İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NDE POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisi M. Didem KÖSELER

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ÇEVRE BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NDE POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Melehat Didem KÖSELER
501061713

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2008

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Kadir ALP**
Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Işık KABDAŞLI (İ.T.Ü.)**
Prof.Dr. Semiha ARAYICI (İ.Ü.)

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında fikirleri ve eleştirileri ile desteğini gördüğüm, konu ile ilgili bilgi sahibi olmamı ve çalışmalarımı yönlendirmemi sağlayan değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Kadir ALP'e teşekkürlerimi sunarım.

Görüş ve önerileri ile destek olan İSKİ Su Kalite Kontrol Müdürü Şahin ÖZAYDIN'a, Nigar ASLAN'a, Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi Müdürü Mustafa KÖSE'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Araş.Gör. Asude HANEDAR, Dr. Tuğba ÖLMEZ ve Araş.Gör. Edip AVŞAR'a, tez yazımındaki katkılarından dolayı arkadaşım İnşaat Mühendisi Berkay BOZBEK'e sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman, her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme en içten sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2008 **Melehat Didem KÖSELER**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
SEMBOL LİSTESİ **ix**
ÖZET **x**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**
1.1 Konunun Önemi 1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 1

2. POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBONLAR'A GİRİŞ **3**
2.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs) 4
2.2. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 5
2.3 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Kaynakları 9
2.4 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Akıbeti 11
2.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri 12

3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI **14**

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMİ **21**
4.1 PAH Ekstraksiyonu ve Analizi 21
4.1.1 Ekstraksiyon tekniği 21
4.1.2 Saflaştırma tekniği 22
4.1.3 Enstrümental analiz (HPLC) 23

5. DENEYSEL ÇALIŞMA **25**
5.1 Büyükçekmece Baraj Gölü Havzası 25
5.1.1 Havzanın yeri 25
5.1.2 Havza sınırları 26
5.1.3 Yüzey şekilleri 27
5.1.4 Havza hidrolojisi 28
5.1.5 Yüzeysel su kaynakları 28
5.1.6 Meteorolojik özellikler 29
5.1.7 Büyükçekmece bölgesinin hava kirliliği emisyon kaynakları 29
5.1.8 Büyükçekmece içme suyu arıtma tesisi 32
5.2 Materyal ve Metot 33

5.2.1 Numune alma noktaları 33
5.2.2 Numune alma şekli 36
5.2.3 Analiz parametreleri 37
5.2.4 Uygulanan yöntemler 38
5.3 Matriks etkisinin incelenmesi 42

6. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI 47
6.1 PAH Analiz Sonuçları 47
6.1.1 Kış mevsimi numuneleri 47
6.1.2 Bahar mevsimi numuneleri 49
6.1.3 Kış ve bahar mevsimi numunelerinin karşılaştırılması 54
6.2 Büyükçekmece Gölü'nde Fiziksel ve Kimyasal Kirletici Parametrelerin Analiz Sonuçları 57
6.2.1 Fiziksel parametreler 57
6.2.2. İyon analizi sonuçları 59
6.3. PAH Analiz Sonuçlarının Literatür ile Mukayesesi 62

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 64
7.1 PAH Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 64
7.1.2 Etkili PAH kaynakları 65
7.1.3 Büyükçekmece gölü'nde PAH kirlenmesinin dağılımı 66
7.2 Genel Parametre ve Anyon/Katyon Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 67

8. ÖNERİLER 69

KAYNAKLAR: 70

ÖZGEÇMİŞ 74

KISALTMALAR

PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
AKM : Askıda Katı Madde
UAKM : Uçucu Askıda Katı Madde
PCB : Poliklorlu Bifenil
POP : Kalıcı Organik Kirleticiler
DDT : Dikloro-Difenil-Trikloroetan
WHO : Dünya Sağlık Örgütü
EPA : A.B.D. Çevre Koruma Örgütü
EEC : Avrupa Ekonomik Topluluğu
AB : Avrupa Birliği
TEM : Avrupa Transit Otoyolu
İSKİ : İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
DCM : Diklorometan
HPLC : Yüksek Performans Likit Kromatograf
UV : Ultraviyole
FLD : Florasan Dedektör
GF/F : Cam Elyaf Filtre
DMF : Dimetilformamit
SKKY : Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
GC-MS : Gaz Kromatografı Kütle Spektrometri
ASE : Hızlandırılmış Solvent Ekstraksiyonu
TOC : Toplam Organik Karbon
Mak. : Maksimum
Min. : Minimum
Ort. : Ortalama
KS : Kış Su Numunesi
KSd : Kış Sediment Numunesi
KF : Kış Filtre (AKM numunesi)
BS : Bahar Su Numunesi
BSd : Bahar Sediment Numunesi
BF : Bahar Filtre (AKM numunesi)

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1	EPA Listesinde Yer Alan 16 PAH Türü……..	4
Tablo 2.2	PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ……..	7
Tablo 2.3	Atmosfer ve Su Ortamındaki Önemli PAH Kaynakları …….	10
Tablo 3.1	PAH Konsantrasyonu İle Nüfus Yoğunluğu, Kentsel Alan, T.E.T ve Yerleşim Alanı Arasındaki Korelasyon Katsayıları….	16
Tablo 3.2	Ortalama PAH Değerleri……..	16
Tablo 3.3	Farklı Bölgelerde Su ve Sedimentteki PAH Değerleri……	17
Tablo 3.4	Dünya'nın Çeşitli Bölgelerinde Sediment Numunelerinde PAH Değerleri……	18
Tablo 3.5	İçme Suyu Standartlarında Yer Alan PAH ve BaP Değerleri…	20
Tablo 5.1	Büyükçekmece Gölü'nün Hidrolojik Özellikleri…….	28
Tablo 5.2	İstasyon Koordinatları ve Derinlikleri ……..……	34
Tablo 5.3	Askıda Partikül Fazındaki Verim……	43
Tablo 5.4	Sediment Fazındaki Verim……	44
Tablo 5.5	Su Fazındaki Verim……	44
Tablo 5.6	PAH Türlerine Göre Verim……	45
Tablo 5.7	UV ve Florasan Dedektör İle En Düşük Belirleme Limiti……	46
Tablo 6.1	Kış Mevsimi Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları…….	47
Tablo 6.2	Kış Mevsimi Askıda Madde Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları…….	48
Tablo 6.3	Kış Mevsimi Su Numunelerindeki Çözünmüş PAH Konsantrasyonları…….	49
Tablo 6.4	Bahar Mevsimi Süzülmüş Su Numunelerindeki Çözünmüş PAH Konsantrasyonları……...	50
Tablo 6.5	Bahar Mevsimi Süzülmüş AKM Numunelerindeki PAH Konsantrayonları……..	50
Tablo 6.6	Bahar Mevsimi Süzülmüş Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları…….	51
Tablo 6.7	Bahar Mevsimi Süzülmüş Su Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak-Mam Lab.)……	52
Tablo 6.8	Bahar Mevsimi Süzülmüş AKM Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak-Mam Lab.)……	53
Tablo 6.9	Bahar Mevsimi Süzülmüş Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak-Mam Lab.)……	54
Tablo 6.10	Kış ve Bahar Dönemi Sediment Numunelerinin Karşılaştırılması……	55
Tablo 6.11	Kış ve Bahar Dönemi Su Numunelerinin Karşılaştırılması…….	56
Tablo 6.12	Kış ve Bahar Dönemi AKM Numunelerinin Karşılaştırılması…	57

Tablo 6.13 Kış ve Bahar Örneklerinin pH, İletkenlik ve Bulanıklık Değerleri…….….. 59
Tablo 6.14 Kış ve Bahar Örneklerinin AKM ve Bulanıklık Değerleri……. 59
Tablo 6.15 Kış ve Bahar Örnekleri Anyon Analiz Konsantrasyonları…….. 60
Tablo 6.16 Kış ve Bahar Örnekleri Katyon Analiz Konsantrasyonları……. 62
Tablo 6.17 Büyükçekmece Gölü Su Karakterizasyonu……. 63
Tablo 6.18 Sonuçların Literatürle Karşılaştırılması…… 64
Tablo 7.1 PAH Kaynaklarını Belirlemede Kullanılan Formüller……. 67
Tablo 7.2 PAH Kaynaklarını Belirlemede Kullanılan Sonuçlar……... 67
Tablo 7.3 Kış Numunelerinde PAH Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Sıralaması……..... 68
Tablo 7.4 Büyükçekmece Gölü Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimi…….. 69

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	**:** Alifatik ve Aromatik Hidrokarbonların Yapıları	5
Şekil 2.2	**:** PAH'ların Döngüsü	12
Şekil 4.1	**:** Bir Soxhlet Aparatı ……..…….....	22
Şekil 4.2	**:** Bir Silika Jel Kolonu.....	23
Şekil 5.1	**:**Büyükçekmece Gölü'nün Haritadaki Yeri…….	26
Şekil 5.2	**:** Büyükçekmece Havzası……	27
Şekil 5.3	**:** Ocak ve Nisan Ayında Numune Alınan İstasyonlar	35
Şekil 5.4	**:** Nisan Ayında Eklenen 10. ve 11. İstasyonlar	35
Şekil 5.5	**:** Nisan Ayında Eklenen 12. İstasyon	36
Şekil 5.6	**:** Sediment Numunelerinin Kepçe İle Alınışı……...	37
Şekil 5.7	**:** Su Numunelerinin Toplandığı 2.5 lt'lik Amber Şişeler	37
Şekil 5.8	**:** Döner Buharlaştırıcı	39
Şekil 5.9	**:** Silika Kolonu	40
Şekil 5.10	**:** Ekstraktın Viale Alınması……..	40
Şekil 5.11	**:** Ayırma Hunisi İle Yapılan Ekstraksiyon İşlemi……	41

SEMBOL LİSTESİ

Pa **:** Paskal, basınç birimi
K_{ow} **:** Oktanol-Su kısmi katsayısı
K_H **:** Henry sabiti

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NDE POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

ÖZET

Polisiklik Aromatik hidrokarbonlar (PAH) 2-7 halkalı hidrokarbon bileşikleri olup her türlü yanma prosesi sonucu atmosfere verilmektedir. İnsan ve doğal kaynaklı olmak üzere başlıca iki kaynağı bulunan bu kanserojenik bileşiklerin antropojenik kaynaklarından başlıcaları, evsel ısınma, trafik ve endüstrilerdir.

PAH'ların su ortamından gideriminin çok yavaş olması sonucu bu bileşikler gıda zinciri ile balıklara ve insanlara geçerek vücutta birikim özelliği göstermekte ve bu sayede balıkların ve insanların yağ dokularında uzun yıllar kalarak, stres ve açlık neticesinde kana geçip, uzun yıllar sonra bile toksik etkilerini göstermektedirler. PAH tipindeki kirleticilerin insanlarda akciğer, mesane ve deri kanserine neden oldukları çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu tür toksik özelliklerinden dolayı PAH'lar, 2000 yılında AB su direktifi çerçevesinde de yer almıştır. Bu anlamda PAH'lar özellikle içme suyu rezervuarı olarak kullanılan su kütlelerinde sürekli olarak izlenen kirletici gruplarından biridir.

Bu çalışmada İstanbul'un ikinci büyük içme suyu rezervuarı olan Büyükçekmece Gölü' nde farklı fazlarda (su, askıda partiküler madde ve sediment) bulunan PAH konsantrasyonları belirlenmiştir. Büyükçekmece Gölü, gerek çevresindeki sanayi kuruluşlarının fazlalığı gerekse kuzey ve güney uçlarından geçen otoyollar nedeniyle antropojenik kaynaklı PAH kirliliğine en fazla maruz kalan su rezervuarlarından biri olarak düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlarla, İstanbul'da ilk olarak bir içme suyu rezervuarında PAH gibi kanserojenik bir organik kirletici grubu belirlenmiştir. Örnekleme matriksinin bir içme suyu rezervuarı olduğu gözönüne alındığında, farklı numune alma noktalarında farklı zamanlarda ve farklı fazlardan alınan bu örnekleme sisteminden elde edilen bilgilerin gerek kamu sağlığı açısından faydaları gerekse literatüre kazandırdığı bilgiler açısından önemi açıktır.

DETERMINATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) CONCENTRATION IN THE BÜYÜKÇEKMECE LAKE

SUMMARY

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons are organic compounds with 2-7 rings. They are emitted to atmosphere by results of every combustion processes. PAHs are originated two major sources: natural and anthropogenic. Residential heating, traffic and industries are major anthropogenic sources of these compounds.

Because of hydrophobic characteristic, PAHs permeate to fishes and human body by food chain and then accumulate. Moreover PAH compounds can be in fatty tissue of fishes and human body by a long time and then can pass to blood caused by stress and hunger and toxic effects of these pollutants could be occurred after a long time. It is proved that PAHs cause lung cancer, bladder cancer and skin cancer in human body by several studies. Especially in drinking water reservoir PAHs are one of the pollutant groups that are monitored regularly.

In this study, concentrations of different phases (water, suspended particulate matter and sediment) of PAHs have been determined in Buyukcekmece Lake which is one of the biggest water reservoirs in Istanbul. There are many industries and also two highways around the Lake. For this reason, it is thought that, Buyukcekmece Lake exposure the highest anthropogenic pollution load.

In this study, organic pollutant group like PAHs have been determined firstly in water reservoir in Istanbul. The results of the study have been very important for public health and providing knowledge to literature

1. GİRİŞ

1.1 Konunun Önemi

Bu çalışmanın sonunda elde edilen sonuçlarla, İstanbul'da ilk olarak bir içme suyu rezervuarında PAH gibi kanserojenik bir organik kirletici grubu belirlenmiştir. Örnekleme alanının bir içme suyu rezervuarı olduğu göz önüne alındığında, farklı numune alma noktalarında farklı zamanlarda ve su ve sediment fazlarından alınan örneklerden elde edilen PAH konsantrasyonlarının gerek gölü etkileyen PAH kaynakları gerek bu su kaynağının kullanılması dolayısı ile kamu sağlığı açısından ve gerekse literatüre kazandırdığı bilgiler açısından önemi açıktır. Bunun yanında iyon tür ve konsantrasyonlarından göldeki su kalitesi hakkında detaylı bilgi sağlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Büyükçekmece Gölü, çevresinde bulunan yaklaşık 800 sanayi kuruluşu ve gölün kuzey ve güney ucundan geçen otoyollarla en çok kirlilik yüküne sahip su rezervuarlarından biridir. Bu çalışmada, İstanbul'un ikinci büyük içme suyu rezervuarı olan ve maruz kaldığı kirlilik yükü açısından yukarıda sayılan nedenlerden ötürü başta gelen Büyükçekmece Gölü'nde, seçilecek numune alma noktalarında, farklı zamanlarda ve farklı fazlarda (su, askıda partikül madde ve sediment) bulunan PAH ve inorganik iyon konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, Büyükçekmece Gölü'nde aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir;

1. Su, askıda partikül madde ve sedimentte bulunan PAH konsantrasyonları belirlenmiş,
2. Bu belirleme, su debisi ve meteorolojik koşullardaki farklılaşmanın etkisini ortaya koyabilmek amacıyla farklı iki mevsimi kapsayacak şekilde planlanmış,

3. Mekâna bağlı değişimi ortaya koymak amacıyla gölün özellikle hareketli kaynak kirlenmesine en yakın ve en uzak yerlerini kapsayacak şekilde farklı numune alma noktalarında gerçekleştirilmiş,
4. Göldeki su kalitesini incelemek amacıyla su numunelerinde inorganik iyon konsantrasyonlarına bakılmıştır.

2. POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBONLAR'A GİRİŞ

Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH)'lar, fosil yakıtların tam yanmaması sonucu çevreye atılan, petrol ve petrol türevlerinde bulunan tehlikeli organik kirleticilerdir. PAH'ların çoğu çevrede uzun süre kalmaları ve birikimleri sonucu, çevre kirlenmesine sebep olurlar ve biyolojik dengeyi önemli ölçüde etkilerler (Sprovieri ve dig., 2007; Telli-Karakoç ve dig., 2002; Li ve dig., 2006). PAH'ların çevrede taşınımları ve birikimleri sonucu ekolojik dengede yapmış oldukları tahribat son yıllarda tüm dünyada çözümü aranan sorunlardan biri haline gelmiştir. Petrol ve petrol türevi olan PAH'lar, kullanım esnasındaki hatalar ve ihmaller sonucunda, petrol dökülmesi ve fosil yakıtların (evsel ısınma, ulaşım, endüstri vb. sırasında) tamamen yanmadan atılmalarıyla çevreye bulasan ve sucul ve karasal ekosistemlerde uzun süre kalabilen çevresel organik bilesikler sınıfındandırlar (Karakaya, 2003; Yunker ve dig., 2003; Martinez ve dig., 2004).

1775 yılında İngiliz cerrah Percival Pott'un baca temizleme atıklarının testis kanserini ilerlettiğini bildirmiş olmasından bu yana is, katran ve ziftin zararlı etkileri bilinmektedir. 150 yılı aşkın bir süre sonra ise zift ve katranın yapısındaki kanserojenik bileşikler polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) olarak tanımlanmıştır. 1976 yılında 30 dan fazla PAH bileşiği ve yüzlerce PAH türevinin kanserojenik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. PAH'lar günümüzde kimyasal kanserojenlerin en geniş sınıfı olarak bilinir (Bjørseth ve dig., 1985).

PAH bileşiklerinden kaynaklanan muhtemel tehlikeler Dünya Sağlık Örgütü'nün Kanseri Önleme Kurulu tarafından beyan edilen içme suyu standartlarında tanınmıştır ve birçok ulusal örgüt PAH'ların gıdalar, atmosfer, endüstiyel atıklar ve mobil kaynaklarla olan ilişkisini ortaya koymuştur (Eisler, 2000).

2.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs)

Polisiklik Aromatik hidrokarbonlar (PAH) 2-7 halkalı hidrokarbon bileşikleri olup her türlü yanma prosesi sonucu atmosfere verilen ve 100 den fazla farklı türü içinde barındıran kimyasal bir gruptur (Li ve dig., 2003; Telli-Karakoç ve dig., 2002). PAH'lar genelde renksiz, beyaz veya açık sarı-yeşil renktedirler.

Katran ve ham petrolde bulunur, bazıları ise ilaç, boya, plastik ve pestisitlerin yapımında kullanılır (Wade ve dig., 2007; Telli-Karakoç ve dig., 2002). PAH'lar çevrede hava, su toprak olmak üzere hemen hemen her yerde bulunurlar. Havada oluşup yağışlarla ve toz parçalarıyla su ve toprağa geçerler.

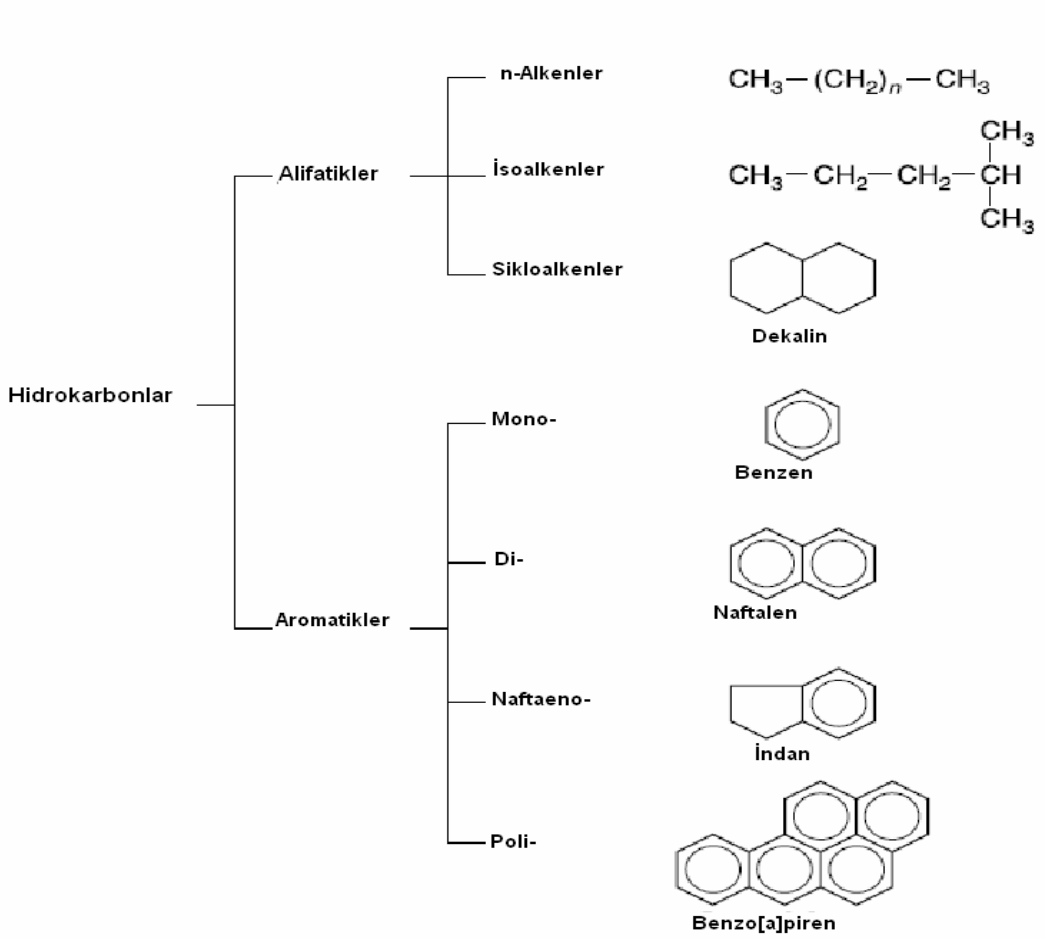
EPA nın listesinde yer alan 16 tür PAH Tablo 2.1'de verilmiştir. D sınıfına ait PAH bileşiklerinin kanserojenlikleri hakkında yeterli veri bulunmamaktadır, B2 sınıfındaki PAH bileşikleri ise muhtemel kanserojenlerdir (Yu, 2005).

Tablo 2.1: EPA Listesinde Yer Alan 16 PAH Türü (Yu, 2005)

Bileşik İsmi	Kısatması	Kanserojen sınıfı
Asenaftilen	Acy	D
Asenaften	Ace	D
Antrasen	Ant	D
Benzo[a]antrasen	BaA	B2
Benzo(a)piren	BaP	B2
Benzo[b]floranten	B(b)F	B2
Benzo[k]floranten	B(k)F	B2
Benzo(g,h,i)perilen	B(ghi)Pe	B2
Krisen	Chr	B2
Dibenzo(a,h)antrasen	DbA	D
Floranten	Flt	B2
Floren	Flr	D
Indeno(1,2,3-c,d)piren	IP	B2
Naftalen	Naph	D
Fenantren	Phe	D
Piren	Pyr	D

2.2. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yapısında sadece karbon (C) ve hidrojen (H) atomu bulunan PAH'lar 2 veya daha fazla aromatik halkanın bir araya gelmesiyle oluşur (Wade ve dig., 2007). PAH'ların yapıları halka şeklinde olduğu için düz zincir yapısını içeren alifatiklerden ayrılır. Şekil 2.1'de alifatik ve aromatik hidrokarbonların yapıları gösterilmiştir (Yu, 2005).

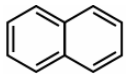
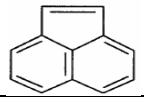
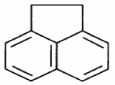
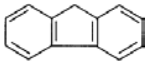
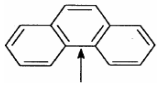
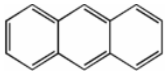
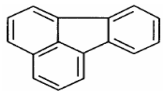
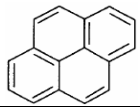


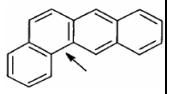
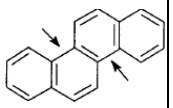
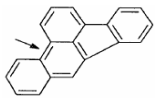
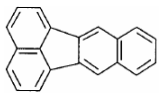
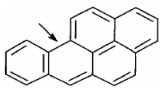
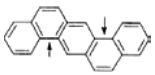
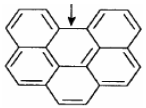
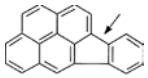
Şekil 2.1: Alifatik ve Aromatik Hidrokarbonların Yapıları (Yu, 2005)

Yarı uçucu organik bileşiklerden PAH'ların bilinen en önemli özelliklerinden biri suda az çözünür olmalarıdır. Bu özelliklerinden dolayı suda bulunan PAH'ların büyük bir çoğunluğu sedimentte birikim eğilimi göstermektedir. PAH'ların su ortamından gideriminin çok yavaş olması sonucu bu bileşikler gıda zinciri ile balıklara ve insanlara geçerek vücutta birikim özelliği göstermekte ve bu sayede balıkların ve insanların yağ dokularında uzun yıllar kalarak, stres ve açlık neticesinde kana geçip, uzun yıllar sonra bile toksik etkilerini göstermektedirler. PAH tipindeki kirleticilerin insanlarda akciğer, mesane ve deri kanserine neden oldukları çeşitli

çalışmalarla ortaya konmuştur. PAH'lar hafif ve ağır PAH'lar olmak üzere ikiye ayrılır. Hafif PAH'ları 2-3 halkalı bileşikler (Naph, Acy, Ace, Flr, Phe, Ant), ağır PAH'ları 4 ve daha fazla halkalı PAH bileşikleri (Flt, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, DBahA, BghiPe, Ind(1,2,3-cd)P) oluşturur (Hanedar, 2005). PAH'ların molekül ağırlıkları arttıkça suda çözünürlükleri azalmakta, kanserojenlik ve mutajenik etkileri artmaktadır (Yu, 2005; Mumtaz, 1985). PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili bilgiler Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Martinez ve diğ., 2004; Mumtaz , 1985)

Bileşik ismi	Kısaltma	Formül	Yapı	Molekül Ağırlığı	Kaynama Noktası, (^oC)	Çözünürlük (nmol/l)	Log K_{ow}	Buhar Basıncı 25^oC (Pa)	K_H (atm.m^3/mol)	CAS Numarası
Naftalen	Naph	$C_{10}H_8$		128	218	$2.4x10^{-1}$	3.37	10.9	$4.5x10^{-3}$	91-20-3
Asenaftilen	Acy	$C_{12}H_8$		152	265-275		3.98	$5.96x10^{-1}$		208-96-8
Asenaften	Ace	$C_{12}H_{10}$		154	279	$2.9x10^{-2}$	4.07		$2.4x10^{-4}$	83-32-9
Floren	Flr	$C_{13}H_{10}$		166	293-295	$1.2x10^{-2}$	4.18	$8.81x10^{-2}$	$7.4x10^{-5}$	86-73-7
Fenantren	Phe	$C_{14}H_{10}$		178	340	$7.2x10^{-3}$	4.45	$1.8x10^{-2}$	$2.7x10^{-4}$	85-01-8
Antrasen	Ant	$C_{14}H_{10}$		178	340	$3.7x10^{-4}$	4.45	$7.5x10^{-4}$	$1.8x10^{-6}$	120-12-7
Floranten	Flt	$C_{16}H_{10}$		202		$1.3x10^{-3}$	4.9	$2.54x10^{-1}$	$1.95x10^{-3}$	206-44-0
Piren	Pyr	$C_{16}H_{10}$		202	399	$7.2x10^{-4}$	4.88	$8.86x10^{-4}$	$1.3x10^{-5}$	129-00-0

Benzo[a]antrasen	B(a)A	$C_{18}H_{12}$		228			5.61	$(7.3+1.3)x10^{-6}$	$1.2x10^{-6}$	56-55-3
Krisen	Chr	$C_{20}H_{12}$		228		$5.7x10^{-7}$	5.16	$1.3x10^{-5}$		218-01-9
Benzo[b]floranten	B(b)F	$C_{20}H_{12}$		252			6.04	$1.2x10^{-7}$		205-99-2
Benzo[k]floranten	B(k)F	$C_{20}H_{12}$		252	480		6.06	$5.5x10^{-8}$	$2.7x10^{-7}$	207-08-9
Benzo[a]piren	B(a)P	$C_{20}H_{12}$		252		$8.4x10^{-7}$	6.06	$1.5x10^{-5}$	$7.4x10^{-5}$	50-32-8
Dibenzo[a,h]antrasen	D(ah)A	$C_{22}H_{14}$		278	524	$(3.7+1.8)x10^{-10}$	6.5	$0.8x10^{-6}$	$2.0x10^{-9}$	53-70-3
Benzo[ghi]Perilen	B(ghi)P	$C_{22}H_{12}$		276	500	$6.0x10^{-8}$	6.84	$2x10^{-5}$	$2.0x10^{-7}$	193-39-5
Indeno[1,2,3-cd]piren	Ind	$C_{22}H_{12}$		276			6.58			191-24-2

2.3 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Kaynakları

PAH'lar doğada insan ve doğal kaynaklı olmak üzere iki formda bulunurlar. Gıda, deri, bitkisel yağ, sabun, kimya, metal, plastik, boya ve tekstil gibi endüstri atıklarının, ağır metallere ilave olarak poliklorlu bifenil (PCB) ve türevlerini, Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), klorlu benzofuranlar ve dioksin gibi kalıcı, dayanıklı organik kirleticileri (Persistent Organic Pollutants-POP) içerdiği ve bu endüstrilerde yan ürün olarak oluştuğu bilinmektedir. Gemilerin atıkları, tankerlerle yapılan petrol, fuel-oil ve akaryakıt taşınımları sırasında çevreye yayılan petrol ürünleri, özellikle evsel ısıtma ve ulaşım sonucu oluşan atmosferik kirleticilerle kirlenmiş şehir havası, sedimentlerden yayılan doğal petrol ürünleri, orman yangınları neticesinde çevreye yayılan maddeler PAH içerirler (Ma ve diğ.,2001; Schneider ve diğ., 2001).

Hayvan ve bitki dokularında, sedimentte, toprakta, havada, yüzey sularında, içme sularında, endüstriyel sularda ve yer altı sularında bulunan PAH'lar çevreye geniş çapta yayılmıştır, ve canlılar doğada bulunan PAH'lara maruz kalmaktadırlar. Her yıl yaklaşık 43 000 ton PAH atmosfere ve 230 000 ton PAH su ortamına verilmektedir. Tablo 2.3'de atmosfer ve su ortamına verilen önemli PAH kaynakları ve miktarları verilmiştir (Eisler, 2000).

Tablo 2.3: Atmosfer ve Su Ortamındaki Önemli PAH Kaynakları (Eisler, 2000)

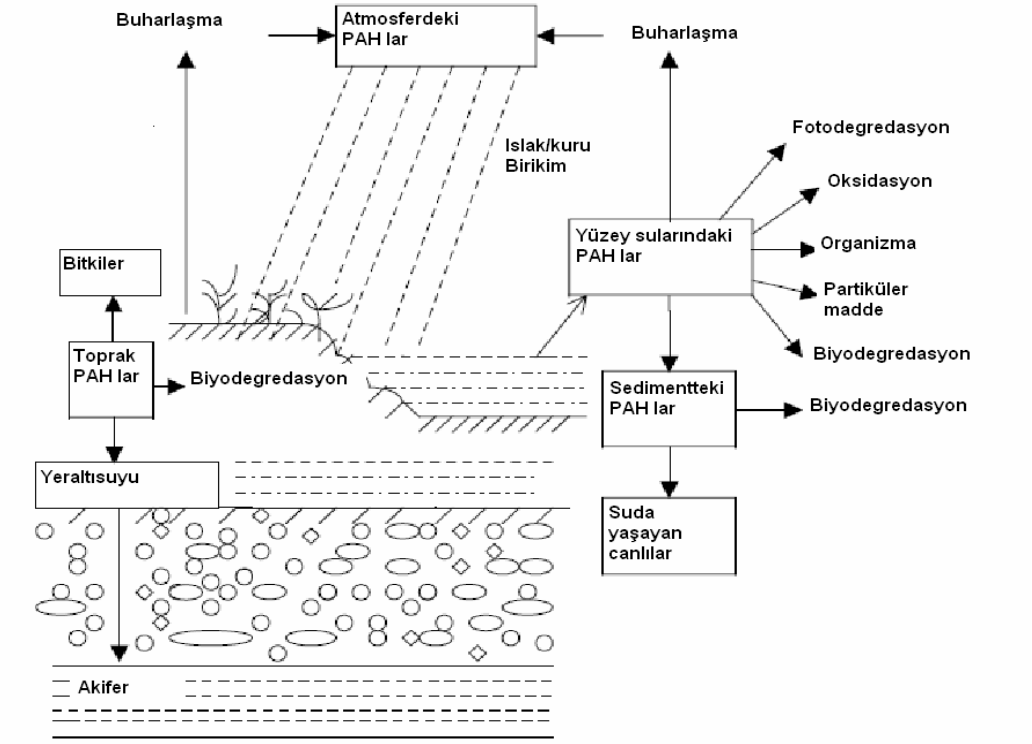
Ekosistem ve Kaynaklar	Yıllık Girdi (metrik ton)	Ekosistem ve Kaynaklar	Yıllık Girdi (metrik ton)
Atmosfer		Motorlu taşıtlar	
Toplam PAH		Dünya genelinde	45
Orman yangınları	19513	A.B.D	22
Tarım alanı yangını	13009	**Su**	
Atık yakma	4769	*Toplam PAH*	
Kapalı yanma	3902	Petrol dökülmesi	170000
Isınma ve güç	2168	Atmosferik birikim	50000
Benzo[a]piren		Atıksular	4400
Isınma ve güç		Yüzeysel süzüntü suları	2940
Dünya genelinde	2604	Biyosentez	2700
A.B.D	475	Toplam Benzo[a]piren	700
Endüstriyel prosesler (kok üretimi)			
Dünya genelinde	1045		
A.B.D	198		
Atık yakma ve açık yanma			
Dünya genelinde	1350		
A.B.D	588		

2.4 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Akıbeti

Çevrede bulunan PAH'ların ortamdaki kalıcılığı ve bazı türlerinin muhtemel kanserojenliklerine rağmen kanserojen olmayan çoğu PAH türünün çevresel etkileri hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. 1900'lü yıllara kadar PAH'ların oluşumu ve bozulumu arasında doğal bir denge bulunmaktaydı; volkanik patlamalar, pirolitik reaksiyonlar ve açık yanma sonucu oluşan PAH'lar, fotodegredasyon ve biyolojik dönüşümlerle dengelenmekteydi. Ancak hızla artan endüstriyel gelişim ve enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanımının artışı ortama salınan PAH miktarının ortamdan giderilen PAH miktarından fazla olmasına neden olmuştur, ve bu doğal denge bozulmuştur.

PAH bileşikleri atmosfere salındıktan sonra atmosferdeki partiküler maddelere tutunurlar. Bu bileşiklerin atmosferde bulunma süreleri ve farklı yerlere taşınmaları partikül çapına, meteoroloijk koşullara ve atmosfer fiziğine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, partikül çapı 1 μm'nin altında olan partiküle tutunan PAH bileşiğinin atmosferde ozon ve diğer oksidanlar tarafından fotodegredasyonu birkaç günle altı hafta arasında değişirken, daha büyük bir partiküle tutunmuş PAH bileşiğinin fotodegredasyon süresi birkaç gün sürmektedir (Eisler, 2000).

PAH'ların döngüsü Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: PAH'ların Döngüsü (Yu, 2005)

Atmosfere salınan PAH bileşikleri kuru ve ıslak birikimle kara ve su yüzeyine taşınırlar. Su yüzeyine taşınan PAH'ların bir kısmı buharlaşarak tekrar atmosfere geri döner, diğer kısmı fotodegredasyon, oksidasyon ve biyodegredasyona uğrar, bir kısmı canlı bünyesine alınır, bir kısmı suda askıda kalır, geri kalan kısmıda sedimentte birikir. Sedimentte biriken PAH'ların bir kısmı biyolojik olarak bozunur, kalan kısmı da suda yaşayan canlıların bünyesine alınır.

Kara yüzeyine ulaşan PAH'ların bir kısmı da su yüzeyindekiler gibi buharlaşır, bir kısmı biyolojik bozunmaya uğrar, geri kalan kısmı yer altı sularına karışır oradan da akifere ulaşır. Su yüzeyinde bulunan PAH'lar için en önemli bozunma prosesleri bakterilerce gerçekleştirilen fotodegredasyon, oksidasyon ve biyodegredasyondur ve suda bulunan PAH'ların sadece %33'ü suda çözünmüş halde bulunmaktadır. Suda çözünmüş halde bulunan PAH'lar en hızlı fotooksidasyonla bozunur; yüksek sıcaklık, oksijen miktarı ve solar radyasyon bu prosesin hızını arttırmaktadır (Eisler, 2000; Rathore ve diğ., 1993).

2.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İki ve daha fazla benzen halkasından oluşan PAH'lar gıda zinciri ile balıklara, balıklardan da insanlara geçerler. balıklardaki birikimden daha fazla insanlarda

birikime neden olur. Balıkların ve insanların yağ dokularında uzun yıllar kalmakta, ancak stres ve açlık neticesinde kana geçip, uzun yıllar sonra bile toksik etkilerini göstermektedirler(Demir ve dig., 1999).

Son yıllarda gelişen moleküler biyoloji teknikleri ile PAH'ların kanserojenik mekanizmalarının anlaşılmasında büyük bir gelişim olmuştur. Özetle PAH'lar tümör başlatıcı, geliştirici ve ilerletici özellikleri olan potansiyel kanserojenlerdir. Aynı zamanda deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda bu maddelerin bağışıklık sistemini baskılayıcı oldukları ve insanlarda akciğer, mesane ve deri kanserine neden oldukları görülmüştür. PAH'lara maruz kalan başlıca meslek grupları; baca temizleyicileri, araba tamir atölyelerinde çalışanlar ve trafik polisleridir (Karakaya, 2003).

3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH)'lar fosil yakıtlarının tam yanmaması sonucu çevreye verilen aynı zamanda petrol ve petrol türevleri atıklarından kaynaklanan tehlikeli organik kirleticilerdir. PAH'ların çoğu çevrede uzun süre kalmaları ve birikimleri sonucu, çevre kirlenmesine sebep olurlar ve biyolojik dengeyi önemli ölçüde etkilerler. PAH'ların çevrede taşınımları ve birikimleri sonucu ekolojik dengede yapmış oldukları tahribat son yıllarda tüm dünyada çözümü aranan sorunlardan biri haline gelmiştir.

PAH'lar doğaya insan ve doğal kaynaklı olmak üzere iki kaynaktan verilirler. Gıda, deri, bitkisel yağ, sabun, kimya, metal, plastik, boya ve tekstil gibi endüstrilerin atıklarının, ağır metallere ilave olarak poliklorlu bifenil (PCB) ve türevlerini, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), klorlu benzofuranlar ve dioksin gibi kalıcı, dayanıklı organik kirleticileri (Persistent Organic Pollutants-POP) içerdiği ve bu endüstrilerde yan ürün olarak oluştuğu bilinmektedir. Gemi atıkları, tankerlerle yapılan petrol, fuel-oil ve akaryakıt taşınımları sırasında çevreye yayılan petrol ürünleri, özellikle evsel ısıtma amaçlı yakıt yakılması ve ulaşım sonucu oluşan atmosferik kirleticilerle kirlenmiş şehir havası, orman yangınları neticesinde çevreye yayılan maddeler PAH içerirler.

PAH'lar bilinen kanserojenik ve mutajenik özellikleriyle çevresel ortamların en temel kirleticilerinden olması nedeniyle Avrupa Birliği Talimatları'na dâhil edilmiştir. 1976 yılında, PAH'lar, AB 76/464/CEE talimatları içinde yer almıştır. 2000 yılında ise yeni su direktifi çerçevesinde yer almış ve bu direktifte yer alan PAH'ların mutajenliği, kanserojenliği ve organizmaların endokrin fonksiyonlarını etkilediği kanıtlanmıştır. Aynı zamanda PAH'lar su ortamında bulunan, kalıcı organik kirleticilerin en önemli türlerinden biridir. Düşük çözünürlükleri ve yüksek hidrofobikliği nedeniyle sudaki partiküler maddelere adsorplanma ve sedimentlerde birikim yapma eğilimindedirler. PAH'ların sudaki taşınımı (akıbeti) ağırlıklı olarak su ve katı faz arasındaki tutunma ve denge mekanizmasına bağlıdır.

PAH'lara ilişkin çevresel olumsuzluklar, kanserojenik ve mutajenik potansiyelinin olmasından kaynaklanmaktadır. PAH'lar insanlarda kuvvetli kanserojenik potansiyele sahip maddelerdir. Aromatik hidrokarbonların mukozada tahrişe yol açtığı, buharlarının solunması durumunda sistemik etki gösterdikleri ve bu etki limitinin 25 ppm olduğu belirlenmiştir. Yüzlerce çeşit PAH arasında en çok bilineni benzo[a]piren (BaP)'dir. BaP'ın en önemli kaynağı, motorlu araçlardan atmosfere yayılımdır. Solunum aracılığıyla vücuda alınan PAH'ların akciğer kanserine neden olduğu tespit edilmiştir.

PAH'ların deniz canlılarındaki fizyolojik etkileri şu şekilde özetlemek mümkündür:

a- Fitoplankton'da hücre bölünmesinin gecikme ve engellenmesi,

b- Balıklarda anormal yumurtlama,

c- Kabuklularda beslenme davranışlarının değişmesi, yumurta döllenmesi ve üremenin engellenmesi,

d- Çift kavlılarda beslenme, yem/su filtrasyonu işlevlerinin durdurulması,

e- Deniz kurtlarında döllenmenin durdurulması,

f- Balıklarda mukoza salgısının zarar görmesi, yüzgeçlerde deformasyon,

g- Balık solungaçlarına petrol bulaşması sonucu solunumun engellenmesi,

h- Kanser tümörü oluşumu, mutojenik değişimler, genetoksik etkiler v.b. gibi.

PAH'lar hidrofobik ve lipofilik özellikleri sayesinde canlı bünyesinde birikme eğilimindedirler ve besin zinciriyle insanlara kadar ulaşabilmektedirler. Deniz suyundaki toplam PAH ve PCB konsantrasyonlarının midyedeki konsantrasyonlara göre 1000 kat daha düşük olduğu gözlenmiştir (Telli-Karakoç, 2002).

Özellikle 2000'li yılların başından itibaren gerek atmosferde gerekse su kütlelerinde PAH bileşiklerinin konsantrasyonlarının belirlenmesi çalışmaları dünyanın pek çok yerinde yoğun olarak yapılmaktadır. PAH'ların çevre kirliliğine sebep olduğu yerler özellikle su ortamındaki haliç ve göllerdir (Oros, 2007). PAH'ların yüzeysel sularda ve özellikle içme suyu rezervuarlarındaki konsantrasyonlarının ve fazlar arasındaki dağılımlarının belirlenmesi ve bu sayede insan vücudunda muhtemel toksizitenin hesaplanması çalışmaları dünyanın pek çok yerinde özellikle içme suyu rezervuarı ve baraj göllerinde yapılan çalışmalar arasındadır.

Çin'de Bohai ve Yellow denizlerine kıyısı olan şehirlerde hızlı nufüs artışı, sanayileşme ve tanker kazalarının artması sonucunda denizlerde ve kıyı çevresinde ciddi bozulmalar görülmüştür. Bohai ve Yellow denizlerinden alınan sediment örneklerinde organik kirleticilerden DDT, PAH ve PCB ye bakılmış ve ortalama değerler sırasıyla 177.52 ng/g, 877.2 ng/g, 3.4 ng/g bulunmuştur (Ma ve diğ.,2001). Çıkan değerlerden nüfusun, sanayileşmenin ve tanker kazalarının PAH miktarını artırdığı açıkça görülmektedir. Amerika'da New England havzasından alınan sediment örneklerinde bakılan PAH'larla nüfus yoğunluğu, kentsel alanlar, ticari bölgeler endüstriyel alanlar, taşımacılık ve yerleşim alanları arasındaki ilişki araştırılmış ve sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir (Chalmers ve diğ.,2007).

Tablo 3.1: PAH Konsantrasyonu İle Nüfus Yoğunluğu, Kentsel Alan, T.E.T ve Yerleşim Alanı Arasındaki Korelasyon Katsayıları (Chalmers ve diğ., 2007)

ΣPAH	Nüfus yoğunluğu	Kentsel alan	T.E.T. alanı	Yerleşim alanı
Yüzey sedimenti	0.85	0.83	0.83	0.80
Askıda kalan sediment	0.89	0.82	0.92	0.75
Sediment core	0.70	0.79	0.76	0.76

T.E.T: Ticari Endüstriyel Taşımacılık

İtalya'nın Naples Limanı'ndaki çeşitli örnekleme noktalarından alınan sediment numunelerinde PAH değerlerine bakılmış; ticari alan, endüstriyel bölge, gemicilik alanları ve turistik bölgelere ait değerler Tablo 3.3'de verilmiştir (Sprovieri ve diğ., 2007).

Tablo 3.2: Ortalama PAH Değerleri (Sprovieri ve diğ., 2007)

	Ortalama ΣPAH değeri, mg/kg
Ticari alan	3.68
Endüstriyel bölge	2.25
Gemicilik alanları	4.87
Turistik bölge	3.41

Literatürde farklı bölgelerden alınan su ve sediment numunelerinde yapılan ölçüm çalışmalarında belirlenmiş PAH konsantrasyonları Tablo 3.4'de verilmiştir.

Dünyanın farklı yerlerinde deniz kıyılarında ve körfezlerde yapılmış olan sediment numunelerindeki PAH çalışmalarının sonuçları ise Tablo 3.5'te verilmiştir (Meng-Der Fang ve diğ., 2003).

Sedimentteki PAH konsantrasyonunu etkileyen faktörlerden biri ise sedimentlerde üç ve dört halkalı PAH'ları (anthracene, benzo(a)anthracene) parçalayan farklı mikroorganizmaların bulunmasıdır. Bunlar diğer PAH bileşiklerinin sedimentte zenginleşmesine sebep olmaktadır (Zhou, 2007).

Tablo 3.3: Farklı Bölgelerde Su ve Sedimentteki PAH Değerleri

Yer	Su, ng/l		Sediment, µg/kg (kuru ağırlık)		
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Kaynak
Gaoping Nehri, Tayvan, Çin	10–9400	430		139	Li ve diğ., 2006
Hai Nehri, Tianjin, Çin		115		56600	Li ve diğ., 2006
Tonghui Nehri, Beijing, Çin	193–2651	762		449	Li ve diğ., 2006
Sarı Nehir, Çin	179–369	248	31–133	76.7	Li ve diğ., 2006
Daliao Nehri, Çin	946.1–13448.5	6471.1	61.9–840.5		Guo ve diğ., 2007
Sen Nehri ve Halici, Fransa	4–36	20	1000–14000*	5000	Guo ve diğ., 2007
Dil Deresi, İzmit Körfezi	1200–18500			610	Telli-Karakoç ve diğ.,2002
Hereke, İzmit Körfezi	1300–2900			1220	Telli-Karakoç ve diğ.,2002
Solventaş, İzmit Körfezi		1200		520	Telli-Karakoç ve diğ.,2002

* : AKM'deki değer

Tablo 3.4 de verilen çalışma sonuçları çoğunlukla deniz kıyısı, körfez ve liman alanlarından oluşmaktadır. Bu tür bölgeler genellikle petrol ve petrol ürünleri ile kirlenmenin en yaygın olduğu bölgelerdir ve buna bağlı olarak PAH'ların en önemli kaynağını oluşturmaktadır.Genellikle PAH konsantrasyonları diğer alıcı ortamlara göre daha yüksektir.

Tablo 3.4: Dünya'nın Çeşitli Bölgelerinde Sediment Numunelerinde PAH Değerleri(Meng-Der Fang ve ark., 2003)

Kıta	Bölge	ΣPAH, µg/kg kuru ağırlık	Kaynak
Asya	Hsin-ta kıyısı, Tayvan	98.1	-
	Bohai ve Sarı deniz, Çin	20–5734	Ma ve diğ., 2001
	Yantze Nehri Kıyısı, Çin	22–182	Bouloubassi ve diğ., 2001
	Güney Çin Denizi, Çin	24.7–275	Yang, 2000
	Güney Kyeonggi Körfezi, G. Kore	9.1–170	Kim ve diğ., 1999
	Osaka Rezervuarı, Japonya	53–26000	Moriwaki ve diğ., 2005
Amerika	Todos Sanos Körfezi, Meksika	7.6–813	Macias-Zamora ve diğ., 2002
	San Fransisko Körfezi, ABD	955–3384	Pereira ve diğ., 1999
	San Diego, ABD	17–933	Zeng ve Vista, 1997
	Casco Körfezi, ABD	2193	Wade ve diğ., 2007

	Great Gölü, ABD	2000–4000	Schneider ve diğ.,2001
Avrupa	Karadeniz Kıyıları	7.2–635	Readman ve diğ., 2002
	Aquitain, Fransa	3.5–853	Soclo ve diğ., 2000
	Beyaz Deniz, Rusya	13–208	Savinov ve diğ., 2000
	İngiltere ve Wales Kıyıları	102.47	Woodhead ve diğ., 1999
	Kıyı Bölgeler, Fransa	38.6–1036	Baurnard ve diğ.,1998
	Kıyı Bölgeler, İspanya	1.6–8646	Baurnard ve diğ.,1998
	Kıyı Bölgeler, Mayorka	0.6–105	Baurnard ve diğ.,1998
	Kıyı Bölgeler, Korsika	1.2–84.7	Baurnard ve diğ.,1998
	Kuzey-Batı Akdeniz	86.5–48.090	Benlahcen ve diğ., 1997
	Gronde Kıyılar, Fransa	18.5–4888	Badzinski ve diğ., 1997
	İskoçya	1719	Rose ve diğ., 2002
	Mersey Halici, İngiltere	626–3766	Vane ve diğ., 2007

Bazı ülke ve çeşitli kuruluşlara ait içme suyu standartlarında yer alan toplam PAH ve BaP' ın limit değerleri Tablo 3.5' de verilmiştir.

Tablo 3.5: İçme Suyu Standartlarında Yer Alan PAH ve BaP Değerleri

Standartlar	BaP (µg/l)	Toplam PAH (µg/l)	Kaynak
Avrupa Birliği içme suyu standardı	0.01	0.2	AB içme suyu standardı ,1998
WHO	0.01	0.2	WHO İçme suyu kalitesi tüzüğü, 2005
EPA	0.2	-	EPA, Yeraltı ve İçme suyu
EEC	-	0.1	EEC içme suyu yönetmeliği
Türk İçme Suyu Standardı	-	0.2	Resmi Gazete No: 23144, 1997
İngiliz içme suyu standardı	-	0.2	http://www.dwi.gov.uk/pressrel/2000/pr0007.htm , 2000.
Alman içme suyu standardı	-	0.2	http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/enven/begin3.htm#Contents
Avusturya içme suyu standardı	-	0.2	http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/enven/begin3.htm#Contents

İçme suyunda PAH'larla ilgili standartlar genellikle iki parametreyi baz alarak oluşturulmaktadır. Bunlar en yüksek kanserojenik risk oluşturan BaP'a karşılık toplam PAH parametreleridir. Avrupa Birliği ülkeleri için belirlenen standartlar Dünya Sağlık Teşkilatı için de geçerlidir. BaP için 0,01 µg/l ve toplam PAH'lar için 0,2 µg/l değerleri genel olarak benimsenmektedir.

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMİ

4.1 PAH Ekstraksiyonu ve Analizi

Çevresel örnekler çok küçük miktarlarda PAH içerirler. Bu yüzden PAH'ların çevresel matrikslerden belirlenme ve tayini için karmaşık teknikler gerekir. Bu amaçla kullanılan etkili bir ekstraksyon metodu genellikle bir ya da iki saflaştırma adımını içerir. Literatürde bir çok ekstraksiyon ve saflaştırma metotları tanımlanmış, uygulanmış ve tavsiye edilmiştir. Bu çalışmada kullanılmış yöntemler; EPA Metod 3540C, EPA Metod 3630C ve EPA Metod 550C'dir.

PAH belirlemesi, seçilen sistemle örneklemeden sonra niteliksel ve niceliksel olarak tanımlanması; toplanan matrikslerden ekstraksiyonu, ekstrakte edilen örneğin temizlenmesi (clean-up) ve analiz gibi çok basamaklı bir prosedür gerektirir. Özetle PAH'ların analizinde 3 kritik adım vardır (Hanedar, 2005);

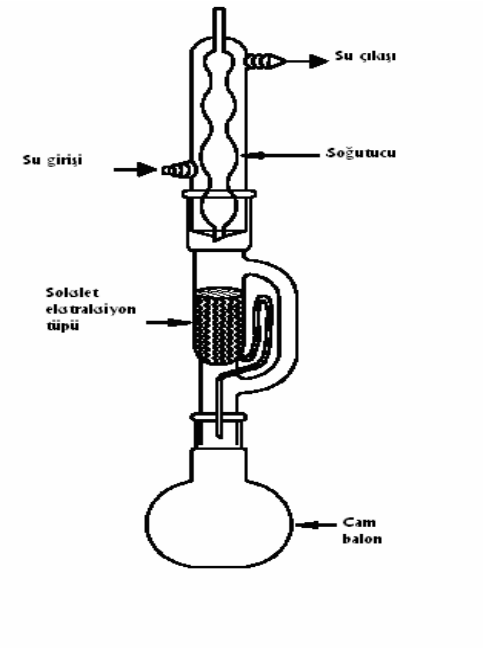
1. Ekstraksiyon
2. Saflaştırma
3. Enstrümental analiz

4.1.1 Ekstraksiyon tekniği

Ekstraksiyon prosedürü hava, su, toprak örneklerinden PAH'ların alınmasında en önemli basamaktır. Yapılan bu çalışmada soxhlet ekstraksiyonu kullanılmıştır.

4.1.1.1 Soxhlet ekstraksiyon:

Bu metodda PAH'lar aseton, n-hekzan, toluen, benzen, diklorometan yada kombinasyonları gibi bir solvent kullanılarak ekstrakte edilir. Metodun dezavantajı uzun bir ekstraksiyon süresi ve büyük hacimlerde solvent gerektirmesidir. Şekil 4.1'de bir soxhlet cihazı örnek olarak verilmiştir (Hanedar, 2005).

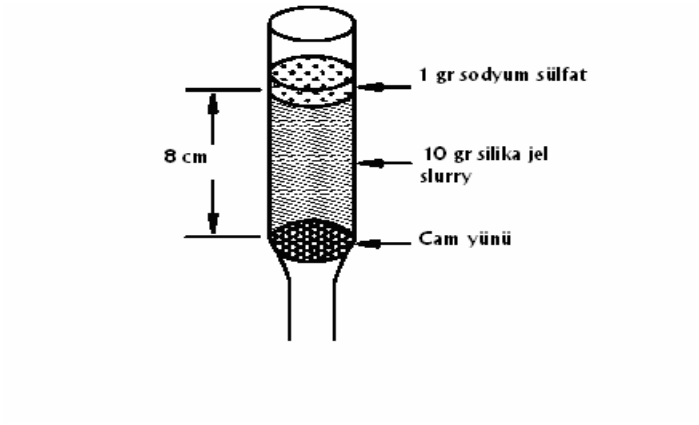


Şekil 4.1: Bir Soxhlet Aparatı (Hanedar, 2005)

4.1.2 Saflaştırma tekniği

PAH'ların ekstraksiyonundan sonra, istenmeyen inorganik kontaminantların ekstraktan giderilmesi gerekir. Ekstrakte edilen örnekler genellikle girişim yapan maddelerden adsorpsiyon kolon kromotografi yöntemi ile ayrılır. En çok kullanılan sorbentler aluminyum ve silika jeldir. Diklorometan, siklohekzan yada farklı bir solvent çeşitli miktarlarda elut edici solvent olarak kullanılabilir. PAH'ları non-aromatik, nonpolar bileşiklerden ayırmak için kullanılır.

Ticari olarak hazırlanmış kimyasal kartuşlarda, (örn; SPE kartuş) yapılan saflaştırma işlemleri zaman ve solvent tüketme ve yeniden üretilebilirlik açısından uygundur. Şekil 4.2'de EPA Metod 3630C tarafından önerilen bir silika jel saflaştırma kolonu örnek olarak gösterilmiştir (Hanedar, 2005).



Şekil 4.2: Bir Silika Jel Kolonu (Hanedar, 2005)

4.1.3 Enstrümental analiz (HPLC)

PAH'ların analizinde tipik olarak 25 cm kolon- 5 cm partiküllle doldurulmuş, gradyan elusyon tekniği kullanılır ve mobil faz asetonitril ve su ya da metanol ve su karışımlarından ters fazlı HPLC ile analiz gerçekleşir. HPLC genelde kompleks PAH karışımlarını içeren örneklerin ayrılması için uygundur. Gradyan elusyon, eluent gücünü arttırmak için solvent kompozisyonunun devamlı değişimidir. HPLC'de gradyan elusyon gaz kromotograftaki sıcaklık programlamanın bir analogudur. Çözeltiyi daha güçlü elut etmek (çözünürleştirme) için eluent gücünü arttırmak gerekir.

HPLC'nin avantajı kullanılan dedektöre bağlıdır. En yaygın kullanılan HPLC dedektörü bir akış hücresi ile kullanılan UV'dir. Çünkü birçok çözelti UV ışığını absorplar. UV dedektörleri 0.1-1 ng belirleme limitine sahiptir. Floresan dedektör, eluatı bir laser ile uyarır ve floresanı ölçer. Bu dedektörler çok hassastır. Emisyon için doğru dalga boyu önemlidir. Genelde PAH için Floresan ve UV dedektörleri seri bağlı olarak kullanılır (akış-hücre fotometre yada spektrofotometreli). Her ikisi de özellikle Floresan oldukça hassas ve spesifiktir. Floresan belirleme limiti, UV'den en az bir kat daha düşüktür. Farklı PAH'ların farklı absorpsivitesi ya da farklı PAH'ların farklı floresen spektralı karakteristiği –verilen dalga boyunda- vardır. Bu yüzden dedektörler en çok cevap için optimize edilebilir. Bu ayrıca çözülmemiş bileşiklerin tanımı için de avantaj sağlar. HPLC genellikle dedeksiyon limiti yüksek, naftalin, asenaften ve asenaftilen gibi düşük molekül ağırlıklı bileşikler için uygundur. HPLC kompleks PAH karışımları içeren örneklerin ayrılmasında daha az uygundur. Ancak UV ve FLD kullanılarak yüksek spesifikasyon ve hassaslık

sağlanabilir. PAH'ları nanogram derecesinde ölçebilir ancak seçici değildir. Normal spektra genelde zor çözülebilirdir. Floresan spektroskopi ile PAH'ların bireysel spektraları ayrı ayrı belirlenebilir. Ancak farklı bileşiklerin spektra porsiyonları aynı olabilir. Floresan teknikler ile spektral üst üste binme olasılığı örnek komponentlerin tam belirlenebilmesi için tam bir ayrım gerektirir. Bu yüzden daha hassas olan HPLC/UV/Florescene kullanılabilir.

PAH'ların analizi için kullanılan HPLC sistemi; bir pompa (gradyan elusyon için) enjeksiyon portu ya da oto-enjeksiyon, bir yüksek basınç kolonu ve UV/ve ya FLD dedektörler ve kontrol ve gösterim için bir bilgi istasyonundan oluşur. Örnek ekstraksiyonundan sonra örneğin belirli bir miktarı (örn; 25 mikrol) ters fazlı HPLC kolonuna enjekte edilir ve PAH'lar su/asetonitril gradyanı ile elut edilir. PAH'lar UV absorbans ve/ve ya florescen dedeksiyon ile belirlenir (Hanedar, 2005). Bu çalışmada PAH analizi için HPLC Agilent 1100 Series cihazı kullanılmıştır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

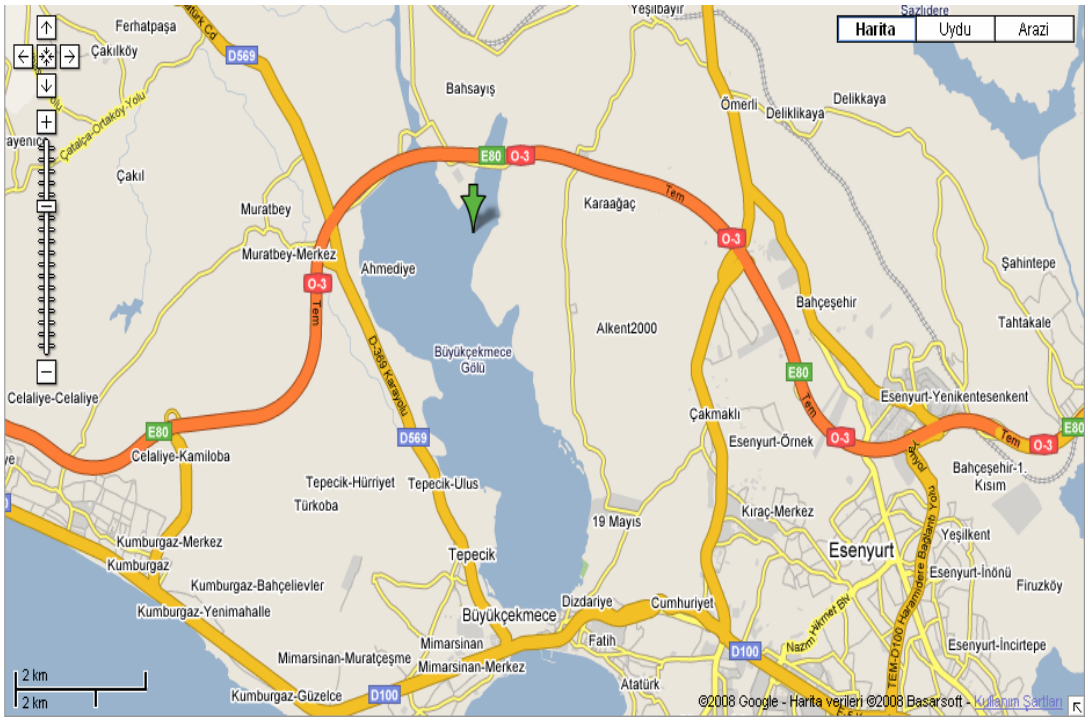
5.1 Büyükçekmece Baraj Gölü Havzası

Büyükçekmece Gölü, 160 milyon m^3 hacmi itibariyle İstanbul'un ikinci büyük içme suyu rezervuarıdır. Kıraç ve Gürpınar gibi yeni sanayi ve yerleşim bölgelerine sınırı olan, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan pestisit ve suni gübre kullanımının ve kuzey ve güney sınırlarından, TEM ve E5 gibi İstanbul'un en yoğun trafiğine sahip ana arterlerin etkilerine maruz kalan göl, mevcut haliyle İstanbul'da antropojenik kaynaklı kirliliğe en fazla maruz kalan su rezervuarlarından biri durumundadır. Gerek büyüklüğü gerekse maruz kaldığı kirlilikten dolayı çalışma için Büyükçekmece gölü seçilmiştir.

5.1.1 Havzanın yeri

Büyükçekmece baraj gölü havzası, Trakya yarımadasının güneyinde, Marmara denizi kıyısında yer almaktadır. Doğusunda Küçükçekmece gölü, kuzeyinde Terkos içme suyu havzası, batısında Tekirdağ ili ve güneyinde Marmara denizi ile çevrilidir. Havza içinde Silivri, Büyükçekmece ve Çatalca ilçelerine ait yerleşim yerleri vardır. Havza, İstanbul ili sınırlarında ancak İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları dışındadır. Uluslararası ve ulusal kara ve demiryolu aksları havza alanı içinden geçmektedir. Havzanın İstanbul merkezine uzaklığı 50 km'dir (Soyer, 2003). Şekil 5.1'de Büyükçekme Gölü'nün yeri gösterilmektedir.

Büyükçekmece Gölü havzası İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan İstanbul Metropolitan Planlama çalışmalarında bir milyon nufuslu uydu şehirleşme başta olmak üzere yeni yerleşimlere ve sanayi ve ticari faaliyetlere imkan vermek üzere planlanmaktadır. Bu amaçlar gerçekleşirse gölün maruz kalacağı kirlilik seviyesinin de artacağı beklenmelidir. Bu nedenle gölün korunmasına yönelik faaliyetlerin planlanarak yürürlüğe konulması için çaba sarfedilmesi gerekmektedir.

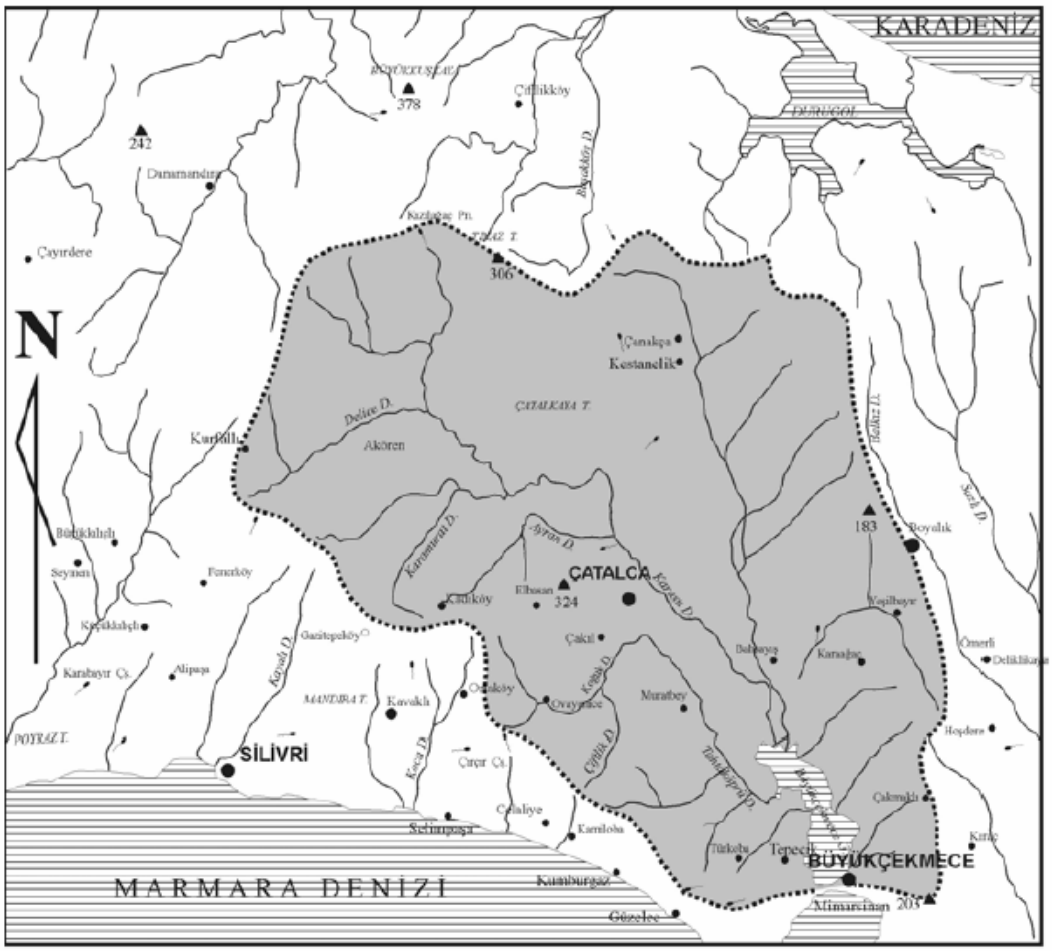


Şekil 5.1: Büyükçekmece Gölü'nün Haritadaki Yeri
(http://www.haber34.com/istanbul-haritasi/buyukcekmece-haritasi.html, 2007)

5.1.2 Havza sınırları

Büyükçekmece baraj gölü havzası, baraj ekseninden başlayarak güneyde yaklaşık doğu-batı doğrultulu bir sırtla Marmara denizinden ayrılır. Bu sırt aynı zamanda su bölümüdür. Tepecik, Sancak Tepesi, Kurşun Tepesi (185m), Huylik Tepesi (235m), Karamurat Tepesi (258m), Gazitepeköy ile Kurfallı Köyü'nde su bölümü kuzeye döner. Havzanın batısındaki su bölümü, Gürpınar yolunu izleyerek Bıyıklıtepe (250m)'de doğu-batı doğrultulu, topoğrafik yükseltisi 200-250m arasında değişen Karadeniz – Marmara su bölümüne ulaşır. Havzanın doğu sınırı ise yaklaşık kuzey-güney doğrultuludur. Kızılcaali köyünden başlayarak Hadımköy, Ömerli, Çakmaklı ve Gürpınar'a ulaşır (Soyer, 2003). Şekil 5.2'de Büyükçekmece havza sınırları gösterilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi Çatalca ilçesi havzanın içinde gelişme trendi en yüksek alanlardan birini oluşturmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak havzaya taşınılma gelecek kirletici seviyelerinde ciddi artışlar ön görülmelidir.



Şekil 5.2: Büyükçekmece Havzası (Örgün ve diğ., 2003)

5.1.3 Yüzey şekilleri

Havza alanı topoğrafya açısından hafif dalgalı düzlüklerden oluşur. Ortalama yükseklik 80-90 m'dir. Kıyıdan içeriye doğru girildiğinde 200-250 m yüksekliğinde düzlük alanlar görülür. Yalnız kuzey kısımlar vadilerle daha fazla yarılmış olduğundan tepelik bir manzara görülür. Oysa, arazi güneye doğru hafif eğimli olup 15-20 metre yükseklikte fayezlerle kesilmiştir. Kuzey-Güney yönünde vadilerin zemini geniş ve yayvan olarak belirir. Büyükçekmece Gölü'nün kuzeyinde Sarısu ve Karasu dereleri, batısında Çakıl deresi vardır. Çakıl deresinin getirdiği alüvyonlar bu kısmı doldurmaktadır. Bu nedenle gölün sığ kısmı buraya düşmektedir. Vadilerin gösterdiği şekiller olgunluk safhasına işaret etmektedir. Vadi zemin ile düzlükler arasında 30-40 metrelik göreceli bir yükseklik farkı vardır. Derelerin mansaplarında genellikle kaide seviyesi ovaları bulunmaktadır. Kışın suların çoğaldığı yağışlı aylarda, gölün suları yükselerek bu mansap ovalarını 200-300 m içerilere kadar basmakta bu nedenle bu kısımlar bataklık halini almaktadır. Gölün kenarında çayır

haline gelmiş dolgu sahaları bulunmakta, gölün batı tarafında ayrıca küçük bir delta çıkıntısı yer almaktadır. Büyükçekmece Gölü su toplama havzası içinde Çatalca İlçesi ve bağlı 23 köyü ile Silivri ilçesine bağlı 4 köy bulunmaktadır (Soyer, 2003).

5.1.4 Havza hidrolojisi

620 km^2'lik toplam drenaj alanına sahip Büyükçekmece baraj gölünün yağış alanı yaklaşık 595 km^2, göl yüzey alanı da yağışa bağlı olarak 25-30 km^2 arasında değişmektedir. Tablo 5.1'de Büyükçekmece Gölü ile ilgili hidrolojik özellikler verilmiştir (Soyer, 2003).

Tablo 5.1: Büyükçekmece Gölü'nün Hidrolojik Özellikleri (Soyer, 2003; İSKİ, 2006)

Parametre	Değer
Uzunluk, km	10
Genişlik, km	2.5
Yüzölçümü, km^2	28.5
Su toplama havzası, km^2	622
Toplam yağış alanı, km^2	595
Azami göl kodu, m	6.3
Bu koddaki göl hacmi, m^3	$160*10^6$
Bu koddaki göl alanı, km^2	28.5
Asgari göl kodu, m	0.3
Bu koddaki göl hacmi, m^3	$12.6*10^6$
Bu koddaki göl alanı, km^2	14.3
Sağladığı içme suyu, m^3	$70*10^6$

5.1.5 Yüzeysel su kaynakları

Büyükçekmece baraj gölünü besleyen yüzeysel su kaynaklarının çoğu kuzeybatı drenaj alanından beslenmektedir. Havza koruma bandı içinde kalan dereler; Çekmece, Hadımköy, Kayan, Kavuk, Hamzalı, Örcünlü, Eski, Tahtaköprü, Köy, Kesliçiftliği, Kızılcaali, Damlı, Ayvalı, Şeytan, Karasu, Tavşan, İnter, Delice, Akalan, Tepecik, Kadınlar, Kestanelik, İnceğiz, Gökçeali, İzzettin dereleridir.

Bunlardan Kavuk ve Tepecik dereleri göl yakınlarında gölün kuzeybatısında bulunan Çatalca bölgesi yakınlarında birleşerek Karasu deresini oluşturmaktadırlar. Eskidere, Kestanelik, Kadınlar, Kayan dereleri Sarısu deresi ile birleşerek göle ulaşmaktadır. Adı geçen bu derelerden Büyükçekmece baraj gölüne başlıca Karasu, Sarısu ve Çakıl derelerinden önemli miktarda su akışı olmaktadır. Diğer dereler çok küçük debili derelerdir. Havzada yer alan bu küçük debili derelerde hidrometri istasyonları yoktur. Büyükçekmece baraj gölünü besleyen en önemli dereler olan Karasu, Sarısu ve Çakıl deresi üzerinde DSİ tarafından işletilen hidrometri istasyonları vardır (Soyer, 2003; İSKİ, Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi Kayıtları, 2006).

5.1.6 Meteorolojik Özellikler

Bölgede Marmara iklimi hakimdir. Bütünüyle Akdeniz yağış rejimi sahasında kalan bu sahada, tipik Akdeniz rejiminden farklı olarak, yaz kuraklığının şiddetini kaybettiğini görebiliriz. Bu durumun görülmesinde bölgenin Karadenize yakın oluşunun etkisi vardır. En yağışlı devre kışa rastlar. Yaz ise en kurak mevsimdir. Yağışın kış ve sonbaharda fazla olmasının nedeni, orta Avrupa, Balkanlar ve Karadeniz kıyılarını etkileyen depresyonların, bu mevsimlerde yinelenmelerinin çoğalmasıdır. Yağışlar daha ziyade Kasım-Mayıs ayları arasında olur. Yaz mevsimi fazla sıcak, kış mevsimi fazla soğuk değildir. Sıcaklık Temmuz-Ağustos aylarında ortalama 23^{o}C, Ocak-Şubat aylarında 5^{o}C arasındadır. Mevsimlik yağış ortalaması, yıllık ortalamaya göre % 60 ile %35 arasında değişmektedir. DSİ'nin 1967–1981 yılları arasındaki 14 yıllık değerlendirmelerine göre yıllık ortalama yağış 573.1 mm' dir.

Yaz aylarında Azor antisiklonunun etkisi ile kışın Sibirya yüksek basınç merkezi ve geçici barometre depresyonlarının etkileri rüzgâr yönlerini değiştirmektedir. Bölgede kış mevsimi hariç bütün mevsimlerde etkin rüzgâr yönü Kuzey-Doğu (NE) dur. Yaz ve sonbaharda kuzey-doğudan esen rüzgârlar arasında büyük oransızlık vardır. Rüzgârlar ikinci derecede kuzey, üçüncü derecede ise batıdan esmektedir (Soyer, 2003).

5.1.7 Büyükçekmece Bölgesinin Hava Kirliliği Emisyon Kaynakları

Hava kirliliği açısından örnekleme bölgesini etkilemesi mümkün olan alansal ve noktasal kaynaklar aşağıda verilmiştir (Karaca, 2005). Bölgedeki kirletici

kaynaklarla ilgili gerçekci bir envanter bulunmamaktadır. Burada verilen değerler mertebelerin anlaşılması için kullanılmıştır.

1. Trafik*:*
   a. Yerleşim bölgelerindeki trafik
   b. E5 otoyolu
   c. TEM otoyolu
   d. Bağlantı yolları
2. Sanayi bölgeleri:
   a. Akçansa çimento fabrikası
   b. S.S. İstanbul Birlik Küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi
   c. S.S. İstanbul Bakır ve Pirinç Sanayicileri Toplu İş Yerleri Yapı Kooperatifi
   d. S.S. İstanbul Beylikdüzü Mermer Sanayicileri Küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi
   e. Kıraç ve Çakmaklı sanayi bölgeleri
   f. Hadımköy sanayi bölgesi
3. Yerleşim bölgeleri:
   a. Büyükçekmece belediyesi
   b. Mimarsinan belediyesi
   c. Kıraç belediyesi
   d. Beylikdüzü ve Gürpınar belediyeleri
   e. Hadımköy belediyesi

5.1.7.1 Trafik kaynakları

E5 otoyolu, oldukça işlek ve önemli bir trafik kaynağıdır. Örnekleme bölgesinin Güney-Doğusundan başlayarak Güney-Batı kesimine kadar devam etmektedir. Günlük ortalama araç sayısı 75,000 taşıttır. Bölgeyi etkilediği düşünülen E5 yolunun uzunluğu yaklaşık 20 km olarak alınabilir. TEM otoyolu, örnekleme bölgesinin Kuzey-Doğusundan başlayarak Kuzey-Batı kesimine uzanmaktadır. TEM otoyolu

için örnekleme bölgesini etkileyen mesafe yaklaşık 15 km kabul edilmiştir. Günlük trafik kapasitesi yaklaşık 55,000 taşıttır (Karaca, 2005).

5.1.7.2 Sanayi bölgeleri

Akçansa Çimento fabrikası örnekleme bölgesine 5 km mesafede bulunan en yakın ve önemli noktasal kaynaktır. Yıllık üretim kapasitesi 2,500,000 tondur. Birlik Sanayi Sitesi, 235 dönüm arazi üzerinde, 272 üyeden oluşmaktadır. Arazisi 16 ayrı parselde 400 adet 200 m^2'lik birim atölyeler halinde planlanmıştır. Bunlardan 18 adedi 600 m^2, 74 adedi 400 m^2, 198 adedi de 200 m^2 büyüklüğünde bulunmaktadır. İstanbul Beylikdüzü Organize Sanayi Bölgesi (BOSB) kendi yönetim yapısıyla tüm işletmeleri emisyon değerlerini kontrol etmekte ve denetlemektedir. Bölgede sınır değerleri aşan emisyonlara izin verilmemektedir. Bakırcılar Sanayi Sitesi, 550 dönüm arsa üzerinde, önce 156 parsel olarak yapılmış, daha sonra birleştirmelerle 116 parsele indirilmiş durumdadır. Bunlardan 3 parsel boş olup, 113'ünde tesisler kuruludur. Kurulu gücü 50,000 KVA kadardır. Mermerciler Sanayi Sitesi, 780 dönüm arazi üzerinde, 147 fabrika parseli (85 adedi ortalama 4.5 dönümlük, 11 adedi 3'er dönümlük, 51 adedi de 2 dönümlük) 100 atölye parseli ve 20 dükkan parseli olmak üzere 280 parselden meydana gelmiştir. Doluluk oranı %80 kadardır. Kurulu gücü 60,000 KVA kadar olup, bu güç 29 trafo ve 2 ana indirici ile sağlanmaktadır.

Kıraç ve Çakmaklı sanayi; bölgede irili ufaklı 450 civarında tesis ve işletme bulunmaktadır. Bölgenin denetlemeleri ve kontrolleri Kıraç belediyesi tarafından yapılmaktadır. Belediye yönetimi sanayi tesislerinde fuel oil kullanımına izin vermemektedirler, hemen hemen tüm tesisler doğal gaz kullanımına geçmiş bulunmaktadır. Bölge sanayinin çok ağırlıklı bir kesimi tekstil türü firmalardan oluşmaktadır. Hava kirliliği emisyonları dikkate alındığında bölgede 1 adet döküm fabrikası ve 5 adet alüminyum ergiten veya işleyen tesis bulunmaktadır. Bunun haricinde daha önceki dönemlerde faaliyet gösteren bir boya fabrikası emisyonları nedeniyle bölgeden uzaklaştırılmıştır. Diğer tüm tesisler ısınma amaçlı doğal gaz kullanımı haricinde dikkate değer emisyon kapasitelerine sahip değildir (Karaca, 2005).

5.1.7.3 Yerleşim bölgeleri

Örnekleme alanının Güney ve Güney-Batı kesimlerinde yerleşimi bulunan Büyükçekmece belediyesi sınırları içersinde sanayi alanı bulunmamaktadır. Birkaç

tane tekstil firması mevcut olmasına rağmen bunlar emisyon yayan tesisler değildirler, sadece dikim ve çeşitli tekstil işlemleri yapmaktadırlar. Büyükçekmece belediyesi sınırlarında etkili olan hava kirliliği emisyonlarının sadece trafik ve evsel kaynaklı olduğu söylenebilir. Örnekleme bölgesinin Güney-Doğu kesiminde Beylikdüzü ve Gürpınar belediyeleri, Güney-Batı kesiminde Mimarsinan belediyesi ve Kuzey-Doğu bölgesinde de Kıraç, Çakmaklı ve Hadımköy belediyeleri bulunmaktadır. Genel olarak bölgede ısınma amaçlı doğal gaz kullanıldığı için yerleşimden kaynaklanan önemli miktarlarda atmosferik emisyonlar olmamaktadır. Sadece bu çalışmanın yapıldığı dönemlerde Büyükçekmece belediyesinin bir kısmında ve Mimarsinan belediyesinde doğal gaz kullanımına henüz yaygın olarak başlanmamıştı. Örnekleme döneminde kış aylarında ısınma amaçlı kömür ve kalorifer yakılmasından kaynaklanan emisyonlar mevcuttur.

Devlet istatistik enstitüsünün 1997 yılında yaptığı nüfus sayımlarına göre bu bölgelerin toplam nüfusu 300,000 civarıdır (Karaca, 2005).

5.1.8 Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi

Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi'nin maksimum kapasitesi 400,000 m^3/gün'dür. Uygulamada bu kapasite 150,000-300,000 m^3/gün arasında değişmektedir. Tesisin temeli 1987 Temmuz'unda atılmış, birinci ünitesi (1, 2 no' lu durultucular ve 10 adet filtre) 1989 Şubat ayında devreye alınmış ve aynı yılın Temmuz-Ağustos aylarında da 3, 4, 5 ve 6 nolu durultucularla 11 adet filtre hizmete girmiş ve daha sonra kalan 7 filtrede devreye alınarak Tesis, 1989 yılının sonlarına doğru tam kapasite ile çalışır duruma getirilmiştir. Tesisin verimi 70-100 milyon m^3/yıl'dır (Soyer, 2003; İSKİ, Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi Kayıtları, 2006).

Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

1- Göl ve şok klorlama

2- Ham su terfi merkezi

3- Havalandırma ve ön klorlama

4- Hızlı karıştırıcı

5- Yavaş karıştırıcı

6- Çöktürme havuzu

7- Hızlı kum filtresi

8- Temiz su haznesi

9- Son klorlama

10- Temiz su terfi merkezi

11- Silivri hattı

12- Bahçelievler hattı

5.2 Materyal ve Metot

Bölüm 3'de anlatılan literatür çalışmaları yol gösterici olarak seçilerek, göl üzerinde belirlenen yerlerden alınan numunelerde PAH konsantrasyonlarına bakılmıştır. Bu bölümde kullanılan materyal ve izlenen metot açıklandıktan sonra İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuarında yapılan deneysel çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

5.2.1 Numune Alma Noktaları

Büyükçekmece gölü üzerinde, kirletici kaynakların etkilerini en iyi şekilde temsil edecek numune alma noktaları belirlenmiştir. Bu noktalar belirlenirken gölün üstünden geçen TEM, E5 ve bağlantı yolları ile göle dökülen dereler göz önünde bulundurulmuştur. Ocak (19.01.2008) ve nisan (08.04.2008) aylarında, belirlenen farklı noktalardan alınan numunelerle mevsimsel ve lokal değişimler izlenmiştir.

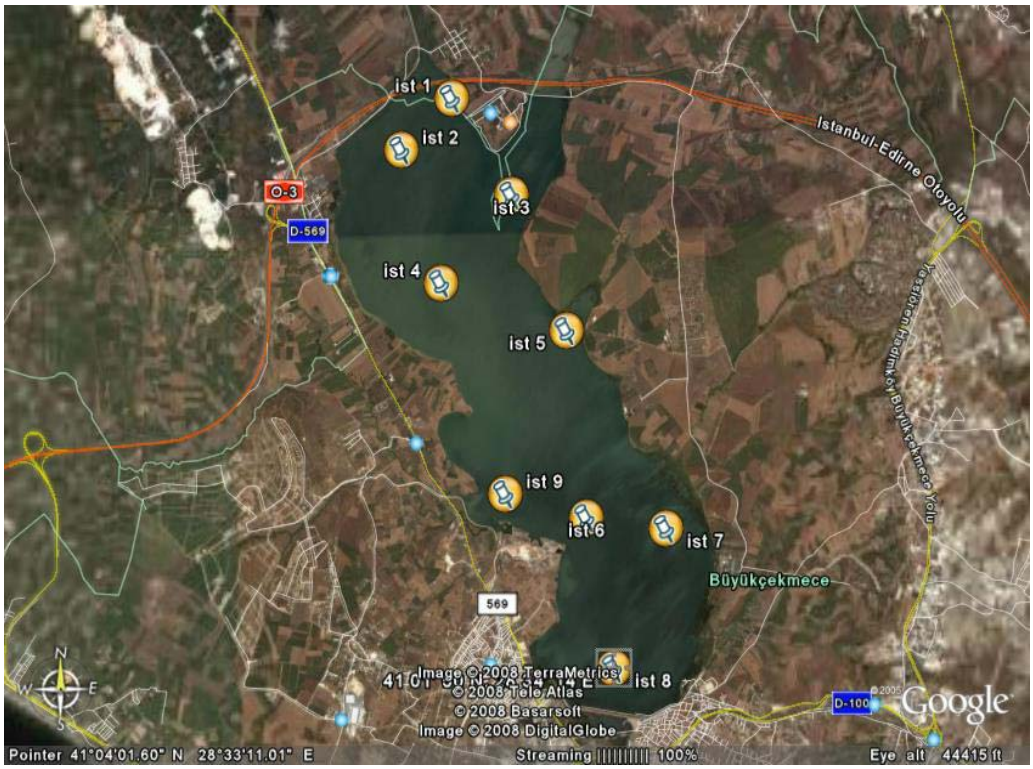
Göl derinliğinin numune almada faydalandığımız kayığın belirlenen 3 noktaya ulaşımında yeterli seviyede olmamasından dolayı, ocak ayında belirlenen 9 noktadan numune alınabilmiştir. Nisan ayı örneklemesinde ise, yağışların yükselttiği su seviyesi sayesinde planlanan 12 noktadan numune alınmıştır. Numunelerin alındığı istasyonların koordinatları, derinlikleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: İstasyon Koordinatları ve Derinlikleri

İstasyon No	Koordinat	Kış Numuneleri 19.01.2008	Bahar Numuneleri 08.04.2008	Ek Bilgi
		Derinlik (m)	Derinlik (m)	
1	41°06' 15" K 028°32' 28" D	2	2.50	Otobana 100m yakınlıkta, Yağmur yağdığında asfalttan (yoldan) biriken suyun tahliyesi buraya yapılıyor, Karasu ve Sarısu birleşip geliyor, dereyatağına yakın bir nokta,
2	41°05' 51" K 028°31' 55" D	~1	1.45	Otobana yakın
3	41°05' 30" K 028°33' 07" D	2	3.00	Hezarfen havaalanına ~ 200m yakınlıkta
4	41°04' 49" K 028°32' 21" D	2.70	3.30	Orta nokta
5	41°04' 27" K 028°33' 43" D	1.20	2.00	Çekmece deresi dökülüyor. Zemin çok sertti.
6	41°03' 00" K 028°33' 56" D	3	3.90	Orta nokta
7	41°02' 55" K 028°34' 48" D	3	3.80	Ahlat ve Kavak dereleri dökülüyor.
8	41°01' 50" K 028°34' 14" D	3.30	4.60	Baraj kapağına yakın
9	41°01' 50" K 028°34' 14" D	1	1.90	Taşocak deresi dökülüyor.
10	41°06' 42" K 028°32' 09" D		1.40	En kuzeydeki nokta, E5 köprüsüne yakın.
11	41°06' 32" K 028°32' 11" D		3.40	E5-TEM köprüleri arasında, dere yatağına yakın.
12	41°03' 11" K 028°34' 43" D		~1	Menekşe deresinden alındı.

Büyükçekmece gölü üzerinde belirlenen istasyonların harita üzerindeki yerleri aşağıdaki Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir.

Şekillerin incelenmesinden numune alımı için seçilen istasyonların gölün kuzey bölgesinde yoğunlaştırıldığı anlaşılmaktadır.

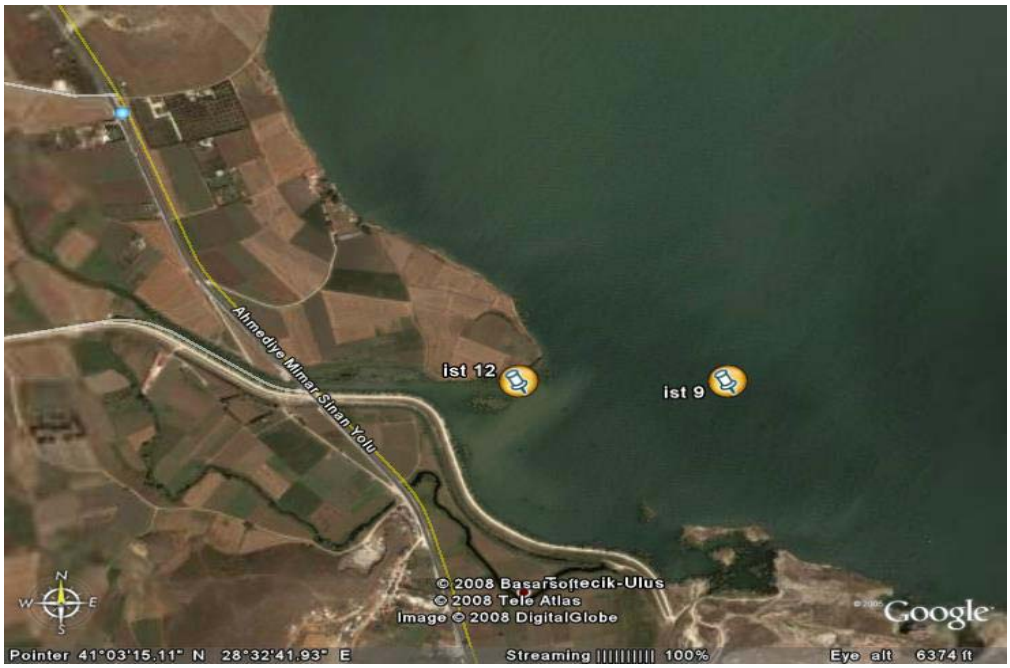


Şekil 5.3: Ocak ve Nisan Ayında Numune Alınan İstasyonlar



Şekil 5.4: Nisan Ayında Eklenen 10. ve 11. İstasyonlar

Gölün kuzeyinden geçen TEM ve karayolunun etkisinin belirlenmesi çalışmanın en öenemli amaçlarından birisini oluşturmaktadır.



Şekil 5.5: Nisan Ayında Eklenen 12. İstasyon

5.2.2 Numune Alma Şekli

Büyükçekmece gölü üzerinde belirlenen numune alma noktalarının yüzeyinden (0-20 cm) su ve sediment numuneleri toplanmıştır. Sediment numuneleri EPA metod 3540C'ye uygun şekilde kepçe ile alınıp, solventle temizlenmiş klipsli plastik torbalara konmuştur (EPA, 1996). Kış dönemi numune alma çalışmalarında bazı istasyonlar kısa süre önce su altında kaldıkları için zemin oldukça sert durumdadır.Buralardan numune alımında tahta kürekler kullanılmıştır.

Su numuneleri ise EPA metod 550'ye uygun şekilde 2.5 lt lik solventle yıkanmış amber şişelere alınmıştır (EPA, 1990). Su numuneleri yüzeyin 10 cm altından, şişe elle daldırılarak alınmıştır.

Sediment ve su numuneleri İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuarındaki buzdolabında $+4^{o}C$'de saklanmaktadır. Sediment ve su numunelerinin alınışı Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Sediment Numunelerinin Kepçe İle Alınışı



Şekil 5.7: Su Numunelerinin Toplandığı 2.5 lt'lik Amber Şişeler

Askıda partiküler madde 1000 ml'lik suyun 0.47µm'lik cam elyaf filtreden (GF/F) (4 saat 400^{o}C'de aktive edilmiş) geçirilmesiyle filtre üzerinde toplanmıştır.

5.2.3 Analiz parametreleri

Bu çalışmada Büyükçekmece gölünden ocak ayında kış örneklemesi için belirlenen 9 istasyondan, nisan ayında ise bahar örneklemesi için 12 istasyondan su ve sediment

numuneleri alınmıştır. Alınan su numunelerinde pH, bulanıklık, iletkenlik, AKM, anyon-katyon analizi ve çözünmüş PAH konsantrasyonuna, cam elyaf filtrede toplanan askıda maddede partiküler PAH konsantrasyonuna ve sedimentte ise dipte biriken (çöken) PAH konsantrasyonuna bakılmıştır. Ayrıca arıtma girişi ve çıkışındaki PAH konsantrasyonunu kıyaslamak için Büyükçekmece arıtma tesisinin 3 farklı noktasından da (su alma yapısı, ortak dekantör çıkışı ve genel çıkış) su numuneleri alınmıştır.

Ocak ve nisan aylarında alınmış toplam 21 su numunesinde pH, bulanıklık, iletkenlik, AKM ve anyon-katyon değerlerine bakılmıştır. 21 su numunesi, 21 askıda madde, 21 sediment ve 3 arıtma çıkışı su numunesi olmak üzere toplam 66 numunede PAH analizi yapılmıştır.

5.2.4 Uygulanan Yöntemler

5.2.4.1 PAH analizi

Sediment ve filtreye alınmış askıda partiküler maddenin PAH analizinde EPA metod 3630C, su numunelerinin PAH analizinde EPA metod 550 uygulanmıştır.

EPA metod 3630C (EPA, 1996);

Ekstraksiyon işlemi (EPA metod 3540):

- Filtre ya da selüloz kartuşa konulan 15:15/sediment:Na_2SO_4 karışımı aparata yerleştir,
- 200 ml diklorometan eklenir,
- 16 saat 3 çevrim/saat hızında çalıştırılır,
- Soğutulur
- Döner Buharlaştırıcıda hacmi 1–2 ml kalana kadar buharlaştır, Şekil 5.8'de döner buharlaştırıcı gösterilmiştir.

Saflaştırma adımı:

- 3–4 ml siklohekzan eklenir
- Döner buharlaştırıcıda diklorometan uçurulur ve numune siklohekzan da 1–2 ml kalacak şekilde bırakılır,
- 10 g aktif silika diklorometan ile slurry yapılır,

- Kolonun (7.5 mm–14.6 cm) en altına küçük bir parça cam yünü cam yünü yerleştirilir, Şekil 5.9'da silika kolonu gösterilmiştir.
- Slurry kolona eklenir,
- Silika çökeltilir ve diklorometan kurutmadan drene edilir,
- En üste 1–2 ml susuz sodyum sülfat eklenir,
- 40 ml hekzan ile kolon yıkanır. Sodyum sülfat tabakası hava ile temas etmeden hemen önce, kolon musluğunu kapatılır,
- 1–2 ml'lik siklohekzanlı numune eklenir,
- 25 ml hekzan eklenir ve toplanan fazı atılır (kolon çeperleri yıkanarak),
- 40 ml 2:3 diklorometan /hekzan karışımı ile kolon yıkanarak PAH toplanır (3-5 ml/dk akış hızında)
- Toplanan PAH'lı çözeltinin hacmi döner buharlaştırıcıda 1-2 ml'ye inene kadar buharlaştırılır,
- 2-3 damla dimetilformamit eklenir (tutucu olarak kullanılır),
- Azot gazı altında kuruluğa kadar buharlaştırılır,
- Kuruluğa gelince 1 ml asetonitril eklenir (vialde) Şekil 5.10'da viale alma işlemi gösterilmiştir.



Şekil 5.8: Döner Buharlaştırıcı



Şekil 5.9: Silika Kolonu



Şekil 5.10: Ekstraktın Viale Alınması

EPA metod 550 (EPA, 1990);

- 1 lt su numunesi teflon/cam kapaklı ayırma hunisine alınır,
- 30 ml diklorometan ayırma hunisine ilave edilir,

- 2 dk boyunca çalkalanır,
- 10 dk faz ayrımı için beklenir,
- Diklorometan fazı cam balona alınır,
- Bu işlem 5 kez tekrarlanır,
- Toplanan PAH'lı çözeltinin hacmi döner buharlaştırıcıda 1-2 ml'ye inene kadar buharlaştırılır,
- 2–3 damla dimetilformamit eklenir (tutucu olarak kullanılır),
- Azot gazı altında kuruluğa kadar buharlaştırılır,
- Kuruluğa gelince 1 ml asetonitril eklenir (vialde).

Şekil 5.11'de ayırma hunisi ile yapılan ekstraksiyon işlemi gösterilmiştir.



Şekil 5.11: Ayırma Hunisi İle Yapılan Ekstraksiyon İşlemi

5.2.4.2 Genel Parametreler

Oda sıcaklığındaki su numunelerinde Standart metodun 21. basımı baz alınarak pH, iletkenlik, bulanıklık, AKM, UAKM, nem ve kuru ağırlık analizleri yapılmıştır. pH ölçümünde pH metre olarak Orion 520A, bulanıklık ölçer olarak HACH model 2100A, iletkenlik ölçer olarak Infolab Cond Level 2 cihazları kullanılmıştır (APHA ve dig., 2005).

Anyon-katyon analizi için her bir su numunesi Millipore AP4004705 filtreden geçirilmiştir. Su numunelerinin klorür değeri düşük olduğu için herhangi bir seyreltme işlemi uygulanmamıştır. Anyon analizi için filtre edilmiş su numunelerinden 0.5 ml alınmıştır ve İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuarında bulunan iyon kromotografta (Dionex ICS 1500) analiz edilmiştir. Katyon analizi için filtre edilmiş su numunelerinden 5 ml alınmıştır ve İSKİ Su Kalite Kontrol Laboratuarındaki iyon kromotografta (ICS 3000) analiz edilmiştir.

5.3 Matriks Etkisinin İncelenmesi

PAH'ların her bir türünün tanımlanması EPA Method 610 tarafından önerilen 16 PAH'ı içeren standart karışımla yapılmıştır (PAH-Mix M-610_QC in acetonitrile from EPA) (EPA, 610). PAH'lar, kalibrasyon standardının verdiği bekleme süreleri ve pik alanlarına göre HPLC cihazında yukarıda adı geçen EPA PAH Mix standardından 5 farklı konsantrasyon hazırlanarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin korelasyon katsayısı her bir bileşik için r >0.99 olmuştur. Bunun dışında her bir PAH bileşiğine ait Asetonitril içinde çözünmüş halde bulunan, tekil standartlar da bileşiklerin, ilgili metoda göre bekleme sürelerinin ve ayrımın belirlenmesi için kullanılmıştır. Belirlenen tüm PAH türlerini içerecek şekilde hazırlanan çalışma standardı su, sediment ve filtre matrikslerine enjekte edilerek hazırlanan bu numuneler örneklerle aynı şekilde ekstrakte edilmiş ve ön işlemden geçirilmiştir. Her bir matriks için (boş filtre, boş kartuş ve distile su) bu işlem üç kere tekrarlanmıştır. Bu şekilde HPLC ile analiz sonucunda her bir bileşik için ortalama geri dönüşüm verimleri hesaplanmıştır.Askıda partikül fazı için hesaplanan verim Tablo 5.3'te verilmiştir. Tablo 5.3'e göre geri dönüşüm verimi %77.1 (Naph) ile %131.5 (BaP) aralığında değişmektedir.

Tablo 5.3.: Askıda Partikül Fazındaki Verim

PAH Türleri	Boş filtre, µg/ml		
	Eklenen	Bulunan	Verim, %
Naftalen	20	23.12	115.6
Asenaftilen	20	18.88	94.4
Asenaften	20	15.45	77.3
Floren	20	21.87	109.4
Fenantren	20	22.13	110.7
Antrasen	20	18.94	94.7
Floranten	2	2.15	107.5
Piren	2	1.61	80.5
Benz(a)Antrasen	2	1.63	81.5
Krisen	2	1.97	98.5
Benzo(b)Floranten	2	1.66	83.0
Benzo(k) Floranten	1	1.11	111.0
Benzo(a)Piren	2	2.63	131.5
DiBenz(a,h)Antrasen	2	2.54	127.0
Benzo(g,h,i)Perilen	2	2.13	106.5
Indeno(1,2,3-cd)Piren	2	1.76	88.0
Minimum			77.3
Maksimum			131.5
Ortalama			101.1

Askıda partiküler madde grubu için 16 üyelik PAH serisinin başlangıç üyeleri içinde en düşük geri kazanma oranı Asenaften için elde edilmiştir. Orta büyüklükteki PAH türleri genellikle %80'e yakın bir verime sahip iken büyük moleküllerde verim artmaktadır.

Laboratuar şahidi olarak 400^{o}C'de 4 saat boyunca etüvde tutularak aktive edilmiş boş filtre kullanılmış olup numune ile aynı işlemlerden geçirilerek analiz edilmiştir. Bu işlem 3 kere tekrarlanmıştır. Şahit deney olarak yürütülen bu deneylerin hiçbirinde PAH örneğine rastlanmamıştır.

Sediment fazı için hesaplanan verim Tablo 5.4'te verilmiştir. Tablo 5.4'e göre geri dönüşüm verimi %61.7 (Phe) ile %129.5 (Chr) aralığında değişmektedir.

Tablo 5.4: Sediment Fazındaki Verim

PAH Türleri	Boş kartuş, µg/ml		
	Eklenen	Bulunan	Verim, %
Naftalen	20	22	110.0
Asenaftilen	20	23.1	115.5
Asenaften	20	18	90.0
Floren	20	15.1	75.5
Fenantren	20	12.34	61.7
Antrasen	20	21.03	105.2
Floranten	2	1.84	92.0
Piren	2	1.65	82.5
Benz(a)Antrasen	2	2.18	109.0
Krisen	2	2.59	129.5
Benzo(b)Floranten	2	2.13	106.5
Benzo(k) Floranten	1	0.92	92.0
Benzo(a)Piren	2	2.15	107.5
DiBenz(a,h)Antrasen	2	1.88	94.0
Benzo(g,h,i)Perilen	2	1.65	82.5
Indeno(1,2,3-cd)Piren	2	2.21	110.5
Minimum			61.7
Maksimum			129.5
Ortalama			97.74

Sediment fazındaki çalışma askıda maddeye göre daha yüksek geri dönüşüm oranları vermiştir. Ancak orta büyüklükteki moleküllerde oldukça yüksek verimlere rastlanılması farklılık göstermektedir. Büyük moleküllerde ise verim genellikle kabul edilebilir seviyelerde bulunmuştur.

Su fazı için yapılan çalışma sonuçlarından hesaplanan verimler Tablo 5.5'te verilmiştir. Tablo 5.5'e göre geri dönüşüm verimi %86 (Ace) ile %210 (Naph) aralığında değişmektedir.

Su numunelerinde geri kazanma verimleri diğer matrisklerden daha yüksektir. Küçük molekül ağırlıklı türlerde verim oldukça yüksektir.Orta büyüklükteki moleküllerde verim bütün makriskler içinde en yüksek seviyededir. Buna göre su fazında PAH'ların ölçümü diğerlerine göre daha yüksek verimlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Tablo 5.5: Su Fazındaki Verim

PAH Türleri	Su, µg/ml		
	Eklenen	Bulunan	Verim, %
Naftalen	0.1	0.21	210.0
Asenaftilen	0.1	0.12	120.0
Asenaften	0.1	0.086	86.0
Floren	0.1	0.13	130.0
Fenantren	0.1	0.087	87.0
Antrasen	0.1	0.11	110.0
Floranten	0.01	0.012	120.0
Piren	0.01	0.016	160.0
Benz(a)Antrasen	0.01	0.009	90.0
Krisen	0.01	0.015	150.0
Benzo(b)Floranten	0.01	0.011	110.0
Benzo(k) Floranten	0.005	0.006	120.0
Benzo(a)Piren	0.01	0.013	130.0
DiBenz(a,h)Antrasen	0.01	0.016	160.0
Benzo(g,h,i)Perilen	0.01	0.016	160.0
Indeno(1,2,3-cd)Piren	0.01	0.009	90.0
Minimum			86.0
Maksimum			210.0
Ortalama			127.06

Laboratuar şahidi olarak boş selüloz kartuş kullanılmış olup numune ile aynı işlemlerden geçirilerek analiz edilmiştir. Bu işlem 3 kere tekrarlanmıştır. Şahit deney olarak yürütülen bu deneylerin hiçbirinde PAH örneğine rastlanmamıştır.

Laboratuar şahidi olarak çift distile su kullanılmış olup numune ile aynı işlemlerden geçirilerek analiz edilmiştir. Bu işlem 3 kere tekrarlanmıştır. Şahit deney olarak yürütülen bu deneylerin hiçbirinde PAH örneğine rastlanmamıştır. PAH türlerine göre verim Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6: PAH Türlerine Göre Verim

PAH Türleri	Verim, %
Naftalen	110-210
Asenaftilen	94-120
Asenaften	77-90
Floren	75.5-130
Fenantren	61-110
Antrasen	94-110
Floranten	92-120
Piren	80-160
Benz(a)Antrasen	81-90
Krisen	98-150
Benzo(b)Floranten	83-110
Benzo(k) Floranten	92-120
Benzo(a)Piren	107-130
DiBenz(a,h)Antrasen	94-160
Benzo(g,h,i)Perilen	82-160
Indeno(1,2,3-cd)Piren	88-110

HPLC cihazı UV-Florasan dedektörünün en düşük belirleme limitleri Tablo 5.7'de verilmiştir. PAH bileşiklerinden Asenaftilen ve Antrasen yalnızca UV ile belirlenir.

Tablo 5.7: UV ve Florasan Dedektör İle En Düşük Belirleme Limitleri

Bileşik	Florasan veya UV- visible (ng)
Naftalen	0.43
Asenaftilen	2.84
Asenaften	0.36
Floren	0.63
Fenantren	0.49
Antrasen	2.61
Floranten	0.85
Piren	0.48
Benz(a)Antrasen	1.37
Krisen	0.42
Benzo(b)Floranten	0.22
Benzo(k) Floranten	0.40
Benzo(a)Piren	0.70
DiBenz(a,h)Antrasen	0.99
Benzo(g,h,i)Perilen	0.42
Indeno(1,2,3-cd)Piren	4.23

6. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI

6.1 PAH Analiz Sonuçları

6.1.1 Kış mevsimi numuneleri

Kış mevsimi numunleri Ocak 2008 ayında ve 9 adet istasyondan alınmıştır. Her istasyondan alınan su numunelerinde askıda partiküler madde ve çözünmüş formda ve sediment numunelerinde de biriken PAH'lar için 16 PAH türünün analizi yapılmıştır. Kış mevsimi sediment numunelerindeki PAH konsantrasyonları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Kış Mevsimi Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları

Numune Adı	PAH Türleri, µg/kg kuru madde														
	Naph	Acy	Ace	Flr	Flt	Pyr	BaA	Chr	Bbf	Bkf	BaP	DBah	Bghi	Ind	Top.
KSd1	<0.43	78.8		60	29								39	20.91	226.75
KSd2	<0.43		5.1			17	2.7				7.7		11		43.45
KSd3			101	28				13	31			3			176.05
KSd4			0.5				15			16			187		218.49
KSd5	10.7						14			2.2		3.8		100.9	131.91
KSd6	111							16							126.31
KSd7		1105						33				5.8		81.86	1225.50
KSd8		70.3						14							84.11
KSd9	<0.43		2.1				1.7			1.8		21	0.9	<4.23	28.03
Mak.	111	1105	101	60	29	17	15	33	31	16	7.7	21	187	100.9	1225.50
Min.		70.3	0.5	28	29	17	1.7	13	31	1.8	7.7	3	0.9		28.03
Ort.	24.3	418	27	44	29	17	8.5	19	31	6.6	7.7	8.5	59	50.91	251.18

Kış mevsimi sediment numunelerinde analizi yapılan 16 PAH türünden 14 PAH türüne (Phe ve Ant hariç), askıda partiküler madde numunelerinde 5 PAH türüne, su numunelerinde ise 7 PAH türüne rastlanmıştır. Fenantren (Phe) ve antrasen (Ant) türlerine hiç rastlanılmamıştır. Bu sayılar analiz yönteminin uygulanmasının bir sonucu olarak da değerlendirilebilir. Dolayısı ile bulunmadığı ifade edilen PAH türleri uygulanan yöntemin belirleme sınırının altında kalmaktadırlar. Aynı numunelerde farklı analiz yöntemlerinin uygulanması halinde daha çok türün ölçülerek belirlenmesi mümkün olabilir. Sediment numunelerinde molekül ağırlığı bakımından en küçük PAH türlerinin yanında büyük molekül ağırlıklı türler de

ölçülmüştür. Sediment numuneleri en çok PAH türünü barındırmaktadır. Bu nedenle en güvenilir izleme materyali olarak belirlenmiştir.

4 nolu istasyon genel olarak en az PAH türünün ölçüldüğü istasyon olarak bulunmuştur. 7 nolu istasyon en yüksek PAH konsantrasyonuna sahip istasyon olarak dikkat çekmektedir. Yine bu istasyon en yüksek PAH türü olarak Asenaftilen (Acy) içermesi ile diğerlerinden ayrılmaktadır. Tablo 6.2'de kış mevsimi askıda madde numunelerindeki PAH konsantrasyonları verilmiştir.

Tablo 6.2: Kış Mevsimi Askıda Madde Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları

Numune Adı	PAH Türleri, µg/g kuru madde						
	Naph	Ace	Flr	DBah	Bghi	Ind	Top.
KF1			<0.63				
KF2	<0.43		<0.63				
KF3			<0.63				
KF4							
KF5							
KF6		0.5				21	21.5
KF7	20		<0.63				20
KF8							0
KF9			<0.63	11.25	7.75		19
Mak.	20	0.5		11.25	7.75	21	
Min.		0.5		11.25	7.75	21	
Ort.	10	0.5		11.25	7.75	21	

AKM en yüksek PAH konsantrasyonlarına sahip matriks durumundadır. Sediment numunelerine göre yaklaşık 20 kat daha yüksek konsantrasyonlar söz konusudur. Buna göre Büyükçekmece Gölüne PAH türlerinin taşınmasında askıda maddeye bağlanmış PAH'lar belirleyici konumdadır. Numunelerin kış mevsiminde alındıkları düşünülürse yağışlarla havzada biriken PAH kirleticisinin yüzeysel akışlarla yıkanarak göle taşındığı ifade edilebilir. Bu özelliklerine rağmen birçok PAH türünün ölçümde belirlenememesi üzerinde durulması gereken bir konudur. Bunda büyük ölçüde AKM'de PAH tayininde kullanılan numune hacminin yetersiz kalmasının etkili olduğu tahmin edilmektedir. 6 nolu istasyonda en yüksek PAH türü olarak Indeno(1,2,3-cd)Piren (Ind) bulunurken 7 nolu istasyonda da Naftalen (Naph) olmuştur. Kış mevsimi su numunelerindeki çözünmüş PAH konsantrasyonları Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3: Kış Mevsimi Su Numunelerindeki Çözünmüş PAH Konsantrasyonları

Numune Adları	PAH Türleri ve Konsantrasyonları, *ng/l*							
	Naph	Acy	Ace	Flr	Chr	DBah	Ind	Top.
KS1	<0.43	3590		30		110	200	3930
KS2				42				42
KS3			18	<0.63				18
KS4								
KS5					110			110
KS6	<0.43	1810						1810
KS7	390		<0.36	<0.63				390
KS8	<0.43	630						630
KS9								
Mak.	390	3590	18	42	110	110	200	
Min.		630			110	110	200	
Ort.	97.5	2010	9	18	110	110	200	

Su numunelerinde çözünmüş PAH türleri bakımından 1 ve 6 nolu istasyon en yüksek Asenaftilen (Acy) konsantrasyonlarına sahip konumdadır. Naph ise 7 nolu istasyonda en yüksek konsantrasyona sahip PAH türü olmuştur. Bu sonuçlar AKM sonuçları ile uyumludur.

6.1.2 Bahar Mevsimi Numuneleri

Bahar mevsimi numunelerinin analizinde bir problem yaşanmıştır. Ön işlemleri yapılmış ve 1 ml hacme indirilerek viallere alınmış numunenin HPLC'de analizi esnasında 13. numuneden sonra basınç yükselmesi sonucu cihaz devre dışı kalmıştır. Arızanın görünür sebebi vial içinde oluşan askıda maddelerdir. Bu askıda maddelerin HPLC'de tıkanmaya neden olduğu tahmin edilmiştir. Vial içindeki askıda madde oluşumu bir çökelmenin varlığını göstermektedir. Çökelen maddenin PAH türlerinden olması büyük ihtimal olarak değerlendirilmiştir. Problemin çözümü olarak numunelerin 0.45 μm'lik membran filtreden geçirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla 2 ml'lik plastik şırıngalarla kullanılan filtre kartuşları kullanılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmanın sonuçları Tablo 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.4: Bahar Mevsimi Süzülmemiş Su Numunelerindeki Çözünmüş PAH Konsantrasyonları

Numune Adları	PAH Türleri ve Konsantrasyonları, *ng/l*				
	Naph	Acy	Flt	Ind	Toplam
BS1					
BS2				38.1	38.1
BS3					
BS4		984.8			984.8
BS5	322.5		371.8		694.3
BS6			501	592.3	1093.3
BS7				165.4	165.4
BS8	285				285
BS9				60.5	60.5
BS10				19.7	19.7
BS11		1044.6	201.2		1245.8
BS12				16.8	16.8
Mak.	322.5	1044.6	501	592.3	1245.8
Min.	285				
Ort.	285	1014.7	358	148.8	460.37

Bahar dönemine ait süzülmemiş numunelerin analiz sonuçları genel olarak daha ölçülen PAH türlerinde bir azalmanın varlığını göstermektedir. Aynı zamanda konsantrasyonlarda da bir azalma söz konusudur. Buna göl alanında daha fazla su hacmi dolayısı ile seyrelme etkisi yol açmış olabilir. Ancak Naph, Acy, Ind türleri her iki dönemde de ölçülebilen türleri oluşturmaktadır.

Tablo 6.5: Bahar Mevsimi Süzülmüş AKM Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları

Numune Adları	PAH Türleri ve Konsantrasyonları, µg/g			
	Acy	Flt	Ind	Toplam
BF4			126	126
BF6			29.0	29
BF7	231.9			231.9
BF9		130.0		130
Mak.				231.9
Min.				29
Ort.				129.225

Bahar mevsimi PAH analizi sonuçları AKM numuneleri için Tablo 6.5 ve sediment numuneleri için Tablo 6.6.'da verilmiştir.

Tablo 6.6: Bahar Mevsimi Süzülmüş Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları

Numune Adları	PAH Türü ve Konsantrasyonu,µg/kg kuru ağırlık
	Ind
BSd1	1.129
BSd2	5
BSd10	40.1
Mak.	40.1
Min.	5
Ort.	15.41

Sediment ve AKM numunelerinde en fazla PAH türünün çıkması beklentisi burada gerçekleşmemiştir. Bunda süzme işleminin yanında HPLC cihazının kalibrasyonunun sorumluluğu söz konusudur.

Bahar mevsimi numunelerinde karşılaşılan bu durumun nedenlerinin anlaşılabilmesi ve en azından bahar mevsimine ait numunelerden seçilmiş bazıları için PAH tür ve konsantrasyonlarının belirlenmesinde bir başka kurumdan destek alınmasına karar verilmiştir. Bu amaçla TÜBİTAK-MAM laboratuarında bulunan HPLC cihazından destek alınmıştır. TÜBİTAK-MAM'a ait HPLC cihazında, bu çalışmada ön hazırlık için kullanılan metod ile aynı metod kullanılmaktadır. Ölçüm de HPLC kullanılarak yapılmaktadır.

Tübitak-Mam laboratuarına gönderilecek numunlerin seçiminde kış mevsimi için yüksek değerlerin bulunduğu istasyonların bahar mevsiminde alınmış numunlerine öncelik verilmiştir. Buna göre bahar mevsimi süzülmüş su numunlerinden seçilenlerin analiz sonuçları Tablo 6.7'de, AKM'ler için Tablo 6.8'de ve sediment için de Tablo 6.9'da verilmiştir.

1 ve 11 nolu istasyonlara ait olan su numunelerinin analiz sonuçları gerek PAH türlerinin çokluğu ve gerekse konsantrasyonlarının yüksekliği bakımından dikkat çekmektedirler.

Tablo 6.7: Bahar Mevsimi Süzülmüş Su Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak-Mam Lab.)

PAH Türleri	Numune Adları ve PAH Konsantrasyonları, *ng/l*		
	BS1	BS6	BS11
Naph			17
Acy	3	19	2
Ace	1355	106	63
Flr	297		4
Phe	15		
Ant	42	3	46
Flt	469	188	69
Pyr	92	2	49
B(a)A	121	5	2
Chr	14	13	
B(b)F		7	2
B(k) F	20	26	
B(a)P			5
DB(a,h)A			2
B(g,h,i)P		7	
Ind(1,2,3-cd)P			2
Toplam PAH	2431	689	265

1 nolu istasyon TEM otoyolunun güney tarafında yer alan bir istasyondur ve hakim rüzgarın kuzeyli yönlerden estiği düşünülürse TEM'in etkisini en iyi gösterecek istasyondur. Burada 2431 ng/l toplam konsantrasyonu bu durumu teyit etmektedir. 11 nolu istasyon ise TEM'in kuzeyinde ve TEM ile Devlet Yolu Köprüsü arasında yer alan bir istasyondur ve 1 nolu istasyona göre toplam konsantrasyon bakımından oldukça düşüktür (yaklaşık olarak dokuzda bir). 6 nolu istasyon gölün orta bölgesinde kalmakta ve doğu ve batı kıyılarından gelen derelerin etkisindedir. Bu istasyon göl için ortalama konsantrasyonu temsil etmektedir.

Asenaften (Ace) en yüksek, florentan (Flt) ise ikinci yüksek konsantrasyonda ölçülen PAH türüdür. Her iki tür de nispeten hafif PAH türleri grubundan olup sudaki çözünürlükleri bakımından beklenen bir durumdur. 6 nolu istasyonda asenaftenin (Ace) toplam PAH içindeki oranı %15 florantenin (Flt) ise % 27 mertebelerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 6.8: Bahar Mevsimi Süzülmüş AKM Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak Mam Lab)

PAH Türleri	Numune Adları ve PAH Konsantrasyonları, µg/g			
	BF6	BF7	BF9	BF11
Naph				1.31
Acy	44.40	52.50	11809.80	2.54
Ace	3.20			
Flr	3.20		57.80	
Phe	2.20	5.50	13.40	0.21
Ant			40.60	
Flt	5.00	11.00	42.20	0.83
Pyr	2.00		2.60	
B(a)A			92.80	
B(b)F		9.50	3.00	
B(a)P			7.00	
DB(a,h)A	42.00	137.50	40.60	3.56
Toplam PAH	120.80	268.00	12124.90	9.98

Göl suyundaki askıda katı madde üzerinde yapılan PAH analizinde 6 nolu istasyon göl için ortalama konsantrasyon mertebesinin göstergesi olarak kabul edilmiştir. 7 nolu istasyon 6 nolu istasyon ile doğu kıyısı arasında kalan konumu dolayısı ile yakındaki Ahlat ve Kavak derelerinin etkisini göstermektedir. 9 nolu istasyon ise Taşucu Deresinin ağzına yakın bir istasyon olup oldukça yüksek kirletici taşınımına işaret etmektedir. Bu derenin havzası yerleşim ve endüstriyel faaliyetler bakımından PAH birikiminde belirleyici konumdadır. 11 nolu istasyon sudaki PAH ölçümlerine benzer şekilde en düşük konsantrasyona karşılık gelmektedir.

PAH türleri arasında en yüksek konsantrasyonlar yine hafif molekül grubunda yer alan asenaftilene (Acy) aittir. 9 nolu istasyon için bu PAH türü bu istasyondaki toplam PAH değerinin %97'sini karşılamaktadır. 6 nolu istasyonda bu değer %37 mertebelerindedir.

Tablo 6.9: Bahar Mevsimi Süzülmüş Sediment Numunelerindeki PAH Konsantrasyonları (Tübitak Mam Lab)

PAH Türleri	Numune Adları ve PAH Konsantrasyonları, µg/kg				
	BSd7	BSd8	BSd9	BSd10	BSd11
Naph	5.54	4.70			
Acy					1.31
Ace		84.06			2773.85
Phe	0.57	5.45	3.97	5.62	6.55
Ant	1.34	0.75	2.32	1.03	1.51
Flr		3.10		7.00	
Pyr	5.26	9.12		9.64	7.06
B(a)A		1.69		2.07	
Chr		1.79		2.18	0.91
B(k)F	2.49	2.45			1.82
B(a)P		2.35			
DB(a,h)A	15.10				3.03
B(g,h,i)P		24.64	82.46	21.45	
Ind(1,2,3-cd)P		0.85			
Toplam PAH	43.20	145.84	144.06	65.44	2802.83

Sediment fazındaki analizlerde 11 nolu istasyon en yüksek toplam PAH konsantrasyonuna sahip bulunmuştur. Aynı istasyonun su ve askıda madde numunelerinin tersine bir özelliğe işaret etmesi bakımından ilginç bir sonuçtur. Oysa aynı dere yatağında biraz daha kuzeyde yer alan 10 nolu istasyon bu sonuçla uyumlu değildir. İki istasyon arasındaki fark 11 nolu istasyonun TEM ve Devlet Yolu arasında kalması ve bu iki yolun etkisini göstermesi olabilir. 11 nolu istasyonda en yüksek konsantrasyona yine asenaften türü sahiptir. 7 nolu istasyon beklenenin tersine sediment numunleri bakımından düşük konsantrasyonda çıkmıştır.

6.1.3 Kış Ve Bahar Mevsimi Numunelerinin Karşılaştırılması

Büyükçekmece Gölündeki PAH birikiminin mevsimsel değişiminin belirlenmesi kaynakların etkilerinin ortaya konulması bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada mevsimsel değişimin görülebilmesi tam olarak mümkün olmamaktadır. Çünkü numune alım periyotları birbirine yakındır. Buna rağmen iki dönem arasında göl suyunun derinliği bariz bir şekilde artmıştır. Bu artışın etkisinin belirlenmesi dahi önem taşımaktadır. Bu etkinin görülebilmesi için kış mevsimi ve bahar mevsimine ait numunelerden aynı istasyonlara ait olanlar karşılıklı olarak mukayese edilmiştir

Tablo 6.10'da kış ve bahar dönemi sediment numunelerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 6.10: Kış ve Bahar Dönemi Sediment Numunelerinin Karşılaştırılması

PAH Türleri	Numune Adları ve PAH Konsantrasyonları, µg/kg					
	KSd7 (İTÜ)	BSd7 (T.MAM)	KSd8 (İTÜ)	BSd8 (T.MAM)	KSd9 (İTÜ)	BSd9 (T.MAM)
Naph		5.54		4.7	<0.43	
Acy	1105		70.3			
Ace				84.06	2.1	
Flr						
Phe		0.57		5.45		3.97
Ant		1.34		0.75		2.32
Flt				3.1		
Pyr		5.26		9.12		
B(a)A				1.69	1.7	
Chr	33		14	1.79		
B(b)F						
B(k)F		2.49		2.45	1.8	
B(a)P				2.35		
DB(a,h)A	5.8	15.1			21	
B(g,h,i)P				24.64	0.9	82.46
Ind(1,2,3-cd)P	81.86			0.85	<4.23	
Toplam PAH	1225.5	43.2	84.11	145.84	28.03	144.06

7 nolu istasyon hariç 8 ve 9 nolu istasyonlarda bahar dönemi numunelerinde konsantrasyonlarda artma belirlenmektedir. Her iki numune grubunda asenaftilen (Acy) ve asenaften (Ace) ağırlıklı türleri oluşturmaktadırlar. Bahar numunelerinin süzülmüş numuneler olduğu düşünüldüğünde bu artışın daha belirgin olacağı ifade edilmelidir. Kış ve bahar dönemi su numunelerinin karşılaştırılması Tablo 6.11'de verilmiştir.

Su numunelerinde 1 nolu istasyon bahar döneminde %30 civarında azalmasına rağmen her iki dönemde de yüksek PAH konsantrasyonuna sahip iken 6 nolu istasyonda bahar döneminde kış döneminin üçte biri mertebesinde bir konsantrasyon bulunmuştur. Burada kış döneminde PAH türleri olarak sadece Acy türünün oldukça yüksek konsantrasyonda bulunmuş olmasına rağmen diğer türlerden hiçbir temsilcinin bulunamayışının analizdeki girişimlerden kaynaklandığı tahmin edilemktedir. Oysa bahar dönemiminde aynı istasyonda çok sayıda tür bulunmuştur.

Tablo 6.11: Kış ve Bahar Dönemi Su Numunelerinin Karşılaştırılması

PAH Türleri	Numune Adları ve PAH Konsantrasyonları, ng/l			
	KS1	BS1	KS6	BS6
Acy	3590	3	1810	19
Ace		1355		106
Flr	30	297		
Phe		15		
Ant		42		3
Flt		469		188
Pyr		92		2
B(a)A		121		5
Chr		14		13
B(b)F				7
B(k)F		20		26
DB(a,h)A	110			
B(g,h,i)P				7
Ind(1,2,3-cd)P	200			
Toplam PAH	3930	2431	1810	689

6 nolu istasyonun göl suyu için ortalama değerlere sahip olduğu bilindiğine göre bahar mevsiminde konsantrasyon azalmasının iki nedeni söylenebilir. Bunlardan birincisi su hacmindeki artışın seyreltme etkisi diğeri de numunenin süzülmüş olmasıdır.

Kış ve bahar dönemi AKM numunelerinin karşılaştırılması Tablo 6.12'de verilmiştir.

AKM sonuçlarına göre bahar numunelerinin PAH konsantrasyonları süzülmüş numunelerde ölçülmesine rağmen kış numunelerinden daha konsantre bulunmuştur. Özellikle 9 nolu istasyonda bu belirgindir. Buna göre bahar dönemi numuneleri analiz sonuçları ölçüm cihazınının kalibrasyonuna bağlı olarak daha gerçekci olarak değerlendirilmiştir. Diğer numunelerin de (kış dönemi ve yaz döneminden kalan numuneler) aynı sistemde analizlerinin sağlanması halinde özellikle kış dönemi analiz sonuçları ile daha verimli bir karşılaştırma yapılabilir.

Tablo 6.12: Kış ve Bahar Dönemi AKM Numunelerinin Karşılaştırılması

PAH Türleri	Numune Adları ve Konsantrasyonları, µg/g					
	KF6	BF6 T-MAM	KF7	BF7 T-MAM	KF9	BF9 T-MAM
Naph			20			
Acy						
Ace	0.5	44.4		52.5		11809.8
Flr		3.2				
Phe		3.2				57.8
Ant		2.2		5.5		13.4
Flt						40.6
Pyr		5		11		42.2
B(a)A		2				2.6
Chr						92.8
B(b)F						
B(k)F				9.5		3
B(a)P						
DB(a,h)A					11.25	7
B(g,h,i)P		42		137.5	7.75	40.6
Ind(1,2,3-cd)P	21					
Toplam PAH	21	120.8	20	268	19	12124.9

6.2 Büyükçekmece Gölü'nde Fiziksel ve Kimyasal Kirletici Parametrelerin Analiz Sonuçları

6.2.1 Fiziksel parametreler

Büyükçekmece Gölü'nde PAH analizleri ile birlikte özellikle su numunelerinde gölün kalite sınıfını belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal kirletici parametrelerin ölçümleri planlanmıştır. Bu amaçla kış ve bahar örneklerinde fiziksel parametreler kapsamında İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında pH, iletkenlik ve bulanıklık analizleri yapılmış ve sonuçları Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13'de verilen sonuçlardan pH 'ın bahar numunelerinde 0,1-0,3 birim kadar artış gösterdiği belirlenmiştir.Bulanıklık değerlerinde ise bir azalma görülmektedir. Muhtemelen yaağışlarla taşınımın etkisine bağlı olarak kış numunleri daha yüksek sediment içerdiğinden bulanıklaık değerleri de yüksek çıkmaktadır.İletkenlik değerleri de çözünmüş madde miktarının artmasına bağlı olarak yükselmiştir.

Tablo 6.13: Kış ve Bahar Örneklerinin pH, İletkenlik ve Bulanıklık Değerleri

	pH		iletkenlik mMHO/cm		Bulanıklık	
Numune Adı	Kış örneklemesi	Bahar örneklemesi	Kış örneklemesi	Bahar örneklemesi	Kış örneklemesi	Bahar örneklemesi
S1	8.50	8.6	765	630	8.5	7.7
S2	8.53	8.6	679	617	15	4.2
S3	8.37	8.6	568	628	8	6
S4	8.30	8.6	556	624	27	6
S5	8.32	8.6	553	628	17	5
S6	8.35	8.6	591	625	9	5
S7	8.33	8.6	587	622	9.7	4
S8	8.32	8.6	595	624	8	4
S9	8.27	8.2	579	607	54	6.2
S10		7.9		711		21
S11		8.1		670		32
S12		8.2		956		32

AKM ölçüm çalışması, AKM içindeki PAH türlerinin belirlenmesi için yapılmıştır. Numunelerin bulanıklık ve AKM değerleri, değerlerin ortalamaları ve aralarındaki korelasyon Tablo 6.14'de verilmiştir.

Tablo 6.14: Kış ve Bahar Örneklerindeki AKM ve Bulanıklık Değerleri

	Kış		Bahar	
	Bulanıklık	AKM mg/l	Bulanıklık	AKM mg/l
S1	8.5	17.33	7.7	13
S2	15	8.67	4.2	5
S3	8	17.33	6	6
S4	27	70.67	6	2
S5	17	28	5	10
S6	9	14	5	5
S7	9.7	16	4	2
S8	8	16	4	1
S9	54	80	6.2	5
S10			21	32
S11			32	52
S12			32	54
Ort.	17.36	29.78	11.09	15.58
Korelasyon	0.90		0.99	

Su numunelerinde beklendiği gibi AKM ile bulanıklık parametreleri arasında önemli ilişki bulunduğu görülmektedir. Bu ilişki bahar numunelerinde daha belirgin (Korelasyon katsayısı 0,99) seviyelerdedir.

6.2.2. İyon Analizi Sonuçları

Kış ve bahar örneklerinde anyon analizleri yapılmış, her bir iyonun konsantrasyonu, maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 6.15'de verilmiştir.

İki döneme ait analiz sonuçlarının değerlendirilmesinden bromür değerlerinin hemen hemen sabit kaldığı,nitrit değerlerinin kış döneminde ortalama 1.13 mg/l konsantrasyonuna karşılık bahar döneminde yöntemin tayin limiti mertebelerinde olduğu, buna karşılık florür, klorür, nitrat ve sülfat değerleri bahar döneminde %15-25 arasında artış göstermiştir.

Büyükçekmece Gölü'nün kuzeyinde yer alan 10 ve 11 nolu istasyonlardan alınan bahar numuneleri bulanıklık, akm değerleri gibi sülfat ve nitrat değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Bu istasyonların gölü besleyen ana derelerin su kalitesini gösterme potansiyeli önem taşımaktadır.

Genel olarak dere deltalarına yakın yerlerde seçilen istasyonlara ait numunelerde parametreler havza içinde taşınımın etkisinde yüksek çıkmaktadır. Bu dönemin genellikle yağışlı mevsimlere karşılık gelmesi de değerlerde yıl ortalamasından daha yüksek olmanın anlamını açıklamaktadır.

Tablo 6.15: Kış ve Bahar Örnekleri Anyon Analiz Konsantrasyonları

Kış örneklemesi, mg/l							
Numune Adı	F^-	CI^-	NO_2^-	Br^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
S1	0.32	92.84	0.95	0.23	15.28	0.25	98.27
S2	0.32	72.41	1.98	0.39	7.55		84.74
S3	0.31	74.53	0.68	0.31	8.97		89.62
S4	0.36	76.59	2.58	0.32	6.30		88.67
S5	0.31	69.11	1.16	0.38	6.50		82.69
S6	0.31	72.00	0.66	0.26	10.41		85.24
S7	0.30	71.57	0.63	0.26	9.90		83.86
S8	0.29	69.17	0.40	0.21	10.23		84.86
S9	0.29	67.77		0.21	9.61		81.24
Mak.	0.36	92.84	2.58	0.39	15.28	0.25	98.27
Min	0.29	67.77	0.40	0.21	6.30	0.25	81.24
Ort.	0.31	74.00	1.13	0.28	9.42	0.25	86.58
Bahar örneklemesi, mg/l							
Numune Adı	F^-	CI^-	NO_2^-	Br^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
S1	0.48	82.60		0.24	5.23		92.10
S2	0.56	89.16		0.29	6.43		104.00
S3	0.32	80.85		0.22	5.93		96.07
S4	0.34	87.62		0.23	6.27		98.13
S5	0.32	87.29		0.27	6.64		98.31
S6	0.49	101.01		0.29	9.30		117.91
S7	0.32	86.86		0.23	6.57		95.95
S8	0.30	82.39		0.22	6.48		97.41
S9	0.46	88.92		0.24	6.67		114.11
S10	0.26	70.01		0.22	8.48		76.83
S11	0.40	76.39		0.22	6.17		226.84
S12	0.42			0.41	22.04	0.73	139.74
Mak.	0.56	101.01	-	0.41	22.04	0.73	226.84
Min	0.26	70.01	-	0.22	5.23	0.73	76.83
Ort.	0.39	84.83	-	0.26	8.02	0.73	113.12

Kış ve bahar örneklerinde katyon analizleri yapılmış,her bir iyonun konsantrasyonu, maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 6.16'da verilmiştir.

Tablo 6.16: Kış ve Bahar Örnekleri Katyon Analiz Konsantrasyonları

Kış Örneklemesi, mg/l					
Numune Adı	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Li^{+}
KS1	109.6	12.4	42.6	3.74	< 0.03
KS2	85.3	10.4	32.6	3.41	< 0.03
KS3	54.6	8.8	31.9	3.16	< 0.03
KS4	63.6	10	34.1	4.3	< 0.03
KS5	54.5	9.1	33.9	3.37	< 0.03
KS9	57.5	9.2	32.3	3.12	< 0.03
KS6	61.6	9.5	33.1	3.33	< 0.03
KS7	66.7	10.2	36	3.8	< 0.03
KS8	60.3	9.1	32.2	3.32	< 0.03
Mak.	109.6	12.4	42.6	4.3	0
Min	54.5	8.8	31.9	3.12	0
Ort.	68.1889	9.85556	34.3	3.50556	
Bahar Örneklemesi, mg/l					
Numune Adı	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Li^{+}
BS10	88.9	10.6	29.5	2.63	< 0.03
BS11	78.7	10.1	30.5	2.66	< 0.03
BS1	64.8	10.4	34.6	3.15	< 0.03
BS2	58.3	9.98	34.9	3.36	< 0.03
BS3	57.9	10.4	37.4	3.25	< 0.03
BS4	70.3	11.7	38.5	3.7	< 0.03
BS5	62.5	10.4	34.1	3.14	< 0.03
BS12	98	24.7	48.3	4.31	< 0.03
BS9	65.1	10.7	34.7	3.2	< 0.03
BS6	64.5	10.7	35.5	3.31	< 0.03
BS7	64.7	10.7	35.4	3.4	< 0.03
BS8	62.9	10.5	35.3	3.49	< 0.03
Mak.	98	24.7	48.3	4.31	0
Min	57.9	9.98	29.5	2.63	0
Ort.	69.7167	11.74	35.725	3.3	

2002 yılında yapılmış olan bir çalışmanın farklı tarihlerde Büyükçekmece Gölü'nden alınan su numunelerinin özellikleri Tablo 6.17'de verilmiştir. Bu değerlerle bu çalışmada bulunan sonuçların karşılaştırılması yapılarak göl suyunda havzadaki değişime paralel olarak kirlikik seviyesinin zamn içindeki değişimi verilmeye çalışılmıştır.

Tablo 6.17: Büyüçekmece Gölü Su Karakterizasyonu (Soyer, 2002)

Parametre	Numune No/Tarih				
	1 nolu 10.09.2002	2 nolu 24.09.2002	3 nolu 05.11.2002	4 nolu 15.10.2002	5 nolu 20.08.2002
pH	8.41	8.11	7.85	7.83	8.04
Bulanıklık, NTU	16.70	21.7	4.09	8.86	20.1
E.İletkenlik,µmho/cm	493	495	505	493	499
Renk, PtCo	30	>70	15	20	25
T.Sertlik, mg$CaCO_3$/l	176	180	192	186	174
T.Alkalinite, mg$CaCO_3$/l	154	120	120	115	131
Amonyum, mg/l	<0.05	<0.05	0.18	0.06	<0.05
Toplam Organik Karbon, mg/l	5.89	5.28	4.43	4.87	5.83
T.Çözünmüş Madde, mg/l	239	240	244	238	241
Numune sıcaklığı,^oC	19	23	15	21	23
Klorür, mg/l	57	59	60	59	54
Bromür, mg/l	221.7	168.5	80	98	200
Nitrat, mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8
Sülfat, mg/l	71	63	58	58	67
Kalsiyum, mg/l	64	64	55.2	64	50.4
Magnezyum, mg/l	3.9	4.9	13.1	6.3	11.7
T.Demir, mg/l	0.91	1.23	0.22	0.35	1.19
T.Koli, sayı/100 ml	2310	3880	3140	900	5780
E.Koli, sayı/100 ml	70	40	60	0	20

pH , iletkenlik, sülfat, klorür değerlerinde artış dikkati çekmektedir.

6.3. PAH Analiz Sonuçlarının Literatür ile Mukayesesi

Literatürde başta Çin'de bulunan Sarı, İnci ve Dalilao nehirleri, Amerika'da bulunan Tahoe gölü ve Susquenha Nehri'nde yapılmış olan çalışmalar olmak üzere birçok çalışma incelenmiş olup PAH konsantrasyonun yoğun olduğu yerlerin genelde otoyol, endüstri, yerleşim alanları ve dere yataklarına yakın yerler olduğu görülmüştür.

Tablo 6.18'de yapılan çalışmanın literatürle kıyaslaması verilmiştir. Sediment ve su numunelerindeki konsantrasyonların literatürdeki sonuçlara yakın çıktığı, askıda katı madde konsantrasyonunun ise yapılan çalışmaların altında olduğu görülmüştür. Bunun nedeni de çalışma ortamının durgun olmasından dolayı, askıda katı maddelerin zamanla dibe çökmesi ile açıklanabilir.

Tablo 6.18: Sonuçların Literatürle Karşılaştırılması (Ko ve diğ.,2007; Telli-Karakoç ve diğ., 2002; Sprovieri ve diğ., 2007; Wade ve diğ., 2007; Li ve diğ., 2006; Guo ve diğ., 2007; Vane ve diğ., 2007; Edirveerasingam, 2006)

Yer	Numune fazı			Ölçüm yapılan enstrüman	Kirletici Kaynaklar	PAH çeşidi	İstasyon sayısı	Numune alma dönemi
	Su,ng/l	Askıda madde, µg/g	Sediment, µg/kg					
Büyükçekmece Gölü (kış örn.)	18-3930 (990)	0.5-21 (10.04)	28.03-1225.50 (251.18)	HPLC/UV FLD	Trafik,tarım, endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları	16	9	Ocak 2008
Büyükçekmece Gölü (bahar örn.)	265-2431 (1128.33)	9.98-12124.90 (3130.92)	43.20-2802.83 (640.27)	HPLC/UV FLD	Trafik,tarım, endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları	16	12	Nisan 2008
Susquenha Nehri, USA			2833.55	GC-MS	Endüstriyel ve trafik ayrıca etrafında bulunan barajların da kirliliği arttırdığı düşünülmektedir.	15	34	Eylül 2000
İzmit Körfezi	1160-13680		30.10^3-1670.10^3	HPLC/FLD	Gemi trafiği, evsel ve endüstriyel deşarjlar	16	10	1999
Naples Limanı, İtalya			9-31774	Dionex ASE 200	Gemi trafiği, endüstriyel faaliyetler	16	189	Kasım 2004
Casco Körfezi, USA			1568.7	GC-MS	Yerleşim alanlarına yakın	12	18	2000-2001 yaz ayları
Sarı Nehir, Çin	248.2	199.012	76.8	HPLC/FLD	Petrokimyasal tesislere, maden ocaklarına ve metalurji fabrikalarına yakın	15	13	Haziran 2004
Daliao Nehri, Çin	6471.14	21724.5	287.33	GC-MS	Endüstriyel ve evsel deşarjlar	18	16	Ağustos 2005
Mersey Halici, İngiltere			1811-6230	HPLC/UV	Endüstriyel ve evsel deşarjlar	15	20	Mayıs 2000-Kasım 2002
Tahoe Gölü, USA	4000		200-930	GC-MS	Otoyol, gemi trafiği	15	24	2002-2005 ilkbahar, yaz, sonbahar ayları

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1 PAH Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Büyükçekmece Gölü'nde Ocak 2008 ve Nisan 2008 tarihlerinde alınmış iki seri su ve sediment numunelerinde gerçekleştirilen analiz çalışmalarına göre en yüksek PAH birikimi askıda katı madde numunelerinde bulunmuştur. Bu durum havza içindeki PAH birikiminin yağışlarla yıkanarak taşınmasının doğal sonucudur. Ancak askıda madde formundaki katıların zamanla göl tabanına çökelmesi ile göl suyundaki bu yüksek konsantrasyonların sediment fazına aktarılacağı düşünülmektedir. Askıda madde fazını sediment ve su fazları izlemektedir.

Büyükçekmece Gölü numunelerinde gerçekleştirilen analiz çalışmalarına göre her iki dönemde en yüksek PAH birikimi askıda katı madde numunelerinde bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre kış dönemindeki sediment numunelerinde en çok birikim gösteren PAH türlerinin Acy (%62.33), B(ghi)P (%11.78) ve I(1,2,3-cd)P (%10.14) oldukları, bahar dönemindeki* sediment numunelerinde ise Ace (%89.27) ve B(ghi)P (%4.01) oldukları belirlenmiştir. Kış dönemi su numunelerinde en çok bulunan PAH türlerinin Acy (%87) ve Naph (%5.62) oldukları, bahar dönemi su numunelerinde* ise Ace (%45), Flt (%21) ve Flr (%8.9) oldukları belirlenmiştir. Askıda katı madde bünyesinde ise kış döneminde en çok bulunan PAH türlerinin I(1,2,3-cd)P (%35) ve Naph (%33.33) olduğu, bahar döneminde* ise Acy (%95) ve DB(ah)A olduğu görülmüştür. B(ghi)P ve I(1,2,3-cd)P 6 halkalı, DB(ah)A 5 halkalı PAH bileşiklerinden olup ağır PAH'lar sınıfına girmektedirler. Buna göre kış dönemi sediment numunelerinde AKM'lere göre I(1,2,3-cd)P bakımından azalma, su numunelerinde ise Acy bakımından azalma söz konusudur. Su örneklerine göre AKM'dekilerde Naph bakımından bir zenginleşme görülmektedir. Bahar dönemi* sediment numunelerinde bulunan 2-3 halkalı hafif PAH'ların (Naph+Ace+Acy+Flr) yüzdelerinde AKM'ye nazaran bir azalma, su numunelerine göre de bir artış görülmüştür.

Amerika'da bulunan Tahoe Gölü'nde, Çin'de bulunan İnci ve Sarı Nehir'de yapılan çalışmalar gibi birçok çalışmanın sonucunda sedimentte biriken PAH'ların

çoğunlukla 5-6 halkalı PAH'lar olduğu görülmüştür, nedeni olarak da ağır PAH'ların suda çözünürlüklerinin çok düşük olması ve K_{ow} değerlerinin yüksek olması gösterilmiştir. Sedimentteki PAH konsantrasyonunu etkileyen faktörlerden biri ise sedimentlerde üç ve dört halkalı PAH'ları (anthracene, benzo(a)anthracene) parçalayan farklı mikroorganizmaların bulunmasıdır. Bunlar diğer PAH bileşiklerinin sedimentte zenginleşmesine sebep olmaktadır. Aynı çalışmalarda, suda 2-3 halkalı (Naph, Ace, Acy, Flr) hafif PAH'lara rastlanmıştır. Bu durum hafif PAH'ların suda çözünürlüklerinin ağır PAH'lara göre daha fazla olması ile açıklanmıştır.

* : Tübitak-Mam tarafından analizleri yapılan numuneler

7.1.2 Etkili PAH kaynakları

Literatürde farklı PAH türlerinin birbirleri ile ilişkisi bazı PAH kaynaklarını belirlemek için kullanılmıştır. Tablo 7.1'de bu formüller verilmiştir.

Tablo 7.1: PAH Kaynaklarını Belirlemede Kullanılan Formüller (Martinez ve diğ., 2004; Li ve diğ., 2006; Edirveerasingam, 2006)

Formül	Kaynak
Flt/(Flt+Pyr) <0.4	Petrol kaynaklı
0.4<Flt/(Flt+Pyr) <0.5	Petrol yanması
Flt/(Flt+Pyr) >0.5	Kömür, odun, çim vs yanması
BaA/228<0.2	Petrol kaynaklı
0.2<BaA/228<0.35	Petrol ve petrol yanması kaynaklı
IP/(IP+BghiP)<0.2	Petrol kaynaklı
0.2<IP/(IP+BghiP)<0.5	Petrol yanması kaynaklı
IP/(IP+BghiP)>0.5	Kömür, odun, çim vs yanması
0.4< IP/BghiP<1	Trafik kaynaklı

Her bir istasyondaki sediment numuneleri için Tablo 7.1'deki formüller kullanılmıştır, çıkan sonuçlar Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2: PAH Kaynaklarını Belirlemede Kullanılan Sonuçlar

Numune	Flt/(Flt+Pyr)	BaA/228	IP/(IP+BghiP)	IP/BghiP
KSd1	1	0	0.35	0.54
KSd2	0	0.012	0	0
KSd3		0		
KSd4		0.067	0	0
KSd5		0.063	1	
KSd6		0		
KSd7		0	1	
KSd8		0		
KSd9		0.008	0	0
BSd8	0.25	0.0074	0.033	0.034
BSd10	0.42	0.009		

Çıkan değerler Tablo 7.1'e göre yorumlanırsa, kış dönemine ait 1. istasyondaki PAH kaynakları hakkında ağırlıklı olarak petrol yanması ve trafik kaynaklı diyebiliriz. Diğer istasyonlar için; çıkan değerlere dayanarak kirliliğin petrol kaynaklı olduğu görülmektedir. Bahar dönemine ait 8. ve 10. istasyonların PAH kaynaklarınında petrol ve petrol yanması kaynaklı olduğu görülmektedir. Ancak kesin bir yorum yapılabilmesi için çok daha fazla numuneye ve uzun süreli bir çalışmaya ihtiyaç vardır.

7.1.3 Büyükçekmece Gölü'nde PAH Kirlenmesinin Dağılımı

Tablo 7.3'de, bulunan PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre sıralaması verilmiştir. Tablo 7.3'e göre kış dönemindeki en fazla PAH kirliliği 7., 1., 6. ve 4. istasyonlarda görülmüştür. 7.istasyon Ahlat ve Kavak derelerinin göle girdiği noktaya, 1. istasyon da TEM otoyolu ve Sarısu ile Karasu derelerinin birleşip göle döküldüğü yere yakındır. 6. ve 4. istasyonlar ise orta noktalardır. Bahar dönemindeki kirlilik sediment numunelerinde BSd11>BSd8>BSd9>BSd10>BSd7, su numunelerinde BS1>BS6>BS11 ve AKM fazında BF9>BF7>BF6>BF11 görülmüştür. En fazla kirlilik 11., 1. ve 9. istasyonlarda görülmüştür.

Tablo 7.3: Kış Numunelerinde PAH Konsantrasyonlarınınİstasyonlara Göre Sıralaması

İstasyon sıralaması					
Sediment,ug/kg		Su, ng/l		Filtre, ug/g	
7	1225.50	1	3930	6	21.21
1	226.75	6	1810	7	20
4	218.49	8	630	9	19
3	176.05	7	390		
5	131.91	5	110		
6	126.31	2	42		
8	84.11	3	18		
2	43.45				
9	28.03				

11. istasyon E5 ve TEM köprüleri arasında kalan bir noktadır, 1. istasyon TEM otoyolu ve Sarısu ile Karasu derelerinin birleşip göle döküldüğü yere yakındır, 9. istasyon ise Taşocak deresinin göle döküldüğü yere yakındır.

WHO, EPA, Türk İçme Suyu Standardı gibi birçok standartta içme suyunda bulunması gereken maksimum PAH miktarı 0.2 µg/l öngörülmüştür. (Tablo 3.6'da standartlar verilmiştir). Çalışma sonunda suda bulunan PAH miktarı 0.99 µg/l çıkmıştır, ama bu sonuç ham su da bulunan değerdir. Daha sağlıklı bir yorum yapabilmek için arıtma çıkışından alınan numunelerin sonuçlarına da bakmak gerekir.

7.2 Genel Parametre ve Anyon/Katyon Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Büyükçekmece Gölü su kalitesi bakımından değerlendirilmiştir. İçme suyu kaynağı olarak değerlendirilen kıta içi yüzeysel sular arasında yer alan göl ve baraj sularının kalitesi ile ilgili Ülkemizdeki yasal düzenlemeler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'nde verilmiştir. Tablo 1'de kirlilik parametrelerinin değişik aralıkları için üç farklı su kalite sınıfı öngörülmektedir. Bu çalışmada alınan kış ve bahar örneklerinde ölçülen ortalama pH değerleri sırasıyla 8.37 ve 8.43 çıkmıştır. Bu çıkan değerler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo.1'e göre değerlendirilmiştir ve göl suyunun 1. sınıf kalite kriterini sağladığı görülmüştür. Tablo 7.4'de Büyükçekmece Gölü su kalitesinin mevsimsel değişimi verilmiştir.

Tablo 7.4: Büyükçekmece Gölü Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimi (SKKY, 2004)

Ölçülen Parametre	Kış Dönemi Ort.	Bahar Dönemi Ort.	SKKY İlgili Su Sınıfı	SKKY İlgili Ort. Değer
pH	8.37	8.43	1.sınıf	6.5-8.5
Sülfat, mg/l	86.6	113	1.sınıf	<200
Klorür, mg/l	74	85	2.sınıf	<200
Florür, mg/l	0.31	0.39	1.sınıf	<1
TKN, mg/l		1.32	2.sınıf	<1.5
Sodyum, mg/l	34.3	35.72	1.sınıf	<1.25
NH_4-N, mg/l	0.78	1.16	Kış örn.:2.sınıf	<1
			Bahar örn.:3.sınıf	<2

AKM ve bulanıklık değerleri arasındaki korelasyon kış ve bahar örneklerinde sırasıyla 0.90 ve 0.99 çıkmıştır, bu da iki parametre arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kış ve bahar örneklerinin ortalama AKM değerleri sırasıyla 29.78 ve 15.58'dir. Kış AKM değerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo:2'de verilen doğal koruma alanı ve rekreasyon için 5 mg/l, çeşitli kullanımlar için (tuzlu, acı ve sodalı göller dahil) 15 mg/l sınırlarını aştığı görülmüştür. Bahar AKM değerinin ise çeşitli kullanımlar için önerilen (tuzlu, acı ve sodalı göller dahil) 15 mg/l sınırlarında kaldığı görülmüştür.

Kış ve bahar örneklerinde ortalama klorür konsantrasyonu sırasıyla 74 ve 84.83 mg/l çıkmıştır. Bu değerler göl suyunun su kirliliği kontrolü yönetmeliği Tablo1'e göre 2.sınıf kaliteye sahip olduğunu göstermektedir.

Sülfat iyonunun kış ve bahar ortalaması sırasıyla 86.58 ve 113.12 mg/l çıkmıştır. Bu sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo1'e göre 1. sınıf kalite kriterlerini sağlamaktadır.

Florür iyonunun kış ve bahar ortalaması sırasıyla 0.31 ve 0.39 mg/l çıkmıştır. Bu sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo1'e göre 1. sınıf kalite kriterini sağlamaktadır.

8. ÖNERİLER

Bu çalışmada kış ve bahar örneklemesi olarak 2 kez; ocak ayında 9, nisan ayında 12 noktadan numune alınmıştır. Elde edilen sonuçlar bize gölün PAH kirliliği açısından kabaca bilgi edinmemizi sağlamıştır. Daha sağlıklı ve kesin sonuçlara ulaşabilmek için daha sık ve daha çok noktadan numune alınabilir.

Çevresinde bulunan yerleşim, tarım alanları ve 800'e yakın sanayi kuruluşu ile Büyükçekmece Gölü İstanbul'un en çok kirliliğe maruz kalan içme suyu rezervuarlarından biridir. Bu özelliğinden dolayı PAH kirliliği ile birlikte ağır metal, PCB, TOC konsantrasyonlarına ve bu kirletici parametreler arasındaki ilişkilere bakılabilir.

Balıkların karaciğer ve yağ dokularında PAH'lara bakılabilir. Böylece besin zinciriyle insanlara ulaşan PAH'ların, insan vücudundaki birikimleri incelenebilir.

Alınan numunelerde PAH'ların farklı metotlar kullanılarak ve farklı enstrümanlarda ölçümü yapılarak, metotlar ve enstrümanlar hakkında kıyaslamaya gidilebilir.

Gölün çevresinin gittikçe yerleşim ve endüstriyel faaliyetlerle yoğunlaşması bu su kaynağının maruz kalacağı kirlenme seviyesini artıracaktır. Bu nedenle İstanbul'da su kaynaklarının yönetimi konusunda yetkili olan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ)'nin rezervuar alanlarda yürüttüğü izlem çalışmalarına Dünya Sağlık Teşkilatı(WHO) ve Avrupa Birliği düzenleme ve tavsiyelerinde yer verilen PAH'lar da dahil Dirençli Organik Kirleticilerin(POPs) eklenmesi yararlı olacaktır.

Diğer taraftan bu tür izleme çalışmalarının gölün hidrolojik özellikleri ile birlikte dikkate alınarak kurulacak dinamik bir modelle modellenmesi, değişimin belirlenmesi ve tahmin edilmesine yönelik yararları ile havza bazında su kalitesinin yönetiminde vazgeçilmez bir önem taşımaktadır.

İstanbul'a su temin eden diğer rezervuarlarda da benzer çalışmaların belirli periyodik zamanlarda yapılması önerilir.

KAYNAKLAR:

APHA, AWWA and WEF, 2005. Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edn., Washington DC, USA.

Bjørseth, A. and Ramdahl, T., 1985. Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Volume 2, Marcel Dekker, New York.

Buehler S.S., Basu I., Hites R.A., 2001. A Comparison of PAH, PCB and Pesticide Concentrations in Air at Two Rural Sites on Lake Superior. Environmental Science Technology 2001, **35**, 2417–2422.

Büyükçekmece Haritası, 2007. http://www.haber34.com/istanbul-haritasi/buyukcekmece-haritasi.html

Chalmers A.T., Van Metre P.C., Callender E., 2007. The chemical response of particle-associated contaminants in aquatic sediments to urbanization in New England, USA. Journal of Contaminant Hydrology **91** (2007) 4–25.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Sulak Alanlar : Büyükçekmece Gölü, http://www.cevreorman.gov.tr/sulak/sulakalan/bcekmece.html .

Demir İ., Demirbağ Z., 1999. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Biyolojik Olarak Parçalanması. Tr. J. of Biology **23** (1999) 293–302.

Drinking Water Quality, Guardians of Drinking water Quality. http://www.dwi.gov.uk/pressrel/2000/pr0007.htm , 2000.

Eisler, R., 2000. Handbook of Chemical Risk Assessment Health Hazards to Humans Plants and Animals, Chapter 25. Lewis Publisher, Washington D.C.

Environmental Standards, Volume III: Compendium of Environmental Standards, http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/enven/begin3.htm#Contents

EPA Method 3540C, 1996. Soxhlet Extraction, Revision 3 .

EPA Method 3630C, 1996. Silica Gel Cleanup, Revision 3.

EPA Method 550, 1990. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water by Liquid-Liquid Extraction and HPLC with Coupled Ultraviolet and Fluorescence Detection.

EPA Method 610, Methods for OrganicChemical Analysis of Municipal and Industrial Wastewater: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons.

European Economic Community Drinking Water Regulations http://www.lenntech.com/fran%E7ais/EECdirectory.htm

EU's drinking water standards, Council Directive 98/83/EC on the quality of water intented for human consumption. Adopted by the Council, on 3 November 1998.

Guo W., He M., Yang Z., Lin C., Quan X., Wang H., 2007. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, suspended particulate matter and sediment from Daliao River watershed, China. Chemosphere xxx (2007) xxx–xxx.

Güler C., 2007. Evaluation of maximum contaminant levels in Turkish bottled drinking waters utilizing parameters reported on manufacturer's labeling and government-issued production licenses,Table 2. Present regulations and standards for water intended for human consumption, Journal of Food Composition and Analysis, vol. **20**, issues 3-4, 262-272.

Hanedar, A., 2005. İstanbul'da Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (Pah's) Atmosferik Birikiminin ve Konsantrasyon Dağılımının Belirlenmesi, *Doktora Tezi 3. ara rapor*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İSKİ, Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma Tesisi, 2006. http://www.iski.gov.tr/arasayfalar.php?buyukcekmece .

Karaca, F., 2005. Büyükçekmece Bölgesine Taşınan Aerosollerdeki Metal Konsantrasyonlarının İncelenmesi ve Modellenmesi, *Doktora Tezi,* Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karakaya A., 2003. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlara Maruz Kalan Bir Grup İşçide Hücresel İmmün Fonksiyonların İncelenmesi. T.C. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu.

Ko F., Baker J., Fang M., Lee C., 2007. Composition and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface sediments from the Susquehanna River. Chemosphere **66** (2007) 277–285.

Li A., Jang J.K., Scheff P.A., 2003. Application of EPA CMB8.2 Model for Source Apportionment of Sediment PAHs in Lake Calumet, Chicago. Environ. Sci. Technol. 2003, **37**, 2958–2965.

Li G., Xia X., Yang Z., Wang R., Voulvoulis N., 2006. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the middle and lower reaches of the Yellow River, China. Environmental Pollution **144** (2006) 985-993.

Ma M., Feng Z., Guan C., Ma Y., Xu H., Li H., 2001. DDT, PAH and PCB in Sediments from the Inertidal Zone of the Bohai Sea and the Yellow Sea. Marine Pollution Bulletin Volume 42, Issue 2, February 2001, Pages 132–136.

Martinez E., Gros M., Lacorte S., Barcelo D., 2004. Simplified procedures fort he analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, sediments and mussels. Journal of Chromatography A, **1047** (2004) 181–188.

Meng-Der Fang Chon-Lin Lee ve Chia-Shun Yu, 2003. Distribution and source recognition of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of

Hsin-ta Harbour and adjacent coastal areas, Taiwan. Marine Pollution Bulletin, Volume 46, Issue 8, August 2003, Pages 941-953.

Moriwaki H., Katahira K., Yamamoto O., Fukuyama J., Kamiura T., Yamazaki H., Yoshikawa S., 2005. Historical trends of polycyclic aromatic hydrocarbons in the reservoir sediment core at Osaka. Atmospheric Environment 39 (2005) 1019–1025.

Mumtaz M., George J., Toxicological Profile For Polycyclic Aromatik Hydrocarbons. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, August 1995. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf

Oros D.R., Collier R.W., Simoneit B.R.T., 2007. The extent and significance of petroluem hydrocarbon contamination in Crater Lake, Oregon. Hydrobiologia (2007) **574**: 85–105.

Örgün, Y., Yalçın, T., Bozkurtoğlu E., Duman, H., Yiğitbaş, E., Kuzu, C., Nasuf, E., Öztürk, A., 2003. İstanbul-Çatalca-Muratbey Civarında Yapılan Madencilik Faaliyetlerinin Büyükçekmece Göl Havzasında Yeralan Yer altı Yüzey Sularında Çevreye Olan Etkisi. Kuvaterner Çalıştayı IV, İ.T.Ü. Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Rathore, H.S., and Sherma, J., 1993. Handbook of Cohromatography: Liquid Chromatography of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. CRC Pres, United States of America.

Rose N.L., Rippey B., 2002. The historical record of PAH, PCB, trace metal and fly ash particle deposition at a remote lake in north-west Scotland. Environmental Pollution **117** (2002) 121–132.

Schneider A.R., Stapleton H.M., Cornwell J., Baker J.E., 2001. Recent declines in PAH, PCB, and Toxaphene levels in the Northern Great Lakes as determined from high resolution sediment cores. Environmental Science and Technology vol.35, No.19.

Soyer, E., 2003. Büyükçekmece Su Kaynağının Ozonlama Sonucu Bromat Oluşturma Potansiyelinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sprovieri M., Feo M. L., Prevedello L., Manta D. S.,Sammartino S.,Tamburrino S., Marsella E., 2007. Heavy metals, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls in Surface Sediments of the Naples harbour (Southern Italy). Chemosphere **67** (2007) 998–1009.

Telli-Karakoç F., Tolun L.,Henkelmann B.,Klimm C.,Okay O., Schramm K.W., 2002.Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) distributions in the Bay of Marmara sea: Izmit Bay. Environmental Pollution **119** (2002) 383–397.

U.S. Environmental Protection Agency, Ground Water and Drinking Water http://www.epa.gov/safewater/contaminants/dw_contamfs/benzopyr.html .

Vane C.H., Harrison I., Kim A.W., 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from the

Mersey Estuary, U.K.. Science of the Total Environment **374** (2007) 112–126.

Wade T. L., Sweet S. T., Klein G. A., 2007. Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA. Environmental Pollution (2007) 1-17.

WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Petroleum Products in Drinking-water, 2005.

Yu, M.H., 2005. Environmental Toxicology: Biological and Health Effects of Pollutants,N Chapter 11: Volatile Organic Compounds, 2nd edn., CRC Press Inc., Washington, USA.

Yunker M.B., Macdonald R.W., 2003. Petroluem biomaker sources in suspended particulate matter and sediments from the Fraser River Basin and Strait of Georgia, Canada. Organic Geochemistry **34** (2003) 1525–1541.

Zhou H. W., Luan T.G., Zou F., Tam N.F.Y., 2007. Different bacterial groups for biodegradation of three- and four-ring PAHs isolated from a Hong Kong mangrove sediment. Journal of Hazardous Materials.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Konya'da doğdu. 2000 yılında Aksaray Fen Lisesi'nden mezun oldu, 2001 yılında İ.T.Ü. Yabancı Diller Yüksek Okulu'nda İngilizce Hazırlık Eğitimi gördü. 2006 yılında İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun olup aynı yıl başladığı İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimini sürdürmektedir.