakın zamana kadar göle akan bu dere, şimdilerde yatağı değiştirilerek denize yönlendirilmiştir. 1997 yılında Tuzla Belediyesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından derenin ıslah çalışmalarına başlanmış ve dereye giren kirlileti kaynakların etkilerinin ortadan kaldırılmasına çalışılmıştır. Şimdi kontrol altında akışını sürdüren dere, artık büyük boyutlarda kirliliğe maruz kalmamaktadır.

### **3.10.2. Göle Doğrudan Akıtılan Atıksular**

Atıksularını doğrudan akıtan tek kuruluş, gölün doğusunda bulunan ve İSKİ'ye kanalizasyon sistemi beton borularını yapan bir künk fabrikasıdır. Bu fabrika, debisi sabit olmayan çimento – çamur karışımı sıvıyı göle boşaltmaktadır. Aynı zamanda söz konusu olan bu künk fabrikası, kullanma suyunu da Tuzla gölü'nden karşılamakta olup, kullandığı bu suyu tekrar göle boşaltmaktadır. Bu atıklar daha çok çimento kullanımına ait olup, gölün sertlik, BOİ, oksijen ve toplam katı madde miktarının bozulmasına neden olarak göle zarar vermiştir. Ayrıca civardaki sera ve bostanlarda kullanmak amacıyla gölden su çekerek, zaten sığ olan gölün su miktarını daha da azaltmaktadır.

### **3.10.3. Yağmur Suyu İle Taşınan Kirlileticiler**

Genellikle göl çevresinin toprak yapısı, killi geçirimsiz bir özellikte olduğundan, yağmur suları toprak altına geçemez ve yüzeyde birikir. Biriken bu sular kanallar vasıtası ile göle taşınır ve bu taşınma esnasında, çevredeki tarla ve bostanlarda kullanılan gübre ve pestisitler de göl suyuna taşınmış olur. Böylece organik, inorganik ve nütrient yükü göle eklenmiş olur.



Organik yükleme, göl sularında oksijen azalmasına neden olurken gölün amonyum, nitrit, nitrat ve fosfat bakımından aşırı yüklenmesi ile gölün çevresinde ve tabanında bulunan sazlıkların sıkışmasına, alglerin fazlalaşıp yoğunlaşmasına, kısacası ötrofikasyona neden olmaktadır. Bu sık bitki örtüsünün kökleri ve artıkları, gölün dibinde birikerek gölün derinliğini azaltmakta ve zamanla bozunarak organik çamura dönüşmektedir.

#### **3.10.4. Katı Atıklar**

Gölün kirlenmesine önemli bir neden de göle doğrudan atılan katı atıklardır. Ayrıca göl çevresindeki, inşaatların molozları, inşaat malzemeleri, açıkta depolanan kum, çimento gibi malzemeler de yağmur suları ve rüzgarlarla göle taşınarak kirliliğe yol açmaktadır.

#### **3.10.5. Hava Kirliliği**

Göl çevresindeki fabrika bacalarından çıkan ve depolama alanlarından rüzgar ve yağmur yardımı ile taşınan kirlenmeye sebep olmaktadır. Ayrıca göl kirliliğine katkıda bulunmaktadır.

#### **3.10.6. Gürültü Kirliliği**

Gölün kuzeydoğusunda bulunan tersanelerden gelen gürültü, göldeki kuşlarının ürkmesine neden olan akustik kirlenmeye sebep olmaktadır. Ayrıca gürültü balıkların yumurta ve larva oluşumları üzerinde de önemli derecede olumsuz bir etkiye sahiptir.

#### **3.11. Tuzla Gölü Havzasındaki Endüstriyel Kuruluşlar**

Tuzla Sanayi Bölgelerinden doğan ve kollarıyla Umurbey Deresini oluşturduğu görülen bir çok küçük büyük dere mevcuttur. Bu derelerin etrafında, yoğun konut ve sanayi yerleşimi mevcuttur. Bu derelerin civarında bulunan konut ve sanayi yerleşimi Umurbey Deresinde yoğun kirlilik yükü oluşmasına neden olmuştur ( İl Çevre Müdürlüğü, 2001 ).

Ayrıca dere havzasının en yüksek noktasından itibaren birçok endüstriyel kuruluş ve sanayi siteleri atıksularını doğrudan deşarj ederek gölün kirlenmesine neden olmaktadır. Tuzla Gölünü ve çevresini etkileyen endüstriyel kuruluşlar ve atıklar Çizelge 3.35.'de verilmiştir. Göl çevresindeki yerleşim alanları ve endüstriyel kuruluşlar da Şekil 3.28 ve 3.29.'da verilmiştir.



Çizelge 3.35. Tuzla Gölü ve Çevresini Etkileyen Endüstriyel Alanlar ve Atıkları

| İŞLETME                                                                                                                                                    | ÜRETİLEN MADDE                                                                            | ATIK TÜRÜ                                                                                                              | ATIK ARITMA                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1. ENDÜSTRİYEL BÖLGE<br>Ambalaj Sanayi<br>Deterjan Sanayi<br>Petrokimya Depoları<br>Tavuk Çiftliği<br>Tekstil<br>Et Entegre Sanayi<br>Makina Sanayi<br>Akü |                                                                                           | Boya, tutkal, asbest<br>Fosfat, nitrat<br>Kimyasal sızıntılar<br>Organik<br>Boya<br>Organik<br>Metal, yağ, gres        |                                                                             |
| 2. ENDÜSTRİYEL BÖLGE<br><br>Dericiler ( 216 İşletme )                                                                                                      | İşlenmiş Deri                                                                             | Her türlü atık<br><br>Organik atık, asitler, çözücüler,<br>Boyalar, Cr                                                 | Kimyasal Arıtım                                                             |
| 3. ENDÜSTRİYEL BÖLGE<br>Camış Ambalaj<br>Alüminyum ( Assan )<br>Allaş El Aletleri<br>Zateli Pres Döküm<br>Tersaneler<br>Yüksel Beton Boru                  | Ambalaj<br>Alüminyum Levha<br>El Aletleri<br>Alüminyum Döküm<br>Gemi İnşaat<br>Beton Boru | Boya, tutkal<br>Metal – evsel<br>Cr, Cu, Ni, asit, evsel<br>Cr, Cu, Ni, asit<br>Metal, boya, evsel<br>Cr, Cu, Ni, asit | Biyolojik ve kimyasal<br>Kimyasal<br>Kimyasal<br>Kimyasal<br><br>Toz tutucu |



Şekil 3.28. Tuzla Gölü ve Havzasındaki Yerleşim Durumu



Şekil 3. 29. Tuzla Gölünün Kuzeybatı Lagün Ağzındaki Endüstriyel Kuruluşlar

### 3.12. Tuzla Gölü'nü Etkileyen Mühendislik Yapıları

Gölü etkileyen yapıların birincisi, Tavşanlı Deresinin kanallanması, ikincisi ise Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisine atıksuları getirmek için yapılan derin tünellerdir. Tavşanlı Deresi 5 km boyunca kanala alınmıştır ve bu kanallamayla yüzey suyu kanala verilmiştir. Tabanı ve yanları geçirimsiz betondan oluşan kanallar, yüzey suyunu tabana sızdırmadan doğrudan denize aktarmaktadır. Kanallama yapılmadan önce bu dere, göl civarındaki yeraltısuunu beslemekteydi. Ancak gerek taşkın, gerekse dericiler bölgesinden gelen atıklar nedeniyle derenin kanallanmasına gidilmiş, hem kirleticilerin, hem de taşkın suların göle girişi engellenmiştir. Kanallanan dere yeşil renkleriyle başta kromlu ağır metal kirleticileri ve buna karışan evsel atıksularla oldukça kirlenmiş olarak tersane yanından denize boşalmaktadır. Buradaki kirlilik ülkütücü boyutlardadır. Sonuç olarak, bu kanallamalar, dağlardan gelen suların göl ovasında emilmesini ortadan kaldırmıştır (Öztürk ve Ertan, 2001 ).

Gölün hemen gerisinde yer alan Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisine atıksu getiren 4.5 m çapındaki tünel mevcut yolun altında bulunmaktadır. Tünel yapımı esnasında zemindeki akımlar nedeniyle, tünel ortalama 20 m derinden yüzeye kadar beton perde yapılarak ilerlemiştir. Bu şekilde göl, bir anlamda arkadan geçirmezlik perdesiyle kuşaklanmıştır. Beton

perde, göl tabanından 8 m daha aşağıda olacak şekilde yapıldığından, yeraltısuyu beslenmesinin tamamıyla kesildiği bilinmektedir. Tünel ile göl arasında kalan alanda 3 yıl içinde, yeraltısuyu seviyesinde 5 m'lik hızlı bir düşüş olduğu gözlenmiştir.

### **3.13. Tuzla Gölü ve Çevresinin Korunması Amacıyla Yapılan Mühendislik Yapıları**

#### **1. Doğu Tuzla Atıksu Toplayıcıları**

Doğu Tuzla Atıksu Toplayıcısı, Tuzla, Bayramoğlu, Darıca ve Gebze İlçelerinin bir bölümünün atıksularını toplamak amacıyla 1999 yılında inşaa edilen 13 km'lik ana toplayıcı hattından oluşmaktadır.

Tuzla, Bayramoğlu, Darıca ve Gebze ilçeleri atıksularını toplayarak, Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisine iletmektedir. Doğu Tuzla Atıksu toplayıcılarının devreye girmesiyle, Bayramoğlu ve Darıca sahilinde atıksuların denize deşarjı tamamen kesilerek, bu sahillerin kirlenmesi önlenmiştir.

#### **2. Batı Tuzla Atıksu Toplayıcıları**

Batı Tuzla Atıksu Toplayıcıları, 300 mm'lik 306 m, 400 mm'lik 436 m, 500 mm'lik 3482 m, 600 mm'lik 4681 m, 800 mm'lik 232 m, 1200 mm'lik 22 m ve 1600 mm'lik 300 m'lik atıksu toplama sistemlerinden oluşmaktadır.

Batı Tuzla Atıksu Toplayıcıları, Tuzla Tersanelerinden ve Tuzla Burnunun her iki tarafından gelen ve Tuzla Gölü ile Tuzla Burnunun etrafına dökülen bütün atıksuları toplayıp arıtma tesisine götürmektedir. Atıksu toplayıcının bir diğer amacı da Tuzla Gölü'nün bir kuş cenneti haline getirilmesidir.

#### 4. TUZLA GÖLÜ'NÜN MUHTEMEL KURUMA SEBEPLERİ

Tuzla'da artan sanayileşme hızıyla birlikte, bölgede kurulan sanayi kuruluşları, tersaneler ve fabrikaların faaliyetlerini sürdürebilmeleri için insan gücüne ihtiyaç duyulmuş, bu bağlamda da ilçede nüfus patlaması gerçekleşmiştir. Buna göre, 1970 – 1990 yılları arası Tuzla İlçesi nüfus sayımları Çizelge 4.1.'de, nüfus artış oranları ise Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. 1970 – 1990 Yılları Arası Tuzla İlçesi Nüfus Sayımları ( Özay, 1997 )

| YIL   | 1970  | 1975  | 1980  | 1985  | 1990  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NÜFUS | 11938 | 15676 | 26671 | 34603 | 59500 |

Çizelge 4.2. 1970 – 1990 Yılları Arası Tuzla İlçesi'nin % Nüfus Artış Oranları  
( Özay, 1997 )

| YIL                     | 1970 – 1975 | 1975 – 1980 | 1980 – 1985 | 1985 - 1990 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| NÜFUS ARTIŞ ORANI ( % ) | 31.31       | 70.14       | 29.74       | 71.95       |

Bu çizelgeden de açıkça görebileceğimiz gibi, hızlı sanayileşmenin sonucunda bölgede 20 yıl içinde 5 katlık bir artış gözlenmiştir. Artan nüfusla birlikte, önceleri tarım alanı olarak sebze – meyva yetiştiriciliğinde ve seracılıkta kullanılan birçok arazi, şimdi gecekondü, işyeri ve toplu konut alanlarına dönüşmüş, bunun sonucunda da bölgedeki dere, göl ve yeşil alan gibi doğal değerlerimiz bu gelişmeden olumsuz etkilenmiş ve ekolojik yapıları hızla bozulmuştur.

##### 4.1. Göl Çevresindeki Mühendislik Yapıları:

Tuzla gölü çevresinde son yirmi yılda, nüfus artışından kaynaklanan aşırı bir yapılaşma söz konusudur. Tuzla gölü çevresinde bulunan organize sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren sanayi tesisleri, dericiler, ziraat alanları ve yerleşim yerlerinin atıksuları ile tersanelerin göl çevresinde toplanması gibi nedenlerden dolayı gölün hidrolojik havzası tamamen bozulmuştur.

Dere havzasının en yüksek bandında bulunan sanayi tesislerinin yarısından çoğunda arıtma tesisi mevcut olduğu halde, alt bantda faaliyette bulunan 16 adet sanayi tesisinin hiçbirinde atıksu arıtma tesisi bulunmamaktadır. Bu durumda da bu tesislerden ve yerleşim yerlerinden



oluşan endüstriyel ve evsel atıksu ve katı atıkların direkt olarak göle, ya da gölü besleyen dereye karışması kaçınılmaz olmuştur. Göl kirliliğine neden olan bu evsel ve endüstriyel atıklar dışında, göl çevresine boşaltılan çöpler ve çevredeki inşaatların açıkta depolanan kum, çimento gibi inşaat malzemeleri de yağmur suları ve rüzgarlar ile göle sürüklenerek kirliliğe katkıda bulunmaktadır.

Tuzla bölgesindeki foseptiklerin hiç olmazsa bir kısmının vidanjörler tarafından göle kaçak olarak boşaltıldığı da bilinmektedir. Bunun dışında, göl etrafında koruma amacı ile dikilmiş çitlerin, çevrede yapılan kanal çalışmaları ve yöre halkının kaçak avcılık ve balıkçılık yapma isteği nedeniyle büyük bir kısmının tahrip edilmiştir. Ayrıca ilgili yerel kurumlarca yeterli koruma tedbirleri alınmadığından gölün çevresinde faaliyette bulunan tersane ve sanayi kuruluşlarının tehlikeli ve diğer atıklarını, taşıma belgesi almamış araçlarla taşıdıkları ve araçlardan bazılarının atıkları kıyı bandına ve göle döktükleri de acı bir vakadır.

Tuzla gölünde ki tarımsal kirlenme ise, göl çevresindeki ziraat alanlarında kullanılan hayvansal ve kimyasal gübreler ile pestisitlerdir. Bu tarımsal kirleticilerin yeraltı suyuna karışması ya da toprak erozyonu ve yağmur suları ile göle taşınması sonucunda tarımsal kirlilik gerçekleşmektedir. Özellikle kimyasal gübreler, azot ve fosfor gibi besi elementleri içerdiğinden, bu gübrelerin göl suyuna karışması durumunda gölde aşırı fitoplankton üremesi yani ötrofikasyon görülür.

Gölü etkileyen mühendislik yapıları ise, Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi, tesise atıksu taşımak için yapılan derin tüneller ile Umurbey deresinin kanallanmasıdır. Umurbey deresinin kanallanması ile, dericiler bölgesinden gelen kirleticilerin ve taşkın suların göle girişinin engellenmesi amaçlanmıştı. Bu dere kanallamadan önce göl yakınında bulunan ve gölü besleyen yeraltısuyunu beslemekteydi. Fakat bu kanallamalar sonucunda, dağlardan gelen suların göl havzasında emilmesi de engellenmiş oldu. Gölün hemen gerisinde inşaa edilmiş olan Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'ne atıksu getirmek amacıyla inşaa edilen tünel sistemi de başlangıçta başarılı olmamış, bu yüzden beton bir perde yapılma gereği duyulmuştur. Bu perde de yeraltısuyu beslenmesinin tamamen kesilmesine neden olmuştur.

Göle ulaşan derelerin kanallanarak denize aktarılması, göl ve civarının yüzey sularından beslenmesini engellemiştir. Tuzla'dan Pendik'e kadar uzanan atıksu toplama tünellerinin yapımı sırasında gölü saran ve çoğunlukla yerin 20 m derininden yüzeye kadar oluşturulan beton sızdırmazlar, gölün yeraltısuyundan beslenmesini de engellemiştir. Tünel yapımı öncesi, statik su seviyesi 2 -3 m iken, günümüzde 6 – 8 m'ye düşmüştür. Göl çevresindeki



tarla ve bostanlarda çalışan çiftçiler de , tarla sulamak için açılan kuyularında son yıllarda bir düşüm olduğundan, daha derin sondajlar yaparak su ihtiyaçlarını karşılama yoluna gitmişlerdir. Kısacası, göl havzası içinde tarım yapanlar ve daha da önemlisi sulama suyu amacıyla su kuyusu açan konutların yeraltısuyu çekimi, göl civarındaki su seviyesinin düşmesine neden olan başlıca etmenlerden biridir.

#### **4.2. Göl ile Deniz İrtibatının Kesilmesi Sonucu Kuruma:**

Tuzla Gölü, önceleri şimdiki tersanelerin bulunduğu yerden denizle bağlantılı bir lagündü, fakat daha sonra tersanelerin inşası amacı ile bu alanın doldurulması sonucunda gölün denizle olan bağlantısı kesilmiş ve bu su ortamı göl formunu almıştır. Zaman içinde çeşitli nedenlerle şişen göl, güneybatıdaki doğal bariyeri patlatarak denizle tekrar bağlantı kurmayı başarmıştır. Fakat bu bağlantıda kısa bir süre sonra kapatılarak ve bu bariyere denize eğimli bükler döşenmiştir. 1987’de gerçekleştirilen bu işlem sonucunda bir lagün gölü formundaki Tuzla Gölü tatlısu özelliği kazanmıştır.

Yerinde yapılan gözlemler ve araştırmalar sonucunda, göl su seviyesini sabit tutmak için gölün denizle bağlantısının 3 kanalla ( menfez ) sağlanmaya çalışıldığı, ancak bu kanallardan 2 tanesinin kapalı olup çalışmadığı, yani bu işlemin göle bir fayda sağlamadığı görülmüştür. Göl ile deniz arasında işleyen tek menfez ise çoğu zaman görevini yerine getirememektedir. Bu durumda da gölden deniz’e bir çıkış gerçekleşmediği için yeraltı suları ve yüzey suları ile gelen kirleticiler ve besin maddeleri dışarı atılamayıp, gölde birikmektedir.

Haziran 2001 yılındaki gölün kurumasından sonra, Büyükşehir Belediyesi ve Tuzla Belediyesi’nin çalışmaları sonucunda gerçekleştirilen 25 m uzunluğunda ve 1 m çapındaki 2 kanalla gölün denizle bağlantısı tekrar sağlanmıştır. Bunun dışında yağmur suyu toplama kanalları da tekrardan göle bağlanarak, gölün eski haline gelmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Tuzla Gölü’nün deniz suyu ve tatlı suyla beslenen bir göl olduğunu, ancak geçmişte deniz bağlantısının kesilmesiyle tatlısu gölüne dönüştüğü bilinmektedir. Gölün tekrardan denizle bağlantısının sağlanarak hayata dönmesiyle birlikte, göl tuzlu su formuna dönmeye başlamıştır. Gölün bu formu almaya başladığı dönem Şekil 4.1. ve 4.2.’de verilmiştir. Fakat ne yazık ki bu restorasyon çalışmalarına rağmen göl Ekim 2002’de yeniden kurumuştur.



Şekil 4.1. Tuzla Gölü – Haziran 2002



Şekil 4.2. Tuzla Gölü – Haziran 2002

#### 4.3. Bölgenin Jeolojik Konumundan Kaynaklanan Kuruma:

Tuzla bölgesinde pek çok kırık bulunmakla birlikte, bunların en önemlisi Haliç'e kadar uzanan ve deniz içinden yoluna devam eden İçmeler Fayı'dır. Düşey fay niteliğindeki bu fayda, sismik bir aktivite gözlenmemektedir. Konunun uzmanları tarafından bu bölgede halen yer hareketleri hakkında incelemeler devam etmekte olsa bile, sismik bir aktivite ihtimali üzerinde durulmamaktadır. Bazı yer bilimciler ise, doğal olmayan bu ani kurumayı, deprem habercisi olarak tanımlamaktadırlar.

İçmeler Kaynağında, 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleri öncesinde petrol tadı hissedilmesi, bu bölgede sismik bir aktivitenin söz konusu olabileceğini gündeme getirmiştir. Fakat depremler öncesinde tad da değişiklik haricinde, debi ve sıcaklıkta hissedilir bir değişme gözlenmemiş, kaynakta sadece az miktarda kırıntı gelişi saptanmıştır. Debi ve sıcaklıkta herhangi bir değişim gözlenmediğinden dolayı, uzmanlar gölün sularının çekilmesinin deprem kaynaklı bir kuruma olmadığını söylemekle birlikte bu bölgedeki yer hareketleri hakkında halen incelemeler sürdürülmektedir.

#### 4.4. İklim Kaynaklı Kuruma:

Göl, sıg olduğundan iklim koşullarından ve sıcaklık artışlarından çok çabuk etkilenir. Tuzla ve yöresinde, geçmiş yıllara oranla daha az yağış görülmesi, gölün kurumasının en önemli faktörlerden biri olarak gösterilmektedir. Gölün su derinliği ortalama 55 cm civarındadır. Derinlik, ilkbahar ve kış ayları gibi yağışın bol olduğu aylarda maksimum 1.4 m'ye ulaşabilmektedir. Kurak yaz mevsimlerinde ise, bu derinlik 0.4 m'ye kadar düşmektedir. Bu derinlik'te gölü "sığ göl" sınıflamasına sokmaktadır. 1990'lı yıllarda 1 – 1.5 m derinliğinde bir su kütlesine sahip olan gölün derinliği, birbiri ardına kurak geçen mevsimlerin de katkısıyla düşmüş ve 1957'de 1250 km<sup>2</sup> olan göl alanı, 1980'de 1053 km<sup>2</sup> ye gerilemiştir.

Bölgenin geçmiş yıllara oranla daha az yağış alması, özellikle 2001 kışında bölgede ciddi bir kar yağışının gözlenmemesi gibi nedenlerin yanısıra göle karışan yağış sularının çevresel bozulmadan dolayı azalmış olması da kurumayı hızlandıran faktörlerden biridir. Bölgeye yağın yağmur suları, göle yüzeysel su olarak ulaşmadığı gibi, yağmur suyu kanalları vasıtası ile de ulaştırılmamaktadır.

Haziran 2001 yılında, göl suyu tamamen çekilmiştir. Gölde yaşayan, su ekosistemine ait herhangi bir canlı popülasyonu kalmamıştır. Buna rağmen göl kıyısındaki mevcut sazlıkların büyük çoğunluğunun kurumadığı gözlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda da zaten sıg bir göl olarak değerlendirilen Tuzla Gölü'nün kurak geçen yaz ayında göl suyunun sıcaklık artışı ile yüzeysel buharlaşması sonucu kuruduğu yargısı üzerinde durulmaktadır.

1986 ve 2001 yılları arası Göztepe Meteoroloji İstasyonu aylık ortalama sıcaklık, nem ve yağış değerlerine bakacak olursak, gölün sularının çekildiği dönemlerde bölgenin sıcaklığının 17 – 27 °C değerleri arasında değiştiği yani gölün kurumasına neden olacak kadar yüksek bir değere ulaşmadığı görülmektedir. Fakat aylık toplam yağış miktarları incelendiğinde de bölgenin son yıllarda en yağışsız olduğu ayın, gölün sularının aniden çekildiği Haziran ayı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak iklim etkeninin tek başına bu kurumaya neden olduğu söylenemese de, etkenlerden biri olduğu söylenebilir.

Zaten oldukça sıg bir su kütlesine sahip olan Tuzla gölü'nün kuruma nedenlerinden biri de rüzgar hızı, sıcaklık artışı ve yağışlarda görülen azalmaya bağlı olarak gerçekleşen buharlaşmadır. Bu yörede ölçülen buharlaşma ve yağış değerleri Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1958 Yılları Arası Buharlaşma Değerleri  
( mm )

| Meteorolojik<br>Elemanlar               | Rasat<br>Süresi<br>( Yıl ) | AYLAR |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |      | Yıllık |
|-----------------------------------------|----------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
|                                         |                            | 1     | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   | 11   | 12   |        |
| <b>Ortalama<br/>Buharlaşma</b>          | 29                         | 27.8  | 27.5 | 49.1 | 77.7 | 117.0 | 160.7 | 192.9 | 177.6 | 126.0 | 70.1 | 40.5 | 31.4 | 1098.3 |
| <b>Günlük En<br/>Çok<br/>Buharlaşma</b> | 29                         | 3.0   | 3.1  | 4.8  | 6.9  | 8.6   | 11.0  | 10.7  | 11.9  | 8.4   | 5.9  | 3.8  | 5.2  | 11.9   |



Çizelge 4.4. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1991 Yılları Arası Yağış Değerleri ( mm )

| Meteorolojik<br>Elemanlar   | Rasat<br>Süresi<br>( Yıl ) | AYLAR |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |        |
|-----------------------------|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
|                             |                            | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12    | Yıllık |
| Ortalama<br>Toplam<br>Yağış | 62                         | 92.4  | 73.4 | 61.4 | 43.2 | 31.5 | 23.8 | 22.2 | 23.2 | 44.5 | 68.2 | 86.2 | 107.2 | 677.2  |
| Günlük En<br>Çok Yağış      | 62                         | 54.0  | 72.8 | 52.1 | 50.4 | 55.6 | 45.4 | 59.2 | 72.1 | 79.6 | 81.3 | 87.8 | 67.5  | 87.8   |

Buharlaşımaya etki eden birkaç önemli faktör vardır. Bunların başında, havanın bağıl nem miktarı gelmektedir. Belirli ve mutlak bir nemlilik durumu halinde, sıcaklık düşer ve bağıl nem miktarı artar, buna karşılık buharlaşma azalır. Buharlaşmayı etkileyen bir diğer önemli faktör ise, rüzgar'dır. Hava kütlelerinin rüzgar yardımıyla yer değiştirmesi, buharlaşarak havaya karışan suyun uzaklaştırılmasına ve yerel olarak bağıl nem miktarının azalarak buharlaşmanın artmasına neden olur. Rüzgar ve Bağıl Nem değerleri Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da verilmektedir.

Çizelge 4.5. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1991 Yılları Arası Bağıl Nem Değerleri ( % )

| Meteorolojik<br>Elemanlar | Rasat<br>Süresi<br>( Yıl ) | AYLAR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |
|---------------------------|----------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
|                           |                            | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | Yıllık |
| Ortalama<br>Bağıl Nem     | 62                         | 79    | 78 | 76 | 73 | 73 | 69 | 69 | 70 | 73 | 77 | 78 | 79 | 75     |
| En Düşük<br>Bağıl Nem     | 62                         | 12    | 25 | 11 | 14 | 11 | 16 | 17 | 11 | 14 | 12 | 25 | 18 | 11     |



Cizelge 4.6. Göztepe Meteoroloji İstasyonu 1929 – 1986 Yılları Arası Rüzgarlı Gün Sayısı ve Ortalama Rüzgar Hızı Değerleri

| Meteorolojik Elemanlar                             | Rasat Süresi (Yıl) | AYLAR |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Yıllık |
|----------------------------------------------------|--------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
|                                                    |                    | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |        |
| <b>Ortalama Rüzgar Hızı ( m/sn )</b>               | 57                 | 3.2   | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.6 | 3.0 | 3.0 | 2.6 | 2.5 | 2.6 | 3.1 | 2.8    |
| <b>Ortalama Kuvvette Esen Rüzgarlı Gün Sayısı*</b> | 57                 | 6.6   | 5.7 | 4.6 | 3.6 | 3.4 | 3.4 | 6.8 | 7.3 | 5.3 | 4.7 | 5.0 | 5.6 | 62.0   |

\* Rüzgar Hızı 10.8 – 11.7 m/sn arasında kabul edilmektedir.

Yağışlardaki düşüş, özellikle yazın artan sıcaklık değerleri, rüzgarlar ve buharlaşma ile göl suyu kuruma sürecine girmiştir. Su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın şiddeti, suyun ve havanın ısısına, hava basıncına, nemlilik derecesine, hava hareketlerine toprak ve bitki örtüsüne bağlı olarak artar veya azalır.

Göztepe Meteoroloji istasyonundan elde ettiğimiz yıllık ortalama yağış değerlerine göz atarsak, 62 yıl gibi uzun bir gözlem sürecinde göle en fazla toplam yağışın Aralık ayında düştüğünü görüyoruz. Bu da bize, kuzeydoğu Marmara bölgesinin 1929 – 1991 yılları arasında tipik bir Akdeniz iklimi sergilediğini göstermektedir. Günlük maksimum yağış değerlerine bakılacak olursa, yine aynı bölgede ve aynı süreçte , maksimum değerlerin 8, 9, ve 10. aylarda oluştuğu görülmektedir. Bu durum ise bize gölün Karadeniz iklimi özelliğine sahip olduğunu gösterir.

Ortalama buharlaşma değerlerini incelediğimizde ise, 29 yıllık rasat süresince maksimum buharlaşma değerlerinin Temmuz ve Ağustos aylarına rastladığını görmekteyiz. Bundan çıkarabileceğimiz sonuç ise, bölge tipik bir karasal iklim özelliği sergilemektedir. Günlük maksimum buharlaşma değerlerine bakılacak olursa, maksimum değerlere 6, 7, ve 8. aylarda ulaşılmaktadır. Bu iki değer incelendiğinde, yöredeki buharlaşmanın tipik bir Akdeniz ikliminden Karasal iklime geçiş değerlerini sergilediğini göstermektedir.

Bu veriler bir arada değerlendirildiğinde varılan sonuç ise, zaten sığ olan Tuzla göl sularının şiddetli yaz buharlaşmaları nedeniyle, yaklaşık % 40 – 50'lik bir kayba uğradığıdır. Göl

suyunun buharlaşmaya rağmen seviyesinin fazla değer kaybetmeden kalabilmesi için canlı bir gideğen'e ( ayak ) ihtiyacı vardır. Tuzla gölünü besleyen Umurbey deresi'nin ıslah çalışmaları nedeni ile deniz'e yönlendirilmesi sonucunda, göl sıcak aylarda yeterli bir beslenmeye sahip olamadığından, su kaybı hızlanmıştır. Kurumadan önce, zaten sığ bir göl olan Tuzla Gölü'nü besleyen 3 kaynak vardı. Bunlar, yağışlar, Marmara Denizi ve Umurbey Deresi'ydi. Gölün kuzeybatı kesimine tersanelerin inşaa edilmesi ile birlikte, gölün denizle olan bağlantısı zaten 1969 yılında kesilmişti, 1997 yılındaysa göle aşırı kirlilik yükü taşıması nedeniyle gölün tek yüzeysel su kaynağı olan Umurbey deresi de deniz'e verilmeye başlanmıştır. Bunların dışında az da olsa yeraltı suları ile beslenen gölün gerisinde yeralan Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisine atıksu getiren tünelin yapımı esnasında, tünel ile göl arasına kalan alanda yeraltı su seviyesinde yaklaşık 5 m'lik bir düşüş gözlenmiştir. Kısacası bu tünel gölün yeraltısuyu beslenmesinin de tamamen kesilmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, 1997 yılından itibaren gölü besleyen tek kaynak olarak yağışlar kalmıştır. Fakat meteorolojik değerlere bakıldığında yağışların da gölün beslenmesi için tek başına yeterli olmadığı görülür. Bu yüzden, gölün tekrar canlanabilmesi için, denizle bağlantının yeniden kurulmasının yanı sıra Umurbey deresinin tamamen ıslah edildikten sonra göle yönlendirilmesi de şarttır.

#### 4.5. Ani Plankton Üremesi Sonucu Kuruma:

Yapılan bir araştırmaya göre, gölde aşırı plankton üremesi ve göl tabanında birikerek gölü doldurması ile gerçekleşen bir kuruma teorisi üzerinde durulmuştur. Oldukça sığ ve yoğun bir su kütlesine ve aşırı alg biyokütlesine sahip gölde, deniz tarafından esen serin rüzgarların da etkisi ile hızlı buharlaşma neticesinde su kaybı olabileceği görüşü üzerinde de durulmaktadır. Tuzla Gölü sığ bir göl olduğundan, organik maddelerin bozunma süreci genellikle sediman yüzeyinde yoğunlaşır. Bu süreç O<sub>2</sub> kullanımı gerektiren bir süreç olduğundan, bozunma süreci ilerledikçe sedimandaki O<sub>2</sub> derişimi azalarak 25 – 30 µM'nin altına düşünce devreye NO<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> girer. Bu yükseltgeyici maddeler, organik maddeleri oksitleyerek, kendileri indirgenirler ve sedimanda NH<sub>4</sub> birikimine neden olurlar. Organik maddelerin ilerleyen bozunumları esnasında NO<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> tükenirken, SO<sub>4</sub> yeni elektron alıcı olarak ortama girer ve H<sub>2</sub>S'e indirgenir. Bu süreç esnasında ortamdaki HCO<sub>3</sub> indirgenerek CO<sub>2</sub> oluşumu gerçekleşir. Bu anaerobik bozunma reaksiyonları ilerlemeye devam ederse, bir süre sonra CH<sub>4</sub> gazı çıkışı gerçekleşir. Bitki kütlesinde de bir artış söz konusu ise, göl dibinde biriken bitki artıkları, öncelikle organik yükü buna bağlı olarak da sediment miktarını arttıracaktır. Bu birikim diğer biriktirici faktörlerle birleşince, göl sediman seviyesi hergün biraz daha artacak ve en sonunda su kütlesinde azalmaya neden olacaktır. Bu süreç daha da ilerledikçe, göl iyice sığlaşacak ve

aşırı fitoplankton üremesine de bağlı olarak, göl öncelikle bataklık haline dönüşecek, daha sonra da yaşlanmanın son safhası olarak değerlendirilen kuruma safhasına ulaşacaktır. Tubitak – MAM’ın raporunda yer alan bilgilere göre, sıg göl kapsamında yer alan Tuzla gölü’nün sularının bozulma süreci de bu şekilde gelişmiştir. Tuzla gölünde, denizle bağlantılı olduğu lagün gölü dönemlerinden bu yana yaklaşık 60 – 65 cm’lik bir sediman birikimi söz konusu olmuştur, zaten sıg bir göl olan Tuzla Gölü’nde aşırı makrofit birikiminin de etkisiyle hızlı bir bataklıklaşma süreci gelişmiş, sıg göl olarak değerlendirilen su kütlesi en son olarak sulak alan kapsamına alınmış ve sonunda suları tamamen çekilerek kurumuştur.

Denizle bağlantısı kesilen gölde son 14 yıl içerisinde 2 – 125 cm gibi yer yer değişen çamur çekelimi gözlenmiştir. Ortalama 65 cm olarak kabul edilen çamur kalınlığı, gölün son 14 yıl içerisinde yılda 5 cm hızla dolduğunu göstermektedir. Bu durum da gölde aşırı plankton üremesi ve dibe çökerek gölün dolması görüşünü çürütmektedir.

Standart Metodlar’a bakacak olursak, planktonik bir alg’in yaklaşık % 1 – 2 kuru ağırlığını Klorofil – a oluşturur. Geri kalan kuru ağırlık ise bize alg’in biyokütlesini verir. Buna göre, Tubitak – MAM tarafından 1992 – 1993 yılları arasında gölde gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen klorofil – a değerlerine göre hesaplanan fitoplankton biyokütle değerleri Çizelge 4.7., 4.8., 4.9., 4.10., 4.11., 4.12., 4.13., 4.14. ve 4.15.’de verilmiştir. Aşağıdaki fitoplankton biyokütle hesaplamaları, klorofil – a oranı % 1 olarak kabul edilerek hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Tuzla Gölü 8/10/1992 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsatasyon No | Klorofil – a<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( $\mu\text{g/l}$ ) |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1            | 1.6                                 | 160                                             |
| 2            | -                                   | -                                               |
| 3            | -                                   | -                                               |
| 4            | -                                   | -                                               |
| 5            | 2.5                                 | 250                                             |



Çizelge 4.8. Tuzla Gölü 18/11/1992 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 0.5                      | 50                                   |
| 2          | 1.2                      | 120                                  |
| 3          | 0.9                      | 90                                   |
| 4          | 1.2                      | 120                                  |
| 5          | 1.9                      | 190                                  |

Çizelge 4.9. Tuzla Gölü 6/4/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 0.3                      | 30                                   |
| 2          | 0.7                      | 70                                   |
| 3          | 0.6                      | 60                                   |
| 4          | 7.8                      | 780                                  |
| 5          | 7.4                      | 740                                  |

Çizelge 4.10. Tuzla Gölü 27/4/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 1.8                      | 180                                  |
| 2          | 1.3                      | 130                                  |
| 3          | 1.1                      | 110                                  |
| 4          | 0.7                      | 70                                   |
| 5          | 1.3                      | 130                                  |

Çizelge 4.11. Tuzla Gölü 24/5/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 2.0                      | 200                                  |
| 2          | 15.8                     | 1580                                 |
| 3          | 19.3                     | 1930                                 |
| 4          | 24.2                     | 2420                                 |
| 5          | 46.6                     | 4660                                 |

Çizelge 4.12. Tuzla Gölü 5/7/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 37.2                     | 3720                                 |
| 2          | 36.2                     | 3620                                 |
| 3          | 7.4                      | 740                                  |
| 4          | 30.5                     | 3050                                 |
| 5          | 11.6                     | 1160                                 |

Çizelge 4.13. Tuzla Gölü 13/10/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 8.3                      | 830                                  |
| 2          | 34.5                     | 3450                                 |
| 3          | 16.4                     | 1640                                 |
| 4          | 19.1                     | 1910                                 |
| 5          | 88.1                     | 8810                                 |

Çizelge 4.14. Tuzla Gölü 9/12/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 56.9                     | 5690                                 |
| 2          | 77.8                     | 7780                                 |
| 3          | 45.4                     | 4540                                 |
| 4          | 42.1                     | 4210                                 |
| 5          | 49.9                     | 4990                                 |

Çizelge 4.15. Tuzla Gölü 21/12/1993 Tarihli Klorofil – a ve Fitoplankton Biyokütle Değerleri

| İsasyon No | Klorofil – a<br>( µg/l ) | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1          | 33.6                     | 3360                                 |
| 2          | 64.2                     | 6420                                 |
| 3          | 32.2                     | 3220                                 |
| 4          | 27.1                     | 2710                                 |
| 5          | 31.2                     | 3120                                 |



Fitoplankton popülasyonunun bir göstergesi olan Klorofil – a değeri, meteorolojik koşullara, bölgesel farklılıklara ve zamana göre değişim gösterir. Özellikle de küçük ve sığ göllerde, rüzgar, sıcaklık ve buharlaşma gibi meteorolojik olayların etkisiyle, klorofil – a değerleri, farklı zamanlarda farklı sonuçlar verebilir. Tuzla gölündeki yoğun makrofit artışı, göl yüzeyinden güneş ışığı geçişini engellendiğinden dolayı, sonbahar ve ilkbahar aylarında, fitoplankton biyokütlesinde beklenen artış gerçekleşmemiştir.

Çizelge 4.16. Tuzla Gölü 8/10/1992 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Fitoplankton Çökelek<br>( $\text{kg/göl}$ ) |
|------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1          | 160                                             | 80                                          |
| 2          | -                                               | -                                           |
| 3          | -                                               | -                                           |
| 4          | -                                               | -                                           |
| 5          | 250                                             | 125                                         |

$V = 500.000 \text{ m}^3$

Çizelge 4.17. Tuzla Gölü 18/11/1992 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Fitoplankton Çökelek<br>( $\text{kg/göl}$ ) |
|------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1          | 50                                              | 25                                          |
| 2          | 120                                             | 60                                          |
| 3          | 90                                              | 45                                          |
| 4          | 120                                             | 60                                          |
| 5          | 190                                             | 95                                          |

$V = 500.000 \text{ m}^3$

Çizelge 4.18. Tuzla Gölü 6/4/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1          | 30                                   | 15                                 |
| 2          | 70                                   | 35                                 |
| 3          | 60                                   | 30                                 |
| 4          | 780                                  | 390                                |
| 5          | 740                                  | 370                                |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.19. Tuzla Gölü 27/4/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1          | 180                                  | 90                                 |
| 2          | 130                                  | 65                                 |
| 3          | 110                                  | 55                                 |
| 4          | 70                                   | 35                                 |
| 5          | 130                                  | 65                                 |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.20. Tuzla Gölü 24/5/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1          | 200                                  | 100                                |
| 2          | 1580                                 | 790                                |
| 3          | 1930                                 | 965                                |
| 4          | 2420                                 | 1210                               |
| 5          | 4660                                 | 2330                               |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.21. Tuzla Gölü 5/7/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsatasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1            | 3720                                 | 1860                               |
| 2            | 3620                                 | 1810                               |
| 3            | 740                                  | 370                                |
| 4            | 3050                                 | 1525                               |
| 5            | 1160                                 | 580                                |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.22. Tuzla Gölü 13/10/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsatasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1            | 830                                  | 415                                |
| 2            | 3450                                 | 1725                               |
| 3            | 1640                                 | 820                                |
| 4            | 1910                                 | 955                                |
| 5            | 8810                                 | 4405                               |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.23. Tuzla Gölü 9/12/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsatasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( µg/l ) | Fitoplankton Çökelek<br>( kg/göl ) |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1            | 5690                                 | 2845                               |
| 2            | 7780                                 | 3890                               |
| 3            | 4540                                 | 2270                               |
| 4            | 4210                                 | 2105                               |
| 5            | 4990                                 | 2495                               |

V = 500.000 m<sup>3</sup>

Çizelge 4.24.Tuzla Gölü 21/12/1993 Tarihli Tuzla Gölü Fitoplankton Çökelek Değerleri

| İsatasyon No | Fitoplankton Biyokütlesi<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Fitoplankton Çökelek<br>( $\text{kg/göl}$ ) |
|--------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1            | 3360                                            | 1680                                        |
| 2            | 6420                                            | 3210                                        |
| 3            | 3220                                            | 1610                                        |
| 4            | 2710                                            | 1355                                        |
| 5            | 3120                                            | 1560                                        |

$V = 500.000 \text{ m}^3$

## 5. TUZLA GÖLÜ'NÜN REHABİLİTASYONU

### Dip Çamurunun Taranması:

Zamanında menfezler yardımıya göle giriş yapan deniz suyu, göle boşalan aşırı kirli Umurbey deresi, çevredeki tarım alanlarından sızan gübre ve pestisitler, doğrudan göle akıtılan evsel ve endüstriyel atıksular, tersane atıkları gibi oldukça önemli etkenlerden dolayı, Tuzla gölü hızlı ve ağır bir kirliliğe maruz kalmıştır. Zaten sığ olan göl, yoğun su kütlesi ve aşırı alg biyokütlesinin de etkisi ile organik madde, ağır metal, askıda katı madde ve besi elementi gibi göl ekolojisi için zararlı maddelerin fazla yığılması sonucunda dolmuş ve göl dibinde 14 yıl içerisinde yaklaşık 65 cm'lik bir sediment birikimi gerçekleşmiştir. Bu birikim sonucunda sığ olan gölün derinliği daha da azalmış ve kuruma süreci hızlanmıştır.

Tuzla gölünün eski formuna kavuşabilmesi için öncelikle göl tabanında birikmiş olan bu çamur tabakasının taranması gerekmektedir. Tarama işlemi genellikle zahmetli, pahalı ve uygun ekipmanlar kullanılmadığı takdirde göl ekolojisi için zararlı olabilen bir yöntemdir. Fakat tabanda biriken ağır metal, fosfor ve azot gibi gölün yaşlanmasını hızlandıran maddelerin ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayan en etkili yöntemdir. Bu yüzden modern ekipmanlar ile göl taban çamurunun uzaklaştırılması gölün rehabilitasyonu için şarttır. Gölde taranan çamur tabakasının harfiyat döküm alanında uzaklaştırılması dışında, belli amaçlar doğrultusunda kullanılması da mümkündür. Bu çamur tabakası, park ve bahçelerde toprak olarak, tarım alanlarında meyva – sebze yetiştiriciliği için ve tuğla yapımı gibi çeşitli maksatlarla kullanılabilir.

Göl dibinden taranan ham çamurun tarım alanları ya da ormanda, meyva – sebze yetiştiriciliğinde kullanılması yasaktır. Fakat bu yasak, çamurun kullanılması ile hasat alınması arasında en az 3 aylık bir süre varsa ilgili kuruluşlarca kaldırılabilir.

Her altı ayda bir çamurdaki kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko gibi ağır metaller ile azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerinin tayinlerinin yapılması ve kullanılmadan önce Katı Atıkların Kullanımı Yönetmeliğinde verilmiş değerleri sağlaması gerekmektedir. Bu değerler Çizelge 5.1.'de verilmektedir.



Çizelge 5.1. Tarım Alanlarında Kullanılacak Çamurda Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal Muhtevaları ( mg/kg çamur kuru maddesi ) ( SKKY, 1988 )

| AĞIR METAL | SINIR DEĞER |
|------------|-------------|
| Kurşun     | 1200        |
| Kadmiyum   | 20          |
| Krom       | 1200        |
| Bakır      | 1200        |
| Nikel      | 200         |
| Civa       | 25          |
| Çinko      | 3000        |

### Su Seviyesinin Korunması:

Tuzla Gölü, 1970 yılı öncesinde denizle bağlantısı olan bir lagün gölüydü. Daha sonra bu bölgeye tersanelerin kurulması ile birlikte, göl kendini besleyen en önemli kaynaklarından birini kaybetti. 1970 yılından sonra gölün su ihtiyacı yağışlar, Umurbey deresi ve etkisi az da olsa yeraltı suları tarafından karşılandı. Yeraltı suları, biyolojik arıtma tesisine atıksu taşımak için yapılan derin tüneller öncesinde az da olsa gölü beslemekteydi. Fakat tünel yapımı sonrasında su seviyesi 2 – 3 m’den 6 – 8 m’ye düşmüş ve gölün yeraltı suları ile beslenmesi kesilmiştir. Umurbey deresi de, göle su taşıyan en önemli ikinci kaynak olmasının yanı sıra, göl ve havzasının da en büyük kirleticisi kaynağı durumundaydı. 1997 yılında Tuzla Belediyesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin işbirliği ile derenin ıslah çalışmaları başlatılmış, daha önceleri dereye boşaltılan evsel ve endüstriyel atıksuların Biyolojik Arıtma Tesisine yönlendirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede ıslah edilerek kirlilik yükü azaltılan derenin yönü değiştirilerek, Aydınlı Limanından denize verilmiştir. Bu şekilde ağır organik madde kirliliği ve besin maddesi artışına maruz kalan Tuzla Gölü’nün kurtarılması düşünülmüş fakat gölü besleyen en önemli kaynak da bu şekilde kesilmiştir. Kısacası göl tamamen kurumadan önce geriye gölü besleyen tek kaynak olarak yağışlar kalmıştır. Fakat son yıllarda yağışların azalması, küresel ısınma, sıcaklık artışı ve rüzgar şiddetine bağlı olarak buharlaşmanın artması, son olarak da yağmur toplama kanallarının göle boşalmaması gibi çeşitli nedenlerden dolayı, önce bataklık haline dönen göl, Haziran 2001’de tamamen kurumuştur. Kurumanın ardından, göl iyileştirme çalışmalarına başlayan Tuzla Belediyesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi 25 m uzunluğunda, 1 m çapında 2 menfezle göl – deniz

bağlantısını kurmuşlardır. Bu sayede Haziran 2002’de yeniden canlanan ve eski formuna kavuşmaya başlayan Tuzla Gölü, yaklaşık 5 ay içinde yeniden kurumuştur.

Gölün tekrar kurummasının sebepleri arasında, gölü besleyen deniz dışında hiçbir yüzeysel kaynağının olmaması, yağış girişlerinin azalması, yeraltısuyu bağlantısının kesilmiş olması, göle farklı kaynaklardan kontrollü olarak su beslemesinin yapılmaması ve belki de en önemli sebep olarak göldeki biyolojik yaşamı ve gölün sulak alan olarak kullanımını sürekli kılacak kalite izleme çalışmalarının gerçekleştirilmemiş olması gösterilebilir. Gölün tekrar eski formuna kavuşabilmesi için yapılması gerekenler 6.1.’de, göl hayata dönmeye başladıktan sonra yapılması gereken restorasyon çalışmaları ise 6.2.’de daha detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Tuzla gölü’nün yeniden canlandırılabilmesi için, göldeki mevcut menfezlerin temizlenerek tekrardan açılmasının dışında balık geçişlerine olanak verecek genişlikte yeni menfezlerin kurulması da gerekmektedir. Bunların dışında yapılması gereken bir diğer önemli işlem ise, belli aralıklarla Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi’nden göle su beslemesi yapmaktır. Fakat bu besleme işlemini yaparken, göl’e giren suların alıcı ortam deşarj standartlarına uygun değerlere sahip olmasına dikkat etmek gerekmektedir.

Göl gibi, durgun alıcı su ortamlarında kirliliğin önlenebilmesi için yapılması gerekenler;

Kanalizasyon sistemleri bulunmayan yerlerde, atıksularını doğrudan alıcı ortama deşarj etmek zorunda kalan endüstri kuruluşları özel ya da ortak arıtma tesislerinde atıksularını arıttıktan sonra, arıtılmış suyu alıcı ortama vermelidirler.

Deşarj standartlarını sağlamak amacıyla atıksularını yağmur suları, soğutma suları ve az kirli yıkama suları ile seyrelterek alıcı ortama vermeye çalışan kuruluşlara izin verilmemelidir.

Katı atık, arıtma çamurları ve foseptik çamurlarının alıcı ortamlara boşaltılması kesinlikle yasaklanmalıdır.

Atıksuları tehlikeli ve zararlı maddeler içeren endüstri kuruluşları, atıksularını alıcı ortama deşarj etmeden önce sularının “Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği”ndeki öngörülen şartları ve sınır değerleri sağlayıp sağlamadığını kontrol etmelidirler.

Gölün su seviyesini sabit tutmak amacıyla, göle Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisinden beslemesi yapılacak evsel atıksuların, ortama verilmeden önce sağlaması gereken değerler Çizelge 5.2.'de verilmektedir.

**Çizelge 5.2. Evsel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları**  
( Kirlilik Yükü Ham BOİ Olarak 600 kg/gün'den büyük, Nüfus >10000 )

| PARAMETRELER  | Kompozit Numune ( 2 saat ) | Kompozit Numune ( 24 saat ) |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| BOİ5 ( mg/l ) | 50                         | 48                          |
| KOİ ( mg/l )  | 140                        | 150                         |
| AKM ( mg/l )  | 45                         | 30                          |
| pH            | 6 – 9                      | 6 – 9                       |

#### **Göl Çevresi Koruma Planlamasının Yapılması:**

Gerek doğal bitki örtüsü, gerekse peyzaj değerleri açısından oldukça zengin bir yapıya sahip olan Tuzla Gölü ve çevresi, bugün hala gözde sayfiye alanlarından birisidir. Özellikle gölün kuzeybatı kesiminde bulunan 1. derecede doğal sit alanı ilan edilen Sakız Adası, zengin bitki örtüsü ile göz doldurmaktadır.

Sakız Adası, sadece anıtsal sakız ağaçları ile değil aynı zamanda göl kıyısındaki yoğun sazlıkları, ak kavak, salkım söğüt, incir ağaçları ve böğürtlenleri ile de bitki örtüsü açısından oldukça zengindir. Bu özelliği ile Sakız Adası ve çevresi piknik yapmak ve dinlenmek için ideal bir alandır.

1970'lerden sonra patlak veren nüfus artışı, buna bağlı olarak insan ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla hızlı ve düzensiz bir kentleşme ve sanayileşmenin olumsuz etkilerine maruz kalan İstanbul'a yaklaşık 50 km gibi kısa bir mesafede bulunan Tuzla gölü ve çevresini koruma altına almak önemlidir. Günümüzde görmeye ihtiyaç duyduğumuz bu tip doğal güzelliklerimizin daha iyi değerlendirilebilmesi, haftasonları ve tatillerde şehir hayatından biraz olsun uzaklaşmak isteyen insanların dinlenmek ve eğlenmek amacıyla gelebilecekleri bir rekreasyon bölgesi haline getirilmesi gerekmektedir.

Kuşlara ve diğer canlılara doğal yaşama ortamı sağlamanın dışında, şehir hayatının hızından, kirliliğinden ve gürültüsünden kurtulmak isteyen insanların gelebilecekleri bir sayfiye yeri

haline getirilmesi amacıyla, göl çevresinde yeşil kuşak oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda bu yeşil alanlarda insanların dinlenip eğlenebilmeleri amacıyla kır kahveleri, küçük restoran ya da büfe tarzı işletmeler, banklar, piknik alanları da kurulabilir.

Göl ve çevresindeki yeşil kuşağın değerlendirilebilmesi ve korunması amacıyla sadece belediyelerden bir faaliyet beklemek yanlıştır. Belediyeler dışında bazı yerel kuruluşlar, doğal hayatı koruma dernekleri ve üniversiteler de işbirliği yapmalı, koordineli bir şekilde çalışılarak göl ve çevresinin koruma planı hazırlanmalıdır. Bu plan hazırlanıp, uygulamaya konduktan sonra ise, bölgenin korunmasının sürekli olabilmesi için sık sık kalite izleme çalışmaları yapılmalıdır.

#### **Gölün Sulak Alan Olarak Korunması:**

Kendilerini yenileyebilme, ortamın karbondioksitini tüketip oksijen üretebilme, organik madde, AKM, besi maddeleri, toksik maddeleri, ağır metalleri ve biyolojik unsurları giderebilme özelliklerinden dolayı sulak alanlar yüzyıllardır atıksu arıtımında başarı ile kullanılmaktadırlar

Biyolojik olarak korunması gereken sulak alanların özelliklerinin belirtildiği Ramsar Sözleşmesinde yer alan kriterlerin çoğuna sahip olan Tuzla gölü de kurumadan önce sulak alan kapsamına girmekteydi. Tuzla gölü, sadece kuşlar için doğal bir barınak olmakla kalmaz, ayrıca balıklara, yüksek yapılı su bitkilerine, zooplanktonlara, su yılanları ve su kaplumbağları gibi su canlılarına doğal yaşama ortamı sağlamaktadır.

Türkiye, 413 kuş türüne konaklık eden, Asya, Avrupa ve Afrika arasında önemli konuma sahip bir geçit ülkesidir. Tuzla gölü ise, en son 1998’de yapılan gözlemlere göre tek başına 36 kuş türüne konaklık etmekteydi. Bu sayıyı Türkiye geneli ile kıyaslayacak olursak, Tuzla gölünün kuşlara barınma olanağı sağlama görevinde önemli bir konuma sahip olduğu açıkça görülmektedir.

Tuzla gölü’nün kurumadan önce sulak alan kuşları dışında, birçok ekonomik balık türüne de ev sahipliği yaptığı bilinmektedir. Göl sulak alan olarak tekrar canlandırıldıktan sonra, deniz’den göl’e ya da göl’den deniz’e göç eden balıkların geçişlerine izin verecek çapta menfezler kurularak, göle balık girişleri sağlanmalıdır. Göl rehabilite edildikten sonra, gölde doğal balıkçılık yapılabileceği gibi, denizin kıyıya yakın sularına, göl ve ırmak ağzlarına kurulacak olan dalyanlar ile dalyan balıkçılığı da yapılabilir. Dalyan balıkçılığı, av yasağının



olduğu dönemlerde yapılabildiği için, kısa sürede karlı olabilen bir avcılık metodudur. Tuzla gölü - Marmara denizi geçiş bölgesine kurulacak dalyanlar sayesinde avlanan ekonomik değeri yüksek olan balıklar, işlenerek ya da işlenmeden satılarak, balıkçılıkla geçinen yöre halkının bütçesine katkıda bulunur.

Tuzla gölü'nü yeniden sulakalan formuna kavuşturabilmek amacıyla, göl – deniz bağlantısının kurulması dışında, göle Tuzla Biyolojik Arıtım Tesisinden alıcı ortam standartlarını sağlayacak değerlerde arıtılmış evsel atıksu girişi sağlanmalıdır. Bu su girişi, sık ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Göle verilmesi planlanan evsel arıtılmış atıksuların alıcı ortam deşarj standartları Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Göle yeterli su girdisi sağlandıktan ve bu su seviyesi korunduktan sonra, ortama özel sulakalan bitkilerinin ekimi yapılmalıdır.

Sulakalan bitkileri su mercimeğinden ( *Lemnaceae sp.* ), su sümbülüne ( *Potamogetonaceae sp.* ), büyük su kamışına ( *Typha latifolia* ), kamışa ( *Phragmites australis* ) ve ayakotuna ( *Carex sp.* ) kadar geniş bir aralığa sahiptir. Bu bitkilerin hepsinin sulakalan sistemine farklı faydaları söz konusudur. Bu faydaların başında, besi maddelerinin giderimi gelmektedir. Bu değerler Çizelge 5.3., 5.4. ve 5.5.'de verilmektedir.

Çizelge 5.3. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi Elementi Giderim Potansiyelleri

| TÜRLER                             | BİYOKÜTLE                      |                      |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
|                                    | Depolanmış Biyokütle ( kg/ha ) | Büyüme ( kg/ha/yıl ) |
| <i>Typha sp.</i>                   | 4300 – 22500                   | 8000 – 61000         |
| <i>Juncus sp.</i>                  | 22000                          | 53300                |
| <i>Scirpus sp.</i>                 | 6000                           | 7130                 |
| <i>Phragmites sp.</i>              | 6000 – 35000                   | 10000 – 60000        |
| <i>Eichhornia crassipes</i>        | 20000 – 24000                  | 60000 – 110000       |
| <i>Pistia stratiotes</i>           | 6000 – 10500                   | 50000 – 80000        |
| <i>Hydrocotyle sp.</i>             | 7000 – 11000                   | 30000 – 60000        |
| <i>Alternanthera philoxeroides</i> | 18000                          | 78000                |
| <i>Lemna minor</i>                 | 1300                           | 6000 – 26000         |
| <i>Salvinia sp.</i>                | 2400 – 3200                    | 9000 – 45000         |



Çizelge 5.4. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi  
Elementi Giderim Potansiyelleri

| TÜRLER                             | AZOT                      |                          |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                    | Depolanmış Azot ( kg/ha ) | Giren Azot ( kg/ha/yıl ) |
| <i>Typha sp.</i>                   | 250 – 1560                | 600 – 2630               |
| <i>Juncus sp.</i>                  | 200 – 300                 | 800                      |
| <i>Scirpus sp.</i>                 | 175 – 530                 | 125                      |
| <i>Phragmites sp.</i>              | 140 – 430                 | 225                      |
| <i>Eichhornia crassipes</i>        | 300 – 900                 | 1950 – 5850              |
| <i>Pistia stratiotes</i>           | 90 – 250                  | 1350 – 5110              |
| <i>Hydrocotyle sp.</i>             | 90 – 300                  | 540 – 3200               |
| <i>Alternanthera philoxeroides</i> | 240 – 425                 | 1400 – 4500              |
| <i>Lemna minor</i>                 | 4 – 50                    | 350 – 1200               |
| <i>Salvinia sp.</i>                | 15 – 90                   | 350 – 1700               |

Çizelge 5.5. Sulakalan Arıtım Sistemlerinde Kullanılan Sulakalan Bitki Türlerinin Besi  
Elementi Giderim Potansiyelleri

| TÜRLER                             | FOSFOR                      |                            |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                                    | Depolanmış Fosfor ( kg/ha ) | Giren Fosfor ( kg/ha/yıl ) |
| <i>Typha sp.</i>                   | 45 – 375                    | 75 – 403                   |
| <i>Juncus sp.</i>                  | 40                          | 110                        |
| <i>Scirpus sp.</i>                 | 40 – 110                    | 18                         |
| <i>Phragmites sp.</i>              | 14 – 53                     | 35                         |
| <i>Eichhornia crassipes</i>        | 60 – 180                    | 350 – 1125                 |
| <i>Pistia stratiotes</i>           | 20 – 57                     | 300 – 1100                 |
| <i>Hydrocotyle sp.</i>             | 23 – 75                     | 130 – 770                  |
| <i>Alternanthera philoxeroides</i> | 30 – 53                     | 175 – 570                  |
| <i>Lemna minor</i>                 | 1 – 16                      | 116 – 400                  |
| <i>Salvinia sp.</i>                | 4 – 24                      | 92 – 450                   |

Yukarıdaki çizelgelerde verilen makrofit türleri ile, sulakalan sistemlerinde evsel atıksuların arıtılmasında oldukça yüksek verim elde edilmiştir. Su sümbülü ( *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotis*, *Hydrocotyle sp.* ) ve su mercimeği ( *Lemna minor*, *spirodela sp.* ) türleri, sulakalan sistemlerinde en yaygın kullanıma sahip bitkilerdir. Bunlar dışında, sığ sulakalanların en yaygın bitki türleri saz otu ( *Scirpus lacustris* ) ve kamış ( *Phragmites sp.* )'dır ( Kadlec ve Knight, 1996 ).

Bu bitkiler, sadece atıksulardaki azot ve fosforunun gideriminde değil, aynı zamanda belli aralıklarla gerçekleştirilecek hasatlar sonucunda sulakalan ürünleri elde etmede de kullanılırlar. Bunun en büyük örneği, 1997 yılında Kızılırmak Delta'sında gerçekleştirilen bir çalışma sonucunda, delta sulakalanlarından elde edilen Çiğ kamış ( *Phragmites australis* ), Babur sazı ( *Typha augustifolia* ) ve kamış ( *Scirpus validus* ) gibi bitkilerin hasadıdır. Bu bölgede yaşayan halkın, bitkilerin hasadı sonucunda elde ettikleri ürünlerle, sepet, çanta, hasır, süs eşyası yaparak, ya da hasat ettikten sonra herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan satarak, ülke ekonomisine büyük katkıda bulundukları kaydedilmiştir.

Sulakalanlar, sadece yüksek yapılı su bitkileri ile değil aynı zamanda su içinde yaşayan balıkları, omurgasızları ve kabukluları ile de oldukça zengin bir yapı sergilerler. Bu canlılar da, aynı su bitkileri gibi belli periyodlarda avlanıp, işlenerek ya da işlenmeden satılarak hem ülke ekonomisine katkıda bulunur, hem de sulakalan yakınında yaşayan halkın geçimine yardımcı olurlar.

Tuzla gölü'nde eskiden gerçekleştirilen çalışmaların sonuçlarına bakılacak olursa, göl kurumadan yıllar önce kefal, levrek, pisi, barbunya, yılan balığı gibi ekonomik değeri yüksek balıklar ve karides gibi değerli omurgasızlar açısından oldukça zengin bir ortamdı. Bu ortamın yeniden canlandırılması halinde sadece ekolojik açıdan değil, ekonomik açıdan da kazançlı çıkılacağı kesindir.

## 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 6.1. Değerlendirme

Tuzla Gölündeki mevcut durum geçmiş ile mukayese edildiğinde kuruma nedenleri ve gerçekleştirilmesi gerekli restorasyon çalışmaları olarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

1. Gölün taban kotu deniz seviyesinden yukarıdadır. Bu nedenle gölün iyileştirilmesi için gölden çamur taraması ve daha sonra da denizle bir bağlantı kurulması ,
2. Bölgedeki yağmur suyu toplama kanallarının vakit geçirilmeden göle yönlendirilmesi,
3. Çevredeki artezyen ile su çekimlerinin kontrol altına alınarak, yeraltı su akiferlerinin tekrar göle girişinin sağlanması,
4. Gölün buharlaşma ve yağış rejimlerine uygun olarak ihtiyaç duyduğu su girişinin sağlanması,
5. Göl çevresinde kaçak olarak yapılan harfiyat, çöp ve tersane atıklarının dökümünün kontrol altına alınarak engellenmesi,
6. Gölün eski doğal haline dönebilmesi amacıyla, göl ve denizin irtibatını engelleyen dolgu yolun irtibatı sağlayacak hale getirilmesi,
7. Gölden su çekilmemesi ve göl yakınındaki beton boru fabrikasının çimentolu – yağlı – ziftli atıksuyunun göle verilmemesi,
8. Tekrar kuruma tehlikesi ile karşı karşıya kalabilecek olan gölün derinliğinin 1 metre civarında kalmasının sağlanması amacıyla, arıtılmış suyun kalitesi uygun olduğu zaman bu seviyeyi sağlamak için İSKİ'nin biyolojik arıtma tesisinden göle arıtılmış su takviyesi yapılması,
9. Lodoslu havalarda denizin gölü besleyebilmesi için güneydeki seddeye geniş bir menfez yapılması,
10. Gölün etrafında bir kuşaklama kollektörü yapılarak yüzeysel suların göle girmeden uzaklaştırılması,

11. Göl çevresine yeşil kuşak oluşturularak hem kuşlara yaşama ortamı sağlanması, hem de göl ve çevresine katı atıkların kaçak dökümlerinin önüne geçilmesi,
12. Mercan Senti evsel kanalizasyon atıklarının göl yakınından denize boşaltımının engellenmesi ve başka bir noktadan deşarj edilmesi,
13. Gölde eskiden yaşadığı bilinen ekonomik değeri yüksek balıkların tekrar göle giriş yapabilmeleri için, uygun genişlikte menfezler inşaa edilmesi ve göl içine geçen balıkların rahat hareket edebilmeleri için dipte bulunan sazların bir kısmının temizlenmesi,
14. Umurbey ( Tuzla ) deresinin hızla ıslah edilerek, söz konusu derenin eskiden olduğu gibi göle bağlanması,
15. Göl, havzasından aldığı besin maddesi yüksek sularla turbalaşmaya, kirli sularla da kirlenmeye yönelmiştir. Bu nedenle Umurbey Deresi taşkınlarının göle girmesinin engellenmesi,
16. Gölün havzasında yeni fabrika yapılmasının önlenmesi, mevcut olanların ise çevreyi kirletmemeleri için tüm önlemlerin aldırılması,
17. Göldeki biyolojik yaşamı ve sulak alan olarak kullanılmasını sürekli kılmak için kalite izleme çalışmalarının yapılması ile gölün tekrar eski haline dönmesinin hızlandırılması,
18. Aynı zamanda göle kontrollü olarak su beslemesi yapılması gibi çeşitli yöntemler ile göl tekrar eski haline gelebilir. Bunun içinde arıtılmış atıksular ve düzenli su akışı sağlayan derelerin göle ulaşımı sağlanabilir.

## 6.2. İyileştirme ( Restorasyon ) Yöntemleri

Tuzla Gölü'nün kademeli olarak iyileştirilebilmesi amacıyla, öncelikle gelişmiş bir tarak sistemiyle makrofitler, yaz ayları gibi aşırı üreme mevsimlerinde belli aralıklarla toplanıp ( hasat ) göl dışına taşınmalıdır. Daha sonra kuşların barınakları olan sazlık alanlar koruma altına alındıktan sonra, göl tabanındaki sedimentin alınması, gölün iyileştirilebilmesi için zorunlu görülmektedir. Bu işlemler tam olarak gerçekleştirildikten sonra, geniş menfezler yardımı ile göl – deniz bağlantısı yeniden sağlanmalıdır. Göl su bütçesini belli bir seviyede tutabilmek için göle belli aralıklarla Tuzla Biyolojik Arıtım Tesisinden arıtılmış su beslemesi yapılmalıdır. Bu işlemlerin dışında, yağmur toplama kanallarının yeniden göle yönlendirilmesi ve bir zamanlar gölü besleyen Umurbey Deresi'nin ıslah edildikten sonra yeniden göle bağlanması ile gölün restorasyon işlemi daha da hızlandırılabilir. Tuzla gölünün, su besleme işlemi tamamlandıktan sonra, gölün yeniden kirlenip ötrofikasyona uğramasını önlemek amacı ile aşağıdaki işlemlerin uygulanması faydalı olacaktır.

### A ) Göl İçi Çözümler:

- *Göl içi fosfor miktarının çöktürülmesi* : Kısa süreli iyileşme sağlayan bir yöntem olup, göl suyunda biriken fosfor miktarını azaltmak için suya alüminyum veya demir tuzu atarak fosforun dibe çöktürülmesidir. Göle fosfor girişi önlenemedikçe, bu yöntem kalıcı bir çözüm üretmez.
- *Göl taban suyunun havalandırılması* : Taban suyunun oksijenlenmesiyle besin tuzu ve metan gibi gazların çıkışını engellemek için yapılır. Havzadan göle fosfor girdisi sürdükçe işlem yenilenir. Uzun vadede kalıcı bir çözüm sağlamayan bu işlem, oldukça da pahalı olduğundan tercih edilmez.
- *Dip çamurunun uzaklaştırılması* : Çok pahalı bir yöntem olan bu işlem, genellikle Tuzla Gölü gibi sığ göllere uygulanmaktadır. Yüzey dip çamuru uzaklaştırıldıktan sonra bile alt tabakalardaki fosfor salınımı devam ettiğinden, tercih edilmez. Ayrıca çamur uzaklaştırılması esnasında, sualtı bitki tohumları ve birçok canlı yumurtası da ortamdan uzaklaştırıldığından ekolojik koruma amacına da ters düşen bir yöntemdir.
- *Riplox Yöntemi*: Göl tabanına nitrat eklenip oksijenleştirilerek, tabandaki demir  $Fe^{3+}$ 'e yükseltgenir. Bu da tabandan fosfor salınımını engeller çünkü ferrik demir iyonu, fosforla bağ yaparak fosforu dip çamurunda tutar.



- *Fly Ash*: Kolay bulunabilmeleri ve ucuz olmaları nedeniyle tercih edilen bu madde, içindeki kireç ve alüminyum sülfat sayesinde fosfat çıkışını engeller. Sediman üzerinde kimyasal ve fiziksel etkileri vardır.
- *Makrofitlerin Toplanması ( Harvesting )*: Sığ ve küçük göllerde, fitoplanktonların yoğun olduğu dönemlerde hasat işleminin gerçekleştirilmesi daha uygundur. Bu işlem özellikle sedimanın temizlenmesinden sonra uygulanırsa, göllerin tabanının derinleşmesine yardımcı olurlar.

## B ) Bütünsel Çözümler :

- *Tampon bölge oluşturulması ve korunması* : Ekolojik açıdan göl suyu kalitesini korumayı amaçlayan akıllı bir yöntem olup, göle su taşıyan dere ve nehirlerin doğal bitki örtüsünün ( taşkın bölgelerdeki sulak alanların ) korunmasıyla azot ve fosforun uzaklaştırılmasını sağlar.
- *Nokta kaynakların uzaklaştırılması* : Göle doğrudan veya göle su taşıyan derelere yapılan atıksu deşarjının ( fosfor ağırlıklı ), göle ulaşmasının engellenmesidir. Atıksu, göl ayağına yapılacak bir bypass'la ucunda göl olmayan bir herhangi bir nehir sistemine ya da denize akıtılabilir.
- *Su kaynaklarında fosfor çöktürülmesi* : İkincil arıtma işleminden geçirilmiş suya demir, kalsiyum hidroksil veya alüminyum sülfat koyarak sudaki fosforun çöktürülmesi işlemidir.
- *Fosfor içermeyen deterjan kullanımının desteklenmesi* : Yüzeysularında ölçülen fosforun % 50'si deterjan kaynaklıdır. 80'li yıllarda Avrupa Topluluğu ülkelerindeki deterjanlarda fosfor kullanımının yasaklanmasıyla yüzey sularına bu kaynakla ulaşan fosfor miktarı % 20'ye düşürülmüştür.
- *Biyomanipulasyon* : Bir ekosistemdeki biyolojik toplulukların veya bozulan besin ağı ilişkilerinin ayarlanması işlemidir. Aşırı azot ve fosfor girişi sonucunda artan otçul balıklar ekosistemde zooplanktonu azaltarak, göl suyunda ötrofikasyona neden olan fitoplanktonların artmasına neden olur. Ayrıca bu otçul balıklar dip çamurundan beslendiklerinden çamuru karıştırarak suyu bulandırır ve ışık geçirgenliğinin iyice azalmasına neden olurlar. Azalan ışık geçirgenliğinin sonucu sualtı bitkileri yok olur.

Azalan ışık geçirgenliğini arttırmak ve yok olan sualtı bitkilerini geri kazanmak için biyomanipulasyon iki yolla gerçekleştirilebilir ( Beklioğlu, 2000 ):

1. *Otçul balık çıkarılması* : Otçul balıkların biyokütlelerini azaltarak, göl içi ışık geçirgenliği ve sualtı bitki yayılımı yeniden artırılır. Genelde otçul balıkların biyokütlelerinin % 75'inin çıkartılması ile göl suyundaki fosfor da yaklaşık 100 mikrogram / lt düzeylerine iner ve kalıcı bir iyileşme sağlanmış olur.
2. *Etçil balık eklenmesi* : Ekosistemde azalan etçil balık stoğunun artırılması hedeflenir. Bu balıklar otçul balıkları denetleyerek fitoplankton üremesini engellerler. Böylece ışık geçirgenliği de artırılmış olur. Bu iki yöntemde birbirine alternatif olarak değil birlikte uygulandıkları takdirde göl içi iyileşmeye faydalı olurlar .

### 6.3. Sonuç

Türkiye, birçok ülkeye kıyasla tatlı su kaynakları bakımından zengin sayılabilecek bir ülkedir. Fakat tüm dünya genelinde olduğu gibi ülkemiz genelinde de tüketim, nüfus ve altyapı yetersizliğine paralel olarak çevre kirliliği artmış ve göller başta olmak üzere tüm yüzey suları bu kirlenmeden nasibini almıştır. Yaklaşık 20 – 25 yıldır göllerimiz ve sulak alanlarımız, doğal yapıları nedeniyle alıcı ortam olarak nitelendirilmektedirler. Bu şekilde kullanılmalarının sebebi ya yakınlarda atıksu deşarjının yapılabileceği nehir veya akarsu gibi alıcı bir sisteminin bulunmaması, ya da arıtma sistemi kurulmasından daha kolay ve ucuz bir yöntem olmasından kaynaklanmaktadır.

Kısacası bir içsular cenneti olan ülkemiz, hızlı kentleşme ve endüstriyel gelişmeler sonucunda, hızlı bir bozulma tehdidi altına girmiştir. Göllerimizin ekosistemlerinin hızla bozulması sonucunda karşılaşılan sorunlar, belki de ülkemizin en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır.

1970 yılından sonra Tuzla ilçesinde başlayan hızlı sanayileşmenin bir sonucu olarak, ilçede nüfus birden 5 kat artmıştır. Bölgede sanayileşmenin önem kazanması ile birlikte, hızlı, plansız ve kontrolsüz büyüme çarpık kentleşmeye neden olmuş ve halen devam eden gecekondulaşma ilçenin genel peyzajında ciddi bir bozulma meydana getirmiştir.

Hızlı ve kontrolsüz kentleşme ile birlikte, bölgedeki işletmelerin çoğunda arıtım sistemleri bulunmamasından ve bölgedeki altyapının yetersiz kalmasından dolayı, konutların ve endüstriyel kuruluşların en yakında bulunan alıcı ortam olarak Tuzla gölü ve Umurbey deresi'ne atıksularını deşarj etmeleri nedeniyle, bu su kaynakları da 20 yıl içinde hızlı kirlenmeden nasiplerini almışlardır.

Kısa bir süre önce 1 hafta içinde aniden suları çekilen, ülkemizin sayılı kuş barınaklarından biri olan Tuzla Gölü'nün durumu da bu sorunun en iyi göstergesidir. Yakın zamana kadar içme suyu yatağı olarak kullanılan, birçok balığa ve kuşa barınak olan bu göl, kirlilik, iklim şartlarının bozulması, düzensiz kentleşme, bilinçsiz sanayileşme, arazi kazanımı amacıyla doldurma ve belkide en önemlisi ilgisizliğin beraberinde getirdiği sorunlardan nasibini almış, 2001 Haziran'ında 1 hafta içinde tüm suları çekilmiştir.

Tuzla Balık Gölü'nün günümüzde hiç değilse, balık ve kuşlara doğal barınak olarak korunması gerekmektedir. Bunun içinde öncelikle göl havzasındaki düzensiz kentleşmeye bir dur denilmesi ve çevredeki sanayi tesislerinin ve konutların atıksularını bu göle deşarj etmelerinin önlenmesi gerekmektedir.

Tuzla Belediyesi ve Büyükşehir Belediyesi'nin ortaklaşa yürüttükleri rastorasyon çalışmaları kapsamında denizle bağlantısı tekrardan kurulan göl bir süreliğine yeniden dolmuştur. Mayıs 2002 sonunda gölde yapılmış olan gözlemler sonucunda, gölün hemen hemen eski formuna kavuşmuş olduğu ve birçok kuş türünün de tekrar bu alanda barınmaya başladıkları tespit edilmiştir. Fakat gölde su seviyesinin korunması için herhangi başka bir çalışmanın yapılmamasından, göle yeni su girişleri sağlanmadığından dolayı, buharlaşma ve yağış yetersizliğinin de etkisiyle göl, Ekim 2002'de yeniden kurumuştur.

Gölle ilgili bugüne kadar yapılmış elimizdeki tüm araştırmalara göre, 1990'lı yıllarda 1.5 m derinliğinde olan Tuzla Gölü bugün 20-40 cm derinliğine kadar düşmüştür, gölün yeniden eski formuna kavuşabilmesi için göl tabanında birikmiş olan toprağın kazınarak, taban kotu deniz seviyesinden yukarıda olan gölün derinliğinin yaklaşık 2 m'ye yükseltilmesi ve denizle irtibatının sağlanması gerekmektedir. Gölde son 14 yıl içerisinde yaklaşık 60 – 65 cm'lik bir

çamur birikimi söz konusudur. Gölün eski formuna kavuşabilmesi için öncelikle tabanda birikmiş olan çamurun taranması gerekmektedir. Ocak 2002’de Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanan raporda, göl dip çamurundaki ortalama kadmiyum konsantrasyonunun çok yüksek olmasından dolayı tarama yapılmasının sakıncalı olacağı görüşü üzerinde durulmuştur. Bu rapora göre, gölde su varken dip çamurunun alınması halinde çökelmiş olan kadmiyumun sudaki konsantrasyonu artar. Bu durum göldeki canlıları olumsuz yönde etkilemenin yanı sıra, insan sağlığına yansması da önlenemeyeceğinden, taramanın gölde su varken yapılması işlemi sakıncalı görülmüştür. Yine aynı raporda, gölde minimum seviyede su bulunsa bile yapılacak olan temizleme işlemi ekolojik olarak risk oluşturabilir. Tarama işlemi esnasında, kadmiyum başta olmak üzere göl dibinde birikmiş olan diğer ağır metaller göl suyuna karışabilecek ve göldeki mevcut canlı yaşamını olumsuz etkileyebileceklerdir. Bu nedenle, konunun detaylı bir bilimsel çalışma ile araştırılmasının uygun olacağı kararına varılmıştır.

Aynı zamanda Tuzla Arıtma tesisinden göl su seviyesini koruyacak debide ve alıcı ortam standartlarını sağlayacak değerlerdeki arıtılmış suyun verilmesiyle de gölün eski formuna kavuşması sağlanabilir. Bunların dışında Tuzla Gölü’nün tek yüzeysel tatlı su kaynağı olan Umurbey Deresinin ıslah edilerek tekrar göle yönlendirilmesi ve göl çevresindeki yağmur suyu toplama kanallarının göle bağlanması ile Tuzla Gölü’nün yakın bir gelecekte tekrar hayat kazanması sağlanabilir.

Göllerin restorasyon işlemleri oldukça pahalı ve zahmetlidir. Tuzla gölü’nün de temizlenmesi aynı şekilde oldukça zahmetli ve pahalı bir süreç gerektirmektedir. Öncelikle gölün taban kotu’nun deniz seviyesinin altına çekilmesi için çamur taraması işlemi gerçekleştirilmelidir ki, bu işlem oldukça pahalıdır. Daha sonra göl – deniz arası bağlantıyı sağlayan menfezlerin temizlenip, açılması ve daha geniş yeni menfezlerin kurulması zahmetli bir işlemdir. Bunlar dışında gölün tek tatlı su kaynağı olan Umurbey Deresi’nin tamamen ıslah edilip, tekrar göle yönlendirilme işlemi vardır. Yapılacaklar bununla da bitmez, esas sorun göl yeniden canlanmaya başladıktan sonra başlar. Gölün su seviyesini korumak, ötrofikasyonu önlemek, göl alanının doldurulmasını, gölden su çekimlerinin önüne geçebilmek için göl, sıkı bir koruma altına alınmalı ve gölde kalite izleme çalışmaları yapılmalıdır. Gölü iyileştirebilmek için yapmamız gereken bu işlemlerin tümüne baktığımızda, gölün şu anda olduğu halde bırakılması daha mantıklı gelmektedir. Fakat geniş vadede düşündüğümüz zaman, Tuzla gölü, 36 kuş türü gibi oldukça fazla sayıda kuş türüne barınaklık yapmanın yanı sıra, balık, kabuklu, omurgasız, zooplankton ve yüksek yapılı bitkiler gibi zengin bir canlı topluluğuna ev sahipliği yapan önemli bir ekolojik alandır. Ekolojik açıdan yararlarının yanı sıra, doğru ve

kontrollü kullanımı halinde ekonomik yararları da gözardı edilemeyecek bir ortamdır. Bölüm 5’de de saydığımız gibi, gölde yetişen yetiştirilen yüksek yapılı bitkilerin ve balıkların ülke ve yöre halkının ekonomisine katkıları dikkate değer olabilir. Bunların dışında göl çevresinde oluşturulacak yeşil kuşak, çevre peyzajını güzelleştirmenin yanısıra daha çok kuş türüne barınaklık yapabilir. Aynı zamanda bu yeşil alanda kır kahveleri, küçük restoran ve büfe tarzı işletmeler kurulması desteklenerek, yöre halkına yeni iş olanakları sağlanmış olur. Son olarak, Tuzla gölü ve çevresinin restore edilmesiyle birlikte, Tuzla’ya 50 km gibi yakın bir mesafede bulunan İstanbul halkının, metropoliten hayatın hızından, grültüsünden uzaklaşmak, dinlenmek ve hoş vakit geçirmek amacıyla en azından haftasonları uğrayabilecekleri gözde bir sayfiye alanı elde edilmiş olur.





**KAYNAKLAR**

- Akben, F. ve Sungur, N., ( 1993 ), “Su Kirlenmesi”, Çevre ve İnsan, Gün Yayıncılık, Ankara.
- Akkoyunlu,A., .( 2002 ), “ Water Quality Assessment of Ömerli Dam Reservoir ( İstanbul, Turkey )”, Fresenius Environmental Bulletin, Vol.II, No.4, pp. 208-217.
- Akkoyunlu, A. ve İleri, R. ( 2003 ), “ Evaluation of Eutrophication Process in Lake Sapanca ( Sakarya, Turkey )”, İnternational Journal of Environmental Pollution, Vol. 19, No.4.
- Akkoyunlu, A., ( 2003 ), “ Evaluation of Eutrophication Process in Lake İznik”, Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 12.
- Akyurt, İ., Ayık, Ö., ( 1995 ), “Su Kirliliği ve Kontrolü”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Alpaslan, K., ( 1995 ), “Türkiye Göl Kirliliği ve Göllerin Trofik Seviyelerinin Belirlenmesinde Uygun Bir Matematiksel Modelin Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Altuner, Z., (1996), “Tohumuz Bitkiler Sistematigi”, T.C. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yayını, Tokat.
- Ateş, N. ve Özesmi, U., ( 2001 ), “Atıksu Arıtımında Sulakalan Kullanımı” Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, Sayı 3.
- Ateş, İ., ( 1998 ), “Tuzla Balık Gölü Kirletici Kaynaklarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Avar, G., Ç., ( 2002 ), “Tuzla ( Kamil Abduş ) Gölü’nün Kuruması”, Lisans Tezi, YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Aydın, A. ve Yüksek, A., ( 1990 ), “Abduş Gölü Vegetasyonu”, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yayınları.
- Aykulu, G., ( 1998 ), İ.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Limnoloji Ders Notları.
- Balkız, Ö. ve Binbaşaran, B., ( 2001 ), “Kuş Bakışıyla Ulubat Gölü”, Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları.
- Barut, İ.F., ( 1993 ), “İstanbul Tuzla İçmelerinin Hidrojeoloji İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Beklioglu, M., ( 2000 ), “ Göller, Besin Zinciri ve Biyomanipulasyon”, Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları.
- Chapra, S. C., (1992), “Surface Water-Quality Modeling”, McGraw-Hill Series In Water Resources and Environmental Engineering.

Demir, N., ( 1996 ), “İhtiyoloji”, İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Gopal, R., ( 2000 ), “Natural and constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Potentials and Problems”, Water Science and Technology 40, 27-35.

Göztepe Meteoroloji İstasyonu, “Aylık Meteorolojik Veriler”.

Heinonen, P., Ziglo, G. ve Van Der Beken, A., ( 2000 ), “Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring”, John Wiley & Sons, Ltd.

[http:// www. plankton.net](http://www.plankton.net)

[http:// www.iula-emme.org/ Life / Life – Go / - 2.htm](http://www.iula-emme.org/Life/Life-Go-2.htm)

Hutchinson, G., E., ( 1957 ), “ A Treatise on Limnology”, John Wiley & Sons, New York.  
İleri, R., ( 2000 ), “Çevre Biyoteknolojisi”, Değişim Yayınları, Adapazarı.

Kadlec, R.,H., ve Knight, R., L., ( 1996 ), “Treatment Wetlands”, CRC Press, Inc., Florida.

Karadede, H., Ünlü, E., ( 2000), “Concentrations of Some Heavy Metals In Water, Sediment and Fish Species From The Atatürk Dam Lake ( Euphrates ), Turkey”, Chemosphere 41, 1371 – 1376.

Karakoç, G., Erkoç, Ü.F., Katırcıoğlu, H., ( 2003 ), “Water Quality and Impacts Of Pollution Sources for Eymir and Mogan Lakes”, Environment International 29, 21 – 27.

Karpuzcu, M., ( 1996 ), “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, Kubbealtı Neşriyatı,İstanbul.

Kayhan, E. F., ( 1993 ), “Tuzla Balık Gölü’nde Bakteriyolojik ( E. Coli ) ve Kimyasal Analizlerle Kirlilik Parametrelerinin Tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., ( 2001 ), “Ekoloji ve Çevre Bilimleri”, Remzi Kitabevi, İstanbul.

Kocasoy, G., ( 1991 ), “Tuzla Balık Gölü’nün ve Yöresinin Rehabilitasyonu”, Tuzla Çevre Gönüllüleri.

Morkoç, E., Öztürk, M., Okay, O., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Egesel, L., Türe, S., ( 1993 ), “Kamil Abduş Gölü ve Sakız Adasının Çevre Kirliliğinin Araştırılması” , Ara Rapor, TUBİTAK – MAM, Gebze - Kocaeli.

Morkoç, E., Öztürk, M., Okay, O., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Egesel, L., ( 1994 ), “ Kamil Abduş Gölünün Çevre Kirliliğinin Araştırılması”, Sonuç Raporu, TUBİTAK – MAM, Gebze - Kocaeli.

Muslu, Y., ( 2001 ), “Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi”, İSKİ Yayınları.

Muslu, Y., ( 2000 ), “Ekoloji ve Çevre Sorunları”, Aktif Yayınevi.

Mutluay, H. ve Demirak, A., ( 1996 ), “Su Kimyası”, Beta Basım A.Ş.

Oray, I., ( 1992 ), “Türkiye’nin Tatlısu Balıkçılık Potansiyeli”, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Seminer Tebliği.

Orhon, S. ve Kıratlı, N., ( 1991 ), “Tuzla Lagün Gölünün Kurtarılmasına Yönelik Bir Ön Çalışma”, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yayınları

Öngör, S., ( 1961 ), “Göl”, Coğrafya Sözlüğü.

Özay, A.İ., ( 1997 ), “Tuzla Tersaneler Bölgesi Çevresel Etki Değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Özesmi, U., “Ulubat Gölü Ekosisteminin Korunması”, Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları.

Öztürk, B., ( 1997 ), “Arthropoda”, Su Omurgasızları Laboratuvar Klavuzu, İ.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Ders Notları.

Öztürk, H. ve Ertan, A., ( 2001 ), “ Tuzla ( Kamil Abduş ) Gölünün Kurummasına İlişkin Araştırma Raporu”, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı.

Saunders, S., (1998), “Lakes, Reservoirs and Ponds” W.B. Saunders Company.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 4 Eylül 1988 tarihli 19919 sayılı Resmi Gazete

Şişli, M., ( 1999 ), “Ekoloji”, Gazi Kitabevi, Ankara.

Tarım İl Müdürlüğü Yazışmaları ve Raporları

Tarkan, Ahmet N., ( 1986 ), İ.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Tatbiki Oşinografi ders notları.

Temel, M., ( 1995 ), “Plankton Bilgisi ve Kültürü”, İ.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Ders Notları.

Tuzla Belediyesi Yazışmaları ve Haritaları.

Tüfekçi, N., ( 1998 ), “Su Kalite Kontrolü”, İ.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Ders Notları.

Varlık, C., ( 2000 ), “Su Ürünlerinde Besin Mikrobiyolojisi”, İ.Ü. Yayınları.

Wetzel, Robert G., ( 1975 ), “Limnology”, Saunders College Publishing , Philadelphia.

Yakar, N. ve Bilge, E., ( 1987 ), “Angiospermae – Kapalıtohumlular”, Genel Botanik, İ.Ü. Fen Fakültesi Yayınları.

Yeşiladalı, K., (2002), “Göllerde Ötrofikasyon”, Deep Nature Rehberi, ( <http://www.deepnature.org/ekoloji-goller.htm-6-> )

Zilioli, E. ve Brivio, P.A., ( 1997 ), “The Satellite Derived Optical Information For The Comparative Assessment Of Lacustrine Water Quality”, The Science Of The Total Environment.

**ÖZGEÇMİŞ**

**Doğum tarihi :** 12 – 03 - 1975

**Doğum yeri :** İstanbul

**Lise:** Özel Ata Koleji

**Lisans :** İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği  
Bölümü

**Yüksek Lisans:** Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği  
Programı

