



**TEKİRDAĞ İLE KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ  
ARASINDA MARMARA DENİZİ'NE DÖKÜLEN  
AKARSULARIN KİRLİLİK YÜKLERİNİN VE  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Gamze PEKACAR**

**Yüksek Lisans**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN  
2020**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEKİRDAĞ İLE KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASINDA MARMARA  
DENİZİ' NE DÖKÜLEN AKARSULARIN KİRLİLİK YÜKLERİNİN VE  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Gamze PEKACAR**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. ZEKİ ÜNAL YÜMÜN**

**TEKİRDAĞ-2020**

**Her hakkı saklıdır.**



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Gamze PEKACAR

İMZA

Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN danışmanlığında, Gamze PEKACAR tarafından hazırlanan “Tekirdağ İle Küçükçekmece Gölü Arasında Marmara Denizi’ne Dökülen Akarsuların Kirlilik Yüklerinin ve Etkilerinin İncelenmesi ” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 03.07.2020 tarihinde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

*İmza:*

Üye : Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

*İmza:*

Üye : Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER

*İmza:*

Üye : Doç. Dr. Ali Murat KILIÇ

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TEKİRDAĞ İLE KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASINDA MARMARA DENİZİ' NE DÖKÜLEN AKARSULARIN KİRLİLİK YÜKLERİNİN VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

**Gamze PEKACAR**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

Marmara Bölgesi konumu itibariyle önemli sanayi bölgelerini bünyesinde barındırmaktadır. Aynı zamanda Karadeniz ve Ege arasında geçişi sağlayan bir içdenizdir. Bununla birlikte hem geçiş suyu olmasından kaynaklı hemde içerdiği sanayi bölgelerinden dolayı Marmara Denizi'nde bir kirlilik artışı söz konusudur. Çoğu sanayi bölgesi çıkardığı atıksuları bir arıtma işlemine tabi tutulmadan denize veya ona ulaşan akarsulara deşarj etmektedir. Tez çalışması kapsamında Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen havza noktalarından belirlenen 7 lokasyonda havzanın denizle karışmadan ve denizle karıştığı yerler olmak üzere deniz yüzey suyundan toplamda 12 adet su numunesi alınmıştır. Numunelerin fiziksel (pH, tuzluluk, iletkenlik, çözünmüş oksijen) ve kimyasal (inorganik kirleticiler Al, B, Cu, Fe, Al, Mn, Zn) yönünden incelenmesi yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda Marmara Denizi'nin ölçümü yapılan parametrelerinin yönetmelikte geçen sınır değerlerini aşmadığı ancak Bor elementinde özellikle Büyükçekmece ve Küçükçekmece göllerinde aşırı artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin ülkemizde genel olarak bor kaynaklarının bol olması sebebiyle sulara karışmış olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Marmara Denizi, Ağır Metal, ICP-OES, Kirlilik Yüğü

2020, 45 sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF POLLUTION LOADS AND EFFECTS THE STREAMS POURING INTO THE MARMARA SEA BETWEEN TEKİRDAĞ AND KÜÇÜKÇEKMECE LAKE

**Gamze PEKACAR**

Tekirdağ Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN

Marmara Region embodies important industrial zones. It is also an inland sea that provides transition between the Black Sea and the Aegean. However, there is an increase in pollution due to the transition water in the Marmara Sea and the industrial areas it contains. Most industrial zones discharge the wastewater it produces into streams that reach the sea or stream without any treatment. Within the scope of the thesis study, 12 water samples were taken from the sea surface water in 7 locations determined between the basin points pouring into the Marmara Sea between Tekirdağ and Küçükçekmece Lakes, where the basin mixes with the sea and where it mixes with the sea. The samples were examined in terms of physical (pH, salinity, conductivity, dissolved oxygen) and chemical (inorganic pollutants Al, B, Cu, Fe, Al, Mn, Zn). Consequently these examinations, it was observed that the parameters of the Marmara Sea did not exceed the limit values in the regulation, and there was an excessive increase in the boron element especially in Büyükçekmece and Küçükçekmece lakes. Due to the abundance of boron resources in our country, the reason for this is thought to be mixed with water.

**Keywords :** Marmara Sea, Heavy Metal, ICP-OES, Pollution Load

2020, 45 pages

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER .....</b>	<b>4</b>
2.1. Marmara Denizi'nin Özellikleri.....	4
2.1.1. Marmara Denizi Coğrafi Özellikleri .....	4
2.1.2. Marmara Denizi'nin Hidrolojik Özellikleri .....	5
2.1.3. Marmara Denizi'nin Ekolojik Özellikleri.....	7
2.1.4. Marmara Denizinde Çeşitli Kaynaklardan Gelen Kirlenme .....	9
2.2. Ağır Metallerin Tanımı .....	11
2.2.1. Ağır Metal Zehirlenmesinin Etkileri .....	12
2.3. Ulusal Mevzuata Göre Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri .....	13
2.3.1. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği .....	13
2.3.2. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği .....	14
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>17</b>
3.1. Çalışma Alanı .....	17
3.2. Numunelerin Toplanması ve Analiz Çalışmaları.....	19
3.3. ICP-OES Metodu .....	20
3.3.1. Ölçülebilir Limitleri (Limit of Detection, LOD) .....	22
3.3.2. Tayin Sınırı (Limit of Quantitation, LOQ).....	22
3.3.3. ICP-OES Sonuçlarının Hesaplanması .....	23
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>24</b>
4.1. Alüminyum .....	24
4.2. Demir .....	25
4.3. Bor .....	26
4.4. Çinko.....	27
4.5. Mangan .....	28

4.6. Bakır.....	29
4.7. pH, Çözünmüş Oksijen, Tuzluluk, İletkenlik .....	30
<b>5. SONUÇLAR.....</b>	<b>33</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>35</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>37</b>





## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ürün cinsine göre maksimum ve minimum metal konsantrasyonu mg/kg P.....	10
Çizelge 2.2. Bazı metallerin yoğunlukları .....	11
Çizelge 2.3. Çeşitli sanayi sektörlerinde kullanılan ağır metaller .....	12
Çizelge 2.4. SKKY Kıtaçi su kaynaklarının su kalite kriterleri .....	13
Çizelge 2.5. SKKY Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri .....	14
Çizelge 2.6. YSKY Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri .....	15
Çizelge 2.7. YSKY Marmara Denizi Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kriterleri.....	16
Çizelge 2.8. YSKY Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları .....	16
Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait koordinatlar.....	18
Çizelge 4.1. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan alüminyum değerleri .....	24
Çizelge 4.2. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan demir değerleri .....	25
Çizelge 4.3. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bor değerleri .....	26
Çizelge 4.4. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çinko değerleri .....	27
Çizelge 4.5. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan mangan değerleri.....	28
Çizelge 4.6. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bakır değerleri .....	29
Çizelge 4.7. Su numunelerinin pH, çözülmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik değerleri .....	30

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1.Marmara Bölgesi Fiziki Haritası .....	4
Şekil 2.2. Marmara Denizi üst tabaka sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (2016 kış ve yaz dönemleri).....	6
Şekil 2.3. Marmara Denizi ekolojik durum değerlendirmesi .....	8
Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	17
Şekil 3.2. Çalışma alanlarına ait görüntüler (a): Yenice mevki, (b): Kum Deresi, (c): Kınıklı Deresi, (d): Çeltik yolu mevki, (e): Tuzla deresi, (f): Büyükçekmece Gölü, (g): Küçükçekmece Gölü .....	18
Şekil 3.3. Su numunesi alınan yüzey sularının gösterimi.....	20
Şekil 3.4. ICP-OES Tekniği ile sediment ve su numunelerinde tayin edilen elementler .....	20
Şekil 3.6. ICP-OES Cihazının yapısı.....	21
Şekil 3.7. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi .....	22
Şekil 4.1. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan alüminyumun analiz değerlerinin grafik gösterimi .....	24
Şekil 4.2. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan demirin analiz değerlerinin grafik gösterimi....	25
Şekil 4.3. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan borun analiz değerlerinin grafik gösterimi.....	26
Şekil 4.4. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çinkonun analiz değerlerinin grafik gösterimi	27
Şekil 4.5. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan manganın analiz değerlerinin grafik gösterimi .....	28
Şekil 4.6. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bakırın analiz değerlerinin grafik gösterimi....	29
Şekil 4.7. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan pH'ın analiz değerlerinin grafik gösterimi.....	31
Şekil 4.8. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çözünmüş oksijenin analiz değerlerinin grafik gösterimi .....	31
Şekil 4.9. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan tuzluluğun analiz değerlerinin grafik gösterimi .....	32
Şekil 4.10. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan iletkenliğin analiz değerlerinin grafik gösterimi .....	32

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
B	: Bor
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Mn	: Mangan
Zn	: Çinko
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Tübitak MAM	: Tübitak Marmara Araştırma Merkezi
NABİLTEM	: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı
PCB	: Poliklorlu Bifeniller
PAH	: Poli Aromatik Hirokarbonlar
DDT	: Dikloro-Difenil Trikloretanin
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Optik Emisyon Spektrometresi
CTD	: Conductivity, Temperature, Depth (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik)
SDA	: Saptanabilir Değer Altı

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerimi benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini esirgemeyen, kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın Hocam Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN'e, ve yardımlarını esirgmeden destek olan Öğretim Görevlisi Melike ÖNCE'ye,

Maddi ve manevi olarak her zaman desteklerini hissettiren kıymetli aile büyüklerime, çalışmalarına katkı sunan değerli hayat yoldaşım A.Yusuf'a teşekkür ederim.

Temmuz, 2020

Gamze PEKACAR  
Çevre Mühendisi

## 1. GİRİŞ

Marmara Bölgesi artan nüfus yoğunluğuna sahip bir sanayi bölgesidir. Nüfusun hızla artması, doğal kaynakların tükenmeye başlaması ve sanayileşmenin artması ciddi çevre kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Çevre kirliliğindeki en önemli etken, birçok tehlikeli atığın kontrolsüz şekilde akarsu, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara verilmesidir. Deniz, göl ve akarsu kirliliği, evsel ve endüstriyel atıklar ile tarımsal gübreler ve tarım ilaçlarının, su ortamlarına taşınmaları sonucu meydana gelmektedir. Su kaynaklarının kirliliği, kullanımını bozacak veya ciddi oranda kalitesini düşürecek şekilde içerisinde organik, inorganik, radyoaktif, ağır metal veya biyolojik bazı maddelerin bulunmasıdır. Su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi sürdürülebilir kullanım için önemlidir (Yipel ve Tekeli, 2016). Ayrıca deniz ortamına deşarjlar ile ulaşan kirleticiler sucul ekosistemde problem teşkil etmektedir. Bu kirleticiler besin zincirini oluşturan organizmalarda birikerek (biyobirikim, biyoakümülyasyon) tehlikeli oranlara ulaşabilirler.

Marmara Denizi'nin büyük yüzey alanına sahip olması, atmosferik çökelmelere karşı savunmasız bırakılmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi ve çevresinde önemli sanayi bölgeleri bulunmaktadır. Endüstriyel kuruluşların çoğu herhangi bir arıtma işlemini uygulamadan atıksularını denize veya akarsulara deşarj etmektedir. Bu da Marmara Denizi'nin kirlilik yükünün artmasına sebep olmaktadır. Akdeniz ve Karadeniz'i birbirine bağlayan Marmara Denizi kirleticileri uzak mesafelere kadar bu akıntılar ile taşımaktadır. Marmara Denizi'nin hacminin büyük olması mevcut kirliliğin denizde hidrolik kalış süresini arttırmaktadır. Özellikle biyolojik birikime uğrayan kirleticiler düşünüldüğünde ekosistem açısından ciddi tehlikeler oluşturmaktadır (Taşdemir, 2002).

Tez çalışması kapsamında Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen havza noktalarından belirlenen 7 lokasyonda havzanın denizle karışmadan ve denizle karıştığı yerler olmak üzere deniz yüzey suyundan toplamda 12 adet su numunesi örneği alınarak fiziksel (pH, tuzluluk, iletkenlik, çözünmüş oksijen) ve kimyasal (inorganik kirleticiler Al, B, Cu, Fe, Al, Mn, Zn) yönünden incelenmesi yapılmıştır.

Bu çalışma, Marmara Denizi kuzey bölgesi kıyılarındaki su kalitesi ve bu su kalitesine etki eden unsurları belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Denizlerde ve akarsularda oluşan kirliliklerin tespit edilmesi ve temizlenmesi amacıyla son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Mesci (1991) bu çalışmasında, Büyükçekmece gölü ve onu besleyen Karasu, Hamzalı ve Çobançeşme derelerinde su kirlenmesinin kirlenmesi üzerine araştırmalar yapmıştır. Mesci'ye göre Büyükçekmece Gölü Arıtma tesisi önünden alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre kirlilik oluşturan parametreler Toplam Fosfor, Toplam Sülfür, Toplam Kjeldahl Azotudur ve "Kıt'a İçi Su Kaynaklarının Sınıflara Göre Kalite Kriterleri" ne göre II. Ve III. sınıf su tespitini yapmıştır.

Taşdemir (2002) 'Marmara Denizi: Kirleticiler ve Çevre Açısından Alınabilecek Tedbirler' adlı çalışmasında evsel ve endüstriyel atıklar sonucunda oluşan organik ve inorganik toksik kirleticilerin Marmara Denizi'nin yüzey suyu ve sedimentinde arttığını belirtmiştir. Bu artış sonucunda doğal yaşamın bozulmasından kaynaklı çevreye verdiği etki üzerine kirliliklerin tespiti ve önlenmesi için komisyonların kurulması gerektiğini ele almıştır.

Özgür (2006) 'Marmara Denizi Havzası Kirlilik Yükleri Araştırması' adlı çalışmasında, Marmara Denizi'nde, evsel, endüstriyel, tarım alanlarından, akarsulardan kaynaklanan kirletici içerikleri ve yüklerini araştırmış, kirletici karakterizasyonları ve miktarlarının tespitini yapmıştır.

Okumuş (2007) yapmış olduğu çalışmasında, göl sedimenti ile ağır metallerin (Fe, Zn, Cu) ilişkisini kesikli sistem reaktör kullanılarak saptamaya çalışmıştır. Suda ki pH'ın adsorpsiyon mekanizması üzerindeki etkisi ve değişen metal konsantrasyonlarının etkisini araştırmıştır. Farklı pH' larda, ağır metaller ile sediment arasında farklı adsorpsiyon davranışları olduğunu gözlemlemiştir. Ağır metallerin değişen koşulların etkisiyle su ortamına geçtikleri veya sediment tarafından tutulduğunu belirtmiştir. Ayrıca sedimentin taşıyıcı etkisiyle farklı bölgelerde ağır metallerin görülmesi sedimentin de kirletici kaynak özelliği taşıdığından bahsederek en önemli inorganik kirleticilerden olan ağır metallerin sediment ile ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Demirel (2008) 'Doğal Ortamdaki Fizikokimyasal Şartların Ağır Metal Biyosorpsiyonuna Etkisi' adlı çalışmasında Küçükçekmece Gölü'nde su ve sediment konsantrasyonlarında demir, bakır ve çinko metallerine rastlanıldığını tespit ederek gölden aldığı su örneklerinde izole edilmiş 5 siyonobakteri izolatının  $Fe^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$  metallerinin biyobirikimini incelemiştir.

Tofan (2008) yapmış olduğu çalışmada Konya il ve ilçe şebeke içme sularında ICP-OES cihazıyla ağır metal (Cu, Zn, Fe, Pb, Ni, Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Cr, As, Hg, B) tayini yapmıştır. Ölçümler neticesinde Cr ve Ni değerlerinin max. İzin verilen değerlere yakın olduğunu tespit etmiştir.

Ünlü, Çoban ve Tunç (2008) 'Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi' adlı çalışmasında, Hazar Gölü SKKY'de yapılan sınıflandırmaya göre I ve III. sınıf su kalitesinde ancak toplam fosfor açısından IV. sınıf su kalitesinde ve toplam fosfor değerleri ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Dündar, Altundağ, Kaygaldurak, Şar ve Acar (2011) yaptıkları bir çalışmada deri, tekstil, otomotiv yan ve metal kaplama endüstrileri atık sularında Cu, Zn, Cr, Pb ve Ni düzeylerini Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı (AAS) ile tayin etmişlerdir.

Gizem (2014) Marmara Denizi'nde Çevresel Şartların Yıllara Göre Değişimi adlı çalışmasında, Marmara Denizi ve bu denize kıyısı olan illerin sosyo-ekonomik, coğrafi, jeolojik ve hidrolojik özelliklerinden bahsetmiştir. Ayrıca Marmara Denizi'ne deşarj edilen evsel ve özellikle endüstriyel atıkların arıtımından ve bu deniz deşarjı kaynaklı ortaya çıkan kirliliğin artmasından ve bu kirliliklerin önlenmesi adına yapılan çalışmalardan bahsetmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Marmara Denizi'nin Özellikleri

#### 2.1.1. Marmara Denizi Coğrafi Özellikleri

Marmara Bölgesi, Marmara denizinin çevresinde yer alır. Bölge Trakya ve Anadolu'da toprağa sahiptir. Bu iki bölgeyi boğaz sistemi ayırır. Marmara Bölgesi'nin, yer şekilleri bakımından düz bir yapıya sahip olup dağlık bölgeler nispeten azdır (Anonim, 2020a).

Marmara Denizi, kuzey-güney doğrultusunda en geniş bölümü 80 kilometre ve doğu-batı doğrultusunda ise en uzun boyutu 280 kilometredir. Ticaret ve ulaşım için Karadeniz ve Akdeniz'i birbirine bağlayan en önemli su yoludur. Avrupa-Asya arasında önemli bir geçiş alanı olan iki kıyısı arasındaki mesafe 700 metreye kadar düşmektedir (Artüz, 2007). Şekil 2.1'de Marmara Bölgesi'ne ait fiziki harita gösterilmiştir.



Şekil 2.1.Marmara Bölgesi Fiziki Haritası<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://www.uyduharita.org/marmara-fiziki-haritasi/>



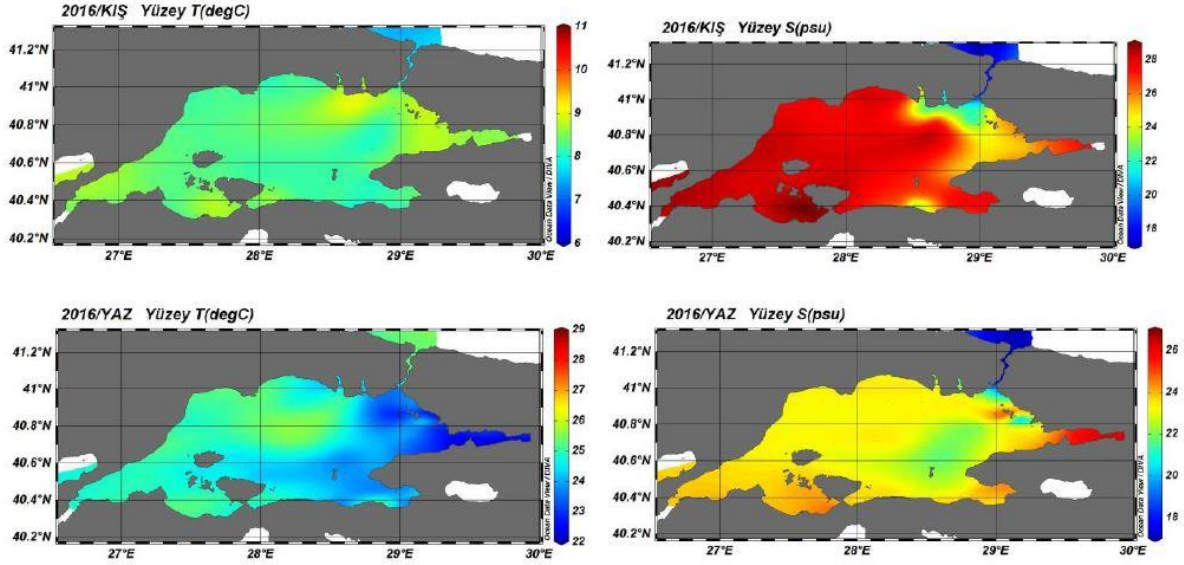
Marmara Denizi'nin çevresi çoğunlukla platolarla çevrilidir. Bu platolar orta yükseklikte dağlar tarafından oluşturulmaktadır. Bölgenin kuzeyi ve güneyi arasında yapı bakımından önemli farklılıklar vardır. Marmara Denizi'ni kuzey ve kuzeybatısında genellikle Senozoyik dönemine ait kireçtaşı, marn ve kumtaşlarından meydana gelmiş formasyonlar bulunmaktadır. Bu litolojilerin bulunduğu bölge yüksek olmayan dağ, tepe ve platolardan oluşmaktadır (Artüz, 2007).

Marmara Bölgesi, iklim ve bitki örtüsü açısından Akdeniz iklimi ve Karadeniz iklimi arasında geçiş alanı oluşturmaktadır. Bölgede Akdeniz iklimi, Karadeniz iklimi ve karasal iklimin etkileri mevcuttur. Yağışın mevsimlere dağılışı bakımından Akdeniz yağış rejimi hakimdir (Anonim, 2020a).

### **2.1.2. Marmara Denizi'nin Hidrolojik Özellikleri**

Marmara Denizi Karadeniz ve Akdeniz arasındaki bağlantıyı oluşturan Boğazlar sistemi üzerindeki bir genişleme olarak görülmelidir. Marmara Denizi'nde doğu-batı doğrultusunda, yüzey akıntı sistemiyle kıyasal topoğrafiden ve sürtünme direncinden doğan (orkoz) ters akıntılar bulunmaktadır. Yüzey akıntısı Karadeniz ile Ege arasındaki yükseklik farkından dolayı oluşmaktadır. Oluşan bu akıntı, İstanbul Boğazı'na girdiğinde suyun kanalize olması ve Boğazın dar olması nedeniyle adeta bir akarsu gibi kuzeydoğu-güneybatı yönünde hızla akar. Bu yüzey akıntısı Marmara Denizi'ne çıktığında açılarak yayılır ve hızı azalır. Ancak batıya doğru Çanakkale Boğazı'na girerken yine kanalize olur ve akıntının hızı yeniden artarak bu kez Ege'ye doğru yelpaze gibi açılarak yayılır (Artüz, 2007). Marmara Denizine giren su akıntıları ise 398 km<sup>3</sup>/yıl ile 670 km<sup>3</sup>/yıl arasında değişmektedir. Karadeniz'e yönelen tahmini alt akıntılar ise 205 km<sup>3</sup>/yıl ile 500 km<sup>3</sup>/yıl arasında değişir (Serter, 2011).

Denizlerde tuzluluğu oluşturan Cl, Mg, Ca, K, SO<sub>4</sub> deniz suyunda en bol bulunan iyonlardır. Tuzluluk oranı canlıların yaşayışına fazlaca etki eder. Bazı canlıların yaşaması için tuzluluk gerekliken bazıları ise başka canlının yaşadığını tuzluluk oranından zehirlenebilir (Bayatlıoğlu, 2014).



Şekil 2.2. Marmara Denizi üst tabaka sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (2016 kış ve yaz dönemleri)

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamınca araştırması yapılan Marmara Denizi 2014-2016 izleme çalışmasında yüzey sularının (0-10m ortalama) tuzluluk ve sıcaklık grafikleri Şekil 2.2’de verilmiştir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017). İstanbul Boğazı’ndan soğuk olarak gelen suyun sıcaklığı, boğazın çıkışında yükselmiş ve Çanakkale Boğazı’na doğru giderek arttığı gözlemlenmiştir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017). Marmara denizinin üst tabakasını Karadeniz’den gelen sular oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak mevsimsel şartlara göre yüzeyde tuzluluğun artması gözlemlenebilir. Marmara Denizinin yüzey tabakasının altında tuzluluk ve sıcaklığın hızla değişim gösterdiği bir ara geçit tabakası yer alır. Bu ara su tabakasının derinliği, bir önceki kışın ortalama yüzey suyu sıcaklığının yarattığı yoğunluk şartlarına bağlıdır (Serter, 2011).

Tuzluluk dağılım haritası İstanbul Boğazı’ndan Marmara Denizi’ne giren suyun dağılımının değişimini göstermektedir. Sıcaklık gibi tuzluluğun da Çanakkale Boğazı çıkışına doğru arttığı ve körfez içlerinde daha yüksek olduğu gözlenmektedir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017).

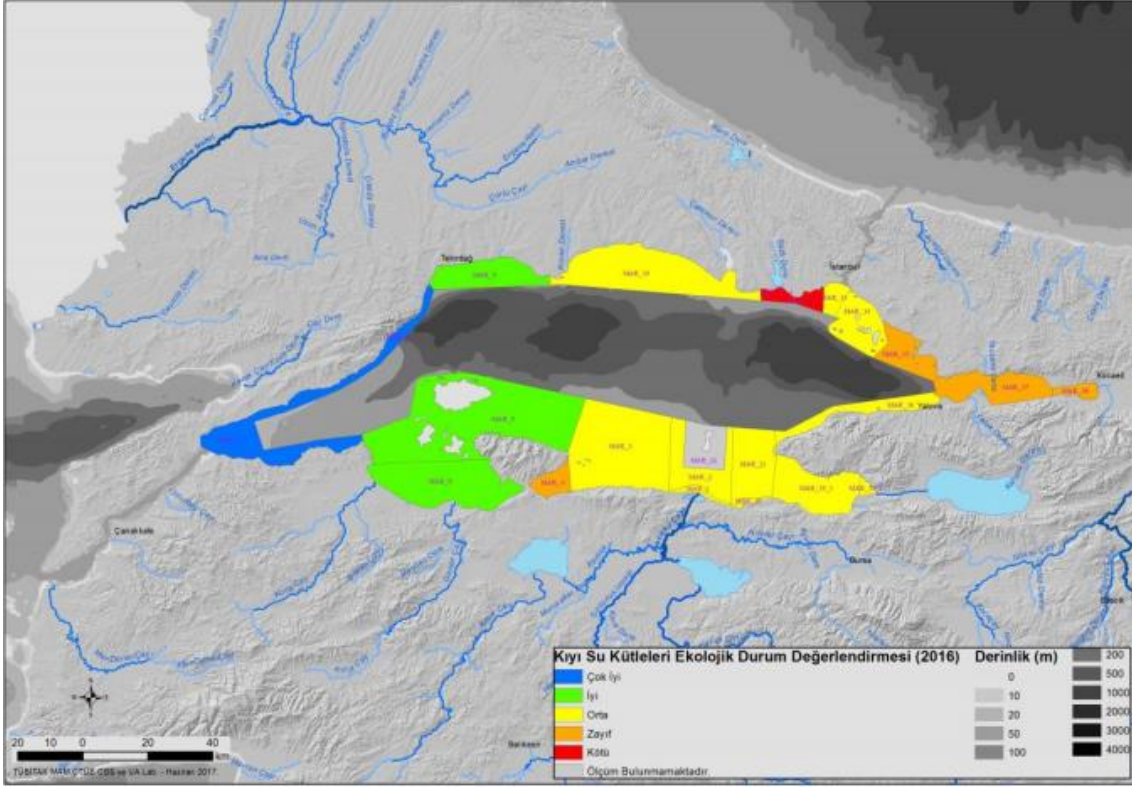
2016 yılı yaz dönemi yüzey sıcaklığı Marmara Denizi’nde 22-26 °C arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Boğaz çıkışı ve doğusu ile güneydoğu kısmı görece daha soğuk suya sahiptir. Bu da Karadeniz suyu etkisini yansıtmaktadır. Yaz dönemi tuzluluğu ise 22-25 psu değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler kış dönemine göre düşük olup bu durum alt ve üst su arasındaki keskin tabakalaşma ve karışım etkisinin zayıflığı ile ilgilidir. Bu yapılan çalışmada

Marmara Denizi kıyılarının bazı bölgelerinde düşük tuzluluk değerlerine rastlanılmıştır bunun sebebi ise düşük tuzluluk değerleri nehir etkisini işaret etmektedir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017). Marmara Denizi boyunca her tabakada sıcaklık ve tuzluluk çok hızlı ve düzgün olmayan bir değişim gösterir (Serter, 2011).

### **2.1.3. Marmara Denizi'nin Ekolojik Özellikleri**

Marmara Denizi'nde biyolojik birikime uğrayan kirleticilerde, noktasal kirletici kaynaklar, havza yoluyla taşınımları ve Karadeniz yüzey suyu girdilerine bağlı besin ve organik madde yönünden ve tarımsal faaliyetlerden dolayı zenginleşme görülmektedir (Beken 2017). Özellikle iç turizm bakımından önemli bir konuma sahip deniz halindedir. Adaların kıyı boyunca sıralandığı yazlıklar, kamplar, turistik mekanlar özellikle yaz aylarında hareketli bir konuma getirmektedir. Marmara Denizi'nin daha az tuzlu olan deniz sahillerinde, plaj ve kıyı tipleri turizm için oldukça çekici hale gelmektedir. Ancak hızla artan kentleşme sonucunda artan sanayi kuruluşları atık sularıyla kirlenen denizin bazı kısımlarında yaşam sınırlanmıştır. Önceleri arıtım tesislerinden yoksun sanayi kuruluşlarının atıkları ve gemilerin bıraktığı sintine suları ile kirlenmeye başlayan deniz, günümüzde çevresindeki büyük kentlerin çöplüğü haline gelmiştir. Bu nedenle sularında oksijen miktarı azalmış, canlı yaşamı önemli ölçüde zarar görmüş, büyük kentler çevresinde denize girmek neredeyse olanaksız hale gelmiştir. Kirliliğin yanı sıra aşırı ve yanlış avlanma sebebiyle Marmara Denizi'ndeki balık üretimi de oldukça azalmıştır (Artüz, 2007).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında Marmara Denizi kıyılarında ekolojik özellikleri belirleme amacıyla bir çalışma yapılmıştır (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM 2017). 2014-2016 yılları arasında yapılan bu çalışmada Marmara Denizi'nde Su Yönetim Birimlerince hazırlanan izleme istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlara ait ekolojik durum değerlendirmesi Şekil 2.3'te gösterilmiştir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017). İzleme Programı kapsamında Marmara Denizi'nde ilkbahar ve yaz dönemlerinde CTD, çözülmüş oksijen, besin elementleri ve klorofil-a ölçümleri yapılmıştır (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017).



Şekil 2.3. Marmara Denizi ekolojik durum değerlendirmesi

Çalışmaya göre sadece Küçükçekmece-İstanbul Avrupa kıyısı “kötü” olarak sınıflandırılmıştır. İzmit Körfezi, İstanbul Anadolu Tuzla kıyıları ve Bandırma Körfezi “zayıf” kalitede bulunmuştur. Bununla birlikte Batı Marmara hariç diğer kıyıları önlem alınıp su kalitesinin yükseltilmesi gereken “Orta” sınıfındadır.

Bu değerlendirmelerde biyolojik kalite eleman ve göstergeleri ile besin maddeleri ve ışık koşulları dikkate alınmıştır ve daha ziyade yüzey ve kıyı sularını ilgilendirmektedir (Beken, 2017).

Marmara Denizi’nde iki tabakalı bir ekosistem sürekli mevcuttur ve iki tabaka arasında çok belirgin, ince bir haloklin tabakası vardır. Kış karışımı bu ara tabakayı 5-10m genişletebilir; bu nedenle üst tabakadan dip sulara oksijen geçişi sadece 40-50 m’lik sığ bölgelerde mümkündür (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017).

Akdeniz’de kıta sahanlığı suları sürekli yenilenirken, Marmara’da alt tabaka sularının yenilenme süresi (ortalama 6-7 yıl olarak hesaplanmıştır) derinliğe ve konumuna (batı-doğu bölgesi) bağlı olarak 1-15 yıl arasında değişim gösterebilir. Karasal etkenler ve Karadeniz girdisi doğu bölgesinde yoğun baskı yaratmaktadır; üst tabaka akıntılarının fiziksel seyreltme etkisi ve üst tabakadaki partikül organik maddenin (POM) alt tabakaya çökmesiyle, üst tabaka

suları batı bölgesine ulaştığında üst tabaka POM üretimi ve alt tabaka oksijen dengesine etkisi zayıflamaktadır. Bu iki bileşenin ortak etkisiyle, batı Marmara bölgesi üst tabaka suları iyi kalite özelliklere sahiptir ve dip sularında daha fazla oksijen vardır. İzmit iç körfezde su kalitesi daha da kötü olmasının nedeni, dip suların düşük oksijenle ve Karadeniz'den giren üst tabaka sularının İstanbul mega kenti atık suları ile daha da kirlenerek körfeze ulaşmasıdır. Kuzeybatı Karadeniz kıta sahanlığına nehirlerle taşınan kirlilik yüklerinin (inorganik + organik besin tuzları) azalması, güneybatı Karadeniz kıyı sularında ve İstanbul Boğazı üst akıntısında gözlenebilmiştir (ÇŞB,TÜBİTAK-MAM, 2017).

#### **2.1.4. Marmara Denizde Çeşitli Kaynaklardan Gelen Kirlenme**

Denizler yıllarca kirleticilerin boşaltılabileceği bir depo alanı olarak görmüştür. Bölgeye bakıldığında İstanbul Boğazı, İzmit Körfezi, Gemlik Körfezi Marmara Denizi'ndeki kirlenmiş alanlardan bazılarıdır (Taşdemir, 2002). Marmara Havzası etrafında çok sayıda var olan dere ve küçük akarsular denize ulaşmadan önce geçtikleri bölgenin kirlilik yüklerini de Marmara Denizi'ne ulaştırmaktadır (Özgür, 2006). Bunların yanı sıra Zirai işlemler, gemi taşımacılığı, denizdeki petrol ve gaz üretimleri, gemi atıksuları, atmosferik çökeltme kaynaklı gibi birçok nedenlerden dolayı Marmara Denizi'nin kirlenmesi söz konusudur. Gemilerden (Tankerlerden) kaynaklanan kirlenme, balast ve sintine sularının atılması ve tankların yıkanması sonucu oluşur. Küçük miktarlardaki petrol kirliliği bile deniz yaşamını özellikle plankton ve larvaların oluşumunu olumsuz etkileyebilir (Taşdemir, 2002).

Evsel kaynaklı kirleticiler herhangi bir kimyasal ve zehirli kirletici unsur içermeyen (mutfak, banyo ve wc.) sulardır (Özgür, 2006). Yerleşim bölgelerinden denize kontrolsüz, artırılmadan ve özellikle de bilinçsiz bir şekilde bırakılan evsel kaynaklı kirleticiler denizin organik yükünü arttırmaktadır. Bu organik maddeler ortamdaki oksijen ile birleşip oksitlenince su içindeki çözünmüş oksijen seviyesi azalmaktadır (Artüz, 2007).

Evsel kirlenmenin temeli olan azot ve fosfor sulardaki mikroorganizmanın nutrient kaynağı olup alglerin aşırı derecede büyümesine neden olmaktadır. Bu da deniz kirliliğindeki en büyük sorunlardandır. Azot hem evsel hemde endüstriyel nitelikli noktasal kaynaklardan ve tarımsal alanda kullanılan ilaçlardan dolayı Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Fosfor ise genellikle evsel kaynaklardan Marmara Denizi'ne gelmektedir (Taşdemir, 2002).

Endüstriyel kirlenmenin kaynaklarını da toksik kirleticiler oluşturmaktadır. Toksik kirleticiler sanayi kaynaklı olabileceği gibi atmosferik çökelmeler sonucunda da denize girişinin olması göz ardı edilmemelidir (Taşdemir, 2002).

Çevre kirliliğine ve doğal dengenin bozulmasında neden olan bir diğer etkenler ise yoğun olarak kimyasal maddelerin kullanıldığı tarımsal faaliyetlerdir (Köleli ve Kantar, 2005). Tarımda sektöründe toprağın verimini arttırmak amacıyla uygulanan doğal ve sentetik gübreler alıcı ortamlarda ötrifikasyona sebep olmaktadır (Özgür, 2006).

Fosfor toprakta nitrata göre daha yavaş hareketli olduğu için toprak kirliliğinde fosforlu gübrelerin etkileri daha büyüktür. Çizelge 2.1’de ürün cinslerine ait fosfor konsantrasyonları verilmiştir (Köleli ve Kantar, 2005).

Çizelge 2.1. Ürün cinsine göre maksimum ve minimum metal konsantrasyonu mg/kg P

Elementler	Sembol	Organik Gübreler	Azotlu Gübreler	Fosforlu Gübreler
Arsenik	As	3-25	2,2-120	2-1200
Brom	Br	16-41	185-716	3-5
Kadmiyum	Cd	0,3-0,8	0,05-8,5	0,1-170
Sezyum	Cs	-	-	20
Kobalt	Co	0,3-24	5,4-12	1-1,2
Krom	Cr	5,2-55	3,2-19	66-245
Bakır	Cu	2-60	1-15	1-300
Flor	F	7	-	8500-38000
Civa	Hg	0,09-0,2	0,3-2,9	0,01-1,2
Magnezyum	Mg	30-550	-	40-2000
Nikel	Ni	7,8-30	7-34	7-38
Kurşun	Pb	6,6-15	2-27	7-225
Kalay	Sn	3,8	1,4-16	3-19
Stronsiyum	Sr	80	-	25-500
Tellur	Te	0,2	-	20-23
Uranyum	U	-	-	30-300
Çinko	Zn	15-250	1-42	50-1450
Baryum	Ba	270	-	200
Bor	B	0,3-0,6	-	5-115

## 2.2. Ağır Metallerin Tanımı

Metaller, yüksek elektrik iletkenliğine, karakteristik bir parlaklığa ve basınç altında kırılmadan şekil değiştirebilme yeteneğine sahip elementlerdir. Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Hg, Pb, Zn gibi elementler metaldir. Özellikle yoğunlukları 5 g/cm<sup>3</sup> olan metallere ağır metal adı verilir (Tofan, 2008). Çizelge 2.2’de metallerin yoğunlukları verilmiştir (Tofan, 2008).

Çizelge 2.2. Bazı metallerin yoğunlukları

Metal	Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	Metal	Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )
Alüminyum (Al)	2.69	Gümüş (Ag)	10.5
Bakır (Cu)	8.96	Kadmiyum (Cd)	8.64
Baryum (Ba)	3.5	Krom	7.19
Bor	2.84	Kurşun (Pb)	11.35
Çinko (Zn)	7.14	Mangan (Mn)	7.43
Demir (Fe)	7.86	Nikel (Ni)	8.90

Ağır metaller elementel kirleticiler içinde en zararlı kirleticilerdir ve büyük bölümü biobirikme özelliğine sahiptir. Doğada eser miktarda bulunmaları sebebiyle birçok kaynakta iz elementler olarak tanımlanmışlardır. Toksik etkileri nedeniyle çevresel önem taşırlar. Ağır metallerin ekolojik kaliteyi önemli ölçüde etkilemesinden dolayı çevreyi kirleten ana kirleticilerden biri olduğu düşünülmektedir. Ağır metaller alıcı ortama direkt verildiklerinde canlıların yaşamını ve sürdürülebilir çevreyi tehdit etmektedirler. Ağır metaller doğadan yok edilemez, ayrıştırılmaz ve doğada kalıcılık özelliğine sahiptirler (Okumuş, 2007).

Denizel alanları, akarsu ve göl sularını kirleten ağır metaller topraktan doğal olarak su kaynaklarına taşınabileceği gibi endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar aracılığı ile de suyu kirletebilmektedirler (Tofan, 2008).

Metallerin toksisite etkisine göre sıralanması: Hg> Cd> Ag> Ni> Pb> As> Cr> Sn> Zn şeklindedir (Güven, 2005).

Doğal deniz sularının ağır metal içerikleri toksisitelerine göre iki grupta toplanır. Major ve minör toksik olarak sınıflandırılır.

Major toksik elementler; As, Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, Fe, Ni.

Minor toksik elementler; Sb, Ba, In, Mg, Ag, Te, Sn, U, V (Güven, 2005).

Ekosistemin büyük bir bölümünü oluşturan denizel ortamlar, göl ve akarsular kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı bölge olduğundan ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan yer olmuştur. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar, yapay gübreler ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit edecek boyuta ulaşmaktadır. Birçok ağır metal sanayide ham madde ya da üretimde kullanılmakta ve atık olarak doğaya karışabilmektedir (Yıldırım,2013). Yıldırım (2013)'e göre bazı sanayi sektörlerinde kullanılan ağır metaller Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Çeşitli sanayi sektörlerinde kullanılan ağır metaller

Endüstri Dalı	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt, karton ve selüloz sanayi		X			X		X	X		X
Organik kimyasallar ve petrokimya	X	X		X	X		X		X	X
Alkaliler, klor, inorganik kimyasallar	X	X		X	X		X		X	X
Gübreler	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Petrol rafinerileri	X	X	X	X			X	X		X
Demir-çelik dökümhaneler	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Demir-çelik dışındaki metal sanayi	X	X	X		X		X			X
Motorlu taşıt ve uçak kaplaması	X	X	X		X			X		
Cam, çimento ve asbest üretimi		X								
Tekstil sanayi		X								
Deri tabaklanması		X								
Buharla çalışan elektrik santralleri		X								

### 2.2.1. Ağır Metal Zehirlenmesinin Etkileri

Deniz ekosistemlerine ulaşan ve çeşitli bileşik formlarında bulunan metaller, denizde yaşayan canlılar tarafından farklı yollarla bünyeye alınmaktadır. Ortam suyunda bulunan çözülmüş ya da organik moleküllere bağlı bulunan iyonların su ile birlikte alınması ve içinde ağır metal birikmiş besin maddeleri yoluyla gerçekleşmektedir (Tofan, 2008).

Metallerin diğer toksik özellik gösteren bileşiklerden farklı özellikleri vardır; insanlar tarafından kimyasal yöntemlerle parçalanamazlar ve doğada yok edilemezler (Tofan, 2008).



Endüstriyel atıksu deşarjları ile alıcı ortama verilen ağır metaller doğada birikme özelliğine sahiptirler. Biriken metaller fiziksel, kimyasal ya da biyolojik proseslerle deşarj noktasından uzak bölgelere taşınabilmektedir. Ayrıca ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyesinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için bünyede birikme özelliğine sahiptir (Demirel 2008).

### 2.3. Ulusal Mevzuata Göre Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri

#### 2.3.1. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Türkiye’de su kaynaklarının değerlendirilmeleri 31.12.2004 resmi gazete tarihli ve 25687 resmi gazete sayılı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nce değerlendirilmektedir. Bu yönetmeliğin amacı;

\* Ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemek,

\* Su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar.

Bu doğrultuda yönetmelikçe belirlenen kıta içi su kaynaklarının sınıflara göre kalite kriterleri (Çizelge 2.4) ve deniz suyunun genel kalite kriterleri (Çizelge 2.5) gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. SKKY Kıta içi su kaynaklarının su kalite kriterleri

Su Kalite Parametreleri	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.0	6.5-9.0 dışında
Çözünmüş Oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	8	6	3	<3
<b>İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>				
Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	>200
Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	>2000
Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	>5000
Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	>3000
Bor (µg B/L)	1000	1000	1000	>1000
Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	>1

Çizelge 2.5. SKKY Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri

Parametre	Kriter
pH	6.0-9.0
Renk ve bulanıklık	Doğal
Yüzer maddde	-
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	Doygunluğun %90'ından fazla
Parçalanabilir organik kirleticiler	-
Zehirlilik	Bulunmayacak
Fenoller (mg/L)	0.001
Çeşitli ağır metaller	
Bakır (mg/L)	0.01
Kadmiyum (mg/L)	0.01
Krom (mg/L)	0.1
Kurşun (mg/L)	0.1
Nikel (mg/L)	0.1
Çinko (mg/L)	0.1
Civa (mg/L)	0.004
Arsenik (mg/L)	0.1
Amonyak (mg/L)	0.02

### 2.3.2. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

30.11.2012 resmi gazete tarihli ve 28483 resmi gazete sayılı Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nin amacı;

\* Yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesidir.

Bu doğrultuda suların kullanım maksatları Çizelge 2.6'da yer alan parametrelerin su kalite sınıflarına göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya bağlı olarak;

**I. Sınıf** - Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması "Çok İyi" su durumunu ifade etmektedir.);

İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su, Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

**II. Sınıf** - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması "İyi" su durumunu ifade etmektedir.);

İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları, Rekreatiyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su, Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

**III. Sınıf** - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması "Orta" su durumunu ifade etmektedir.);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

**IV. Sınıf** - Çok kirlenmiş su (IV. sınıf su kalitesinde olması "Zayıf" su durumunu ifade etmektedir.);

III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları

ifade edilmektedir.

Çizelge 2.6. YSKY Kıtaİçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	SU KALİTE SINIFLARI			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 3	10	20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0,5	1,5	5	> 5
Toplam azot (mg N/L)	< 3,5	11,5	25	> 25
Orto fosfat fosforu (mg o-PO <sub>4</sub> -P/L)	< 0,05	0,16	0,65	> 0,65
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	0,8	> 0,8
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	20	> 20
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	10	> 10

Çizelge 2.7. YSKY Marmara Denizi Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	SU KALİTE SINIFLARI			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	≥ 6	5	4	< 4
TP (µg/L)	< 14	14-21	22-30	> 30
NO <sub>x</sub> (µg/L)*	< 14	14-20	21-34	> 34
Yağ-gres (mg/L)	< 0,2	0,3	0,5	> 0,5
Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			

Çizelge 2.8. YSKY Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları

Kimyasal Adı	YO-ÇKS* Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS** Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
Alüminyum	2,2	27	2,2	22
Bakır	1,6	3,1	1,3	5,7
Bor	707	1472	707	1472
Çinko	5,9	231	5,33	76
Demir	36	101	36	101

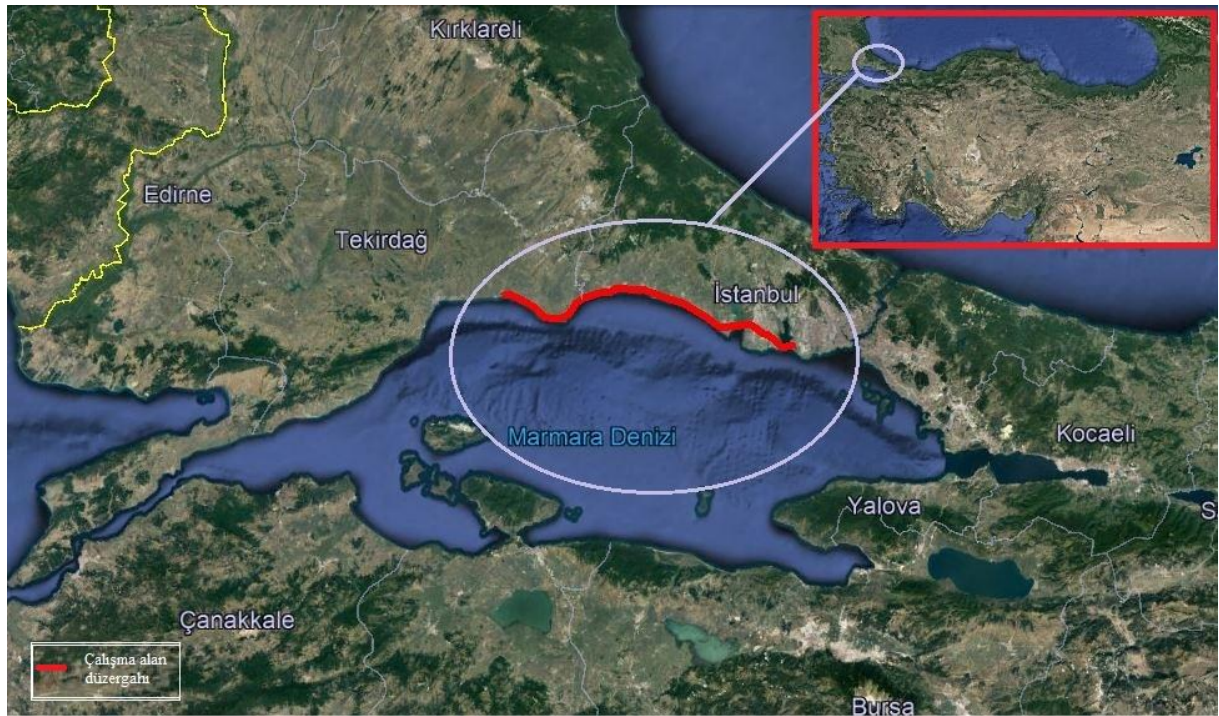
\*: YO-ÇKS: Yıllık ortalama çevresel kalite standardı

\*\* : MAK-ÇKS: Olağanüstü hallerde (kaza, doğal afet ve benzeri hallerde) ise, herhangi bir belirli kirlenici ve/veya öncelikli maddeye ait tekil izleme verisi maksimum izin verilebilir çevresel kalite standardı.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

Tez çalışması kapsamında Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında kalan bölgede Marmara Denizi'ne dökülen havza noktalarından belirlenen 7 lokasyonda havzanın kıyısından denizle karışmadan ve denizle karıştığı yerler olmak üzere deniz yüzey suyundan toplamda 12 adet noktadan su numune örneği alınmıştır. Numunelerde tuzluluk, iletkenlik, çözülmüş oksijen, ph ve inorganik kirleticiler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn) yönünden incelenmesi yapılmıştır. Çalışma alanı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi ile birleşen lokasyonlara ait görüntüler Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Çalışma alanı Marmara Bölgesi'nin Ergene ve Çatalca-Kocaeli bölümleri arasında yer almaktadır. Numune alınan 12 adet noktaya ait koordinatlar çizelge 3.1.'de gösterilmiştir. Numune alınan noktalarda Tekirdağ İli sınırında bulunan lokasyonlar yazlık yerleri kapsamaktadır. Yerleşim yerine yakın bölgelerde daha çok evsel kaynaklı ve derelerin uzak noktadaki sanayi noktalarının kirliliklerini taşınmasından kaynaklı endüstriyel kirlenmenin görüleceği aşikârdır. Küçükçekmece ve Büyükçekmece göllerine ise baktığımız zaman bölgelerin konumu itibari ile derelerin taşıdığı kirlilikler yine burada toplandığını söyleyebiliriz. Buda beraberinde hem evsel hemde endüstriyel kirlenmeyi getirecektir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait koordinatlar

Lokasyon No	Coğrafi Koordinatlar	
	X	Y
Cor 1.1 : Yenice Mevkii	41° 0'44.10"K	27°43'44.60"D
Cor 2.1 : Kum Deresi	40°58'11.50"K	27°55'35.00"D
Cor 2.2 : Kum Deresi	40°58'11.15"K	27°55'33.68"D
Cor 3.1 : Kınıklı Deresi	41° 0'38.20"K	27°59'7.70"D
Cor 3.2 : Kınıklı Deresi	41° 0'40.47"K	27°59'9.82"D
Cor 4.1 : Çeltik Yolu Mevkii	41° 3'37.80"K	28° 6'23.60"D
Cor 4.2 : Çeltik Yolu Mevkii	41° 3'37.15"K	28° 6'23.80"D
Cor 5.1 : Tuzla Deresi	41° 4'39.90"K	28°14'8.20"D
Cor 5.2 : Tuzla Deresi	41° 4'38.73"K	28°14'8.70"D
Cor 6.1 : Büyükçekmece Gölü	41° 1'17.90"K	28°34'24.15"D
Cor 7.1 : Küçükçekmece Gölü	40°58'39.90"K	28°46'28.80"D
Cor 7.2 : Küçükçekmece Gölü	40°58'37.80"K	28°46'29.50"D



Şekil 3.2. Çalışma alanlarına ait görüntüler (a): Yenice mevkii, (b): Kum Deresi, (c): Kınıklı Deresi, (d): Çeltik yolu mevkii, (e): Tuzla deresi, (f): Büyükçekmece Gölü, (g): Küçükçekmece Gölü

### 3.2. Numunelerin Toplanması ve Analiz Çalışmaları

10.10.2009 Tarihli ve 27372 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, Madde 10, b bendine göre;

- Akarsulardan ve atık suların karıştığı noktalardan, yüzeysen itibaren yaklaşık 40 cm derinliklerde su numunesi alınır. Bu noktaları gösteren kesitler çıkartılarak röperleme yapılmalıdır.

Tekirdağ ve İstanbul İllerini kapsayan bu çalışmada Marmara denizine dökülen havza noktalarından belirlenen 7 lokasyonda havzanın kıyısında; denizle karışmadan ve denizle karıştığı yerler olmak üzere deniz yüzey suyundan toplamda 12 adet noktadan su numune örneği alınmıştır. Alınan numuneler 1,5lt'lik ve 0,5lt'lik steril olan plastik pet şişelere kaplarda toplanmıştır. Numuneler yönetmelikte yazan usullere uygun şekilde alınmıştır. Şişeler su yüzeyinden yaklaşık olarak 30-40 cm aşağı daldırılarak alınmıştır.

0,5lt'lik plastik pet şişelerde toplanan su numunelerinde pH, tuzluluk, iletkenlik, çözülmüş oksijen değerlerinin hemen ölçülmesi için alınmıştır. Numuneler toplandıktan sonra bekletilmeden analizleri yapılmıştır.

1,5 lt'lik plastik pet şişelerde alınan su numuneleri ölçümü yapılana kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir. İnorganik kirleticilerin (Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn) analizleri üniversitemiz 'Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM' tarafınca yapılmıştır.

27372 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, Madde 6, c ve ç bendine göre;

- Numunelerin alındığı ve saklandığı kaplar özenle seçilir. Numuneler saklama kabından etkilenmemesi için ve herhangi bir reaksiyon oluşmaması için uygun nitelikte kaplar seçilmelidir.

- Numunelerin konulduğu kapların üzerine etiket yapıştırılmalı ve etikette gerekli tüm bilgiler yazılmalıdır.

Toplanılan numunelere Şekil 3.3'te gösterildiği gibi etiketleme yapılmıştır.



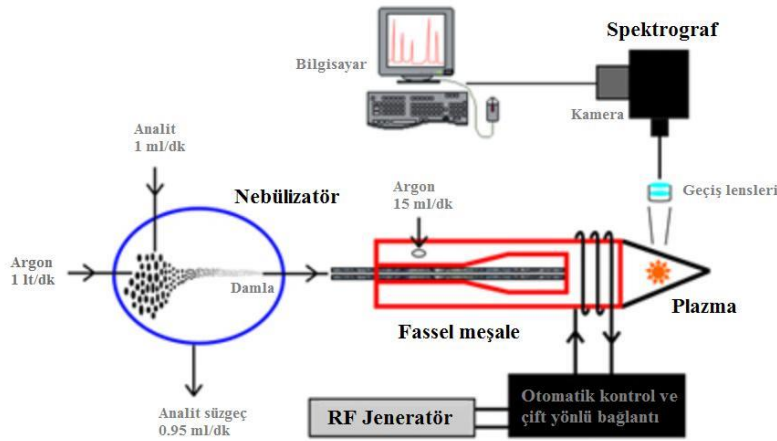






Şekil 3.5. ICP-OES Cihazı<sup>2</sup>

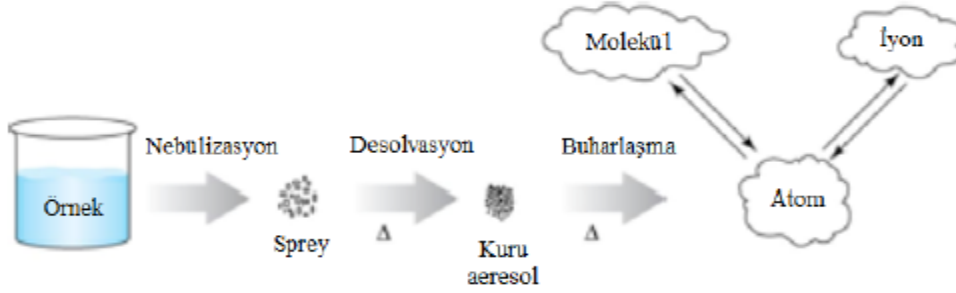
Çözeltileri hazırlanmış numune yaklaşık 6000-10000 °C de plazma yöntemiyle puskürtülen numune gaz fazına geçer. Gaz fazında atom haline gelen elementler plazmada uyarılmış duruma geçer ve daha sonra yaydıkları ışınların uygun bir dedektörle ölçerek çözeltideki element konsantrasyonunu ölçen bir prensibe sahiptir (Akdemir, 2014). Sıvı ve gaz numunelerin doğrudan ölçümü yapılırken katı numuneler ekstraksiyon veya parçalama işlemi yapıldıktan sonra işleme alınır (Anonim, 2020b). Şekil 3.6'da ICP-OES cihazının yapısı gösterilmiştir (Akdemir, 2014).



Şekil 3.6. ICP-OES Cihazının yapısı

<sup>2</sup> <https://nl-be.systemex-academy.com/>

Plazma; elektron ve katyonları kapsayan ve elektrik akımını iletebilen bir gaz karışımıdır. ICP-OES cihazında plazmayı çoğunlukla argon gazı oluşturur ve bu gaz inert bir gazdır. Plazma aerosol tanecikleri kurur, bölünür, atom haline gelir ve iyon haline dönüşür, son olarakta uyarılır. Yapılan işlemler Şekil 3.7’te gösterilmiştir (Akdemir,2014). Bu işlemler sonucunda her bir element kendilerine özgü ışın yayar. Bu ışın şiddeti elementlerin konsantrasyonuyla doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür (Akdemir, 2014).



Şekil 3.7. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi

### 3.3.1. Ölçülebilir Limitleri (Limit of Detection, LOD)

Gözlenebilir ve ölçülebilir bir analitik yöntemin performansını belirleyen önemli bir göstergedir.

Gözlenebilir sınırı konsantrasyon birimleri ile verilir. Bir analitik ölçümde derişim çok düşük ise kör (blank) ile aynı değerde cevap alınır (Akdemir, 2014).

$$\text{LOD} = \text{körün derişimi} + 3 \text{ (körün standart sapması)} \quad (3.1)$$

### 3.3.2. Tayin Sınırı (Limit of Quantitation, LOQ)

Gözlemlenebilir limitinde tekrar ölçüm olasılığı çok düşüktür. Bu nedenle gerçek değerlerin belirlenmesi sınırı olan LOD değerinin 5 veya 10 değeri alınır. Bu değere ölçüm sınırı adı verilir. Kabul edilebilir bir standart sapma değeri gözlemlenebilir Limiti için önemli bir ölçüttür. Belirleme limiti için sınırın üç katı kadar bir konsantrasyon gereklidir (Akdemir, 2014).

$$\text{LOQ} = 3 \cdot \text{LOD} \quad (3.2)$$

### 3.3.3. ICP-OES Sonuçlarının Hesaplanması

ICP-OES cihazında mg L<sup>-1</sup> olarak belirlenen konsantrasyonlar mg kg<sup>-1</sup> (ppm)'e aşağıda verine bağıntı ile dđnüştürölür:

$$\frac{vxc}{m} = ppm \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} \quad (3.3)$$

V = Numune hacmi (L)

C = Cihazda ölçölen numune konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)

m = Başlangıçta alınan katı numune miktarı (g)



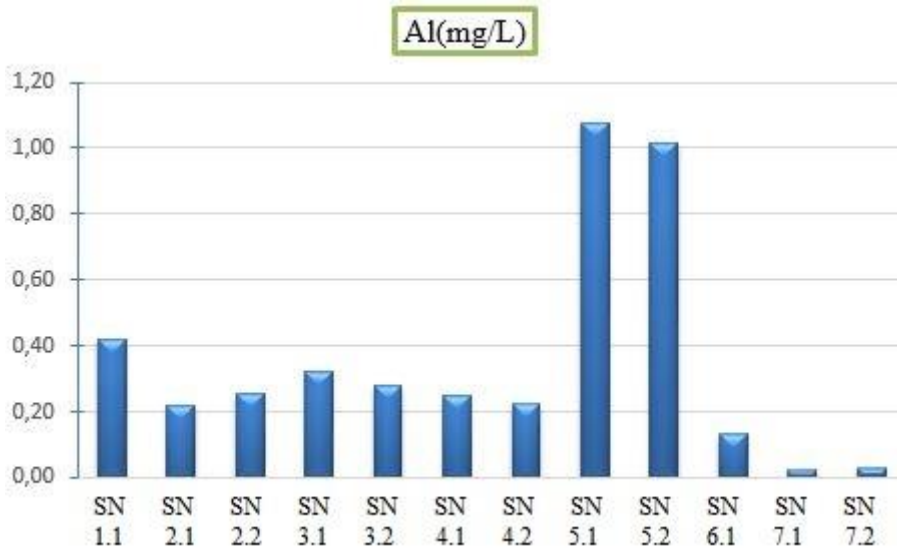
## 4. BULGULAR

### 4.1. Alüminyum

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan alüminyum değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan alüminyum değerleri

Su Numunesi Noktaları	Al (mg/L) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	Al (mg/L) Sonuçları
SN 1.1	0,422	SN 4.2	0,223
SN 2.1	0,220	SN 5.1	1,077
SN 2.2	0,255	SN 5.2	1,016
SN 3.1	0,322	SN 6.1	0,131
SN 3.2	0,281	SN 7.1	0,025
SN 4.1	0,247	SN 7.2	0,031



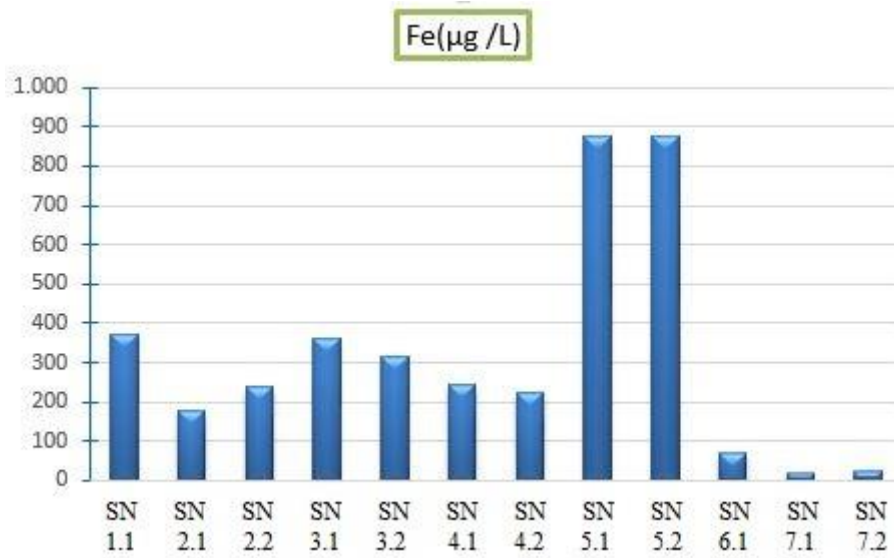
Şekil 4.1. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan alüminyumun analiz değerlerinin grafik gösterimi

## 4.2. Demir

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan demir değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan demir değerleri

Su Numunesi Noktaları	Fe ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	Fe ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları
SN 1.1	372,986	SN 4.2	223,464
SN 2.1	180,153	SN 5.1	874,113
SN 2.2	237,913	SN 5.2	878,196
SN 3.1	360,276	SN 6.1	70,140
SN 3.2	314,444	SN 7.1	21,289
SN 4.1	242,829	SN 7.2	23,748



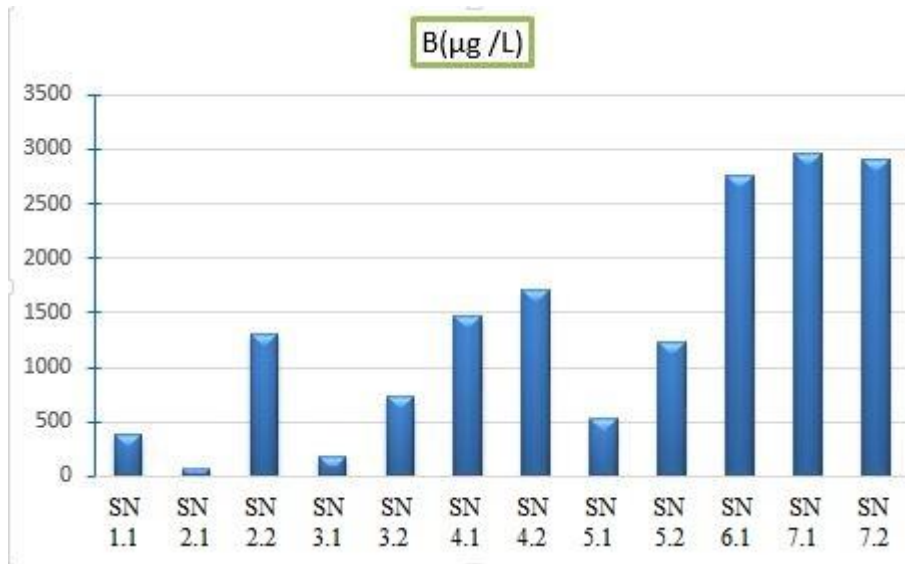
Şekil 4.2. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan demirin analiz değerlerinin grafik gösterimi

### 4.3. Bor

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bor değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bor değerleri

Su Numunesi Noktaları	B( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	B( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) Sonuçları
SN 1.1	393,712	SN 4.2	1.707,030
SN 2.1	75,759	SN 5.1	528,183
SN 2.2	1.305,360	SN 5.2	1.235,700
SN 3.1	190,062	SN 6.1	2.756,140
SN 3.2	728,120	SN 7.1	2.959,140
SN 4.1	1.468,090	SN 7.2	2.905,500



Şekil 4.3. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan borun analiz değerlerinin grafik gösterimi

#### 4.4. Çinko

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çinko değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çinko değerleri

Su Numunesi Noktaları	Zn ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	Zn ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları
SN 1.1	8,600	SN 4.2	15,550
SN 2.1	SDA	SN 5.1	0,611
SN 2.2	SDA	SN 5.2	0,940
SN 3.1	14,400	SN 6.1	0,172
SN 3.2	15,520	SN 7.1	0,250
SN 4.1	14,570	SN 7.2	0,955

(SDA: Saptanabilir Değerlerin Altında)



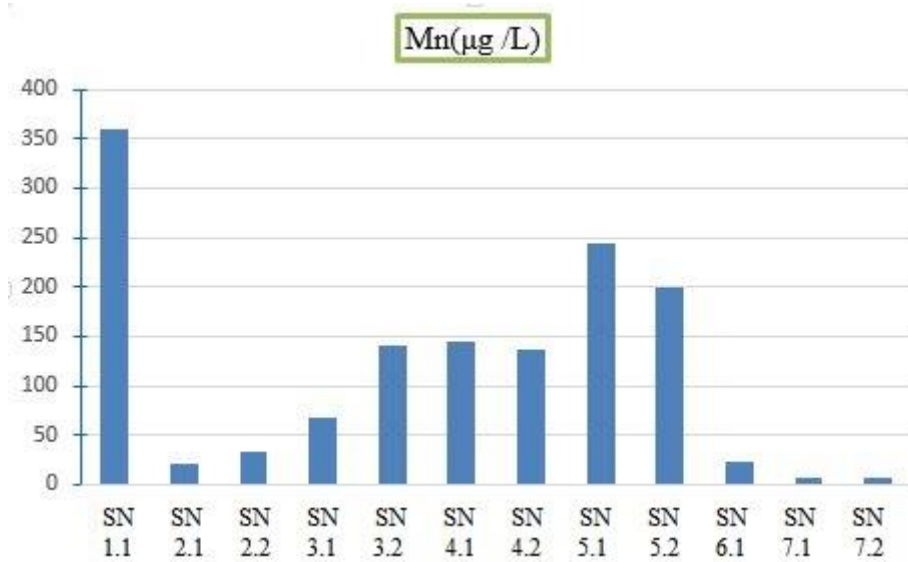
Şekil 4.4. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çinkonun analiz değerlerinin grafik gösterimi

#### 4.5. Mangan

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan mangan değerleri Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan mangan değerleri

Su Numunesi Noktaları	Mn ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	Mn ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları
SN 1.1	358,993	SN 4.2	136,410
SN 2.1	20,171	SN 5.1	244,289
SN 2.2	32,367	SN 5.2	198,592
SN 3.1	66,836	SN 6.1	23,143
SN 3.2	140,829	SN 7.1	7,870
SN 4.1	144,938	SN 7.2	7,649



Şekil 4.5. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan manganın analiz değerlerinin grafik gösterimi

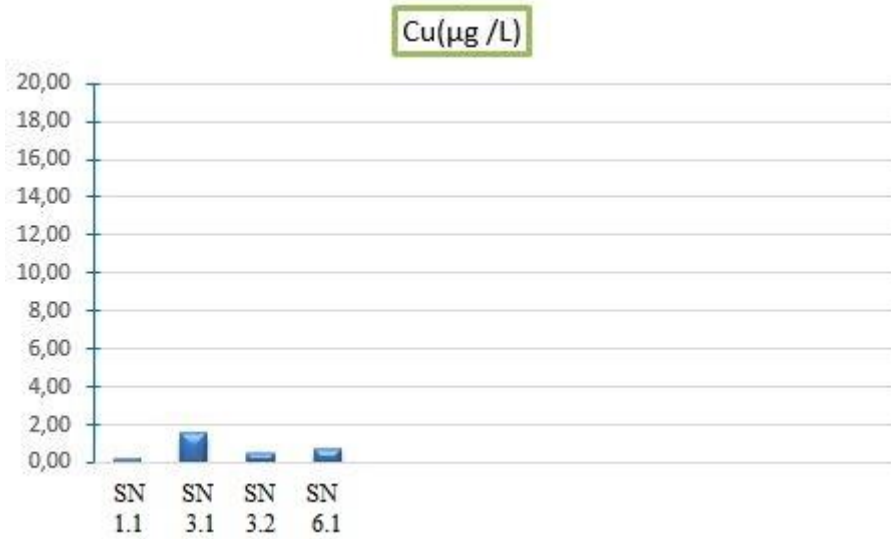


#### 4.6. Bakır

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su numuneleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı NABİLTEM'e ait ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bakır değerleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bakır değerleri

Su Numunesi Noktaları	Cu ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları	Su Numunesi Noktaları	Cu ( $\mu\text{g/L}$ ) Sonuçları
SN 1.1	0,220	SN 4.2	SDA
SN 2.1	SDA	SN 5.1	SDA
SN 2.2	SDA	SN 5.2	SDA
SN 3.1	1,575	SN 6.1	0,708
SN 3.2	0,472	SN 7.1	SDA
SN 4.1	SDA	SN 7.2	SDA



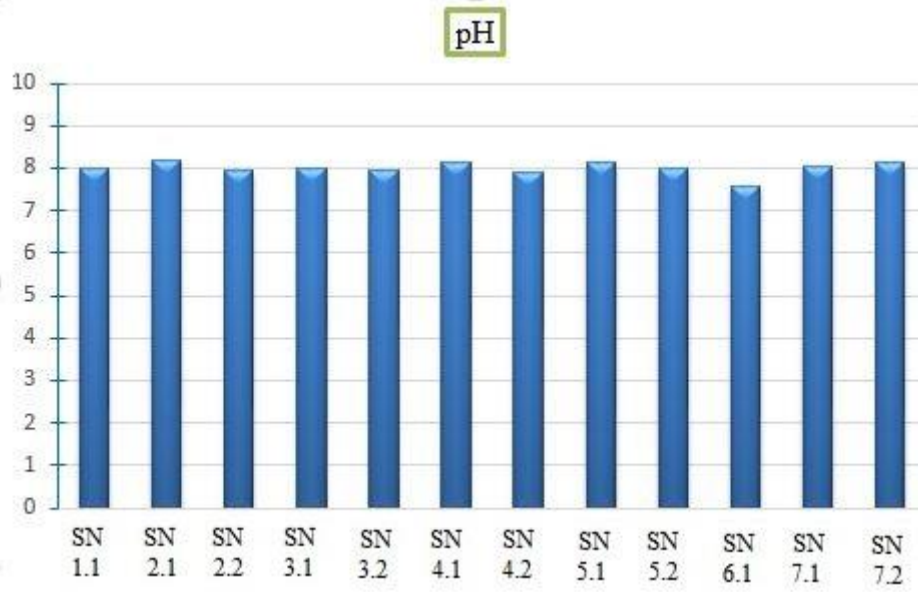
Şekil 4.6. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan bakırın analiz değerlerinin grafik gösterimi

#### 4.7. pH, Çözünmüş Oksijen, Tuzluluk, İletkenlik

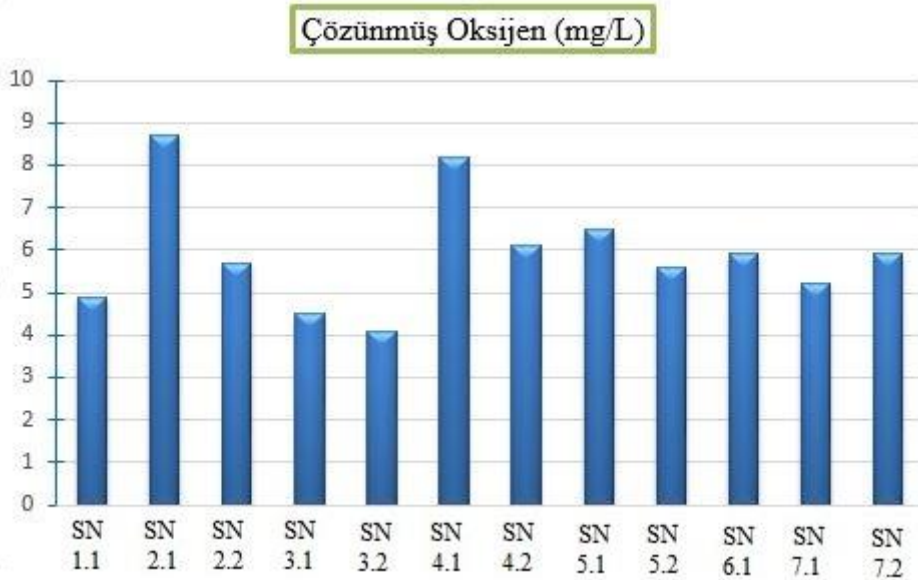
Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su örneklerinde laboratuvarında yapılan pH, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve iletkenlik değerleri Çizelge 4.7, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Su numunelerinin pH, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik değerleri

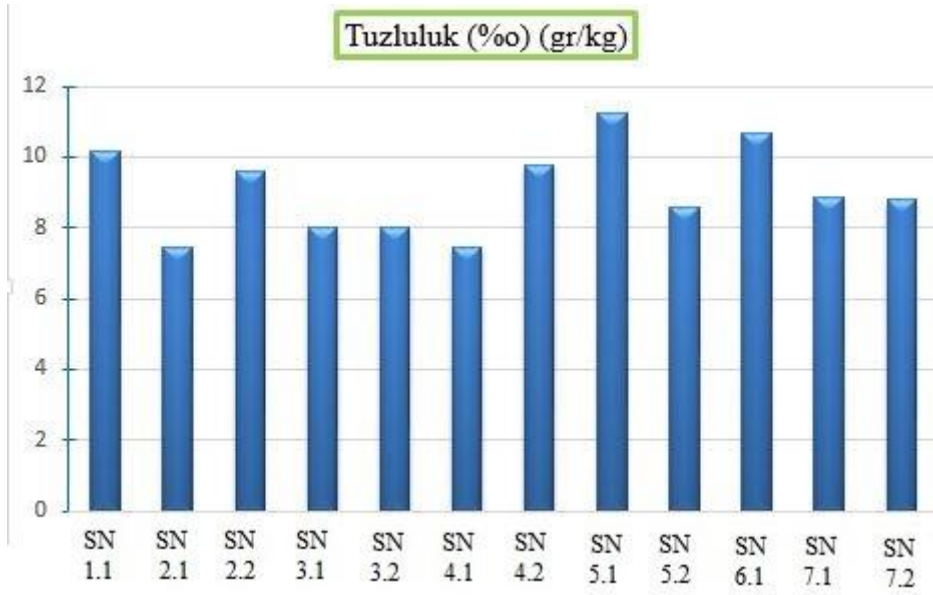
Su Numune Noktaları	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰) (gr/kg)	İletkenlik $\mu\text{mho/cm}$
SN 1.1	8,01	4,9	10,15	16,48
SN 2.1	8,21	8,7	7,45	9,15
SN 2.2	7,95	5,7	9,58	8,9
SN 3.1	7,99	4,5	8,04	11,45
SN 3.2	7,95	4,1	8,02	10,9
SN 4.1	8,16	8,2	7,45	13,45
SN 4.2	7,89	6,1	9,78	13,45
SN 5.1	8,16	6,5	11,26	13
SN 5.2	8,01	5,6	8,59	9,1
SN 6.1	7,59	5,9	10,7	11,5
SN 7.1	8,05	5,2	8,88	9,8
SN 7.2	8,13	5,9	8,79	10,5



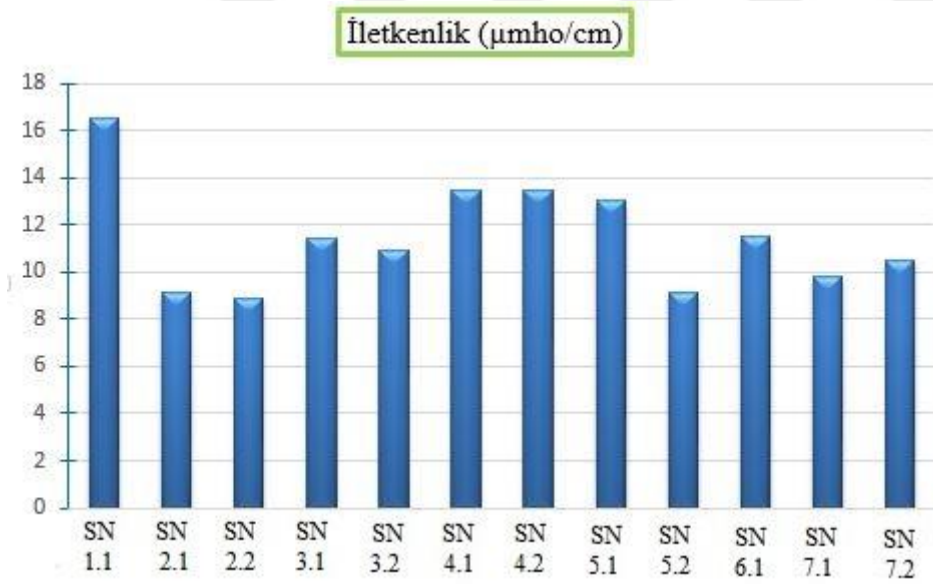
Şekil 4.7. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan pH'nın analiz değerlerinin grafik gösterimi



Şekil 4.8. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan çözünmüş oksijenin analiz değerlerinin grafik gösterimi



Şekil 4.9. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan tuzluluğun analiz değerlerinin grafik gösterimi



Şekil 4.10. ICP-OES cihazı ile ölçümü yapılan iletkenliğin analiz değerlerinin grafik gösterimi

## 5. SONUÇLAR

Tekirdağ ile Küçükçekmece Gölleri arasında Marmara Denizi'ne dökülen belirtilen lokasyonlardan alınan su örneklerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri ile kıyaslandığına ki sonuçlar aşağıda ki gibidir;

Alimünyum (Al) değerlerine bakıldığı zaman Tuzla Deresi hem dere kaynağı hemde denize döküldüğü yerde III. Sınıf kalitede olup, Büyükçekmece ve Küçükçekmece göllerine ait alüminyum değeri oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Göller ile beraber diğer lokasyonların I. Sınıf kalite değerinde olduğu gözlemlenmektedir.

Demir (Fe) değerlerinin genellikle I.sınıf kalite değerinde olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca Büyükçekmece ve Küçükçekmece Göllerine ait lokasyonlarda demir (Fe) değerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanında bakır (Cu) yönünden kirlenme söz konusu değildir. Oldukça düşük değerlerde olan bakır yönünden su kaynakları I. Sınıf kalite değerine sahiptir.

Çinko (Zn) değerlerine bakıldığı zaman tüm lokasyonlarda I.sınıf kalite değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Mangan (Mn) değerleri tüm lokasyonlarda I.sınıf kalite değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Büyükçekmece ve Küçükçekmece Göllerine ait lokasyonlarda mangan değerlerinin aşırı düşük olması dikkat çekmiştir.

Bor (B) değerlerinin denizle karışmadan önceki kaynağında genellikle I.sınıf kalite değerinde olup; kaynağın denize döküldükten sonrasında ise bor değerinin aşırı artış göstererek IV.sınıf kalite değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Özellikle Büyükçekmece ve Küçükçekmece Göllerine ait bölgelerde izin verilebilen değerin çok üstünde olduğu dikkat çekmiştir. Bor değerindeki bu artışın sebebinin ülkemizin bor madeni bakımından zengin olması ve bu bor madenlerinin çeşitli yollar ile suya karışarak denizlere ulaşmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Bor değerlerinin denize ulaşmasında Evaporasyon etkisinin de varlığı göz ardı edilmemelidir. Su yüzeyinde veya toprakta su moleküllerinin sıvı fazdan gaz fazına geçişi esnasında atmosfere karışarak borun su döngüsü neticesinde denizlere karışmış olabileceği de tahmin edilmektedir.

İnceleme alanına ait pH değerleri I.sınıf kalite değerlerindedir. Çözünmüş oksijen değerlerine bakıldığında ise Kum Deresi ve Çeltik yolu mevkiilerinde gelen akarsuyun denizle karışmadan önceki değerleri I.sınıf, diğer tüm lokasyonlar II.sınıf olarak nitelendirilmektedir. Çözünmüş oksijen yönünden biraz zayıf olduğu gözlemlenmiştir. İnceleme alanındaki çözünmüş oksijenin azalmasında kirleticilerin artmasının etkisi olduğu düşünülmektedir.

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamınca araştırması yapılan Marmara Denizi 2014-2016 izleme çalışmasında kış ve yaz dönemi yüzey suyu tuzluluk değerleri 17,5-28,8 psu değer aralıklarında değişmektedir. Düşük tuzluluk değerine sahip istasyonlarda nehir etkisinin olabileceği savunulmuştur. Yaptığımız çalışmada ise tuzluluk değerleri 7,45-11,26 psu değer aralığında değişmektedir. Yapılan diğer çalışma ile karşılaştırıldığında düşük tuzluluk değerlerinde olması numune alınan yerlerin dökülen akarsu noktaları taşınan suların deniz suyu özelliği göstermemesinden ve denizle karışıkları ilk yer olmasından kaynaklı düşük çıkabileceği düşünülmektedir.

Çözeltilerin elektrik akımını geçirmesine iletkenlik denir. İletkenlik iyon halindeyken çözünmüş tuzun bulunmasına bağlıdır ve çözünmüş tuz konsantrasyonunun artmasıyla doğru orantılı olarak artar. Deniz suyunda çözünmüş tuz konsantrasyonu arttıkça iletkenlikte artmaktadır (Serter 2011). Çalışmamızda iletkenlik değer aralıkları 8,59-16,48  $\mu\text{mho/cm}$  arasında değişmektedir. Tuzluluk değerlerinin düşük değer aralıklarında olduğu bu çalışmada iletkenlik değerleride düşük çıktığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak 12 noktadan alınan su örneklerinin ağır metal düzeyleri incelendiğinde Tekirdağ-Küçükçekmece gölü arasından denize dökülen yüzeysel sularının kalite düzeyleri, sınırlandırılan metaller açısından doğal kirlilik düzeylerinde kaldığı ve ekolojik bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Fakat bor elementinin yüksek değerler sahip olmasının Marmara Bölgesinin tam bir bor madeni olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmanın gelecekte yapılacak olan çalışmalara ışık tutması beklenmektedir. Bu sebeple Marmara Denizi'nde ağır metal değerlerinin araştırılması özellikle yüksek çıkan Bor değerlerinin kaynaklarının belirlenmesi esas alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akdemir, F. (2014). *Xrf ve icp-oes teknikleri ile van gölü'nün su ve sedimentinin eser element analizi* (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Anonim, (2020a). *Marmara bölgesi coğrafi özellikleri*. 1 Nisan 2020, Erişim adresi <https://mthmm.csb.gov.tr/bolgemiz-i-85694>
- Anonim, (2020b). *Icp-oes plasma2000 inductive coupling plasma – optic emission spectrometer*. 16 Nisan 2020, Erişim adresi <https://www.duatek.com/icp-oes-spektrometre-analiz-cihazlari.html>
- Artüz, M.L. (2007). *Bilimsel açıdan marmara denizi*. Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Sevinç Erdal İnönü Vakfı.
- Bayatlıoğlu, G. (2014). *Marmara denizi'nde çevresel şartların yıllara göre değişimi* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beken, Ç. P. (2017, Kasım 21). *Marmara denizi'nin mevcut kirlilik durumunun tarihsel süreci*. 3.Marmara Denizi Sempozyumu, 114-131, İstanbul.
- ÇŞB, TÜBİTAK MAM (2017). *Denizlerde bütünleşik kirlilik izleme programı, 2014-2016 yılı marmara denizi özet raporu*. TÜBİTAK-MAM Matbaası, Baskı No: ÇTÜE.16.330, Ankara.
- Demirel, S. (2008). *Doğal ortamdaki fizikokimyasal şartların ağır metal biyosorpsiyonuna etkisi* (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Kaygaldurak, S., Şar, V., Acar, A. (2012). Çeşitli endüstriyel atıksularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 16, 6-12.
- Emre, H., Öztürk, H., Çiftçi, Y., Işık, A., Hanilçı, N. (2000). *Marmara denizi havzasında madencilik faaliyetleri, yüzey suları ve denizel ortam üzerine etkileri*. “Marmara Denizi 2000” Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Yayın no:5, 274-283, İstanbul.
- Güven, K. C., Öztürk, B. (2005). *Deniz Kirliliği Analiz Yöntemleri İlgili Uluslararası Sözleşmeler*.
- Köleli, N., Kantar, Ç. (2005). Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksik ağır metaller (cd, pb, ni, as) konsantrasyonu. *Ekoloji Dergisi*. 14(55).
- Mesci, A.Ç. (1991). *Büyükçekmece gölü'nü kirleten endüstriyel kuruluşların kirlilik yükünün tespiti ve öneriler* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Serter, U. (2011). *Kuzey marmara denizi ve istanbul boğazi'nda hidrolojik değişkenlerle çözülmüş oksijen, fosfor, klorofil-a ve anyonik yüzey aktif maddelerin mevsimsel değişimi ve kirlleticilerle ilişkileri* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 31.12.2004 Resmi Gazete Tarihi ve 25687 Resmi Gazete Sayısı.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği. 10.10.2009 Resmi Gazete Tarihi ve 27372 Resmi Gazete Sayısı.
- Okumuş, E. (2007). *Küçükçekmece gölü sedimentinde ağır metal ( $zn^{+2}$ ,  $fe^{+2}$ ,  $cu^{+2}$ ) adsorpsiyonu* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgür, S. (2006). *Marmara denizi havzası kirlilik yüklerinin araştırması* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Rether, A. (2002). *Entwicklung und charakterisierung wasserlöslicher benzoylthioharnstoffunktionalisierter polymere zur selektiven abtrennung von schwermetallionen aus abwässern und prozesslösungen.* (Doktora Tezi), Münih Teknik Üniveristesi
- Taşdemir, Y. (2002). Marmara denizi: kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler. *Uludağ Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 7, 39-45.
- Tofan, S. (2008). *Konya bölgesindeki içme sularında metal tayini* (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M.S. (2008). Hazar gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23, 119-127.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. 30.11.2012 Resmi Gazete Tarihli ve 28483 Resmi Gazete Sayılı
- Yıldırım, B. (2013). *Tekirdağ ili sahillerinde avlanan su ürünlerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yipel, M., Tekeli, İ. O. (2016). İskenderun-Samandağı arası denize dökülen yüzeysel su kaynaklarının ağır metal kirliliğinin araştırılması. *F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.*, 30(2), 107-112



## ÖZGEÇMİŞ

Gamze Pekacar 1994 yılında Babaeski' de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Babaeski Cumhuriyet Okulu'nda, lise öğrenimini Hayrabolu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2012' de kazandığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.

Adres: Hürriyet Mah., Kemaller Cad., Vadi Evleri, no:35/6, Çorlu/TEKİRDAĞ

Telefon: (+90) 530 309 61 32

e-posta: gamze.ekc39@gmail.com