

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI DENİZ KİRLİLİĞİNE SEBEP OLAN
KİRLLETİCİ KAYNAKLAR VE SU KALİTESİNİN
DEĞİŞİMLERİ**

Çevre Müh. Fırat PEKER

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet DEMİR

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. DENİZ KİRLİLİĞİ	4
2.1 Deniz Ortamının Özellikleri	5
2.1.1 Akıntılar	5
2.1.2 Sıcaklık	5
2.1.3 Optik Özellikler	6
2.1.4 Gel-git	7
2.1.5 Tuzluluk	7
2.1.6 Elektriksel İletkenlik	8
2.1.7 Yoğunluk	9
2.1.8 pH	10
2.1.9 Çözünmüş Gazlar	10
2.1.10 Bulanıklık	12
2.1.11 Organik ve İnorganik Maddeler	12
2.2 Deniz Kirliliğine Neden Olan Etkenler	12
2.3 Deniz Suyu Kalitesinin Düşmesine Sebep Olan Başlıca Parametreler	15
2.3.1 Çözünmüş Oksijen Eksikliği	15
2.3.2 Zehirli Gazların Neden Olduğu Kirlilik	16
2.3.3 Azot ve Fosforun Yol Açtığı Kirlilik	16
2.3.4 Ağır Metaller ve İz Elementler	17
2.3.5 Siyanürler	17
2.3.6 Petrol ve Türevleri	18
2.3.7 Deterjanlar	19
2.3.8 Patojen Mikroorganizmalar	19
2.3.9 Askıda Katı Maddeler	20
2.3.10 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	20
2.3.11 Radyoaktif Kirleticiler	20
2.4 Deniz Deşarjları Ve Çevre Standartları	20

3.	MARMARA DENİZİ VE İSTANBUL BOĞAZI.....	24
3.1	Marmara Denizinin Özellikleri.....	24
3.1.1	Fiziksel Özellikler.....	24
3.1.2	Atmosferik Özellikler.....	27
3.1.3	Akıntı Özellikleri.....	27
3.1.4	Tuzluluk ve Sıcaklık Değişimleri.....	30
3.1.5	Marmara Denizi Ekolojik Özellikleri.....	33
3.1.5.1	Çözünmüş Oksijen.....	33
3.1.5.2	Fotosentez.....	35
3.1.5.3	Nütrientler.....	36
3.1.5.4	Klorofil-a.....	39
3.1.5.5	Silikat.....	39
3.1.5.6	Toplam Organik Karbon.....	40
3.1.5.7	Fekal Koliform.....	40
3.1.5.8	PAH.....	40
3.1.5.9	Petrol Kirliliği.....	40
3.1.5.10	Deterjan Kirliliği.....	40
3.2	İstanbul Boğazı.....	41
3.2.1	Akıntı Özellikleri.....	43
3.2.2	Fiziki Özellikler.....	45
3.3	Haliç.....	46
4.	KİRLLETİCİ KAYNAKLAR.....	50
4.1	Atıksu Deşarjlarından Kaynaklanan Kirlenme.....	50
4.1.1	Atıksu Arıtma Tesisleri ve Deniz Deşarjları.....	53
4.1.2	Atıksu Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Kirlilik Yükleri.....	56
4.2	Derelerden Kaynaklanan Kirlenme.....	69
4.3	Karadeniz'den Kaynaklanan Kirlenme.....	78
4.4	Deniz Ulaşımı Ve Deniz Kazaları Sonucunda Meydana Gelen Kirlenme.....	82
4.4.1	Gemi Kaynaklı Atıksular.....	82
4.4.1.1	Evsel Atıksular.....	83
4.4.1.2	Sintine Suları.....	85
4.4.1.3	Balast Suları.....	86
4.4.1.4	Anti-Fouling Boyalar.....	86
4.4.1.5	Katı Atıklar.....	87
4.4.2	İstanbul Boğazı'nda Deniz Trafiği.....	88
4.4.3	Deniz Kazaları.....	90
4.4.4	Gemi Kaynaklı Deniz Kirliliğinin Önlenmesi.....	96
5.	DENİZ SUYU KİRLİLİK ÖLÇÜMLERİ VE KİRLLENME SEVİYESİNDEKİ DEĞİŞİM.....	98
5.1	İSKİ Tarafından Yapılan İzleme Çalışmaları.....	98
5.2	İzleme İstasyonlarına Ait Verilerin Değerlendirilmesi.....	102
5.3	Kirlilik Parametreleri Ölçüm Değerlerindeki Değişim.....	125
5.3.1	Hidrokimyasal Parametrelerin 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	125
5.3.2	Ağır Metallerin (Pb, Fe ve Mn) 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	128

5.3.3	PHC ve Yüzey Aktif Madde 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	129
5.3.4	Fekal Koliform Bakterisi 1997–2004 Yılları Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	130
5.3.5	Yüzey Tabakası Su Kalitesindeki Değişim	130
5.3.6	Karadeniz’den Kaynaklanan Kirlilik Yükleri.....	136
6.	SONUÇLAR.....	138
KAYNAKLAR.....		142
EKLER		145
Ek1 1997-2004 yılları ÇO değişimini gösteren grafikler		146
Ek 2 1997-2004 yılları AKM değişimini gösteren grafikler		154
Ek 3 1997–2004 yılları Top-P değişimini gösteren grafikler		162
Ek 4 1997–2004 yılları Top-N değişimini gösteren grafikler		170
Ek 5 1997–2004 yılları Chl-a değişimini gösteren grafikler		178
Ek 6 1997–2004 yılları Pb konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler		186
Ek 7 1997–2004 yılları Fe konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler.....		190
Ek 8 1997–2004 yılları Mn konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler		194
Ek 9 1997–2004 yılları PAH konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler.....		198
Ek 10 1997–2004 yılları deterjan konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler.....		206
Ek 11 1997–2004 yılları fekal koliform değişimini gösteren grafikler		214
ÖZGEÇMİŞ.....		219

SİMGE LİSTESİ

<i>CFU</i>	Koloni meydana getiren bakteri sayısı
<i>mg/l</i>	Miligram/litre
<i>µg/l</i>	Mikrogram/litre
<i>ppm</i>	Milyonda bir tane

KISALTMA LİSTESİ

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler (Akustik Doppler Akıntı Ölçer)
CTD	İletkenlik-Sıcaklık-Tuzluluk Ölçüm Probu
DHI	Danish Hydraulic Institute
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
IMC	İstanbul Master Plan Konsorsiyumu
IMO	International Maritime Organization
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İDO	İstanbul Deniz Otobüsü İşletmeleri A.Ş.
İMP	İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TBS	Türk Boğazlar Sistemi
TDİ	Türkiye Denizcilik İşletmeleri A.Ş.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Deniz suyunda sıcaklığın derinlikle değişimi	6
Şekil 2.2 Deniz suyunda tuzluluğun derinlikle değişimi	8
Şekil 2.3 Deniz suyunda yoğunluğun derinlikle değişimi	9
Şekil 3.1 Türk Boğazlar Sisteminin batimetrisi (Beşiktepe vd., 2000)	26
Şekil 3.2 Türk Boğazlar Sisteminin batimetrisi (MTA Genel Müdürlüğü)	26
Şekil 3.3 TBS’de tuzluluk ve hacimsel su akıları ($\text{km}^3/\text{yıl}$) (Beşiktepe vd., 2000).....	29
Şekil 3.4 Marmara Denizi’ndeki a) Yüzey akıntısının şematik gösterimi b)Alt tabaka akıntısının şematik gösterimi (Beşiktepe vd., 2000).....	30
Şekil 3.5 Marmara Denizi’nde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun derinliğe göre değişimi	35
Şekil 3.6 Marmara Denizi üst tabakasına giren azot yüklerinin tahmini dağılımı	38
Şekil 3.7 Marmara Denizi üst tabakasına giren fosfor yüklerinin tahmini dağılımı	38
Şekil 3.8 İstanbul Boğazı uydu fotoğrafı (İMP verilerinden derlenerek tez kapsamında hazırlanmıştır.)	42
Şekil 3.9 İstanbul Boğazı’ndaki akımlar ve çevre denizlerle etkileşim (Özsoy vd., 2000).....	43
Şekil 3.10 İstanbul Boğazı batimetri haritası (Yüksel vd., 2006)	46
Şekil 3.11 Güney ve Kuzey Haliç projeleri (İSKİ, 2006)	49
Şekil 4.1 Alıcı ortamlarına göre deşarj edilen atıksuların yüzdesi	51
Şekil 4.2 İstanbul’da arıtılan atıksuyun yıllara bağlı olarak değişimi (Eroğlu, 2002).....	52
Şekil 4.3 İstanbul İli atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları (İMP verilerinden yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır.)	54
Şekil 4.4 Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan KOI yükleri dağılımı	67
Şekil 4.5 Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan BOI5 yükleri dağılımı	68
Şekil 4.6 Atıksu Arıtma tesislerinden kaynaklanan AKM yükleri dağılımı	68
Şekil 4.7 İstanbul İli’nde ıslahı yapılan dereler (İMP verilerinden derlenerek tez kapsamında hazırlanmıştır.)	77
Şekil 4.8 İstanbul ili yerel deniz trafiğinde genel tekne dağılımı (Yönsel ve Başar, 2004)	88
Şekil 4.9 İstanbul Boğazı’nda deniz kazaları açısından riskli bölgeler (Yüksel vd., 2006)	91
Şekil 4.10 İstanbul Boğazı’nda meydana gelen kazaların coğrafi konum olarak dağılım yüzdeleri (Otay ve Özkan, 2005)	94
Şekil 4.11 İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı (Çevre Koruma Müdürlüğü)	97
Şekil 5.1 Su kalitesi izleme çalışmalarının yapıldığı istasyonlar (İSKİ ve İMP verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır).....	99

Şekil 5.2 Yüzey tabakası çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişimi	133
Şekil 5.3 Yüzey tabakası AKM konsantrasyonlarının değişimi.....	133
Şekil 5.4 Yüzey tabakası toplam fosfor konsantrasyonlarının değişimi	133
Şekil 5.5 Yüzey tabakası toplam azot konsantrasyonlarının değişimi	134
Şekil 5.6 Yüzey tabakası klorofil-a konsantrasyonlarının değişimi	134
Şekil 5.7 Yüzey tabakası Pb konsantrasyonlarının değişimi	134
Şekil 5.8 Yüzey tabakası Fe konsantrasyonlarının değişimi	135
Şekil 5.9 Yüzey tabakası Mn konsantrasyonlarının değişimi	135
Şekil 5.10 Yüzey tabakası PAH konsantrasyonlarının değişimi	135
Şekil 5.11 Yüzey tabakası deterjan konsantrasyonlarının değişimi	136
Şekil 5.12 Yüzey tabakası fekal koliform bakterisi sayısının değişimi.....	136

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Deniz suyunun içeriğinde bulunan belli başlı erimiş tuzlar (Ünal, 2006).....	7
Çizelge 2.2 Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri (SKKY)	23
Çizelge 2.3 Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (SKKY).....	23
Çizelge 3.1 Marmara Denizi'nde çeşitli derinliklerde geçmiş yıllara ait çözülmüş oksijen konsantrasyonları (mg/l) (Artüz, 2004)	34
Çizelge 3.2 Marmara Denizi'nde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun derinliğe göre değişimi (Artüz, 2004)	34
Çizelge 3.3 Marmara Denizi üst tabakasına giren besi maddesi yükleri tahmini miktarları (Ertürk vd., 2001).....	38
Çizelge 4.1 İstanbul'da alıcı ortamlarına göre deşarj edilen atıksu miktarı (DİE, 2004).....	50
Çizelge 4.2 İstanbul İli deniz deşarjları teknik bilgileri	55
Çizelge 4.3 Atıksu arıtma tesislerine ait toplam ve ortalama debiler (İSKİ, 2006)	56
Çizelge 4.3 Atıksu arıtma tesislerine ait toplam ve ortalama debiler (Devam) (İSKİ, 2006) ..	57
Çizelge 4.4 Ataköy atıksu biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006).....	58
Çizelge 4.5 Bahçeşehir biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)	59
Çizelge 4.6 Tuzla atıksu biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006).....	59
Çizelge 4.7 Paşaköy atıksu ileri biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)60	
Çizelge 4.8 Terkos atıksu ileri biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)61	
Çizelge 4.9 Büyükçekmece ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)	62
Çizelge 4.10 Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006).....	63
Çizelge 4.11 Küçükçekmece ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)	64
Çizelge 4.12 Yenikapı atıksu ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006).....	65
Çizelge 4.13 Arıtma tesislerinin çıkış suyu kaliteleri (İSKİ, 2006)	66
Çizelge 4.14. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan yükler	67
Çizelge 4.15 İstanbul'dan Marmara Denizi ve Boğaz'a yapılan noktasal kirlilik yükü deşarjlarının 2005 yılı verilerine göre yayılımı (Okuş vd., 2006)	69
Çizelge 4.16 Bazı derelerdeki kirlenmenin nedenleri (Çevre ve Orman Müdürlüğü)	71
Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (İSKİ Master Plan, 1999)	72
Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)	73
Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)	74
Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)	75
Çizelge 4.18 Ekim 2005 itibariyle dere ıslahları metrajı (İMP, 2006)	76
Çizelge 4.19 Taşkın suları ile gelen kirlilik yükleri (ton/gün) (Okuş vd., 2006)	78

Çizelge 4.20 Karadeniz'in alt tabaka suyundaki değişimler (Doğan vd., 1996)	79
Çizelge 4.21 Karadeniz'deki kirlilik yüklerinin kaynaklarına göre dağılımı (Yüksel vd., 2006).....	80
Çizelge 4.22 İstanbul Boğazı ile Karadeniz arasındaki 1996 yılı verilerine göre kirlilik yükü taşınımı (Yüksel vd., 2006).....	82
Çizelge 4.23 Gemi kaynaklı evsel atıksuların özellikleri (Baykal ve Baykal, 1999).....	84
Çizelge 4.24 Deniz ortamına bırakılan petrol ürünlerinin kaynakları ve yaklaşık miktarları (Çiner ve İnan, 1996)	87
Çizelge 4.25 İstanbul ili deniz trafiğini oluşturan faktörler (Zırhlı, 2004).....	88
Çizelge 4.26 İstanbul Boğazı gemi geçiş istatistikleri (Yüksel vd., 2006).....	89
Çizelge 4.27 Tehlikeli yük taşıyan tanker geçişleri (Yüksel vd., 2006).....	89
Çizelge 4.28 İstanbul Boğazı'nda meydana gelen önemli deniz kazaları	93
Çizelge 4.29 İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı koordinatları (Çevre Koruma Müdürlüğü)	96
Çizelge 5.1 Ölçüm ve analizi yapılan parametrelerin deney şartları (İSKİ, 2005)	100
Çizelge 5.2 Su kalitesi izleme istasyonları konumları ve özellikleri (İSKİ, 2005)	101
Çizelge 5.3 Hidrokimyasal parametrelerin Şubat 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998).....	103
Çizelge 5.4 Hidrokimyasal parametrelerin Mayıs 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998).....	104
Çizelge 5.5 Hidrokimyasal parametrelerin Ağustos 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998).....	105
Çizelge 5.6 Hidrokimyasal parametrelerin Kasım 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)	106
Çizelge 5.7 Hidrokimyasal parametrelerin Şubat 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005).....	107
Çizelge 5.8 Hidrokimyasal parametrelerin Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005).....	108
Çizelge 5.9 Hidrokimyasal parametrelerin Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005).....	109
Çizelge 5.10 Hidrokimyasal parametrelerin Kasım 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)	110
Çizelge 5.11 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)...	111
Çizelge 5.12 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)..	112
Çizelge 5.13 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)	113
Çizelge 5.14 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998) .	114
Çizelge 5.15 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)..	115
Çizelge 5.15 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 2004 ölçüm sonuçları (Devam)	116
Çizelge 5.16 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005) .	117
Çizelge 5.16 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (Devam)	118
Çizelge 5.17 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)	119
Çizelge 5.17 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (Devam)....	120
Çizelge 5.18 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005) .	121

Çizelge 5.18 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 2004 ölçüm sonuçları (Devam).....	122
Çizelge 5.19 Fekal koliform bakterisi 1997 yılı ölçüm sonuçları (İSKİ,1998).....	123
Çizelge 5.20 Fekal koliform bakterisi 2004 yılı ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005).....	124
Çizelge 5.21 Üst tabaka suyuna ait hidrokimyasal parametrelerin 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri	131
Çizelge 5.22 Üst tabaka suyuna ait ağır metal ve hidrokarbonların 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri	132
Çizelge 5.23 Üst tabaka suyuna ait fekal koliform bakterisi 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri	132
Çizelge 5.24 Karadeniz'den Yüzey Tabaka Akımıyla Taşınan Kirlilik Yükleri (ton/yıl)	137

ÖNSÖZ

İstanbul; nüfus yükü ve buna bağlı olarak hızlı ve düzensiz bir şekilde meydana gelen şehirleşme nedeniyle, büyük oranda çevre kirliliği riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Karadeniz ile Marmara Denizi arasında bir geçit görevi gören İstanbul Boğazı'nın da, İstanbul'un karşı karşıya kaldığı kirlilik olgusundan payını aldığı görülmektedir. Boğaz sularında kirlilik meydana getiren birçok etken mevcut olmakta ve karşı karşıya kalınan bu deniz kirliliği riski üzerinde önemle durulması gereken bir husus olmaktadır.

Halihazırda İstanbul İli'nde ortaya çıkan atıksularının büyük çoğunluğu atıksu ön arıtma tesislerinde arıtılarak deniz ortamına verilmektedir. Deşarj standartlarının sağlanması ve deniz ortamına verilen kirletici yüklerin azaltılması kapsamında, biyolojik ve ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinin atıksu arıtımındaki payının artırılması ve denize boşalan dereler vasıtasıyla taşınan kirlilik yüklerinin engellenmesi amacıyla yapılan dere ıslah çalışmalarının tamamlanması, deniz suyu kalitesinin korunması amacıyla yerel yönetim tarafından yapılması gereken çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Karadeniz kaynaklı kirlilik yüklerinin önlenmesi bağlamında, Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerle yapılan ortak işbirliği çalışmaları önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin bozulmasına neden olan kirletici etkiler araştırılarak, kirlilik yükü miktarlarına göre başlıca kirletici kaynaklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca İSKİ tarafından geçmiş yıllarda yapılmış olan İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesi izleme çalışmalarına ait verilerden faydalanılarak, deniz suyundaki belli başlı kirletici parametrelerin yıllar içerisinde uğradığı değişim ile artma ya da azalma eğilimlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. İSKİ tarafından ölçüm yapılan istasyonlara ait 1997 yılı ve 2004 yılı analiz sonuçları karşılaştırılmış ve deniz suyu kalitesindeki değişim tespit edilmeye çalışılmıştır. Tezde, İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin, maruz kaldığı kirlilik yükleri neticesinde nasıl bir değişim geçirdiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında büyük emeği geçen, tez çalışması boyunca gerek verilerin toplanması, gerekse toplanan verilerin değerlendirilerek tezin amacına ulaşması kapsamında, her türlü destek ve yardımını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Ahmet DEMİR'e öncelikle teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmam esnasında veri toplama konusunda büyük katkıları olan Çevre Yük. Müh. sayın Ercan ÇİTİL bey'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İstanbul Boğazı, Asya ve Avrupa kıtalarını ayıran bir su yolu olması, dünyanın en büyük kapalı denizlerinden biri olan Karadeniz'in diğer denizlere açılan tek kapısı olması ve ülkemizin nüfus, sanayi ve ticaret alanlarında en büyük merkezi olan İstanbul İli sınırları içerisinde yer alması nedeniyle, dünyanın sayılı boğazları arasında ilk sıralarda bulunmaktadır. Her ikisi de kapalı deniz olan Marmara Denizi ve Karadeniz arasında bir geçiş yolu özelliği taşıyan İstanbul Boğazı, Karadeniz'in taşıdığı diğer ülkelerden kaynaklanan kirliliğin ve Marmara Denizi kıyılarında faaliyet gösteren sanayilerden kaynaklanan endüstriyel kirliliğin etkisi altında kirlenme riski ile karşı karşıya bulunmaktadır. İstanbul Boğazı'nın sahip olduğu tabakalı akım yapısı, kirlilik yüklerinin boğaz boyunca taşınması ve İstanbul Boğazı ve kıyılarının bu kirlilik yükünden etkilenmesine neden olmaktadır. Boğaz'da kirlilik meydana getiren kaynakların boğaz suyuna taşıdıkları kirlilik yükleri araştırıldığında, en büyük kirleticilerin; Karadeniz'den taşınan kirlilik yükleri, İstanbul İli atıksu arıtma tesislerinden yapılan deşarjlar, İstanbul İli yüzeysel drenaj ağını oluşturan derelerden denize taşınan kirlilik yükleri ve deniz trafiği ile deniz kazaları neticesinde meydana gelen kirlilik olduğu anlaşılmaktadır. Halihazırda İstanbul İli'nde meydana gelen atıksular; ön arıtma, biyolojik arıtma veya ileri biyolojik arıtma yapılmak suretiyle deniz ortamına verilmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan su debileri incelendiğinde, İstanbul İli'nde meydana gelen atıksuların yaklaşık %80'inin atıksu ön arıtma tesislerinde arıtma işleminden geçirildikten sonra deniz deşarjı yapılmak suretiyle uzaklaştırıldığı görülmektedir. Atıksu arıtma tesisleri çıkış sularında yapılmış olan analizler incelendiğinde, biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deniz deşarjı standartlarına uygun olmasına karşın, ön arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin zaman zaman bu kriterleri karşılayamadığı görülmektedir. Özellikle KOI parametresi ele alındığında Yenikapı, Baltalimanı, Küçükçekmece ve Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesislerine ait çıkış sularına ait KOI konsantrasyonlarının yönetmelikte belirlenen sınır konsantrasyonunu zaman zaman aştığı görülmektedir. Marmara Denizi'ne dereler vasıtasıyla taşınan kirlilik yüklerinin önlenmesi kapsamında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan dere ıslah çalışmaları değerlendirildiğinde, İstanbul İli'nde ıslahı planlanan derelerin 2005 yılı Ekim ayı itibarıyla %48'lik kısmının ıslahının tamamlandığı görülmektedir. Karşı karşıya kalınan çevre kirliliği riski nedeniyle, İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin izlenmesi amacıyla İSKİ tarafından İstanbul Boğazı, Marmara Denizi'nin İstanbul kıyıları ve Boğaz-Karadeniz girişi bölgelerinde belirlenmiş istasyonlarda periyodik olarak ölçümler yapılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında İSKİ tarafından 1997 ve 2004 yıllarında yapılmış olan deniz suyu kalitesini izleme çalışmalarından elde edilmiş sonuçlar karşılaştırılmış ve deniz suyu kalitesindeki değişim izlenmiştir. Deniz suyu kalitesini yansıtan temel parametreler olarak çözülmüş oksijen, askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, klorofil-a, ağır metal (Pb, Fe, Mn), polisiklik aromatik hidrokarbon, deterjan ve fekal koliform bakterisi ölçümlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, en büyük değişim oranının toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonlarında gerçekleşmiş olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstanbul Boğazı, kirlilik kaynakları, su kalitesindeki değişim

ABSTRACT

The Bosphorus ranks highly as one of the most important water straits in the world, because of its unique position that separates the two continents of Europe and Asia and being the singular opening gateway of the Black Sea. Furthermore, it is situated directly within the city borders of Istanbul metropolitan area which happens to be the highest populated city as well as the industry and commerce center of Turkey. Also holding the position of being the only passage way between the two interior seas of the Marmara and the Black Sea, the Bosphorus nowadays is facing environmental pollution risk due to the industrial plants situated on the coast of Marmara and pollution carried from the other countries around the Black Sea coast. The two-layer flow system of the Bosphorus makes way for the pollutant loads to be carried along the Bosphorus, therefore causing the Bosphorus and the coast of Istanbul to be deeply affected. When all the pollutant sources which affects the Bosphorus straits are analyzed and compared, the leading pollutant factors are as follows: pollution loads from the Black Sea; discharges made from the wastewater treatment plants of Istanbul city, loads that are carried by the streams from the residential settlements of the city; loads caused by the maritime traffic and sea accidents in the straits of Istanbul. Actually, the wastewaters of Istanbul city are discharged into the sea after being treated by three different systems: pre-treatment plants; biological or advanced biological treatment plants. After examining the wastewater flow rate in the treatment plants of Istanbul, it is observed that approximately 80% of the wastewater is currently treated by the pre-treatment plants before being discharged into the sea. When the discharge waters of the wastewater treatment plants are analyzed, it is noticed that the discharge waters of the biological and advanced biological treatment plants are in conformity within the general standards imposed by the Regulations of the Control of Water Pollution, whereas the qualities of the discharge waters of the pre-treatment plants are at times not concessive with these standards. If the COD parameters are taken into consideration, it is observed that the COD concentrations of the discharge waters especially from Yenikapı, Baltalimanı, Küçükçekmece and Büyükçekmece wastewater pre-treatment plants, are at times exceeding the concentration limit fixed in the Regulations. In order to prevent pollutant loads entering the Sea of Marmara by way of streams, the Istanbul Metropolitan Municipality has started stream improvement operations. The 48% of the streams which were under planning for improvement have been completed since October 2005. Faced with this environmental pollution risk, the General Directorate of Istanbul Water and Sewerage Administration (ISKI) is periodically measuring the quality of sea water by installing monitoring stations on fixed selected points on the Marmara Sea, the Bosphorus and the Bosphorus-Black Sea crossing. In this study the results of the sea water quality researches of the years 1997 and 2004 made by ISKI have been compared and have resulted in improvement. The main parameters reflecting the sea water quality are dissolved oxygen, total suspended solids, total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll-a, heavy metals (Pb, Fe and Mn), petroleum hydrocarbon, surfaced activated matter and fecal coliform bacteria. Conclusively when all the results are taken under consideration, the greatest change ratio observed is realized by total nitrogen concentrations and total phosphorus concentrations.

Keywords: The Strait of Istanbul, pollution sources, exchange trends of sea water quality

1. GİRİŞ

İstanbul Boğazı, Asya ve Avrupa kıtalarını ayıran bir su yolu olması, dünyanın en büyük kapalı denizlerinden biri olan Karadeniz'in diğer denizlere açılan tek kapısı olması ve ülkemizin nüfus, sanayi ve ticaret alanlarında en büyük merkezi olan İstanbul İli sınırları içerisinde yer alması nedeniyle, dünyanın sayılı boğazları arasında ilk sıralarda bulunmaktadır. Sahip olduğu doğal güzelliği, ülke ve dünya ekonomisinde oynadığı vazgeçilmez rol, tarihi ve kültürel anlamda taşıdığı önem ve değer, İstanbul Boğazı'nın en önemli cazibe merkezleri arasında yer almasına neden olmuştur. Bu denli çekim merkezi özelliğine sahip bir doğa parçasının, günümüz dünyasının en önemli sorunlarından olan kirlilik problemiyle karşı karşıya olması kuşkusuz göz ardı edilemeyecek bir gerçektir.

İstanbul Boğazı, her ikisi de kapalı deniz olan Marmara Denizi ve Karadeniz arasında bir geçiş yolu özelliği taşımaktadır. Karadeniz'in taşıdığı diğer ülkelerden kaynaklanan kirliliğin ve Marmara Denizi kıyılarında faaliyet gösteren sanayilerden kaynaklanan endüstriyel kirliliğin; her iki denizi birbirine bağlayan İstanbul Boğazı'nın sahip olduğu tabakalı akım yapısı nedeniyle boğaz boyunca taşınması, İstanbul Boğazı ve kıyılarının bu kirlilik yükünden etkilenmesine neden olmaktadır.

Marmara Denizi'nde mevcut olan akıntılar nedeniyle endüstrilerin yoğun olduğu bir bölgeden deşarj edilen atıksular akıntıyla taşınarak diğer bölgelere yayılma etkisi göstermektedir. Bu şekilde kirlilikten etkilenen bölgelerin alanı artmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi sularının yenilenme süresinin uzun zaman alması nedeniyle deşarj edilen bir kimyasal maddenin bozulmaya uğramadığı takdirde uzun süre deniz ortamında kalarak birikme yapması ve bu birikme neticesinde deniz ekosistemi için ciddi tehlikelerin meydana gelmesi söz konusudur. Marmara Denizi'nin kirlenmesine yol açan faktörler araştırıldığında, karşımıza evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjları, tarımsal faaliyetler, gemi atıksuları ve gemi kazaları sonucu oluşan kirlenme ve atmosferik çökelme neticesinde meydana gelen kirlenme gibi etkenler çıkmaktadır (Taşdemir, 2002).

Karadeniz'den gelen kirlilik yükleri ve Marmara-Karadeniz etkileşimi de İstanbul Boğazı'ndaki su kalitesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Dünyanın en büyük iç denizi olan Karadeniz anoksik bir su kütlesi konumundadır. Sularının %87-90'ı oksijenden yoksundur. Karadeniz sularının boğaz yoluyla yenilenmesi zayıf ve içsel karışımın da az olması nedeniyle Karadeniz suyunun yenilenme süresi bin yıla yakın bir zaman almaktadır. Karadeniz önemli boyuttaki bir kirlenme sorunu ile karşı karşıyadır. Toplam kirliliğin en

önemli bölümü nehirler tarafından Karadeniz'e taşınmaktadır. Karadeniz'e boşalan akarsulardan Tuna nehri en büyük debiye sahiptir. Dolayısıyla Karadeniz'e akarsularla taşınan kirlilikten büyük oranda Tuna nehri sorumludur. Karadeniz ve Marmara Denizi'ni birbirine bağlayan ve aralarındaki su alışverişini sağlayan konumu ile İstanbul Boğazı bu denizlerin biyojeokimyasal özelliklerinin etkisi altında kalmaktadır (Yüksel vd., 2006).

Hâlihazırda İstanbul ilinde meydana gelen atık suların bir kısmı ön arıtma tesislerinde, bir kısmı ise biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesislerinde arıtma işlemine tabi tutularak Marmara Denizi'ne deşarjları yapılmaktadır. Deniz deşarjları ile atık suların deniz ortamında seyreterek kirletici etkilerinin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Ancak İstanbul Boğazı'nın sahip olduğu hidrodinamik yapı nedeniyle, boğazın alt tabaka akımına verilerek Karadeniz'e taşınması amaçlanan atık suların bir kısmı düşey türbülans nedeniyle üst tabaka akımına karışmakta ve Marmara Denizi'ne tekrar dönmektedir.

İstanbul Boğazı'nın alıcı ortam özelliklerinin belirlenmesi için yapılan modelleme çalışmaları, deniz deşarjı yapılan atık suların ne kadarının boğaza tekrar dönebileceği konusunda fikir vermesi açısından önemlidir. Yapılan modelleme çalışmalarının incelenmesi neticesinde normal koşullarda boğaza Kadıköy'den yapılan deşarjların %15'inin, Riva'dan yapılan deşarjların ise %11'inin Marmara Denizi'ne geri döndüğü bildirilmektedir. Yine DHI (Danimarka Hidrolik Enstitüsü) tarafından 1993 yılında geliştirilen modele göre Kadıköy ve Yenikapı'dan deşarj edilen atık suların %13-15'inin Marmara Denizi'ne geri döndüğü bildirilmektedir (Yüksel vd., 2006).

İstanbul Boğazı'nın maruz kaldığı kirlenmenin etkenlerinden bir tanesi de ildeki yüzeysel su drenajını meydana getiren, Karadeniz ve Marmara Denizi'ne akışları olan derelerin denize taşıdığı kirlilik yükleri olmaktadır. Gerek derelere yapılan atıksu deşarjlarının; gerekse aşırı yağışlar neticesinde dere taşkınları ile meydana gelen kirlenmenin denizlere taşınması, arıtma tesislerinden yapılan deniz deşarjlarının yanında ikinci bir kirletici kaynak olarak deniz ortamında olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Dereler vasıtasıyla Marmara Denizi'ne taşınan kirliliğin önüne geçilmesi amacıyla il genelinde tespit edilen birçok derenin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSKİ ve ilçe belediyelerinin ortak çalışmalarıyla dere ıslah işlemleri yapılmaktadır.

İstanbul Boğazı'nın konumu itibarıyla taşıdığı deniz trafiği yükü, Boğaz sularında kirlenmeye yol açan bir diğer etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Büyük tonajlı gemilerin ve tankerlerin beraberinde getirdiği kirlenme riski, yerel deniz trafiğinden kaynaklanan olumsuz etkiler ve

deniz kazaları neticesinde meydana gelen önemli derecedeki çevre kirliliği, İstanbul Boğazı'nda meydana gelen deniz kirliliğinin diğerk nedenlerini oluşturmaktadır.

Amaç

Bu tez çalışmasında, İstanbul Boğazı'nda deniz kirliliğine sebep olan kirlilik yüklerinin tespiti yapılarak deniz suyu kalitesinde olumsuz yönde değişime neden olan başlıca kaynakların belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca İSKİ tarafından, İstanbul Boğazı, Marmara Denizi'nin İstanbul kıyıları ve Boğaz-Karadeniz birleşim bölgesinde belirlenmiş izleme istasyonlarında yapılmış olan geçmiş yıllara ait ölçüm sonuçlarından yararlanılarak, İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesindeki değişimin izlenmesi amaçlanmıştır.

Kapsam

Tez kapsamında literatür bilgilerinden yararlanılarak, deniz kirliliğine neden olan etkenler, kirlilik parametreleri, deniz deşarjları, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın sahip olduğu başlıca özellikler belirlenmiş, Boğaz'daki deniz kirliliğine neden olan kirletici kaynakların kirlilik yükleri bulunmak suretiyle başlıca büyük kirletici kaynaklar tespit edilmiştir. Ayrıca İSKİ tarafından 1997 ve 2004 yıllarında 12 ayrı deniz suyu kalitesi izleme istasyonunda yapılmış olan ölçüm sonuçlarından yararlanılarak, deniz suyu kalitesini veren belli başlı parametreler olan çözünmüş oksijen, askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, klorofil-a, ağır metal (Pb, Fe, Mn), polisiklik aromatik hidrokarbon, yüzey aktif madde ve fekal koliform bakterisi ölçümlerinde geçen yıllar içerisinde meydana gelen değişim ortaya koyulmuştur.

2. DENİZ KİRLİLİĞİ

Dünya yüzeyinin yaklaşık olarak yüzde yetmişi okyanus ve denizlerle kaplıdır. Denizler su ürünlerinden faydalanma, ulaşım ve taşımacılık, su sporları, turizm gibi ülkeler açısından birçok katma değer yaratan fonksiyonları taşıması yanı sıra, çevresel faktörler açısından ele alındığında, içme ve kullanma suyu temini ve kullanılmış suların bertarafında alıcı ortam özelliği taşıması nedeniyle, deniz kıyısına sahip olan ülkelere çok önemli kazanımlar sağlayan bulunmaz bir hayat kaynağıdır. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz de konuya bu açıdan bakıldığında şanslı ülkelerden bir tanesidir. Ancak sahip olunan bu nimetten en iyi şekilde yararlanmanın birinci şartı, bu kaynağın kirlenme ve diğer olumsuz etkilere karşı korunmasının sağlanmasıdır.

Denizler okyanuslarla mukayese edildiğinde daha küçük hacimli tuzlu su ortamlarıdır. Denizlerin etrafı karalarla çevrili olup okyanuslarla bağlantıları vardır. Kara parçalarının içlerine kadar haliç ve körfezler vasıtasıyla sokulurlar. Etrafı karalarla çevrili olan iç denizler boğazlar vasıtasıyla açık denizlerle ve okyanuslarla irtibat sağlarlar. Boğazların sahip oldukları hidrodinamik ve hidrografik özellikler, bağlantı halinde oldukları iç denizlerin su kalitesi, akıntı ve tabakalaşma karakterleri üzerinde önemli ölçüde etki yapmaktadır. Denizler içerisinde birçok canlı türü barındırması açısından ekolojik olarak da büyük önem taşırlar. Kara yaşamından daha fazla sayıda ve türde canlı yaşamı denizlerde süregelmektedir. Denizler içerisinde barındırdıkları canlı yaşamının yanı sıra, denizlerin etrafında yaşayan insan ve diğer canlıların hayatına da etki ederler. Karalara nazaran daha büyük kütleye sahip olduklarından iklim üzerinde de etkileri olmaktadır. Günümüzde büyük boyutlara ulaşan deniz kirliliği konusu, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizi de yakından ilgilendiren bir sorun olarak kendini göstermektedir.

Denizlerin kirlenmesi neticesinde deniz ortamında birçok olumsuz fonksiyon gerçekleşmektedir. Kirlenmeye bağlı olarak ortaya çıkan problemler gerekli önlemler alınmadığı takdirde ciddi sorunlara neden olmaktadır. Deniz suyu kalitesinin bozulması, deniz dibindeki ortamın bozulması, dip çamurunda çözünmüş oksijenin yok olması ve anaerobik şartların meydana gelmesi neticesinde deniz ortamındaki canlı yaşamının karakter değiştirmesi ve ekolojik dengenin bozulması, birçok alanda insan yaşamında ve insan faaliyetlerinde yeri olan denizlerin kullanılamaz derecede kirlenerek işlevini kaybetmesi sonucunu doğurmaktadır. Deniz kirliliği, deniz ekosistemi içinde yer alan, canlı ve cansız sistemler arasındaki karmaşık ve hassas dengeyi etkilemektedir. Kirlilikler bu ekolojik dengede hasar meydana getirmektedir. Petrol türevleri, pestisit ve ağır metal gibi kimyasal

kirleticiler; suda yaşayan canlılarda yarattığı toksik, akut, kronik ve doğrudan etkilerin yanı sıra, dolaylı fizyolojik etkileri de olmaktadır. Bu tür kirleticiler, canlı kaynakların yumurtalarını ve genç bireylerini çok daha fazla etkilemektedir. Canlı kaynakların nesillerini devam ettirmeleri tehlikeye girmektedir.

2.1 Deniz Ortamının Özellikleri

Deniz suyu yapısı nedeni ile tatlı sudan çok farklı özelliklere sahiptir. En önemli özellikleri tuzluluk ve sıcaklıktır. Bu iki özellik deniz suyunun yoğunluğuna etkiyen en önemli parametrelerdir. Yoğunluk ise deniz suyunun dikey hareketini kontrol eden temel faktörlerin başında gelmektedir.

Deniz suyunun özellikleri fiziksel ve kimyasal özellikler olarak ikiye ayrılabilir. Deniz suyunun fiziksel özellikleri arasında sıcaklık, akıntılar, yoğunluk, bulanıklık ve gel-git sayılabilir. Tuzluluk, pH, çözünmüş gazlar ve organik maddeler deniz suyunun kimyasal özelliklerindendir. Denizlerin sahip olduğu bazı kimyasal özellikler bazı fiziksel sonuçlara da neden olmaktadır. Örneğin özellikle tuzluluk ve ısıya bağlı olarak değişen deniz suyu yoğunluğu, su kütlelerinin hareketlerini belirlemektedir. Aşağıda literatür bilgilerinden yararlanılarak deniz ortamına ait özelliklere kısaca değinilmektedir.

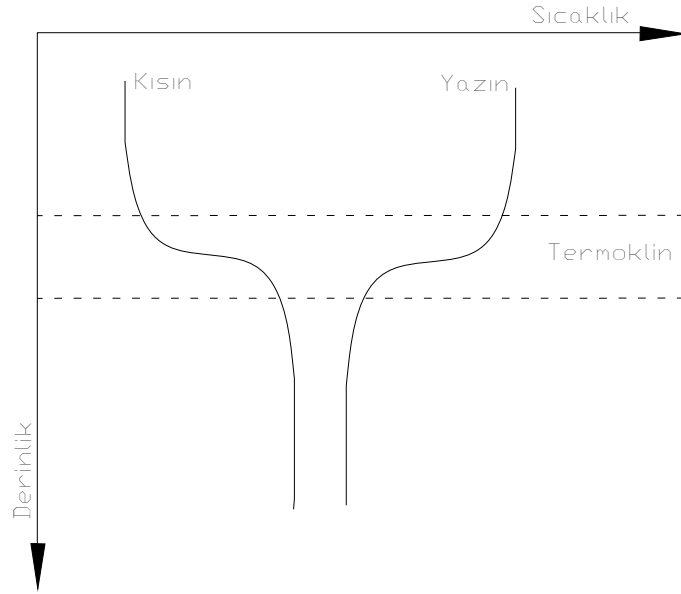
2.1.1 Akıntılar

Su ortamında meydana gelen akıntılar üzerine dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu oluşan kuvvetler (coriolis kuvvetleri) ve sürtünme kuvvetleri etki etmektedir. Akıntılarının oluşmasındaki önemli faktörler, rüzgarın su yüzeyindeki sürtünme kuvveti, atmosfer basıncındaki değişimler, su yüzeyinin eğiminden doğan basınç gradyanı, yoğunluğun yatay yönde değişmesinden doğan yatay basınç gradyanı ve gel-gitlerden doğan kuvvetler olarak sıralanabilmektedir.

2.1.2 Sıcaklık

Sıcaklık, tuzlulukla birlikte deniz suyunun önemli özelliklerindendir. Sıcaklık ve tuzluluk suyun bir çok fiziksel ve kimyasal özelliği üzerinde etkilidir ve denizlerde görülen bir çok fiziksel ve kimyasal olayla sıcaklık ve tuzluluğun yakın ilişkisi vardır. Ayrıca sıcaklık deniz suyunun değişmez özelliklerinden bir tanesidir. Su ortamında sıcaklık değişimini etkileyen temel faktörler güneş radyasyonu ve atmosferle olan ısı alışverişleri olmaktadır.

Deniz suyu sıcaklığı da derinliğe bağlı olarak ve mevsimsel faktörlerin etkisiyle değişim göstermektedir. Deniz yüzeyine yakın bölgelerde sıcaklık derinlere nazaran daha üniform bir hal almaktadır. Bunun nedeni deniz yüzeyine yakın bölgelerde rüzgârın etkisiyle daha iyi bir karışımın olmasıdır. Deniz suyunda derinliğe bağlı olarak sıcaklığın ani olarak değiştiği bölgeye *Termoklin* tabakası adı verilmektedir. Termoklin tabakasındaki sıcaklık değişimi $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 'den daha büyük bir seviyede olmaktadır.



Şekil 2.1 Deniz suyunda sıcaklığın derinlikle değişimi

2.1.3 Optik Özellikler

Deniz suyu çeşitli yapı ve boyutta askıda organik madde, anorganik ve çözünmüş maddeleri içermektedir. Bu maddelerin varlığı deniz suyunun optik özelliğine etki ederek ışık geçirgenliğini azaltmaktadır. Işık ışınları su içinde hem absorpsiyon hem de dağılma yoluyla kayba uğrayacağından ancak belli derinliklere kadar inebilmektedir. Işık geçirgenliği; güneş ışınlarının şiddetine, suyun bulanıklığına, alg ve benzeri mikroorganizmaların varlığına bağlı olarak derinlere geçişi esnasında kayıplara uğramakta ve ışıpta birtakım sönümler meydana gelmektedir.

Pratikte deniz suyunun ışık geçirgenliği *seki diski* adı verilen bir disk vasıtasıyla ölçülmektedir. Disk su içerisine daldırılmakta ve diskin su içerisinde belirginliğini kaybettiği derinlik *seki diski derinliği* olarak kaydedilmektedir. Deniz ortamına yapılan deşarjlar neticesinde sudaki

bulanıklık artmakta ve seki diski derinliği azalmaktadır. Aynı şekilde özellikle sahil boyunca fazla derin olmayan sığ bölgelerde alg aktivitesinin bahar ve yaz aylarında yüksek olması nedeniyle bulanıklık artmakta ve seki diski derinliği azalmaktadır.

2.1.4 Gel-git

Ay ve güneşin dünya üzerindeki çekim kuvvetlerinin etkisiyle genellikle okyanuslarda meydana gelen gelgitler periyodik akıntılara sebep olmaktadır. Açık okyanuslara metreler mertebesinde olan gel-git seviye farkı, denizlerde daha küçük olmaktadır.

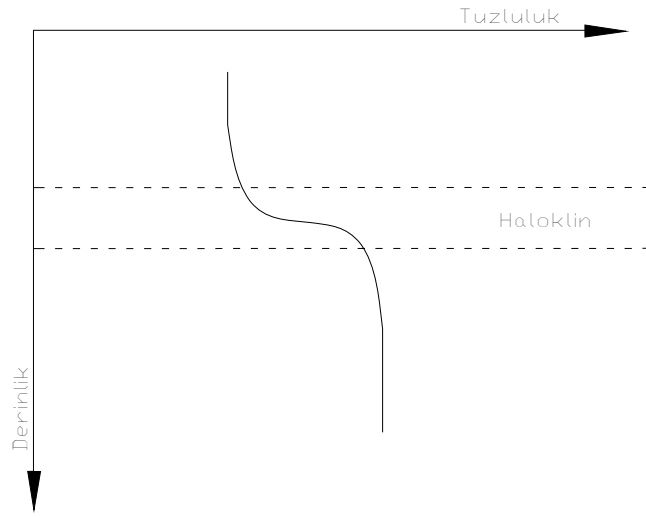
2.1.5 Tuzluluk

Tuzluluk, en basit ifadeyle 1 kg deniz suyunda gr biriminde ölçülen çözülmüş madde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tuzluluk deniz suyunun bağımsız değişkenlerinden bir tanesidir ve oşinografide tuzluluk terimi suyun içerdiği toplam tuzları simgelemek için kullanılmaktadır. Tuzluluk kimyasal bir özellik olmasına rağmen, deniz suyunun bir çok fiziksel özelliği tuzluluğa bağlı olarak değişimler gösterebilmektedir. Örneğin deniz suyunun yoğunluğu, molekül viskozitesi, elektrik iletkenliği ve osmotik basıncı artan tuzlulukla birlikte artarken, deniz suyunun spesifik ısısı, donma noktası sıcaklığı, ve ısı iletkenliği artan tuzlulukla birlikte azalmaktadır. Deniz suyu kimyasal bileşimi incelendiğinde içerisinde çözülmüş halde organik ve inorganik maddelerin ve çözülmüş gazların olduğu görülmektedir. Çizelge 2.1’de deniz suyunun içeriğinde bulunan belli başlı erimiş tuzlar verilmektedir. Deniz suyundaki tuzluluğu oluşturan başlıca iyonlar Na^+ ve Cl^- iyonlarıdır. Çizelge 2.1’den anlaşılabacağı gibi bu iki iyonun deniz suyundaki tuzluluğa olan katkıları yaklaşık %86 civarındadır.

Çizelge 2.1 Deniz suyunun içeriğinde bulunan belli başlı erimiş tuzlar (Ünal, 2006)

Tuzlar	Miktar (gr/kg)	Tuz İçeriğine Katkısı (%)
Klorür	18,980	55,04
Sodyum	10,556	30,61
Sülfatlar	2,649	7,68
Magnezyum	1,272	3,69
Kalsiyum	0,4	1,16
Potasyum	0,38	1,1
Bikarbonat	0,14	0,41
Brom	0,065	0,19
Stronsiyum	0,013	0,04
İyot vs.	Eser miktarda	Eser miktarda
Toplam	≈ 34.5	≈99.9

Deniz yüzeyindeki tuzluluğun değişiminde yağışların ve iklimin önemli rolü vardır. Yağış suları, buz kütlelerinin erimesi, denizlere dökülen akarsuların getirdiği tatlı suların karışmasıyla deniz suyu tuzluluğu azalmakta, buna karşın buharlaşma ve buzlanma neticesinde deniz suyu tuzluluğu artmaktadır. Deniz ortamında tuzluluğun derinlikle değişimi mevsimsel şartlara göre farklılıklar göstermektedir. Tuzluluğun deniz dikey kesiti boyunca derinliğe bağlı olarak ani şekilde değişiklik gösterdiği ara bölgeye *Haloklin* tabakası adı verilmektedir. Sahil sularında daha az tuzlu sular üst kısımlarda, daha tuzlu sular ise alt kısımlarda yer almaktadır. Sahil sularında meydana gelen tuzluluk farkı okyanuslarda meydana gelen tuzluluk farkından daha fazla olmaktadır.



Şekil 2.2 Deniz suyunda tuzluluğun derinlikle değişimi

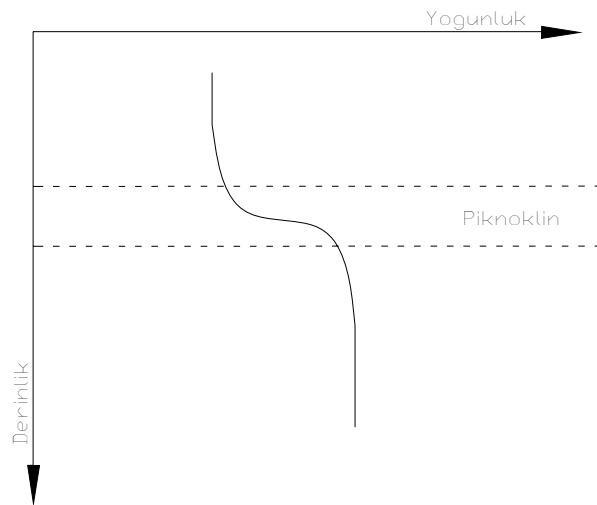
2.1.6 Elektriksel İletkenlik

Çözeltilerin elektrik akımını geçirmesine iletkenlik denir. İletkenlik iyon halindeyken çözülmüş tuzun bulunmasına bağlıdır ve sıcaklık derecesinin ve çözülmüş tuzun konsantrasyonunun artmasıyla doğru orantılı olarak artar. Deniz suyunun elektriksel iletkenliği (konduktivitesi) tuzluluk ve sıcaklığın bir fonksiyonudur. Bir suyun elektriksel iletkenliği suda çözülmüş bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözülmüş tuz konsantrasyonu arttıkça iletkenlikte artış olur. Bu nedenle suların elektriksel iletkenliği ölçülerek çözülmüş tuz miktarı hakkında fikir edinilebilir. Bir çözeltinin özgül elektriksel direnci 1cm^2 yüzey alanı ve 1cm uzaklıktaki iki elektrot arasında ölçülen dirençtir. Elektriksel iletkenlik ise elektriksel direncin tersi olarak tanımlanır ve birimi $\mu\text{s/cm}$ olarak gösterilir.

2.1.7 Yoğunluk

Deniz suyunun yoğunluğu içeriğinde bulunan çözünmüş maddelerden dolayı saf suya göre daha fazladır. Saf suda $+4^{\circ}\text{C}$ de 1g/cm^3 olan yoğunluk değeri deniz suyunda yaklaşık %2-3 artarak $1.022 - 1.020 \text{ g/cm}^3$ mertebelerine ulaşmaktadır. Deniz suyunun yoğunluğu oşinografik yoğunluk ile ifade edilmektedir. Oşinografik yoğunluk sıcaklık, tuzluluk ve basınçtan etkilenmektedir. Sıcaklık arttığında termal genişlemeden dolayı yoğunluk azalmaktadır. Tuzluluk arttığında eklenen daha fazla maddeden dolayı yoğunluk artmaktadır. Basınç arttığında yine basıncın sıkıştırma etkisinden dolayı yoğunluk artmaktadır. Yoğunluk değişiminde en önemli faktör olarak sıcaklık ön plana çıkmaktadır.

Deniz suyundaki yoğunluk değeri de sıcaklık ve tuzlulukta olduğu gibi derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Yoğunluğun deniz suyu dikey ekseninde ani olarak değişim gösterdiği bölgeye *Piknoklin* tabakası adı verilmektedir. Deniz suyu yoğunluğu üst kısımlarda daha düşük olmakta, derinlik arttıkça artarak sabit bir değere yaklaşmaktadır. Yoğunluk deniz ortamındaki türbülans üzerinde etki yapmaktadır. Deniz ortamındaki küçük yoğunluk farklarından meydana gelen bir yoğunluk tabaklaşması bile deniz suyunun düşey karışımını etkilemekte ve önemli miktarda enerji gereksinimine yol açmaktadır. Termoklin, haloklin ve piknoklin tabakaları genellikle birbirleriyle çakışmaktadırlar. Yoğunluk tabakalaşması neticesinde çok özel haller dışında deniz deşarjları sonucunda batmış atık su tarlası teşekkül etmektedir. Üniform yoğunluk olan deniz ortamında ise atık su tarlası su yüzeyine kadar ulaşarak yüzeyde bir atık su tarlası oluşturmaktadır.



Şekil 2.3 Deniz suyunda yoğunluğun derinlikle değişimi

2.1.8 pH

Bir ortamdaki hidrojen iyonu potansiyelinin ölçüsü pH olarak tanımlanabilir. pOH ise bir ortamın hidroksil iyonu yönünden potansiyeli anlamına gelir. Bir ortamın asit, baz veya nötr olduğunu saptamak için çözelti ortamının $[H^+]$ veya $[OH^-]$ iyonu molar derişimini saptamak gerekir. Deniz suyunun pH değeri 7,5-8,4 arasında değışirken okyanusların sahip olduğu ortalama pH değeri 7,8'dir. pH değeri etkileyen en önemli faktör CO_2 'dir. Deniz yüzeyinde fotosentez olayı cereyan ediyorsa pH değeri yükselir. Alt tabakalarda ise canlılar oksijen alıp verdiği için $pH = 7,4 - 7,5$ değerine kadar düşer. Deniz suyunda pH değeri etkileyen bir başka faktör ise tuzluluktur. Deniz suyunun pH değeri genel olarak 7,5-8,4 arasında değışmesine rağmen sıcak bölgelerde sığ sularda kuvvetli buharlaşma ve bunu takip eden yüksek tuz konsantrasyonu nedeni ile pH değeri bazen 9 gibi yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Buna karşın yağışlı kış mevsimlerinde akarsuların tatlı su getirmeleri nedeni ile haliçlerde pH değeri 6,6 civarını düşebilmektedir.

2.1.9 Çözünmüş Gazlar

Deniz suyunda periyodik sistemdeki elementlerin hemen hemen tamamı bulunmaktadır. Ancak bu elementlerin çoğu oldukça düşük konsantrasyonlarda olmakta ve miktarları ekolojik şartlara göre değışim göstermektedir. Deniz suyunda mevcut olan ana elementler deniz suyu yoğunluğu üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. İz elementler ise deniz ortamındaki jeokimyasal ve biyolojik faaliyetlerin gözlenmesinde önem taşımaktadırlar. Deniz suyu içerisinde atmosfer içerisindeki tüm gazlar bulunmaktadır. Çözünmüş halde bulunan bu gazların başlıcaları N_2 , O_2 , argon, CO_2 , H_2S gazlarıdır. Bunların dışında helyum, neon, kripton ve xenon gibi inert gazlar da bulunmaktadır. Deniz suyundaki gazlar esas itibariyle atmosferden deniz suyuna geçmektedir. Bununla birlikte, bazı nadir gazlar deniz dibinde oluşan radyoaktif ayrışma ürünleri halinde sedimentten suya karışmaktadırlar.

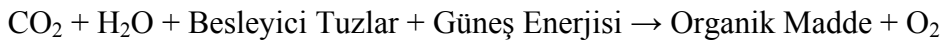
Deniz suyunda bulunan çözünmüş oksijen iki kaynaktan sağlanmaktadır. Bunlardan birincisi deniz yüzeyi ile temas halindeki atmosfer, diğeri ise, deniz içerisinde yaşayan bitkisel canlı organizmalardır. Deniz suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıcaklığa ve yoğunluğa bağlı olarak değışmektedir. Bitkilerin denizde güneş ışıklarının ulaşabildiği bölge içerisindeki metabolik faaliyetleri sonucunda oksijen açığa çıkar ve bu oksijen habbecikler halinde su yüzeyine doğru yükselir. Yaz boyunca, deniz suyu sıcaklığının yükselmesi ile suyun oksijeni tutma yeteneği azalmaktadır. Diğeri bir deyişle sıcaklık ve yoğunluğu arttığı hallerde oksijen konsantrasyonu azalmaktadır. Kış döneminde suyun soğuması ile suda oksijenin çözünürlüğu

artmakta ve bitkisel oksijen üretimi mevsimsel nedenler ile frenlense dahi, atmosferden deniz suyuna oksijen transferi artmaktadır.

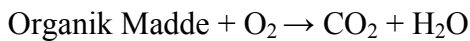
Deniz suyundaki çözünmüş oksijenin atmosfer haricindeki diğer kaynağı deniz suyunda fotosentez yapan canlılardır. Bütün canlıların hayatlarının devamı ve büyüüp gelişmeleri için, enerji ve organik yapı taşlarına ihtiyaçları vardır. Canlıların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında güneş en büyük kaynaktır. Güneş enerjisi bitkilerin bünyesinde kimyevî enerjiye dönüştürülür ve bu esnada inorganik maddelerden organik maddeler yaratılır. Bu hâdise fotosentez olarak bilinmektedir. Fotosentez, klorofil içeren bitkilerin atmosferdeki karbondioksitten ve sudan, güneş ışığını enerji kaynağı olarak kullanarak karbonhidrat oluşturması, serbest kalan oksijenin ise atmosfere bırakılması süreci olarak tanımlanmaktadır. Fotosentez yapamayan canlılar ise besin ve enerji ihtiyaçlarını farklı yollardan karşılarlar. Deniz suyunda yaşayan fitoplanktonlar da fotosentez yapacak şekilde klorofil pigmentlerine sahip bitkisel mikroorganizmalardır. Fitoplanktonlar, zooplanktonlarla (hayvansal mikroorganizmalar) birlikte besin zincirinin ilk halkalarını oluştururlar ve karalardaki bitkiler gibi fotosentez yaparlar. Karadaki yaşam gibi denizdeki yaşam da yeşil bitkilerin fotosentez yapabilmelerine bağlıdır. Fotosentezde kullanılan enerjiyi güneş ışığı sağlar, dolayısıyla güneş ışığı denizdeki bitkilerin dağılımında belirleyici rol oynamaktadır.

Fotosentez olayı güneş ışınlarının su içerisinde ulaşabildiği derinliklerde meydana geldiğinden, genellikle 200 m'den yukarıda kalan ve güneş ışınlarının yeterince ulaşabildiği suların oksijen içeriği, fotosentez olayından pozitif yönde etkilenmektedir. Buna karşın derin sularda organik maddeler ve oksijen, orada yaşayan organizmalar ve özellikle bakteriler tarafından tüketilirler. Organik maddelerin ayrışması suda çözünmüş oksijeni tükettiğinden buralardaki oksijen miktarı daha düşük olmaktadır. Bu şekilde denizel organizmaların metabolik faaliyetleri sonucu oksijen tüketilip karbondioksit açığa çıkan bu olaya solunum + oksidasyon adı verilmektedir.

Fotosentez;



Solunum + oksidasyon;



2.1.10 Bulanıklık

Su ortamında çeşitli yapı ve boyutta organik, inorganik ve çözünmüş maddelerin miktarına bağlı olarak suyun bulanıklığı değişim göstermektedir. Deniz suyunun bulanıklığı ışık geçirgenliğinin etkilemektedir. Fotosentezin gerçekleşmesi için gerekli olan güneş ışınlarının deniz suyunun derinliklerine iletilmesinde ise ışık geçirgenliği önemli rol oynamaktadır. Işık deniz ortamında emilmekte ve dağılmaya maruz kalmaktadır. Bulanık sularda ışık derinlere geçememektedir. Deniz suyunun ışık geçirgenliğinin düşmesi fotosentez üzerinde engelleyici etki yapmaktadır.

2.1.11 Organik ve İnorganik Maddeler

Deniz suyunda çözünmüş halde birçok element bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve kükürt gibi canlıların yapı taşlarını oluşturan elementlerdir. Ayrıca demir, manganez, bakır gibi canlıların yaşamı için gerekli olan birtakım yan ve iz elementler bulunmaktadır. Deniz suyunda çözünmüş olarak bulunan elementler sudaki derişimlerine göre 4 bölümde toplanabilmektedir:

- Esas (majör) elementler: Deniz suyundaki derişimleri 100 ppm'den fazladır.

Kasyonlar: Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , Sr^{++}

Anyonlar: Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- , Br^- , F^-

- Yan (minör) elementler: Deniz suyundaki derişimleri 1-100 ppm arasında değişen esas element ve besleyici tuzların dışındaki elementler. Örneğin: Al, Cu, Fe, ...
- İz elementler: Deniz suyundaki derişimleri 1 ppm'den azdır.

Örneğin: Pb, Cd, Hg, Co, Zn, Cu, ...

- Radyoaktif elementler: Deniz suyundaki derişimleri iz elementler düzeyindedir.

2.2 Deniz Kirliliğine Neden Olan Etkenler

Deniz kirliliği; insanlar tarafından deniz ortamına doğrudan veya dolaylı şekilde, canlı hayatına zarar verecek, doğal ekosistemi olumsuz etkileyecek, insan sağlığını bozacak, balıkçılık gibi faaliyetler de dâhil olmak üzere, deniz suyu kalitesinin bozularak denizlerin kullanımının kısıtlanması ya da engellenmesi neticesini doğuracak şekilde denizlere madde veya enerji bırakılmasıdır. Deniz kirlenmesi, denizlere doğal arıtma kapasitelerinin üzerinde

bir atık yükü ve cinsi ile deşarj yapılması neticesinde meydana gelmektedir.

Su ortamında kirlilik meydana getiren kirleticileri genel anlamda üçe ayırmak mümkündür. Bunlardan ilki dayanıksız kirleticilerdir. Dayanıksız kirleticiler deşarj edildikleri ortamda kolayca parçalanabilen kirleticilerdir. Dayanıksız kirleticilere örnek olarak; öldüklerinde biyolojik olarak parçalanabilen koliform bakteriler, algler, balıklar ve diğer yüksek canlılar ile radyoaktif izotoplardan bazıları, evsel atıksular, gübre ve konserve sanayi atıkları ve termik santral soğutma suları verilebilir. İkinci tür kirleticilere dayanıklı kirleticiler adı verilmektedir. Dayanıklı kirleticilere korunan madde de denilmektedir ve biyolojik ayrıştırmaya karşı dayanıklıdır. İnorganik ve bazı organik maddelerden oluşan kirleticiler bu gruba girmektedir. Örnek olarak klorlu maddeler ve değişik tuzlar verilebilir. Üçüncü tür kirleticiler ise devamlı kirleticilerdir. Devamlı kirleticiler besin zincirinde biriken maddelerdir. Örnek olarak civa, kurşun gibi ağır metaller, bazı pestisitler ve radyoaktif izotoplar sayılabilir.

Denizlerdeki kirletici kaynaklar genel anlamda karasal kaynaklardan, hava hareketlerinden ve deniz içerisindeki faaliyetlerden meydana gelmektedir. Denizlerin kirlenmesinin başlıca nedeni denizlere yapılan atık su deşarjları olmaktadır. Gerek evsel gerekse endüstriyel nitelikli atık suların deniz ortamına verilerek uzaklaştırılma yoluna gidilmesi deşarjın yapıldığı yerlerdeki deniz suyu kalitesi üzerinde olumsuz değişimlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Deniz ortamının organik maddeleri özümseme yeteneğinden faydalanmak amacıyla yapılan atık su deşarjları, kontrolsüz ve gerekli şartlar sağlanmadan yapıldığı takdirde deniz ortamının sahip olduğu doğal ekosistemin bozulmasına yol açmaktadır. Ancak denizlerin kirlenmesine neden olan faktörler sadece atık su deşarjları ile sınırlı değildir. Bunun yanı sıra nehirler vasıtasıyla taşınan kirlilik, tarımsal faaliyetler, gemi taşımacılığı sonucunda ortaya çıkan kirlenme, limanlar ve marinalardan kaynaklanan kirlenme, gemi atık sularının denize boşaltılması ve deniz kazaları deniz ortamının kirlenmesine yol açan faktörler olmaktadır. Endüstriyel tesislerin baca gazlarından kaynaklanan kirletici parametrelerin atmosferde taşınıp yağmur suları vasıtasıyla denizlerde kirliliğe yol açması hava kaynaklı kirliliğe örnek olarak verilebilir. Ayrıca sahil beldelerinde yapılan birtakım turistik amaçlı faaliyetler de gerekli önlemler alınmadığı takdirde deniz kirliliğine yol açmaktadır. Deniz kirliliğine neden olan faktörler kısaca şu şekilde sıralanabilir;

- Atık maddelerin arıtılmadan veya kısmen arıtılarak deniz ortamına deşarj edilmesi
- Denize akan derelerin taşıdıkları kirlilik neticesinde meydana gelen kirlenme
- Deniz kazaları neticesinde meydana gelen kirlenme

- Turizm amaçlı kullanımdan kaynaklanan kirlenme
- Deniz taşımacılığı neticesinde ortaya çıkan kirlenme
- Elektrik üretmek amacıyla deniz kıyılarına kurulan termik ve nükleer santraller
- Yanlış yer seçimi neticesinde tersanelerden, limanlardan ve balıkçı barınaklarından kaynaklanan kirlenme
- Yanlış şekilde yapılmış sahil dolgu alanları
- Üretim çiftliklerinden kaynaklanan kirlenme
- Hava kirliliğinin etkisiyle meydana gelen kirlenme

Evsel ve endüstriyel atıksular, tarım faaliyetleri, yüzeysel sular, atmosferik kirlilik de dahil olmak üzere denizlerdeki kirlilik yükünün büyük bir kısmı kara kökenli aktivitelerden kaynaklanmakta olup bu kirlilik körfezler ve kıyı bölgeleri dahil olmak üzere denizlerin en üretici alanlarını etkilemektedir. 1983 yılından bu yana T.C. Çevre Bakanlığı Koordinatörlüğünde yürütülmekte olan deniz kirliliği izleme ve ölçme çalışmaları da en önemli kirleticilerin kara kökenli olduğunu ortaya koymuştur (Tübitak MAM).

Deniz ortamında kirlenmeye yol açan kirletici kaynakların etkileri birçok şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu etkiler şu şekilde sıralanabilir;

- Kirleticilerin ayrıştırılması sırasında harcanan çözünmüş O_2 'nin azalması sonucu sudaki canlıların oksijensiz kalması.
- Petrol ve yağlar gibi parçalanmayan organik kirleticiler su yüzeyinde bir film tabakası oluşturarak hem estetik görünüşü bozar hem de suyun ışık geçirgenliğini ve sudaki gaz transferini etkiler.
- Ağır metaller, bazı pestisitler ve radyoaktif maddeler organizmalar içerisinde birikerek besin zincirinin üst tabakalarına kadar taşınır.
- Suda yaşayan canlıların tolerans limitlerine bağlı olarak büyüme ve üreme oranlarında değişiklikler olabilir.
- Tarımda kullanılan gübreler ve kanalizasyon sularındaki organik maddeler alglerin aşırı büyümesine neden olur.

- Tarımsal alanlardan gelen ve endüstriyel atık suların içerdiği klorlu hidrokarbonlar, perstisitler, DDT ve PCB gibi maddeler deniz canlılarında birikmeye ve hastalıklara neden olur.
- Toprak erozyonu, kuru ve çürümüş bitki parçalarının oluşturduğu taneli maddeler deniz canlılarının yuvalarının örtülmesine neden olur ve su yüzeyinde birikerek yaşamları için gereken ışığa engel olur.

2.3 Deniz Suyu Kalitesinin Düşmesine Sebep Olan Başlıca Parametreler

Deniz suyuna çeşitli kirletici etmenlerinin katılması ile deniz ortamında birtakım fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar meydana gelmektedir. Deniz ortamına karışan atık maddeler seyrelmeye ve mikroorganizmaların yardımı ile transformasyona ve mineralizasyona uğramaktadır. Bu durum deniz suyunun kendi kendilerini temizleme özelliğini ve atıkları tamponlama kapasitesini yansıtmaktadır. Deniz ortamına karışan çoğu toksik yapıdaki yabancı maddelerin konsantrasyonları, bu tamponlama gücünün üstüne çıktığı zaman deniz ortamında kirlilik belirtileri görülmekte, deniz ekosisteminde bozulmalar başlamaktadır. Aşağıda, literatür bilgilerinden yararlanmak suretiyle, deniz suyu kalitesinin düşmesine sebep olan başlıca parametreler hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

2.3.1 Çözünmüş Oksijen Eksikliği

Aerobik ortamlarda yaşayan organizmaların çoğalmalarında ve bunların enerji üreten metabolik faaliyetlerinde çözünmüş oksijene ihtiyaç duyulmaktadır. Deniz suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlı olarak değişmekte ve sudaki canlı hayatının devam etmesi için hayati derecede önem taşıyan bir faktör olmaktadır. Sudaki çözünmüş oksijen suda yaşayan bitkilerin fotosentez olayı sonucunda ortama verdikleri oksijenden ve atmosferdeki oksijenden kaynaklanmaktadır. Oksijenin sudaki çözünürlüğü, havadaki oksijenin kısmi basıncı, suyun sıcaklığı ve suyun kapsamındaki minerallerin konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Deniz suyunda bulunan çözünmüş oksijen iki kaynaktan sağlanmaktadır. Bunlardan birincisi deniz yüzeyi ile temas halindeki atmosfer, diğeri ise, deniz içerisinde yaşayan bitkisel canlı organizmalardır. Denizlerde sağlıklı bir biyolojik ortamın oluşumu, suda çözünmüş oksijenin konsantrasyonuna bağlıdır. Deniz suyunda sağlıklı bir biyolojik ortamın devamı için en az 5 mg/l mertebesinde bir çözünmüş oksijen konsantrasyonuna gereksinim duyulmaktadır.

2.3.2 Zehirli Gazların Neden Olduğu Kirlilik

Sularda bulunan başlıca gazlar, H_2 , N_2 , CH_4 , O_2 , CO_2 , H_2S , SO_2 ve NH_3 'dür. Sularda çözünen gazların cinsi ve miktarı bölgelere, sıcaklığa ve suyun doygunluk derecesine bağlı olarak değişmektedir. Sularda çeşitli gazların doygunluk derecesi sıcaklığın azalmasıyla birlikte artmaktadır. $18^{\circ}C$ 'de 1 litre suda 554 g NH_3 çözünmektedir. İçme suyunun NH_3 içeriği ise 0,05 mg/l'den daha az olmalıdır. Diğer taraftan canlı yaşamında sazanlar 2 mg NH_3 /l'ye, alabalıklar ise 0.8 mg NH_3 /l'ye tahammül edebilmektedirler. H_2S suda çok iyi çözünen bir gaz olup, anaerobik koşullarda organik maddenin parçalanması sonucu oluşmaktadır. Balıklar için zehirlilik sınırı 1mg/L civarındadır. Kükürt dioksidin balıklar için zehirlilik sınırı 16 mg SO_2 /L civarındadır. Suda ayrıca HCl'de varsa bu sınır 0,5mg SO_2 /L'ye kadar düşmektedir.

2.3.3 Azot ve Fosforun Yol Açtığı Kirlilik

Azot ve fosfor sulardaki mikroorganizmalar için nütrient kaynaklarıdır ve alglerin aşırı derecede büyümesine sebep olurlar. Deniz kirliliğindeki en ciddi sorunlardan bir tanesi azot ve fosfor kirleticileridir. Ortamda bulunan bu besin maddelerinin kullanımı ile çözülmüş oksijen konsantrasyonu da azalmaktadır. Azot ve fosforun ortamdaki fazlalığı aşırı büyümeye ve bazı zehirlerin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Azot, evsel ve endüstriyel nitelikli noktasal kaynaklardan ve zirai kökenli alansal kaynaklardan denize ulaşmaktadır.

Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir haldedir. Azot bileşikleri sularda amonyak azotu, nitrit, nitrat ve organik azot olarak bulunabilmektedir. Deniz ortamında balıklar ve diğer su hayvanları için nitratın toksite değeri 3-13 mg/l, nitritin toksik sınırı ise 20-30 mg/l'dir. Amonyak keskin kokulu renksiz bir gaz olup, suda yaşayan canlılar üzerine zehir etkisi yapmaktadır. Amonyakın 0.2-2 mg/l arasındaki konsantrasyonları balıklar için zehirli olmaktadır.

Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve gerek doğal sularda ve gerekse su ve atık su arıtımında çok sayıda reaksiyona girmektedir. Fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin % 83'ü endüstriyel ve evsel atık sulardan kaynaklanmaktadır. Evsel atık sulardaki fosfatların ise %32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Aşırı fosfor konsantrasyonu akarsu, göl ve denizlerde ötrofikasyona yol açmaktadır. Ayrıca deterjan ve benzeri maddelerde bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirerek köpük oluşumuna neden olmakta ve deniz ortamındaki biyolojik olayları olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

2.3.4 Ağır Metaller ve İz Elementler

Zehir etkisi gösteren maddeler suda eser konsantrasyonlarda bulunmalarında bile insan sağlığına zarar vererek hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda toksik etki yapan bu maddeleri; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Zn gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir. Atık sularda ağır metaller, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunmaktadır.

Algler, çevredeki arsenik ve kurşunu bünyelerinde biriktirebilmektedirler. Arsenik 2×10^3 misli, kurşun ise 4×10^3 misli konsantre edilerek depolanmaktadır. Radyoaktif maddeler ise bazı su canlıları bünyesinde 2×10^5 defa konsantre edilerek birikebilmektedir .

Bor sularda borik asit veya sodyum borat şeklinde bulunmaktadır. Boraksın toksite sınırı balıklar için 3-7 mg/l'dir. Mangan ve demir ağır metaller arasında toksitesi en az olanıdır. Katyon olarak manganın stabilite sınırı alabalık için 75 mg/l; sazanlar için 600 mg/l'dir. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olmaktadır. Demir hidroksit 1mg Fe/l'de balıklar için toksik etkiye sahiptir. Nikelin zararlılık sınırı balıklar için 1-5 mg/l, balıklara yem olan küçük su canlıları için 3-4 mg/l'dir. 6 mg Ni/l sularda mikrobiyolojik olayları inhibe edebilmektedir. Krom atık sularda hem katyon hem de anyon formunda bulunmaktadır. Balıklar için toksite sınırı 28-80 mg Cr/l'dir. Kurşunun sulardaki hassas canlılar için sınır değeri 0,1 mg Pb/l'dir. Belirli konsantrasyonlarda çinko, sulardaki mikroflorayı olumsuz yönde etkilemektedir. Balıklar için toksite sınırı 0,3 mg/l'dir. Bakır ve nikel, çinkonun zehir etkisini artırmaktadır. Bakır özellikle küçük canlılar için yüksek derecede zehirlidir. Hafif alkali sularda hidroksit, çürüyen organik madde içeren sularda sülfür şeklinde çökelmektedir. Bakır, balıklar için kuvvetli bir zehirdir. Alabalıklar toksite sınırı 0,14 mg Cu/l'dir. Sert sularda zehir etkisi daha azdır. Suda çözünmüş halde bulunan diğer tuzlar bakırın zehirlilik etkisini azaltmaktır. Civa ve bileşikleri hem endüstriyel kaynaklarından hem de tohumlarda kullanılan ilaçlardan sulara karışmaktadır. Civa mikrofloraya kuvvetli bir zehir etkisi yapmaktadır. 100 mg Hg/l mikrobiyel aktivitenin durmasına neden olmaktadır. Balıklar için öldürücü konsantrasyonlar 0,25 mg Hg/l (alabalık) ile 0,80 mg Hg/l (sazan) arasında değişmektedir.

2.3.5 Siyanürler

Siyanür ve bileşikleri çevresel ortamlarda doğal olarak bulunduğu gibi endüstriyel işlemler

neticesinde ara ürün olarak da ortaya çıkabilmektedir. Endüstriyel işlemler sonucu çevreye verilen siyanür bileşikler gaz, sıvı ve katı ortamda bulunabilirler. Siyanür ve bileşiklerinin sulara deşarj edildiğinde zehir etkisi yapacak seviyenin altında tutulmasına özen gösterilmelidir. Genel olarak siyanürün balıklar için toksisite sınırı 0,03–0,25 mg CN/l olarak verilmekte ise de bu düzey balık türü ve bileşik çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin tatlı su kefalı için sodyum siyanat (NaCN)'ın maksimum limiti 75 ppm'dir. Buna karşılık alabalık için 0,05 ppm NaCN 124 saate, 1 ppm NaCN ise 20 saatte tamamen öldürücü olmaktadır. Siyanürün toksisitesi pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve diğer minerallerin konsantrasyonuna bağlıdır. Toksisite sıcaklıkla doğru orantılı olarak yükselmekte, her 10 °C sıcaklık artışı ile birlikte öldürücü doz 2–3 kat artmaktadır. Ayrıca sudaki çözünmüş oksijen düşük seviyelerde bulunması da siyanürün toksikliğini arttıran önemli bir unsurdur.

2.3.6 Petrol ve Türevleri

Denizlerdeki petrol kirliliği, öncelikle deniz taşıma araçlarının sintine ve balast sularından, rafineri ve petrokimya komplekslerinin atıksularından, petrol dolum ve boşaltım tesislerinden gemi trafiğinden ve tanker kazalarından kaynaklanmakta ve denizlerdeki besin zincirlerinin tüm halkaları üzerinde önemli derecede olumsuz etkilere sahip olmaktadır. Bir hidrokarbonlar karışımı olan ve doğal kaynaklarda sıvı halde bulunan ham petrol, karbon ve hidrojen gibi temel elementlerle birlikte ayrıca azot, kükürt, oksijen ve diğer elementleri de içermektedir. Petrol su yüzeyinde çeşitli kalınlıklarda film oluşturarak gaz alışverişini engellemekte ve dolayısıyla çözünmüş oksijenin azalmasına neden olmaktadır. Petrol ürünlerinin tamamı su yüzeyinde kalmamakta, örneğin ağır yağlar tabana çökerek organizmaları etkilemektedir. Yağlar balıkların solungaçlarına yapışıp balık boğulmasına neden olduğu gibi, zehir etkisi sonucu ölümlere de neden olmaktadır. Petrol kirliliği neticesinde ışık geçirgenliği azalmakta ve fotosentez engellenmektedir. Çok sayıdaki araştırma, özellikle yeni dökülen taze petrol atıklarının deniz organizmalarına şiddetli zehir etkisinde bulunduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca petrol ürünlerinin deniz dibine çöken parçacıkları, tabanda yaşayan canlıları belli bir süre için olumsuz yönde etkilemektedir. Hayvan ve bitkiler üzerindeki diğer etkileri ise; hücre bölünmesinin gecikmesi, anormal yavru, balık beslenme aktivitesinde azalma, yüzücü ve dalıcı kuşların olumsuz yönde etkilenmesi şeklinde sıralanabilmektedir.

Petrol kirliliğinin etkileri deniz ortamındaki canlı hayatını oldukça önemli derecede etkilemektedir. Yengeç, istakoz ve karidesler gibi deniz tabanında yaşayan türler petrol kirlenmesine karşı en duyarlı olan canlılar olmaktadır. Bu canlılar 1-10 ppm oranında petrol

konsantrasyonundan etkilenmektedirler. Midye gibi çift kabuklular ve balık türleri 5-50 ppm, deniz bitkileri ise 10-100 ppm konsantrasyonlarındaki petrol bileşenlerine duyarlılık göstermektedirler. Deniz kuşlarının kanatlarına yapışıp yüzücü ve dalıcı kuşların uçuş yetenekleri ile soğuğa karşı dayanıklılıklarının yok olması ve ölümlerine neden olan petrol kirlenmesi aynı zamanda suyun rekreasyon amacı ile kullanılmasını da engellemektedir. Denizde yaşayan canlıların yanında petrol ürünleri ile kirlenmiş balık ve diğer su ürünlerinin insanlar tarafından tüketilmesi neticesinde, ham petrolü oluşturan bileşiklerin bir bölümünün memeli hayvanlar ve insanlarda kanser yapıcı olduğu bilinen maddelerden oluşması nedeniyle sağlık açısından birtakım sakıncalar meydana gelmektedir.

Denizlerde petrol kirlenmesinin takibi ile ilgili olan bazı çalışmalar İstanbul Boğazı'ndaki petrol kirliliğinin Karadeniz kaynaklı olduğunu göstermektedir. Karadeniz'i kirleten petrol ürünlerinin yıllık miktarı ise 410.000 tona ulaşmaktadır (Yönsel, 2002).

2.3.7 Deterjanlar

Deterjanlar, formulasyonda ana madde olarak sentetik yüzey aktif madde yanında temizleme işlemine yardımcı kimyasal maddeler içeren temizlik mamulleridir. Deterjan yapımında kullanılan ve köpürmeyi sağlayan yaygın yüzey aktif maddeler; LAS (lineer alkil sülfonatlar), ABS (alkil benzen sülfonatlar), AS (alkol sülfotlar), STPP (sodyum tripolifosfat), DDB (dodesil benzen), LAB (lineer alknin benzen)'dir. Deterjanlar yüzey aktif madde oldukları için hava/su ara yüzeyinde konsantre olmaktadır. Sudaki çözünmüş deterjanlar suyun yüzey gerilimini azaltmaktadır. Deterjanlar algleri ve balıkları değişik şekillerde olumsuz olarak etkileyebilmektedirler. Deterjanlı sularda balıklar boğulma belirtisi göstermektedir. 3 ppm'lik bir deterjan konsantrasyonunun 12 haftada alabalıkların % 50'sini öldürdüğü bildirilmiştir. Sudaki çözünmüş oksijenin düşmesi deterjanların zehirlilik etkisini artırmaktadır.

2.3.8 Patojen Mikroorganizmalar

Organik maddelerle birlikte mikroplar ve özellikle patojenlerde sulara karışmaktadır. Genellikle yerleşim yerlerinin kirlenmiş sularında fazla miktarda patojen bulunmaktadır. İnsan ve hayvanlardan idrar ve dışkı yoluyla çok sayıda patojen sulara karışmaktadır. Fekal koliform bakterileri koliform grubu bakterilerinin bir alt grubu olup dışkı kökenli bakterilerdir. Fekal koliform bakterisi olarak tanımlanan bakterilerin başında E-koli gelmektedir. E-koli doğada sadece sıcak kanlı hayvanların barsak sistemlerinde bulunmakta ve su ortamına dışkı yoluyla geçmektedir.

2.3.9 Askıda Katı Maddeler

Yoğunluğu suyun yoğunluğundan küçük olan tanecikler, suyun yüzeyine çıkarlar ve yüzeysel sulardaki yüzücü maddeleri oluştururlar. Yüzeysel sulardaki askıda bulunan tanecikler, mineral yada organik kökenli olabilirler. Mineral kökenli askıda katı maddesi, zemin erozyonundan kaynaklanmaktadır. Askı halindeki organik maddenin ancak küçük bir kısmı zemin erozyonundan kaynaklanmakta olup, çoğunluğunu bitki artıkları, humus, doğal gübreler, evsel ve endüstriyel atık sular oluşturmaktadır. Askıda katı maddenin su ortamındaki artışı sudaki yaşama olumsuz etki yapmaktadır. Bulanıklılığı arttırdığı için suyun ışık geçirgenliğini azaltmakta ve fotosentezle oksijen üretiminin düşmesine neden olmaktadır.

2.3.10 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) bugün bilinen kimyasal kanserojenlerin en büyük grubudur. Çevrede yaygın olarak bulunmaktadırlar. Karbon ve hidrojen içeren organik maddelerin pirolizi veya tam olmayan yanmaları sonucu oluşan 3 veya daha fazla aromatik halkalı bileşiklerdir. PAH'lar deney hayvanları ve insanlarda kuvvetli karsinojenik potansiyele sahip maddelerdir. PAH'lar tümör başlatıcı, geliştirici ve ilerletici etkileriyle kanserojen özellikte olup havada, suda, toprakta, sigara dumanında ve besin zincirinde toksik ve/veya mutajenik kirleticiler olarak bulunmaktadırlar.

2.3.11 Radyoaktif Kirleticiler

Atomları alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle parçalanarak maddelere *radyoaktif madde* denilmektedir. Radyoaktif atıklar sınır tanımamakta, kilometrelerce uzaklara taşınarak etki edebilmektedir. Sularda bulunan radyoaktivite; doğal radyoaktivite, radyoaktif yağışlar ve radyolojik tesisler olmak üzere başlıca üç kaynaktan ileri gelmektedir.

2.4 Deniz Deşarjları Ve Çevre Standartları

Denizlerin özümleme kapasitesi büyük olduğundan, atıksular belli bir arıtma işleminden geçirilerek denize deşarj edildikleri takdirde, deniz ortamında seyrelmeye uğramakta ve taşıdıkları kirletici konsantrasyon düşmektedir. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çıkarılan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde, derin deniz deşarjı; yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğu mühendislik çalışmaları ile tespit edilen alıcı ortamlarda, denizin seyreltme ve doğal arıtma süreçlerinden faydalanmak amacıyla atık suların sahillere belirli uzaklıklarda deniz dibine boru ve difüzörlerle deşarj edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Doğal

arıtım sağlayan ve alıcı ortam vazifesi gören denizlerin su kalite standartlarının sağlanması için ise atıksuların deşarj öncesi belli bir arıtmaya tabi tutulmaları gerekmektedir. Deniz deşarjı öncesinde atıksulara uygulanacak arıtma işlemi için iki farklı yaklaşım söz konusu olmaktadır. Bunlar;

- Ön arıtmanın derecesine bağılı olarak yapılacak deniz deşarjı şartlarının tespit edilmesi
- Deşarj öncesi arıtmayı takiben derin deniz deşarjı

Birinci yaklaşımda, alıcı ortam su kalitesi standartlarının sağlanması için, yapılan ön arıtmanın derecesine bağılı olarak deşarj noktasının derinliği ve deşarj hattının boyu tespit edilir ve bu tespitler neticesinde derin deniz deşarjı yapılır. Derin deniz deşarjlarında deşarj noktası kıyıdan yeteri kadar uzak olduğu takdirde, atıksu gerekli seyrelmeye uğrayacağından BOI_5 parametresinin değeri önemsiz olmaktadır. Ancak kıyıdan yapılan yakın mesafeli deşarjlarda, atıksu istenilen derecede seyrelmeye uğramayacağından, bu tip deşarjlar deniz suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve kıyı bölgelerindeki halk sağlığı açısından risk oluşturacak deşarjlardır.

İkinci yaklaşımda ise yönetmeliklerde belirtilen deşarj standartlarının sağlanabileceği mertebede atıksular arıtma işleminden geçirilirler ve arıtmayı takiben deniz deşarjı gerçekleştirilir. Burada asıl olan arıtma işlemi neticesinde atıksuyun taşıdığı kirliliğin istenilen seviyede giderilmiş olmasıdır. Deşarj standartlarını sağlayacak mertebede arıtılan atıksu deniz deşarjı vasıtasıyla uzaklaştırılır. Bu şekilde yapılan deniz deşarjları özellikle kapalı denizler için önemli ve gereklidir. Kapalı denizlerde ve körfezlerde, deşarj edilen kirlletici parametrelerin deniz ortamında birikmesi söz konusu olduğundan deşarj yapılan alıcı ortamda kirlleticilerin birikmesinin ve alıcı ortam kalitesinin bozulmasının önlenmesi için deşarj öncesinde belli bir arıtma işlemi gerçekleştirilir. N, P gibi besi maddeleri kapalı ortamlarda birikerek ötrofikasyona neden olmaktadırlar. Özellikle azot ve fosfor gibi besi maddelerinin birikmesinin önlenmesi için deşarj öncesi bu nütrientlerin giderimi yapılmalıdır.

Nütrientlerin yanı sıra, alıcı ortamın estetik yapısının bozulmasına yol açabilecek yüzücü maddeler, yağ-gres, renk ve koku oluşumuna yol açabilecek kirlleticilerin arıtma tesislerinde giderilerek alıcı ortama deşarj yapılması gerekmektedir. Ayrıca birikme yapabilecek maddelerin besin zinciri içerisinde birikmesinin önlenmesi yüksek oranda seyrelme gerçekleştirildiği takdirde mümkündür. Bu da gerekli şartların sağlandığı derin deniz deşarj hattının teşkil edilmesini gerektirir. Deniz deşarjlarında DDT, PCB, PCP, ağır metaller vb. zehirli maddelerin suya karışması önlenmek için kaynağında kontrol ve sıfır deşarj bu

kirleticilerin kontrolündeki en etkin yöntem olmaktadır. Projelendirmesi iyi yapılmış ve yeterli uzunlukta deşarj hattına sahip olan deniz deşarjı sistemlerinde gerekli olan seyrelme sağlandığından dolayı BOI, AKM, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve besi maddeleri konsantrasyonu gibi deşarj suyunun sahip olduğu kirletici parametrelerin deniz ortamına yapabilecekleri olumsuz etkiler ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Deniz deşarjlarında belirli bir derinlikte ve sahile belirli bir mesafeden deşarj yapılan atıksu, deniz ortamında üç farklı seyrelmeye uğramakta ve bu seyrelmeler neticesinde atıksuyun taşıdığı kirlilik konsantrasyonu deniz ortamı tarafından özümserenerek doğal bir arıtma işlemi meydana gelmektedir. Bu üç farklı seyrelmeyi şu şekilde özetlemek mümkündür;

İlk Seyrelme (S1) : Atıksu huzmesinin difüzör deliği ile atıksu tarlasının teşekkül ettiği seviye arasındaki hareketi esnasında uğradığı seyrelmedir.

İkinci Seyrelme (S2) : Atıksu tarlasının türbülans difüzyonu ve boyuna dispersiyon etkisi ile yatay istikamette yayılıp açılarak seyrelmesidir.

Üçüncü Seyrelme (S3) : Atıksu içerisinde bulunan korunamayan türden maddelerin zamanla biyolojik olarak ayrışması, güneş ışığı tesiri ve çökelen maddelerle sürüklenme yolu ile uğradıkları ilave seyrelmedir.

Zamanla biyolojik olarak ayrışıp azalmayan türdeki korunan maddeler sadece 1. ve 2. seyrelme tesiri ile seyreltilir. Bu tür maddeler netice olarak S₁.S₂ defa seyreltilmiş olurlar. Organik madde, bakteri gibi korunamayan maddeler ise ayrıca 3. seyrelmeye uğradıkları için S₁.S₂.S₃ defa seyreltilirler.

Derin deniz deşarjları öncesinde deşarj edilecek atık suyun sahip olduğu kirliliğin belirli bir düzeyde arıtılmasına gerek duyulabilir. Atık suyun niteliğine göre arıtma ihtiyacı belirlenebilir. Derin deniz deşarjlarında uygulanan atık su deşarj kriterleri ve deşarj yapılabilecek atık suların özellikleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilmiştir.

Aşağıda verilen Çizelge 2.2'de ve Çizelge 2.3'de, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenmiş olan denize deşarj edilebilecek atık su özellikleri ve deşarj kriterleri verilmektedir.

Çizelge 2.2 Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri (SKKY)

Parametre	Sınır	Düşünceler
pH	6-9	-
Sıcaklık (°C)	35 °C	-
Askıda Katı Madde (mg/l)	350	-
Yağ-Gres (mg/l)	15	-
Yüzer Maddeler	Bulunmayacak	-
BOI5 (mg/l)	250	-
KOI (mg/l)	400	-
Toplam Azot (mg/l)	40	-
Toplam Fosfor (mg/l)	10	-
Metilen Mavisi ile Reaksiyon Veren Yüzey Aktif Maddeler (MBAS) (mg/l)	10	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.
Diğer Parametreler		Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliğinde bu parametreler için verilen sınır değerlere uymalıdır.

Çizelge 2.3 Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (SKKY)

Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S1) sonucun da karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den, diğer aylarda ise 2 °C den fazla arttırmaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28° C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin alıcı ortam sıcaklığını 3 0 C'den fazla arttırmayacak şekilde deşarjına izin verilebilir.
En muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın % 90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml'den az olmalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.
Diğer parametreler	Deniz suyu genel kalite kriterlerine uyulacaktır.

3. MARMARA DENİZİ VE İSTANBUL BOĞAZI

Marmara denizi, etrafındaki yoğun kentleşme ve sanayileşme nedeniyle kirliliğinin meydana geldiği ülkemiz karasularında yer alan bir iç denizimizdir. Ege Denizi ve özellikle Karadeniz ile olan bağlantısı da kirlilik etkenlerinden bir tanesi olmaktadır. İstanbul gibi büyük bir metropolitan alanının etkisinde olmanın yanı sıra, İzmit Körfezi'nden kaynaklanan kirletici yükler de Marmara Denizi'nde deniz kirliliği probleminin meydana gelmesine neden olmuştur. Marmara Denizi, Türkiye'nin bir iç denizi olmasına karşın, uluslar arası özelliği ön planda olan ve özellikle son 50 yıldır giderek yoğunlaşan ekolojik sorunlarla boğuşan bir denizimizdir.

3.1 Marmara Denizinin Özellikleri

Marmara Denizi, ülkemizin sahip olduğu diğer denizlerle karşılaştırıldığında küçük bir iç deniz olarak değerlendirilebilir. Marmara Denizi konumu itibariyle Karadeniz ve Ege Denizi ile sürekli bir etkileşim içerisinde.

Marmara Denizi'nin en büyük özelliği Türk Boğazlar Sistemi (TBS) adı verilen İstanbul ve Çanakkale Boğazlarını üzerinde barındırması ve Karadeniz'in Ege ve Akdeniz'e açılan tek kapısı olmasıdır.

Yurdumuzdaki diğer denizlerle karşılaştırıldığında Marmara Denizi'nin sahip olduğu yüzey alanının ve hacminin oldukça küçük olduğu görülmektedir. Su ortamının sahip olduğu hacim, onun alıcı ortam özelliği üzerinde etken bir faktör olmaktadır. Ayrıca deniz suyunun kendini yenileyebilme kapasitesi de alıcı ortam olarak yapılacak değerlendirmede önemli bir unsur olmaktadır.

Karadeniz'i Marmara Denizi'yle birleştiren İstanbul Boğazı; Asya Kıtası'yla Avrupa Kıtası'nı birbirinden ayırmakta ve İstanbul kentini de ikiye bölmektedir. Marmara Denizi ile Karadeniz arasında bir geçiş yolu olan İstanbul Boğazı'nın her iki ağzında da birer eşik bulunmaktadır. Bu eşikler Marmara Denizi'nin hidrodinamik yapısı üzerinde etkili olmaktadır. İstanbul Boğazı'ndan daha uzun ve geniş olan Çanakkale Boğazı'nın Marmara Denizi hidrodinamik yapısı üzerindeki etkisi ise daha sınırlı olmaktadır.

3.1.1 Fiziksel Özellikler

Marmara Denizi 11500 km²'lik alan ve 3378 km³ hacme sahiptir. Kuzeyde 31 km uzunluğunda, 1,6 km eninde ve ortalama 35 m derinliğindeki İstanbul Boğazı aracılığıyla

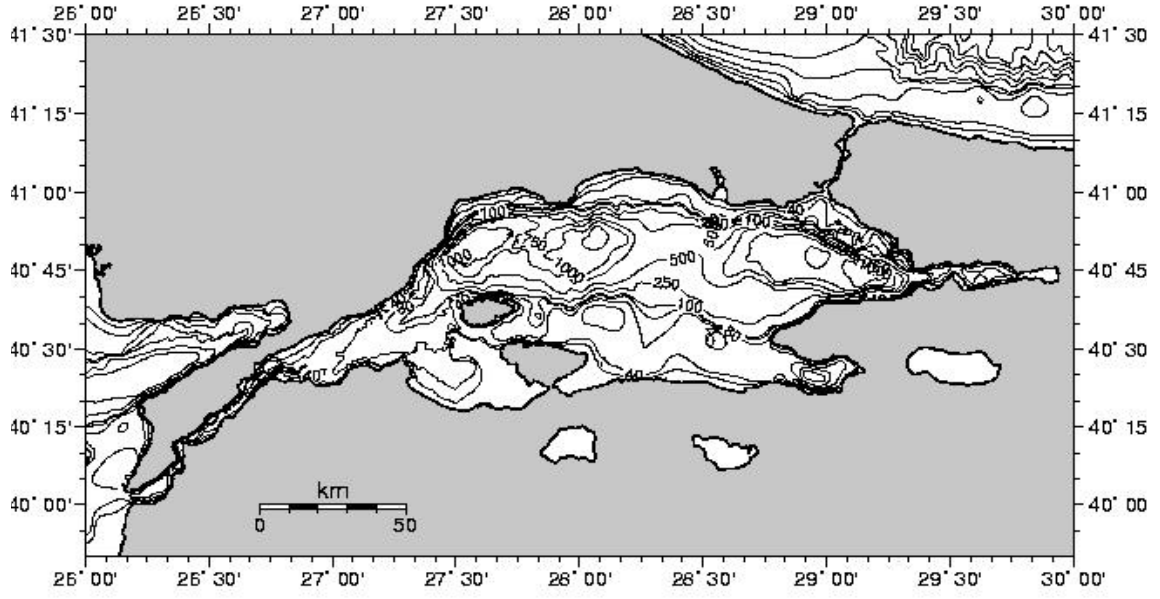
Karadeniz bağlantılı, güneyde ise 62 km uzunluğunda 4 km eninde ve ortalama 55 m derinliğindeki Çanakkale Boğazı aracılığıyla da Ege Denizi ile bağlantılıdır (Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004).

Marmara Denizi, Akdeniz ve Karadeniz arasında yer alan oldukça küçük (yaklaşık 70 km x 250 km boyutlarında ve 1390 m maksimum derinliğe sahip) bir basendir (Beşiktepe vd., 2000). Marmara Denizi'nin güney kesiminde İzmit Körfezi, Bandırma Körfezi, Gemlik Körfezi ve Erdek Körfezi bulunmaktadır.

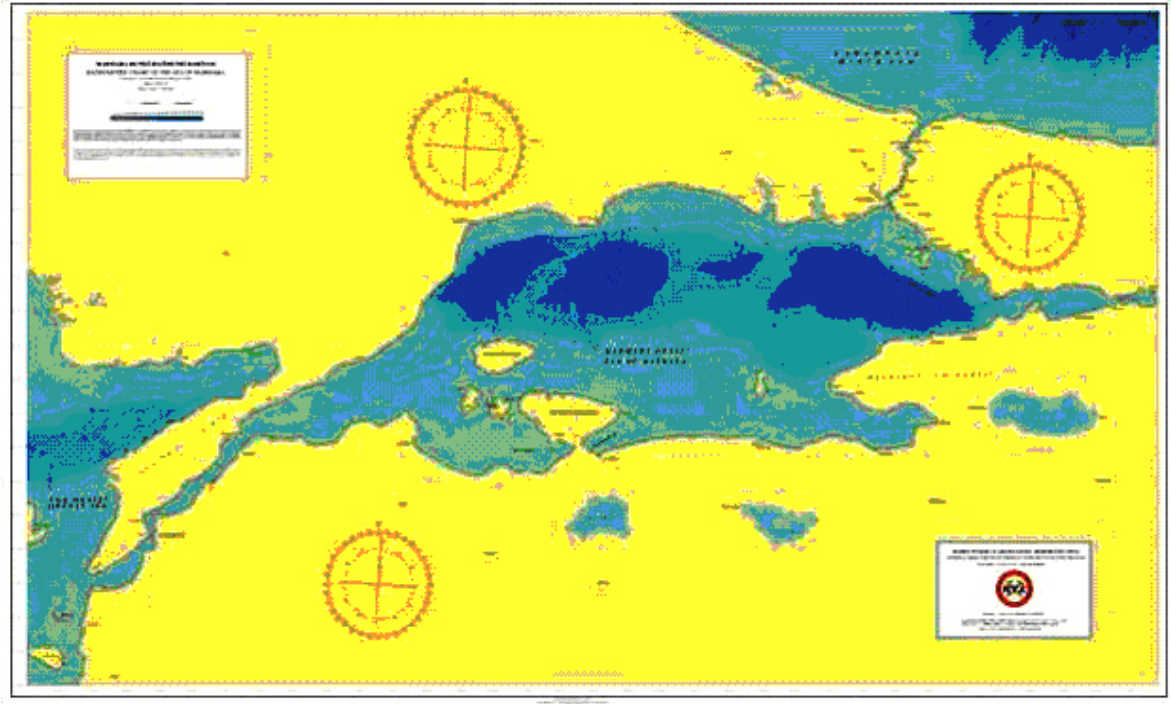
Marmara Denizi'nin taban topoğrafyasında, güney kıyısı boyunca uzanan 100 m derinliğindeki geniş kıta sahanlığı bölgesi ile bunun kuzeyinde doğu-batı yönünde uzanan (batı'dan doğuya doğru sırasıyla 1100 m, 1390 m, ve 1240 m) derin üç depresyon dikkat çekicidir. Bu derin depresyonları, yaklaşık 750 m derinliği bulunan ve batıdaki 20 km, doğudaki ise 40 km uzunluğunda olan iki eşik yapısı birbirinden ayırmaktadır (Beşiktepe vd., 2000).

İstanbul Boğazı'nın güneyinde oldukça dar bir kıta sahanlığı bulunmakta ve doğu Marmara derin çukurundan keskin bir eğim ile ayrılmaktadır. Çanakkale Boğazı doğu yönünde genişleyerek Marmara Denizi'nin sığ güney kıta sahanlığına açılmaktadır ve güney kesiminde 70 m derinliğinde bir kanal doğuya uzanmakta, buradan da taban eğimi ile birleşerek Batı Marmara derin çukuruna bir kanyon şeklinde ulaşmaktadır (Beşiktepe vd., 2000).

Aşağıda verilen Şekil 3.1'de ve Şekil 3.2'de Türk Boğazlar Sistemi'nin batimetrisi görülmektedir.



Şekil 3.1 Türk Boğazlar Sisteminin batimetrisi (Beşiktepe vd., 2000)



Şekil 3.2 Türk Boğazlar Sisteminin batimetrisi (MTA Genel Müdürlüğü)

3.1.2 Atmosferik Özellikler

Marmara Denizi genelde iki farklı iklim koşulunun etkisi altında kalmaktadır. Ekim-Mart döneminin içeren kış ayları döneminde bölgeyi birkaç günlük süreler ile etkileyen alçak basınç sistemleri görülmektedir. Bu sistemler Marmara Denizi'nin hidrolik yapısını önemli ölçüde etkileyen lodos rüzgarlarına neden olmaktadır. Genelde 8-10 m/sn hızında olan rüzgarlar 30-35 m/sn'lik fırtınalar meydana getirebilmektedirler. Yıllık rüzgar ortalamasının %20'sini teşkil eden poyraz rüzgarları bölgenin önemli bir karakteristiğidir. Kuvvetli poyraz rüzgarları Karadeniz'den gelen su miktarının artmasına neden olmakta ve bu şekilde yüzey tabakası derinleşmektedir. Öte yandan lodos rüzgarları beklenildiği gibi tam aksi bir durum yaratmakta ve üst tabakanın yapısı bozularak kısmi tabakalaşma meydana gelmektedir (Taş, 2001).

3.1.3 Akıntı Özellikleri

Marmara Denizi'nde iki farklı akıntı meydana gelmektedir. Daha az tuzlu olan Karadeniz'in suları yüzey akıntısı ile Türk Boğazlar Sistemi'nden geçerek Ege Denizi'ne girmekte, buna karşın Ege Denizi'nin daha tuzlu olan suları dip akıntısı nedeniyle Marmara Denizi'ni geçerek Karadeniz'e ulaşmaktadır. Böylece Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı boyunca alt ve üst akıntı olmak üzere iki farklı akıntı meydana gelmektedir. Marmara Denizi komşusu olduğu denizlerden aldığı akıntılar nedeniyle, bu denizlerden kaynaklanan hidrodinamik ve biyokimyasal etkilerden doğrudan doğruya etkilenmektedir.

Birbiriyle bağlantılı olan Marmara Denizi ve Karadeniz, meteorolojik şartlar, yüzey ve dip akıntıları vasıtasıyla birbirlerinin hidrolojik özelliklerinin etkisi altındadır. Denizlerin herhangi birinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişim diğer denize de yansımaktadır. Karadeniz'den yılda 548 km³ su Marmara'ya geçmekte, buna karşılık Marmara'dan Karadeniz'e dip akıntısıyla 249 km³ su geçiş yapmaktadır. Bu da göstermektedir ki Karadeniz'de meydana gelecek bir kirlilik Marmara'yı, Marmara'nın Karadeniz'e olan etkisine oranla yaklaşık 2 katı daha fazla etkilemektedir (Çevre ve Orman Müdürlüğü).

Marmara Denizi'nin yüzey dolaşımı İstanbul Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne giren yüzey jetinin mevsimlik değişimleri (komşu denizlerdeki yoğunluk, basınç farkları ve su bütçesi) ve rüzgâr gerilimi dağılımı ile kontrol edilmektedir. ADCP kullanılarak yapılan doğrudan akıntı ölçümleri Marmara Denizi yüzey sularının dolaşımının havza boyutlarında ve saat yönünde bir döngüden oluştuğunu göstermiştir (Yüksel vd., 2006).

TBS'ye giren su bütçesi ve gerek alt ve gerekse üst alıntı yoluyla taşınan suyun denizler

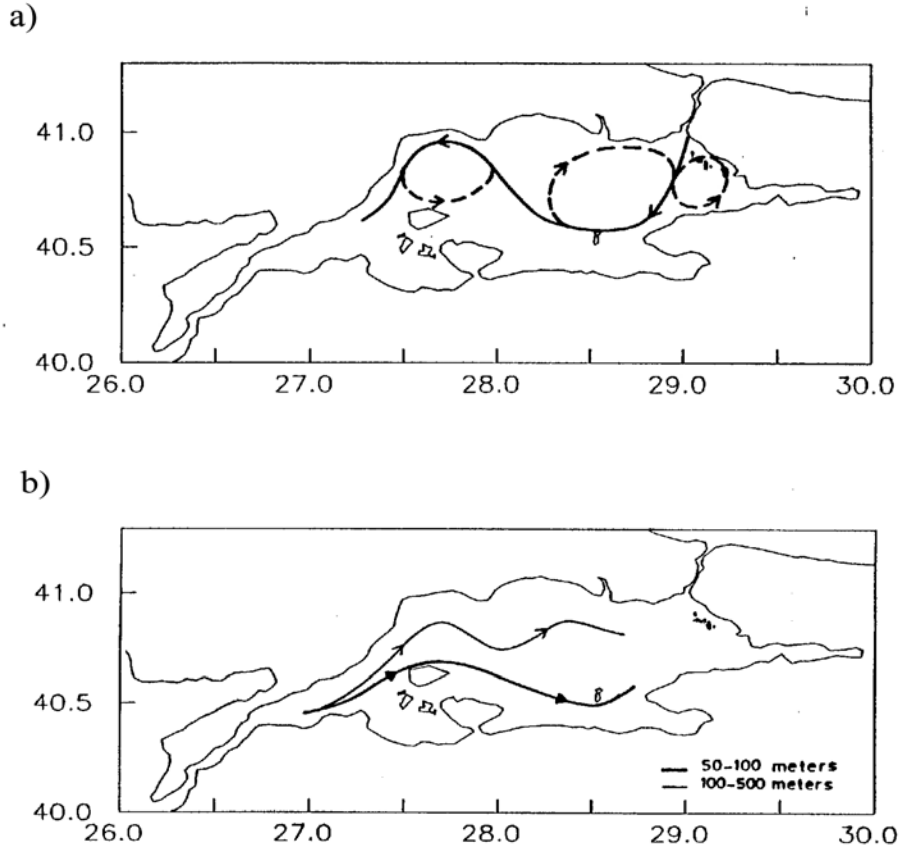
arasındaki alışverişinin belirlenmesi amacıyla yapılan literatür çalışmalarında, Ege Denizi sularının %48'inin Çanakkale Boğazı'nda, %29'unun Marmara Denizinde ve %5' inin de İstanbul Boğazına girdikten sonra üst tabakaya karışarak geri döndüğü, bu nedenle Ege sularının sadece %18'lik bir bölümünün Karadeniz'e ulaştığı bildirilmektedir (Orhon, 1991).

Atıksuların derin deniz deşarjı ile uzaklaştırılması sisteminin benimsendiği İstanbul İli'nde, Marmara Denizi ile Karadeniz arasındaki iki tabakalı akımdan meydana gelen su alışverişi ve alt tabaka akımının üst tabaka akımına kısmen karışarak tekrar dönüş yapması, Marmara Denizi alt akımına deşarj edilerek Karadeniz'e taşınması amaçlanan atıksuların da bir kısmının tekrar İstanbul Boğazı'na girmesi hususunu gündeme getirmektedir.

Orhon (1991) tarafından bildirildiğine göre, yapılan çalışmalar, Marmara Denizi'ndeki üstten alta $98 \text{ km}^3/\text{yıl}$ debili karışımın tümünün bu deniz bünyesinde, alttan üste $328 \text{ km}^3/\text{yıl}$ debili karışımın ise yarısının Marmara da, diğer yarısının da Marmara-Boğaz karışımı bölgesinde meydana geldiğini göstermektedir. Buna göre alt akım boğaz karışım bölgesine ortalama $15800 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik debi ile girmekte, karışım bölgesinde $5200 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik kısmını üst akıma kaybederek Boğaz kesimine $10600 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile ulaşmaktadır. Boğazda $2000 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik bir bölümü üst akıma geçerken $1250 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik bir debiyi buradaki tabakalar arası karışım dolayısıyla üst akımdan kendi bünyesine çekmektedir. Bu suretle alt akım $9900 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak boğazdan çıkmaktadır. Bunun $8650 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik kısmı Marmara'dan gelen orijinal akım, $1250 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik kısmı ise üst akımdan karışan debidir. Başka bir tanımla Boğaz/Marmara karışım bölgesine gelen alt akımın %32,8 i karışım bölgesinde, %12,6 sı boğazda olmak üzere toplam %45,4 ü Marmara ya üst akıma karışarak geri dönmekte, %54,6 sı Karadeniz'e çıkmaktadır. Benzer şekilde üst akım Karadeniz'den Marmara'ya $18100 \text{ m}^3/\text{sn}$ den $26300 \text{ m}^3/\text{sn}$ ye %28,5 artarak dökülmektedir (Orhon, 1991).

TBS'deki iki tabakalı akımın ve bu akımlar arasında meydana gelen girişim akılarının tahmini değerleri önceki yıllara ait literatür çalışmalarında verilmektedir. Uzun dönemli ölçümlere dayanan tuzluluk ortalamaları ve durağan akım dengeleri kullanılarak hesaplanan akıların tahmini değerleri sırasıyla Karadeniz'den İstanbul Boğazı'na $600 \text{ km}^3/\text{yıl}$ ($20000 \text{ m}^3/\text{s}$), ve İstanbul Boğazı'ndan Karadeniz'e doğru $300 \text{ km}^3/\text{yıl}$ ($10000 \text{ m}^3/\text{s}$) olarak verilmektedir. Ayrıca iki tabakalı akıntı sisteminde, hesaplanan bölümdeki alt tabakadan üst tabakaya girişim akılarının aynı bölüme giren alt tabaka akımına oranının İstanbul Boğazı boyunca %25, Çanakkale Boğazı'nda ve Marmara Denizi'nin tümünde ise %45 düzeyinde olduğu bildirilmektedir (Beşiktepe vd., 2000).

Aşağıda verilen Şekil 3.4’de Marmara Denizi yüzey ve alt tabaka akıntısının şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 3.4 Marmara Denizi’ndeki a) Yüzey akıntısının şematik gösterimi b)Alt tabaka akıntısının şematik gösterimi (Beşiktepe vd., 2000)

Marmara Denizi alt tabaka ve yüzey tabakası sularının yenilenmesi Karadeniz ve Ege Denizi’nden gelen akımların vasıtasıyla olmaktadır. Beşiktepe vd. (2000) tarafından Marmara Denizi alt tabaka sularının yenilenme süresinin ortalama 6-7 yıl olduğu, yüzey tabakası sularının yenilenme süresinin ortalama birkaç ay olduğu bildirilmektedir.

3.1.4 Tuzluluk ve Sıcaklık Değişimleri

Marmara Denizi, aralarındaki bağlantıyı sağladığı Ege Denizi ile Karadeniz’in etkisi altında bulunmakta ve iki yönlü akım vasıtasıyla bu iki deniz arasındaki su alışverişini gerçekleştirmektedir. Ege Denizi’nin tuzlu suları dip akıntısıyla Marmara Denizi’ni kat ederken, Karadeniz’in az tuzlu suları da Marmara Denizi’ndeki yüzey akıntısını oluşturmaktadır. Bu nedenle Marmara Denizi’nde tuzluluk bakımından iki farklı su kütlesi bulunmaktadır.

Marmara Denizi'ndeki tuzluluk ve sıcaklık değerlerinin tespit edilmesine yönelik yapılan geçmiş yıllara ait çalışmalar değerlendirildiğinde, iki tabakalı akıma bağlı olarak değişen tuzluluk ve sıcaklık değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

Orhon (1991) tarafından, Marmara Denizi üst tabakadaki tuzluluk ölçümlerinde, Çanakkale Boğazı'nın doğu kesimi ile Marmara Denizi boyunca üniform değerler gözlenirken, Ege Denizi-Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi-İstanbul Boğazı giriş bölgelerinde tuzluluğun dikkate değer bir şekilde düştüğü bildirilmektedir. Boğaz-Karadeniz birleşim bölgesinde, tuzluluğun alt tabaka ile düşey karışımlar nedeniyle %20–22 ye yükseldiği, Marmara Denizi ile Çanakkale Boğazının doğu kesimi boyunca ise %22–26 değerine ulaştığı belirtilmektedir. Alt tabakada ise ortalama tuzluluk değerinin Marmara Denizi'nin büyük bir kısmında tüm aylarda üniform bir özellikte %38,5 olarak ölçüldüğü bildirilmektedir. Ege Denizi-Çanakkale Boğazı girişinde ortalama tuzluluk %38,8–39 olarak ölçülürken, Çanakkale Boğazı ve Çanakkale Boğazı-Marmara Denizi birleşim bölgesinde tuzluluğun düştüğü gözlenmiştir. Aynı şekilde Marmara Denizi-İstanbul Boğazı birleşim bölgesinde ani bir tuzluluk düşüşü olduğu ve düşüşün İstanbul Boğazı boyunca devam ederek Karadeniz çıkış bölgesinde yaklaşık %36,5 değerini aldığı bildirilmektedir (Orhon, 1991).

Orhon (1991) tarafından belirtildiğine göre, ölçümler, üst tabakada en yüksek sıcaklığın Ağustos ayında 24°C ve en düşük sıcaklığın Şubat-Mart aylarında 8°C olduğunu göstermektedir. Karadeniz ve Marmara Denizi'nin üst tabaka sıcaklıklarının hemen hemen eşit olduğu Kasım ayı haricinde, İstanbul Boğazı'nda su sıcaklığının hızla düştüğü bildirilmektedir. Alt tabaka sularında ise, Marmara Denizi su sıcaklığının üniform bir özellikte, 14°C olarak gözlemlendiği ve Ege Denizi'nden Çanakkale Boğazına giren alt tabaka sularında Mart ayında 13°C olarak en soğuk ve Ağustos ayında 16,5° olarak en sıcak değerlerin ölçüldüğü belirtilmektedir. Kasım ve Ağustos aylarında 16–16,5 °C olan su sıcaklığı ile Çanakkale Boğazı'ndan geçen Ege Denizi alt tabaka sularının sıcaklığının Marmara Denizi'ne girdikten sonra 14,5°C ye düştüğü, aynı şekilde Mart ayında ortalama 8°C olan alt tabaka su sıcaklığının bu bölgedeki düşey ve yatay karışım olayları sebebiyle yükseldiği bildirilmektedir (Orhon, 1991).

Beşiktepe vd. (2000) tarafından bildirildiğine göre, Çanakkale Boğazı'ndan giren Akdeniz tuzlu suları, Marmara alt suları ile arasındaki yoğunluk farkına ve Marmara alt sularının tabakalaşmasına bağımlı olarak topoğrafya boyunca dengeye ulaştıkları derinliğe kadar batmaktadırlar. Denge derinliğini, tabakalaşma kadar bir yoğunluk akıntısı şeklindeki taban püskülünün türbülanslı girişim hızı ile çevreden aldığı sıcaklık ve tuzluluk da belirlemektedir.

Yoğunluk farkının fazla olduğu durumlarda giren sular tabana kadar bataabilmekte, aksi halde ise orta derinliklerde dengeye ulaşmaktadırlar. Bu durumun sonucu olarak Marmara Denizi alt sularında biri 200-300m derinliklerde, diğeri ise tabana yakın ve batıdan doğuya doğru dil şeklinde uzanan iki derinlikte tuzluluk anomalileri görülmektedir (Beşiktepe vd., 2000).

Marmara Denizi'ndeki sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinde en büyük etkenlerden bir tanesi Çanakkale Boğazı'ndan giren suyun mevsimsel değişimler göstermesidir. Aşağıda mevsimlere bağlı olarak meydana gelen değişimlere kısaca değinilmektedir.

Kış Mevsiminin Etkileri: Kış aylarında Çanakkale Boğazı yoluyla gelen Ege suları yıllık maksimuma ulaşmakta ve Marmara Denizi sularından ağır olmaktadır. Bu nedenle kış aylarında giren sular havzanın batı tarafında hemen tabana çökmektedir. Kış aylarında çöken bu sular havzanın en doğusunda bulunan çukuru doldurmaktadır. Tuzluluk maksimumu batıdan doğuya doğru azalan büyüklüğüyle 50-200 metrelerde yer almaktadır. Orta derinliklerde kama biçiminde az tuzlu sular yer alır. Kuvvetli rüzgarların etkisi ile üst tabaka sularının tuzluluğu kış aylarında, özellikle Çanakkale Boğazı'na doğru %26 ya kadar yükselmektedir. İstanbul Boğazı önlerinde ise Karadeniz'in etkisi nedeni ile tuzluluk düşüktür (Beşiktepe vd., 2000).

İlkbahar Mevsiminin Etkileri: Kış aylarında havzanın doğusunda tabana çöken sular daha sonraki aylarda doğuya doğru hareket etmektedir. Bunun neticesi olarak Marmara Denizi'nin batısında yer alan çukur yeni gelen sularla dolduğu gibi ortadaki çukurda dolmuş ve hatta doğuda yer alan çukura da taşmıştır. Baharda havzaya giren Ege suları hala ağır olmasına rağmen tabana çökecek kadar ağır değildir ve bu nedenle 700-800 metrelere kadar çökebilmektedir (Beşiktepe vd., 2000).

Yaz Mevsiminin Etkileri: Yaz aylarında havzaya giren sıcak ve tuzlu Ege suları havza içinde ancak belirli derinliklere çökebilmektedir. Çanakkale Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne giren Ege Denizi kaynaklı sular 150 m ile 500 m arasında yüksek tuzluluk hücreleri olarak gözlenmektedir. Marmara Denizi'ne giren sular ikiye ayrılıp bir kısmı Marmara Adası'nın güneyinden bir kısmı da diğer mevsimlerde olduğu gibi Marmara adasının kuzey batısından havzaya karışmaktadır. Çevresindeki sularla karışım nedeniyle yoğunluğu değişen bu sular farklı farklı derinliklere çökmektedir. Yazın yüzey tuzluluğu kış ve bahar aylarına nazaran daha düşüktür ve %20-22 arasında değişmektedir. Ancak Marmara Adası'nın güneyindeki sığlık bölge ile körfezlerde %24'e kadar yükselmektedir (Beşiktepe vd., 2000).

Sonbahar Mevsiminin Etkileri: Sonbahar aylarında Ege Denizi'nden gelen suların yoğunluğu havzanın alt tabaka sularının yoğunluğundan daha az olmaktadır. Bu nedenle bu mevsimde gelen sular havza için derinlere çökemeyerek halokilinin hemen altından havzaya girmekte ve burada tuzluluk maksimumunu oluşturmaktadır. Bu seviyeden giren sular havzanın ortalarına kadar ilerlemiş ve geniş bir alanı kaplamıştır. Kış aylarında tabana çöken sular sonbaharda Marmara Denizi'nin ortasındaki çukuru doldurmaktadır. Çanakkale'den gelen sularla doğrudan yenilenmeyen orta derinlikteki sular az tuzlu olarak yer almaktadır (Beşiktepe vd., 2000).

3.1.5 Marmara Denizi Ekolojik Özellikleri

Marmara Denizi'nin sahip olduğu ekolojik özelliklerin belirlenmesinde geçmiş yıllarda yapılmış olan literatür çalışmalarından yararlanılmıştır. Önceki yıllara ait çalışmalar taranmış ve deniz suyuna ait ekolojik özellikler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.1.5.1 Çözünmüş Oksijen

Yılmaz (2002) tarafından bildirildiğine göre, Marmara Denizi yüzey sularında çözünmüş oksijen konsantrasyonları 7,2–11,2 mg/lt aralığında değişim gösterirken alt tabaka sularında 0,9–2,5 mg/lt aralığında değişim göstermektedir. Batı basenindeki derin sular doğu basenine göre daha fazla çözünmüş oksijen içermektedir. Çanakkale Boğazı'ndan giren Ege suları sahip olduğu çözünmüş oksijenin %70'ini batı baseninde bırakmaktadır. Marmara Denizi'ndeki mevcut haloklin tabakası nedeniyle alt tabakada sürekli düşük oksijen değerine sahip bir su kütlesi var olmaktadır. Marmara Denizi'nde meydana gelen kirlenme neticesinde, alt tabaka sularının çözünmüş oksijen konsantrasyonları fazla bir değişim göstermezken, yüzey suları kirliliğin etkisinden daha çok etkilenmiştir. Partiküler organik madde üretiminde artış meydana gelmiş ve ışık alan yüzey tabakasının kalınlığı azalmıştır. Haloklin tabakasının hemen altındaki suların çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında hızlı çöküşler meydana gelmiştir. Sudaki çözünmüş oksijen profili incelendiğinde, ara tabakada meydana gelen tuzluluk artışına paralel olarak çözünmüş oksijen konsantrasyonunda hızlı bir azalma olduğu görülmüştür. Deniz tabanına doğru yaklaşıldığında, çözünmüş oksijen değerinde az da olsa bir artış olduğu tespit edilmiştir. Derinliğin 500 m. ve daha fazla olduğu bölgelerde meydana gelen bu çözünmüş oksijen artışının sebebi, bu bölgedeki su kütlesinin daha genç olması ve bu derinliğe ulaşan partiküler organik madde miktarının daha az olmasıdır (Yılmaz, 2002). Aşağıda verilen Çizelge 3.1'de Marmara Denizi'nde çeşitli derinliklerde ölçülen geçmiş yıllara ait çözünmüş oksijen konsantrasyonları görülmektedir.

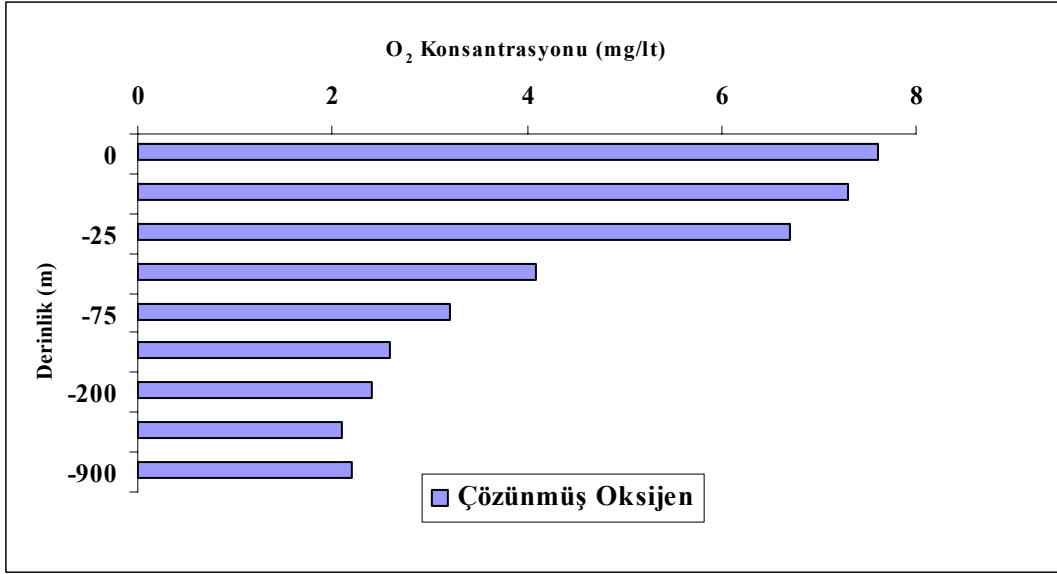
Çizelge 3.1 Marmara Denizi'nde çeşitli derinliklerde geçmiş yıllara ait çözünmüş oksijen konsantrasyonları (mg/lt) (Artüz, 2004)

TARİH	0m	10m	25m	50m
1965	8,10	6,98	6,72	5,07
1971	8,24	8,27	7,79	5,89
1972	9,63	8,46	6,40	5,45
1973	8,25	7,95	6,18	4,32
1974	8,34	9,05	5,10	2,70
1977	8,94	8,17	6,29	2,81
1983	8,05	7,42	4,95	2,40
1984	8,30	7,95	4,54	2,80
1988	8,23	6,84	4,24	1,95
1992	7,94	7,22	2,95	1,10
1995	8,00	6,55	2,43	0,95
1998	8,10	6,12	2,22	0,90
2000	8,18	5,75	2,08	0,94
2001	8,32	5,22	2,16	0,98

Çizelge 3.1'den anlaşılabacağı gibi, Marmara Denizi yüzeydeki ilk 10 metrelik üst akım tabakasının çözünmüş oksijen değerinde yıllara bağlı olarak fazla bir değişim gözlenmemektedir. Ancak haloklin tabakasının altındaki ilk 25 metrelik alt tabaka suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yıllara bağlı olarak oldukça düşüş gösterdiği görülmektedir. Önceki yıllara ait çalışmalardan alınan Marmara Denizi'ndeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun derinliğe göre değişimi Çizelge 3.2 ve Şekil 3.5'de verilmektedir.

Çizelge 3.2 Marmara Denizi'nde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun derinliğe göre değişimi (Artüz, 2004)

DERİNLİK (m)	ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN (mg/l)
0	7,6
10	7,3
25	6,7
50	4,1
75	3,2
100	2,6
200	2,4
750	2,1
900	2,2



Şekil 3.5 Marmara Denizi'nde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun derinliğe göre değişimi

Marmara Denizi'ndeki keskin yoğunluk tabakalaşmasının (haloklin) yüzeyden alt tabakaya oksijen girdisini engellediği bir ortamda, biyogenik kaynaklı partikül maddenin yüzeyden alt tabakaya çökerek yarattığı oksijen tüketimi ile Çanakkale Boğazından giren oksijence zengin Ege suları arasında bir denge bulunmaktadır. Çanakkale'den sürekli su girişleriyle yenilenen (ortalama yenilenme zamanı 6–7 yıl) Marmara haloklin altı sularında oksijence yetersiz (suboksik) koşullar bulunmasına rağmen Karadeniz'e benzer anoksik koşullar gelişmemiştir. Buna karşılık son yıllarda açık denizle etkileşimi sınırlı bazı kıyı ve körfez bölgelerinde ötrofikasyon ve sonucunda hipoksiya olayları görülmüştür. Karadeniz sularınca beslenen Marmara Denizi üst tabaka sularının ise yenilenme süreleri yaklaşık bir kaç ay mertebesinde (Beşiktepe vd., 2000).

3.1.5.2 Fotosentez

Denizlerde bulunan bitki ve hayvanlar deniz ortamında meydana gelen biyokimyasal süreçlerin meydana gelmesinde başlıca aktörler olmaktadır. Besin zincirinin en basit elemanları olan fitoplanktonlar deniz ortamındaki CO_2 , su ve diğer nütrientleri organik maddeye dönüştürmektedir. Fotosentez adı verilen bu süreçte fitoplanktonlar tarafından kullanılan karbon (CO_2), azot (genellikle nitrat azotu) ve fosforun (genellikle hidrojen fosfat iyonu) sentezlenmesi ile birincil üretim meydana getirilmektedir. Deniz ortamındaki ototrof üreticileri oluşturan fitoplanktonların yanında tüketiciler de bulunmaktadır. Tüketiciler heterotrof olup diğer organizmalar ve partikül halindeki organik maddelerle beslenmektedir.

Tüketiciler grubuna ise zooplanktonlar, zoobentoslar ve nektonlar (yüzen organizmalar ve balıklar) girmektedir. Üreticilerden ve tüketicilerden başka ölmüş canlılardan kaynaklanan organik maddeyi ayrıştıran bakteri ve mantarlar da ayrıştırıcıları meydana getirmektedir. Marmara Denizi'nde meydana gelen biyokimyasal süreçler, geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda aşağıda verildiği şekilde belirtilmektedir.

Yılmaz (2002) tarafından bildirildiğine göre, Marmara Denizi ve Boğazlar'ın sahip olduğu iki tabakalı sistemde ışıklı tabakanın haloklin tabakası ile çakışması nedeniyle fotosenteze bağlı üretim üst tabakayla sınırlanmıştır. Güneş ışınları ancak haloklin tabakasına kadar ulaşabildiklerinden, fotosentez ve buna bağlı partiküler organik madde üretimi üst tabaka sularında meydana gelmektedir. Alt tabaka suyunda mevcut partiküler organik maddenin kaynağı ise üst tabaka suyundan alt tabakaya doğru gerçekleşen çökeltme etkisiyle olmaktadır. Yüzeyden çöken partiküler organik madde ve bunlarla beslenen bakteriler alt tabaka suyundaki biyojeokimyasal döngüyü meydana getirmektedir. Ege Denizi'nin daha tuzlu sularıyla beslenen alt tabaka sularının kısmen daha homojen bir yapıya sahip olmasından dolayı bu bölgelerde gözlenen bölgesel ve mevsimsel biyokimyasal değişimler üst tabaka sularına göre daha sınırlı olmaktadır (Yılmaz, 2002).

Marmara Denizi'ndeki partiküler organik madde konsantrasyonlarına bakıldığında, yüzey sularında özellikle ilkbahar aylarında fotosentezin etkisiyle en yüksek değerlerine ulaşmakla beraber genelde yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir. Haloklin tabakası içerisinde azalan partiküler organik madde konsantrasyonları, alt tabaka sularında en düşük değerlerine ulaşmaktadır. Partiküler madde konsantrasyonları alt tabaka sularında bölgesel ve mevsimsel şartlara bağlı olarak önemli bir değişikliğe uğramadan belirli bir seviyede kalmaktadır. Marmara Denizi yüzey sularında N/P oranının 7–12 gibi düşük bir aralıkta olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca bu oran Marmara Denizi alt sularındaki inorganik azot ve fosfor oranı ($\text{NO}_3/\text{PO}_4 = 9,3$) ile benzerlik göstermektedir. Bu yapı Marmara Denizi'nde birincil üretimin nitrat tarafından sınırlandırıldığını ve alt sulara çöken partiküler organik madde içeriğindeki azot eksikliğini göstermektedir (Yılmaz, 2002).

3.1.5.3 Nütrientler

Sudaki canlı hayatının devamında gereksinim duyulan nütrientlerin başında azot ve fosfor gelmektedir. Deniz suyundaki nitrat ve fosfat konsantrasyonları akıntıların yanı sıra pek çok diğer faktör tarafından belirlenmektedir. Bu faktörlerin başında suyun dikey karışımı gelmektedir. Bunun nedeni ise deniz dibinin bu maddeler açısından yüzeye oranla daha

zengin oluşudur. Güneş ışınlarının nüfuz edebildiği fotosentetik bölgede nitrat ve fosfat konsantrasyonları en düşük değerleri almaktadır.

Yılmaz (2002) tarafından Marmara Denizi'nin ışıklı üst tabakasına giren besin tuzlarının kaynağının Karadeniz, karasal kaynaklar ve alt tabakadan giren akımlar olduğu belirtilmektedir. Bu besin tuzlarının büyük bir kısmı fotosentezle kullanıldıklarından dolayı Marmara yüzey sularında ölçülen nitrat ve fosfat konsantrasyonlarının genellikle düşük çıktığı bildirilmektedir. 1990–1998 yılları arasında Marmara üst tabakasında nitrat ve fosfat ortalama değerlerinin sırasıyla 0,00124 – 0,264 mg/l ve 0,0019 – 0,0237 mg/l arasında değiştiği bildirilmektedir. Ancak Kasım-Nisan ayları arasında Karadeniz'den gelen üst tabaka suyundaki besin tuzu konsantrasyonlarının aşırı derecede artış göstermesi, alt tabaka sularının yüzeye olan dikey karışımının kışın daha fazla artması ve kışın güneş ışığının daha yetersiz kalması gibi nedenlerden dolayı Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı'na yakın bölgelerinde mevcut besin tuzu konsantrasyonlarının kışın artış gösterdiği belirtilmektedir (Yılmaz, 2002).

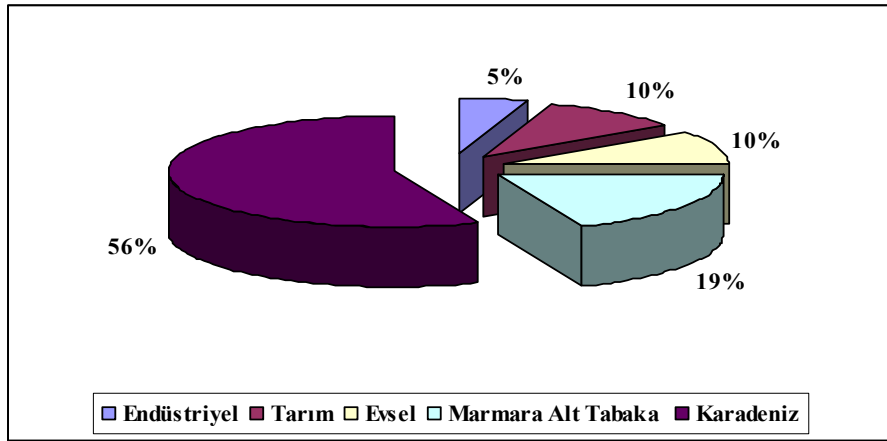
Marmara Denizi'nde ölçülen nitrat ve fosfat değerleri alt tabakadaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun minimum olduğu derinliklerde en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Deniz tabanına doğru özellikle 500 m derinlikten sonra çözünmüş oksijenin bir miktar artması gibi nitrat ve fosfat değerlerinde de bir miktar azalma olduğu gözlenmektedir. Alt tabaka mevsimsel ortalama değerlerinin fosfat için 0,066–0,104 mg/l, nitrat için 0,48–0,66 mg/l olduğu bildirilmektedir. Derinlik profilleri, bölgesel ve mevsimsel ölçekte incelendiğinde, en düşük alt su besin tuzları değerlerinin Çanakkale girişine yakın bölgede, en yüksek değerlerin de İstanbul Boğazı'na yakın alanlarda ve haloklinin hemen altındaki oksijen minimum tabakasında olduğu belirtilmektedir.

Ertürk vd. (2001) tarafından Marmara Denizi'ne çeşitli kaynaklardan giren azot ve fosfor yüklerinin tahmin edilmesine yönelik yapılmış olan çalışmada, Marmara Denizi'ne giren evsel, endüstriyel, tarımsal kaynaklı azot-fosfor yükleri ile Karadeniz'den kaynaklanan ve Marmara Denizi alt tabaka akımından karışan azot-fosfor yükleri tahmini hesapları yapılmıştır. İlgili literatür çalışmasında ele alınan azot ve fosfor yüklerinin hesaplanmasında, Marmara Havzasında meydana gelen gübre tüketiminden hareketle Marmara Denizi'ne ulaşan toplam gübre yükünün 66 kg/ha.yıl olduğu ve bu yükün %40'ının fosforlu gübre, %60'ının azotlu gübre olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca literatür çalışmalarından hareketle azotlu gübrelerin azot içeriği %33, fosforlu gübrelerin fosfor içeriği %14 olarak alınmaktadır. Endüstriyel kaynaklı azot ve fosfor yükleri İzmit körfezinde endüstriyel deşarjlar sonucunda oluşan yükler esas alınarak belirlenmektedir. İstanbul'dan Marmara Denizi'ne yapılan

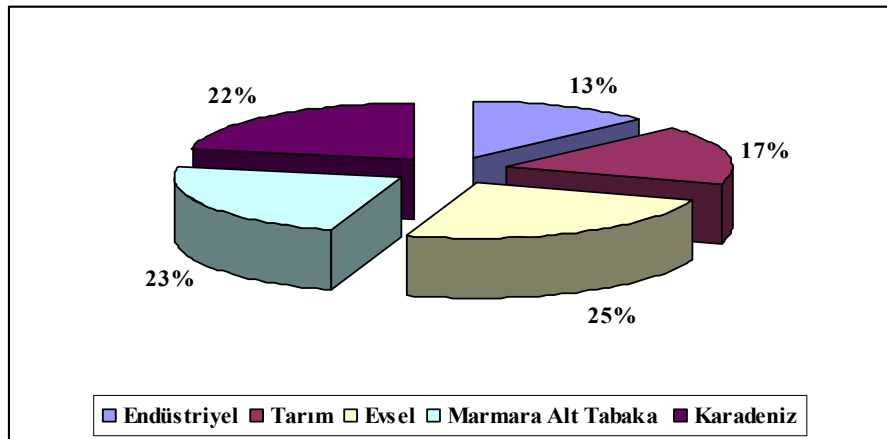
endüstriyel kaynaklı azot ve fosfor yükleri İzmit Körfezi'ne yapılan deşarjlara eşit, Marmara Havzasındaki diğer endüstriyel deşarjlardan kaynaklanan azot ve fosfor yükleri ise İzmit körfezi'nin %20'si olarak alınmaktadır. Evsel kaynaklı atıksulardaki birim azot ve fosfor yükleri sırasıyla 8 ile 3 gr/kişi.gün olarak alınmaktadır. Aşağıda verilen Çizelge 3.3 ile Şekil 3.6 ve 3.7'de Marmara Denizi ve İstanbul kıyı şeridi üst tabaka akımlarına giren azot ve fosfor yüklerinin kaynaklarına göre dağılımları verilmektedir.

Çizelge 3.3 Marmara Denizi üst tabakasına giren besi maddesi yükleri tahmini miktarları (Ertürk vd., 2001)

1997	Evsel	Endüstriyel	Tarımsal	Karadeniz	Marmara Alt Tabaka	Toplam
N (ton/yıl)	29320	15500	30000	172000	57000	303820
P (ton/yıl)	10620	5500	7500	9800	10200	43620



Şekil 3.6 Marmara Denizi üst tabakasına giren azot yüklerinin tahmini dağılımı



Şekil 3.7 Marmara Denizi üst tabakasına giren fosfor yüklerinin tahmini dağılımı

3.1.5.4 Klorofil-a

Yılmaz (2002) tarafından bildirildiğine göre, Marmara Denizi'ndeki ince ışıklı tabaka genelde haloklin tabakası ile çakıştığından dolayı en yüksek klorofil-a konsantrasyonları ilk 15 m'de ölçülmektedir. Işıklı tabakanın altında yapılan ölçümlerde ise klorofil-a konsantrasyonlarının hızla düştüğü görülmektedir. Maksimum klorofil-a ölçümleri ilkbahar dönemlerinde ölçülmektedir. Fitoplankton patlama dönemlerinde klorofil-a maksimumu yüzeye daha yakın derinliklerde (>%10 ışık derinliği) yer almaktadır. Bunun nedeni ilk üretimi gerçekleştiren fitoplanktonların ışığın az olduğu bu aylarda yüzeyde yoğunlaşarak daha fazla ışıktan yararlanma eğilimidir. Ayrıca bu aylarda yaz aylarına göre su kolonu daha dinamik bir yapıya sahiptir ve kuvvetli karışım nedeniyle besin tuzlarınca zengin dip sulardan besin tuzu taşınımı daha etkindir. Yaz ve sonbahar aylarında ise fotosentetik aktif organizmalar ışıklı tabakanın ortalarında yada tabana yakın bölgelerde yoğunlaşmakta ve böylece klorofil-a maksimum değerleri yüzey altı tabakalarda görülmektedir. Marmara Denizi tamamında elde edilen klorofil-a sonuçlarına göre, fitoplankton yoğunluğunun ve buna bağlı fotosentetik üretimin tüm yıl boyunca belirli bir seviyenin üzerinde olduğu ve bu konsantrasyonların kış karışımını takip eden ilkbahar aylarında maksimum seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Karadeniz'in etkisi altında bulunan doğu baseninde fitoplankton biyokütlesini temsil eden klorofil-a konsantrasyonları, batı baseninde elde edilen konsantrasyonlara göre daha yüksek bir değerdedir. Doğu basenindeki Karadeniz'in etkisine ilave olarak karasal kaynaklardan gelen evsel ve endüstriyel atıksular ve bu bölgedeki dikey karışımlar nedeniyle dip sulardan yüzeysel sulara besin tuzlarının taşınması daha yüksek seviyede olmaktadır (Yılmaz, 2002).

3.1.5.5 Silikat

Silisyum, diğer besleyici elementler gibi canlıların esas yapısına girmemekte ancak pek çok denizel formun iskeletini oluşturmaktadır. Çözünmüş silikat özellikle fitoplanktonun önemli bir grubunu oluşturan diatomların, silisli alglerin ve silisli süngerlerin yapısal bir bileşimidir. Diatomların üremesi için denizlerde silisyum konsantrasyonunun 30-40 µg/l oranında veya daha fazla olması gerekmektedir. Silisyum, diğer besin elementlerinde olduğu gibi mevsimlere, derinliğe ve bölgelere bağlı olarak değişimler gösterir. Mevsimsel değişimler özellikle yüzey sularında dikkati çeker. Tek hücreli diatom çoğalmasının fazla olduğu ilkbahar aylarında silisyum konsantrasyonu çok düşük olmasına karşın kış aylarında bu konsantrasyonda bir yükselme görülür.

Marmara Denizi derin çukurları boyunca yapılan silikat ölçümlerinde, Akdeniz kaynaklı

suların etkisinin en belirgin olduğu bölgenin batıdaki derin çukur bölgesi olduğu görölmektedir. Batı çukurunun 500 m derinlikteki silikat değeri ortalama 1,06 mg/l iken bu değeri doğuya doğru artmakta ve orta basende 1,24 mg/l' ye, doğu baseninde ise 1,34 mg/l mertebesine ulaşmaktadır (Akkaya, 2004).

3.1.5.6 Toplam Organik Karbon

Marmara Denizi üst tabaka sularının ortalama toplam organik karbon miktarı, tüm dönemlerde 1,87–2,27 mgC/l aralığında değişmektedir. Derinliği 30-50 m arasında kalan su kütlelerinin mevsimsel ortalamalarına bakıldığında TOK konsantrasyonunun 0,66-0,84 mgC/l olduğu; 300 m'den daha derin sularda ise bu konsantrasyonların 0,47-0,6 mgC/l arasında değiştiğı görölmektedir (Akkaya, 2004).

3.1.5.7 Fekal Koliform

Akkaya (2004) tarafından bildirildiğine göre, Marmara Denizi'nin yüzey suyu fekal koliform bakterisi açısından alt tabaka suyuna nazaran daha kirli durumdadır. Yüzey suyundaki fekal koliform bakterisi konsantrasyonu 500-4000 FC/l arasında seyrederken, dip suyunda aynı parametrenin değerinin 0-60 FC/l arasında değiştiğı gözlenmiştir (Akkaya, 2004).

3.1.5.8 PAH

Akkaya (2004) tarafından bildirildiğine göre, 1987 Ağustos döneminde tüm Marmara ortalaması 1,15 µg/l olan PAH miktarı, İstanbul Boğazı'nın Karadeniz ağzında 0,65 µg/l, Boğaz boyunca ise 0,59 µg/l olarak bulunmuştur. Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı'nın Marmara ağzı ile Büyükçekmece Yalova arasında kalan üçgen bölgede ise 1,47 µg/l 'ye yükselmektedir.

3.1.5.9 Petrol Kirliliğı

Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı, Karadeniz'e kıyısı bulunan ölkelerin deniz taşımacılığındaki tek geçiş kapısı olduğundan özellikle İstanbul Boğazı üzerindeki gemi trafiğı yükü oldukça fazla olmaktadır. Gemi trafiğı beraberinde petrol kirliliğı riskini de getirmektedir.

3.1.5.10 Deterjan Kirliliğı

Deterjanlar, evsel ve endüstriyel atıkların deniz ortamına doğrudan verilmesi yada akarsular yoluyla taşınması sonucunda deniz suyunda birikerek kirlenmeye yol açmaktadırlar.

3.2 İstanbul Boğazı

01.05.1982 tarihinde yürürlüğe giren İstanbul Liman Tüzüğü'ne göre, İstanbul Boğazı'nın sınırları Kuzeyde Anadolu Feneri ve Türkeli Fenerlerini birleştiren hat ile, Güneyde Ahırkapı Fenerini Kadıköy İnceburun Mendirek Fenerine birleştiren deniz sahası olarak kabul edilir. Karadeniz ülkelerinin Akdeniz'e çıkış kapısı olması ve Asya ile Avrupa kıtaları arasında bir köprü vazifesi görmesi nedeni ile İstanbul Boğazı çok eski çağlardan kalan stratejik bir öneme sahiptir. İstanbul Boğazı'nın uzunluğu 31,7 km (17 deniz mili), eni Karadeniz girişinde 4,7 km, Marmara girişinde 2,5 km kadar olup en dar yeri ise (Kandilli-Rumelihisarı-Bebek) 700 m genişliğindedir.

Dünyada deniz trafiği en yoğun olan bölgelerden biri olmakla beraber İstanbul Boğazı, Kandilli önlerinde 45 derece ve Yeniköy'de ise 80 dereceye varan 12 keskin ile ve yer yer hızı saatte 7–8 km'ye varan karmaşık akıntıları ile jeomorfoloji ve hidrografi açılarından, üzerinde önemle durulması gereken bir bölgedir. Yani oldukça dar ve kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Sualtı topoğrafyası incelendiğinde ise bir çok çukur ve banklarla (sığlıklar) dolu olduğu görülür. Kuzey-Güney istikametinde boğazı boydan boya kat eden 50 m izobatı (eş derinlik eğrisi) bir oluk oluşturmaktadır. Boğazın darlaştığı kesimlerde ani derinleşmeler ve çukurlaşmalar görülmektedir (Çevre ve Orman Müdürlüğü).

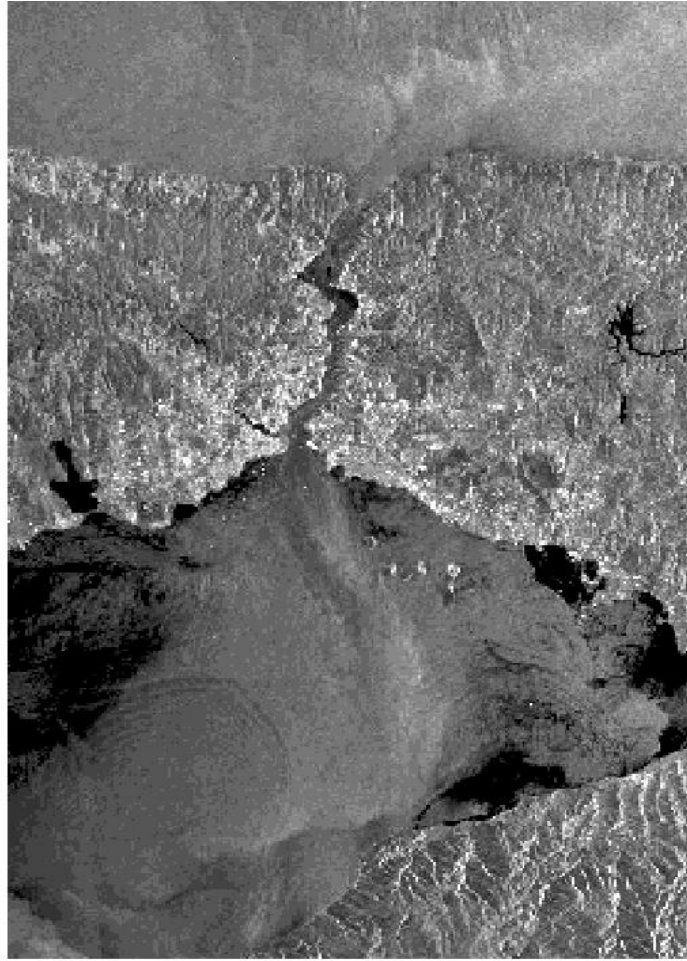
İstanbul boğazı üzerinde 1973 yılında açılan 1073 m. boyundaki Boğaziçi Köprüsü ve 1986'da açılan 1090 m. boyundaki Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Anadolu yakasını ve Avrupa yakasını birbirine bağlamaktadır. İstanbul Boğazı'nı alttan geçerek yaklaşık 76 km'lik bir uzunluğa sahip olacak olan Marmaray projesinin ise inşaatı devam etmekte olup projenin 2009 yılında tamamlanarak 2010 yılında deneme işletmelerinin yapılması planlanmaktadır. Proje, Avrupa yakasında bulunan Halkalı ile Asya yakasında bulunan Gebze ilçelerini kesintisiz, modern ve yüksek kapasiteli bir banliyö demiryolu sistemiyle bağlamak amacıyla İstanbul'daki banliyö demiryolu sisteminin iyileştirilmesi ve Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi inşasına dayanmaktadır. İstanbul Boğazının her iki yakasındaki demiryolu hatları, İstanbul Boğazı'nın altından geçecek olan bir demiryolu tünel bağlantısı ile birbirine bağlanacaktır. Hat, Kazlıçeşme'de yeraltına girecek; yeni yeraltı istasyonları olan Yenikapı ve Sirkeci boyunca ilerleyecek, İstanbul Boğazının altından geçecek ve diğer bir yeni yeraltı istasyonu olan Üsküdar'a bağlanacak ve Söğütluçeşme'de tekrar yüzeye çıkacaktır.



Şekil 3.8 İstanbul Boğazı uydu fotoğrafı (İMP verilerinden derlenerek tez kapsamında hazırlanmıştır.)

3.2.1 Akıntı Özellikleri

İstanbul Boğazı'nda akıntı, diğer boğazlarda da olduğu gibi yağış-buharlaşma ve akarsu girdilerinin etkilerinde ve mevcut hidrolojik koşullar altında gelişmektedir. Boğazın fiziki yapısı (dar ve kıvrımlı olması) akıntılarının önemini artırmaktadır. İstanbul Boğazı'nda akıntı şiddeti, Karadeniz'e yağış ve akarsular vasıtası ile giren akımlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Akıntının üzerine etki eden başlıca faktörler olarak; coğrafi yapı, Marmara ve Karadeniz arasındaki seviye farkı, her iki denizin tuzluluk oranlarının farklılığı, buharlaşma ve rüzgar gibi etkenler sayılabilir. İstanbul Boğazı akımları ve çevre denizlerdeki girişimleri Şekil 3.9'daki uydu resminde açıkça görülmektedir. Şekil incelendiğinde, Karadeniz'den kaynaklanan ve İstanbul Boğazı boyunca güneye akan yüzey akıntısı, Marmara Denizi'ne girdiği bölgede belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir.



Şekil 3.9 İstanbul Boğazı'ndaki akımlar ve çevre denizlerle etkileşim (Özsoy vd., 2000)

Boğaz'daki akıntı iki tabakalı bir sistemden oluşmaktadır (1) Karadeniz'den Marmara'ya doğru güney yönündeki üst akıntı ve (2) Marmara'dan Karadeniz'e doğru kuzey yönündeki alt akıntı. Bu tabakalı yapıdaki akıntı büyük oranda iki ana mekanizma tarafından kontrol edilmektedir. Bunlar yoğunluk ve su seviyesi farkıdır. Karadeniz Marmara Denizi'nden daha yüksektedir ve bu da üst akıntıyı yaratmaktadır. Karadeniz'e dökülen akarsuların taşıdığı tatlı su, barometrik basınç, buharlaşma ve yağış su seviyesindeki değişimleri etkilemekte olup, bu değişimler Boğaz'da akıntı şeklinde su transferine neden olmaktadırlar. Alt akıntı Marmara Denizi ile Karadeniz arasındaki tuzluluk farkından dolayı meydana gelmektedir. Türbülanslı arakesit düzlemi iki tabaka akımını birbirinden ayırmaktadır. Arakesit düzleminin kalınlığı Marmara Denizi girişinde 10 m, Karadeniz girişinde ise 2 m civarında olmaktadır (Yüksel vd., 2006).

İstanbul Boğazı'ndan geçen akımlar, yerel çevreyi olduğu gibi Karadeniz'in anoksik dip sularının havalandırılması yoluyla, bu suların uzun dönemdeki karışımını ve fiziksel ve kimyasal yapısını da doğrudan etkilemektedir. Uzun dönemli gözlemler; keskin bir yoğunluk tabakalaşması, boyuna doğrultuda hızlı değişimler, doğrusal olmayan hidrolik kontrol gibi etkenler ve her iki yöndeki akımların zaman zaman bloke olması gibi önemli fiziksel özellikleri bulunan İstanbul Boğazı'nın günlük, mevsimsel ve senelik zaman ölçeklerinde hidrodinamik olarak Karadeniz-Akdeniz arası su seviyesi farkları, Karadeniz ve Marmara'daki rüzgar gerilimi dağılımı, barometrik basınç farkları ve bu denizlerdeki su bütçesi gibi faktörlerden etkilendiklerini göstermektedir (Özsoy vd., 2000).

İstanbul Boğazı'ndaki alt tabaka akımı ve yüzey akımı; çevre denizlerle etkileşim, rüzgar ve basınç gibi değişkenlerden dolayı zaman zaman bloke olmakta ve bu durum bir kaç gün sürebilmektedir. Alt tabakanın bloke olduğu durumlar, genellikle Karadeniz'e tatlı su girdisinin arttığı ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleşmektedir. Karadeniz'den Marmara'ya doğru olan yüzey akıntısı ise şiddetli lodos rüzgarları altında Marmara'dan Karadeniz'e dönebilmektedir. Orkoz adı verilen bu üst tabakanın bloke olması durumu daha çok sonbahar ve kış aylarında oluşmaktadır. Boğazdaki iki yönlü akıntının mevsimsel şartlardan ve bağlı olduğu denizlerdeki su bütçesi değişimlerinden etkilenecek bloke olduğu durumlarda, her iki tabaka akımının da çevresel olarak Boğaz'daki denize bağlı yaşam üzerinde önemli etkileri olmaktadır.

İstanbul Boğazı'ndaki alt ve üst akıntının mevsimsel olarak zaman zaman yavaşlaması, durması ve ters yöne dönmesi, iki farklı konuda oldukça önem arz eden bir unsur olmaktadır. Bunlardan birincisi İstanbul İli atıksularının deniz deşarjları ile uzaklaştırılması hususudur.

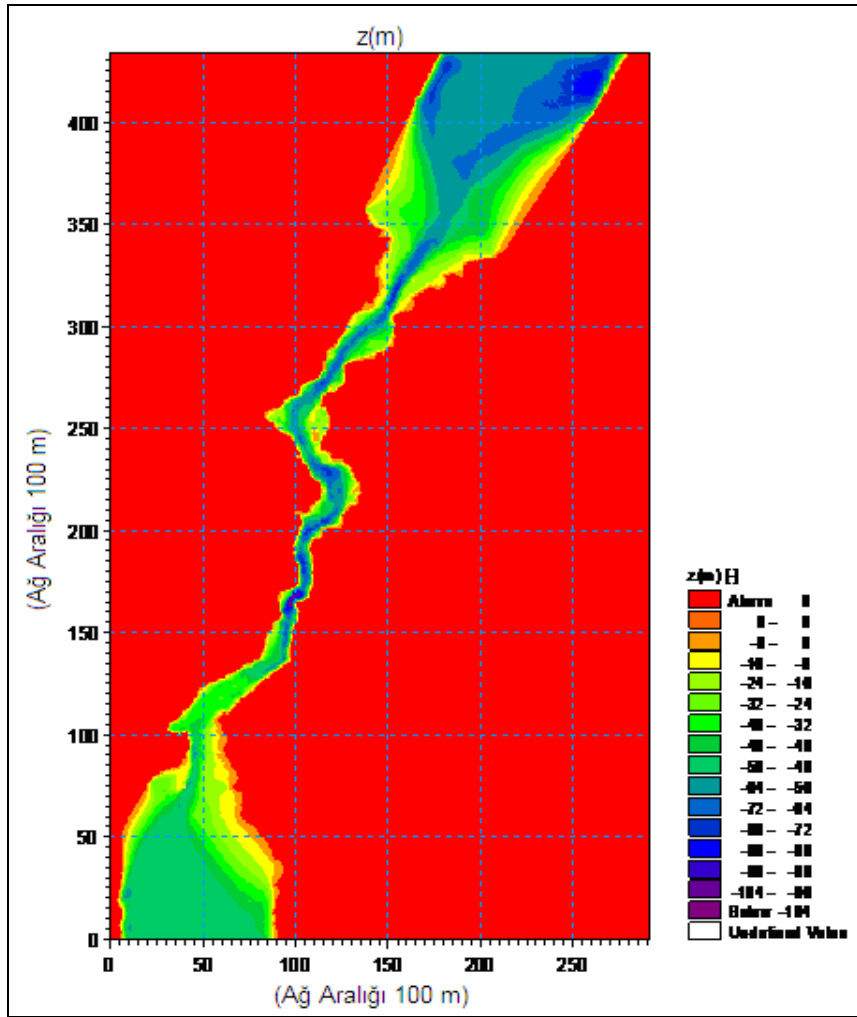
İstanbul İli atıksularının uzaklaştırılma sistemi, atıksuların mevcut atıksu ön arıtma, biyolojik arıtma ve ileri biyolojik arıtma tesislerinde arıtma işleminden geçirildikten sonra Marmara Denizi'nin alt akımına verilerek Karadeniz'e taşınması temeline dayanmaktadır. Boğazdaki alt ve üst tabaka akımındaki değişimler nedeniyle; İstanbul Boğazı'nın alt tabaka sularına verilen İstanbul Şehri atıksularının üst tabaka sularına ne ölçüde karıştığı, yüzey sularına ulaşp ulaşmadığı, üst tabaka akımlarıyla hangi oranda Marmara Denizi'ne döndüğü, gibi sorular zaman zaman tartışılan konular olmuştur. İkinci konu ise, Boğaz'ın üst tabaka akımındaki değişkenlik nedeniyle Boğaz'dan geçen gemi ve tankerlerin seyretmesinde karşılaşılan zorluklar olmaktadır. Boğazdaki akıntı, meydana gelen gemi kazalarında zaman zaman en önemli kaza nedenleri arasında kendisini göstermektedir.

3.2.2 Fiziki Özellikler

İstanbul Boğazının güneyinde oldukça dar bir kıta sahanlığı bulunmakta ve doğu Marmara derin çukurundan keskin bir eğim ile ayrılmaktadır. Yine bu bölgeden Sarayburnu önlerine kadar ilerleyen 60-70 m derinliğindeki dar bir kanal Haliç'in güneyinde son bulmakta ve Beşiktaş yakınlarında her iki tarafından 40-50 m derinlikte kanallar geçen 35 m derinliğinde bir tümsek bulunmaktadır. Üsküdar önlerinde Anadolu tarafındaki derin kanal kuzeye doğru Boğaz'ın kıvrımlarına uygun bir şekilde devam etmekte ve Arnavutköy civarındaki en dar kesitte 100 m derinliğe ulaşmaktadır (Özsoy vd., 2000).

İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'e bağlandığı Karadeniz kıta sahanlığı bölgesinde ise batimetri oldukça ince ayrıntılara sahip ve karmaşık bir karakter almaktadır. İstanbul Boğazı'nın kuzey ucunda 70-80 m derinlikte bir kanal önce kuzeydoğu yönünde uzanmakta ve kanalın içinde yer alan 60 m derinlikteki bir eşiği geçtiğinde kuzeydoğuya dönerek 75 m derinliğe ulaşmaya kadar ilerlemektedir. Bundan sonra eğimi azalan kıta sahanlığı bölgesinde derinlik farkı 2-3 m olan bir kanal şeklinde kuzeye ilerlemekte ve üç kollu bir delta yapısı ile kıta eğimine ulaşmaktadır (Özsoy vd., 2000).

Aşağıda verilen Şekil 3.10'da daha önceki yıllarda yapılmış literatür çalışmalarından alınan İstanbul Boğazı'na ait batimetri haritası görülmektedir.



Şekil 3.10 İstanbul Boğazı batimetri haritası (Yüksel vd., 2006)

3.3 Haliç

Eski İstanbul'un merkezi olan tarihi yarımada ile Beyoğlu yakasını birbirinden ayıran Haliç, İstanbul'un en güzel yerlerinden biri olup, şehrin tarihinde son derece önemli bir yere sahip olmuştur. Tarihi boyunca barındırdığı medeniyetlerin izlerini hemen her köşesinde bulmak mümkündür. Haliç, İstanbul'un tabii bir limanı olarak şehre hizmet verdiği gibi, zengin su ve tabiat yapısıyla mesire, eğlence ve kültür mekânı olarak da çok önemli bir yere sahip olmuştur. Ancak 1942 yılında o zamanın Nafia Vekâletince (Bayındırlık Bakanlığı'nca) de tasdik edilmiş olan 1: 2000 ölçekli imar planının uygulamaya konulmasıyla, Haliç çevresinde ciddi bir sanayileşme başlamış ve buna bağlı olarak 1950'li yıllardan itibaren bölgede büyük tahribatlar meydana gelmiştir. İş alanlarının açılmasıyla taşradan yoğun bir göç almış ve bunun sonucunda hızlı ve plansız bir yapılaşma ortaya çıkmıştır. Böylece, bir zamanların gözde yerleşim merkezi olan Haliç ve çevresi, yanlış sanayileşme ve çarpık yapılaşma

sonucunda adeta bir varoş haline gelmiştir. Çeşitli zamanlarda bölgenin ıslahına dönük birçok proje önerisi yapılmış, ancak bunların çoğu ya proje aşamasında kalmış veya çevresinin ıslahına yönelik çalışmalar şeklinde olmuştur. Haliç'in ciddi bir şekilde temizlenmesine dönük çalışmalara, ancak 1996 yılında hayata geçirilen Haliç Rehabilitasyon Projesi ile başlanmıştır. Projenin en önemli aşamalarından birisi olan tarama çalışmaları sonucunda 5 milyon m³'den fazla çamur bölgeden uzaklaştırılmıştır (Alkan vd., 2005).

İstanbul Haliçi, yaklaşık 7–8 km uzunluğunda olup en dar yeri yaklaşık 250 m genişliğindedir. Haliç'e Alibeyköy ve Kâğıthane dereleri dökülmektedir. Alibeyköy Deresi 1.940 ha ve Kâğıthane Deresi 1.800 ha'lık bir drenaj alanına sahiptir (Kınacı vd., 1995).

Fiziki ve oşinografik yapı bakımından Haliç, Proje Bölgesi ve Valide Sultan Köprüsü'nün Mansap Tarafı olmak üzere iki bölgeye ayrılmaktadır. Proje bölgesi su derinliğinin az, rüsubat birikiminin fazla olduğu ve İstanbul Boğazı'nda görülen tabakalaşmanın olmadığı bir bölgedir. Bu bölge yüzyıllar boyunca Alibeyköy ve Kâğıthane derelerinin getirdiği rüsubatın çökeldiği bir çöktürme havuzu olarak görev yapmış ve bunun sonucunda bölgede su derinliği yer yer 10 cm'ye kadar düşmüştür. Alibeyköy ve Kâğıthane derelerinin etrafında yerleşen endüstrilerin sıvı ve katı atıklarının uzaklaştırıldığı akıcı ortam olarak Haliç ve bağlı derelerin kullanılması, bu bölgenin su ve çamur kalitesinin aşırı ölçüde bozulmasına sebep olmuştur. Valide Sultan Köprüsü'nün Mansap Tarafı olarak adlandırılan bölgenin en belirgin karakteri ise su derinliğinin hızlı bir artışla 25 m'nin üzerine çıkmasıdır. Ayrıca bölgede iki tabakalı akım görülmektedir. Karadeniz'in düşük yoğunluklu suları üst tabakayı oluştururken Ege Denizi'nin yüksek yoğunluklu suları alt tabaka akımını oluşturmaktadır. Dolayısıyla üst tabaka suları kendi aralarında, alt tabaka suları kendi aralarında bir sirkülasyon sürdürürken bu bölge içinde de alt üst tabakalar arasında difüzyon ve dispersiyon olaylarının tesiri ile etkileşim sürmektedir. Bölgedeki su derinliğinin fazla, akıntıların etkili olması ve aynı zamanda derelerin kirletici etkilerinin bu bölgede daha az hissedilmesi sebebiyle, Haliç bölgesi çevresine yerleşen endüstrinin sıvı ve katı atıklarının verildiği alıcı ortam özelliğini yukarı Haliç'te aynı zamanlarda görmesine rağmen, kirlenme ve taban çamuru karakteri proje bölgesinden önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Kınacı vd., 1995).

Haliç'in ve çevresinin yeniden düzenlenmesi, geçmişteki tarihi ve kültürel özelliğinin geri kazandırılabilmesi için İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İSKİ tarafından dünyanın en büyük çevre koruma projelerinden "Haliç Çevre Koruma Projesi" uygulanmıştır. Haliç'i kurtarmak amacıyla gerçekleştirilen bu proje 5 aşamaya ayrılmaktadır (İSKİ, 2006):

- Etüt ve proje safhası
- Tarama safhası
- Atıksu kuşaklama kolektörleri ve tesislerinin inşası safhası
- Çevre düzenlenmesi safhası
- Turizm, kültür, sanat ve rekreaasyon vadisi olarak bölgenin tanzimi safhası

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İSKİ'nin son 10 yılda yürüttükleri ortak projeler ile 653 milyon dolar harcanarak Haliç bataklık olmaktan kurtarılmıştır. Haliç'i kirlilikten kurtarmak için İSKİ tarafından Güney Haliç ve Kuzey Haliç Projeleri gerçekleştirilmiştir. Güney Haliç Projesi, Haliç'in güneyinden kaynaklanarak dereler vasıtasıyla veya doğrudan doğruya Haliç ve Marmara denizini kirleten atıksuların toplanarak Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisine iletilmesi esasına dayanmaktadır. Kuzey Haliç Projesi ise aynı şekilde Haliç'in kuzeyinden kaynaklanarak dereler vasıtasıyla veya doğrudan doğruya Haliç ve Marmara denizini kirleten atıksuların toplanarak atıksu arıtma tesisine iletilmesi esasına dayanmaktadır. Uygulanan projelerin muhtevasında inşa edilen devasa atıksu arıtma tesisi, deniz deşarjı, kara boru hattı, tüneller, kollektörler, terfi merkezleri ve atıksu şebekeleri ile atıksu şebeke yatırımları yapılmıştır. Haliç'e ve İstanbul Boğazı'na evsel ve endüstriyel atıksu girişi önlenmiştir. Haliç'in dibindeki beş milyon m³ çamur taranarak Haliç'in etrafı rahatsız edici kötü kokudan tamamen arındırılmıştır (İSKİ, 2006).

Haliç'te numune alma istasyonları kurmak suretiyle sürekli olarak "Su Kalitesi İzleme" çalışmaları yürütülmektedir. Bu çalışmalar İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü ve İSKİ ekipleriyle müştereken gerçekleştirilmektedir. İzleme çalışmalarında Marmara, Boğaz ve Haliç'in akıntısından, suda bulunabilecek deterjan, petrol ürünü yağ, koli basili, tuzluluk gibi parametreler incelenmektedir. Haliç'te yaşayan balık türü 34'e çıkarken, koliform bakterileri açısından Haliç'in birçok bölgesinde Avrupa Birliği Mavi Bayrak değerlerinin sağlandığı tespit edilmiştir. Avrupa Birliği standartlarına göre, bir suda yüzülebilmesi için koliform bakteri sayısının 100 mililitre suda 2000'nin altında olması ölçü kabul edilmektedir. Haliç'te bu oran birçok bölgede 1000'in altına düşmüştür (İSKİ, 2006).

Aşağıda verilen Şekil 3.11'de Güney ve Kuzey Haliç Projeleri kapsama alanları görülmektedir.



Şekil 3.11 Güney ve Kuzey Haliç projeleri (İSKİ, 2006)

4. KİRLLETİCİ KAYNAKLAR

Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nda deniz kirliliğine yol açan kirletici kaynakların başında atıksu deşarjları, derelerden taşınan kirletici yükler, Karadeniz'den taşınan kirlilik yükleri ve deniz trafiği ve deniz kazaları sonucu meydana gelen kirlenme gelmektedir. Kirletici kaynakların değerlendirilmesinde atmosfer kaynaklı kirlilik yükleriyle diğer kirlilik kaynaklarına değinilmemiştir. Bunun nedeni ise Boğaz suyundaki en büyük kirlilik kaynaklarının Karadeniz'den gelen yüzey akıntısı, atıksu deşarjları, derelerle taşınan kirlilik ve deniz trafiği ile deniz kazaları olmasıdır. Aşağıda İstanbul Boğazı'nda deniz suyu kalitesinin bozulmasına neden olan başlıca kirlilik kaynakları ve bu kaynaklardan meydana gelen kirlilik yükleri ile ilgili bilgi verilmektedir.

4.1 Atıksu Deşarjlarından Kaynaklanan Kirlenme

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) tarafından yapılan 2004 yılı Belediye Kanalizasyon İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre, Türkiye'de 1911 belediyeden 1421'ine kanalizasyon şebekesi ile hizmet sağlanmaktadır. İstanbul'da ise, 72 belediye'den 31'inin kanalizasyon şebekesi ile ve 46 belediyenin de arıtma tesisi ile hizmet vermekte olduğu tespit edilmiştir. DİE verilerine göre, İstanbul'da kanalizasyon hizmeti veren belediyeler tarafından, 2004 yılı itibariyle toplanan atıksu miktarı 673 milyon m³'tür. Bu miktarın %29,1'i akarsuya, %70,7'si denize, %0,2'si göl-gölete deşarj edilmiştir. Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 673 milyon m³ atıksuyun 501 milyon m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Bu da toplam atıksu miktarının %74,5'ini ifade etmektedir. Arıtılan atıksuyun %13,3'üne biyolojik, %82,9'una fiziksel ve %3,8'ine ileri biyolojik arıtma uygulanmıştır. Aşağıda verilen Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.1'de DİE'den alınan verilere göre İstanbul İli'ne ait 2004 yılı atıksu deşarjlarının alıcı ortama göre istatistiki bilgileri görülmektedir.

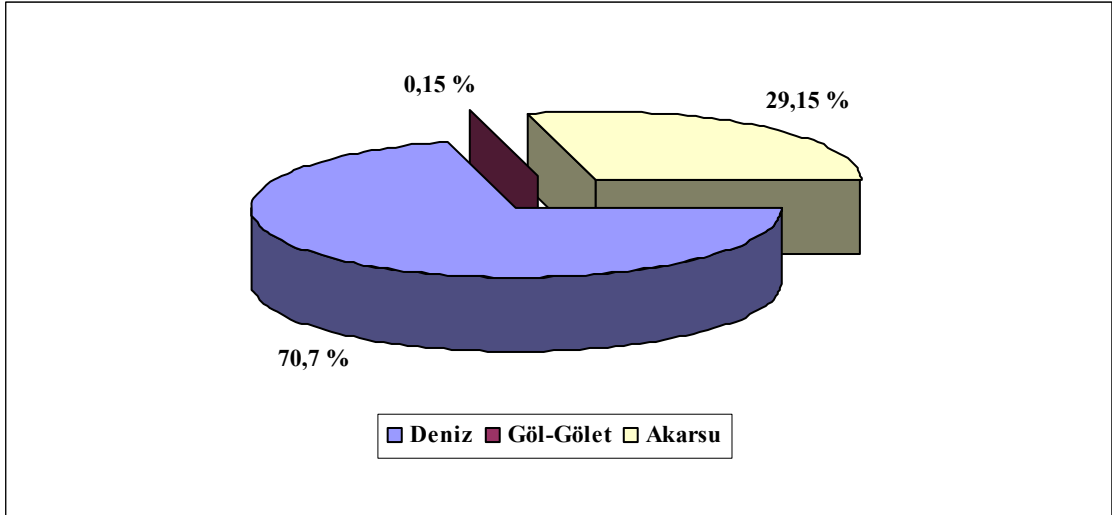
Çizelge 4.1 İstanbul'da alıcı ortamlarına göre deşarj edilen atıksu miktarı (DİE, 2004)

Kanalizasyonla Toplanan Atıksu	Alıcı Ortam					
	Deniz	Göl-Gölet	Akarsu	Arazi	Baraj	Diğer*
673 163	475 903	1 026	196 234	-	-	-

Not: Belediye sayılarına büyükşehir belediyeleri, bağlı ilçe ve alt kademe belediyeleri dâhildir.

*: Fosseptiğe, zezemine, drenaj kanalına, kuru dere yatağına ve DSİ tahliye kanalına yapılan atıksu deşarjlarını içermektedir.

Birimler: 1000 m³/yıl



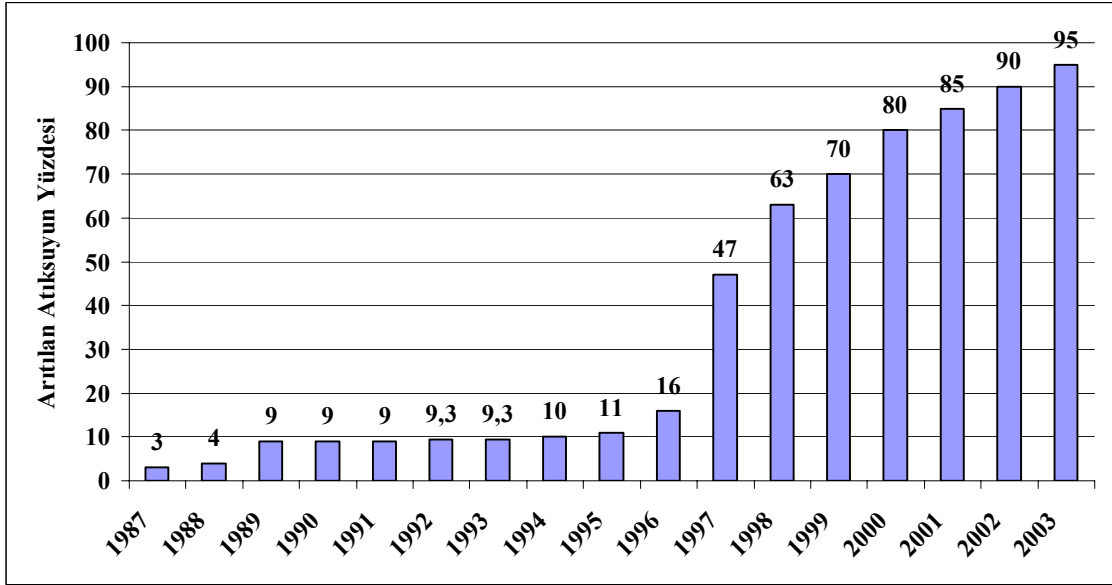
Şekil 4.1 Alıcı ortamlarına göre deşarj edilen atıksuların yüzdesi

Endüstriyel ve evsel kaynaklı atıksular toplanarak kanalizasyon sistemleri vasıtasıyla ortak arıtma tesislerine taşınmaktadır. Fakat endüstriyel atıksuların kanalizasyon sistemlerine giriş yapmadan önce belli koşulları taşıması gerekmektedir. Kanalizasyon sistemi için öngörülen sınır değerleri bulunmaktadır. Endüstriyel kaynaklı atıksuların bu sınır değerlerini sağlayabilmesi için ön arıtmaya tabi tutulması gerekmektedir.

İstanbul İli'nde meydana gelen atıksuların bertarafı hususunda, İSKİ tarafından 1993/94 yıllarında öngörülen atıksu arıtma tesisleri için başlangıçta atıksu debi projeksiyonları aşağıda verilen esaslar doğrultusunda hazırlanmıştır (İSKİ Master Plan, 1999):

- 1993'de %65–75 olan bağlantı oranları 2020'de % 95'lik bir maksimuma ulaşmakta ve daha sonra bu seviyede sabit kalmaktadır,
- Tüketilen suyun % 100'ü evsel atıksu olarak geri dönmektedir,
- Yapılaşmış alanda hektar başına 0,1 l/sn sızma debisi alınmakta ve bu alan ortalama 300 kişi/ha nüfus yoğunluğu ile hesaplanmaktadır,
- Sanayi debisi, endüstriyel alanda hektar başına ortalama 1,0 l/sn olarak tahmin edilmektedir.

İstanbul'da toplam atıksu debisinin 2040 yılında 5,2 milyon m³/gün'e ulaşması tahmin edilmektedir (İSKİ Master Plan). Aşağıda verilen Şekil 4.2'de İstanbul İli'nde arıtılan atıksuyun yıllara bağlı olarak değişimi görülmektedir.



Şekil 4.2 İstanbul’da arıtılan atıksuyun yıllara bağlı olarak değişimi (Eroğlu, 2002)

İstanbul İli’nde meydana gelen atıksuların bertaraf şekli, arıtma tesislerinde arıtma işleminden geçirildikten sonra Marmara Denizi alt tabaka akımına verilerek Karadeniz’in anoksik dip sularına iletilmesi esasına dayanmaktadır. İSKİ Master Plan’da yapılan üç boyutlu modelleme çalışmaları neticesinde İstanbul İli atıksularının Marmara Denizi alt tabaka akımına verilerek uzaklaştırılması konusunda birtakım yaklaşımlar ve senaryolar geliştirilerek aşağıda verilen birtakım stratejik tavsiyelerde bulunmaktadır (İSKİ Master Plan, 1999):

- Marmara Denizi, AT Yönergesi 91/171 EEC’ye uygun olarak “hassas sular” olarak tanımlanmalıdır. Karadeniz’in “az hassas” olduğu düşünülmektedir.
- Marmara Denizi’nde kirliliğin etkilerinin azaltılması için atık sular mümkün olan yerlerde İstanbul Boğazı’nın alt tabakasına deşarj edilerek Karadeniz’e taşınmalıdır.
- Uzun vadede, Marmara Denizi’nin alt tabakasına deşarj edilecek olan tüm çıkış suları için üçüncü derece arıtma yapılması konusunda tedbir alınmalıdır. Modelleme, ikinci derece arıtmanın ara vadede yeterli olacağını göstermektedir.
- Üçüncü derece arıtma tesisleri, birincil üretim üzerinde en fazla etkisi olan ve sınırlayıcı bir besi maddesi olduğu bilimsel olarak kanıtlanan besi maddelerinin giderilmesi için projelendirilmelidir.
- Karadeniz’e yapılan deşarjlar için sonuçta AT yönergelerine uygun olarak birinci derece arıtma yapılması gerekli olduğu halde, alıcı ortam su kalitesindeki olumsuz değişimlerin

veya deşarj standartlarındaki değişikliklerin karşılanması amacıyla arıtma seviyesinde değişiklik yapılması için esneklik olmalıdır. Beklenmeyen nüfus artışı ile ilgili olarak tesis kapasitesinin arttırılması için de esneklik payı bırakılması gerekmektedir.

- İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Boğaz-Karadeniz bağlantısında su ve sediment kalitesi ile ekolojik değişimler izlenmelidir. İlave olarak, AT standartları ve özellikle Karadeniz ülkeleri arasındaki uluslararası anlaşmalar yerine getirilmeli ve bu anlaşmaların hükümleri tüm taraflar arasında uygulanmalıdır.

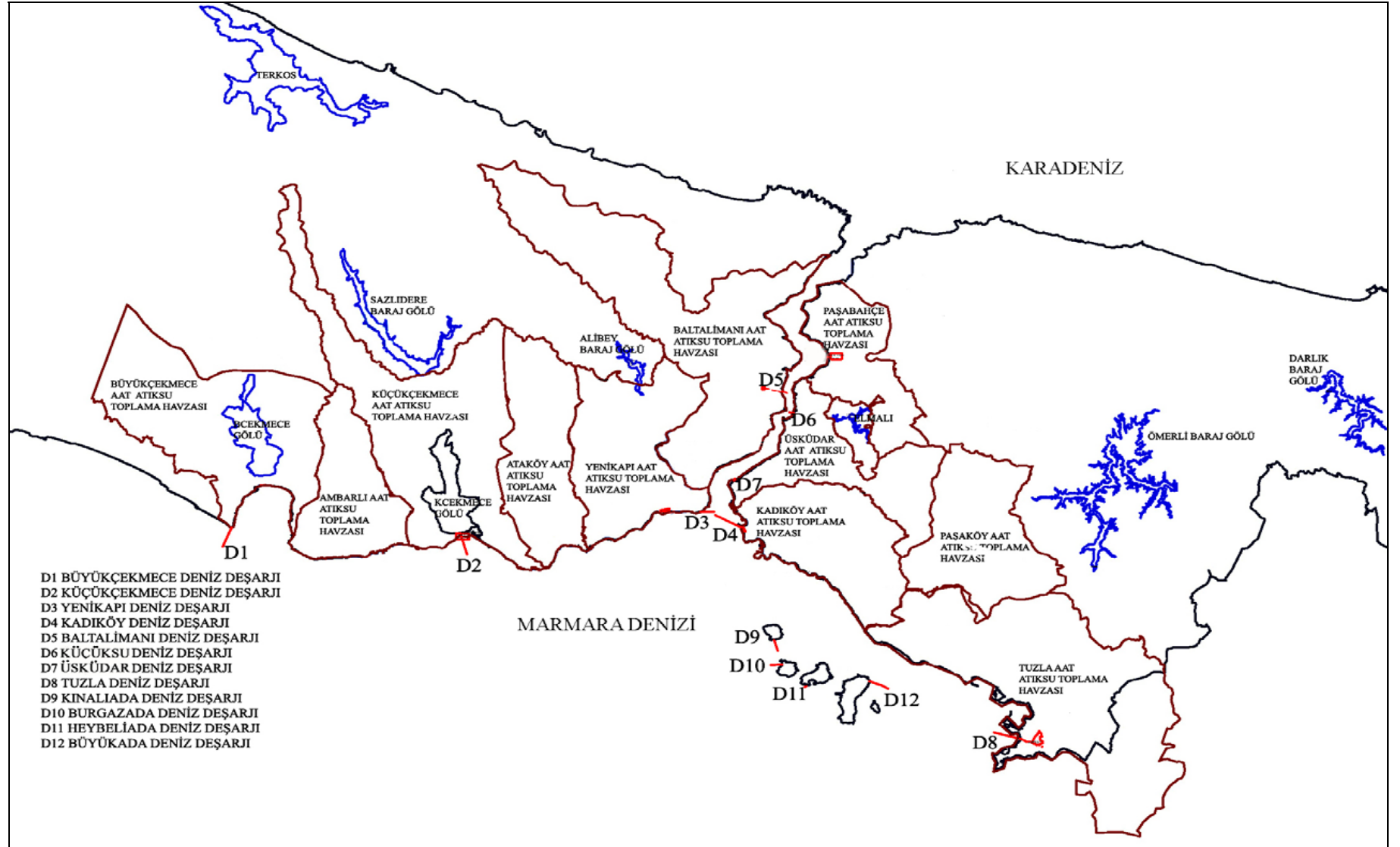
Master Plan’da belirtilen hususlar çerçevesinde İstanbul İli atıksularının bir kısmı ön arıtma, bir kısmı biyolojik arıtma ve bir kısmı da ileri biyolojik arıtma tesislerinde arıtılarak Marmara Denizi’ne deşarj edilmektedir.

4.1.1 Atıksu Arıtma Tesisleri ve Deniz Deşarjları

İstanbul İli’nde halihazırda 7 adet atıksu ön arıtma tesisi, 4 adet atıksu biyolojik arıtma tesisi, 2 adet atıksu ileri biyolojik arıtma tesisi ile küçük ölçekli birtakım paket arıtma tesisleri hizmet etmektedir. Şehir merkezin uzak olan bazı kırsal bölgelerde doğal arıtma sistemleri kurulmak suretiyle atıksuların bertarafı sağlanmaktadır. Ayrıca adalardan kaynaklanan atıksuların deniz deşarjları yapılmaktadır. İstanbul İli’ne hizmet eden atıksu arıtma tesisleri aşağıda şunlardır:

Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesis, Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesis, Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesis, Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesis, Kadıköy Atıksu Ön Arıtma Tesis, Küçükçekmece Atıksu Ön Arıtma, Küçüksu Atıksu Ön Arıtma Tesis, Ataköy Atıksu Biyolojik Arıtma Tesis, Tuzla Atıksu Biyolojik Arıtma Tesis, Paşaköy Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesis, Terkos Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesis, Bahçeşehir Atıksu Biyolojik Arıtma Tesis, Adalar’dan yapılan deşarjlar.

Aşağıda verilen Şekil 4.3’de İstanbul İli atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları, Çizelge 4.2’de ise bu arıtma tesisleri ve deşarj noktalarına ait teknik bilgiler görülmektedir.



Şekil 4.3 İstanbul İli atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları (İMP verilerinden yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır.)

Çizelge 4.2 İstanbul İli deniz deşarjları teknik bilgileri

Tesis Adı*	Hizmete Girdiği Yıl*	Kapasite* (m ³ /gün)	Ortalama Arıtılan Atıksu * (m ³ /gün)	Deşarj yeri**	Kara Hattı** (m)	Deniz Hattı** (m)	Deşarj Noktası**
Yenikapı Ö.A.T.	1988	864.000	495.567	İstanbul Boğazı-Blimanı	2400	1180	-60 m
Baltalimanı Ö.A.T.	1997	625.000	366.425	İstanbul Boğazı-Blimanı	695	350	-70 m
B.Çekmece Ö.A.T.	1998	155.520	30.544	Marmara - Bababurnu	4753	1800	-40 m
K.Çekmece Ö.A.T.	2003	354.000	113.106	Marmara-Kçekmece		1058	-27 m
Ataköy B.A.T.	1996	7.650	5576	Ayamama			Dereye
Terkos İ.B.A.T.	2000	1.730	811	Terkos Gölü	1500		Terkos
Üsküdar Ö.A.T.	1992	77.760	26.224	İst. Boğazı-	133	275	-47 m
Kadıköy Ö.A.T.	2003	833.000	346.266	Marmara-Kadıköy		2308	-51,5 m
Küçüksu Ön Arıtma Tesisi	2004	641.000	117.667	İst. Boğazı-Küçüksu	1445	335	-67 m
Tuzla B.A.T.	1998	150.000	242.789	Marmara	976	2203	-46 m
Paşaköy İ.B.A.T.	2000	125.000	56.134	Riva	486		Dereye
Bahçeşehir B.A.T.	2004	7.400	6.442	Küçükçekmece			
Çanta B.A.T.	2005	1.600	1.254				
İSTANBUL TOPLAM		3.843.260	1.808.805				
Burgazada Deşarj**	1988	6.393		Marmara	2300	890	-30 m
Büyükada Deşarj**	1989	35.424		Marmara	70	2200	-62 m
Kınalıada Deşarj**	1997	13.920		Marmara	250	1100	-45 m
Heybeliada Deşarj**	1999	34.560		Marmara	1900	1010	-62 m
A.Kavağı Deşarj**	1991	2.640		İst.Boğazı-A.kavağı	11	120	-32 m
YAZ DÖNEMİ İLAVE		92.937					

Kaynak: * İBB 2007 Stratejik Planı, (2006) ** İstanbul Çevre Durum Raporu, (2005)

Tablodan anlaşılacağı gibi İstanbul İli'nden kışın her gün ortalama 1.740.000 m³ atıksu direk olarak Marmara Denizi'ne deşarj edilmektedir. Yazın adalardaki deşarjların artmasıyla bu miktar 1.800.000 m³'ün üzerine çıkmaktadır.

4.1.2 Atıksu Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Kirlilik Yükleri

İstanbul İli'nin atıksularının arıtılarak deniz deşarjlarının yapıldığı arıtma tesislerine ait debi ve çıkış suyu analizleri İSKİ Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetleme Daire Başkanlığı'na bağlı Atıksu Laboratuvar Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Arıtma tesislerinde arıtılarak denize deşarj edilen atıksuların, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların taşınması gereken kriterleri sağlaması gerekmektedir. Aşağıda verilen çizelgelerde atıksu arıtma tesislerine ait debi değerleri ve giriş-çıkış suları analizlerinden elde edilen ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.3 Atıksu arıtma tesislerine ait toplam ve ortalama debiler (İSKİ, 2006)

AYLAR		YENİKAPI Ö.A.T.	BALTALİMANI Ö.A.T.	ÜSKÜDAR Ö.A.T.	B.ÇEKMECE Ö.A.T.	ATAKÖY B.A.T.	TUZLA B.A.T.
Oca.04	O	521.832	510.903	34.034	40.285	5.395	228.213
	T	16.176.800	15.838.000	1.055.050	1.248.835	167.243	7.074.600
Şub.04	O	477.464	429.034	30.383	37.773	5.610	253.577
	T	13.846.450	12.442.000	881.110	1.095.415	162.689	7.353.727
Mar.04	O	498.361	403.806	30.907	37.750	5.945	243.990
	T	15.449.200	12.518.000	958.130	1.170.257	184.292	7.563.700
Nis.04	O	455.773	331.200	25.897	28.423	4.909	199.873
	T	13.673.200	9.936.000	776.910	852.686	147.264	5.996.195
May.04	O	494.758	359.032	27.944	27.508	5.578	213.294
	T	15.337.500	11.130.000	866.260	852.752	172.927	6.612.100
Haz.04	O	479.850	369.933	26.849	26.356	5.112	231.300
	T	14.395.500	11.098.000	805.470	790.685	153.346	6.939.000
Tem.04	O	423.706	323.065	23.558	27.451	5.077	233.745
	T	13.134.900	10.015.000	730.310	850.986	157.375	7.246.100
Ağu.04	O	523.335	352.742	25.830	31.285	5.911	221.187
	T	16.223.400	10.935.000	800.740	969.835	183.252	6.856.800
Eyl.04	O	470.280	347.567	24.963	27.878	6.509	228.460
	T	14.108.400	10.427.000	748.880	836.342	195.260	6.853.800
Eki.04	O	536.539	388.129	26.779	28.165	4.648	241.648
	T	16.632.700	12.032.000	830.160	873.107	144.074	7.491.100
Kas.04	O	497.820	393.967	29.406	27.218	265	252.380
	T	14.934.600	11.819.000	882.170	816.549	7.946	7.571.400
Ara.04	O	441.419	375.194	28.215	29.761	4.418	261.710
	T	13.684.000	11.631.000	874.670	922.578	136.953	8.113.000
Oca.05	O	557.158	470.032	34.554	36.225	6.836	262.735
	T	17.271.900	14.571.000	1.071.160	1.122.977	211.917	8.144.800
Şub.05	O	641.607	590.214	38.977	45.747	5.234	270.839
	T	17.965.000	16.526.000	857.490	1.280.909	146.557	7.583.500
Mar.05	O	501.194	445.226	29.669	36.981	5.289	261.590
	T	15.537.000	13.802.000	919.750	1.146.425	163.950	8.109.300
Nis.05	O	457.477	347.633	26.685	27.825	6.488	240.763
	T	13.724.300	10.429.000	800.540	834.760	194.653	7.222.900
May.05	O	464.661	340.839	26.556	29.978	6.696	262.725
	T	14.404.500	10.566.000	823.250	929.316	207.588	8.144.472
Haz.05	O	476.583	342.300	26.006	31.256	6.240	259.983
	T	14.297.500	10.269.000	780.180	937.681	187.210	7.799.500

O: Ortalama debiler (m³/gün)

T: Toplam debiler (m³/ay)

Çizelge 4.3 Atıksu arıtma tesislerine ait toplam ve ortalama debiler (Devam) (İSKİ, 2006)

AYLAR		PAŞAKÖY İ.B.A.T.	TERKOS İ.B.A.T.	K.ÇEKMECE Ö.A.T.	KADIKÖY Ö.A.T.	KÜÇÜKSU Ö.A.T.	BAHÇEŞEHİR B.A.T.
Oca.04	Ort.	43.890	2.381	85.719	401.886	0	-
	Top.	1.360.576	73.800	2.657.281	12.458.457	0	-
Şub.04	Ort.	58.380	2.390	76.798	322.547	0	-
	Top.	1.693.027	69.300	2.227.142	9.353.852	0	-
Mar.04	Ort.	56.453	2.427	76.095	359.489	100.000	-
	Top.	1.750.038	75.240	2.358.950	11.144.151	3.100.000	-
Nis.04	Ort.	64.041	2.394	82.494	282.540	90.000	-
	Top.	1.921.218	71.820	2.474.810	8.476.206	2.700.000	-
May.04	Ort.	56.126	2.421	94.122	284.683	90.000	-
	Top.	1.739.896	75.060	2.917.790	8.825.175	2.790.000	-
Haz.04	Ort.	59.187	1.476	95.588	325.392	95.000	-
	Top.	1.775.605	44.280	2.867.640	9.761.769	2.850.000	-
Tem.04	Ort.	50.695	792	88.349	294.677	75.000	-
	Top.	1.571.531	24.540	2.738.830	9.134.991	2.325.000	-
Ağu.04	Ort.	54.354	726	96.016	343.339	85.000	-
	Top.	1.684.959	22.500	2.976.510	10.643.523	2.635.000	-
Eyl.04	Ort.	53.270	708	90.328	314.504	100.301	-
	Top.	1.598.093	21.240	2.709.850	9.435.112	3.009.024	-
Eki.04	Ort.	61.170	819	110.742	375.959	113.797	-
	Top.	1.896.270	25.380	3.433.010	11.654.721	3.527.712	-
Kas.04	Ort.	67.445	864	102.898	365.817	116.246	-
	Top.	2.023.350	25.920	3.086.935	10.974.518	3.487.392	-
Ara.04	Ort.	73.573	1.016	98.365	328.771	126.051	-
	Top.	2.280.765	31.500	3.049.330	10.191.900	3.907.584	-
Oca.05	Ort.	75.110	1.097	122.927	412.883	168.898	6.574
	Top.	2.328.422	34.020	3.810.750	12.799.386	5.235.840	203.800
Şub.05	Ort.	75.319	1.311	128.215	462.369	190.738	7.408
	Top.	2.108.944	36.720	3.590.010	12.946.326	5.340.672	207.428
Mar.05	Ort.	35.665	1.185	107.518	333.813	126.348	8.348
	Top.	1.105.600	36.720	3.333.050	10.348.218	3.916.800	258.792
Nis.05	Ort.	40.603	1.050	100.451	328.154	59.766	6.913
	Top.	1.218.080	31.500	3.013.520	9.844.616	1.792.982	207.395
May.05	Ort.	63.707	836	119.928	328.709	57.723	7.243
	Top.	1.974.903	25.920	3.717.780	10.189.980	1.789.410	224.548
Haz.05	Ort.	60.228	780	118.935	323.378	92.108	7.350
	Top.	1.806.829	23.400	3.568.050	9.701.342	2.763.244	220.508

Ortalama debiler: m³/günToplam debiler: m³/ay

Çizelge 4.4 Ataköy atıksu biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)

Aylar	Ç.O. (mg/l)		AKM (mg/l)			KOI (mg/l)			BOİ5 (mg/l)			ÇKM (ml/l)	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış
Ocak 2004	1,4	5,2	162,0	36,0	78,0	332	93	72	163	50	69	3,2	0,0
Şubat 2004	1,0	5,5	169	36	79	363	98	73	198	43	78	4,6	0,0
Mart 2004	1,0	4,3	169	40	76	380	112	71	183	43	79	3,6	0,0
Nisan 2004	1,0	4,0	157	48	69	416	131	69	184	50	73	4,1	0,0
Mayıs 2004	1,2	3,6	170	50	71	520	150	71	200	53	74	3,8	0,0
Haziran 2004	1,0	3,3	151	35	77	392	99	75	210	43	80	2,8	0,0
Temmuz 2004	0,9	4	162	38	77	318	94	70	155	33	79	2,2	0,0
Ağustos 2004	1,2	4,4	143	57	60	257	109	58	143	35	76	1,3	0,0
Eylül 2004	0,6	3,9	161	62	62	300	134	55	119	36	70	2,3	0
Ekim 2004	0,5	3,6	197	57	71	347	130	63	145	25*	83	2,7	0,0
Kasım 2005													
Aralık 2004	1,5	5,0	139	30	78	246	66	73	128	30	77	3,1	0,0
Ocak 2005	-	-	136	6	81	270	68	75	127	31	76	3,4	0,0
Şubat 2005	1,8	4,6	170	29	83	261	68	74	97	18	81	1,9	0
Mart 2005	1,4	4,0	173	27	84	298	80	73	180	54	70	4,1	0,0
Nisan 2005	1,1	4,5	190	34	82	390	92	86	180	35	81	4,4	0,0
Mayıs 2005	0,9	4,6	187	32	83	355	90	75	Cihaz Arızalı			3,5	0,0
Haziran 2005	0,3	3,4	168	35	79	339	93	73	Cihaz Arızalı			3,0	0,0
Temmuz 2005	0,4	4,1	162	27	83	252	72	71	Cihaz Arızalı			2,3	0,0
Ağustos 2005	0,3	4,1	150,0	32,0	79,0	308,0	72,0	77,0	Cihaz Arızalı			1,8	0,0
Eylül 2005	0,2	3,8	174	24	86	297	76	74	Cihaz Arızalı			3,3	0,0
Ekim 2005	0,5	3,9	121,0	29,0	76,0	291,0	78,0	73,2	Cihaz Arızalı			2,9	0,0

Çizelge 4.5 Bahçeşehir biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)

AYLAR	AKM (mg/l)			KOI (mg/l)			BOİ5 (mg/l)		
	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %
Ocak 2005	148,7	51,0	65,7	277,3	85,7	69,1	190,0	36,7	80,7
Şubat 2005	135,0	17,0	87,4	184,0	40,0	78,3	85,0	12,0	85,9
Mart 2005	322,0	49,0	84,8	630,0	75,8	88,0	372,0	33,7	90,9
Nisan 2005	267,0	30,0	88,8	677,0	53,7	92,1	347,0	27,7	92,0
Mayıs 2005	258,0	20,0	92,2	657,0	45,0	93,2	Cihaz Arızalı		
Haziran 2005	264,0	13,0	95,1	509,0	41,0	91,9	Cihaz Arızalı		
Temmuz 2005	470,0	7,0	98,5	1190,0	37,0	96,9	Cihaz Arızalı		
Ağustos 2005	517,0	12,0	97,7	753,0	30,0	96,0	Cihaz Arızalı		
Eylül 2005	218,0	10,0	95,4	533,0	27,0	94,9	260,0	8,0	96,9
Ekim 2005	237,0	12,0	94,9	620,0	33,0	94,7	335,0	14,8	95,6

Çizelge 4.6 Tuzla atıksu biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)

AYLAR	AKM (mg/l)			KOI (mg/l)			BOİ5 (mg/l)		
	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %
Ocak 2004	500,4	87,5	82,5	512,0	139,4	72,8	226,8	79,0	65,2
Şubat 2004	189,3	42,1	77,8	291,1	115,9	60,2	155,6	48,2	69,0
Mart 2004	304,6	45,3	85,1	411,7	157,9	61,6	196,6	68,5	65,2
Nisan 2004	1281,2	237,3	81,5	1311,8	366,5	72,0	547,6	169,5	69,0
Mayıs 2004	1144,3	249,5	78,2	1286,3	390,5	69,6	553,3	142,5	74,2
Haziran 2004	1256,2	333,6	73,4	1266,7	411,1	67,5	460,2	179,6	61,0
Temmuz 2004	836,5	164,3	80,4	881,3	270,5	69,3	407,1	119,8	70,6
Ağustos 2004	728,7	47,9	93,4	853,9	176,4	79,3	442,3	78,5	82,3
Eylül 2004	593,7	55,2	90,7	680,1	174,5	74,3	361,7	104,9	71,0
Ekim 2004	587,0	179,0	69,5	663,0	280,0	57,8	331,0	171,0	48,3
Kasım 2005	853,0	46,8	94,5	871,0	159,8	81,6	399,1	90,7	77,3
Aralık 2004	693,0	170,0	75,5	811,0	255,0	68,6	466,0	147,0	68,5
Ocak 2005	534,0	47,0	91,2	704,0	167,0	76,3	332,0	87,0	73,8
Şubat 2005	333,0	51,0	84,7	371,0	156,0	58,0	198,0	62,0	68,7
Mart 2005	486,0	44,0	90,9	508,0	162,0	68,1	254,0	117,0	53,9
Nisan 2005	715,0	65,0	90,9	761,0	212,0	72,1	392,0	120,0	69,4
Mayıs 2005	709,0	70,0	90,1	824,0	205,0	75,1	377,0	102,0	72,9
Haziran 2005	646,0	77,0	88,1	738,0	197,0	73,3	405,0	110,0	72,8
Temmuz 2005	619,0	57,0	90,8	661,0	172,0	74,0	330,0	83,0	74,8
Ağustos 2005	853,0	68,0	92,0	817,0	201,0	75,4	338,0	78,0	76,9
Eylül 2005	720,0	50,0	93,1	845,0	176,0	79,2			

Çizelge 4.7 Paşaköy atıksu ileri biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)

AYLAR	BOİ5 (mg/l)			KOİ (mg/l)			AKM (mg/l)			UAKM (mg/l)			TOP-P (mg/l)			TOP-N (mg/l)			TKN (mg/l)	
	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış	Verim %	Giriş	Çıkış
Ocak 2004	118,0	17,0	86	231,0	56,0	76		38,0					3,2	2,6	19				21,0	5,0
Şubat 2004	90,0	9,0	90	178,0	34,0	81		27,0					2,0	1,4	30				16,0	2,9
Mart 2004	138,0	17,0	88	275,0	49,0	82		30,0					2,9	2,0	31				28,8	11,1
Nisan 2004	261,0	23,0	91	489,0	64,0	87		33,0					4,7	3,4	28					
Mayıs 2004	317,0	23,0	93	577,0	65,0	89		36,0					5,7	4,5	21					
Haziran 2004	313,0	17,0	95	585,0	55,0	91		29,0					6,7	5,1	24					
Temmuz 2004	309,0	11,0	96	593,0	45,0	92		19,0					7,4	5,8	22					
Ağustos 2004	263,0	9,0	97	467,0	39,0	92		20,0					5,4	4,8	11					
Eylül 2004	297,0	11,0	96	535,0	44,0	92		16,0					7,3	5,0	31					
Ekim 2004	252,0	9,0	96	456,0	42,0	91		17,0					6,0	4,2	30					
Kasım 2005	271,0	14,0	95	494,0	47,0	90		20,0					5,5	3,3	40					
Aralık 2004	219,0	16,0	93	488,0	47,0	90		25,0					5,9	3,6	39					
Ocak 2005	191,0	19,0	88	358,0	46,0	84	276,0	30,0	86	138,0	17,0	83	4,1	2,6	37	38,6	12,8	68	36,7	8,1
Şubat 2005	99,0	9,0	90	194,0	35,0	81	199,0	24,0	83	69,0	11,0	81	2,0	1,4	26	23,1	9,4	55	19,9	1,9
Mart 2005	178,0	11,0	94	338,0	36,0	88	202,0	22,0	87	129,0	11,0	89	2,4	1,7	33	33,6	13,9	58	34,2	3,4
Nisan 2005	313,0	17,0	95	559,0	61,0	89	352,0	33,0	90	220,0	20,0	92	4,6	2,4	48	58,2	26,2	54	57,2	15,4
Mayıs 2005	289,0	38,0	81	575,0	102,0	82	396,0	73,0	78	241,0	44,0	80	5,4	3,1	45	59,0	18,4	68	58,0	7,6
Haziran 2005	303,0	32,0	93	580,0	87,0	89	361,0	68,0	86	211,0	39,0	87	6,2	4,1	40	63,7	20,2	84	62,9	13,2
Temmuz 2005	260,0	17,0	90	500,0	62,0	80	356,0	33,0	81	187,0	20,0	81	5,6	3,9	34	55,0	13,3	64	52,0	4,7
Ağustos 2005	297,0	9,0	97	574,0	48,0	91	421,0	18,0	95	210,0	10,0	95	5,8	3,7	39	62,3	7,7	88	61,3	1,7
Eylül 2005	316,0	10,0	96	587,0	41,0	93	475,0	23,0	94	232,0	13,0	94	4,8	3,2	34	61,1	5,9	90	61,0	1,7
Ekim 2005	267,0	22,0	86	496,0	83,0	77	335,0	92,0	95	216,2	25,2	88	5,8	4,9	16	55,7	4,9	91	52,2	3,0

Çizelge 4.8 Terkos atıksu ileri biyolojik arıtma tesisi giriş-çıkış suyu analizleri (İSKİ, 2006)

AYLAR	AKM (mg/l)			KOI (mg/l)			BOİ5 (mg/l)			TKN (mg/l)			TOP-P (mg/l)			UAKM (mg/l)	
	Giriş	Çıkış	Verim%	Giriş	Çıkış	Verim%	Giriş	Çıkış	Verim%	Giriş	Çıkış	Verim%	Giriş	Çıkış	Verim%	Giriş	Çıkış
Ocak 2004	78,0	12,0	84,6	58,0	13,0	77,6	30,0	8,0	73,3	10,9	7,9	27,5	0,6	0,2	66,7		
Şubat 2004	62,0	5,0	91,9	109,0	37,0	66,1	45,0	7,0	84,4	6,0	4,0	33,3	1,2	0,3	75,0		
Mart 2004	47,0	19,0	59,6	73,0	35,0	52,1	41,0	11,0	73,2	5,3	2,5	52,8	1,3	0,6	53,8		
Nisan 2004	41,4	10,4	74,9	89,6	21,4	76,1	52,0	6,0	88,5	12,0	5,9	51,2	1,2	0,5	56,7		
Mayıs 2004	90,0	6,0	93,3	191,0	30,0	84,3	93,0	6,0	93,5	9,7	3,7	61,9	2,9	0,5	82,8	57,0	5,3
Haziran 2004	184,0	25,0	86,4	221,0	31,0	86,0	98,0	7,0	92,9	13,0	6,0	53,8	1,4	0,5	64,3		
Ağustos 2004	107,0	25,0	76,6	307,0	72,0	76,5	190,0	22,0	88,4	40,6	28,6	29,6	4,5	0,6	86,7		
Eylül 2004	477,0	25,0	94,8	637,0	82,0	87,1	378,0	30,0	92,1	45,1	23,4	48,1	5,4	2,3	57,4		
Ekim 2004	188,0	19,8	89,5	372,0	79,0	78,0	166,0	19,0	88,6	35,9	7,5	79,2	4,0	1,3	68,0	109,0	11,0
Kasım 2005	330,0	20,5	93,8	370,0	38,0	89,7	265,0	13,0	95,1	39,0	12,8	67,2	4,0	1,2	70,0	185,0	9,0
Aralık 2004	209,0	17,0	91,9	486,0	30,0	93,8	241,0	13,0	94,6	49,2	12,0	75,6	3,5	1,8	47,8	143,0	10,0
Ocak 2005	227,0	5,0	97,8	252,0	58,0	77,0	145,0	5,0	96,6	30,4	7,0	77,0	2,2	0,4	81,8		
Şubat 2005	87,0	8,5	90,2	165,0	23,0	86,1	75,0	7,5	90,0	15,8	8,6	45,4	0,9	0,4	52,9	57,0	7,0
Mart 2005	134,0	16,0	88,1	129,0	22,3	82,7	80,0	10,5	86,9	14,2	7,0	50,4	0,8	0,4	46,7		
Nisan 2005	69,0	8,0	88,4	206,0	21,0	89,8	112,0	5,0	95,5	32,9	8,9	72,9	2,3	1,3	43,5		
Mayıs 2005	153,0	11,0	92,8	328,0	39,0	88,1				42,5	13,6	68,0	5,5	1,3	76,4		
Haziran 2005	327,0	23,0	93,0	407,0	58,0	85,7				40,3	13,9	65,5	6,0	5,4	10,0		
Temmuz 2005	364,0	20,3	94,4	517,3	52,3	89,9				46,3	28,6	38,2	8,1	2,1	74,1		
Ağustos 2005	165,5	14,3	91,4	321,5	44,8	86,1				45,3	22,3	50,8	6,6	1,4	78,8		
Eylül 2005	247,0	11,3	95,4	437,3	30,3	93,1				31,8	8,8	72,3	6,8	1,5	77,9		
Ekim 2005	434,5	10,5	97,6	613,8	20,3	96,7				62,8	10,1	83,9	9,1	3,5	61,5		

Çizelge 4.9 Büyükçekmece ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)

TARİH	NUMUNE ALINAN YER	ÇKM (ml/l)	KOI (mg/l)	BOİ5 (mg/l)	AKM (mg/l)	YAĞ/GRES (mg/l)
15.01.2004	Çıkış	0,1	183		134	
29.01.2004	Çıkış	1,0	147	60	232	
19.02.2004	Çıkış	0,2	167	80	124	
26.02.2004	Çıkış	0,1	192	90	118	
11.03.2004	Çıkış	0,6	223	90	146	
24.03.2004	Çıkış	3,0	374	180	180	
08.04.2004	Çıkış		497	270	190	
21.04.2004	Çıkış	1,4	514	225	272	
06.05.2004	Çıkış	0,2	446	220	118	
27.05.2004	Çıkış	1,2	734	220	222	
10.06.2004	Çıkış	0,1	200	70	116	
24.06.2004	Çıkış	2,0	435	190	212	
08.07.2004	Çıkış	4,0	331	190	220	
22.07.2004	Çıkış	3,0	344	110	246	
12.08.2004	Çıkış	2,5	540	220	334	
26.08.2004	Çıkış		367		222	
16.09.2004	Çıkış	1,5	349	120	192	
30.09.2004	Çıkış	1,9	427	190	222	
11.11.2004	Çıkış	1,1	334	120	224	
25.11.2004	Çıkış	2,0	421	270	198	
09.12.2004	Çıkış	1,2	285	140	153	
23.12.2004	Çıkış	3,0	406	160	344	
13.01.2005	Çıkış	0,2	419	190	222	247
17.02.2005	Çıkış	4,0	246	110	478	105
24.02.2005	Çıkış	0,8	190	-	216	112
16.03.2005	Çıkış	1,8	345	145	194	24
30.03.2005	Çıkış	2,0	339	140	306	27
13.04.2005	Çıkış	2,4	438	180	224	36
27.04.2005	Çıkış	1,0	386	170	216	49
12.05.2005	Çıkış	4,5	576		306	98
01.06.2005	Çıkış	1,7	364		192	23
21.06.2005	Çıkış	1,8	363		232	40

Çizelge 4.10 Baltalimanı atıksu ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)

TARİH	NUMUNE ALINAN YER	ÇKM (ml/l)	KOI (mg/l)	BOİ5 (mg/l)	AKM (mg/l)	YAĞ/GRES (mg/l)
21.01.2004	Çıkış	5				
28.01.2004	Çıkış	2,8	321	120	284	
18.02.2004	Çıkış	2,5	436	180	228	
25.02.2004	Çıkış	6,0	416	180	232	
11.03.2004	Çıkış	0,6	311	110	128	
24.03.2004	Çıkış	1,0	357	160	150	
08.04.2004	Çıkış		497	270	190	
21.04.2004	Çıkış	1,4	514	225	272	
06.05.2004	Çıkış	2,5	703		82	
27.05.2004	Çıkış	1,5	504	160	218	
10.06.2004	Çıkış	2,9	540	250	230	
24.06.2004	Çıkış	1,0	252	105	208	
08.07.2004	Çıkış	1,4	412	230	166	
22.07.2004	Çıkış	5,6	785	400	370	
12.08.2004	Çıkış	0,5	212	85	188	
26.08.2004	Çıkış	1,9	429	220	186	
16.09.2004	Çıkış	2,0	328	155	166	
30.09.2004	Çıkış	3,0	417	210	182	
11.11.2004	Çıkış	2,0	378	180	190	
25.11.2004	Çıkış	2,0	289	-	122	
09.12.2004	Çıkış	2,0	451	300	221	
23.12.2004	Çıkış	1,5	669	350	204	
13.01.2005	Çıkış	2,0	590	290	220	354
17.02.2005	Çıkış	2,0	225	100	246	106
24.02.2005	Çıkış	0,9	387	160	160	118
09.03.2005	Çıkış	1,3	254	110	132	25
29.03.2005	Çıkış	4,7	489	230	252	32
13.04.2005	Çıkış	3,2	410	180	190	44
27.04.2005	Çıkış	3,0	477	200	224	41
12.05.2005	Çıkış	2,2	434		188	29
07.06.2005	Çıkış	1,5	401		168	37
21.06.2005	Çıkış	-	447		156	35

Çizelge 4.11 Küçükçekmece ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)

TARİH	NUMUNE ALINAN YER	ÇKM (ml/l)	KOI (mg/l)	BOİ5 (mg/l)	AKM (mg/l)	YAĞ/GRES (mg/l)
15.01.2004	Çıkış	1,5	256		236	
29.01.2004	Çıkış	0,5	375		172	
19.02.2004	Çıkış	5	372	150	264	
26.02.2004	Çıkış	0,6	267	95	162	
17.03.2004	Çıkış	1,8	405	140	164	
24.03.2004	Çıkış	2,5	429	245	224	
08.04.2004	Çıkış	0,3	576	240	254	
21.04.2004	Çıkış	4,0	559	230	230	
06.05.2004	Çıkış	0,6	352		186	
27.05.2004	Çıkış	6,5	887	340	312	
10.06.2004	Çıkış	0,8	313	125	198	
24.06.2004	Çıkış	3,0	475	170	266	
08.07.2004	Çıkış	5,0	621	240	222	
22.07.2004	Çıkış	0,1	448	210	210	
12.08.2004	Çıkış	0,9	480	220	246	
26.08.2004	Çıkış	3,0	441	180	224	
16.09.2004	Çıkış	3,0	448	190	256	
30.09.2004	Çıkış	1,4	483	235	202	
11.11.2004	Çıkış	2,5	1394	350	258	
25.11.2004	Çıkış	1,0	381	220	202	
09.12.2004	Çıkış	3,5	450	240	213	
23.12.2004	Çıkış	4,0	494	230	226	
13.01.2005	Çıkış	0,8	405	160	170	196
17.02.2005	Çıkış	1,2	377	140	178	53
24.02.2005	Çıkış	1,0	308	120	160	83
16.03.2005	Çıkış	0,8	302	140	134	25
30.03.2005	Çıkış	1,0	337	140	182	26
13.04.2005	Çıkış	6,8	672	320	346	49
27.04.2005	Çıkış	7,7	611	280	386	33
12.05.2005	Çıkış	3,5	605		246	128
08.06.2005	Çıkış	0,4	290		168	32

Çizelge 4.12 Yenikapı atıksu ön arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İSKİ, 2006)

TARİH	NUMUNE ALINAN YER	ÇKM (ml/l)	KOI (mg/l)	BOİ5 (mg/l)	AKM (mg/l)	YAĞ/GRES (mg/l)
21.01.2004	Çıkış	8,0				
28.01.2004	Çıkış	3,0			406	
18.02.2004	Çıkış	1,4	278	130	276	
25.02.2004	Çıkış	4,0	431	170	298	
11.03.2004	Çıkış	1,6	365	160	182	
24.03.2004	Çıkış	3,0	482	180	182	
08.04.2004	Çıkış	3,5	515	260	302	
21.04.2004	Çıkış	9,5	935	270	574	
06.05.2004	Çıkış	2,5	768	220	252	
27.05.2004	Çıkış	1,6	476	220	204	
10.06.2004	Çıkış	3,0	617	-	236	
24.06.2004	Çıkış	3,0	339	140	234	
08.07.2004	Çıkış	3	425	180	278	
22.07.2004	Çıkış	3	444	170	254	
12.08.2004	Çıkış	5,0	439	150	466	
26.08.2004	Çıkış	2,5	417	170	216	
16.09.2004	Çıkış	3,0	476	250	138	
30.09.2004	Çıkış	2,5	397	200	254	
11.11.2004	Çıkış	2,0	414	215	254	
25.11.2004	Çıkış	2,0	300	200	160	
09.12.2004	Çıkış	2,5	314	120	197	
23.12.2004	Çıkış	6,5	554	260	340	
13.01.2005	Çıkış	2,5	378	190	188	241
17.02.2005	Çıkış	1,8	225	100	240	98
24.02.2005	Çıkış	4,0	541	220	280	116
09.03.2005	Çıkış	2,2	402	160	198	48
29.03.2005	Çıkış	7,1	820	440	410	92
13.04.2005	Çıkış	4,0	518	240	246	53
27.04.2005	Çıkış	6,5	562	260	222	40
12.05.2005	Çıkış	6,5	610		360	111
07.06.2005	Çıkış	3,0	609		238	76
21.06.2005	Çıkış	0	790		306	72

Çizelgelerdeki veriler incelendiğinde atıksu ön arıtma tesislerine ait çıkış suyu ölçüm sonuçlarının, biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesislerinin çıkış suyu ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırıldığında deşarj kriterlerini sağlamakta zaman zaman zorluk çektiği görülmektedir. Özellikle KOI parametresi ele alındığında Yenikapı, Baltalimanı ve Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesislerine ait çıkış sularının, 400 mg/l olan KOI sınır konsantrasyonunu zaman zaman aştığı görülmektedir. Aşağıda verilen Çizelge 4.13’de, 2005 yılı ilk 6 aylık ölçüm sonuçlarına göre arıtma tesisleri çıkış sularının debi ve çıkış suyuna ait KOI, BOI₅ ve AKM konsantrasyonlarının ortalama değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.13 Arıtma tesislerinin çıkış suyu kaliteleri (İSKİ, 2006)

2005 Yılı İlk 6 Aylık Arıtma Tesisleri Çıkış Sularına Ait Veriler						
ARITMA TESİSLERİ	Çıkış Suyu Parametre Konsantrasyonları (mg/l)					Ortalama Debiler (m ³ /gün)
	KOI	BOI ₅	AKM	Top-N	Top-P	
Ataköy B.A.T.	82	30	31	-	-	6143
Tuzla B.A.T.	238	129	137	-	-	259693
Paşaköy İ.B.A.T.	56	21	42	16,7	2,6	58247
Terkos İ.B.A.T.	37	8	12	9,8	1,6	1040
Büyükçekmece Ö.A.T.	393	155	260	-	-	34542
Baltalimanı Ö.A.T.	428	195	195	-	-	420790
Küçükçekmece Ö.A.T.	434	183	213	-	-	116205
Yenikapı Ö.A.T.	537	225	270	-	-	514918
Üsküdar Ö.A.T.	765	415	368	-	-	25151
Kadıköy Ö.A.T.	384	189	228	-	-	363701
Küçüksu Ö.A.T.	320	195	193	-	-	131299
Bahçeşehir B.A.T.	53	23	25	-	-	7306

Arıtma tesislerine ait çıkış suyu parametre konsantrasyonları incelendiğinde, ön arıtma tesisleri ile biyolojik ve ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri çıkış sularının kaliteleri arasındaki farklar kolaylıkla gözlenmektedir. Özellikle Üsküdar ön arıtma tesisi çıkış suyuna ait yüksek konsantrasyonlar göze çarpmaktadır. Deniz suyu kalitesinin korunması kapsamında biyolojik ve ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinin sayısının artırılması zaruri bir ihtiyaç olmaktadır.

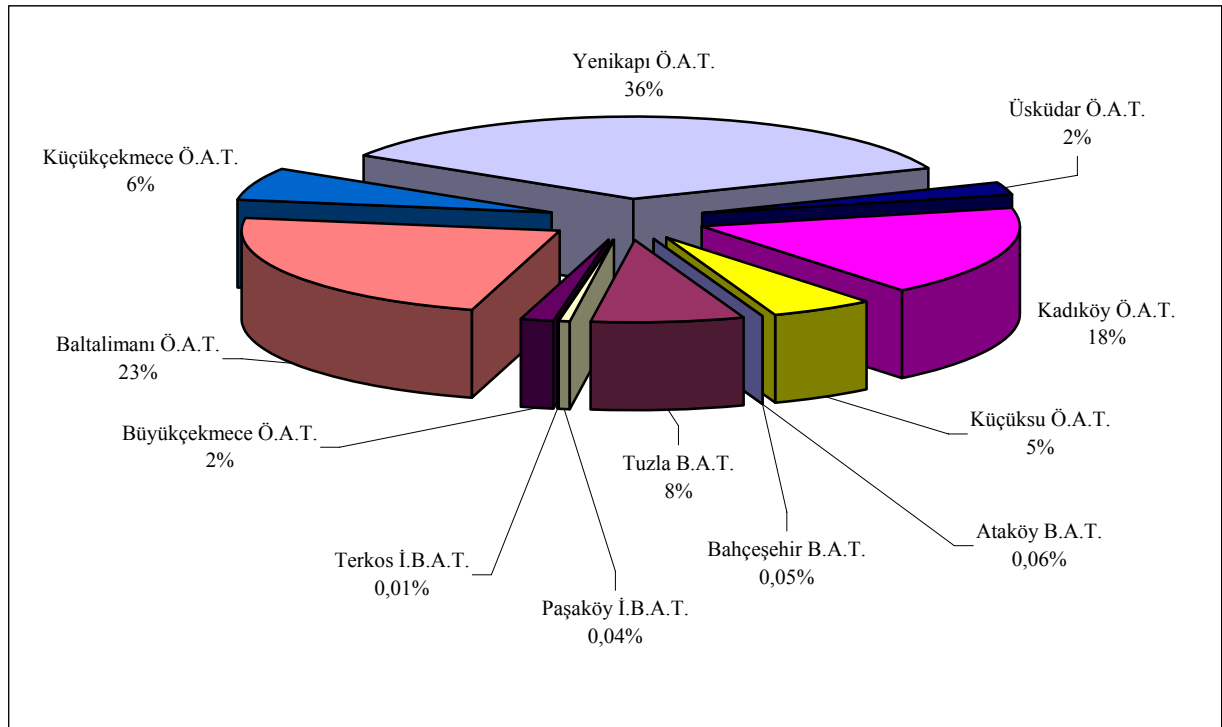
Arıtma tesislerine ait debi ve çıkış suyu ölçümlerinden yararlanılarak tesislerden deniz ortamına deşarj edilen yükler hesaplanmıştır. Çizelge 4.14’de atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan yükler verilmektedir.

Çizelge 4.14. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan yükler

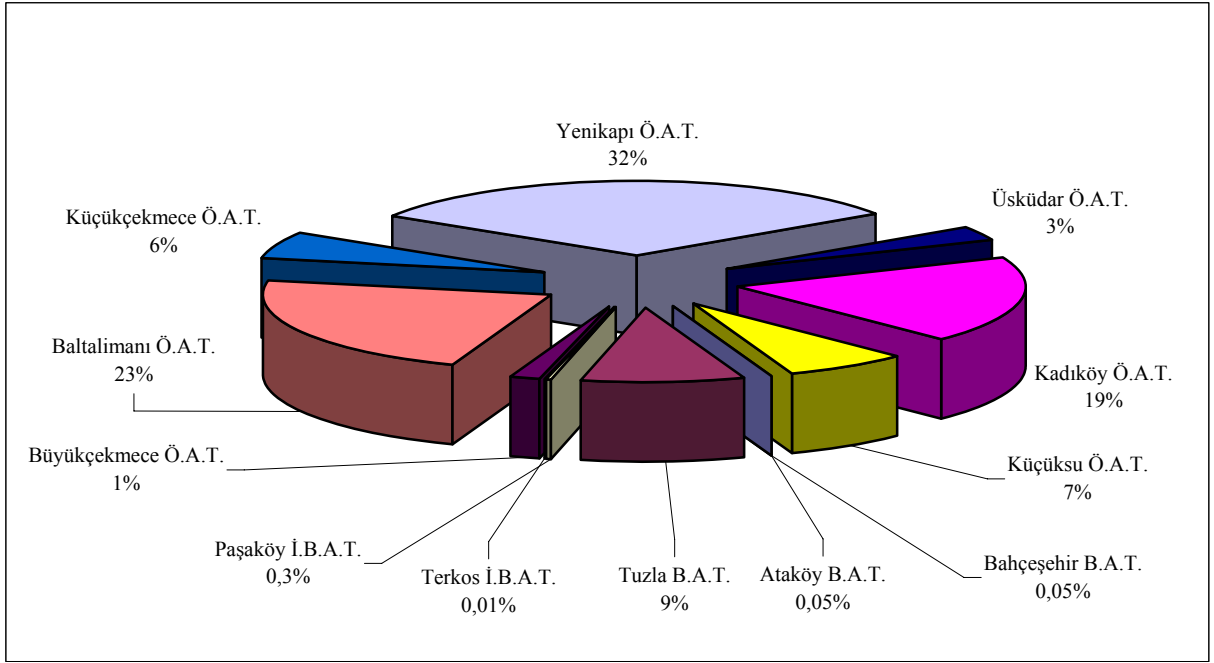
ARITMA TESİSLERİ	Meydana Gelen Kirlilik Yükleri		
	KOI	BOI ₅	AKM
	ton/yıl	ton/yıl	ton/yıl
Ataköy B.A.T.	183,86	67,26	69,50
Tuzla B.A.T.	22559,50	12227,64	12985,95
Paşaköy İ.B.A.T.	1190,57	446,46	892,93
Terkos İ.B.A.T.	14,05	3,04	4,56
Büyükçekmece Ö.A.T.	4954,88	1954,21	3278,04
Baltalimanı Ö.A.T.	65735,81	29949,73	29949,73
Küçükçekmece Ö.A.T.	18408,03	7761,91	9034,36
Yenikapı Ö.A.T.	100926,50	42287,64	50745,17
Üsküdar Ö.A.T.	7022,79	3809,75	3378,28
Kadıköy Ö.A.T.	50976,33	25089,91	30267,20
Küçüksu Ö.A.T.	15335,72	9345,21	9249,36
Bahçeşehir B.A.T.	141,33	61,33	66,67
TOPLAM	287449,38	133004,10	149921,73

(2005 yılı ilk 6 aylık çıkış suyu ortalama verilerine göre hesaplanmıştır)

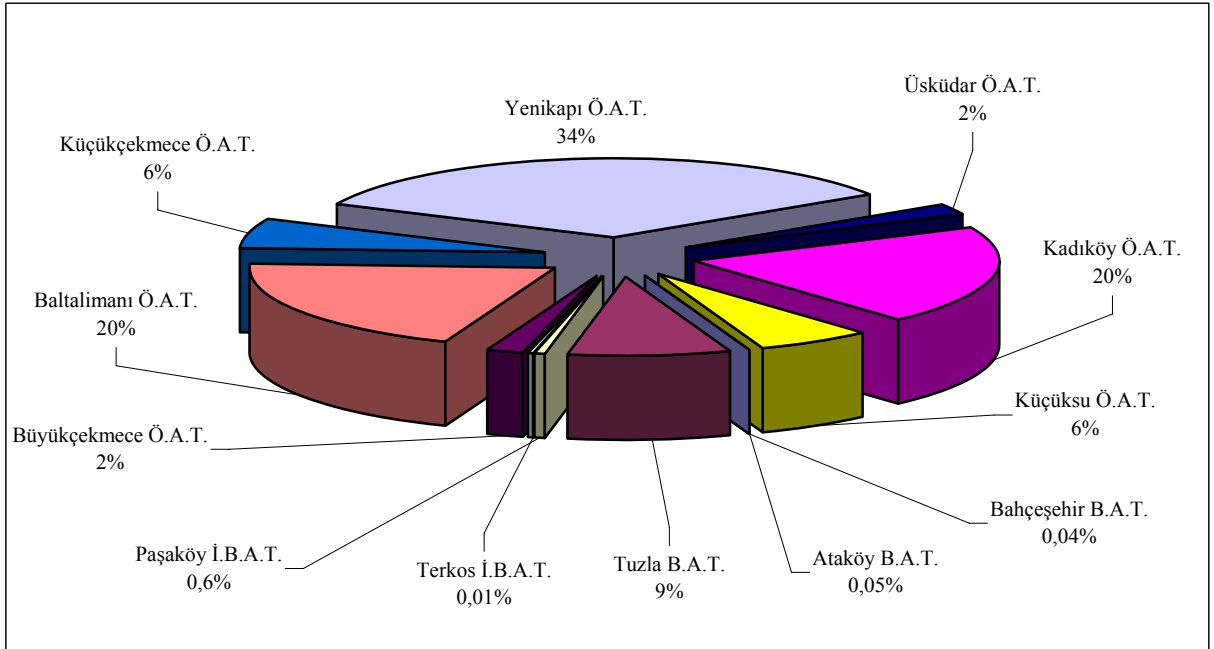
Çizelge 4.14'den hareketle hesaplanan arıtma tesislerinden çıkan kirlilik yüklerinin yüzde dağılımları aşağıda verilen şekillerde görülmektedir. Yüzde dağılımları 2005 yılı ilk 6 aylık ortalama konsantrasyon ve debi değerlerine göre hesaplanmıştır.



Şekil 4.4 Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan KOI yükleri dağılımı



Şekil 4.5 Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan BOI5 yükleri dağılımı



Şekil 4.6 Atıksu Arıtma tesislerinden kaynaklanan AKM yükleri dağılımı

Atıksu deşarjları göstermektedir ki Marmara Denizi'nde kirletici kaynak olarak İstanbul İli'nden kaynaklanan atıksular önemli bir pay oluşturmaktadır. İstanbul İli atıksuları çeşitli arıtma kademelerinden geçirilerek birçok deşarj noktasından Marmara Denizi alt tabaka akımına deşarj edilmektedir. Aşağıda verilen Çizelge 4.15'de İstanbul İli'nden Marmara Denizi ve Boğaz'a yapılan noktasal kirlilik yükü deşarjlarının dağılımı görülmektedir.

Çizelge 4.15 İstanbul'dan Marmara Denizi ve Boğaz'a yapılan noktasal kirlilik yükü deşarjlarının 2005 yılı verilerine göre yayılımı (Okuş vd., 2006)

KİRLİLİK KAYNAĞI	KİRLİLİK YÜKLERİ (ton/gün)			
	BOI ₅	AKM	Top-N	Top-P
MARMARA DENİZİ (%31)				
Üst Tabaka	133,2	159,7	20	4
Alt Tabaka	27,9	33,4	12,7	2,4
BOĞAZ-MARMARA GİRİŞİ (%21)				
Üst Tabaka	-	-	-	-
Alt Tabaka	109,7	131,7	35,5	3,5
İSTANBUL BOĞAZI (%48)				
Üst Tabaka	4,9	5,9	0,7	-
Alt Tabaka	178,9	214,5	28,5	5,8
TOPLAM	454,6	545,2	97,4	15,7

Tabloda İstanbul İli'nden kaynaklanan endüstriyel kirlilik yüklerinin %31'lik kısmının Marmara Denizi, %21'lik kısmının Boğaz-Marmara Girişi ve %48'lik kısmının da İstanbul Boğazı kesimlerinden deşarj edildiği görülmektedir. 2005 yılı verilerine dayanarak Marmara Denizi'ne yapılan atıksu deşarjları ve denize dökülen nehirlerin taşıdığı kirlilik göz önüne alındığında, İstanbul'dan Marmara Denizi'ne verilen kirlilik yüklerinin %45'lik kısmının Karadeniz'e ulaştığı, geriye kalan bölümünün Marmara Denizi'nde kaldığı varsayılabilir. Orhon (1991) tarafından Marmara Denizi'ne yapılan BOI₅ yüklerinin %70'inin İstanbul İli'nden kaynaklandığı bildirilmektedir. Günümüzde, İstanbul İli'nin Marmara Denizi'nin kirlenmesindeki kirletici payı 2/3'ten az değildir. Bu nedenle İstanbul'dan kaynaklanan kirlilik yüklerinin kontrol edilmesi sonucunda Marmara Denizi'nin çevre kirliliğinden büyük oranda korunmuş olacağı sonucuna ulaşılmaktadır (Okuş vd., 2006).

4.2 Derelerden Kaynaklanan Kirlenme

İstanbul'un sahip olduğu yüzeysel akış drenajı genel anlamda kuzeybatı-güneydoğu yönelimli bir akış özelliğinde ve İstanbul'u çevreleyen Karadeniz ve Marmara Denizi'yle irtibat halinde

olan akarsulardan meydana gelmektedir. Mevcut drenaj ağı İstanbul Avrupa yakasındaki üç önemli gölü beslemektedir. Bu akarsulardan doğu yönüne akanlar Terkos Gölü'nü, güney yönüne akanlar ise Küçükçekmece ve Büyükçekmece göllerinin yüzeysel akışlı su kaynaklarını oluşturmaktadır. İstanbul'un Avrupa yakasındaki su havzalarını besleyen drenaj ağları İstanbul Boğazı'na yaklaştıkça ağırlıklı olarak Marmara Denizine ve Haliç'e dolayısıyla İstanbul Boğazına ulaşmaktadır. Buna karşılık, Avrupa yakasında kuzeyde Terkos Havzası, Anadolu yakasındaki Ömerli ve Darlık barajları su toplama havzaları aracılığıyla sular Karadeniz'e ulaşmaktadır. Elmalı ve Alibey barajlarını besleyen akarsular ise sularını İstanbul Boğazı'na göndermektedir. İçme suyu havzaları dışında kalan dereler, bireysel olarak yağışlarla biriken suları, arazinin morfolojisinden kaynaklanan yönelişle Karadeniz, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'na taşımaktadırlar (İMP, 2006).

İstanbul İli yüzeysel su drenajı incelendiğinde Marmara Denizi ve Karadeniz'e dökülen birçok derenin mevcut olduğu görülmektedir. Atıksu deşarjları, topraktan sızma, yağmur sularının etkisi gibi çeşitli etkenlerle kirlenmeye maruz kalan derelerin denize taşıdığı kirlilik deniz suyu kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Deniz suyu kalitesinin korunması için İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından birçok derenin ıslah çalışmaları yapılmış olup halen bu çalışmalara devam edilmektedir. Bir sahil kenti olan İstanbul'un deniz suyu kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması amacıyla birçok çevre yatırımı yapılmaktadır. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nin uluslararası denize girilebilirlik kriterleri olan Mavi Bayrak standartlarını sağlayacak kaliteye getirilmesi amacıyla, İBB tarafından "Son Hamle: 140 Çözüm" adı altında bir çalışma programı hazırlanmış olup bu çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışma programının içeriğinde birçok derenin ıslah çalışmaları, atıksu ve yağmursuyu kolektörleri, sahil kuşaklama kolektörleri, atıksu tünelleri, toplama kanalları, arıtma tesisleri ve deniz deşarjları gibi altyapı yatırımları bulunmaktadır. 2006 yılı Haziran ayı verilerine göre proje kapsamındaki 140 paketlik çözümün 35 tanesi bitmiş ve 42 tanesi devam etmekte olup, geriye kalan 63 çözüm paketinin proje aşamasında olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen çözümlerin neticesinde İstanbul'un sahil kesimlerinde Mavi Bayrak kriterlerine sahip olan birçok plaja sahip olması amaçlanmaktadır.

İstanbul il sınırları içinde bulunan derelerin 50 tanesi DSİ tarafından kayıt altına alınmıştır. Kayıtlı derelerin 10 tanesi İstanbul Boğazına ve 10 tanesi de (5 adedi Kağıthane deresi ile) Haliç yolu ile dolaylı olarak Boğaza deşarj olmaktadır. Bu derelerin önemli kısmı düzenlenmiş, bir kısmının ise döküldüklerde yerde üstleri örtülerek kutu kesit haline getirilmiştir. Bu halleri ile deniz ile etkileşimleri sınırlandırılmıştır. 28 adet dere suyunu

Marmara Denizine vermektedir. Geri kalan 2 dere ise Karadenize deşarj olmaktadır. Derelerin bir kısmı üzerinde Baraj, regülatör gibi su yapıları bulunması nedeniyle kıyı alanlarına artık katı madde taşımamaktadır. Bunlara örnek olarak Kağıthane, Alibeyköy, Darlık ve Ağva dereleri verilebilir (Yüksel vd., 2006). Derelerin kirlenmesindeki en önemli etken atıksu deşarjları olmaktadır. Ayrıca erozyon ve yayılı kaynaklardan kaynaklanan kirlenici etkiler derelerdeki su kalitesinin bozulmasında diğer önemli etkenler olarak kendisini göstermektedir. Aşağıda verilen Çizelge 4.16’da bazı derelerde kirliliğe yol açan kaynaklar görülmektedir. Çizelgeden görüleceği gibi kirlenici kaynakların başında evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları gelmektedir.

Çizelge 4.16 Bazı derelerdeki kirlenmenin nedenleri (Çevre ve Orman Müdürlüğü)

DERE ADI	EVSEL	ENDÜSTRİYEL	EROZYON	TARIMSAL
Hamam D.	x		x	
Haramidere	x	x		
Göksu	x	x	x	
Kurbağalidere	x	x		
Küçükusu	x	x		
Riva	x		x	x
Kağıthane	x	x	x	
Cendere D.	x	x	x	
Ekşinoz	x	x		
Alibeyköy D.	x	x	x	
Ayamama D.	x	x		

İstanbul İlindeki drenaj problemleri *alansal* ve *noktasal* olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. *Alansal* olanlar, kuru ve sulu dereler boyunca aşırı yağışlar neticesinde akışa geçen suların dere yatağı dışına taşması sonucunda oluşmaktadır. *Noktasal* problemler ise derelerdeki altyapılarda olan yetersizlikler (örneğin, köprü veya menfezlerdeki kesitlerdeki yetersizlikler) veya dere yataklarına yapılan müdahaleler (örneğin, çöp atılması ve sedimentasyon, kaçak yapılaşma) sonucunda ortaya çıkan problemlerdir. Noktasal problemler giderilmedikçe drene edilemeyen sular geniş alanlara yayılan taşkın problemlerine dönüşmektedirler (İMP, 2006). İstanbul İli’nde mevcut problemlili derelerin ıslah edilmesi hususunda 1999 yılında İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (İMC) tarafından hazırlanan İSKİ Master Plan’da, planlama sahası dahilinde toplam 106 dere için genel bir değerlendirme yapılarak projeler geliştirilmiştir. Çizelge 4.17’de Master Plan çerçevesince ele alınan ve taşkın tehlikesi arz etmekte olup temizlenmesinin gerekli olduğuna karar verilen dereler görülmektedir (İSKİ Master Plan, 1999).

Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (İSKİ Master Plan, 1999)

DERE NO	DERE İSMİ	ANA TOPLAMA HAVZASI	HAVZA ALANI (HA)	ISLAH YAPISI UZUNLUĞU (M)
1	Pancaroglu	Tuzla	131	1 400
2	Sarpdere	Tuzla	529	3 300
3	Sazdere	Tuzla	5 349	37 800
3,01	Çayırova	Tuzla	2 850	494
3,02	Beylikdağ	Tuzla	4 500	642
3,03	Aşıroğlu	Tuzla	7 000	2 830
3,04	Suçıkan	Tuzla	3 850	578
4	Tuzla	Tuzla	3 747	33 200
5	Yeşildere	Tuzla	130	1 350
6	Kurudere	Tuzla	111	1 250
7	Kemiklidere	Tuzla	6 187	50 200
8	Kaynarca	Tuzla	405	3 400
9	Pendik Deresi	Tuzla	900	8 250
9,01	Pendik	Tuzla	5 100	570
9,02	Taşılbayır	Tuzla	2 800	312
10	Yalı mah.	Tuzla	364	2 400
11	Topservi mah.	Tuzla	383	2 400
12	Çavuşoğlu mah.	Tuzla	136	800
13	Karlıktepe mah.	Tuzla	127	1 000
14	Savak	Tuzla	449	3 850
15	Tugay	Tuzla	2 030	17 480
15,01	Bülbül	Tuzla	2 600	253
15,02	Panayır	Tuzla	3 350	180
15,03	Tavşantepe	Tuzla	2 500	518
16	Kör (Mezbaha)	Kadıköy	217	2 950
17	Esenyurt	Kadıköy	336	3 390
18	Küçükyalı	Kadıköy	66	870
19	İdealtepe	Kadıköy	1 025	8 180
19,01	Ağittepe	Kadıköy	480	95
19,02	Narlidere	Kadıköy	2 400	295
19,03	Çobanlar	Kadıköy	2 880	369
20	Çınar mah. I	Kadıköy	125	860
21	Çınar mah. II	Kadıköy	335	840
22	Çamaşırcı	Kadıköy	1 199	10 100
22,01	Baruthane	Kadıköy	1 880	210
23	Turşucu	Kadıköy	337	2 680
24	Caddebostan	Kadıköy	157	1 890
25	Fenerbahçe	Kadıköy	155	550
26	Kurbağalidere	Kadıköy	4 496	39 580
26,01	Kasrali	Kadıköy	2 010	215
26,02	Ünalan	Kadıköy	920	4 068
26,03	Ünalan II	Kadıköy	2 050	295
26,04	Karga	Kadıköy	600	50
26,05	Uzunçayır	Kadıköy	8 300	3 700

Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)

DERE NO	DERE İSMİ	ANA TOPLAMA HAVZASI	HAVZA ALANI (HA)	ISLAH YAPISI UZUNLUĞU (M)
26,06	Esatpaşa	Kadıköy	1 960	420
26,07	Kavaklık	Kadıköy	1 460	153
26,08	Ayvacık	Kadıköy	1 520	98
26,09	Küçükbakkalköy	Kadıköy	5 160	612
26,10	Taşıldere	Kadıköy	1 370	1 728
26,11	Şerifali ve kolları	Kadıköy	3 090	1 335
26,111	Akdeniz cad.	Kadıköy	800	114
26,112	I. Dere (Çakmak I)	Kadıköy	1 370	153
26,113	II. Dere (Çakmak II)	Kadıköy	800	157
26,114	Sazlıdere	Kadıköy	420	81
26,115	Acısu	Kadıköy	1 030	203
26,116	Çobançeşme	Kadıköy	5 550	676
27	Seyitahmet	Kadıköy	691	4 610
27,01	Dinlençkolu	Kadıköy	2 010	279
28	İstavroz	Küçüksu	448	4 020
28,01	Küplüce	Küçüksu	900	113
28,02	Karaağaç	Küçüksu	1 140	148
28,03	Burhaniye	Küçüksu	950	124
29	Bekar	Küçüksu	473	2 760
29,01	Talimhane	Küçüksu	1 000	125
29,02	Güzeltepe	Küçüksu	380	146
29,03	Kirazlıtepe	Küçüksu	800	251
30	Küçüksu	Küçüksu	2 119	18 230
30,01	Yavuztürk	Küçüksu	7 450	658
30,02	Ayazma	Küçüksu	7 710	1 007
30,03	Hamamlı	Küçüksu	480	90
31	Göksu	Küçüksu	639	5 130
32	Dolaybağı	Küçüksu	54	400
33	Kavacık	Küçüksu	136	960
34	Çubuklu	Paşabahçe	1 192	10 300
34,01	Kireçocağı	Paşabahçe	450	135
34,02	Engürübağ	Paşabahçe	1 060	160
35	Çiftehavuzlar	Paşabahçe	276	2 670
36	Cendere	Paşabahçe	131	650
37	Hürriyet Kor.	Paşabahçe	131	950
38	Beykoz	Paşabahçe	2 396	19 970
38,01	Tokat	Paşabahçe	2 730	322
38,02	Dereseki	Paşabahçe	15 720	1 920
39	Harmanlık	Sarıyer	2 815	10 230
40	Değirmendere	Sarıyer	1 614	7 650
41	Rumelikavağı	Tarabya	331	1 070
42	Sarıyer	Tarabya	640	4 500
43	Çayırbaşı	Tarabya	1 158	8 890
44	Tarabya	Tarabya	233	540
45	Kalender	Tarabya	69	400

Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)

DERE NO	DERE İSMİ	ANA TOPLAMA HAVZASI	HAVZA ALANI (HA)	ISLAH YAPISI UZUNLUĞU (M)
46	İstinye	Tarabya	564	3 360
47	Baltalimanı	Baltalimanı	832	6 300
47,01	Alman	Baltalimanı	2 150	306
48	Küçükbebek	Baltalimanı	37	520
49	Büyükbebek	Kuzey Haliç	67	780
50	Arnavutkoy Mevkii	Kuzey Haliç	96	1 490
51	Ortaköy	Kuzey Haliç	404	2 290
51,01	Sakaoğlu	Kuzey Haliç	970	87
51,02	Kurudere	Kuzey Haliç	600	67
52	Ihlamur	Kuzey Haliç	362	2 330
53	Dolmabahçe Mevkii	Kuzey Haliç	60	1 010
54	Kasımpaşa	Kuzey Haliç	955	5 270
54,01	Dolapdere	Kuzey Haliç	1 450	246
54,02	Cindere	Kuzey Haliç	1 670	101
54,03	Feriköy	Kuzey Haliç	440	34
54,04	Baruthane	Kuzey Haliç	2 990	314
55	Kağıthane	Kuzey Haliç	15 697	35 390
55,01	Galata	Kuzey Haliç	2 390	414
55,02	Keçi	Kuzey Haliç	2 510	362
55,03	Çömlekçi	Kuzey Haliç	4 320	2 132
55,04	Kurtkemerli	Kuzey Haliç	2 150	2 256
56	Alibeyköy	Güney Haliç	3 317	19 550
56,01	Küçükköy	Güney Haliç	9 940	1 726
57	Yenikapı	Güney Haliç	635	11 240
58	Surdişi	Güney Haliç	444	3 480
59	Seyit Nizam	Güney Haliç	93	1 950
60	Ayvalı	Güney Haliç	3 617	13 900
60,01	Cicoz	Güney Haliç	2 100	271
60,02	Metris	Güney Haliç	4 380	516
61	Çırpıcı	Güney Haliç	1 728	12 975
61,01	Soğuksu	Güney Haliç	1 560	243
61,02	Çin Çin	Güney Haliç	1 650	175
62	Kocasinan	Küçükçekmece	2 525	18 730
62,01	Kuru	Küçükçekmece	2 350	333
62,02	Tavukçu	Küçükçekmece	10 030	1 390
63	Ayamama	Küçükçekmece	6 252	52 140
63,01	Yenibosna	Küçükçekmece	4 350	462
63,02	Sefaköy	Küçükçekmece	37 170	5 638
63,03	Kaynarca	Küçükçekmece	8 720	856
64	Florya	Küçükçekmece	176	2 100
65	Kanlıkuyu	Küçükçekmece	352	3 770
66	Kanarya	Küçükçekmece	295	2 200
67	Nakkaş	Küçükçekmece	4 195	31 630
67,01	Menekşe	Küçükçekmece	17 220	2 350

Çizelge 4.17 Master Plan çalışma alanındaki dereler (devam)

DERE NO	DERE İSMİ	ANA TOPLAMA HAVZASI	HAVZA ALANI (HA)	ISLAH YAPISI UZUNLUĞU (M)
67,02	Hasanoğlu	Küçükçekmece	12 060	1 584
68	Sazlıdere	Küçükçekmece	1 733	10 017
69	Tahtakale	Küçükçekmece	315	2 310
70	Eşkinöz	Küçükçekmece	7 669	64 780
70,01	Turan	Küçükçekmece	4 490	620
71	Ambarlı	Küçükçekmece	272	1 475
72	Haramidere	Küçükçekmece	5 054	27 000
72,01	Saadet	Küçükçekmece	1 830	274
73	Kavaklı	Küçükçekmece	1 755	11 930
74	Gürpınar	Küçükçekmece	497	2 450
75	Çukurbağları	Büyükçekmece	250	900
76	Sülüklügöl	Büyükçekmece	188	900
77	Kemer	Büyükçekmece	445	1 600
78	Fatih mah. I	Büyükçekmece	178	650
79	Fatih mah. II	Büyükçekmece	108	1 075
80	Yoğurthane	Büyükçekmece	116	500
81	Rauf Ayanlı	Büyükçekmece	129	450
82	Güzelce	Büyükçekmece	255	2 050
83	Mandıra	Büyükçekmece	327	1 800
84	Güzelce Mevkii	Büyükçekmece	157	2 300
85	Kabaklar	Büyükçekmece	200	900
86	Kumburgaz	Büyükçekmece	327	1 450
87	Ayazma Mevkii	Büyükçekmece	108	1 900
88	Ayazma	Büyükçekmece	170	500
89	Kamiloba	Büyükçekmece	137	550
90	Soğukçeşme	Büyükçekmece	270	1 250
91	Yeldeğirmeni	Büyükçekmece	193	1 150
92	Celaliye	Büyükçekmece	70	850
93	Güvercin	Büyükçekmece	780	4 340
94	Selimpaşa	Silivri	161	850
95	Kocadere	Silivri	12 066	3 000
96	Kavaklar	Silivri	1 552	9 890
97	Kırlangıç	Silivri	529	2 400
98	Kırkavaklar	Silivri	4 098	17 290
99	Fener	Silivri	6 140	4 550
100	Çamur	Silivri	1 574	1 790
101	Çamlı	Silivri	114	700
102	Kula	Silivri	19 198	3 890
103	Çanta	Silivri	7 639	3 670
104	Rumpınarı	Silivri	355	1 310
105	Damlıca	Silivri	229	750
106	Bostan	Silivri	2 079	820

İstanbul İli'ndeki dere ıslah çalışmaları İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSKİ ve ilçe belediyelerinin müşterek çalışmaları neticesinde gerçekleştirilmektedir. Dere ıslah çalışmaları sırasında dere ıslahı ile birlikte derenin her iki tarafına toplayıcı atıksu kanalları, köprü, imar planları müsait olan yerlerde yan yol, altyapı tesisleri ve çevre düzenlemesi yapılmaktadır.

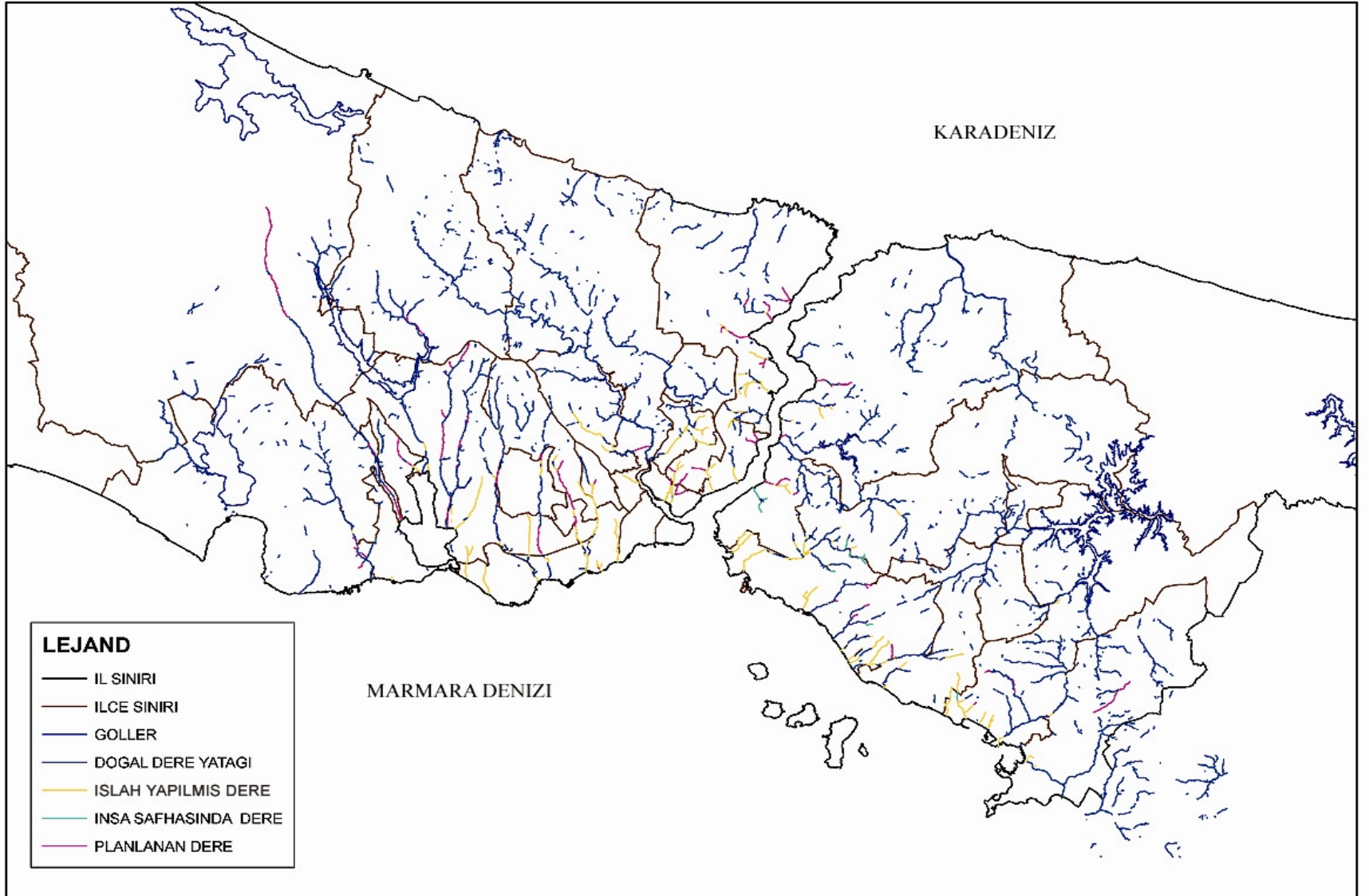
İstanbul Büyükşehir Belediyesinden alınan bilgiye göre dere ıslahları çerçevesince gerçekleştirilen çalışmalarla Kurbağalıdere, Küçüksu Deresi, Tugay Deresi, Turşucudere, Çamaşırcıdere, Küçükyalı Deresi, Savaklar Deresi, Pendik Deresi, Sarıyer Deresi ve Çayırbaşı Deresi vasıtasıyla Marmara Denizi'ne ve İstanbul Boğazı'na, Nakkaşdere ve Halkalı Deresi vasıtasıyla da Küçükçekmece Gölü'ne atıksu girişi tamamen önlenmiş bulunmaktadır.

Deniz kirliliğinin önlenmesinde önemli bir unsuru oluşturan dere ıslah çalışmalarında halihazırda gelinen noktaya bakıldığında 2005 yılı Ekim ayı itibariyle, hedeflenen yaklaşık 618 km uzunluğundaki dere ıslahının yaklaşık 298 km'sinin tamamlandığı ve geriye kalan yaklaşık 320 km'lik kısmın ıslah çalışmalarının devam ettiği görülmektedir. Aşağıda verilen Çizelge 4.18'de dere ıslah metrajlarına ait bilgiler görülmektedir.

Çizelge 4.18 Ekim 2005 itibariyle dere ıslahları metrajı (İMP, 2006)

	ASYA YAKASI	AVRUPA YAKASI	İL GENELİ
Toplam Dere Uzunluğu (m)	281987	336.033	618.020
İslahı Planlanan Dere Uzunluğu (m)	170475	149.676	320.151
Tamamlanan Dere Uzunluğu (m)	111512	186.357	297.869

Tablodan anlaşılabacağı gibi İstanbul İli'nde sürdürülen dere ıslah çalışmalarında, ıslahı planlanan derelerin Ekim 2005 itibariyle %48'lik kısmının ıslahının tamamlandığı görülmektedir. Asya ve Avrupa yakaları ayrı ayrı ele alındığında ise Asya yakasındaki ıslah çalışmalarının %39,5'lik kısmının, Avrupa yakasındaki ıslah çalışmalarının ise %55,5'lik kısmının tamamlanmış olduğu izlenmektedir. Şekil 4.4'de İstanbul İli'nde ıslahı tamamlanan, inşaat çalışmaları devam eden ve planlama aşamasında olan dereler verilmektedir.



Şekil 4.7 İstanbul İli'nde ıslahı yapılan dereler (İMP verilerinden derlenerek tez kapsamında hazırlanmıştır.)

Derelerin ıslah çalışmalarının tamamlanmasıyla, dereler vasıtasıyla Marmara Denizi'ne kirliliğin önüne geçilmiş olacaktır. Derelere atıksu girişinin önlenmesi ile derelerin açık kanal şeklinde akarak denize kirlilik yükü taşımasının önüne geçilmiş olacaktır. Atıksu deşarjlarına ilaveten derelerin Marmara Denizi'ne olan kirlletici etkilerinin bir diğer yönü de taşkın suları ile olmaktadır. Okuş vd. (2006) tarafından bildirildiğine göre İstanbul İli'nin yaklaşık 130.000 hektarlık bir alansal büyüklüğe sahip olan yerleşim alanlarından, Marmara Denizi ve Boğaz sularına yıllık olarak 1×10^9 m³/yıl debilik taşkın sularından kaynaklanan bir su girişi olmaktadır. 2032 yılında kentsel gelişim çerçevesince yapılaşmanın daha da artması ile taşkın suyu debisinin $1,8 \times 10^9$ m³/yıl mertebelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Taşkın sularıyla taşınan AKM, BOI₅, toplam azot ve toplam fosfor parametreleri kirlilik yüklerinin, 2032 yılında sırasıyla %120, %20, %40 ve %30'lık bir artış göstereceği öngörülmektedir. Bu nedenle kirliliğin önlenmesinde, atıksu toplama sistemlerinin yanında taşkın sularının etkin bir biçimde toplanması gerekmektedir (Okuş vd., 2006).

Aşağıda verilen Çizelge 4.19'da Marmara Denizi'ne sel ve taşkın sularıyla gelen AKM, BOI₅, toplam azot ve toplam fosfor parametreleri kirlilik yükleri ve miktarları görülmektedir.

Çizelge 4.19 Taşkın sularıyla gelen kirlilik yükleri (ton/gün) (Okuş vd., 2006)

YIL	AKM	BOI ₅	TOPLAM-N	TOPLAM-P
1995	246	32	10	1,2

4.3 Karadeniz'den Kaynaklanan Kirlenme

Karadeniz yüzey alanı 422.000 km², hacmi 547.015 km³ olan yarı kapalı bir iç denizdir. Toplam kıyı uzunluğu 4000 km'den fazladır. Karadeniz'in ortalama derinliği 1272 m olup, Ayancık'ın (Türkiye) Kerempe burnundan yaklaşık 80 km kuzeyde tüm Karadeniz için maksimum derinlik olan 2245 m'ye ulaşılmaktadır (Doğan vd., 1996).

Karadeniz'de yıllık yağış miktarı 300 km³/yıl, yüzeysel akış 350 km³/yıl ve buharlaşma da yine 350 km³/yıl civarındadır. Meydana gelen 300 km³/yıl mertebesindeki akım fazlalığı Boğaz yoluyla deşarj edilmek suretiyle dengelenmektedir. Önceki yıllara ait çalışmalarda yapılmış olan uzun dönem tuzluluk ölçümlerine göre Boğaz boyunca gerçekleşen iki tabakalı akım sisteminde, üst tabakada 600 km³/yıl civarında yüzey akımı ve alt tabakada da 300 km³/yıl civarında alt tabaka akımı şeklinde bir denge durumu olmaktadır. Karadeniz'in önemli tatlı su kaynakları kuzey batısındaki Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleridir. Tatlı suyun neredeyse yarısı Tuna nehri tarafından sağlanmaktadır. Karadeniz'in su seviyesi ile

Tuna nehrinin akışı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Hatta büyük oranda Boğaz tarafından kontrol edildiği düşünülen yıllık zaman ölçeği üzerinde de bu nehrin akışı etkilidir (Yüksel vd., 2006).

Karadeniz'in oşinografisi coğrafi konuma, dip ve kıyı rölyefine ve su bütçesine bağlıdır. Karadeniz'e giren ve çıkan su dengesi korunmakta ve yıllık su bütçesi sağlanmaktadır. Karadeniz'de birbirinden kesin olarak ayrılmış iki su kütlesi bulunmaktadır. Bunlar %18 oranında tuzluluğa sahip olan yüzeysel su kütlesi ve %23 oranında tuzluluğa sahip olan Akdeniz ile Karadeniz karışımından oluşan alt tabaka suyudur. Karadeniz'de yüzey suyu sıcaklığı da mevsimsel ve yerel değişimler göstermektedir. Kışın su sıcaklığı ortalama 6-7 °C'ye kadar düşerken; güney kesimlerinde 8-9 °C; kuzey kesimlerinde ise 2-3 °C olmaktadır. Tuzluluğun da düşük olması nedeniyle kışın Odessa Körfezi ve Azak Denizi'nde sular donmaktadır. Yaz aylarında ise ortalama 20-22 °C olan yüzey suyu sıcaklığı; doğu ve güney kıyılarında 24-25 °C 'ye kadar yükselmektedir (Doğan vd., 1996). Karadeniz'in alt tabaka suyundaki sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimleri Çizelge 4.20'de verilmektedir.

Çizelge 4.20 Karadeniz'in alt tabaka suyundaki değişimler (Doğan vd., 1996)

PARAMETRE	100 m	150 m	200 m	500 m	1000 m	1700 m	>1700m
Sıcaklık (°C)	7,5	8,1	8,7	8,9	9,0	9,2	9,2
Tuzluluk (‰)	20,0	21,0	21,4	22,0	22,2	22,4	22,4
Yoğunluk	15,6	16,1	16,8	17,0	17,2	17,2	17,2

Karadeniz'in sularının yenilenmesi sadece İstanbul Boğazı yolu ile olmaktadır. Boğazlar aynı zamanda Akdeniz ile Karadeniz arasında önemli bir biyolojik koridordur. Mevsime bağlı olarak Marmara'dan Karadeniz'e ve Karadeniz'den Marmara'ya başta balık olmak üzere su ürünleri göçleri olmaktadır. Karadeniz, İstanbul Boğazı üzerinden Marmara'ya, Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi aracılığıyla da Akdeniz 'e bağlanmaktadır. Bol yağış, az buharlaşma ve karasal tatlısu girdilerinin fazlalığı sebebiyle Karadeniz'de yüzey sularında su bütçesi her zaman fazlalık göstermekte bu sebeple yüzey suları İstanbul Boğazı yoluyla Marmara Denizi 'ne doğru akmaktadır. Boğazdaki ters akıntı sistemi ise Ege'in tuzlu sularını Karadeniz'in dip basenine taşımaktadır.

Karadeniz'de 150-200 m derinlikler arasında yeralan kalıcı haloklin tabakası bol oksijenli üst tabaka suyu ile hidrojen sülfürlü dip sularını birbirinden ayırmaktadır. Üst tabakanın kalınlığı 10-50 m mertebesinde mevsimsel olarak değişim göstermektedir. Yüzeyde sıcaklığın artmaya başladığı ilkbahar ve yaz aylarında ise mevsimlik termoklin oluşmaktadır. Bu tabakanın

altında sıcaklığı 8°C den küçük Soğuk Ara Tabaka (SAT) yer almaktadır. Karadeniz'in su kolonunda derinliğe bağlı olarak tuzluluğun artması, sıcaklığın azalmasından dolayı kararlı bir yoğunluk tabakalaşması vardır. Bu tabakalaşmaya katkıda bulunan Akdeniz suyu, İstanbul Boğazı'ndan çıktıktan sonra Soğuk Ara Tabaka suyu ile karışarak sıcaklığı 14,5°C'den 8°C'ye, tuzluluğu 37 psu dan 22,8 psu değerine düşmekte ve kıta yamacı boyunca batarak halokline ulaşmaktadır (Yüksel vd., 2006).

Karadeniz'den gelen kirlilik yükleri ve Marmara-Karadeniz etkileşimi de İstanbul Boğazı'ndaki su kalitesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Dünyanın en büyük iç denizi olan Karadeniz anoksik bir su kütlesi konumundadır. Sularının %87-90'ı oksijenden yoksundur. Karadeniz sularının boğaz yoluyla yenilenmesi zayıf ve içsel karışımın da az olması nedeniyle Karadeniz suyunun yenilenme süresi bin yıla yakın bir zaman almaktadır. Karadeniz önemli boyuttaki bir kirlenme sorunu ile karşı karşıyadır. Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler kirlenmenin önüne geçilmesi amacıyla biraraya gelerek çeşitli çalışmalar başlatmışlardır. Karadeniz'e kıyısı olan altı ülkeden toplanan verilere göre toplam evsel, endüstriyel ve nehir kaynaklı kirlenmenin, temel kirleticiler olan BOİ₅, TAKM, Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) parametreleri cinsinden değerlendirilmesi ve dağılımlar Çizelge 4.21'de verilmektedir.

Çizelge 4.21 Karadeniz'deki kirlilik yüklerinin kaynaklarına göre dağılımı (Yüksel vd., 2006)

BİLEŞEN	BOİ ₅		TAKM		TOPLAM N	TOP.İNORG. N	TOPLAM P	
	(ton/yıl)	(%)	(ton/yıl)	(%)	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(%)
Evsel+Endüstr.	150.775	14,3	358.008	0.7	167.228	-	8.679	18,3
Ulusal Nehirler	55.318	5,3	5.494.408	10.0	49.526	11.770	4.951	10,4
Uluslararası Nehirler	844.774	80.4	48.855.000	89.3	386.638	33.930	33.776	71.3
TOPLAM	1.050.867	100,0	54.707.416	100.0	603.638	45.700	47.406	100.0

Çizelge 4.21'den görüldüğü gibi toplam kirliliğin en önemli bölümü nehirler tarafından Karadeniz'e taşınmaktadır. Karadeniz'e boşalan akarsulardan Tuna nehri en büyük debiye sahiptir. Dolayısıyla Karadeniz'e akarsularla taşınan kirlilikten büyük oranda Tuna Nehri sorumlu olmaktadır. Tuna Nehri'nin yıllık ortalama debisi 4000-9000 m³/s arasında

değişmektedir. Diğer önemli nehirler ise debileri Tuna'nın yaklaşık üçte biri kadar olan Dinyeper ve Dinyester nehirleridir. Karadeniz'e Türkiye kıyılarından boşalan nehirlerin debileri ise, 100-600 m³/s arasındadır. Altı ülkenin Karadeniz'e kıyısı olmakla birlikte bu nehirleri içerisinde geçtiği onbir ayrı ülkeden Karadeniz'e kirlilik yükü taşınmaktadır. Avrupa kıtasında oluşan kirliliğin yaklaşık olarak üçte birinin Karadeniz'e ulaştığı tahmin edilmektedir. Karadeniz'e Türkiye'den deşarj edilen kirlilik yüklerine bakıldığında daha çok evsel kökenli olduğu görülmektedir. Karadeniz'e gelen toplam yağ kirliliği ise 110.840 t/yıl olarak tahmin edilmektedir. Bunun 57.404 t/yıllık kısmı Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerden deşarj edilirken, kaza sonucu yağ dökülmesi 136 t/yıl olarak geçmiş yılların ortalaması alınarak hesaplanmış ve gemilerden kaçak olarak yapılan deşarjlar dahil edilmemiştir (Yüksel vd., 2006).

Karadeniz ve Marmara Denizi'ni birbirine bağlayan ve aralarındaki su alışverişini sağlayan konumu ile İstanbul Boğazı bu denizlerin biyojeokimyasal özelliklerinin etkisi altında olmaktadır. Karadeniz'in yüzeydeki oksijenli tabakasının hemen altındaki derin basen suları sürekli oksijensizdir ve tabana doğru artan yüksek derişimlerde hidrojen sülfür (H₂S) içermektedir. Karadeniz'de dikey karışımlar haloklinin üst sınırına kadar etkili olduğundan oksijenli yüzey tabakasından sülfürlü derin sulara çözülmüş oksijen (ÇO) taşınımı çok sınırlı olmaktadır. Karadeniz'de kıyısız alanlarda nehir girdilerine paralel olarak düşey ve yatay taşınım mekanizmaları ile sedimandan olan girdiler besin tuzlarına kaynak oluşturmaktadır. Karadeniz'de birincil üretim yıl boyunca ilkbahar ve sonbaharda olmak üzere iki kez pik değerlere ulaşmaktadır. Son 10-15 yıldır ayrıca yaz fitoplankton patlamaları ve yüksek düzeyde birincil üretim hem kıyılarda hem de açık Karadeniz sularında gözlenmiştir (Yüksel vd., 2006).

Karadeniz ve Marmara Denizi arasında sürekli bir etkileşim altında olan İstanbul Boğazı'nda, her iki denizin taşıdığı kirlilik yükleri akıntılar vasıtasıyla taşınmaktadır. Karadeniz'den kaynaklanan kirlilik yükleri yüzeysel akım ile İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'ne taşınırken, Marmara Denizi'nin sahip olduğu kirlilik alt tabaka akımıyla Boğaz'a ve oradan da Karadeniz'e taşınmaktadır. Ancak bu taşınım esnasında meydana gelen düşey karışımlar farklı tabakalardaki kirlilik yüklerinin tabakalar arasında geçiş yaparak birbirine karışmasına neden olabilmektedir.

Aşağıda verilen Çizelge 4.22'de İstanbul Boğazı ile Karadeniz arasındaki kirlilik yükü taşınımı görülmektedir.

Çizelge 4.22 İstanbul Boğazı ile Karadeniz arasındaki 1996 yılı verilerine göre kirlilik yükü taşınımı (Yüksel vd., 2006)

	TOPLAM N (ton/yıl)	TOPLAM P (ton/yıl)	TOK (ton/yıl)	BOİ (ton/yıl)	TAKM (ton/yıl)
Marmara Denizi'ne	190.000	12.000	1.520.000	-	-
Karadeniz'e	60.000	10.000	350.000	-	-

4.4 Deniz Ulaşımı Ve Deniz Kazaları Sonucunda Meydana Gelen Kirlenme

4.4.1 Gemi Kaynaklı Atıksular

Deniz yolu taşımacılığı, diğer taşıma sistemlerine göre dünya ticaretinde en etkin ulaşım sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kitlesel ve en ucuz taşıma olanağına sahip oluşu, deniz yolu taşımacılığının diğer taşıma sistemlerine göre daha çok tercih edilmesini kaçınılmaz duruma getirmektedir. Türk boğazlar sistemi, büyük hacimlerde tehlikeli kargo taşıyan gemilerin kıyılara çok yakın mesafelerden, geçtiği dünyanın en yoğun ve kaza ihtimali en yüksek uluslar arası deniz taşımacılığının yapıldığı bir su yoludur. Bu bakımdan Türkiye'nin komşuları dışındaki diğer ülkeler içinde su yolu olarak aynı stratejik önemi taşımaktadır.

Türkiye'de özellikle Marmara Denizi, İstanbul ve Çanakkale Boğazları ve İstanbul, İzmir, Mersin, İskenderun gibi yoğun deniz trafiğinin gerçekleştiği kıyı kentleri petrol ve diğer kirletici maddelerin dökülmesi riskine maruz kalmaktadır. Coğrafi konumu nedeniyle yoğun bir kirliliğe maruz kalan denizlerimizdeki kirlenmenin kaynaklarından bir tanesi de gemi ve diğer deniz araçlarından atılan sıvı ve katı atıklar olmaktadır. Bugün Türk Boğazlar bölgesinden geçmekte olan gemi trafiği dünya genelinde büyük yararlar sağlarken, bu bölgede yaşamakta olan insanların can, mal ve çevre güvenliği ile canlı ekosistemini tehdit eder boyutlara ulaşmıştır (Taş, 2001).

Gemi İnşa Sanayiindeki teknolojik gelişmeler ve Hazar Petrollerinin Uluslar arası pazara çıkarılması gibi nedenlerle son yıllarda Türk Boğazlarından geçen gemilerin boyutları, tonajları ve taşınan tehlikeli yüklerin çeşitlerinde ve miktarlarında da önemli artışlar meydana gelmiştir. Önceki yıllarda tehlikeli yük taşıyan gemilerin oranı %10'lar civarında iken 2000 yılında bu oran %18'lere çıkmıştır. Daha üç yıl önceye kadar İstanbul Boğazı'ndan taşınan petrol ve petrol ürünleri miktarı yılda 65 milyon ton iken 1999 yılında 82 milyon tona, 2000

yılında 91 milyon tona, 2001 yılında ise 101 milyon tona ulaşmıştır. Halen İstanbul Boğazından günde ortalama 150, Çanakkale Boğazından ise günde 100 gemi geçiş yapmaktadır. Bunun yanında mevcut yoğun tanker trafiğinin gelecek 5 yılda günde asgari 20 büyük tankere, müteakip 5 yılda ise günde 30 büyük tankere ulaşması beklenmektedir (T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı, 2006).

Birçok konuda avantajlara sahip olan deniz taşımacılığı beraberinde birtakım sorunları da getirmektedir. Bu sorunlardan biri ve en önemlisi deniz taşımacılığı sonucunda oluşan deniz kirliliğidir. Deniz kirliliği, denizlerin kirlletici maddeler ile kendini arıtma yeteneğinin üzerinde yüklenilmesi sonucunda oluşmaktadır. Gemi ulaşımının sebep olduğu deniz kirliliğinden söz edildiğinde kirlletici maddeler şu şekilde sıralanabilir:

- Petrol Ürünleri
- Radyoaktif maddeler
- Kütle halinde taşınan zehirli sıvı maddeler
- Paket halinde veya taşınabilir tanklarda, yük konteynerlerinde, vagon veya kamyonlu tanklarda taşınan zararlı maddeler,
- Gemilerin sintine, balast ve tank yıkama suları
- Gemi kaynaklı evsel atık sular (tuvalet, lavabo, duş ve mutfaklardan gelen sular)
- Gemilerin çöpleri

4.4.1.1 Evsel Atıksular

Deniz kirliliğinin yaklaşık % 20 sini oluşturan gemi kaynaklı kirlenmenin kontrolü, sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından önem taşıırken gemi taşımacılığı sırasında gemi kaynaklı kirlenmeye karşı duyarlı ülke karasularında seyir açısından da önemli bir gündem maddesi oluşturmaktadır. Gemi kaynaklı evsel atıksuların içerdiği kirleticiler, denizlerde çeşitli olumsuzluklara neden olmakta, bunun önlenmesi için de gemi atıksularının uygun şekilde toplanması, kontrollü olarak arıtılması ve deşarj edilmesi gerekmektedir (Baykal ve Baykal, 1999).

Gemi kaynaklı evsel atıksular esasen tuvalet, lavabo, duş ve mutfaklardan gelmektedir. Bunlardan tuvalet suları, kirlilik düzeyi en yüksek olanıdır ve siyah su (black water) olarak adlandırılmaktadır. Mutfaklardan gelenler dâhil diğer evsel atıksular siyah suya oranla daha

düşük düzeyde kirleticilik özelliğine sahiptir ve gri su (grey water) olarak bilinmektedir. Evsel atıksular herbiri deniz ortamında oldukça önemli kirlilik oluşturan, organik madde, nütrient, askıda katı madde ve koliform oluşturmaları açısından çok önemlidir.

Tuvalet kaynaklı siyah su yüksek miktarlarda organik madde, askıda katı madde, azot, fosfor ve koliform içerirken, mutfak kaynaklı gri suyun koliform içeriği siyah suya oranla önemsizdir ve diğer kirleticiler de daha düşük konsantrasyonlarla bulunmaktadır. BOI (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) ve KOI (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) parametreleri ile ölçülen organik maddeler, su ortamında sudaki yaşamın sürdürülmesi için esas olan oksijeni tüketirken, askıda katı madde (AKM) su ortamında esasen bulanıklık yaratmak ve dibe çökerek doğal yaşam ortamını bozmak yanında zaman içinde derinlik kaybına da neden olmaktadır. Besi maddeleri olarak bilinen azot ve fosfor, özellikle su sirkülasyonunun kısıtlı olduğu sularda ötrofikasyon adı verilen çok önemli bir çevre sorununa yol açmaktadır. Öte yandan koliform ölçümleri suyun mikrobiyolojik kalitesini değerlendirmek amacı ile yapılmakta ve patojen (hastalık yapıcı) mikroorganizmaların göstergesi olarak kullanılmaktadır. Çizelge 4.23’de gemi kaynaklı evsel atıksuların özellikleri görülmektedir.

Çizelge 4.23 Gemi kaynaklı evsel atıksuların özellikleri (Baykal ve Baykal, 1999)

TUVALET KÖKENLİ ATIKSULAR	MİKTAR
Atıksu hacmi	140 l/kişi.gün
BOI ₅	350 mg/l
AKM	350 mg/l
DİĞER ATIKSULAR	MİKTAR
Atıksu hacmi	150 l/kişi.gün
BOI ₅	150 mg/l
AKM	125 mg/l

Gemi kaynaklı evsel atıksuların deşarjı hususunda dünyadaki uygulamalara bakıldığında, gemilerden deşarj edilecek atıksular için en yaygın olarak kullanılan kurallar ve limitlerin IMO ve MARPOL (IMO, 1977) tarafından verilen değerler olduğu görülmektedir. Bu çerçevede deniz araçlarına, arıtılmamış evsel atıksularını ancak en yakın kıyıdan en az 12 mil açıldıktan sonra deşarj etme izni vermektedir. Öğütücüden geçirilmiş (comminuted) atıksuyun deşarj edilebileceği bölge için ise en yakın karadan en az 3 mil açıkta olmak şartı getirilmiştir. Tanımlanan bölgeler haricindeki atıksu deşarjları ise ancak saptanmış olan limitlerin altına inilmesi sureti ile mümkün olmaktadır. Buna göre, deniz araçları için evsel atıksulardan kaynaklanan kirlilik parametreleri, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI), askıda katı madde

(AKM) ve koliform sayısı olarak sıralanmakta ve IMO / MARPOL deşarj limitleri;

BOI : 50 mg/l

AKM : 50 mg/l (kıyıda alınan örneklerde)

AKM :100 mg/l (seyir halinde alınan örneklerde)

Koliform : 250 koliform/100 ml olarak verilmektedir (Baykal ve Baykal, 1999).

Zırhlı Ö. (2004) tarafından bildirildiğine göre, İstanbul'da deniz trafiği sonucu her gün İstanbul'u çevreleyen denizlere en az 25.000 kişilik eşdeğer nüfusa denk gelen yaklaşık 2000 m³/gün'lük bir evsel atıksu deşarjı söz konusudur. Bu deşarjlarla birlikte, İstanbul'u çevreleyen denizlerde etkili olabilecek kirlilik yükleri sırasıyla yaklaşık 1300 kg BOI /gün ve 800 kg AKM /gün olarak hesaplanmaktadır (Zırhlı, 2004).

4.4.1.2 Sintine Suları

Sintine suyu gemilerde bulunan makine, ekipman ve diğer yıkama proseslerinden kaynaklanan sızıntı yağlı atıksuları içermektedir. Bu nedenle yağ oranı sintine sularında oldukça yüksektir. Deniz ortamı açısından en önemli kirleticilerden biri olan yağ, gemi kaynaklı kirleticiler içinde de en tanınanıdır. Yoğunluğu deniz suyundan az olan yağ, deniz içindeki organizmalar için hayati önem taşıyan çözünmüş oksijenin difüzyonunu engelleyen bir tabaka oluşturmaktadır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olan bu durum sonucunda, bazı özel türler ortamı terk ederek, çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksek olan bölgelere gitmektedirler. Diğer taraftan yağ güneş ışığının deniz suyuna nüfuz etmesini engelleyerek, deniz ortamındaki ekolojik dengesizlik problemleri oluşturabilir. Bundan başka yağ balıkların solungaçlarına yapışarak solunum yapmalarına, deniz kuşlarının ise tüylerine yapışarak uçmalarına engel olmaktadır.

Gemi kaynaklı deniz kirliliğinde, sintine sularının kontrolü oldukça önemli bir husustur. Ayrıca sintine suyunun içerdiği yağ oranının yüksek olması, geri kazanım açısından bir gelir kaynağı olarak kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bu nedenle sintine sularının kontrolüne ve toplanmasına diğer kirletici kaynaklara nazaran daha fazla önem verilmektedir.

İstanbul ilindeki deniz trafiği sonucunda, kirlilik yaratarak etkili olabilecek sintine miktarının genel bir yaklaşımla 27.000 ton/yıl olduğu belirtilmektedir. Bu sintinenin içerisinde %10 oranında geri kazanılabilecek yağ olduğu kabul edildiğinde her yıl İstanbul'u çevreleyen denizlere 2.700 ton atık yağ deşarj edildiğini söylemek mümkündür (Zırhlı, 2004).

4.4.1.3 Balast Suları

Gemi kaynaklı kirliliğin bir diğer kaynağı da gemi balast sularının denizlere boşaltılmasıdır. Balast suyu, gemiye ağırlık sağlayarak suya oturmasını ve böylece geminin dengede kalmasını sağlamak amacıyla gemilerin tanklarına almak zorunda oldukları sudur. Özellikle yük taşımayan gemiler balast suyu taşımak zorundadırlar.

Bir geminin sahil suyu veya liman sularından balast tanklarına doldurduğu deniz suyu çeşitli tortular, yabancı türler ve suda yaşayan patojenler vb. içerebilir. Yabancı türler doğal yollar dışında, balast suları veya deniz araçlarının deniz altı ekipmanları ile kaza eseri yeni ekosistemlere taşınabilmektedir. Yabancı türler yeni girdiği ekosistemlerde uygun koşul bulması durumunda ekosistemin dengesini elverişsiz yönde etkileyerek yayılcı bir özellik gösterebilmektedir.

Balast sularının deniz ortamına etkilerine bakıldığında, gemilerin dünyanın herhangi bir yerinden aldıkları balast sularını farklı bir yere boşalttıklarında, suyu aldıkları yerdeki canlı organizmaları da yeni bir yere taşımış olmaktadır. Taşınan canlıların bir kısmı taşınma süresinde ölürken, bir kısmı da yeni ortama uyum sağlayamayarak ölmektedir. Ancak hayatta kalmayı başaran türler yeni ortamda bir "istilacı tür" olarak yaşamaya devam edip söz konusu ortamın dengesini önemli ölçüde bozabilmektedirler. Bu şekilde farklı bölgelerdeki hastalık yapıcı organizmalar taşınabilmekte ve boşaltıldıkları ortamda hastalık kaynağı olarak olumsuz etkiler yapabilmektedir.

Gemi balast suları ile taşınan patojen ve zararlı deniz canlılarının yayılımını en aza indirmek için gemi balast sularının kontrolü ve yönetiminin sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu kontroller, yoğun tanker trafiği, örnekleme zorlukları ve gemilere uygulanan prosedürde karşılaşılan aksaklıklar gibi nedenlerden dolayı çok kolay olmamaktadır. Buna rağmen pek çok ülke, ulusal mevzuatlarına limanlarına gelen gemilerin balast sularını boşaltmaları ile ilgili kurallar getirmiştir.

4.4.1.4 Anti-Fouling Boyalar

Anti-fouling boyalar, gemi karinesine sürülen ve böylece mikroorganizmaların karineye yapışarak gemi hidroliğini olumsuz etkilemesini engellemek ve karineyi aşındırıcı etki yapmasını önlemek amacıyla kullanılan zehirli boyalardır. Bu boyaların deniz canlıları üzerinde zararlı etkileri olmaktadır.

4.4.1.5 Katı Atıklar

Gemilerden boşaltılan katı atıklar deniz ortamında kirlenmeye neden olmaktadır. Plastikler gibi biyolojik olarak doğa tarafından yok edilemeyen maddeler denize atıldıklarında denizdeki yaşam için tehlike oluşturmaktadırlar. Bu atıklar daha sonra büyük oranda sahillere ve plajlara vurmaktadır.

Gemi kaynaklı deniz kirliliği hususunda petrol kirliliğinin önemli bir payı olmaktadır. Özellikle petrol ve benzeri yakıtları taşıyan tankerler denizlerdeki petrol kirliliği açısından oldukça önemli bir risk faktörü olmaktadır. Ancak petrol kirliliğinin tek kaynağı tankerler ve gemiler olmamaktadır. Aşağıda verilen Çizelge 4.24’de petrol kirliliğinin kaynakları ve yaklaşık miktarları görülmektedir.

Çizelge 4.24 Deniz ortamına bırakılan petrol ürünlerinin kaynakları ve yaklaşık miktarları (Çiner ve İnan, 1996)

KAYNAKLAR	YÜZDE (%)
Tanker işletimi sonucu boşaltım	22
Tanker kazaları	12
Sintine suları ve yağlı atıksular	9
Eysel atıklar	22
Atmosferden kaynaklanan	9
Doğal sızma	8
İşlenmemiş endüstriyel atıklar	6
Yağışlar	4
Kıyadaki rafineriler	3
Okyanus platformları	1
Nehirler	1
Diğer	3

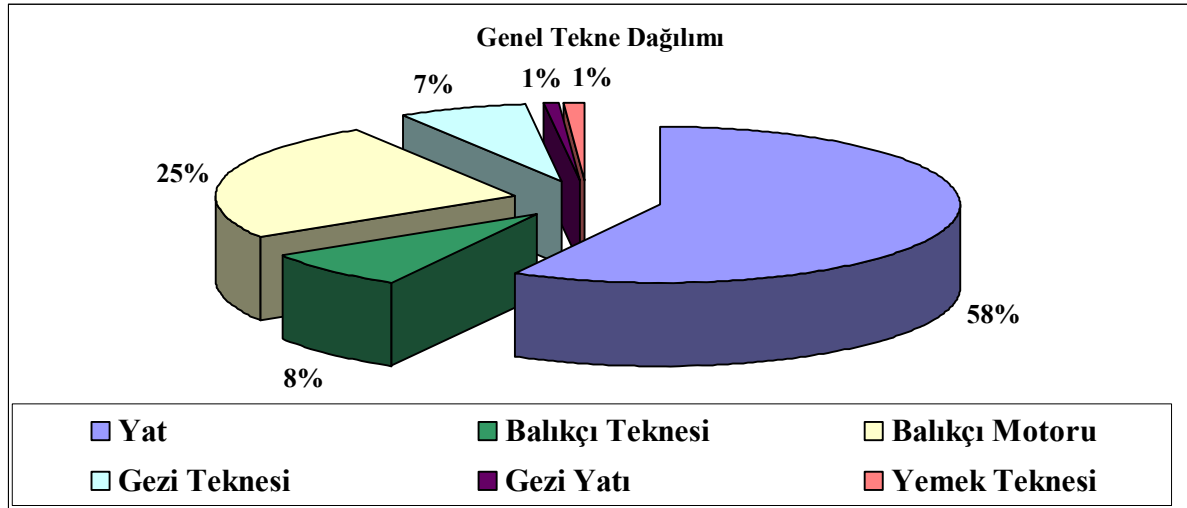
4.4.2 İstanbul Boğazı'nda Deniz Trafiği

Türk Boğazları yoğun bir deniz trafiğine sahiptir. Montreux Sözleşmesinin imzalandığı 1936 yılında yılda ortalama 4.500 gemi geçerken, günümüzde yalnız İstanbul Boğazı'ndan yılda yaklaşık 47.000 gemi geçmektedir. Her gün yaklaşık yüzbinlerce insanı ve binlerce ton yükü Avrupa ile Asya arasında taşıyan 2000'e yakın irili ufaklı teknenin oluşturduğu yerel trafik de aynı su yolu üzerinde bulunmaktadır

İstanbul Boğazı'ndaki deniz trafiği ile ilgili enstrümanlar ve gemi geçiş istatistikleri aşağıda verilmektedir.

Çizelge 4.25 İstanbul ili deniz trafiğini oluşturan faktörler (Zırhlı, 2004)

ŞEHİR İÇİ ULAŞIM	LİMANLAR	MARİNALAR	TRANSİT TRAFİK
TDI IDO Kooperatifler Turyol Avrasya Tur Mavi Marmara Boğaziçi Denkop Yüzer Lokanta-Otel	Haydarpaşa Limanı Ambarlı Liman Kompleksi	Ataköy Marina Fenerbahçe Kalamış Marina	İstanbul Boğazından Geçen Tüm Transit Gemiler



Şekil 4.8 İstanbul ili yerel deniz trafiğinde genel tekne dağılımı (Yönsel ve Başar, 2004)

Çizelge 4.26 İstanbul Boğazı gemi geçiş istatistikleri (Yüksel vd., 2006)

YIL	TOPLAM GEÇİŞ	KILAVUZ KAPTAN ALAN	SP1 RAPORU VEREN	200 M'DEN BÜYÜK	500 GT'DAN BÜYÜK	UĞRAKSIZ GEÇİŞLER	TANKER SAYISI
1995	46954	17772	9571	6491	40724	24325	-
1996	49952	20317	12777	7236	44636	23755	4248
1997	50942	19752	15503	6487	45849	24568	4303
1998	49304	18881	24432	1943	44829	24561	5142
1999	47906	18424	30619	2168	44354	26323	4452
2000	48079	19209	38574	2203	44734	26858	4937
2001	42637	17767		2453		26113	6516
2002	47283	19905	44728	3113	45350	29398	7427
2003	46939	21175	45340	2923	45157	28961	6578

Çizelge 4.27 Tehlikeli yük taşıyan tanker geçişleri (Yüksel vd., 2006)

YIL	TEHLİKELİ YÜK TAŞIYAN TANKER SAYISI	TEHLİKELİ YÜK MİKTARI (MİLYON TON)
1996	4248	60.118.953
1997	4303	63.017.194
1998	5142	68.573.523
1999	5504	81.505.453
2000	6093	91.045.040
2001	6516	101.000.000
2002	7427	122.953.338
2003	8097	134.603.741

İstanbul Boğazı'ndaki yerel deniz trafiği değerlendirildiğinde günde ortalama 2000 yerel deniz taşıtının boğaz trafiğinde seyrettiği görülmektedir. Bu trafiğin en yoğun olduğu bölgeler ise Sarayburnu-Kadıköy ve Beşiktaş arasındaki alan olmaktadır. Bu trafik; şehir hatları gemileri, deniz otobüsleri, yolcu motorları ve diğer teknelerden oluşan yolcu ağırlıklı bir trafiktir. Yerel deniz trafiği enstrümanları ve taşıdıkları günlük insan sayısı şu şekildedir (Yüksel vd. 2006):

- Günde deniz yolu ile taşınan yolcu sayısı : 247 000 kişi
- Şehir hatları gemileri : 181 000 kişi
- Deniz Otobüsleri : 20 000 kişi
- Özel Yolcu Motorları : 46 000 kişi

4.4.3 Deniz Kazaları

Türk Boğazları'nın doğal yapıları, halen mevcut olan yoğun deniz trafiği ve deniz trafiğinde etkin bir kontrol sistemi kurulamaması gibi nedenlerle meydana gelen kazalar özellikle Türkiye'nin en büyük metropolünün ortasında kalan İstanbul Boğazı ve çevresinde deniz kirliliğine sebep olan etkenlerden bir tanesi olmaktadır.

İstanbul Boğazı, deniz kazaları yönünden Türkiye karasuları içinde en kritik deniz alanı görünümündedir. İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'ndan oluşan Türk Boğazlar Bölgesi, Akdeniz ve Karadeniz'i birleştiren uluslar arası ekonomik, siyasi ve askeri öneme sahip, kıvrımların ve keskin dönüşlerin meydana getirdiği morfolojik yapısı, iki yönlü alt ve üst akıntısı, orfoz ve anaför akıntıları ile oşinografik yapısı, mevsimlere ve hatta günlere göre değişen meteorolojik yapısı yönünden, bu bölgeden geçen gemiler için çok riskli bir su yoludur.

Türk Boğazlar bölgesinden yılda ortalama 45000 dolaylarında Türk ve yabancı bayraklı gemi transit geçiş yapmaktadır. Boğazlarımızdan petrol türevleri, sıvılaştırılmış petrol gaz, sıvılaştırılmış doğal gaz, sıvılaştırılmış amonyak ve çeşitli kimyasal sıvılar taşıyan tankerler her geçen gün geçip gitmektedir. Bu tür tehlikeli madde taşıyan tankerlerin sebep olacağı bir deniz kazası sonucu meydana gelebilecek tehlikeler ve zararlar da büyük olacaktır.

İstanbul Boğazı'nda artan gemi trafiği doğrultusunda, geçen gemilerin tonajları ve boyutları da büyümüş, özellikle İstanbul Boğazının bazı yerlerinde boyları veya su çekimleri dolayısıyla sürünerek geçebilecek derinliğe ve boyuta erişmiştir.

Değişmez coğrafi, morfolojik ve oşinografik yapısı nedeniyle çok riskli bir yapıya sahip olan 30 km uzunluğundaki İstanbul Boğazı, genişliği 670 m'ye daralabilen ve 80°'ye varan keskin dönemeçlere sahip bir su yolu özelliğindedir. Ayrıca Türk Boğazlar Sisteminde hızı saate 6-8 mile ulaşan kuvvetli ve yönü değişken akıntı, rüzgar, topuk ve adacıklar, girdaplar ve özellikle ilkbahar ve kış aylarında karşılaşılan yoğun ve ani sis nedeni ile görüş mesafesinin 600-700 m'nin altına düştüğü doğal engeller nedeniyle TBS'deki deniz trafiğinde izlenen rota zor ve tehlikeli bir hal almaktadır.

Deniz kazaları açısından İstanbul Boğazı'ndaki riskli bölgeler Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.9 İstanbul Boğazı'nda deniz kazaları açısından riskli bölgeler (Yüksel vd., 2006)

Riskli bir su yolu olan İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazaların nedenlerini oluşturan faktörler arasında, boğazın doğal yapısından kaynaklanan risklerin yanında, geçiş yapan gemilerdeki tecrübe eksikliği, kılavuz kaptan almamaları, dikkatsizlik ve ihmâl gibi etkenler de önemli rol oynamaktadır. Son on yılda meydana gelen deniz kazaları incelendiğinde, kazaların İstanbul Boğazı kuzey girişinde, Yeniköy bölgesinde, Kandilli bölgesinde ve İstanbul Boğazı güney girişinde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Deniz kazalarının nedenleri şu şekilde sıralanmaktadır:

Gemilerin Kılavuz Kaptan Almamaları: İstanbul Boğazı'ndan günlük 100-130 arasında transit gemi geçişi yapılmaktadır, Geçen gemilerin %50-60 kadarı kılavuz kaptan almaktadır. Deniz kazalarının oluşmasına sebep olan gemiler genellikle kılavuz kaptan almamış olan gemiler olmaktadır. Kılavuzluk hizmetleri tüm dünyada benimsenmiş ve çevrenin temel güvenlik unsuru kabul edilmiştir. Bunun için her ülke, tehlike unsuru bulunan yerlerde kılavuz kaptan almayı zorunlu kılmıştır.

İstanbul Boğazı'nın Doğal Yapısı: İstanbul Boğazı yapı olarak, kıvrılarak uzanan kuvvetli akıntılı bir doğal su yoludur. Boğazı kuzey güney doğrultusunda ya da tersine geçen gemiler en az 12 kez rota değiştirmek zorunda kalırlar. Bunlar arasında özellikle 45 derecelik dönüşün yer aldığı boğazın en dar ve riskli yeri olan 672 metre genişliğindeki Kandilli ile Aşiyan arası, 80 derecelik dönüş yapılan Yeniköy, hem dönüş hem de akıntı yönünden en riskli bölgedir. İstanbul boğazında emniyetli geçiş derinliği 15 metre olup, trafik şeritleri içinde bazı yerlerde 13 metreye düşen derinlikler vardır.

Akıntı: İstanbul Boğazı'nda normal koşullarda Karadeniz'den Marmara Denizi'ne akan üst akıntının sürati boğazın değişik yerlerinde 0.5 mil/saat ile 4.8 mil/saat arasında değişmektedir. Kuvvetli rüzgarlar ile bu akıntı hızı 6-7 mil/saat değerlerine kadar çıkabilmektedir. Akıntı, özellikle Boğaz'ın en dar yeri olan Rumeli Hisarı-Anadolu Hisarı ile Akıntı Burnu-Vaniköy arasında en yüksek noktaya ulaşmaktadır. Kuvvetli lodos fırtınaları ile boğaz ana üst akıntısı ters yöne döner ki bu tür akıntıya orkoz akıntısı denir. Orkoz akıntıları gemiler için tehlikeli durumların oluşumuna sebep olabilmektedir. Ayrıca koylara ana üst akıntıya ters yönde anaför akıntıları oluşmaktadır. Bu akıntılar keskin dönüş yapılan burunlarda gemilerin dönüşüne etki ederek kazaların ve tehlikeli durumların oluşmasına yol açmaktadır.

Görüş Uzaklığı: Meydana gelen kazaların büyük çoğunluğu sis, kar ve yağmur nedeni ile görüş mesafesinin 0.5 mil ve daha altına düştüğü zamanlarda oluşmuştur.

Arıza ve Eksik Donanım: Kazaların oluşmasında bir diğer etken de gemi makinelerinin arızalanması veya gemilerdeki eksik donanım olmaktadır.

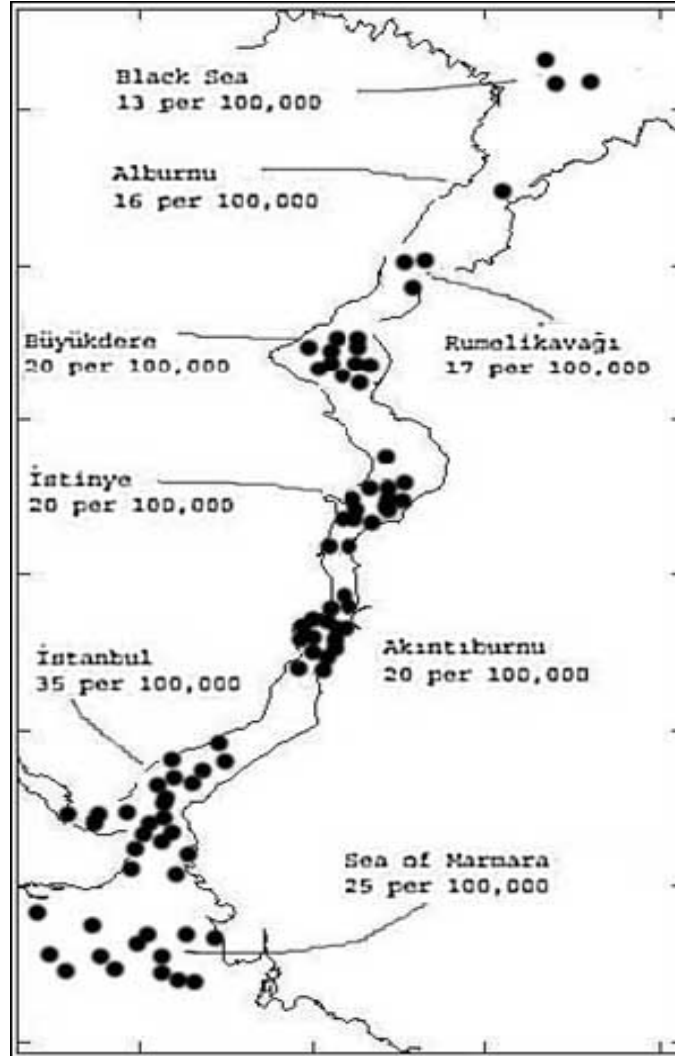
İstanbul Boğazı'nın maruz kaldığı yoğun gemi trafiği nedeniyle geçmiş yıllarda birçok deniz kazası meydana gelmiştir. Özellikle petrol ve türevlerini taşıyan tanker kazalarında meydana gelen petrol kirliliği deniz ortamını oldukça olumsuz etkilemekte ve deniz canlılarının ölümüne kadar ileri derecede etkiler yapabilmektedir. Petrol kirlenmesi neticesinde sadece deniz ortamı değil kıyılarda kirlenme etkisi altında kalmaktadır. İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazalar sonucu gerekli müdahale ve kazanın çevreye olan etkilerinin bertarafı için İstanbul Valiliği tarafından Gemi Kazası İzleme ve Değerlendirme Komisyonu kurulmaktadır. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün başkanlığında kurulan komisyona, Liman Başkanlığı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Kıyı Emniyeti ve Gemi Kurtarma İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Gümrük Müsteşarlığı İstanbul Bölge Müdürlüğü ve ilgili üniversite temsilcileri iştirak etmekte ve komisyon çalışması kapsamında kazanın kontrol altına alınması, çevresel etkilerin bertarafı, kirliliğe sebep olanlardan talep edilen aksiyon planlarının

değerlendirilmesi, ulusal mevzuat ve uluslararası kriterlere göre yürütülerek tamamlanmasının sağlanması gibi faaliyetler yapılmaktadır. Çizelge 4.28’de İstanbul Boğazı’nda geçmiş yıllarda meydana gelen bazı önemli deniz kazaları, Şekil 4.7’de ise kazaların coğrafi konum olarak dağılım yüzdeleri görülmektedir

Çizelge 4.28 İstanbul Boğazı’nda meydana gelen önemli deniz kazaları

GEMİ ADI	BANDIRA	CİNSİ	KAZA NEDENİ	KAZA YERİ	KAZA TARİHİ	KİRLİTME TÜRÜ
Independenta	Romanya	Tanker	Çatışma	Haydarpaşa	1979	20.000 ton petrol denize dökülmüş, 50.000 ton petrol yanmıştır.
Unirea	Romanya	Tanker	İnfilak ederek battı	Boğazın 70 mil kuzeyi	14.10.1982	66.400 ton petrol denize yayılmıştır.
Jambur	Irak	Tanker	Çatışma	Karadeniz çıkışı	29.03.1990	Gaz Oil
Robinion-18	Lübnan	Hayvan Gemisi	Çatışma	Rumelihisarı	14.11.1991	Koyun
Nassia	Güney Kıbrıs	Tanker	Çatışma	Rumelihisarı	13.03.1994	10.000 ton petrol denize yayılmıştır.
T.P.A.O.	T.C.	Tanker	Yangın	Pendik Tersanesi	20.02.1994	1.500 ton fuel-oil denize yayılmıştır.
Semele	Belize	Kuru Yük	Çatışma	Yenikapı	07.11.1999	10 ton yağ ve fuel-oil denize yayılmıştır.
Volganef248	Rusya	Tanker	Sürüklenerek karaya vurma	Florya	29.12.1999	1.500 ton fuel-oil denize yayılmıştır.
Gotia	Malta	Dökme Yük	Sürüklenerek iskeleye çarptı	Boğazı	06.10.2002	25 ton marine oil denize yayılmıştır.
Syvatov Panteleymon	Gürcistan	Kuru Yük	Karaya oturdu ikiye ayrıldı	Anadolu Feneri	10.11.2003	230 ton fuel-oil denize yayılmıştır.
Strontsiy	Rusya	Hurda Demir	Karaya oturdu	Türkeli Aslanburnu	12.02.2004	Baş tarafta ağır hasar
Lujin-1	Kuzey Kore	Hurda Demir	Karaya oturdu	Türkeli Dalıyanburnu	13.02.2004	
Hera	Kamboçya	Kömür	Battı	Türkeli	13.02.2004	

(İstanbul İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerinden derlenerek hazırlanmıştır)



Şekil 4.10 İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazaların coğrafi konum olarak dağılım yüzdeleri (Otay ve Özkan, 2005)

Meydana gelen deniz kazalarının en önemli çevresel etkileri deniz ortamına petrol ve benzeri yakıtların dökülmesi şeklinde olmaktadır. Nassia kazası, TPAO yangını ve Volganefit kazası önemli çevresel etkileri olan kazalardan bazılarıdır. Bu kazalar neticesinde deniz ortamına yayılan petrol ve fuel-oil deniz suyunda ve sedimentte çevre kirlenmesine neden olmuştur.

Okuş vd. (1996) tarafından bildirildiğine göre, Nassia Tanker kazasından sonra yapılan deniz kirliliği araştırmalarında deniz ortamında meydana gelen petrol kirliliği ve etkileri araştırılmıştır. Kazanın meydana gelmesinden bir ay sonra başlayan ve üç ay boyunca yapılan araştırmalarda, UVF Analizleri ve Gaz/Sıvı Kromatografi teknikleri kullanılarak kirlilik tespiti yapılmıştır. En fazla kirlenmeye maruz kalan bölgeler kazanın meydana geldiği İstanbul Boğazı Marmara girişi sahil kesimleri olmaktadır. Dip akıntıdan dolayı dip suundaki kirlilik de Marmara denizi Anadolu kıyıları boyunca kendini göstermektedir. Kaza

sonucu İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kirliliğin, Marmara denizinde meydana gelen kirliliğe oranla çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çeşitli istasyonlardan yapılan PHC ölçümlerinde, yüzeyde en yüksek kirlilik 6,6 µg/l, termoklinde 45,7 µg/l ve dipte 64,5 µg/l olarak tespit edilmiştir. Yapılan sediment ölçümlerinde ise en yüksek PHC konsantrasyonunun 270 µg/g mertebelerine çıktığı izlenmiştir (Okuş vd., 1996).

Güven vd., (1998) tarafından bildirildiğine göre, Nassia tanker kazasından sonra Karadeniz, Boğaziçi ve Marmara Denizi'nden alınan meşit, istavrit ve karides ile *Ulva lactuca*, *Cystoseira barbata* ve *Ceramium rubrum* alglerinde petrol kirliliği araştırılmıştır. En yüksek PHC konsantrasyonları bu kazadan 1 ay sonra karideste 253,98 µg/g ve 4 ay sonra *Ulva lactuca* da 175,53 µg/g olarak bulunmuştur. Yine midyeler üzerinde yapılan petrol kirliliği araştırmalarında UVF Analizleri ve Gaz/Sıvı Kromatografi teknikleri kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde en yüksek PHC konsantrasyonu 250 µg/g olarak tespit edilmiştir. Midyeler üzerindeki petrol yığılmasını ölçen araştırmalar karşılaştırıldığında, Nassia tanker kazasından sonra ölçülen değerlerin, Karadeniz deki başka araştırma ve ölçümlerde elde edilen değerlerden daha yüksek değerlerde olduğu (Tuna Nehri hariç) tespit edilmiştir (Güven vd., 1998).

Ünlü vd. (2000) tarafından bildirildiğine göre, TPAO tanker yangınından sonra, kazanın deniz ortamında bıraktığı olumsuz etkilerin tespit edilmesi için yapılan çalışmalarda petrol kirliliği araştırılmıştır. Kaza sonrası dökülen yakıtın meydana getirdiği kirliliğin tespiti için deniz suyu, sediment ve midyeler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Kazadan sonra yapılan ölçümlerde, en yüksek PHC değerleri şu şekilde bulunmuştur (Ünlü vd., 2000):

- Deniz suyunda 33,2 mg/l
- Sedimentte 423,0 µg/g
- Midyede 2067 µg/g (Kazadan 1 ay sonra)

Zırhlı (2004) tarafından bildirildiğine göre, Volganefit kazası neticesinde, Florya-Menekşe sahillerinde, Küçükçekmece Avcılar sınırında, Florya-Çiroz mevkiine kadar olan kısımda kirlilik yoğun olarak birikim göstermiştir. Kıyıdaki beton platformda birikmiş fuel-oil kalınlığı yer yer 10 cm kalınlığa kadar ulaşmıştır. Aynı şekilde fuel-oil kumsal alanlarda da büyük bir kirliliğe yol açmıştır. Yaklaşık 7500 m² lik alan çok yoğun olarak kirlenmiştir (Zırhlı, 2004).

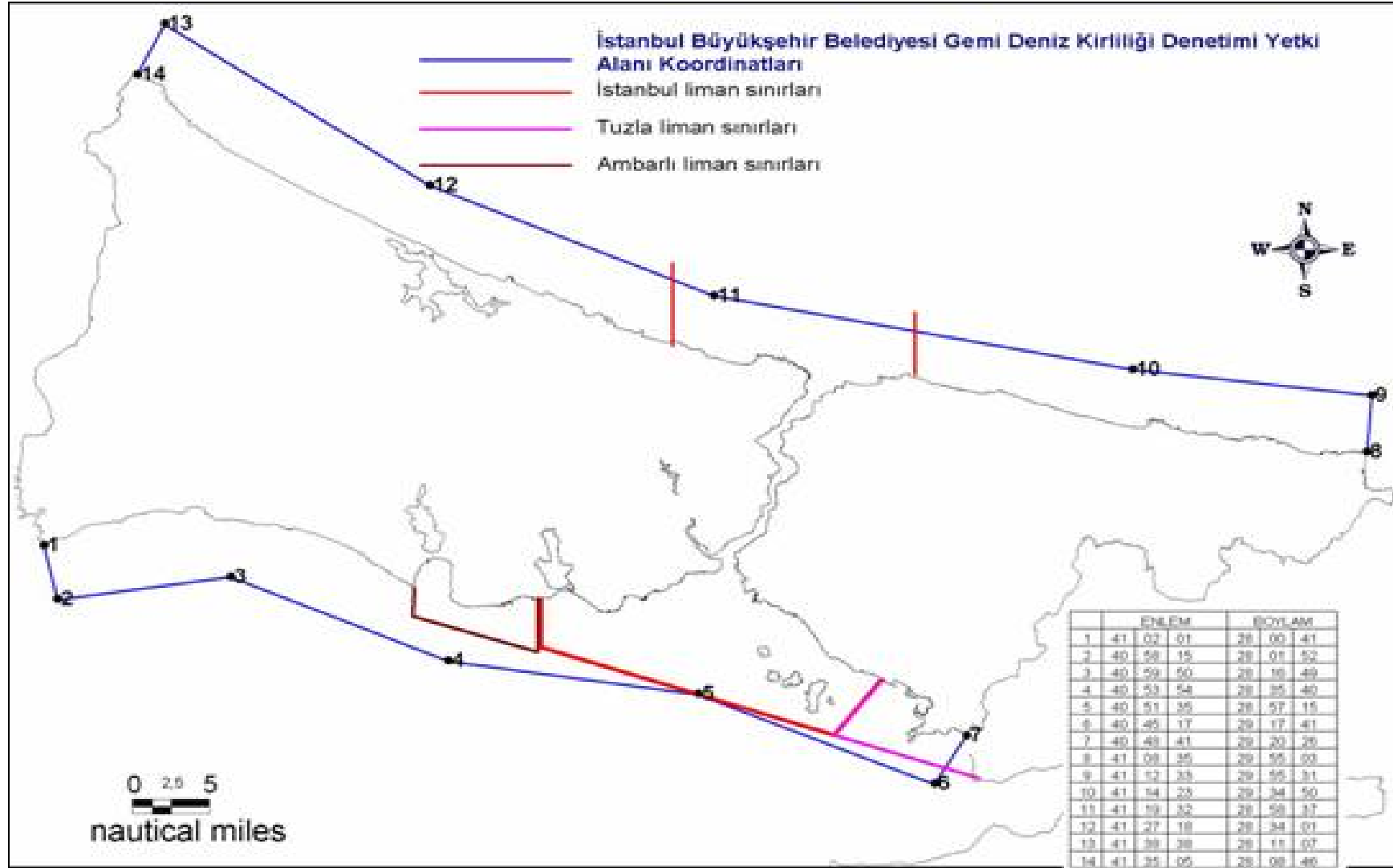
4.4.4 Gemi Kaynaklı Deniz Kirliliğinin Önlenmesi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü Çevre Koruma Zabıta Amirliği tarafından 2872 Sayılı Çevre Kanunu kapsamında, İstanbul il sınırları içerisinde deniz denetimleri yapılmaktadır. İstanbul'da gemi kaynaklı kirlenmenin önlenmesi için denetim yetkisi İstanbul'da aşağıda koordinatları verilen bölgede, Bakanlığın 2006/13 sayılı Genelgesi ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne verilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı koordinatları Çizelge 4.29'da verilmektedir.

Çizelge 4.29 İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı koordinatları (Çevre Koruma Müdürlüğü)

MARMARA DENİZİ		KARADENİZ	
NOKTA NO	KOORDİNAT	NOKTA NO	KOORDİNAT
1	41° 02' 01' N 028 ° 00' 41' E	8	41° 08' 35' N 029 ° 55' 03' E
2	40° 58' 15' N 028 ° 01' 52' E	9	41° 12' 33' N 029 ° 55' 31' E
3	40° 59' 50' N 028 ° 16' 49' E	10	41° 14' 23' N 029 ° 34' 50' E
4	40° 53' 54' N 028 ° 35' 40' E	11	41° 19' 32' N 028 ° 58' 37' E
5	40° 51' 35' N 028 ° 57' 15' E	12	41° 27' 18' N 028 ° 34' 01' E
6	40° 45' 17' N 029 ° 17' 41' E	13	41° 38' 38' N 028 ° 11' 07' E
7	40° 48' 41' N 029 ° 20' 26' E	14	41° 35' 05' N 028 ° 08' 46' E

Koordinatlarla belirlenen yetki alanı içerisinde, İBB Deniz Koruma Müdürlüğü yetkilileri tarafından denetimler yapılmakta ve gemilerden kaynaklanan özellikle petrol türevli kirliliğin önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Denetimler neticesinde Büyükşehir Belediyesi ekiplerince gerekli hallerde cezalandırma yapmak suretiyle kirleticilerin caydırılması amaçlanmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı Şekil 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.11 İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı deniz yetki alanı (Çevre Koruma Müdürlüğü)

5. DENİZ SUYU KİRLİLİK ÖLÇÜMLERİ VE KİRLENME SEVİYESİNDEKİ DEĞİŞİM

5.1 İSKİ Tarafından Yapılan İzleme Çalışmaları

İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin izlenmesi amacıyla belirli ölçüm istasyonlarından alınan deniz suyu numunelerinin analizleri yapılarak deniz suyunun kirlilik seviyesinin belirlenmesi çalışmaları sürdürülmektedir. İSKİ tarafından yürütülen bu çalışmalarda ;

- Bir izleme sistemi oluşturarak, İstanbul için yapılan planlama çalışmalarına zemin hazırlanması,
- Proje sahası içerisindeki su ve sedimentlere ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri gerçekleştirerek, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın su kalitesi ve ekolojik yapısının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Deniz suyu kalitesinin izlenmesi amacıyla belirlenen istasyonların yer seçiminde aşağıda verilen kriterler gözönünde bulundurulmaktadır (İSKİ, 2005):

- Verilerin karşılaştırılması ve geçerliliğinin kontrol edilebilmesi için, daha önce izleme çalışmalarının yürütüldüğü istasyonlar,
- İstanbul çıkışında alt tabakadaki Marmara Denizi etkisinin gözlemlenebileceği istasyonlar,
- Karadeniz'in üst suyunun dispersiyon karakteristiklerinin değerlendirilmesi için uygun istasyonlar,
- İstanbul Boğazı boyunca sürekli izlemenin mümkün olabileceği istasyonlar,
- Mevcut ve planlanan deşarj sistemlerinin etkilerinin izlenmesi için uygun istasyonlar.

İzleme çalışmaları dahilinde İstanbul Boğazı boyunca belirlenen istasyonlarda aylık; Marmara Denizi ve Karadeniz boyunca yerleştirilen istasyonlarda ise mevsimlik ölçümler yapılmaktadır. Hava koşullarına bağlı olarak Şubat (kış), Mayıs (ilkbahar), Ağustos (yaz), Kasım (sonbahar) aylarında mevsimlik izleme yapılmaktadır (İSKİ, 2005).

Aşağıda verilen Şekil 5.1'de deniz suyu kalitesi izleme istasyonlarının yerleri görülmektedir.



Şekil 5.1 Su kalitesi izleme çalışmalarının yapıldığı istasyonlar (İSKİ ve İMP verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır)

İSKİ tarafından yürütülen deniz suyu izleme çalışmalarında hidrografik, hidrokimyasal ve biyolojik parametrelerin analizleri ile, ağır metal, hidrokarbon ve deterjan analizleri yapılmaktadır. Çizelge 5.1’de ölçüm yapılan parametreler hakkında bilgi verilmektedir. Çizelge 5.2’de ise su kalitesi izleme istasyonları ve bu istasyonların özellikleri ile, herbir istasyonda ölçümü yapılan parametreler verilmektedir.

Çizelge 5.1 Ölçüm ve analizi yapılan parametrelerin deney şartları (İSKİ, 2005)

PARAMETRE	ÖRNEKLEME SEVİYESİ	ANALİZ	AÇIKLAMA
Hava Sıcaklığı	Gemi Üzeri	Enstitü	Meteoroloji İst.
Rüzgar Hızı	Gemi Üzeri	Enstitü	Meteoroloji İst.
Basınç/Nem	Gemi Üzeri	Enstitü	Meteoroloji İst.
Su Sıcaklığı	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	CTD ile ölçüm
Tuzluluk	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	CTD ile ölçüm
Yoğunluk	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	CTD ile ölçüm
Akıntı	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	ADCP
Sechi Disk Derinliği	Ölçülebilir Derinlik	Yerinde	Seki Diski ile
Çözülmüş Oksijen	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	Winkler
AKM	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Ön İşlem Gemide
NO ₂ -N	Belirlenen Derinliklerde	Yerinde	Spektrofotometre
NO ₃ -N	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Otoanalizör
Organik N	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Toplam Organik N	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Toplam N	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Çözülmüş İnorg. P	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Otoanalizör
Toplam P	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Partikül P	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Çözülmüş Si	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Otoanalizör
PAH	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su/Sediment
Deterjan	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Fe/Mn/Cu/Hg/Pb/Zn	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Askıda Maddede
Fe/Mn/Cu/Hg/Cd/Pb	Belirlenen Derinliklerde	Laboratuarda	Su
Klorofil-a	Ölçülebilir Derinlik	Laboratuarda	Ön İşlem Gemide
Fitoplankton	Ölçülebilir Derinlik	Laboratuarda	Kalitatif ve kantitatif
Zooplankton	Ölçülebilir Derinlik	Laboratuarda	Kalitatif ve kantitatif
Fekal Koliform	Ölçülebilir Derinlik	Yerinde	Membran Filtre
Bentik Organizma	Taban	Laboratuarda	Kalitatif ve Kantitatif

Çizelge 5.2 Su kalitesi izleme istasyonları konumları ve özellikleri (İSKİ, 2005)

İSTASYON	KONUM TANIMI	KOORDİNATLARI	DENEY	AMAÇ
M08	Marmara Denizi	40°56.40'N 28°55.66'E	Mevsimsel	MD-BMK Kontrol
M03	Marmara Denizi	40°58.00'N 28°59.80'E	Mevsimsel	MD-BMK Kontrol
M11	Marmara Denizi	40°51.80'N 29°10.50'E	Mevsimsel	AD Deşarj Kontrol
M14	Marmara Denizi	40°55.60'N 28°46.50'E	Mevsimsel	BÇ Açığı KÇ Kontrol
M20	Marmara Denizi	40°45.80'N 29°13.00'E	Mevsimsel	MD-Tuzla Kontrol
M23	Marmara Denizi	40°48.70'N 29°52.50'E	Mevsimsel	MD-Kontrol
MBC	Marmara Denizi	40°56.00'N 28°36.00'E	Aylık	Büyük Çekmece Kontrol
MY1	Marmara Denizi	40°50.60'N 29°13.60'E	Aylık	Tuzla Kontrol
MY2	Marmara Denizi	40°50.60'N 29°10.00'E	Aylık	Tuzla Kontrol
B2	İstanbul Boğazı	41°01.83'N 29°00.75'E	Aylık	Üsküdar Deşarj Kontrol
B7	İstanbul Boğazı	41°05.00'N 29°03.75'E	Aylık	Küçüksü-Göksu Kontrol
BL1	İstanbul Boğazı	41°07.85'N 29°03.45'E	Aylık	BL-Deşarj Kontrol
B13	İstanbul Boğazı	41°09.28'N 29°03.33'E	Aylık	Boğaz Deşarj Kontrol
K0	İstanbul Boğazı	41°13.50'N 29°08.00'E	Aylık	Boğaz Çıkış Kontrol
K1	Karadeniz	41°20.00'N 29°08.00'E	Mevsimsel	Karadeniz Kontrol
K3	Karadeniz	41°15.10'N 29°12.60'E	Mevsimsel	Riva Kontrol
K2	Karadeniz	41°17.10'N 29°10.90'E	Mevsimsel	Boğaz Çıkış Kontrol
MKC	Marmara Denizi			Küçük Çekmece Kontrol
MK	Marmara Denizi			Kadıköy Kontrol

(MD-Marmara Denizi, BMK-Boğaz-Marmara Çıkışı, BL-Baltalıman, BÇ-Büyük Çekmece, KÇ-Küçük Çekmece, AD-Adalar)

5.2 İzleme İstasyonlarına Ait Verilerin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında, İSKİ'den alınan verilerin değerlendirilmesi sonucunda izleme istasyonlarındaki ölçüm sonuçlarından yararlanılarak, İstanbul Boğazı deniz suyunun 1997 yılı ile 2004 yılında sahip olduğu kirlilik seviyesinin karşılaştırılması yapılmıştır. Deniz suyu kirlenme seviyesindeki değişimin belirlenmesi amacıyla izleme istasyonlarında ölçümleri yapılmış olan çözünmüş oksijen, askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, klorofil-a, fekal koliform bakterisi, ağır metal (Pb, Fe ve Mn), polisiklik aromatik hidrokarbon ve yüzey aktif madde parametrelerinin ölçüm sonuçları kullanılmıştır. 1997 yılı ile 2004 yılı deniz suyu kirlilik seviyelerinin tespiti amacıyla; her iki seneye ait Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarında yapılmış olan mevsimlik ölçümler kullanılmış ve 12 ayrı istasyonda 0,5 m, 5m, 10m, 20 m, 40 m ve daha derinden alınmış numunelere ait ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında değerlendirilmesi yapılan parametrelerin almış olduğu değerlerin verildiği çizelgeler hazırlanmıştır. 1997 yılı ve 2004 yılı Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarına ait ölçüm sonuçları ayrı ayrı çizelgeler halinde verilmektedir. Çizelgelerdeki değerlerin karşılaştırılması için grafikler hazırlanmıştır. Hazırlanan grafiklerde, izleme parametrelerinin 1997 ve 2004 yıllarında belirli ölçüm istasyonlarında, 0,5 m, 20 m ve 40 m derinliklerdeki konsantrasyon değerleri izlenmekte ve karşılaştırılması yapılan 1997 ve 2004 yılları arasındaki artış yada azalma eğilimleri görülmektedir. Tek tek istasyon bazında hazırlanan grafik sayısı oldukça fazla olduğu için, bu grafikler *Ekler* bölümünde verilmektedir. Ayrıca İstanbul Boğazı yüzey tabakası su kalitesinin genel değişim eğiliminin belirlenmesi amacıyla, istasyonlarda yapılmış olan mevsimsel ölçümlerin yıllık ortalaması alınmıştır. Marmara Denizi'nin, yaklaşık 25 m derinlikteki bir yoğunluk (tuzluluk) ara yüzeyi (haloklin) ile birbirinden ayrılan ve biri Karadeniz diğeri ise Akdeniz kaynaklı iki su kütlelerini barındırdığı bildirilmektedir (Beşiktepe vd. 2000). Bu veriden hareketle, istasyonlardaki yüzey tabakasına ait su kalitesinin belirlenmesinde, yüzeyden 25 m derinliğe kadar olan ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Ölçüm sonuçlarındaki 1997 ile 2004 yılları arasında meydana gelmiş değişimlerin yorumlanması “*Kirlilik Parametrelerinin Ölçüm Değerlerindeki Değişim*” bölümünde yapılmaktadır. Aşağıda verilen çizelgelerde, İSKİ tarafından yapılmış olan 12 izleme istasyonuna ait 1997 ve 2004 yılları mevsimsel parametre ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 5.3 Hidrokimyasal parametrelerin Şubat 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K03	yüzey	11,1	6,4	11,6	313	6,00
	20,0	10,4	5,3	13,4	217	4,00
	40,0	10,5	6,0	6,9	251	1,50
K01	yüzey	11,0	5,0	3,2	336	5,50
	20,0	10,6	5,1	9,1	343	5,80
	40,0	10,4	5,0	23,2	146	0,70
	60,0	9,1	4,7	20,2	110	0,70
K00	yüzey	11,1	55,7	6,4	195	5,50
	20,0	11,0	4,9	7,9	235	4,30
	40,0	3,6	4,7	8,7	150	0,80
	60,0	3,4	11,6	28,2	164	0,40
B13	yüzey	11,7	5,3	21,4	217	4,30
	20,0	11,4	4,9	7,2	237	3,60
	40,0	10,9	5,6	10,8	148	3,00
	50,0	7,8	7,7	18,9	202	1,20
B07	yüzey	11,0	5,6	7,2	335	4,10
	20,0	9,9	6,4	7,0	273	3,80
	40,0	8,6	7,0	11,2	176	2,30
	55,0	-	12,0	31,3	248	0,50
B02	yüzey	10,6	6,7	11,6	205	3,70
	20,0	9,7	8,1	10,4	189	3,10
	40,0	3,7	-	31,2	275	-
M08	yüzey	9,4	12,0	17,8	324	4,30
	20,0	7,2	7,3	16,0	219	0,60
	40,0	2,1	8,1	14,7	206	0,20
	60,0		11,9	25,5	146	0,40
M14	yüzey	9,5	8,6	18,4	233	5,30
	20,0	8,0	5,4	17,4	246	0,60
	40,0	3,0	10,4	28,5	177	0,20
	70,0	2,0	11,3	31,8	207	0,40
M23	yüzey	11,1	10,4	10,5	157	6,00
	20,0	9,3	7,3	11,5	220	1,10
	40,0	3,2	12,4	21,2	264	0,40
	100,0	1,9	11,1	30,5	220	0,20
M20	yüzey	11,0	7,7	20,4	143	5,30
	20,0	8,0	7,4	17,0	134	0,60
	40,0	2,2	11,7	14,6	194	0,30
	80,0	1,9	4,1	25,0	302	0,20
M11	yüzey	10,2	8,6	15,8	217	5,00
	20,0	6,4	7,6	27,8	161	0,30
	40,0	2,3	10,6	23,1	234	0,30
	50,0	2,0	12,0	27,1	164	0,90
M03	yüzey	9,9	5,6	12,7	206	2,10
	20,0	6,8	6,4	18,6	177	0,80

Çizelge 5.4 Hidrokimyasal parametrelerin Mayıs 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K03	yüzey	10,3	2,7	4,3	203	1,5
	20,0	10,5	3,1	3,2	135	1,5
	40,0	10,1	2,0	6,8	166	0,6
K01	yüzey	10,0	2,6	3,2	137	1,2
	20,0	11,2	0,1	7,1	153	1,0
	40,0	10,7	2,0	34,7	138	0,2
	60,0	9,5	2,0	35,0	166	1,1
K00	yüzey	10,0	1,9	5,1	120	1,6
	20,0	10,3	2,4	7,1	106	1,5
	40,0	9,9	2,4	7,9	103	0,3
	60,0	3,0	5,1	33,5	131	0,4
B13	yüzey	9,6	2,9	27,9	103	2,5
	20,0	10,3	2,4	6,4	231	2,2
	40,0	7,9	1,1	7,9	127	1,3
	50,0	3,5	3,0	33,4	203	0,5
B07	yüzey	8,8	3,1	7,1	118	2,4
	20,0	9,4	3,4	7,8	165	1,8
	40,0	4,0	2,7	22,8	192	0,5
	55,0	2,7	2,4	30,5	144	0,4
B02	yüzey	9,6	1,4	10,1	331	1,9
	20,0	6,8	1,3	20,5	127	1,7
	40,0	2,2	1,4	34,1	144	0,6
M03	yüzey	9,2	2,1	11,0	160	2,4
	20,0	6,4	2,4	10,4	210	1,4
	40,0	-	-	-	-	-
M08	yüzey	9,4	2,4	5,1	209	1,8
	20,0	7,2	1,7	20,1	48	1,2
	40,0	2,1	2,0	30,9	146	0,8
	60,0	1,8	3,0	31,7	160	0,4
M14	yüzey	10,1	2,9	4,4	171	2,5
	20,0	6,3	1,6	13,3	241	1,1
	40,0	2,2	1,7	33,5	178	0,8
	70,0	2,1	2,1	32,9	177	0,8
M23	yüzey	10,2	3,1	15,7	210	1,9
	20,0	6,4	9,4	20,1	165	0,9
	40,0	2,0	0,4	33,5	140	0,5
	100,0	1,4	1,9	33,5	155	0,2
M20	yüzey	9,2	2,9	10,3	104	0,8
	20,0	8,9	2,1	9,7	75	2,8
	40,0	1,9	1,1	32,3	88	0,2
	80,0	1,6	-	31,1	110	0,3
M11	yüzey	10,2	2,1	10,3	123	2,0
	20,0	2,7	1,8	21,1	135	0,3
	40,0	1,8	2,2	33,5	130	0,2

Çizelge 5.5 Hidrokimyasal parametrelerin Ağustos 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K03	yüzeý	8,4	3,3	20,2	153	1,3
	20,0	8,2	0,8	12,7	149	1,4
	40,0	9,0	2,6	12,8	273	0,6
K01	yüzeý	8,2	3,3	20,2	127	4,3
	20,0	7,5	3,2	9,5	192	1,2
	40,0	9,2	1,3	20,1	273	0,4
	65,0	7,2	2,4	14,8	344	0,2
K00	yüzeý	8,3	9,7	18,0	127	3,9
	20,0	7,4	3,6	9,5	136	1,3
	40,0	9,0	3,0	106,0	326	0,6
	60,0	1,2	2,3	51,9	363	0,6
B13	yüzeý	7,9	2,6	27,9	92	2,9
	20,0	8,0	4,2	14,1	224	2,6
	40,0	8,0	1,6	34,0	492	0,5
	60,0	1,3	4,3	58,0	363	0,3
B07	yüzeý	8,0	2,1	7,9	273	2,9
	20,0	7,8	3,2	16,9	297	2,2
	40,0	2,4	3,9	12,5	169	0,7
	60,0	-	-	47,7	148	0,8
B02	yüzeý	7,7	1,7	26,4	176	2,7
	20,0	7,0	4,0	16,3	224	1,1
	35,0	2,4	3,9	58,0	307	1,1
M08	yüzeý	7,8	1,3	24,0	131	1,6
	20,0	1,9	0,7	39,0	212	0,6
	40,0	1,6	1,2	46,0	307	0,7
	60,0	1,4	1,7	45,0	270	0,8
M14	yüzeý	7,7	1,4	19,5	179	1,6
	20,0	2,4	0,6	41,4	346	1,0
	40,0	2,1	2,4	49,0	118	0,2
	80,0	1,4	1,7	51,0	307	0,1
M23	yüzeý	7,8	1,7	9,0	176	0,6
	20,0	4,2	2,0	14,1	455	1,7
	40,0	1,8	1,9	44,2	183	0,3
	100,0	1,4	1,9	48,1	252	0,2
M20	yüzeý	8,3	2,7	15,9	297	3,1
	20,0	2,2	1,6	35,0	191	1,1
	40,0	1,1	2,2	58,0	270	0,5
	80,0	1,1	2,3	56,3	400	0,4
M11	yüzeý	5,5	2,3	38,7	229	2,8
	20,0	1,8	1,9	26,4	229	1,0
	40,0	1,2	1,2	52,0	289	0,3
	50,0	0,9	1,4	56,8	252	0,3
M03	yüzeý	1,3	2,4	11,0	399	1,8
	20,0	1,1	2,0	36,9	248	0,5

Çizelge 5.6 Hidrokimyasal parametrelerin Kasım 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K03	yüzey	7,7	1,4	22,4	107	2,11
	20,0	8,7	8,5	13,5	124	1,14
	40,0	8,4	1,5	9,2	177	0,93
K01	yüzey	9,1	0,8	13,5	373	2,71
	20,0	8,8	2,2	13,2	162	2,17
	40,0	8,2	1,3	14,8	212	0,51
	60,0	5,5	1,6	55,4	217	0,17
K00	yüzey	7,9	0,3	13,4	142	1,30
	20,0	8,1	3,1	12,6	204	1,37
	40,0	5,1	2,0	17,3	193	0,73
	60,0	1,2	3,2	54,1	258	0,46
B13	yüzey	7,9	1,5	23,8	219	1,64
	20,0	7,9	0,7	13,4	157	1,31
	40,0	3,0	3,1	28,0	150	0,55
	60,0	1,3	18,0	39,0	242	0,54
B07	yüzey	8,5	1,3	13,4	130	1,14
	20,0	9,4	0,8	18,7	270	1,22
	40,0	9,0	4,1	45,1	158	0,39
	60,0	2,0	2,5	61,2	188	0,38
B02	yüzey	8,1	21,6	14,1	236	1,47
	20,0	5,4	3,2	22,8	290	1,11
	40,0	1,0	1,6	50,6	193	0,43
M03	yüzey	7,8	1,3	11,2	119	1,11
	20,0	1,6	11,1	27,0	165	1,22
M08	yüzey	8,3	3,8	18,7	300	4,37
	20,0	1,7	2,0	37,0	270	0,68
	40,0	0,9	1,5	38,3	270	0,25
	60,0	0,8	10,0	41,1	388	0,25
M14	yüzey	8,5	9,5	15,9	121	0,07
	20,0	2,0	1,3	20,0	253	0,57
	40,0	0,9	10,4	54,1	250	0,31
	80,0	0,8	0,5	46,6	244	0,41
M23	yüzey	8,2	1,7	25,6	402	5,72
	20,0	1,3	1,7	43,7	214	0,39
	40,0	1,2	2,3	-	-	-
	87,0	1,2	3,3	62,6	355,0	0,3
M20	yüzey	8,2	0,6	44,0	256	0,14
	20,0	2,8	2,1	33,0	196	0,44
	40,0	1,1	2,2	57,0	135	0,33
	85,0	1,0	2,7	41,5	209	0,26
M11	yüzey	8,4	2,4	10,2	196	5,83
	20,0	3,5	3,0	14,5	436	0,32
	40,0	0,7	2,4	45,6	262	0,19
	57,0	0,9	2,4	-	-	-

Çizelge 5.7 Hidrokimyasal parametrelerin Şubat 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K3	yüzey	11,84	10,80	0,69	17	4,17
	20	11,63	10,60	0,45	17	5,79
	40	11,44	6,30	0,66	16	4,10
K1	yüzey	12,30	7,20	0,53	15	8,62
	20	11,87	7,00	0,52	17	7,76
	40	9,52	7,50	0,59	14	0,61
	70	6,21	11,50	1,46	24	1,54
K0	yüzey	11,84	9,80	0,76	14	5,93
	20	11,80	9,90	0,72	12	5,89
	68	4,48	15,80	2,25	22	1,19
	40	11,26	9,60	0,84	16	5,55
B13	yüzey	11,80	12,70	0,90	15	6,03
	20	11,62	8,00	0,97	13	
	40	8,65	10,50	1,23	13	2,49
	60	3,91	16,50	2,35	22	0,89
B7	yüzey	11,92	9,50	0,99	14	6,18
	20	11,77	7,70	0,96	14	6,39
	40	7,38	13,20	1,82	20	1,52
	63	3,84	14,50	2,20	22	0,82
B2	yüzey	11,81	7,90	1,16	18	5,78
	20	9,98	9,70	1,07	14	3,99
	38	3,15	16,50	2,21	17	0,53
M8	yüzey	11,39	8,50	1,23	18	7,04
	23	7,98	11,30	1,89	21	1,00
	40	2,94	14,10	2,19	19	0,43
	62	2,24	15,20	2,34	19	0,59
M3	yüzey	12,05	9,90	1,22	14	12,24
	20	10,29	8,40	1,73	20	2,19
M11	yüzey	11,61	12,00	1,57	17	11,44
	20	9,37	12,20	1,13	13	2,07
	40	2,60	16,20	3,64	27	0,75
	63	2,11	12,20	2,27	16	0,86
M20	yüzey	11,69	13,80	1,49	20	14,10
	20	8,85	10,70	1,06	11	1,14
	40	2,74	13,60	2,25	17	0,46
	89	2,18	24,60	2,26	19	0,49
M23	yüzey	11,95	17,60	1,61	20	16,43
	20	10,00	11,30	0,95	12	1,68
	40	3,07	16,20	2,18	18	0,50
	100	1,91	14,20	2,18	9	0,30
M14	yüzey	12,08	11,60	1,53	22	12,80
	20	9,92	9,80	1,00	13	2,06
	40	2,82	13,10	2,06	21	0,46
	81	1,94	15,10	2,39	27	0,50

Çizelge 5.8 Hidrokimyasal parametrelerin Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
M8	yüzey	9,93	13,50	0,69	9,50	1,58
	20	8,23	20,40	0,65	6,07	0,90
	40	3,01	27,20	1,42	16,09	0,30
	62	2,31	28,50	1,50	15,11	0,21
M14	yüzey	9,73	15,10	0,70	6,89	1,31
	20	8,01	18,50	0,41	4,89	1,12
	40	3,38	23,50	1,17	9,22	0,23
	81	1,68	23,60	1,40	10,20	0,29
M23	yüzey	10,00	13,80	0,69	6,17	1,70
	22	7,73	15,00	0,92	9,09	1,01
	40	2,50	24,90	1,20	9,15	0,27
	100	1,84	12,3	1,29	10,86	0,30
M20	yüzey	10,17	16,90	0,43	5,63	1,30
	23	5,56	21,10	0,85	8,86	1,02
	40	2,10	28,00	1,35	10,42	0,28
	89	1,85	25,70	1,29	10,05	0,21
M11	yüzey	10,18	17,80	0,71	6,91	1,26
	22	4,84	19,40	0,98	9,49	1,25
	40	2,27	25,80	1,35	9,03	0,38
	63	1,52	25,50	1,29	8,69	0,29
M3	yüzey	9,98	13,50	0,96	12,31	1,58
	20	7,59	19,00	1,23	7,88	1,27
	26	4,23	21,40	1,68	18,32	0,78
B2	yüzey	10,41	11,50	0,55	7,24	1,85
	20	8,14	16,50	0,73	7,35	1,41
	37	3,13	23,90	1,43	9,98	0,50
B7	yüzey	10,67	12,90	0,56	8,40	2,30
	20	10,73	12,50	0,46	8,07	2,08
	40	10,62	10,20	0,48	5,99	2,04
	60	2,90	18,80	1,63	12,75	0,77
K0	yüzey	10,94	13,10	0,43	6,93	2,20
	20	9,86	13,60	0,46	7,84	3,08
	40	10,48	10,20	0,50	6,60	1,36
	69	1,38	25,30	2,40	19,83	0,34
K3	yüzey	10,78	8,90	0,43	7,36	1,75
	20	10,64	11,10	0,45	6,43	1,39
	40	9,84	12,40	0,88	7,78	0,48
K1	yüzey	10,44	11,50	0,43	9,11	1,30
	20	10,07	12,40	0,50	7,13	1,52
	40	10,54	10,80	0,70	11,37	0,51
	71	8,49	11,50	0,94	11,21	0,30

Çizelge 5.9 Hidrokimyasal parametrelerin Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K3	yüzey	7,96	11,50	0,16	2,52	0,70
	20	7,85	11,80	0,27	3,03	0,85
	40	10,03	12,10	0,26	2,34	0,59
K1	yüzey	8,04	10,60	0,52	2,72	0,67
	20	8,12	10,60	0,26	0,08	0,76
	40	9,92	9,70	0,24	3,03	0,58
	70	2,83	19,70	0,90	3,83	0,57
K0	yüzey	8,01	11,90	0,19	2,54	0,68
	20	7,84	11,30	0,16	3,11	0,97
	40	9,73	11,40	0,22	2,61	0,59
	69	1,41	22,90	1,54	5,06	0,45
B13	yüzey	7,88	13,90	0,22	2,45	0,99
	20	7,92	11,60	0,16	1,93	0,98
	40	8,08	12,10	0,34	2,86	0,69
	60	1,38	22,50	1,12	4,73	0,52
B7	yüzey	7,92	13,00	0,19	2,02	0,62
	20	7,90	11,30	0,25	2,88	0,61
	37	4,25	19,10	1,09	5,41	0,30
	63	1,41	20,60	1,10	4,71	0,30
B2	yüzey	7,88	13,30	0,22	1,77	0,82
	20	6,64	15,70	0,59	2,66	0,57
	37	1,62	26,20	1,43	4,64	0,25
M8	yüzey	8,99	15,00	0,53	5,06	3,54
	18	4,36	19,60	1,01	5,93	1,39
	40	1,60	22,00	1,47	5,20	0,11
	62	1,41	22,20	2,41	5,06	0,03
M14	yüzey	8,15	13,30	0,47	2,88	0,53
	20	2,78	22,70	0,92	4,29	1,10
	40	1,80	26,80	1,49	5,05	0,20
	81	1,59	24,30	1,28	4,74	0,45
M23	yüzey	8,11	15,30	0,40	2,60	0,95
	22	4,97	19,10	0,72	4,06	1,22
	40	1,77	22,60	1,04	4,54	0,46
	100	1,60	27,10	1,28	5,68	0,25
M20	yüzey	8,62	15,30	0,39	3,63	0,88
	20	1,96	22,20	0,96	4,55	0,76
	40	1,46	25,30	1,25	4,61	0,54
	89	1,49	21,30	1,10	5,08	1,38
M11	yüzey	9,95	15,60	0,47	2,88	0,53
	21	4,60	19,60	0,92	4,29	1,10
	40	2,14	23,70	1,49	5,05	0,20
	63	1,50	21,70	1,28	4,74	0,45
M3	yüzey	7,89	12,10	0,33	3,30	0,98
	20	3,49	18,30	0,60	1,82	1,46
	25	1,05	23,00	1,79	4,19	0,48

Çizelge 5.10 Hidrokimyasal parametrelerin Kasım 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)

İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	O ₂ (mg/l)	AKM (mg/l)	TOP. P (µg/l)	TOP. N (µg/l)	CHL-A (µg/l)
K3	yüzey	9,60	8,80	0,59	2,27	2,15
	20	9,47	9,30	0,49	2,49	2,03
	40	9,50	9,10	0,45	2,80	1,00
K0	yüzey	9,66	7,70	0,49	2,02	1,54
	20	9,53	7,20	0,53	1,94	1,70
	40	8,81	7,20	0,54	2,55	1,05
	68	3,11	17,20	1,79	3,78	0,55
B13	yüzey	9,64	8,10	0,68	1,67	1,27
	20	9,55	9,50	0,51	2,47	1,40
	43	5,11	18,10	1,51	3,28	0,52
	60	3,01	22,70	1,62	3,07	0,76
B7	yüzey	9,52	10,50	0,55	2,13	1,60
	20	9,38	9,10	0,50	2,09	1,46
	40	3,86	19,70	1,55	4,05	0,48
	63	3,15	22,30	1,54	3,13	0,49
B2	yüzey	9,35	9,60	0,60	1,95	1,32
	20	7,89	12,30	0,68	1,89	0,96
	37	3,16	22,40	1,80	7,89	0,71
M3	yüzey	9,06	8,40	0,58	1,98	1,50
	20	6,54	13,80	1,03	2,56	0,94
M11	yüzey	9,76	13,10	0,88	1,77	4,19
	20	4,44	14,70	1,52	2,75	1,06
	40	2,70	22,10	1,60	2,50	0,27
	63	2,33	19,50	1,67	2,84	0,21
M20	yüzey	9,51	11,90	0,76	2,06	3,17
	20	2,84	19,50	1,47	2,84	0,60
	40	3,48	21,90	1,56	2,55	0,26
	89	1,79	24,10	1,77	3,05	0,28
M23	yüzey	9,01	13,30	0,71	1,59	1,78
	21	3,93	20,50	1,42	2,43	0,58
	40	3,48	22,30	1,46	2,15	0,24
	100	1,92	24,50	1,66	2,42	0,29
M14	yüzey	9,46	11,60	0,68	2,13	3,56
	21	5,05	18,00	1,20	2,63	0,71
	40	2,77	20,80	1,52	3,02	0,40
	81	1,79	23,80	1,59	2,95	0,36
M8	yüzey	9,34	9,80	0,69	2,54	3,13
	20	6,51	16,90	1,43	2,62	1,66
	40	2,62	23,70	1,50	4,12	0,34
	62	2,06	19,70	1,62	3,26	0,30

Çizelge 5.11 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K3	yüze	1,70	14,60	3,10	3,88	12,10
	10				2,06	19,20
	42	0,80	10,40	1,00	11,03	25,20
K1	yüze	2,80	15,30	1,50	0,57	14,00
	10				9,95	16,40
	67	1,40	22,20	1,20	13,08	22,20
K0	yüze	1,40	10,50	5,20	2,23	9,40
	5				12,11	15,50
	10				16,99	34,00
	20				14,77	43,00
	30				20,28	30,80
	40				1,32	44,60
	60	1,30	48,00	3,40	10,72	52,20
	yüze	<0,8	13,50	8,40	5,61	7,00
B13	10				51,38	44,50
	40				64,31	41,00
	50	1,20	6,70	4,40	10,31	29,10
B7	yüze	1,60	16,70	6,20	3,27	3,70
	10				5,54	18,60
	40	1,00	13,50	1,60	10,90	9,00
B2	55	2,70	13,30	1,60	1,82	6,00
	yüze	1,20	11,50	7,20	5,39	5,70
	10	3,90			6,82	15,90
	20	<0,8	8,90	3,30	11,27	16,50
	35				7,69	10,90
M8	40				9,76	10,10
	yüze	1,10	43,90	11,40	66,30	12,90
	10				4,21	11,60
	20				3,10	9,00
	40				9,17	14,20
M11	60	<0,8	6,50	3,40	27,14	9,10
	yüze	1,00	20,30	1,60	10,74	12,80
	10				8,10	22,60
	30	1,00	37,00	4,00	7,31	32,70
	50	1,30	25,20	1,00	16,37	28,90
M3	yüze	1,50	12,60	15,60	5,26	14,20
	10				3,18	25,80
	25	2,30	12,10	3,10	2,60	27,50
M20	yüze	0,90	5,00	1,80	6,53	12,20
	10				11,02	
	30	1,60	7,60	3,70	6,27	53,40
	80	1,00	11,50	6,70	2,30	75,00
M23	yüze	<0,8	9,50	3,40	1,88	11,60
	10				3,65	10,50
	30				4,40	12,30
	100	<0,8	6,60	1,00	0,71	11,60
M14	yüze	0,90	9,80	6,30	3,08	5,30
	10				9,00	10,00
	30				10,93	17,30
	70	1,70	10,90	4,20	3,68	15,10

Çizelge 5.12 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
M8	yüzey	2,20	23,70	2,30	9,39	7,60
	10				5,76	10,60
	20	1,20	22,70	1,40	7,04	13,10
	40				3,95	19,00
	60	1,50	41,30	4,70	4,69	21,30
M14	yüzey	<0,8	13,10	2,10	10,92	6,20
	10				9,87	9,40
	20	1,00	7,00	1,10	9,97	13,90
	70	1,30	8,00	1,60	6,30	18,00
M23	yüzey	<0,8	10,70	2,80	4,61	26,20
	5				4,90	16,80
	10				8,97	16,40
	20	<0,8	13,60	2,30	5,20	13,90
	100	<0,8	8,60	1,20	7,53	10,30
M20	yüzey	6,70	11,20	6,40	8,90	9,60
	10				11,35	10,80
	20	1,60	13,80	36,00	23,70	11,20
	80	1,00	9,90	2,20	6,28	12,20
M11	yüzey	1,60	10,70	2,00	27,30	7,10
	10					2,70
	20	1,20	9,00	1,50	12,02	2,60
	50	1,40	9,70	2,50	38,70	5,00
M3	yüzey	1,10	12,90	5,80	6,33	6,50
	5				11,08	7,20
	25	1,70	11,60	5,50	10,99	20,30
B2	yüzey	1,30	18,70	1,70	20,36	6,20
	5				13,77	10,80
	10				5,73	12,80
	20	1,00	14,30	3,10	9,66	17,30
	30				11,07	15,60
	35	1,10	11,50	3,10	5,48	16,40
B7	yüzey	<0,8	20,70	18,60	7,20	5,20
	10				5,31	8,20
	55	<0,8	10,00	1,60	11,07	18,00
B13	yüzey	3,70	10,40	4,60	5,03	6,20
	10				4,35	6,50
	50	6,10	9,90	1,60	7,34	20,90
K0	yüzey	<0,8	8,90	5,20	6,93	6,80
	5					11,30
	10				5,81	11,60
	20				15,90	14,20
	30				13,50	13,40
	40				5,45	18,60
	60	1,00	13,70	2,40	5,20	21,50
K3	yüzey	<0,8	13,00	1,90	7,03	4,60
	10				5,13	6,70
	42	<0,8	13,10	1,70	6,11	22,40
K1	yüzey	2,80	9,30	3,50	8,61	2,10
	10	1,00	9,70	3,00	5,16	11,80
	60	1,80	16,60	1,00	19,76	

Çizelge 5.13 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K3	yüzey	1,10	35,00	1,80	2,23	4,90
	10					
	40				17,40	13,30
K1	yüzey	0,98	9,00	<1	1,24	3,10
	10					
	65	0,80	9,00	<1	28,10	8,70
K0	yüzey	1,30	55,00	1,70	1,49	7,30
	5					
	10					
	20				9,00	11,30
	30				19,70	18,30
	40					
	60	1,30	8,00	3,90	17,20	24,80
B13	yüzey	0,80	11,00	1,00	1,00	9,40
	10					
	40				5,43	
	60	0,80	13,00	3,50	3,09	23,20
B7	yüzey	0,80	11,00	<1	5,38	1,70
	10					
	40				1,38	13,50
	60	0,90	<4	<1		14,70
B2	yüzey	0,90	11,00	<1	66,80	7,90
	5				1,75	14,80
	10				1,91	18,20
	20					20,40
	30	0,80	16,00	1,30	0,86	20,70
	35	0,80	16,00	1,30	0,86	20,70
M8	yüzey	0,90	8,00	1,40	2,47	11,10
	10				32,20	10,60
	20	0,80	8,00	<1	36,60	9,00
	40				9,41	
	60	0,90	17,00	2,00	13,80	17,20
M3	yüzey	0,80	46,00	<1	0,78	10,70
	10				2,40	10,00
	20	0,80	7,00	<1	1,39	21,10
M14	yüzey	0,80	6,00	1,00	2,34	2,60
	10					
	20				4,09	8,40
	80	1,10	6,00	1,20	1,12	4,50
M23	yüzey	1,00	10,00	1,20	1,56	7,80
	5					
	10					
	20	<0,8	17,00	<1	4,42	12,80
M20	100	<0,8	23,00	<1	13,00	
	yüzey	0,90	11,00	1,10	1,81	7,20
	10				32,50	9,30
	20	0,90	9,00	1,40	5,40	23,40
M11	80	0,90	9,00	2,50	13,30	6,00
	yüzey	0,80	18,00	1,00	1,68	10,30
	10				1,77	11,10
	20	<0,8	14,00	1,00	21,00	7,20
	50	0,90	23,00	3,40	18,90	16,80

Çizelge 5.14 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 1997 ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K1	yüzey	22,00	33,00	5,00	4,65	12,90
	10					
	40				2,89	
	60				3,52	14,66
K3	yüzey	5,00	22,00	4,00	44,60	10,45
	10					
	40	65,00	7,00	5,00	2,38	11,60
K0	yüzey	6,00	23,00	7,00	3,88	7,61
	5					
	10				2,67	15,29
	20				1,54	12,23
	30				1,78	15,49
	40				0,99	3,68
	46	40,00	56,00	8,00	2,82	16,56
	65	93,00	55,00	8,00		
B13	yüzey	1,00	7,00	4,00	1,70	7,08
	10					
	40				3,44	6,36
	60				2,87	9,68
B7	yüzey	11,00	5,00	6,00	1,78	3,36
	10					
	35	17,00	5,00	9,00		
	58	3,00	6,00	5,00	3,09	
B2	yüzey				2,03	2,24
	5					
	10				2,78	10,96
	20				4,26	13,35
	25	4,00	5,00	5,00		
	39				11,42	21,88
M3	yüzey	3,00	23,00	5,00	2,65	2,40
	10				110,80	10,37
	25	20,00	35,00	10,00	43,20	15,41
M20	yüzey	9,00	<4	3,00	1,46	15,29
	10				3,06	21,44
	20	2,00	<4	3,00	1,27	21,96
	85	10,00	<4	6,00		
M23	yüzey	36,00	<4	3,00	5,39	9,26
	5					
	10				11,90	11,60
	20	10,00	<4	3,00	3,67	6,16
	30				3,08	12,38
	87	14,00	<4	2,00	2,55	7,43
M11	yüzey	2,00	5,00	3,00		11,72
	10					8,27
	20	3,00	10,00	7,00		2,63
	55	9,00	5,00	4,00		
M14	yüzey	37,00	<4	8,00	3,29	1,57
	10				17,50	5,17
	20	3,00	<4	3,00	13,90	17,11
	80	5,00	<4	6,00	9,01	20,69
M8	yüzey		22,00	4,00	1,49	19,06
	10				46,30	10,65
	20	5,00	19,00	3,00	1,78	15,57
	30				11,80	6,48
	40				18,90	18,35
	60	4,00	38,00	6,00	11,90	16,76

Çizelge 5.15 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K3	yüzey				33,70	15,00
	10				49,79	9,94
	44				29,54	15,18
K2	yüzey				50,07	17,44
	10				35,52	18,35
	63				61,78	21,68
	70				71,54	28,84
K1	yüzey				52,65	31,80
	10				29,66	39,72
	67				47,62	46,02
	70				24,50	34,18
K0	yüzey	0,84	10,10	1,76	39,22	22,96
	5	<0,8	10,66	1,68		
	10	<0,8	15,04	1,52	46,23	26,25
	20	0,86	24,44	1,22		
	30	<0,8	9,74	1,06		
	40	1,42	19,56	1,62		
	51				53,69	33,54
	68				85,32	31,07
B13	yüzey				36,01	13,66
	10				37,66	18,35
	45				36,26	51,22
	60				39,46	44,17
B7	yüzey				69,88	16,52
	10				38,37	18,81
	40				81,14	28,35
	63				103,69	24,24
B2	yüzey	<0,8	7,76	1,74		25,88
	10	<0,8	12,00	1,50		12,90
	20	<0,8	5,98	2,30		
	28	<0,8	9,68	4,50		34,42
	38	<0,8	5,42	7,50		31,65

Çizelge 5.15 Ağır metaller ve hidrokarbonların Şubat 2004 ölçüm sonuçları (Devam)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
M8	yüzey				321,31	34,73
	10				79,19	22,71
	23				65,39	32,87
	40	<0,8	17,64	<1		
	62				86,86	38,45
	64	<0,8	56,40	7,54		
M11	yüzey				1,38	19,66
	10				3,15	26,28
	26				12,08	26,70
	63				5,03	29,91
MK	yüzey				88,89	38,90
	6				98,22	28,24
MY2	yüzey				63,36	43,57
	10				165,53	38,23
	27				74,46	40,49
	86				89,71	60,76
MY1	yüzey				75,66	53,60
	10				74,73	36,71
	27				91,18	53,30
	40				61,28	47,30
M20	yüzey				66,88	33,69
	10				68,14	34,15
	27				67,81	39,57
	89				81,83	36,38
M23	yüzey				61,63	41,90
	10				57,54	34,15
	28				69,64	46,80
	100				84,88	43,57
MKC	yüzey				83,98	40,76
	10				64,60	31,52
	21				79,74	32,87
M14	yüzey				70,49	29,36
	10				67,61	27,99
	28				77,44	28,35
	81				150,15	32,16

Çizelge 5.16 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
M8	yüzey				26,07	36,58
	10				34,76	31,49
	24				19,53	40,27
	40	1,10	3,58	0,60		
	62	1,12	12,96	1,78	27,31	50,33
M14	yüzey				70,80	23,78
	10				56,70	27,13
	25				72,39	24,96
	81				78,16	24,45
MKC	yüzey				83,35	16,03
	10				48,65	24,72
	22				68,72	29,23
MBC1	yüzey				42,43	21,02
	10				71,58	36,82
	25				60,38	32,77
	47				55,21	30,33
M23	yüzey	1,54	11,78	1,50	24,70	16,03
	5	0,44	5,24	2,12		
	10	0,82	7,50	1,82	33,76	15,18
	22				52,43	33,53
	100				40,63	52,22
M20	yüzey				51,02	28,41
	10				160,04	19,69
	23				30,06	29,26
	89				47,35	32,89
MY1	yüzey				25,63	26,64
	10				26,25	22,04
	21				31,44	33,90
	40				30,54	38,71
MY2	yüzey				70,63	12,59
	10				50,57	14,96
	22				65,62	12,43
	86				68,93	12,62
M11	yüzey				32,95	31,00
	10				39,67	31,49
	22				38,87	28,93
	63				54,76	28,44

Çizelge 5.16 Ağır metaller ve hidrokarbonların Mayıs 2004 ölçüm sonuçları (Devam)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
MK	yüzey				45,62	154,05
	6				16,56	47,62
B2	yüzey	22,62	113,34	4,20	50,77	20,09
	5	4,02	10,30	1,40		
	10	3,88	6,66	1,62	44,35	14,66
	20	1,76	11,82	2,26		
	32	0,82	3,84	0,76	28,14	20,88
	37	1,18	13,62	2,12	24,01	17,22
B7	yüzey				33,45	25,09
	10				41,10	23,56
	50				36,27	50,42
	60				56,84	39,81
B13	yüzey				24,14	11,70
	10				36,94	6,76
	55				38,85	13,07
	60				35,07	26,28
K0	yüzey	0,84	6,12	1,08	51,23	38,04
	5	0,70	8,84	0,74		
	10	0,64	9,58	11,66	47,89	40,03
	20	1,68	16,60	4,76		
	30	2,02	8,12	3,54		
	40	1,20	10,04	5,34		
	58				44,33	32,56
	69				40,73	63,96
K3	yüzey				38,97	4,23
	10				43,63	9,54
	43				35,84	18,32
K1	yüzey				21,65	29,93
	10				41,91	41,40
	71				108,98	32,62

Çizelge 5.17 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K3	yüze				3,76	13,62
	10				3,01	14,84
	44				3,29	20,36
K2	yüze				2,41	14,42
	10				3,63	16,64
	64				2,96	23,01
	70				2,78	27,40
K1	yüze				5,13	14,66
	10				85,38	15,57
	68				70,91	13,04
	70				13,07	16,28
K0	yüze	0,74	9,36	1,28	2,46	15,51
	5	<0,8	4,62	<1		
	10	<0,8	9,08	1,08	3,53	15,76
	20	<0,8	9,16	1,00		
	30	<0,8	10,34	1,32		
	40	<0,8	16,40	1,08		
	50				137,52	30,57
	69				3,45	31,09
B13	yüze				3,59	17,50
	10				3,46	16,85
	45				3,26	23,41
	60				23,63	30,48
B7	yüze				3,42	7,74
	10				166,53	14,11
	37				3,44	17,71
	63				3,17	27,40
B2	yüze	<0,8	9,80	1,10	4,46	16,28
	5	<0,8	6,28	<1		
	10	<0,8	11,52	1,32	1,09	15,97
	20	0,80	17,74	1,40		
	27	<0,8	9,14	1,84	4,93	39,90
	37	0,86	10,20	1,52	4,84	37,56
M8	yüze				2,62	31,00
	10				8,29	27,62
	18				3,47	36,03
	40	1,28	9,12	<1		
	62	<0,8	7,86	1,52	5,14	33,04

Çizelge 5.17 Ağır metaller ve hidrokarbonların Ağustos 2004 ölçüm sonuçları (Devam)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
M14	yüzey				3,21	14,96
	10				3,58	21,18
	20				16,40	27,13
	81				2,55	32,65
MKC	yüzey				11,85	59,96
	10				22,84	21,55
	21				3,22	22,86
MBC1	yüzey				2,65	27,07
	10				3,04	20,36
	21				2,30	22,71
	47				5,67	23,23
M23	yüzey	1,40	4,74	1,00	7,49	29,11
	5	<0,8	9,92	1,32		
	10	1,42	4,68	1,70	1,93	28,90
	22				2,26	49,69
	100				2,13	52,33
M20	yüzey				2,84	18,01
	10				2,85	23,53
	20				3,22	19,17
	89				2,87	19,96
MY1	yüzey				4,34	8,84
	10				10,78	17,77
	20				6,43	27,37
	41				3,60	35,97
MY2	yüzey				13,17	24,29
	10				3,46	23,10
	20				5,33	27,56
	86				8,79	29,14
M11	yüzey				27,21	24,54
	10				11,63	26,89
	21				4,34	22,56
	63				2,46	24,23
MK	yüzey				112,15	13,84
	6				12,26	23,10

Çizelge 5.18 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 2004 ölçüm sonuçları (İSKİ,2005)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K1	yüzey				11,50	19,90
	10				6,32	18,10
	68				7,12	27,77
	70				4,01	36,28
K2	yüzey				6,81	9,93
	10				12,11	19,87
	62				10,60	36,06
	69				9,75	33,90
K3	yüzey				14,72	21,82
	10				7,24	14,23
	44				9,02	22,95
K0	yüzey	1,12	8,88	<1	57,34	17,62
	5	1,88	<4	1,00		
	10	<0,8	<4	<1	12,04	18,56
	20	<0,8	<4	<1		
	30	1,02	34,60	<1		
	40	2,74	7,44	7,26		
	49	1,22	<4	5,08	5,26	45,82
	68	1,72	<4	1,90	9,77	46,18
B13	yüzey				9,99	3,32
	10				9,11	8,50
	43				9,39	8,32
	60				10,59	18,35
B7	yüzey				6,69	10,12
	10				4,70	8,68
	35				6,09	10,64
	63				16,53	15,70
B2	yüzey	<0,8	<4	<1	3,46	14,45
	5	<0,8	6,60	<1		
	10	<0,8	6,50	<1	5,42	13,99
	20	<0,8	5,42	<1		
	27	2,94	6,44	1,30	7,00	28,35
	37	<0,8	<4	<1	6,78	23,01
MK	yüzey				15,20	7,71
	8				17,85	12,65
MY2	yüzey				110,78	18,62
	10				82,50	24,54
	20				6,71	32,43
	86				9,00	30,85

Çizelge 5.18 Ağır metaller ve hidrokarbonların Kasım 2004 ölçüm sonuçları (Devam)

İSTASYON NO	GÖZLEM DERİNLİĞİ	Pb	Fe	Mn	PHC	YÜZEY AKTİF M.
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
MY1	yüzey				9,23	30,24
	10				7,92	30,18
	21				9,08	31,67
	40				7,74	35,18
M20	yüzey				8,26	11,06
	10				7,22	16,95
	20				21,03	9,51
	89				7,77	13,78
M23	yüzey	<0,8	<4	0,78	15,87	9,69
	5	<0,8	5,14	0,64		
	10	<0,8	4,70	0,20	11,67	15,57
	21	<0,8	4,32	0,32	13,37	13,09
	30	<0,8	10,08	0,44		
	40	<0,8	5,16	0,32		
	100	<0,8	11,20	0,82	10,29	20,73
MBC1	yüzey				11,41	9,72
	10				20,18	8,75
	23				23,41	10,51
	47				34,97	16,34
MKC	yüzey				7,70	18,14
	10				11,19	9,78
	21				8,56	10,64
M14	yüzey				10,14	8,93
	10				8,23	12,37
	21				7,82	8,75
	81				5,70	8,41
M8	yüzey	<0,8	4,50	0,80	12,15	9,39
	5	<0,8	4,60	0,62		
	10	<0,8	8,98	0,74	12,52	11,31
	20	<0,8	<4	0,30	4,65	9,69
	30	<0,8	<4	0,10		
	40	<0,8	<4	0,26		
	62	<0,8	<4	0,38	4,37	13,65

Çizelge 5.19 Fekal koliform bakterisi 1997 yılı ölçüm sonuçları (İSKİ,1998)

İSTASYON NO	DERİNLİK (M)	ŞUBAT (CFU/100 ml x10 ²)	MAYIS (CFU/100 ml x10 ²)	AĞUSTOS (CFU/100 ml x10 ²)	KASIM (CFU/100 ml x10 ²)
K1	yüzeý	0	0	0,25	0
	30	0,03	0	0,15	0
	60	143	11	0,9	0
K0	yüzeý	-	0,1	0,25	0
	30	-	0	0,1	0
	60	-	300	180	6
K3	yüzeý	0,03	0	0	0,65
	20	0	0	0	0
	42	0	0	0	0
B13	yüzeý	2	4,5	4,2	9
	20	2,7	4,1	6,6	16
	40	4,5	5,2	220	80
B7	yüzeý	1,8	8	9,6	0,5
	20	2,6	8	42	3
	40	3,5	200	400	100
B2	yüzeý	3,9	12	57	4
	20	12	13	110	3
	30	13	12,5	200	23
M3	yüzeý	18	9	25	3,5
	10	0,2	0,6	29	20
	25	0,15	0,1	0,5	0,1
M8	yüzeý	0,1	42	0,1	10
	30	35	0	0	0
	60	0,6	0	0,2	0,05
M14	yüzeý	3,5	2,2	0,2	2,4
	30	0,15	0,04	0	0,15
	70	0	0,05	0,05	0
M23	yüzeý	0	0	0	0
	40	0,1	0	0	0
	100	0	0	0	0
M20	yüzeý	0	0	0,05	1,7
	40	0,1	0	0,7	0,05
	80	0	0	0	0
M11	yüzeý	0	0	0,05	0
	30	0,4	0,25	0,2	0
	50	0	0,3	0	0
MY1	yüzeý	-	-	0,05	0
	30	-	-	0,2	0
	55	-	-	0,05	0

Çizelge 5.20 Fekal koliform bakterisi 2004 yılı ölçüm sonuçları (İSKİ, 2005)

İSTASYON NO	DERİNLİK	ŞUBAT	MAYIS	AĞUSTOS	KASIM
		CFU/100 ML	CFU/100 ML	CFU/100 ML	CFU/100 ML
K1	yüzey			1190	
	ara tabaka	500		600	310
	alt tabaka	690		820	
K0	yüzey				
	ara tabaka	3100		6600	10600
	alt tabaka	4600		7400	8300
K3	yüzey				
	ara tabaka				
	alt tabaka				
B13	yüzey	130	90		90
	ara tabaka	3400	2100	600	6900
	alt tabaka	4800	4300	420	5400
B7	yüzey	180	50	150	170
	ara tabaka	510	7600	9300	1100
	alt tabaka	3900	3600	7900	600
B2	yüzey	1090	260	490	260
	ara tabaka	2000	2800	7500	1900
	alt tabaka	4900	2900	6100	260
M3	yüzey	530	300	300	390
	ara tabaka				
	alt tabaka	30		30	
M8	yüzey	390	60	60	400
	ara tabaka				40
	alt tabaka				
M14	yüzey				30
	ara tabaka				
	alt tabaka				
M23	yüzey				130
	ara tabaka				50
	alt tabaka				
M20	yüzey				
	ara tabaka			80	50
	alt tabaka				
M11	yüzey				60
	ara tabaka			40	
	alt tabaka				
MY1	yüzey				50
	ara tabaka	800	60	420	2000
	alt tabaka	140	50		160

5.3 Kirlilik Parametreleri Ölçüm Değerlerindeki Değişim

5.3.1 Hidrokimyasal Parametrelerin 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının mevsimsel olarak değerlendirilmesi yapıldığında Şubat ayı ölçümlerinde 1997 ve 2004 yıllarına ait yüzey suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının 5 mg/l'ten yüksek olduğu görülmektedir. Her iki yıla ait çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının derinliğe bağlı olarak azaldığı görülmekte ve çözünmüş oksijen konsantrasyonlarındaki derinliğe bağlı olarak meydana gelen bu düşüşün Marmara istasyonlarında daha hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmektedir. 1997 ve 2004 yıllarına ait ölçümler karşılaştırıldığında ise yüzey suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının bütün istasyonlarda artış gösterdiği görülmektedir. Ancak alt tabaka suyundaki ölçümler için aynı sonuca varmak mümkün olmamaktadır. Boğaz istasyonlarında alt tabaka sularındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının karşılaştırılan 1997–2004 yılları arasında bir miktar düşüş gösterdiği görülmektedir. Ancak gözlenen bu artma ya da azalmalar büyük mertebelerde olmamaktadır.

Mayıs ayı ölçümleri karşılaştırıldığında yüzey suyundaki çözünmüş oksijen değerlerinin Şubat ayına göre düşük çıktığı ancak genel anlamda 5 mg/l'ten daha az bir seviyede çıkmadığı görülmektedir. Karadeniz'in İstanbul Boğazı'na giriş kısmında bulunan K0 istasyonu ile Boğaz istasyonlarında ve özellikle de Marmara istasyonlarında derinliğe bağlı olarak çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında hızlı bir azalma olduğu tespit edilmektedir. 1997 yılı ve 2004 yılı ölçümleri karşılaştırıldığında ise genel anlamda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında bir miktar artış görülmekle beraber söz konusu olan bu artış oldukça düşük bir miktarda olmaktadır.

Ağustos ayı ölçümleri değerlendirildiğinde Karadeniz girişi ve Boğaz istasyonları üst tabaka suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının 5 mg/l sınırının geçmekte olduğu görülmektedir. Ancak Marmara istasyonlarında 20 m ve daha derinlerde çözünmüş oksijen konsantrasyonları 5 mg/l'ten düşük çıkmaktadır. Ayrıca Boğaz ve Marmara istasyonlarındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının derinlik arttıkça düşüş gösterdiği açık şekilde görülmektedir. 1997 yılı ile 2004 yılı ölçümleri karşılaştırıldığında ise Karadeniz ve Boğaz istasyonlarındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında genel anlamda önemli bir değişiklik görülmemekle birlikte, başta M11 ve M3 istasyonları yüzey suyu olmakla beraber Marmara istasyonlarındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında 1997 ile 2004 yılları

arasında artışın meydana geldiği izlenmektedir.

Kasım ayı çözünmüş oksijen konsantrasyonları değerlendirildiğinde yine yüzey tabakasında 5 mg/lt sınırının aşıldığı gözlenmekle beraber derinlik arttıkça özellikle Marmara istasyonlarında çözünmüş oksijen konsantrasyonunda hızlı bir düşüşün meydana geldiği görülmektedir. 1997 yılı ile 2004 yılının karşılaştırılması yapıldığında ise çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında bir miktar artışın meydana geldiği izlenmekte ve bu artış özellikle Marmara istasyonlarındaki alt tabaka sularında kendisini daha belirgin bir şekilde hissettirmektedir.

1997 ve 2004 yıllarına ait Şubat ayı AKM ölçümleri değerlendirildiğinde, Karadeniz istasyonlarındaki AKM konsantrasyonlarının K0 istasyonu hariç yüzey suyu ve alt tabaka sularında artış göstermiş olduğu görülmektedir. AKM konsantrasyonundaki artış K3 istasyonunun 20 m'lik yüzey tabakasında daha çok hissedilirken, K1 istasyonunda bu artış 60 m'lik alt tabaka suyunda daha belirgin hissedilmektedir. Boğazın Karadeniz girişinde bulunan K0 istasyonunda ise yüzey suyundaki AKM ölçümlerinde 1997 yılı ile 2004 yılı arasında yaklaşık %80 mertebelerinde bir düşüş görülmektedir. Ancak 1997 yılına ait ölçüm sonucu ekstrem bir durumdan dolayı meydana gelmiş olabilir. Nitekim K0 istasyonu alt tabaka suyu AKM ölçümlerinde yine K1 ve K3 istasyonlarında olduğu gibi 1997–2004 yılları arasında bir artış eğilimi görülmektedir. Şubat ayı AKM ölçümlerindeki artış eğilimi özellikle B7 ve B13 istasyonları olmak üzere Boğaz istasyonlarında da gözlenmektedir. Marmara istasyonlarındaki ölçümler değerlendirildiğinde yüzey tabakası ve alt tabaka suları AKM konsantrasyonlarında 1997 yılı ile 2004 yılı arasında bir artışın meydana gelmiş olduğu izlenmektedir.

Mayıs ayına ait AKM ölçümlerine bakıldığında 1997 yılı ile 2004 yılı arasındaki konsantrasyon artışının Şubat ayına göre çok daha fazla belirgin bir şekilde meydana geldiği görülmektedir. İzleme yapılan tüm istasyonlarda yüzey tabakası ve alt tabaka suyunda AKM konsantrasyonlarında önemli mertebede artış olduğu izlenmektedir. Ağustos ayı ölçümlerinde yine benzer şekilde AKM konsantrasyonlarında 1997 ile 2004 yılları arasında önemli derecede bir artışın meydana gelmiş olduğu görülmekte, özellikle Marmara istasyonlarında bu artış kendisini oldukça belirgin bir şekilde hissettirmektedir. Kasım ayı AKM ölçümleri de yine diğer aylara benzer şekilde bir eğilimin meydana geldiğinin göstermektedir. 1997 yılı ile 2004 yılı AKM konsantrasyonları karşılaştırıldığında Karadeniz, Boğaz ve Marmara istasyonlarında ölçülen AKM konsantrasyonlarının artış gösterdiği izlenmektedir.

İzleme istasyonlarında ölçülen AKM konsantrasyonlarının derinliğe bağlı olarak göstermiş

olduğu artış ise özellikle 2004 yılı ölçümlerinde kendisini göstermektedir.

1997 yılı ile 2004 yılında izleme istasyonlarında yapılmış olan toplam fosfor ölçümleri değerlendirildiğinde, deniz suyundaki toplam fosfor konsantrasyonlarının tüm mevsimlerde son derece belirgin bir şekilde bir düşüş göstermiş olduğu izlenmektedir. Gerek Karadeniz istasyonlarında, gerek Boğaz istasyonlarında, gerekse Marmara istasyonlarında, karşılaştırılması yapılan bütün derinliklerde toplam fosfor konsantrasyonlarında oldukça önemli mertebelerde azalma meydana gelmiş olduğu görülmektedir.

Toplam fosfor konsantrasyonlarındaki azalma eğilimine benzer şekilde toplam azot konsantrasyonlarında da önemli bir azalmanın meydana gelmiş olduğu görülmektedir. İzleme yapılan bütün istasyonlarda, 1997 yılı ile 2004 yılı Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarındaki toplam azot ölçümleri değerlendirildiğinde, numune alınan tüm derinliklerde toplam azot konsantrasyonlarında oldukça yüksek seviyede bir düşüşün sağlandığı gözlenmektedir.

İzleme istasyonlarından alınmış numunelerdeki Şubat ayı klorofil-a ölçümleri değerlendirildiğinde, başta Marmara istasyonları olmak üzere yüzeyden derine doğru klorofil-a konsantrasyonlarında hızlı bir düşüşün meydana geldiği izlenmektedir. 1997 yılı klorofil-a ölçümleri ile 2004 yılı klorofil-a ölçümleri karşılaştırıldığında ise, genel anlamda klorofil-a konsantrasyonlarında bir artış eğilimi ile karşılaşılmaktadır. Klorofil-a konsantrasyonlarındaki bu artış, izleme istasyonları yüzey tabaka sularından alınmış olan numunelerde kendisini daha belirgin olarak göstermektedir.

Mayıs ayı klorofil-a ölçümlerine bakıldığında ise klorofil-a konsantrasyonlarının derinlikle beraber yine azalmakta olduğu görülmekte, ancak 1997 yılı ile 2004 yılı ölçümleri karşılaştırıldığında, Şubat ayı ölçümlerinde olduğu gibi klorofil-a konsantrasyonlarında belirgin bir artış görülmemektedir. Karadeniz istasyonları olan K0, K1 ve K3 istasyonları yüzey su tabakasında görülen klorofil-a konsantrasyonu artışı, Boğaz ve Marmara istasyonlarında yerini azalmaya bırakmaktadır. Konsantrasyon değişimleri çok yüksek seviyelerde olmamakla beraber Boğaz ve Marmara istasyonlarında düşme eğilimi göstermektedir.

Ağustos ayı klorofil-a konsantrasyonları değerlendirildiğinde, yine derinliğe bağlı olarak bir azalma olduğu görülmektedir. 1997 yılı ile 2004 yılı ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, Karadeniz ve Boğaz istasyonlarındaki klorofil-a konsantrasyonlarında belirgin bir düşüşün meydana geldiği izlenmektedir. Klorofil-a konsantrasyonlarındaki bu azalma eğilimi yüzey

tabaka suyunda daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Marmara istasyonlarında ise yer yer azalma ve artış eğilimlerinin meydana geldiği görülmektedir. M8 ve M23 istasyonları yüzey suyunda klorofil-a konsantrasyonlarında artış eğilimi gözlenirken, M14, M20, M11 ve M3 istasyonları yüzey suyunda azalma eğilimi gözlenmektedir.

Kasım ayı klorofil-a konsantrasyonlarındaki değişim incelendiğinde, Karadeniz istasyonlarında derinlikle beraber azalma eğilimi gösteren konsantrasyonların, 1997 ile 2004 yılı karşılaştırıldığında düşük de olsa bir miktar artış göstermiş olduğu görülmektedir. Boğaz istasyonlarında yine derinlikle azalan klorofil-a konsantrasyonlarının 1997 ile 2004 yılı değişimi göz önüne alındığında, B13 ve B2 istasyonlarında azalma eğilimi göstermesine karşın B7 istasyonunda artış eğilim gösterdiği izlenmektedir. Ancak bu artma ya da azalma eğiliminin oldukça düşük bir seviyede olduğu görülmektedir. Marmara istasyonlarındaki klorofil-a konsantrasyonu değişimleri ise bölgesel olarak artma veya azalma eğilimleri göstermektedir. Ölçüm sonuçları farklı derinliklerde farklı eğilimler vermekte ve genel bir eğilimden söz edilebilecek neticeler vermemektedir. Ancak genel anlamda derinlik artışıyla beraber klorofil-a konsantrasyonlarında bir düşüşün meydana geldiği izlenmektedir.

5.3.2 Ağır Metallerin (Pb, Fe ve Mn) 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Pb konsantrasyonlarındaki değişim değerlendirildiğinde, K0 istasyonu yüzey suyu Pb konsantrasyonlarında 1997 yılı ile 2004 yılı arasında genel anlamda bir düşüşün meydana geldiği görülmektedir. Ancak alt tabaka suyunda meydana gelen değişim hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. İstasyonda ölçülen Pb konsantrasyonlarının derinlikle değişimi incelendiğinde genel anlamda derinlik arttıkça konsantrasyon artışının meydana geldiği gözlenmektedir. B2 istasyonu Pb konsantrasyonlarındaki değişim incelendiğinde, Mayıs ayı ölçümü hariç diğer aylarda, yüzey suyunda düşük bir seviyede de olsa Pb konsantrasyonlarında bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Mayıs ayı ölçümü ise bunun tam tersi olarak Pb konsantrasyonlarında bir artışın olduğunu göstermektedir. Ancak alt tabaka suyunda 1997–2004 yılı değişim ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. 1997-2004 yılları arasındaki M8 istasyonundaki Pb değişimi değerlendirildiğinde, alt tabaka suyu Pb konsantrasyonlarında bir düşüş gözlenmekle beraber yüzey suyundaki değişim ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. M23 istasyonundaki Pb konsantrasyonu değişimleri değerlendirildiğinde ise 1997-2004 yıllarının karşılaştırılması yapıldığında, Mayıs ve Ağustos aylarına ait ölçümlerde, yüzey suyu Pb konsantrasyonunda azalma eğilimi izlenirken, Kasım

ayı ölçümünde konsantrasyon artışı ile karşılaşılmaktadır.

Fe konsantrasyonlarındaki değişimler incelendiğinde, K0 istasyonu yüzey tabakasında 1997–2004 yılları arasında Fe konsantrasyonlarında bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Alt tabaka suyundaki değişim incelendiğinde ise, Kasım ayı ölçümlerinde bir azalma eğilimi görülmekle beraber genel bir değerlendirme yapılamamaktadır. B2 istasyonu ele alındığında, Şubat ve Ağustos ayları ölçümlerinde azalma gösteren 1997 ile 2004 yılları arasındaki yüzey suyu Fe konsantrasyonu, Mayıs ayında artış göstermektedir. M8 istasyonu ölçümleri değerlendirildiğinde ise 1997-2004 yılları karşılaştırıldığında, alt tabaka suyu Fe konsantrasyonunda Şubat ayı ölçümleri hariç belirgin seviyede bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. M23 istasyonundaki değişimler ise belirgin bir sonuca varmayı sağlayacak şekilde olmamaktadır.

Mn ölçümleri değerlendirildiğinde, K0 istasyonu yüzey suyunda 1997 yılı ile 2004 yılı arasında Mn konsantrasyonlarında bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. B2 istasyonu ölçümleri ise mevsimsel olarak değişkenlik göstermekte ve belirgin bir artma veya azalma eğilimini yansıtmamaktadır. M8 istasyonu ölçümleri değerlendirildiğinde ise 1997–2004 yılları alt tabaka suyu Fe konsantrasyonlarında Şubat ayı hariç bir azalma eğilimi görülmektedir. Aynı şekilde M23 istasyonu yüzey suyunda 1997–2004 yılları karşılaştırıldığında, Şubat ayı hariç bir azalma eğilimi görülmektedir.

5.3.3 PHC ve Yüzey Aktif Madde 1997–2004 Yılları Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

1997 yılı ile 2004 yılı PHC konsantrasyonlarındaki değişimler değerlendirildiğinde, tüm mevsimlerde, Karadeniz istasyonları yüzey suyundaki PHC konsantrasyonlarının önemli derecede artış göstermiş olduğu görülmektedir. Boğaz istasyonları olan B13 ve B7 istasyonlarındaki PHC konsantrasyonlarının 1997 ile 2004 yılları arasındaki değişimi ise yine genel olarak artma eğiliminde olmuştur. Mevsimsel olarak farklılıklar göstermesine karşın B13 ve B7 istasyonlarındaki yüzey ve alt tabaka sularına ait PHC konsantrasyonlarında belirgin bir artışın meydana gelmiş olduğu izlenmektedir. Marmara istasyonları olan M8, M20, M23 ve M14 istasyonlarında yapılan ölçümlerde, genel olarak PHC konsantrasyonlarında bir artış gözlenmektedir. Marmara istasyonlarında, 1997 yılı ile 2004 yılı arasında meydana gelen bu PHC konsantrasyonu artışı, özellikle Şubat ve Mayıs ayları ölçümlerinde belirgin bir şekilde gözlenmektedir.

1997 yılı ile 2004 yılı deterjan konsantrasyonlarındaki değişimler incelendiğinde, Karadeniz istasyonları yüzey suyunda genel anlamda bir konsantrasyon artışının olduğu görülmektedir. Alt tabaka sularında ise mevsimsel farklılıklar olmasına karşın yine Ağustos ve Kasım ayları ölçümlerinde deterjan konsantrasyonlarında belirgin bir artışın meydana geldiği izlenmektedir. Deterjan konsantrasyonlarındaki artış eğilimi genel anlamda Boğaz istasyonlarında da görülmektedir. B7 istasyonundaki 1997 yılı ile 2004 yılı arasında meydana gelen deterjan konsantrasyonundaki artış, tüm mevsimlerde ve ölçüm yapılan tüm derinliklerde kendini göstermektedir. Marmara istasyonları olan M8, M11, M20, M23 ve M14 istasyonları yüzey sularındaki deterjan konsantrasyonları değişiminin ise 1997–2004 yılları arasında bazı mevsimsel farklılıklardan kaynaklanan istisnai durumlar olmasına karşın genel anlamda artış gösterdiği görülmektedir. Alt tabaka sularındaki deterjan konsantrasyonu değişimlerindeki mevsimsel farklılıklar daha fazla olup, istasyonlara ait konsantrasyon değişimlerindeki artma ya da azalma eğilimi daha fazla sıklıkta yer değiştirmektedir.

5.3.4 Fekal Koliform Bakterisi 1997–2004 Yılları Ölçümlerinin Karşılaştırılması

İstasyonlarda ölçülen fekal koliform bakterisi değişimleri değerlendirildiğinde, Boğaz istasyonları olan B13, B7 ve B2 istasyonları yüzey tabakasında, 1997 yılı ile 2004 yılı fekal koliform bakterisi sayılarında genel anlamda bir düşüş gözlenmektedir. Bu istasyonlara ait ara tabaka suyu fekal koliform bakterisi sayılarında ise yüzey suyunun aksine artış eğilimi gözlenmektedir. Alt tabaka suyu fekal koliform bakterisi sayılarındaki değişimler ise mevsimsel olarak farklılıklar arz etmektedir. Marmara istasyonları olan M3 ve M8 istasyonlarındaki 1997 yılı ile 2004 yılı ölçümleri karşılaştırıldığında, yüzey tabakasındaki fekal koliform bakterisi sayısında azalma eğilimi gözlenmektedir. Boğazın Karadeniz çıkışını temsil eden K0 ve K1 istasyonları alt tabaka sularında ise 1997–2004 yılları arasında yine azalma eğilimi görülmektedir. Ancak fekal koliform bakterisindeki değişimlerin genel bir yorumunun yapılması için veriler yeterli olmamaktadır.

5.3.5 Yüzey Tabakası Su Kalitesindeki Değişim

Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı üst tabaka akımındaki su kalitesinin değişiminin belirlenmesi amacıyla, İSKİ tarafından izleme istasyonlarındaki 25 m derinliğe kadar olan su kütlesinde yapılmış olan farklı derinliklere ait parametre ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Aşağıda verilen çizelgelerde, üst tabaka akımına ait su kalite parametrelerinin 1997 ve 2004 yıllarına ait ortalama değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.21 Üst tabaka suyuna ait hidrokimyasal parametrelerin 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri

İSTASYON NO	O ₂ (mg/l)		AKM (mg/l)		TOP-P (µg/l)		TOP-N (µg/l)		CHL-A (µg/l)	
	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı
K3	9,40	10,00	3,90	10,00	12,70	0,40	175,10	7,30	2,40	2,40
K1	9,60	10,10	2,80	10,10	9,90	0,50	27,90	8,50	3,00	3,40
K0	9,30	9,90	10,20	9,90	10,00	0,50	158,10	6,40	2,60	2,70
B13	9,30	10,00	3,10	10,00	17,80	0,60	185,00	6,00	2,60	2,10
B7	9,10	10,00	3,20	10,00	10,70	0,60	232,60	6,80	2,40	2,70
B2	8,10	9,00	6,00	9,00	16,50	0,70	222,30	6,80	2,40	2,10
M3	5,50	8,40	4,20	8,40	17,40	1,00	210,50	8,00	1,40	2,80
M8	6,60	8,30	3,90	8,30	22,20	1,00	214,10	8,90	1,90	2,50
M14	6,80	8,10	3,90	8,10	18,80	0,90	223,80	7,40	1,60	2,90
M23	7,30	8,20	4,70	8,20	18,80	1,00	249,90	7,20	2,30	3,20
M20	7,30	7,40	3,20	7,40	23,20	0,90	174,50	7,40	1,80	2,90
M11	6,10	8,10	3,70	8,10	20,60	1,00	215,80	7,30	2,20	2,90

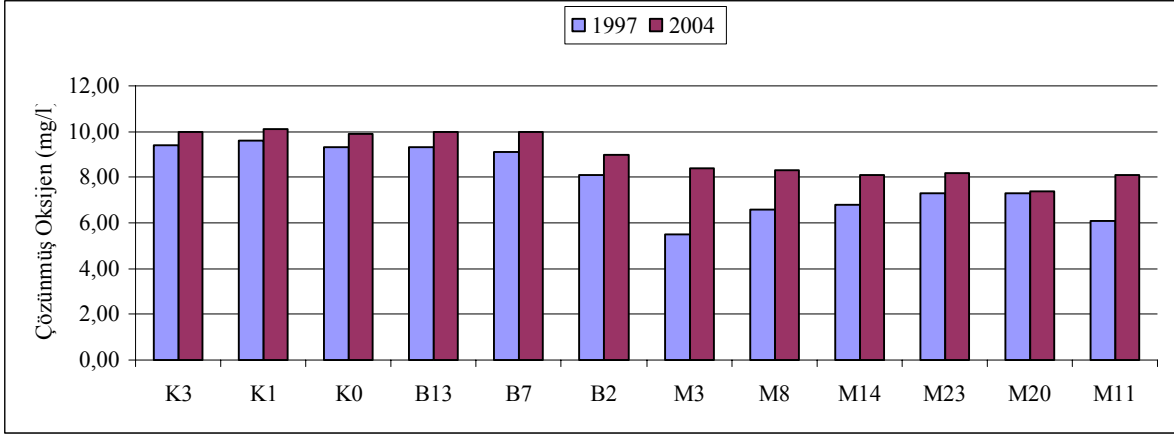
Çizelge 5.22 Üst tabaka suyuna ait ağır metal ve hidrokarbonların 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri

İSTASYON NO	Pb (µg/l)		Fe (µg/l)		Mn (µg/l)		PHC (µg/l)		Deterjan (µg/l)	
	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı	1997 yılı	2004 yılı
K3							10,82	24,35	9,66	12,90
K1							5,03	31,78	10,05	26,39
K0	2,38	0,93	24,35	9,66	4,78	2,05	7,78	32,49	15,35	24,34
B13							11,51	20,11	13,34	12,08
B7							4,75	45,52	6,79	15,58
B2	1,62	2,74	12,88	16,55	3,26	1,59	11,73	18,26	12,36	16,78
M8	1,87	0,80	21,04	5,52	3,50	0,62	18,05	49,16	11,73	26,97
M11							11,80	19,90	9,00	26,45
M3							15,99	-	10,88	-
M23	7,17	0,96	10,27	6,20	4,00	1,14	5,10	25,70	13,00	26,08
M14							8,40	35,22	7,97	20,59
M20							9,73	38,32	14,24	22,13

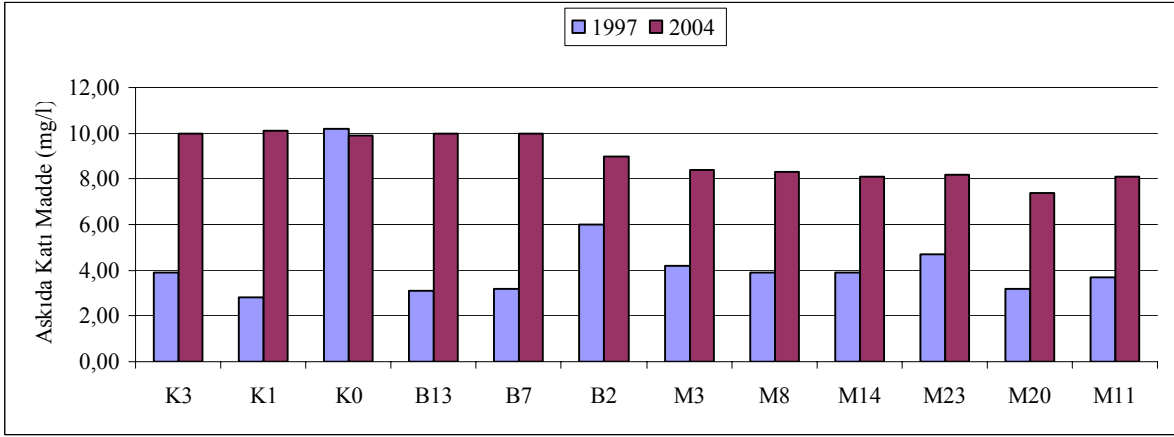
Çizelge 5.23 Üst tabaka suyuna ait fekal koliform bakterisi 1997 ve 2004 yılı ortalama değerleri

İSTASYON NO	Fekal Koliform Bakterisi (CFU/100 ml)	
	1997 yılı	2004 yılı
B13	450	100
B7	500	140
B2	1920	520
M3	1390	380
M8	1300	230

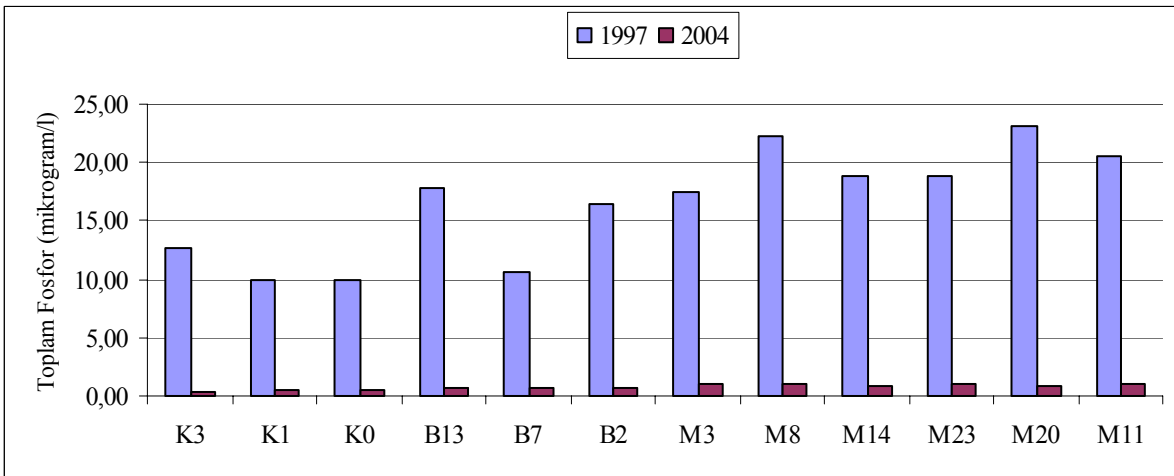
Yukarıda hazırlanan çizelgelerden hareketle, yüzey tabakası su kalitesini yansıtan parametrelerin 1997 ile 2004 yılları arasındaki değişimini veren grafikler hazırlanmıştır. Parametrelerdeki değişimler aşağıda verilen şekillerde görülmektedir. Şekillerde izlenen parametrelerin konsantrasyonları yüzey tabakasına ait ortalama konsantrasyonlardır.



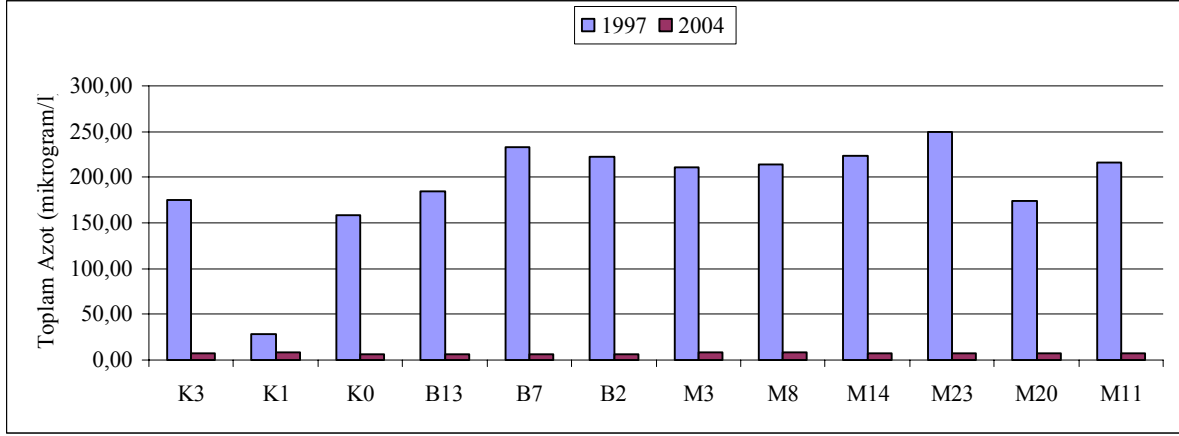
Şekil 5.2 Yüzey tabakası çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişimi



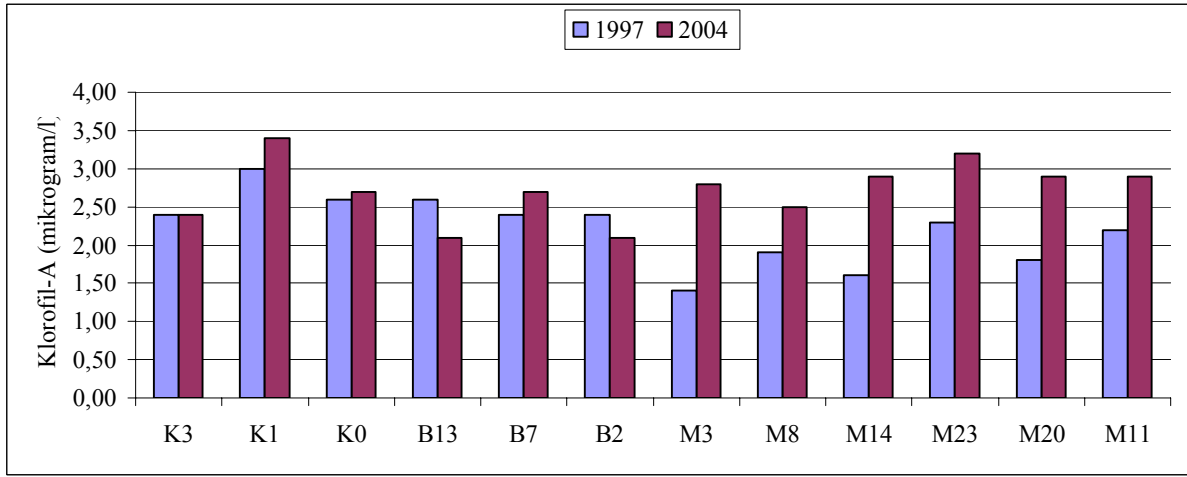
Şekil 5.3 Yüzey tabakası AKM konsantrasyonlarının değişimi



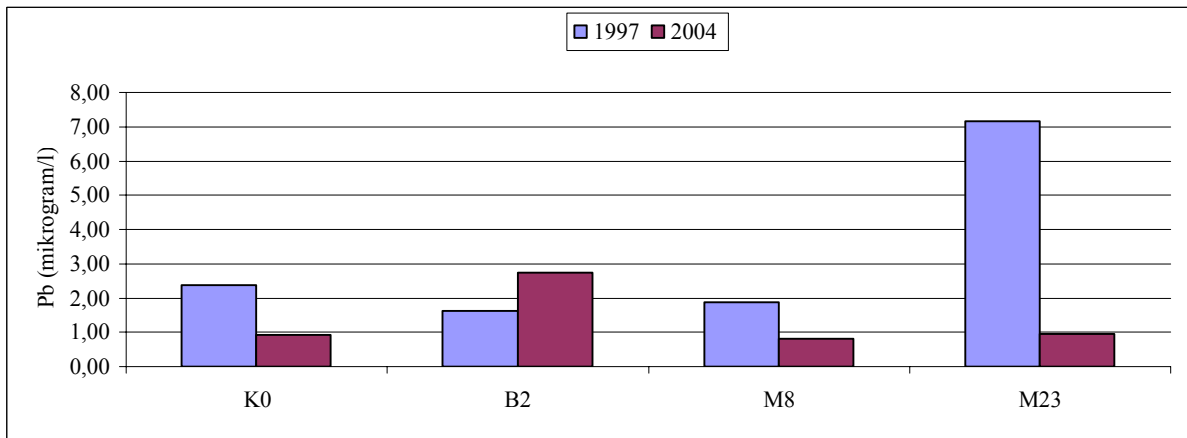
Şekil 5.4 Yüzey tabakası toplam fosfor konsantrasyonlarının değişimi



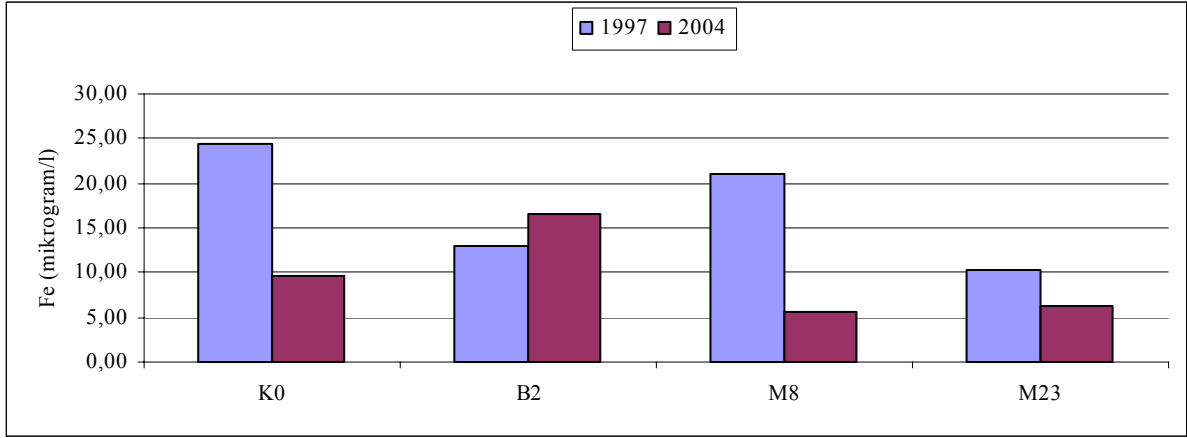
Şekil 5.5 Yüzey tabakası toplam azot konsantrasyonlarının değişimi



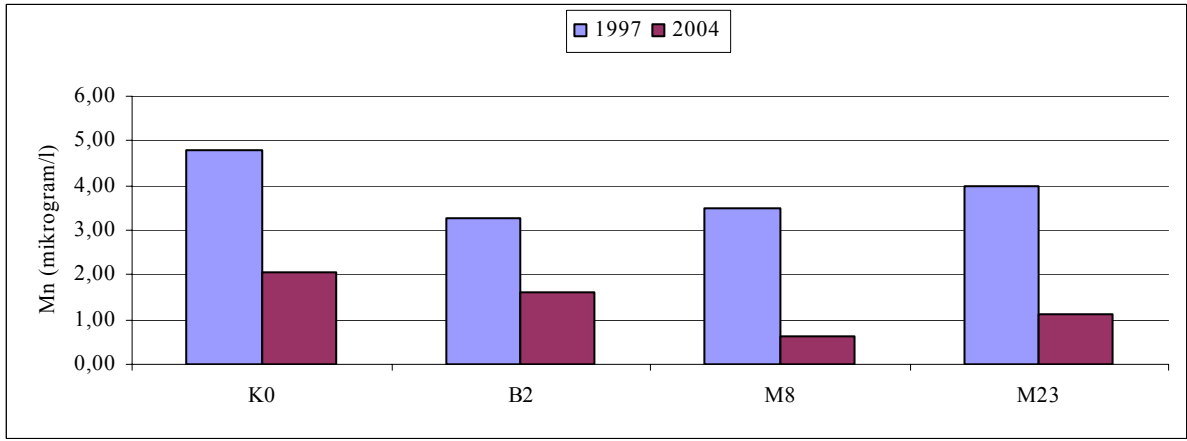
Şekil 5.6 Yüzey tabakası klorofil-a konsantrasyonlarının değişimi



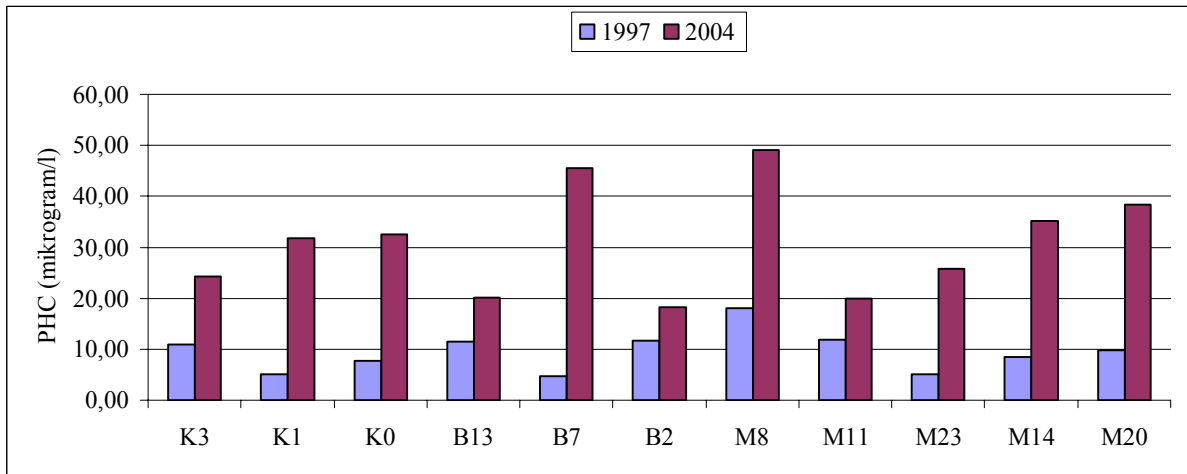
Şekil 5.7 Yüzey tabakası Pb konsantrasyonlarının değişimi



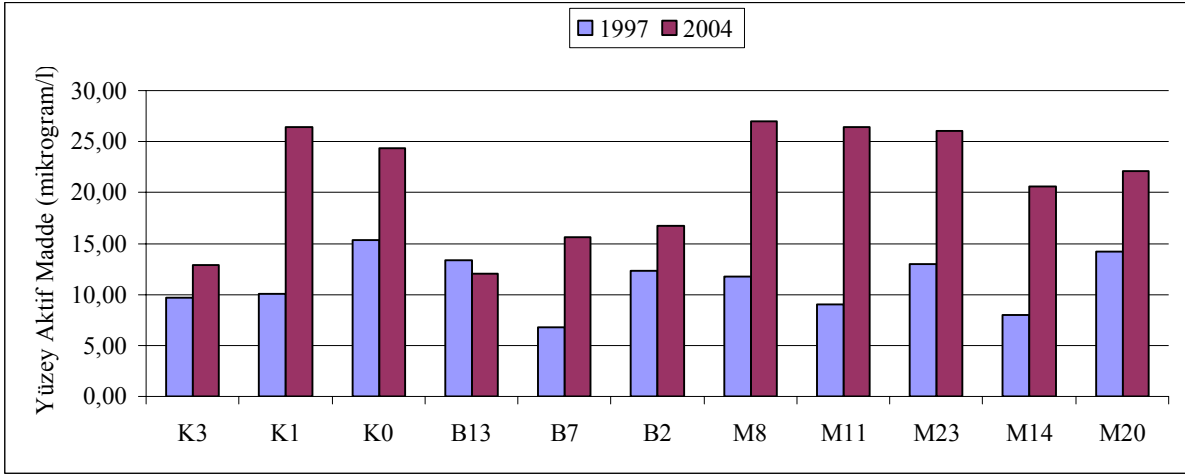
Şekil 5.8 Yüzey tabakası Fe konsantrasyonlarının değişimi



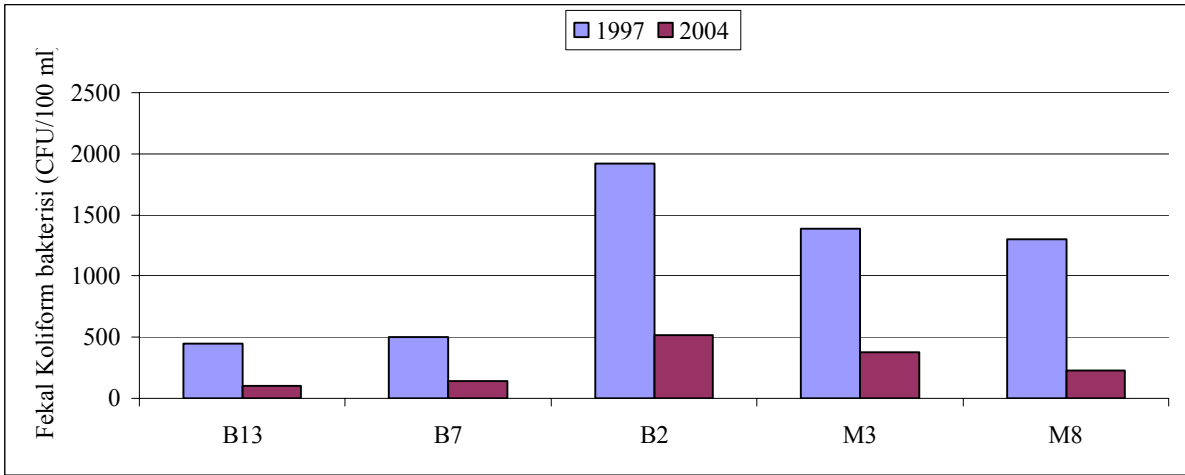
Şekil 5.9 Yüzey tabakası Mn konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 5.10 Yüzey tabakası PAH konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 5.11 Yüzey tabakası deterjan konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 5.12 Yüzey tabakası fekal koliform bakterisi sayısının değişimi

5.3.6 Karadeniz'den Kaynaklanan Kirlilik Yükleri

Karadeniz'den kaynaklanan kirlilik yüklerinin tahmin edilmesi amacıyla Boğaz-Karadeniz birleşim bölgesindeki K1, K3 ve K0 istasyonlarına ait ölçüm değerlerinden faydalanılmıştır. Çizelge 5.21 ve 5.22'de verilen ve istasyonlardaki ölçümlerden yararlanılarak bulunmuş olan yüzey tabakası ortalama parametre değerleri kullanılmıştır. Karadeniz'den Boğaz'a giren yüzeysel su debisi, Beşiktepe vd. (2000) tarafından belirtilen yıllık ortalama $600 \text{ km}^3/\text{yıl}$ olarak alınmıştır. K0, K1 ve K3 istasyonları yüzey tabaka suyuna ait toplam fosfor, toplam azot, petrolü hidrokarbon ve deterjan konsantrasyonları ortalama değerleri ile Karadeniz'den

giren yüzey tabaka akımının debisi çarpılmak suretiyle yük hesabı yapılmıştır. Ancak Karadeniz-Boğaz birleşim bölgesindeki bu istasyonlarda belirlenen yükler tamamen Karadeniz kaynaklı olmayıp, Boğaz alt tabaka akımına verilerek Karadeniz'e taşınması amaçlanan atıksu deşarjlarından kaynaklanarak yüzey tabakasına karışan kirlilik yüklerini de içermektedir. Aşağıda verilen Çizelge 5.24'de Karadeniz'den gelen yüzey tabakası akımıyla Boğaz'a giren kirlilik yüklerinin tahmini değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.24 Karadeniz'den Yüzey Tabaka Akımıyla Taşınan Kirlilik Yükleri (ton/yıl)

İSTASYON	TOP-P		TOP-N		PHC		Deterjan	
	1997	2004	1997	2004	1997	2004	1997	2004
K3	7620	240	105060	4380	6492	14610	5796	7740
K1	5940	300	16740	5100	3018	19068	6030	15834
K0	6000	300	94860	3840	4668	19494	9210	14604

K0 istasyonu Boğaz-Karadeniz giriş bölgesini temsil etmektedir. Bu istasyonda yapılan ölçümlerden yararlanmak suretiyle tahmini olarak hesaplanan kirlilik yüklerine bakıldığında, 2004 yılı verilerine göre yaklaşık 300 ton/yıl top-P, 3.800 ton/yıl top-N, 19.500 ton/yıl PHC ve 14.600 ton/yıl deterjan kirliliğinin yüzey tabaka akımıyla İstanbul Boğazı'na taşındığı görülmektedir.

6. SONUÇLAR

İstanbul Boğazı deniz suyu kirliliğine neden olan başlıca dört ana etken bulunmaktadır. Bu etkenler Karadeniz'den kaynaklanan kirlilik yükleri, arıtma tesisleri ve deniz deşarjları ile deniz ortamına verilen kirlilik yükleri, dereler ve taşkın suları vasıtasıyla taşınan kirlilik yükleri ve gemi trafiği ve deniz kazaları neticesinde meydana gelen kirlilik yükleridir. Marmara Denizi'ne Karadeniz'den gelen yüzey tabakası akımı ile taşınan tahmini kirlilik yüklerinin 1996 yılı verilerine göre 190.000 ton toplam N/yıl, 12.000 ton toplam P/yıl ve 1.520.000 ton TOK/yıl olduğu bildirilmektedir (Yüksel vd., 2006). Tez çalışması kapsamında, İstanbul Boğazı - Karadeniz giriş bölgesini temsil eden K0 istasyonunda yapılan ölçümlerden yararlanmak suretiyle tahmini olarak hesaplanan kirlilik yüklerine bakıldığında ise, 2004 yılı verilerine göre yaklaşık 300 ton/yıl top-P, 3.840 ton/yıl top-N, 19.500 ton/yıl PHC ve 14.600 ton/yıl deterjan kirliliğinin yüzey tabaka akımıyla İstanbul Boğazı'na taşındığı görülmektedir.

Noktasal atıksu deşarjlarından kaynaklanan kirlilik yükleri ise yıllık yaklaşık 133.000 ton BOI_5 , 150.000 ton AKM, 287.000 ton KOI hesaplanmakta, yine noktasal atıksu deşarjlarından kaynaklanan toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin tahmini değerleri ise Okuş vd. (2006)'ya göre sırasıyla 35.500 ve 5.730 ton olarak verilmektedir. Atıksu arıtma tesisleriyle birlikte İstanbul'daki diğer tüm kaynaklardan deniz ortamına verilen toplam azot ve toplam fosfor yükleri ise yaklaşık 75.000 ton azot ve 23.000 ton fosfor olarak tahmin edilmektedir (Ertürk vd., 2001). Derelerden gelen taşkın suları ile taşınan kirlilik yükleri ise 1995 yılı verilerine göre yıllık 11.680 ton BOI_5 , 89790 ton AKM, 3.650 ton azot ve 438 ton fosfor olarak ifade edilmektedir (Okuş vd., 2006). Kirlilik yükleri miktarlarının kaynaklarına göre değerlendirilmesi yapıldığında, Karadeniz'in, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesi üzerinde oldukça önemli derecede bir kirletici etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları vasıtasıyla deniz ortamına verilen kirlilik yükleri diğer bir büyük kirletici kaynağı oluşturmaktadır. İstanbul İli'nden kışın her gün ortalama $1.740.000 \text{ m}^3$ atıksu direk olarak Marmara Denizi'ne deşarj edilmektedir. Yazın adalardaki deşarjların artmasıyla bu miktar $1.800.000 \text{ m}^3$ 'ün üzerine çıkmaktadır. Atıksuların uzaklaştırılmasında kapsamında dere ve göl deşarjları da yapılmaktadır, ancak en büyük pay deniz deşarjlarının olmaktadır. Deniz deşarjları öncesinde uygulanan arıtma kademesi deniz ortamına verilen kirlilik yükü miktarları üzerinde önemli derecede etkiye sahip olmaktadır. Halihazırda arıtma tesislerinin büyük çoğunluğunu atıksu ön arıtma tesisleri teşkil etmektedir. Atıksu arıtma tesisleri çıkış sularında yapılmış olan analizler incelendiğinde, biyolojik ve ileri

biyolojik arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deniz deşarjı standartlarına uygun olmasına karşın, ön arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin zaman zaman bu kriterleri karşılayamadığı görülmektedir. Özellikle KOI parametresi ele alındığında Üsküdar, Yenikapı, Baltalimanı, Küçükçekmece ve Büyükçekmece atıksu ön arıtma tesislerinin çıkış sularına ait KOI konsantrasyonlarının, deşarj sınır konsantrasyonu olan 400 mg/l değerini zaman zaman aştığı görülmektedir. Arıtma tesislerinden deniz deşarjı vasıtasıyla deniz ortamına verilen KOI, BOI₅ ve AKM yükleri hesaplandığında, kirlilik yükü en fazla olan arıtma tesislerinin sırasıyla Yenikapı, Baltalimanı ve Kadıköy atıksu ön arıtma tesisleri olduğu görülmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan dere ıslah çalışmaları neticesinde dere kaynaklı kirlilik yüklerinin mümkün olduğunca azaltılmasına çalışılmaktadır. Master Plan'da öngörülen dere ıslah çalışmaları kapsamında, İstanbul İli'nde ıslahı planlanan derelerin Ekim 2005 itibarıyla %48'lik kısmının ıslahının tamamlandığı görülmektedir. Derelerden taşkın sularıyla taşınan kirlilik yüklerine ait veriler 1995 yılına ait olduğundan dolayı halihazırdaki kirlilik yükleri hakkında yeterli derecede aydınlatıcı olamamaktadır. Gemi kaynaklı kirlenme ise diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında daha düşük bir kirlilik yükü getirmesine karşın, deniz kazaları neticesinde meydana gelebilecek özellikle petrol ve fuel-oil kirliliği, İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olan diğer önemli unsurlar olmaktadır.

Gemi kaynaklı deniz kirliliği incelendiğinde ise, Zırhlı (2004) tarafından bildirildiğine göre, deniz trafiği sonucu her gün İstanbul Boğazı'na yaklaşık 1300 kg BOI₅ /gün ve 800 kg AKM /gün kirlilik yükü karışmaktadır. Ayrıca sintine sularından kaynaklanan yıllık 2.700 tonluk bir atık yağ deşarjının meydana geldiği belirtilmektedir.

İstanbul Boğazı deniz suyu kalitesinin izlenmesi amacıyla İSKİ tarafından yapılmış olan 1997 yılı ile 2004 yılı izleme çalışmalarından elde edilen verilerin karşılaştırılması neticesinde, birtakım parametreler açısından, deniz suyu kalitesinde bir iyileşmeden bahsetmek mümkündür. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi üst tabaka suyunda meydana gelen su kalitesi değişimleriyle ilgili tespitler aşağıda sıralanmaktadır.

Yüzey tabakasındaki çözülmüş oksijen konsantrasyonlarında artış gözlenmektedir. Boğaz-Karadeniz giriş bölgesinde ortalama 9,43 mg/l olan çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 10,00 mg/l'te yükseldiği görülmektedir. Yine aynı şekilde Boğaz boyunca çözülmüş oksijen konsantrasyonunda bir artış görülmekte ve ortalama 8,82 mg/l olarak hesaplanan ortalama

çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 9,67 mg/l mertebesine ulaştığı gözlenmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu artışı Marmara istasyonlarında da izlenmekte ve ortalama %22'lik bir artış oranı olduğu görülmektedir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında görülen iyileşmeye karşın AKM konsantrasyonlarında bozulma olduğu görülmektedir. Boğaz istasyonlarındaki yüzey suyu AKM ölçümleri değerlendirildiğinde, Boğazın Marmara girişinden Karadeniz çıkışına doğru AKM konsantrasyonlarında bir artış görülmektedir. Boğaz boyunca üst tabaka suyundaki AKM değişimi incelendiğinde ortalama 4,10 mg/l olan AKM konsantrasyonunun 9,67 mg/l mertebesine yükselmiş olduğu görülmektedir. Marmara istasyonları yüzey tabakasında meydana gelen AKM konsantrasyonu artışı ise, değerlendirmeye alınan istasyonlarda ortalama %50'den fazla artış göstererek 3,93 mg/l'ten 8,08 mg/l mertebesine ulaşmıştır.

Boğaz üst tabaka suyunda meydana gelen en büyük değişimlerin toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinde meydana geldiği izlenmektedir. Boğaz boyunca ortalama 15 µg/l olarak hesaplanan yüzey tabakası toplam fosfor konsantrasyonu, 2004 yılında ortalama 0,63 µg/l olarak hesaplanmaktadır. Yine aynı şekilde Marmara ve Karadeniz istasyonlarında meydana gelen konsantrasyon değişimi sebebiyle, ortalama toplam fosfor konsantrasyonları sırasıyla 20,17 µg/l'den 0,97 µg/l'ye ve 10,87 µg/l'den 0,47 µg/l'ye düşmüştür. Ancak toplam fosfor konsantrasyonlarında büyük oranda azalma görülmesine rağmen, deniz suyundaki yüzey aktif madde konsantrasyonlarının artış gösterdiği gözlenmektedir.

Toplam azot konsantrasyonlarındaki değişimler de aynı şekilde yüksek seviyelerde olmuştur. Boğaz boyunca 213,30 µg/l olarak hesaplanan yüzey tabakası toplam azot konsantrasyonunun ortalama 6,53 µg/l seviyesine düştüğü gözlenmektedir. Yine aynı şekilde Marmara istasyonları ölçümlerinde yüzey tabakasındaki ortalama toplam azot konsantrasyonunun 214,77 µg/l'den 7,7 µg/l seviyesine düştüğü, Karadeniz istasyonlarında ise ortalama 120,37 µg/l'den 7,40 µg/l'ye ulaşan bir düşüşün meydana geldiği görülmektedir.

Yüzey suyundaki klorofil-a konsantrasyonu değişimleri incelendiğinde, Boğaz ve Karadeniz istasyonlarında önemli derecede bir değişikliğin olmadığı görülmekte, Marmara istasyonlarında ise ortalama 1,87 µg/l olan klorofil-a konsantrasyonunun yine ortalama 2,87 µg/l seviyesine ulaştığı görülmektedir.

Yüzey suyundaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminde birkaç tane istasyondan alınan verilerin karşılaştırılması yapılabilmektedir. Bu nedenle ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

ile ilgili bir sonuç bulmak zor olmaktadır. Ölçüm yapılmış olan kısıtlı sayıdaki istasyondan elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise istasyonlardaki yüzey suyuna ait Pb, Fe ve Mn konsantrasyonlarında bir düşüş gözlenmekte, sadece Boğazın Marmara Denizi girişinde bulunan B2 istasyona ait Pb ölçümlerinde bir artışın olduğu görülmektedir. Ancak ölçüm verilerinin yetersizliği nedeniyle yüzey suyundaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi ile ilgili kesin bir sonuca varılamamaktadır.

Yüzey suyundaki PAH ve deterjan konsantrasyonlarının değişimi incelendiğinde ise, tüm istasyonlarda bu iki parametreye ait konsantrasyonların artış göstermiş olduğu görülmektedir. Boğaz-Karadeniz giriş bölgesinde ortalama 7,88 µg/l olan yüzey suyu PAH konsantrasyonunun 29,54 µg/l'ye; Boğaz boyunca ortalama 9,33 µg/l olan yüzey suyu PAH konsantrasyonunun 27,96 µg/l'ye; ortalama 11,51 µg/l olan Marmara üst tabaka suyu PAH konsantrasyonunun ise ortalama 33,66 µg/l ulaştığı izlenmektedir. Yüzey suyundaki deterjan konsantrasyonlarının artış oranı PAH konsantrasyonları artış oranı kadar olmasa da yine tüm istasyonlarda belirgin bir artışın meydana geldiği gözlenmektedir. Yüzey suyu ortalama deterjan konsantrasyonları hesaplandığında, Marmara üst tabaka suyunda ortalama 11,14 mg/l olan yüzey aktif madde konsantrasyonunun 24,44 mg/l'ye çıkmış olduğu, Boğaz üst tabaka suyundaki yüzey aktif madde konsantrasyonu artışının 10,83 mg/l'den 14,81 mg/l'ye ulaştığı ve Karadeniz-Boğaz birleşim bölgesindeki ortalama yüzey aktif madde konsantrasyonunun 11,69 mg/l'den 21,21 mg/l'ye ulaştığı görülmektedir.

Fekal koliform bakterisi ölçümleri incelendiğinde ise, Boğaz-Marmara girişi ile Boğaz boyunca üst tabaka suyundaki fekal koliform bakterisi sayısında bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Sözü edilen bölgede üst tabaka suyundaki ortalama fekal koliform bakterisi sayısında ortalama %75 mertebesinde bir azalma gözlenmektedir. Ancak değerlendirme yapılan istasyon sayısı çok az olmuştur. Ayrıca yüzey tabakasında görülen azalmaya karşın ara tabaka ve alt tabaka sularına ait fekal koliform bakterisi ölçümleri karşılaştırıldığında, 1997 yılı ile 2004 yılı arasında bir artış ile karşılaşmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle fekal koliform bakterisindeki değişimin daha sağlıklı bir şekilde ortaya konabilmesi için, İSKİ tarafından kıyı istasyonlarında yapılan fekal koliform ölçümlerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkaya, E. (2004), “Marmara Denzinin Mevcut Kirlenme Durumu ve Çözüm Önerileri”, Çevre 2004 I. Ulusal Çevre Kongresi, 13-15 Ekim 2004, Sivas
- Alkan, R.M., Kalkan Y., Coşkun, M.Z., Erdoğan, C. (2005), “Mobil Sistemlerle Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları: Mobil Haliç Bilgi Sistemi Örneği”, II. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İTÜ, İstanbul
- Artüz, M. L. (2004), “Marmara Denizi’nde Süregelen Karasal Kökenli Kirlenmenin Kökeni ve Boyutları”, KKK Jan. Çevre Birimi Konferansı Metni, sıra 8, 2004
- Baykal, B.B., Baykal, M.A. (1999), “Gemi Kaynaklı Eysel Atıksular ve Gemilerde Atıksu Yönetimi”, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, 1999
- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E., Latif M.A. ve Oğuz, T. (2000), “Marmara Denizi'nin Hidrografisi ve Dolaşımı”, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, 11-12 Kasım 2000, İstanbul
- Çevre ve Orman Müdürlüğü, (2004), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi’nde Yoğun Deniz Trafiği Sonucu Oluşan Kazalar ve Yapılan Çalışmalar, Brifing Dosyası, 2004, İstanbul Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü
- Çiner, F. ve İnan, H. (1996), “Gemi Taşımacılığında Kaynaklanan Deniz Kirlenmesi”, Yerleşim ve Çevre Sorunları: 9-13 Eylül 1996, Çanakkale
- DİE, (2004), Belediye Kanalizasyon İstatistikleri, Devlet İstatistik Enstitüsü
- Doğan, E., Gönenç, İ.E., Örmeci, C., Müftüoğlu, O, Yüce, H. Ve Türker A. (1996), Uzaktan Algılama Yöntemi İle Tuna Nehri Bağlantılı Karadeniz İstanbul Boğazı Kirlenme Araştırması Sonuç Raporu, İSKİ, Nisan 1996, İstanbul
- Eroğlu, V. (2002), “İSKİ’nin Vizyonu ve Faaliyetleri”, I. Türkiye Yerel Yönetimler Su Sorunları Kongresi, 3-5 Haziran 2002, İstanbul
- Ertürk, A., Fındık, N., Kınacı, C., (2001), “Denizlerin Kıyı Kısımlarının Ötrofikasyon Tehlikesi Açısından Değerlendirilmesi”, 4. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 7-10 Kasım 2001, İçel
- Güven, K.C., Okuş, E., Ünlü, S., Doğan, E. ve Yüksek A. (1998), “Oil Pollution Of Marine Organisms After Nassia Tanker Accident In The Black Sea, Bosphorus And The Sea Of Marmara”, Turkish J Marine Sciences, 4: 3-10 (1998)
- İBB Çevre Koruma Koruma Müdürlüğü, (www.ibb.gov.tr)
- İBB Stratejik Planı, (2006), T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2007-2011 Stratejik Planı
- İBB, (2006), İstanbul Büyükşehir Belediyesi Resmi İnternet Sitesi, www.ibb.gov.tr
- İl Çevre Durum Raporu (2005), İstanbul Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü
- İMP, (2006), Su Kirliliği Raporu, İBB İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi (Onaylanma aşamasındadır.)
- İSKİ Master Plan, (1999), İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi (İSKABİS), (www.iskabis.com)
- İSKİ, (1988) ve (2005), 1997 ve 2004 yıllarına ait deniz suyu kalitesi ölçüm sonuçları, İSKİ, İstanbul

İSKİ, (2006), Atıksu arıtma tesislerine ait debi ve çıkış suyu analizi raporları, İSKİ Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetim Daire Başkanlığı, Atıksu Laboratuvar Müdürlüğü

İstanbul Bülteni, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Haziran 2006

İstanbul Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Dökümanları

Kınacı, C. vd., (1995), “İTÜ Haliç Islah Projesi Fizibilite Raporu İçin Kirlilik Yükleri, Çamur Aktivitesi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi, 3. Ara Raporu”, İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi, (www.mta.gov.tr)

Okuş, E., Ozturk, I., Sur, H.I., Yüksek, A., Taş, S., Aslan-Yılmaz, A., Altıok, H., Doğan, E., Ovez, S. and Aydın, A.F. (2006), “Critical Evaluation Of Wastewater Treatment And Disposal Strategies For Istanbul In The Light Of Water Quality Monitoring Study Results”, 10th Specialised Confrence On Diffuse Pollution And Sustainable Basin Management, Sept. 18-22, 2006, İstanbul

Okuş, E., Yazıcı, Z., Ünlü, S., Doğan, E. ve Güven, K.C. (1996), “Oil Pollution In Marmara Sea After Nassia Tanker Accident”, Turkish J Marine Sciences, 4: 143-154 (1996)

Orhon, D. (1991), İstanbul’un Çevre Sorunları, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1991-11

Otay, N.E. and Özkan, Ş. (2003) “Stochastic Prediction of Maritime Accidents in the Strait of Istanbul,” Proc. of the 3rd Intl Conf on Oil Spills in the Mediterranean and Black Sea Regions, Sep 2003, p92-104

Özsoy, E., Beşiktepe, Ş. ve Latif, M.A. (2000), “Türk Boğazlar Sistemi’nin Oşinografisi”, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, 11-12 Kasım 2000, İstanbul

Öztürk, İ. (1996), Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1570, İstanbul

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Yayımlamıldığı Resmi Gazete tarih: 31 Aralık 2004, sayı: 25687

T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı, (www.denizcilik.gov.tr)

Taş, F. (2001), Marmara denizi ve Boğazlarda Meydana Gelen Tanker Kazaları Sonucu Oluşan Kirliliğin Temizleme Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul

Taşdemir, Y. (2002), “Marmara Denizi: Kirleticiler ve Çevre Açısından Alınabilecek Tedbirler”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 7, sayı 1, 2002

Tübitak MAM Resmi İnternet Sitesi, (<http://www.mam.gov.tr/kkkuep/>)

Ünal, Y.S. (2006, Oşinografi Ders Notları, den314lecture2, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Ünlü, S., Güven, K.C., Doğan, E. ve Okuş, E. (2000), “Oil Pollution In Tuzla Bay After TPAO Tanker Accident”, Turkish J Marine Sciences, 6(2): 135-150 (2000)

Yılmaz, A. (2002), “Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler”, Turkish J. Eng. Env. Sci., 26 (2002), 219-235, TÜBİTAK

Yönsel, F. (2002), “Deniz Ulaşımı ve Deniz Kirliliği”, Türk Kılavuz Kaptanlar Derneği İnternet Sayfası, Çevre Haberleri Makaleleri, 01.01.2002

Yönsel, F. ve Başar, İ. (2004), “İstanbul Boğazı’nda Tekne Trafığı”, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, 24-25 Aralık 2004, İstanbul

Yüksel, Y., Çevik, E., Demir, A., Ertek, A., Yalçınar, A.C., Öngür, T., Özmen, İ., Eriş, İ., Ayat, B.ve Üzmez, Z. (2006), İstanbul Kıyı ve Liman Alanları Raporu, İBB İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi, 2006

Zırhlı, Ö. (2004), İstanbul’da Deniz Trafığı ve Gemi Kaynaklı Kirlenme, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

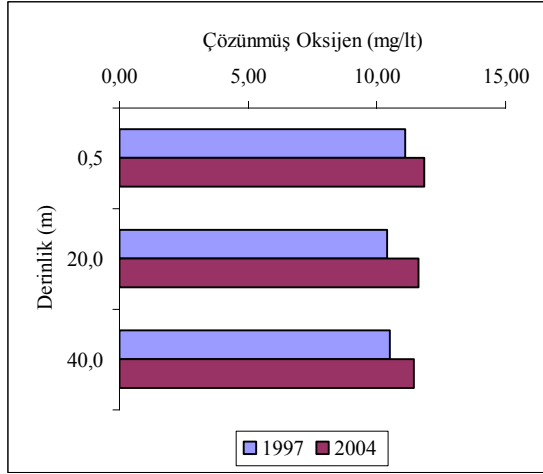
EKLER

- Ek1. 1997-2004 yılları ÇO değişimini gösteren grafikler
- Ek 2. 1997-2004 yılları AKM değişimini gösteren grafikler
- Ek 3. 1997–2004 yılları Top-P değişimini gösteren grafikler
- Ek 4. 1997–2004 yılları Top-N değişimini gösteren grafikler
- Ek 5. 1997–2004 yılları Chl-a değişimini gösteren grafikler
- Ek 6. 1997–2004 yılları Pb konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler
- Ek 7. 1997–2004 yılları Fe konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler
- Ek 8. 1997–2004 yılları Mn konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler
- Ek 9. 1997–2004 yılları PAH konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler
- Ek 10. 1997–2004 yılları deterjan konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler
- Ek 11. 1997–2004 yılları fekal koliform değişimini gösteren grafikler

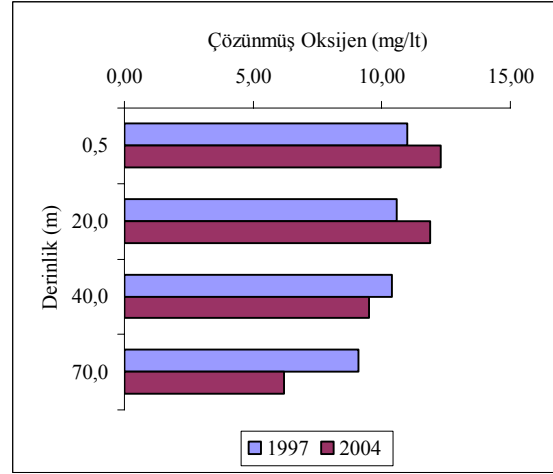
Ek1 1997-2004 yılları ÇO değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

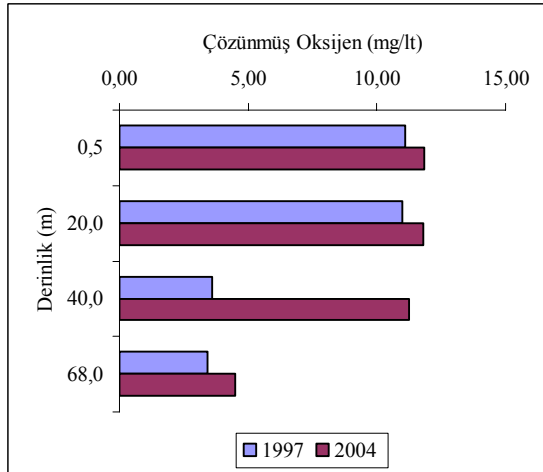
K3



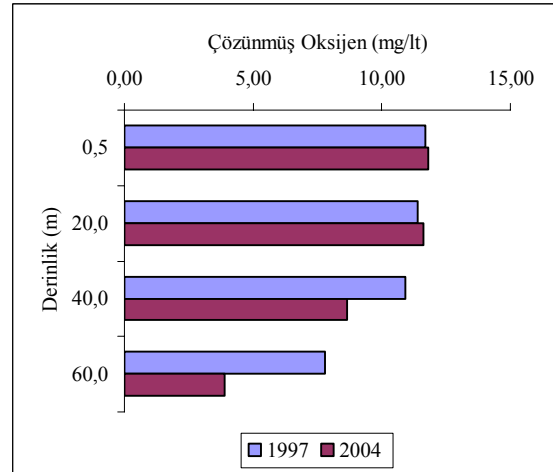
K1



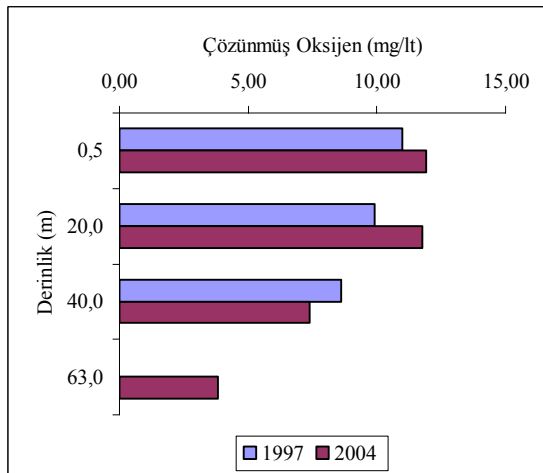
K0



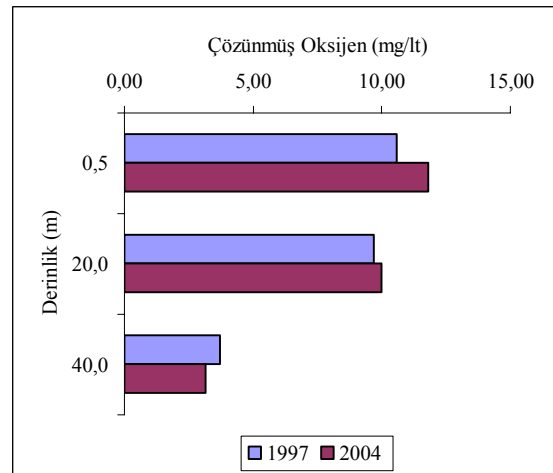
B13



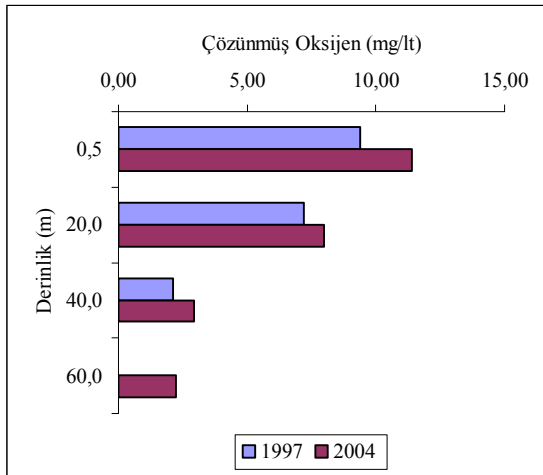
B7



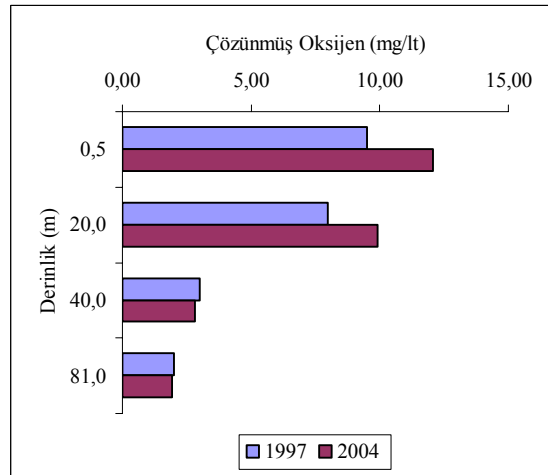
B2



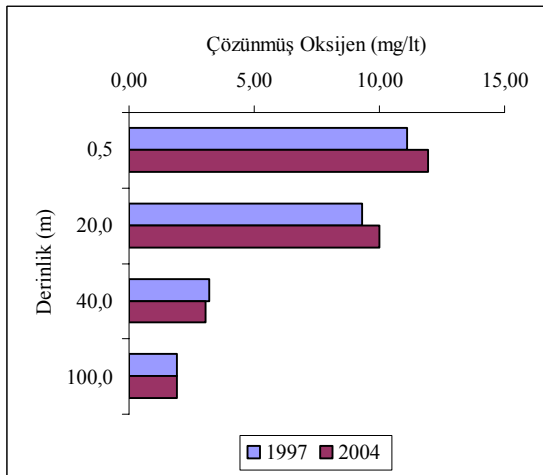
M8



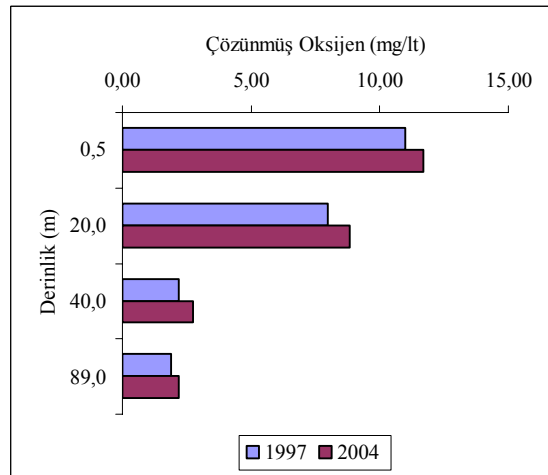
M14



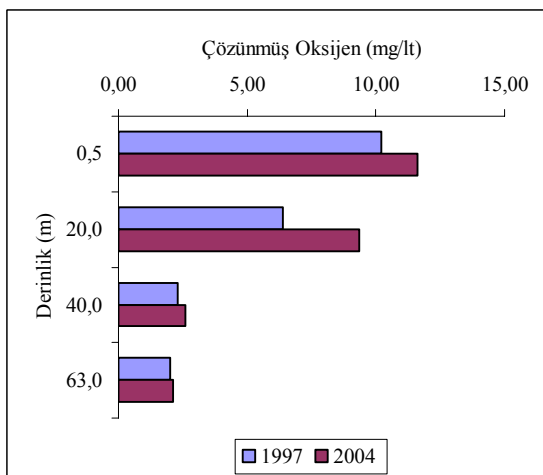
M23



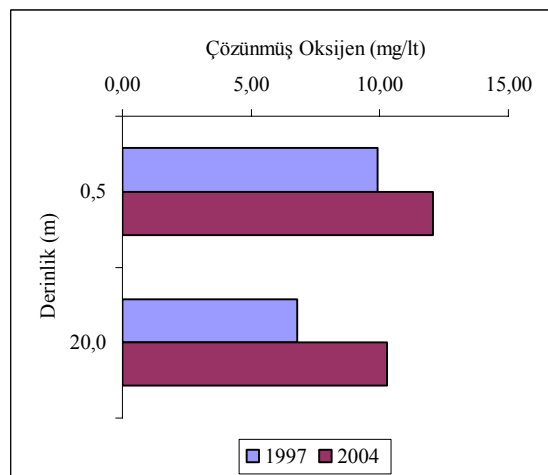
M20



M11

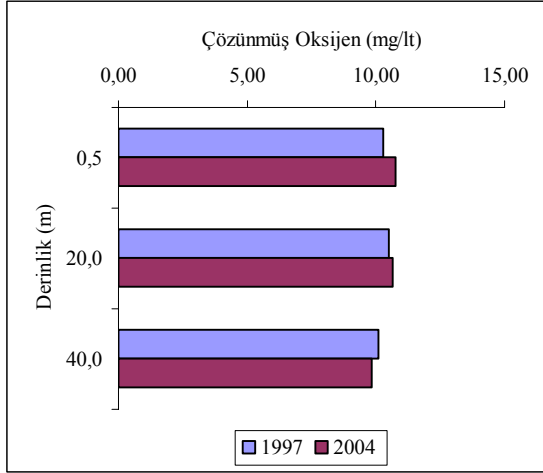


M3

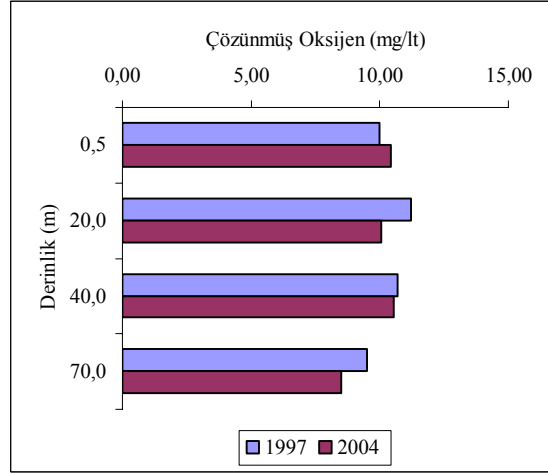


Mayıs Ayı Ölçümleri

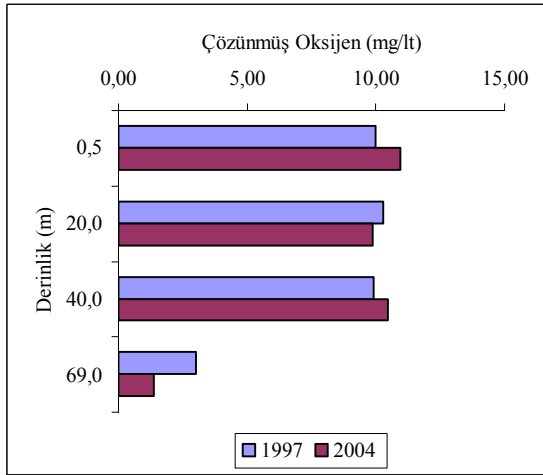
K3



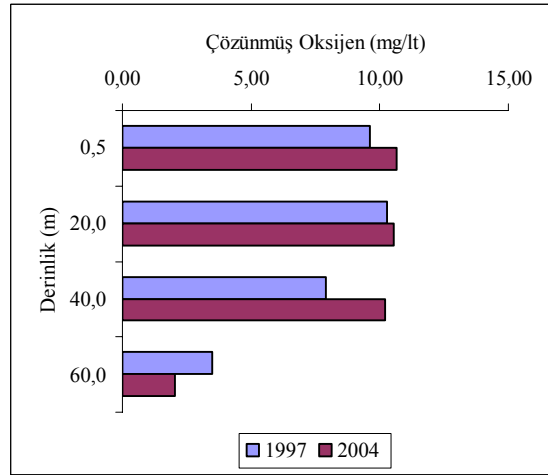
K1



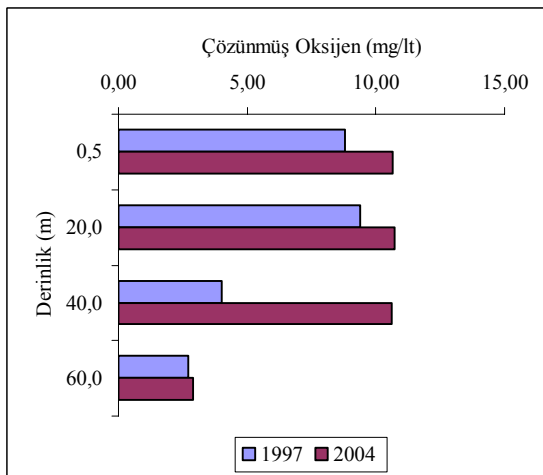
K0



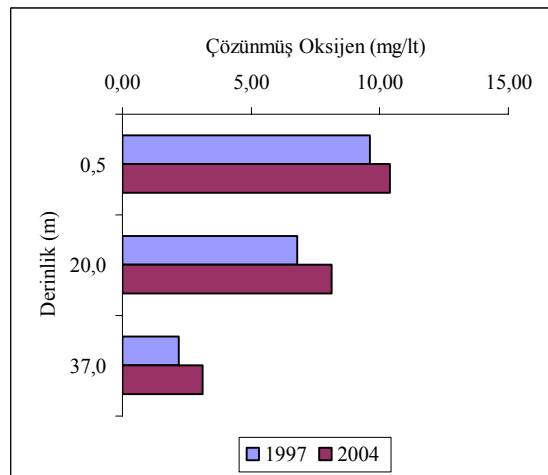
B13



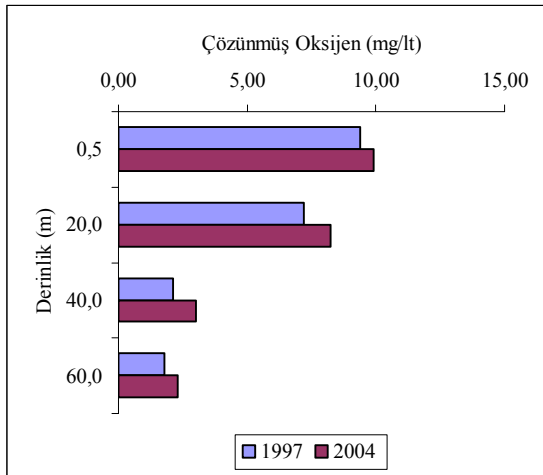
B7



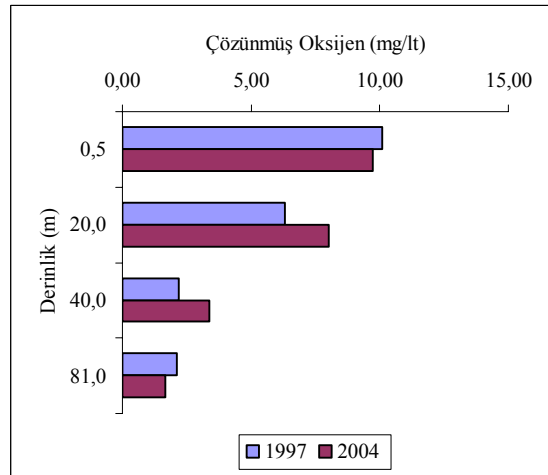
B2



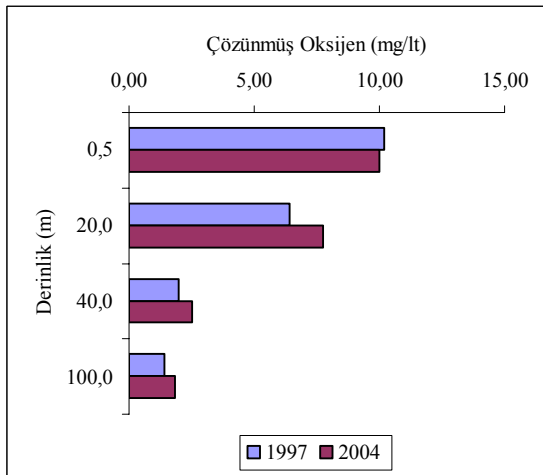
M8



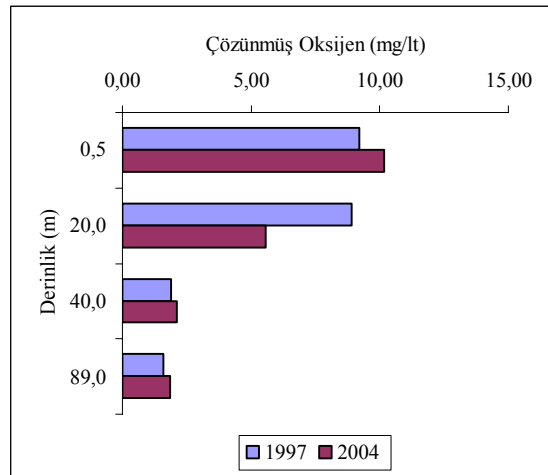
M14



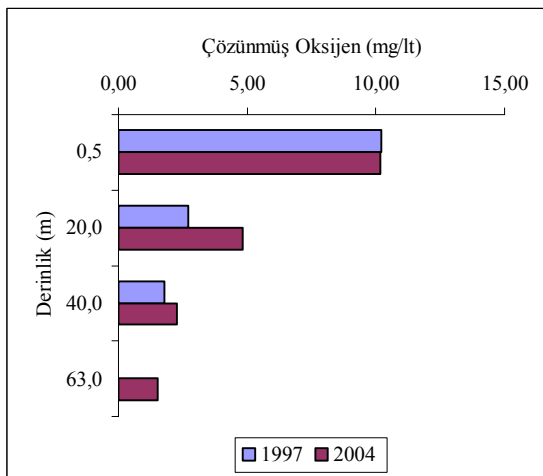
M23



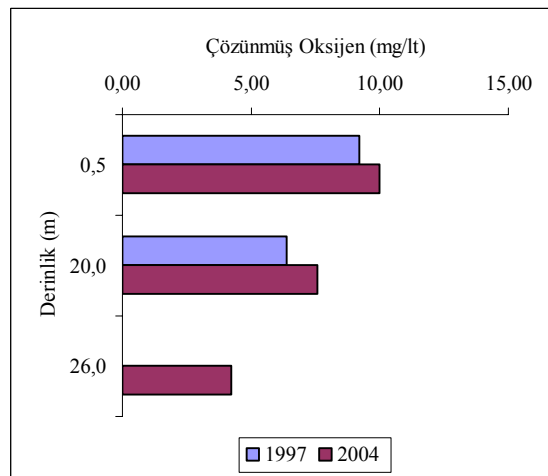
M20



M11

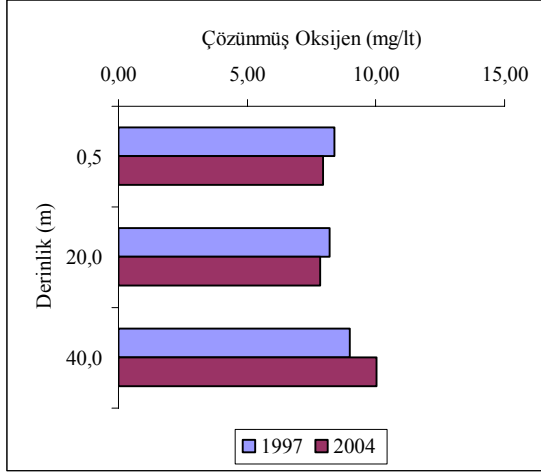


M3

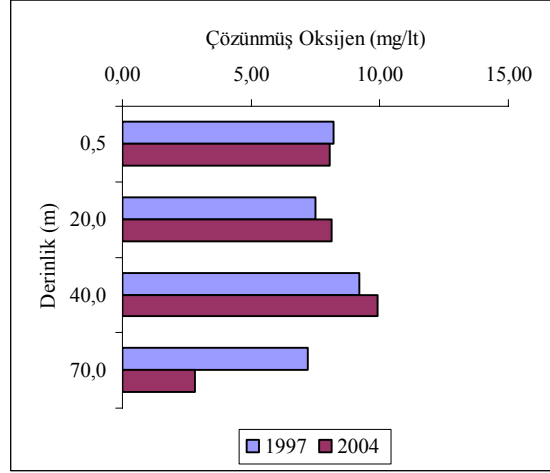


Ağustos Ayı Ölçümleri

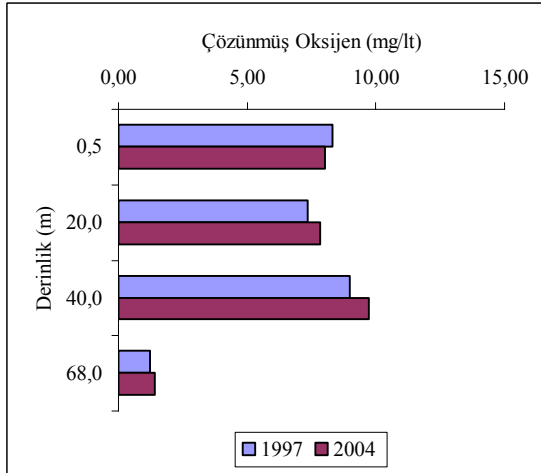
K3



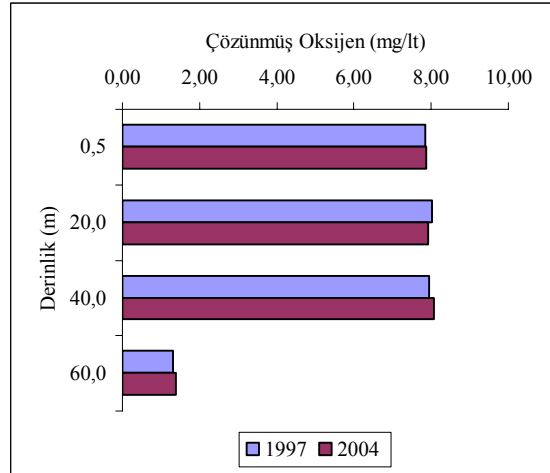
K1



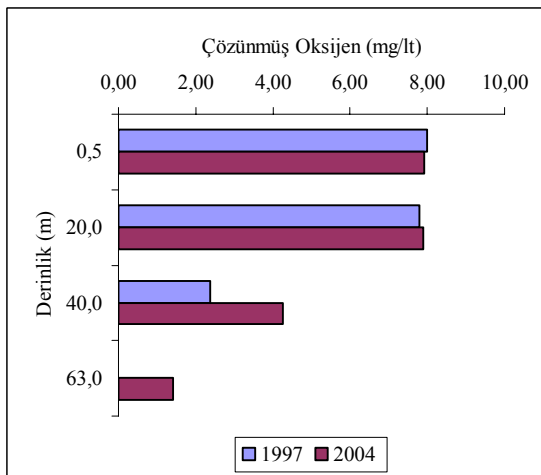
K0



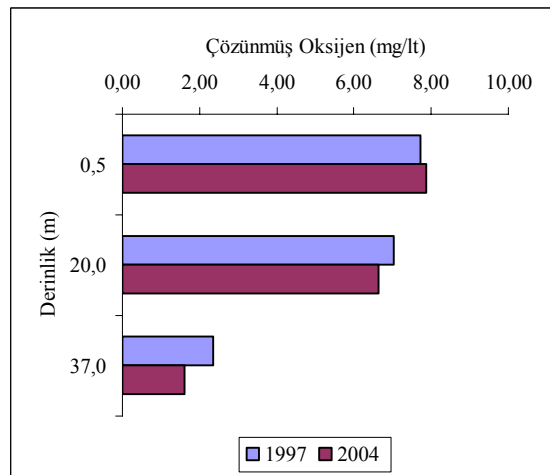
B13



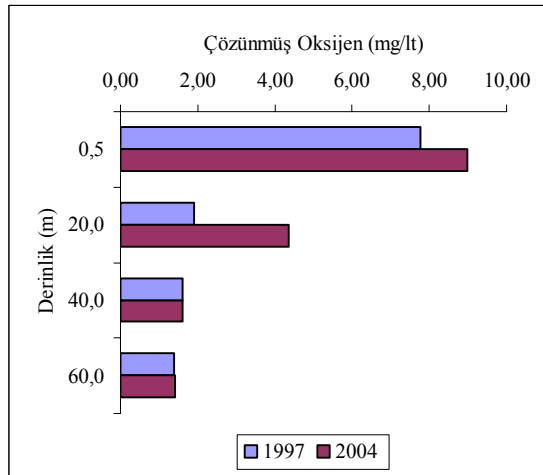
B7



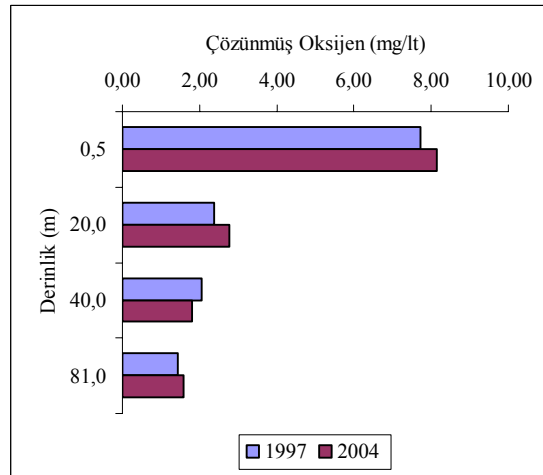
B2



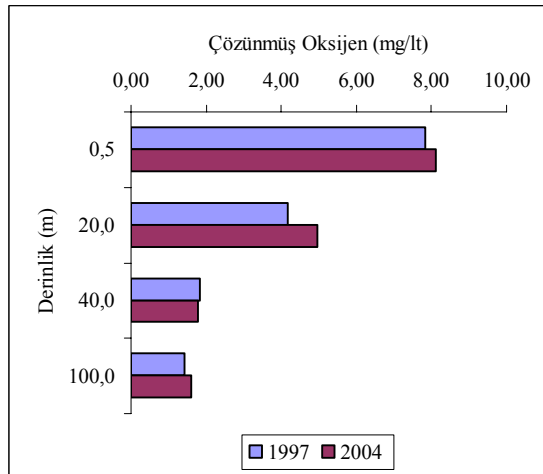
M8



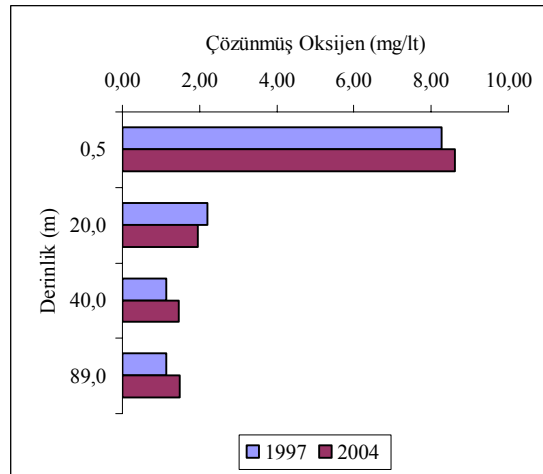
M14



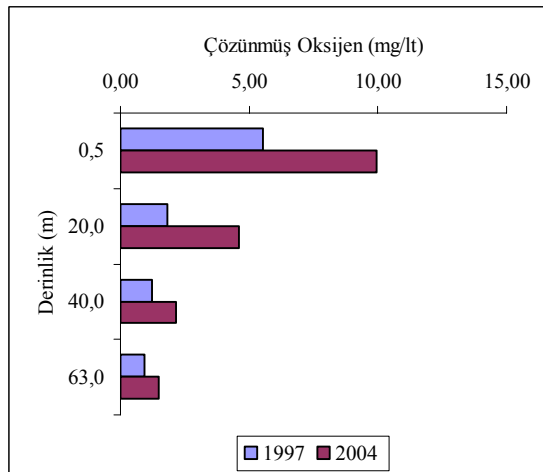
M23



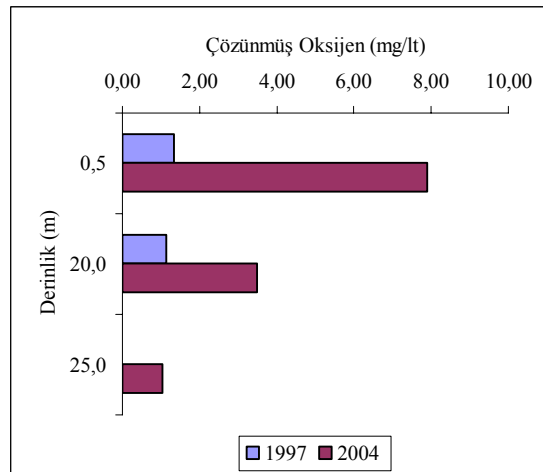
M20



M11

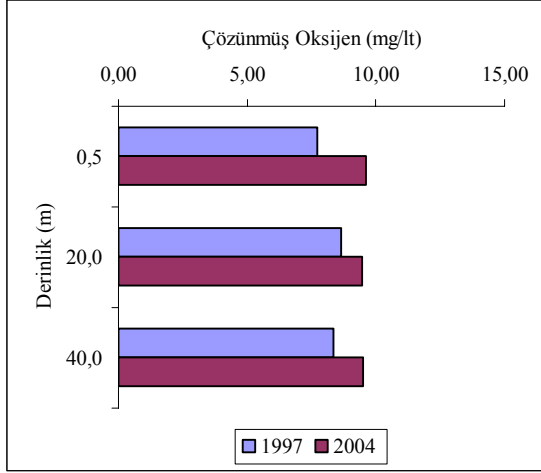


M3

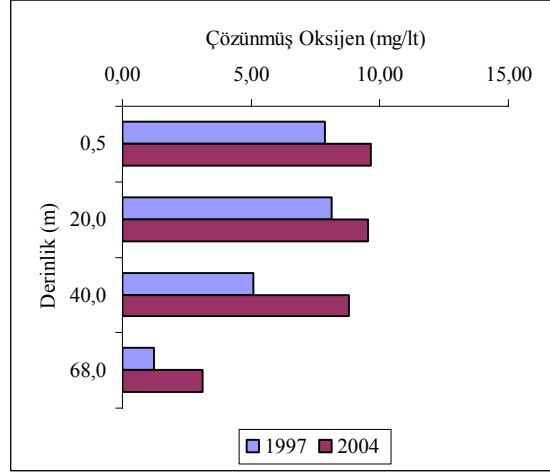


Kasım Ayı Ölçümleri

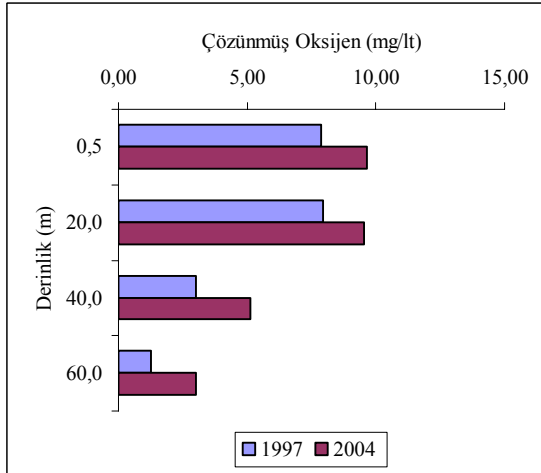
K3



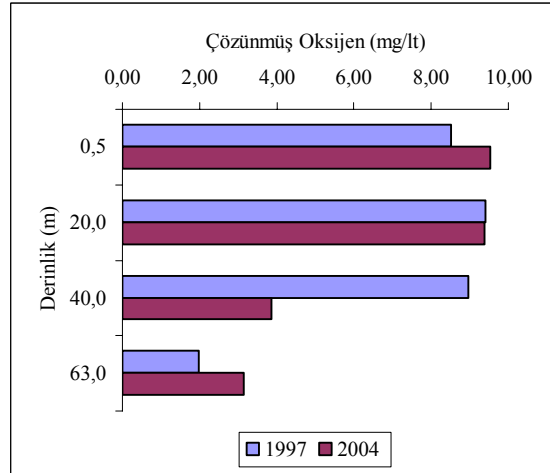
K0



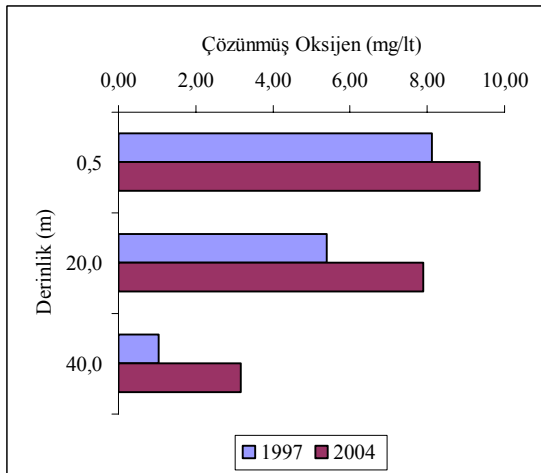
B13



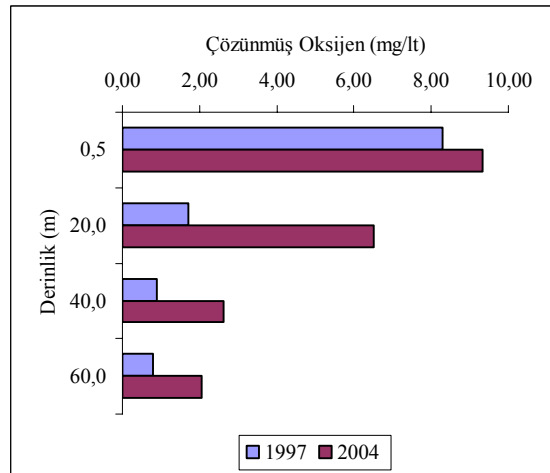
B7



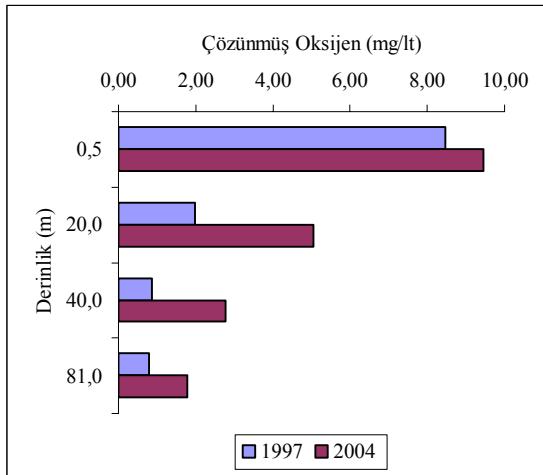
B2



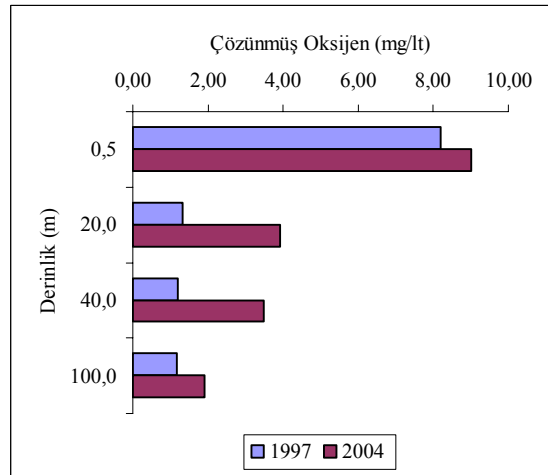
M8



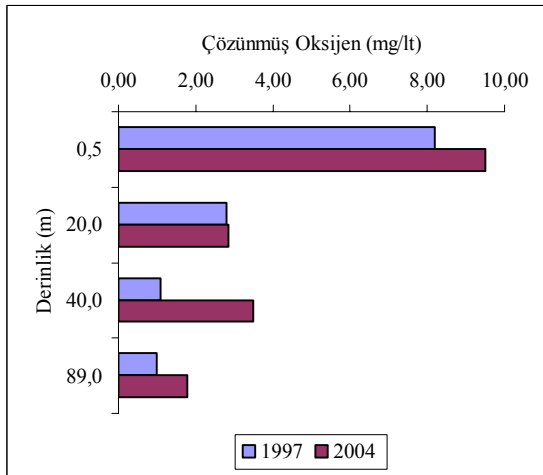
M14



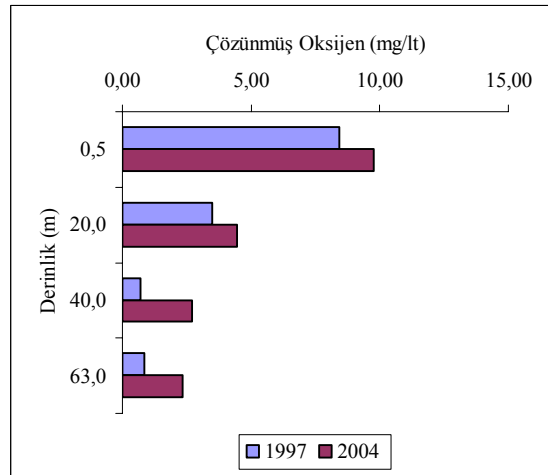
M23



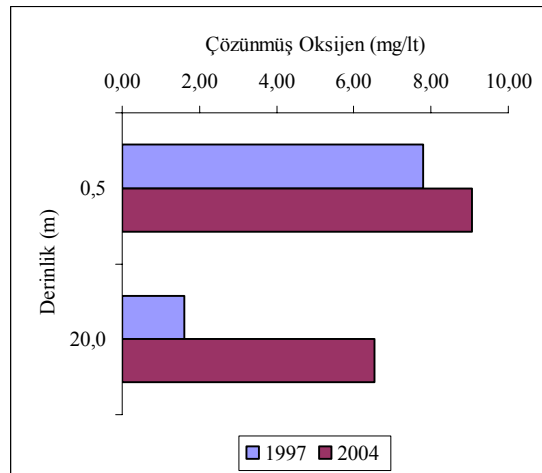
M20



M11



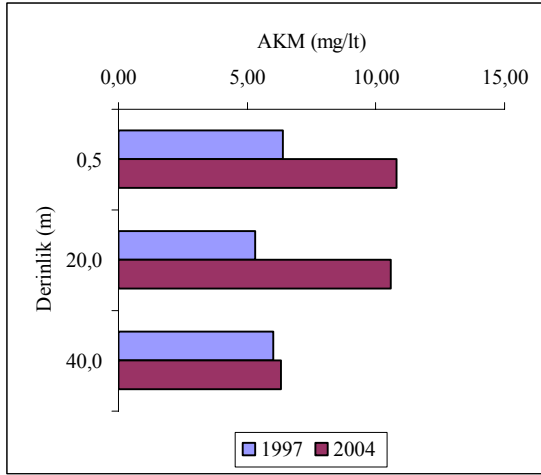
M3



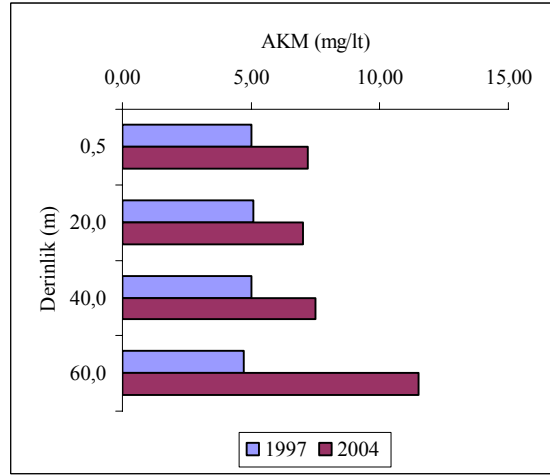
Ek 2 1997-2004 yılları AKM değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

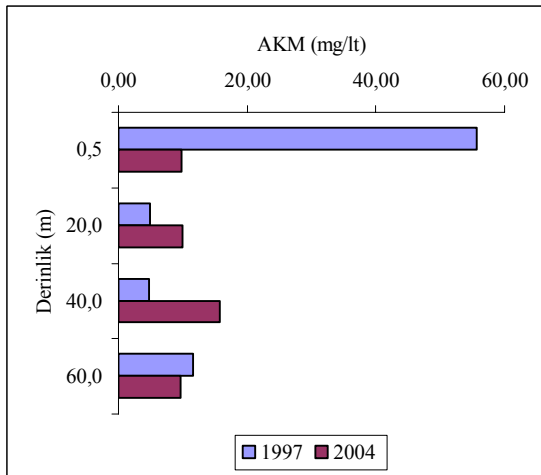
K3



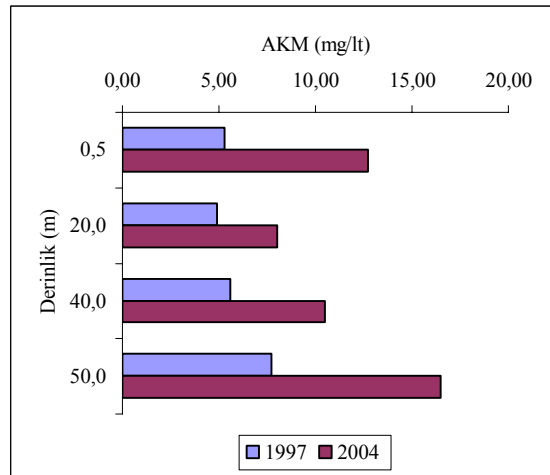
K1



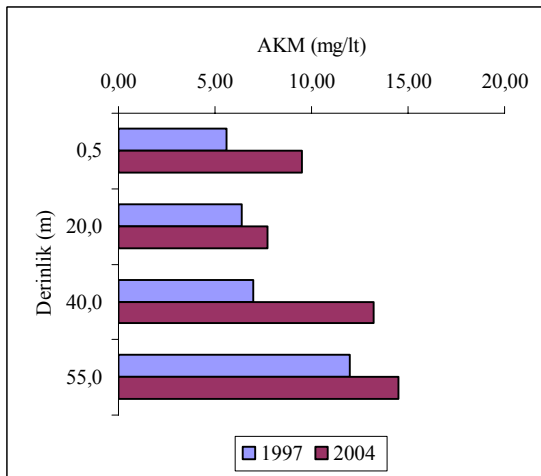
K0



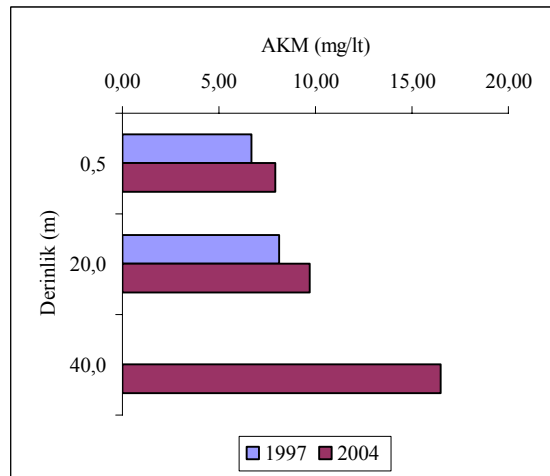
B13



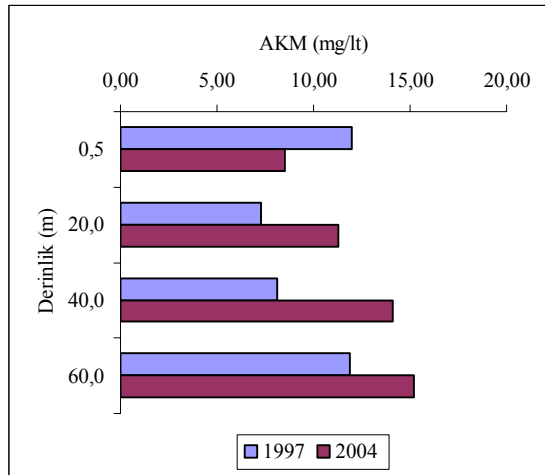
B7



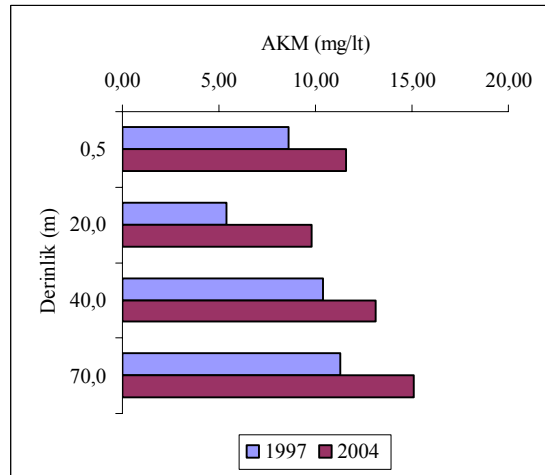
B2



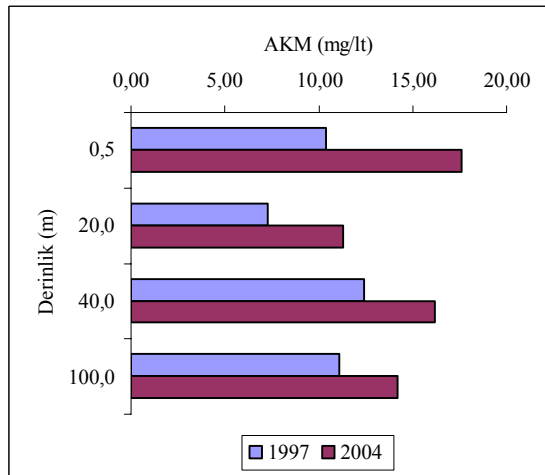
M8



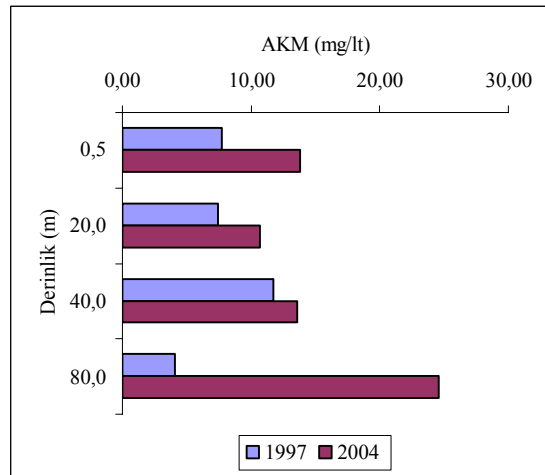
M14



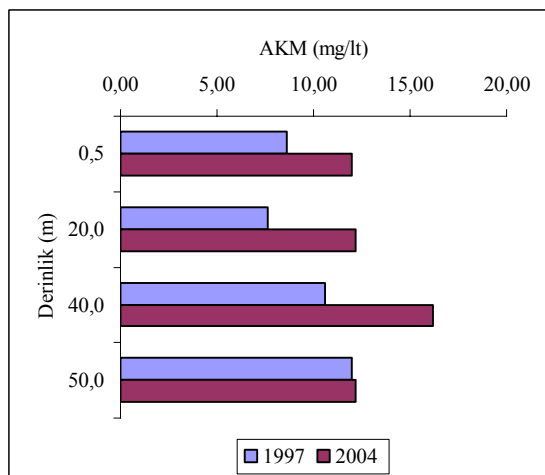
M23



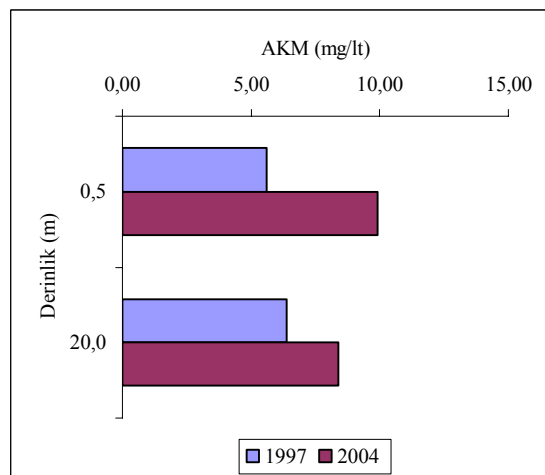
M20



M11

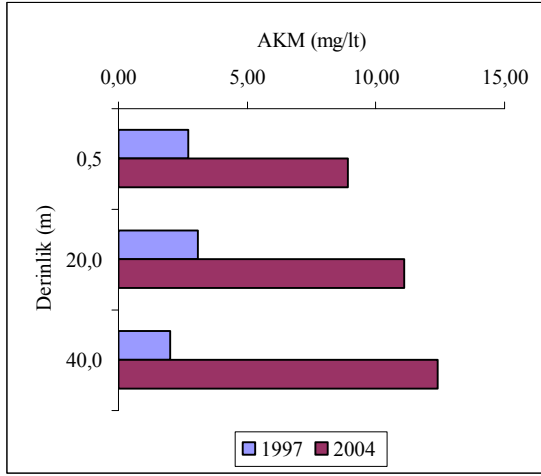


M3

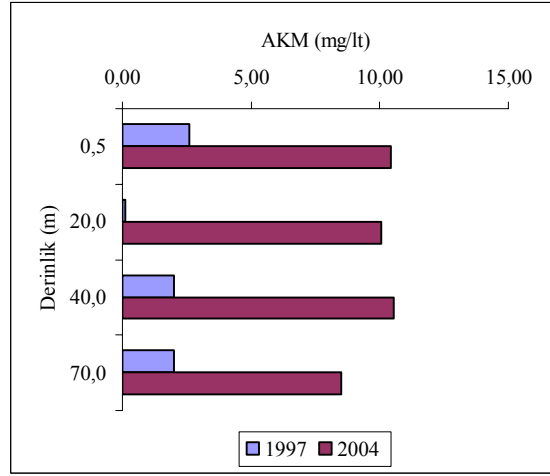


Mayıs Ayı Ölçümleri

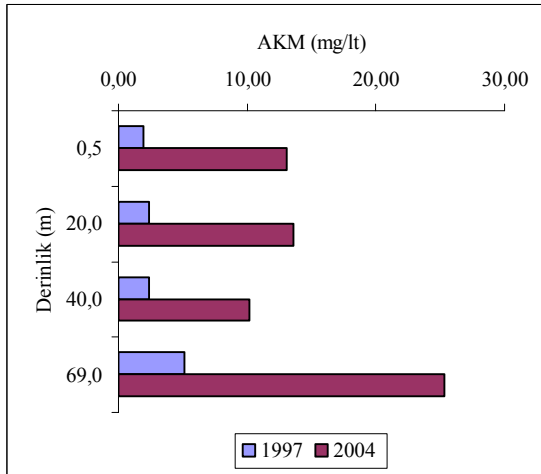
K3



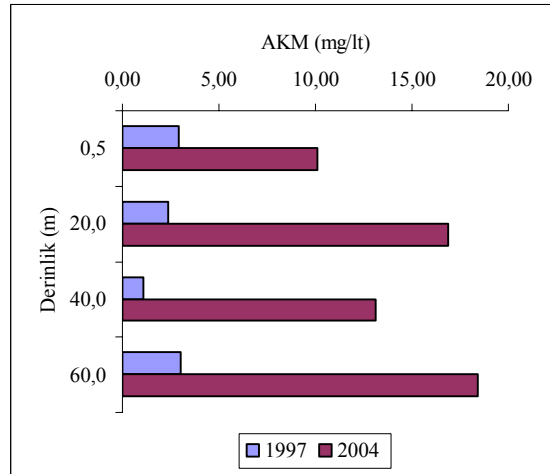
K1



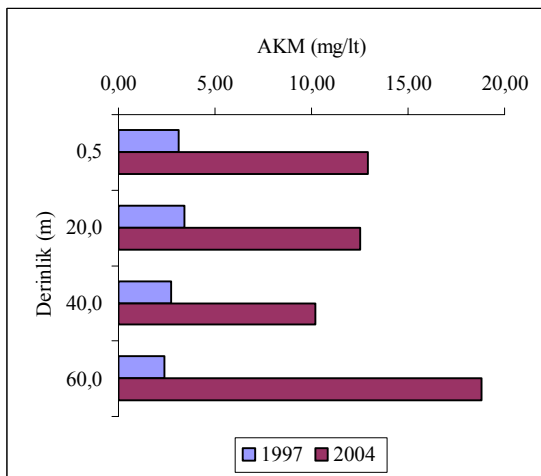
K0



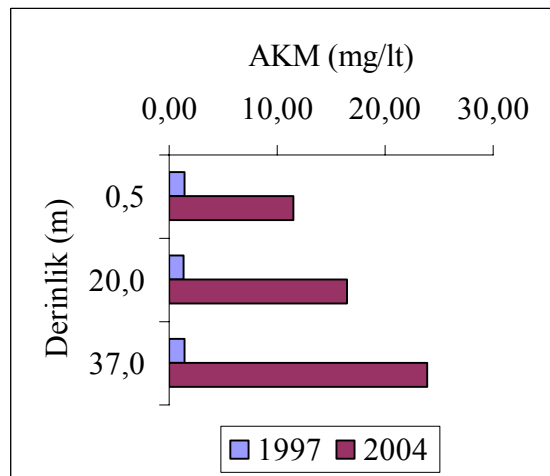
B13



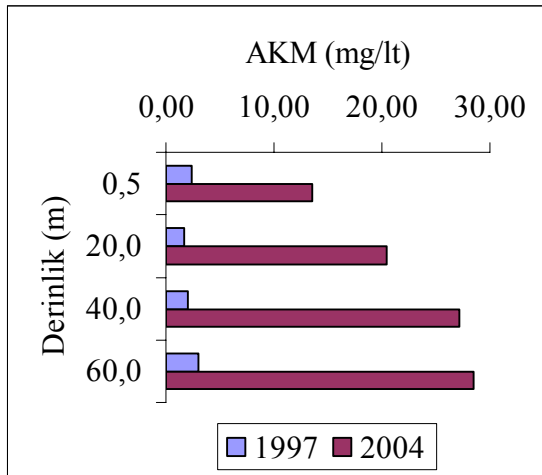
B7



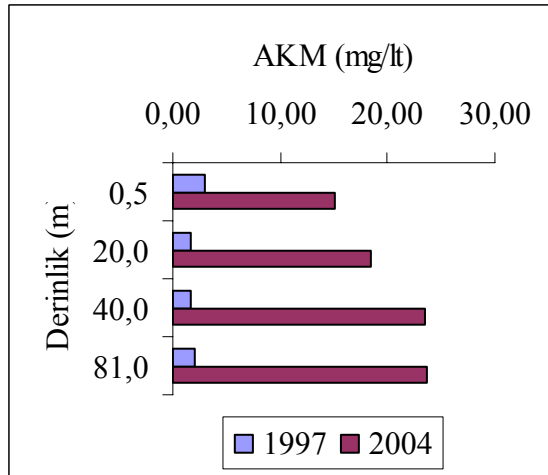
B2



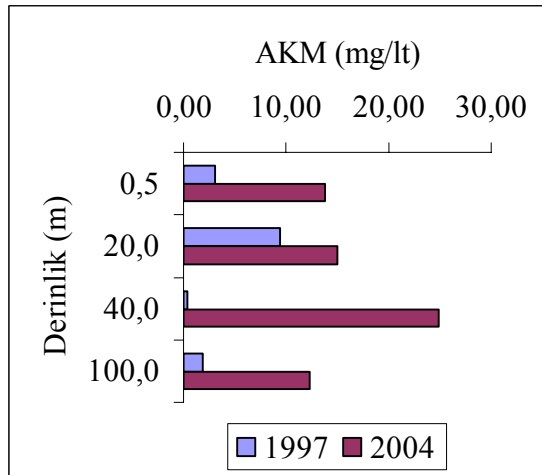
M8



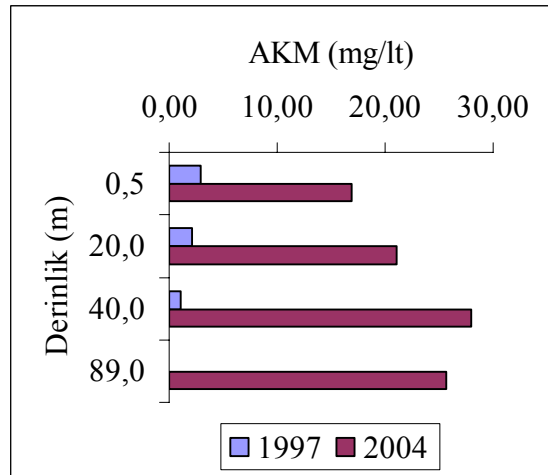
M14



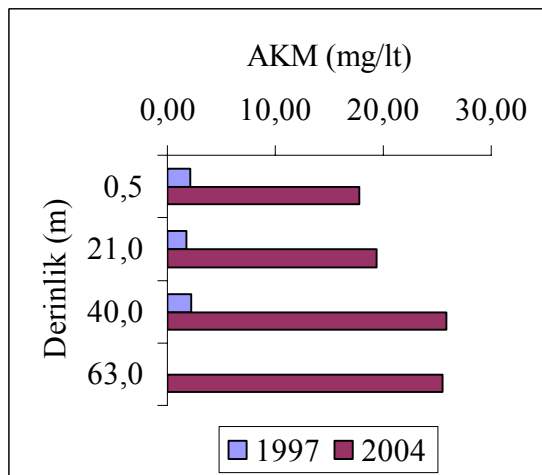
M23



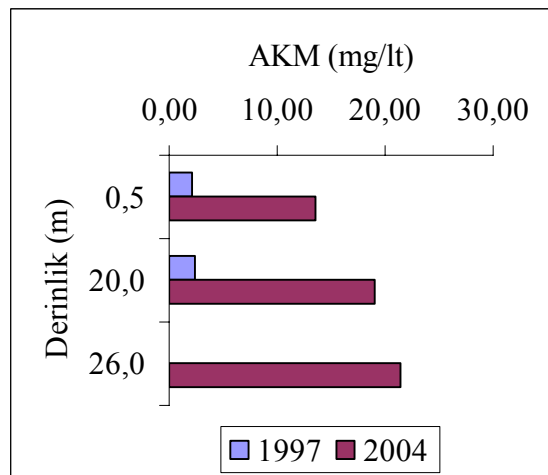
M20



M11

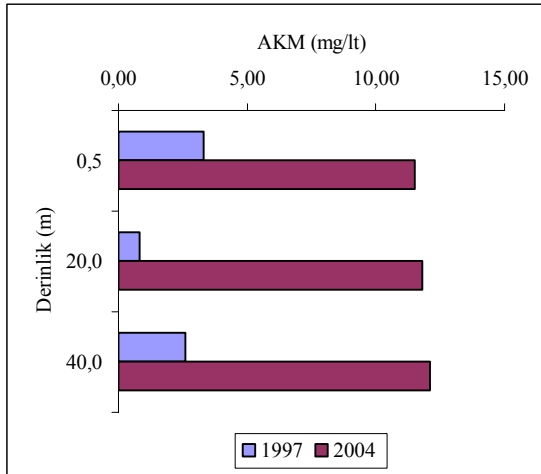


M3

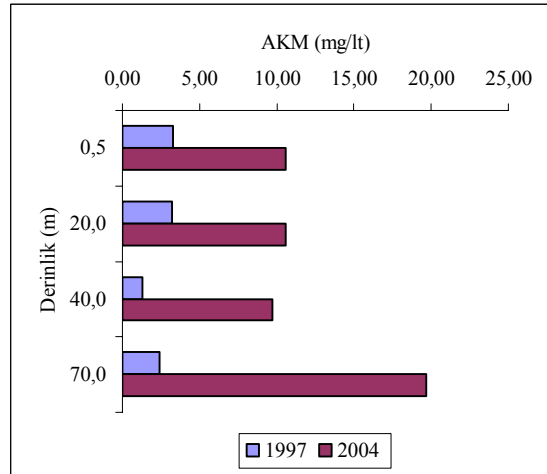


Ağustos Ayı Ölçümleri

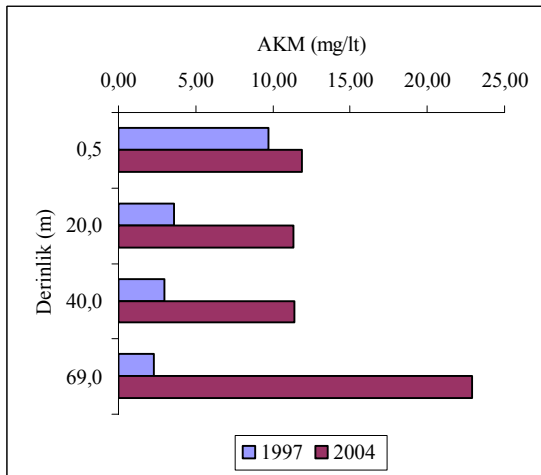
K3



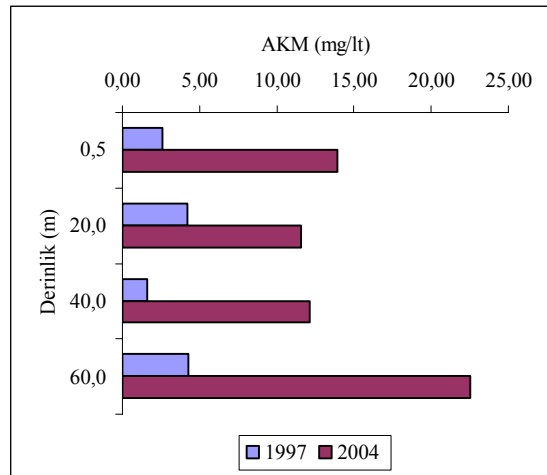
K1



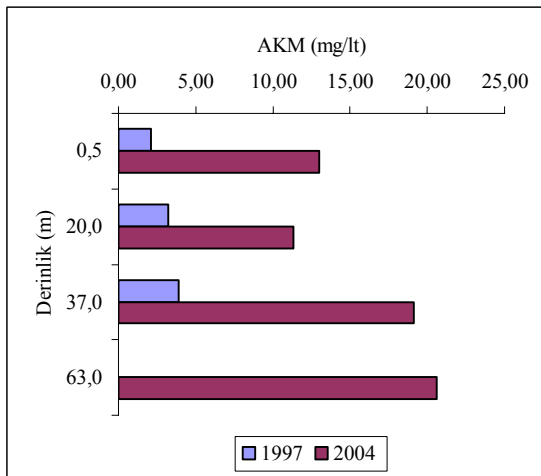
K0



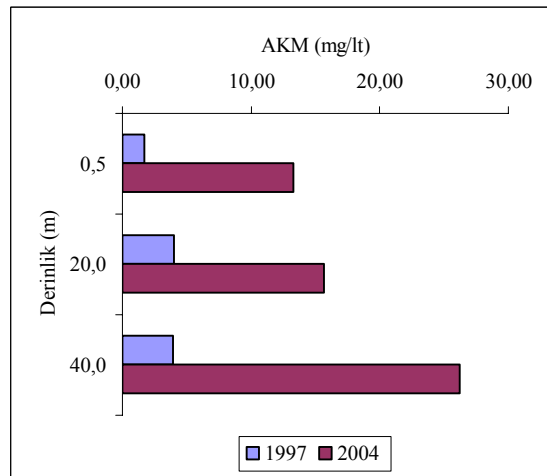
B13



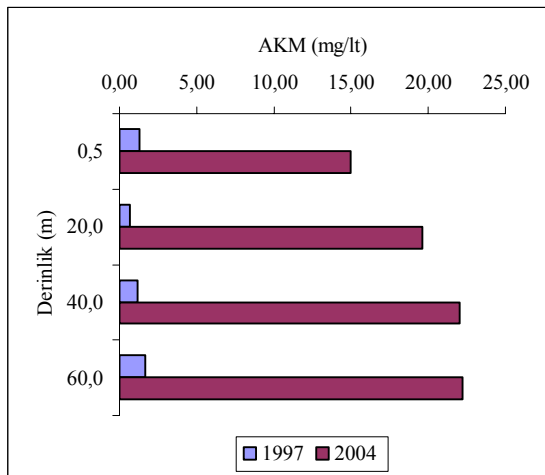
B7



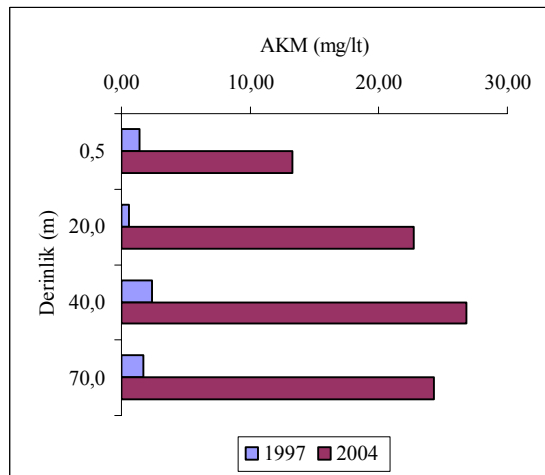
B2



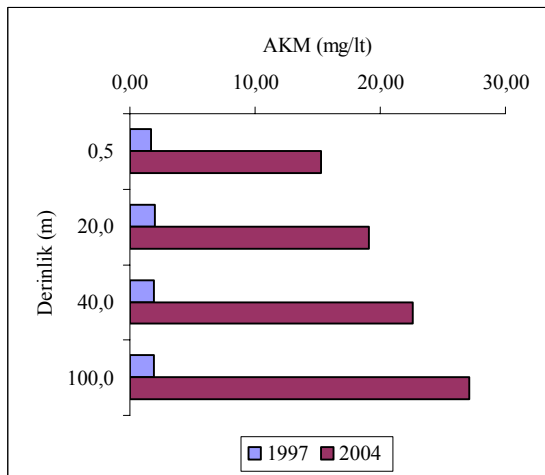
M8



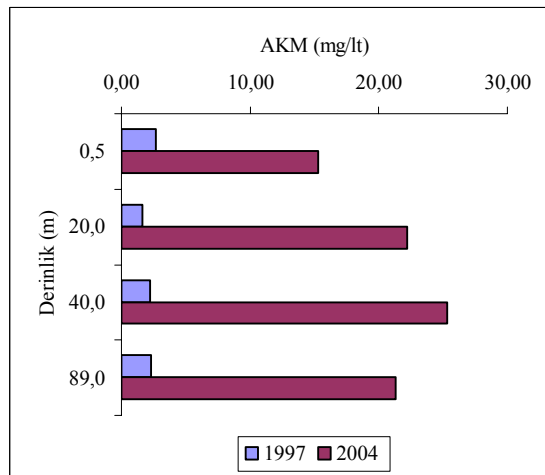
M14



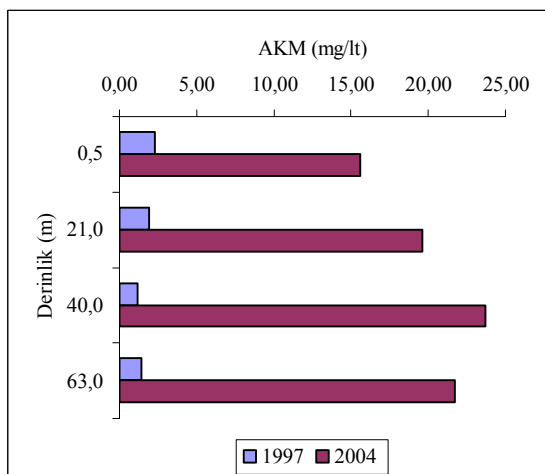
M23



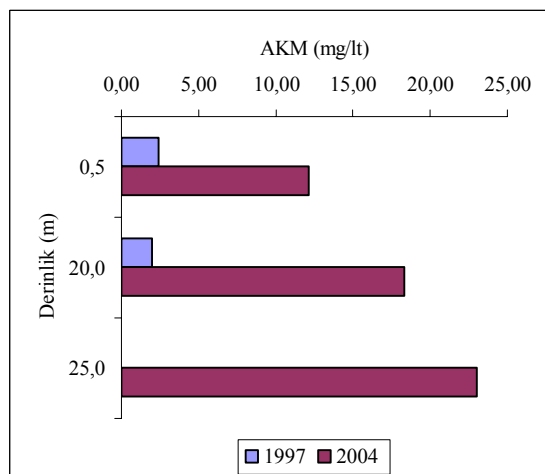
M20



M11

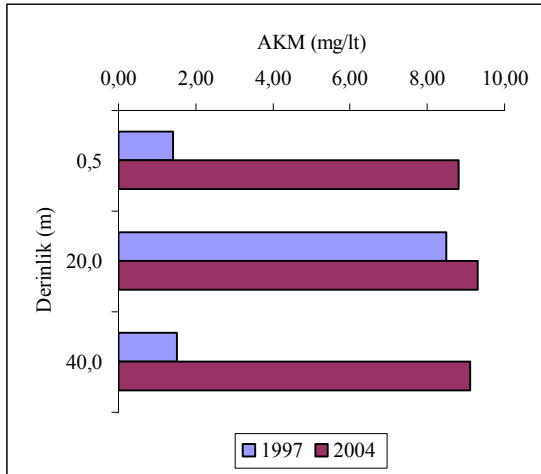


M3

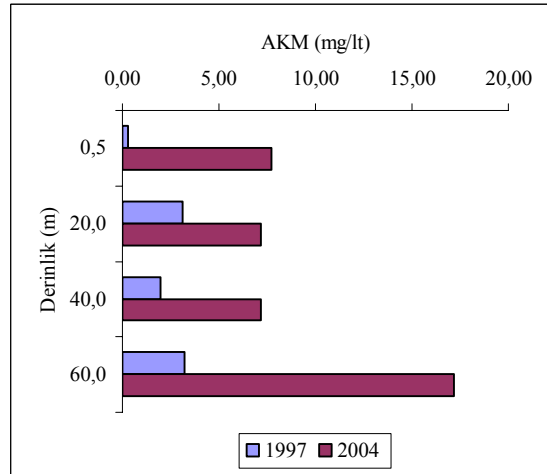


Kasım Ayı Ölçümleri

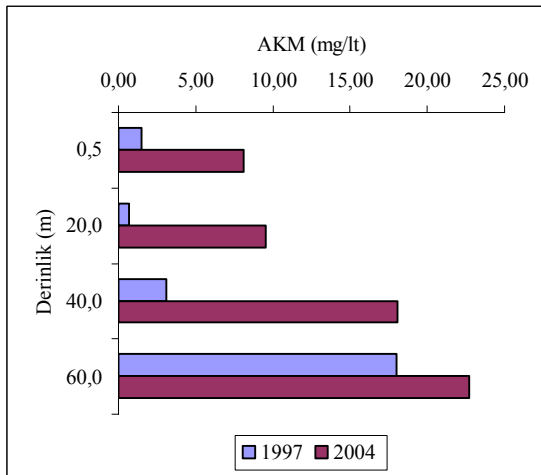
K3



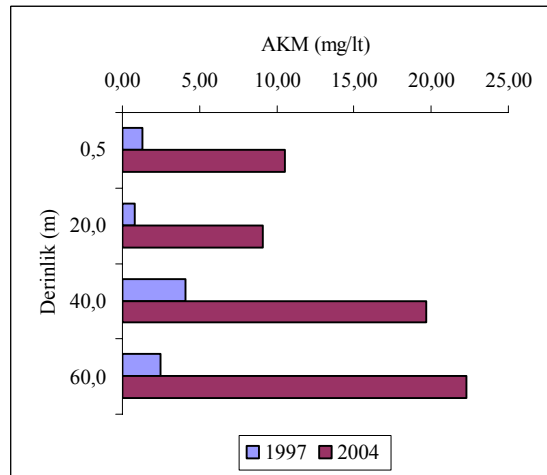
K0



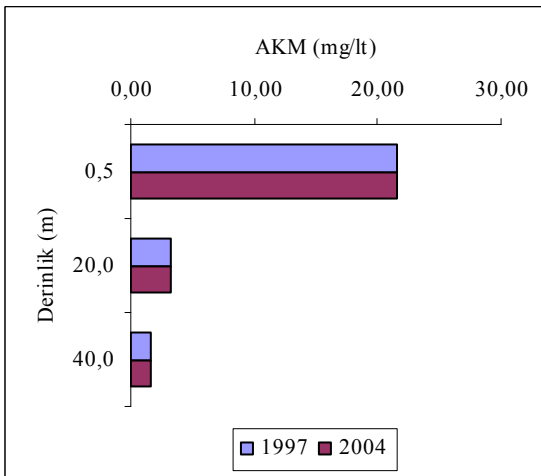
B13



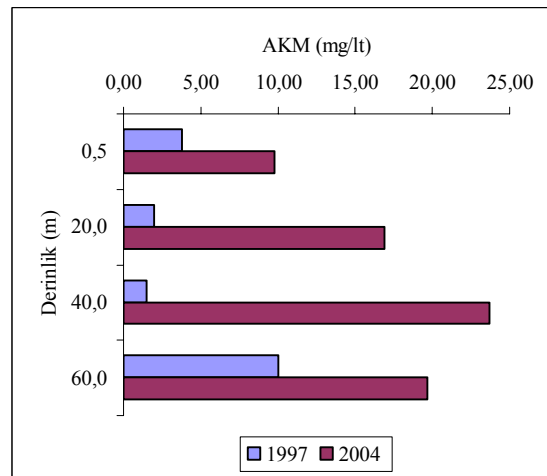
B7



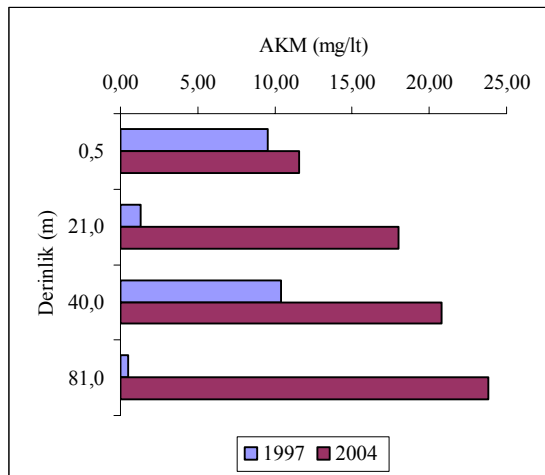
B2



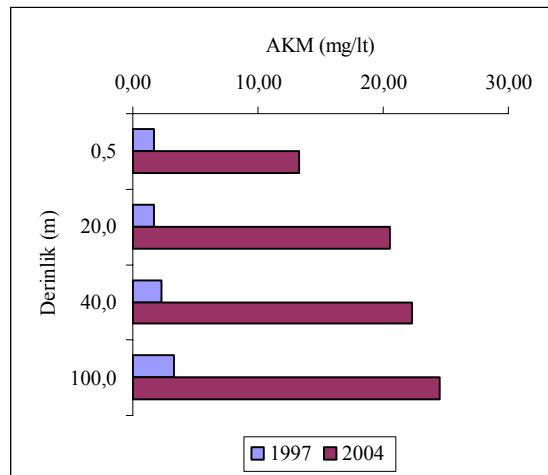
M8



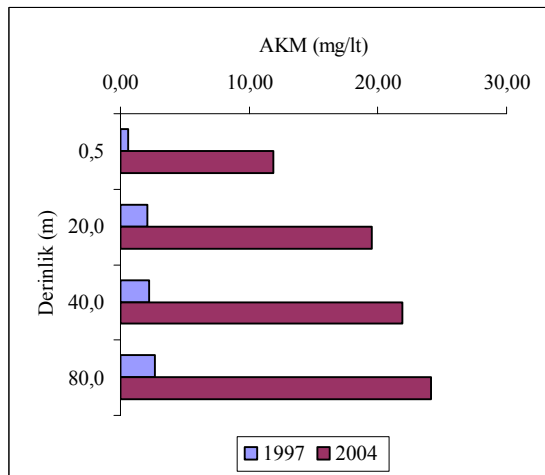
M14



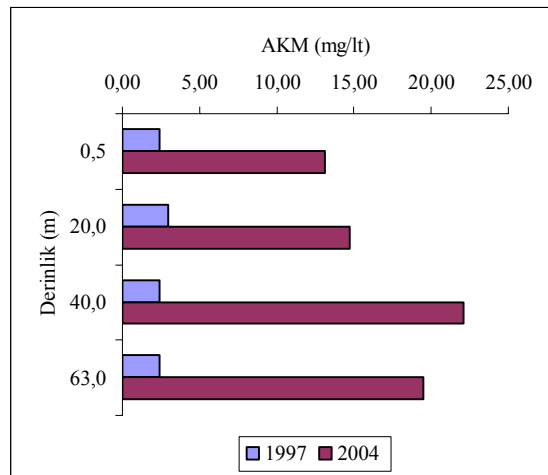
M23



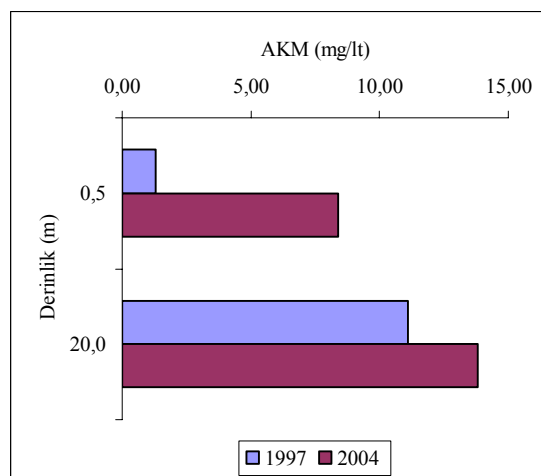
M20



M11



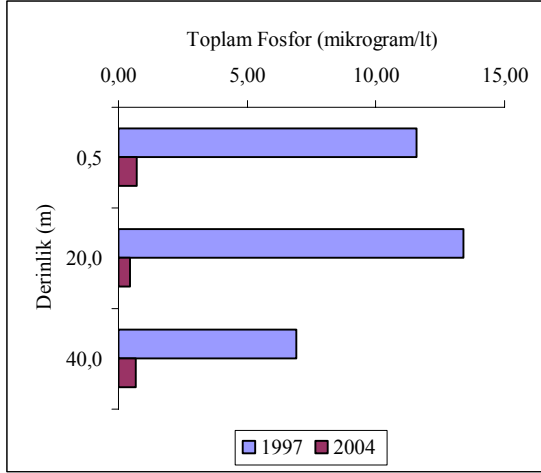
M3



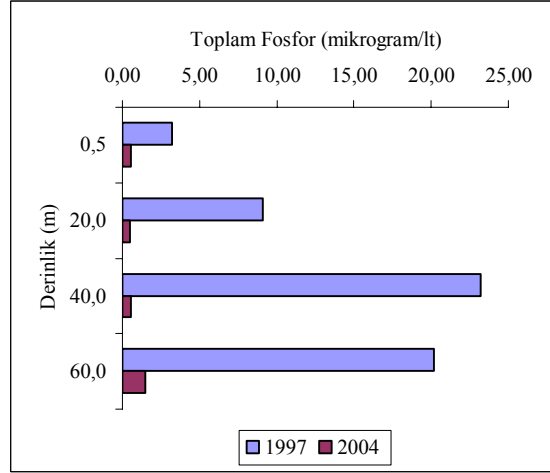
Ek 3 1997–2004 yılları Top-P değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

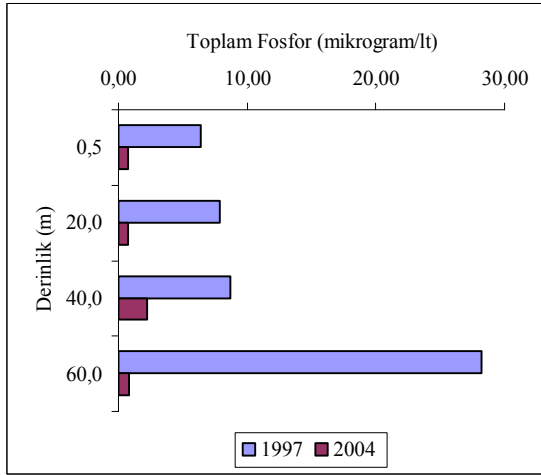
K3



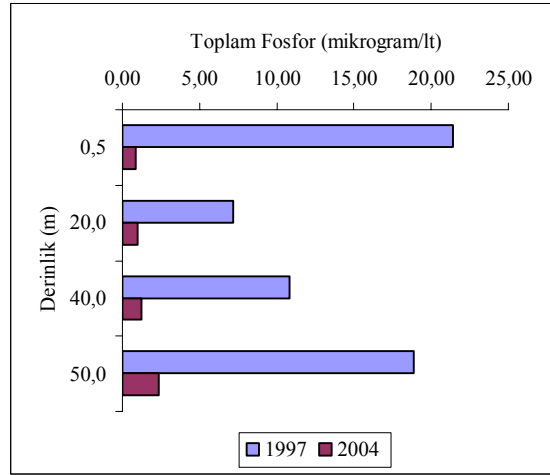
K1



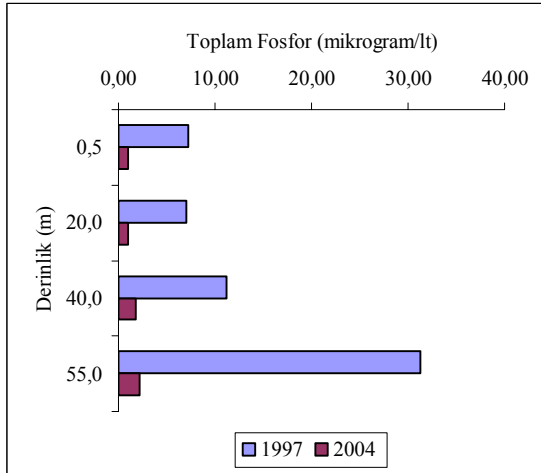
K0



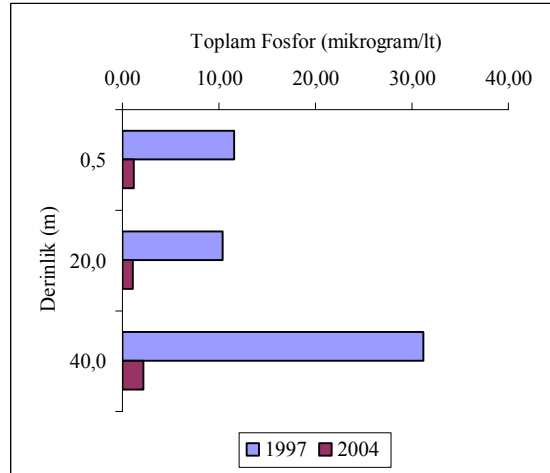
B13



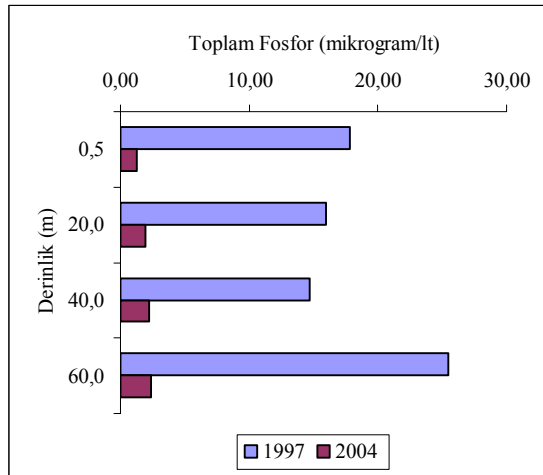
B7



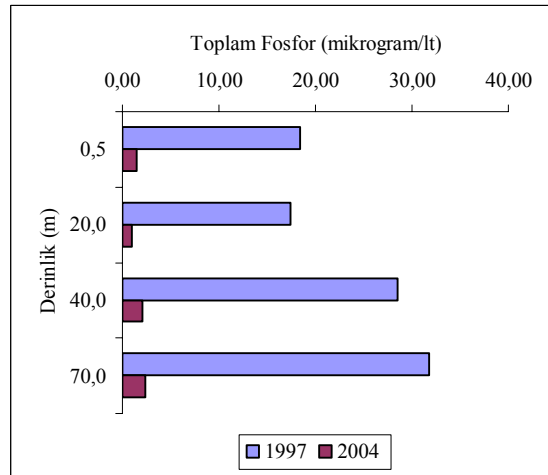
B2



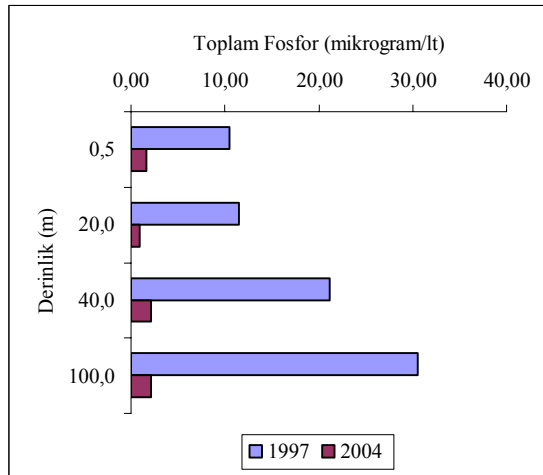
M8



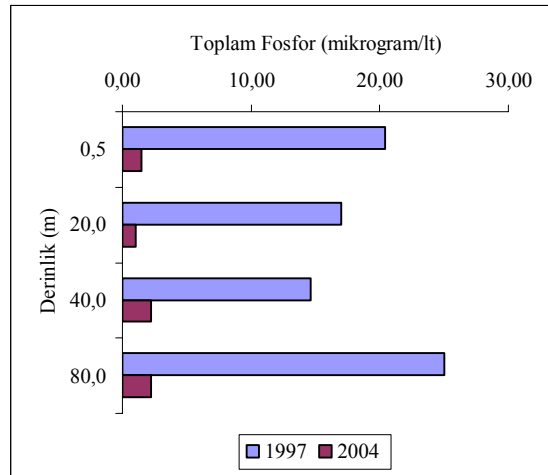
M14



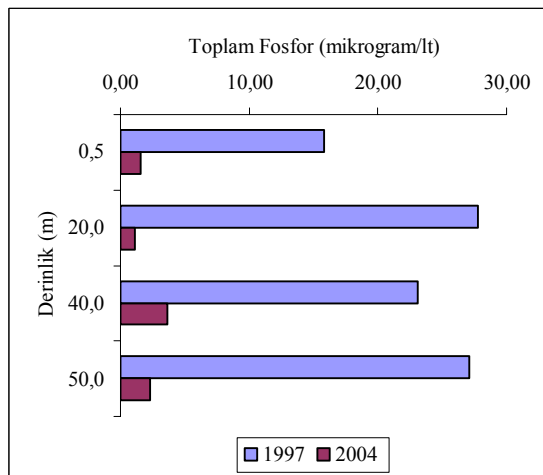
M23



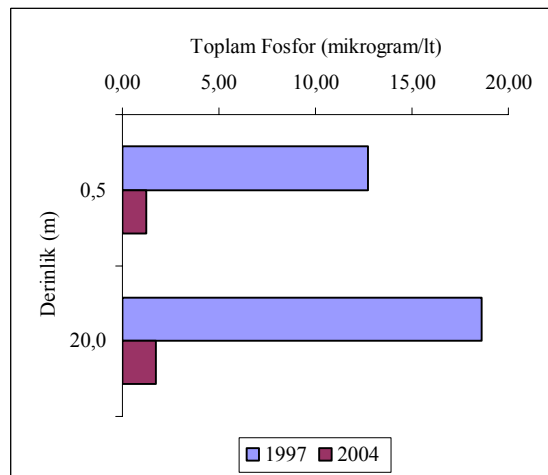
M20



M11

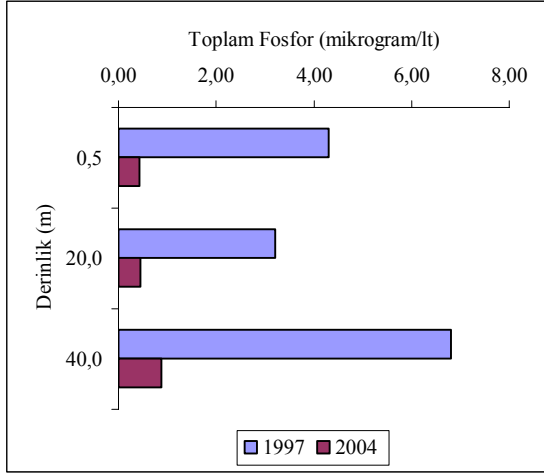


M3

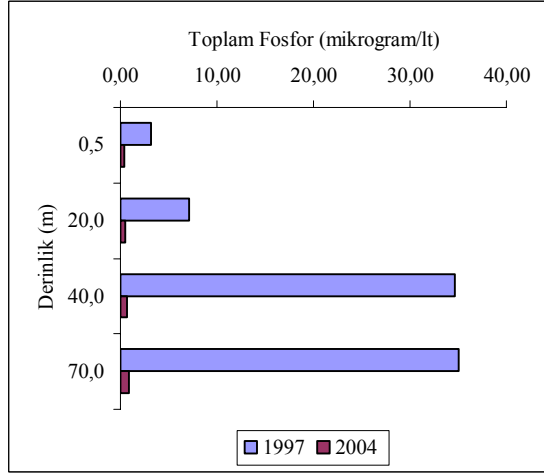


Mayıs Ayı Ölçümleri

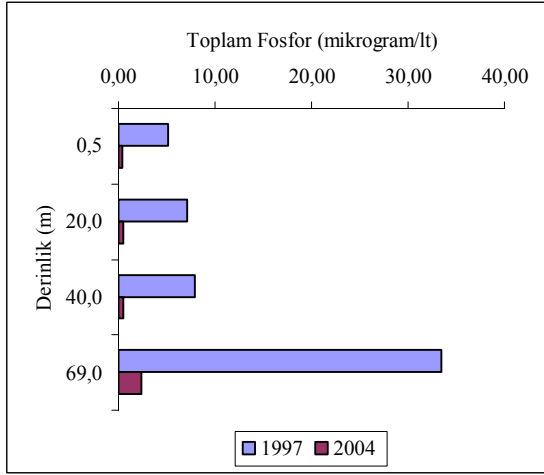
K3



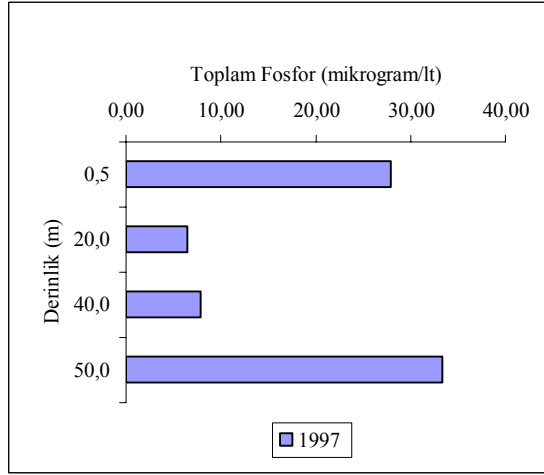
K1



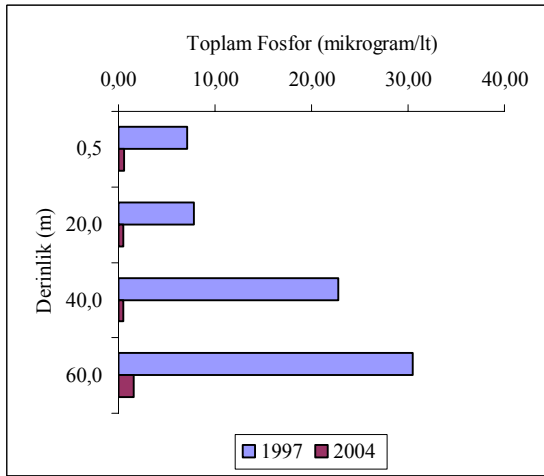
K0



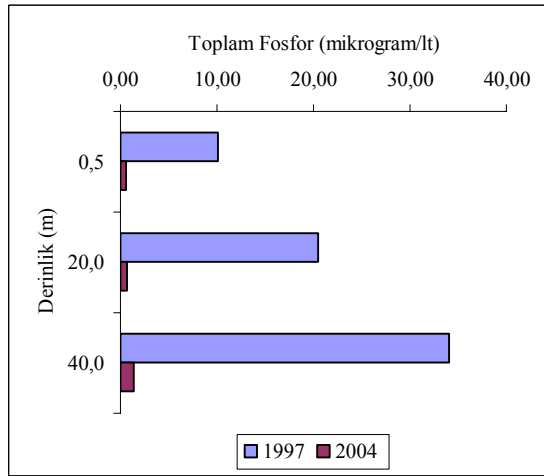
B13



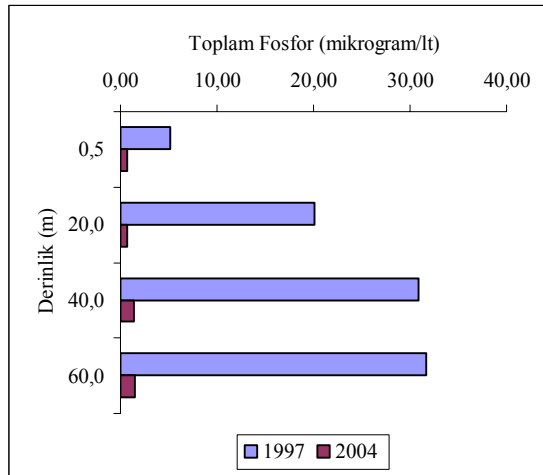
B7



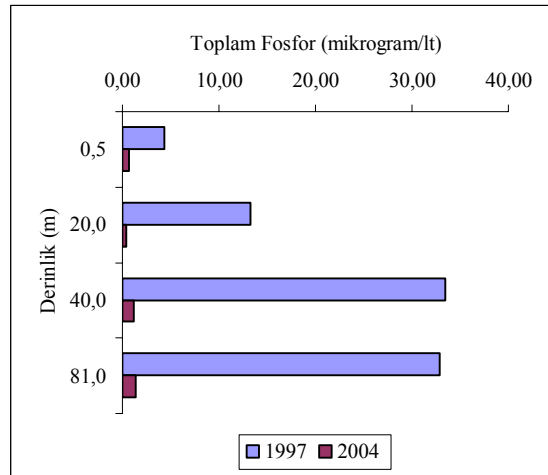
B2



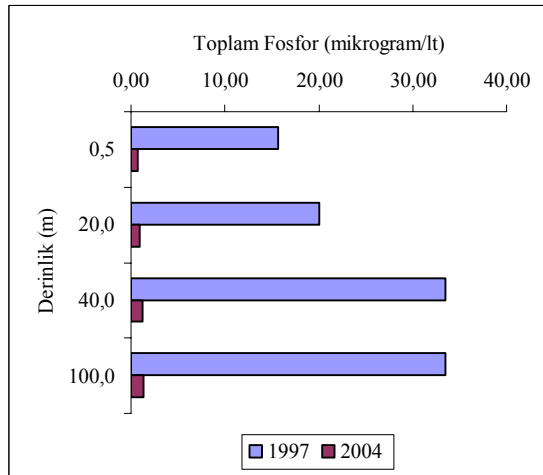
M8



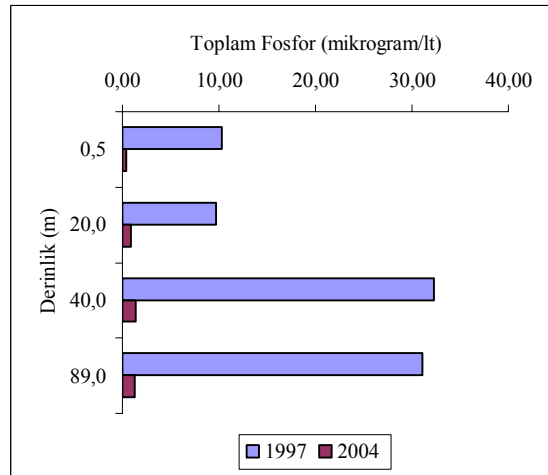
M14



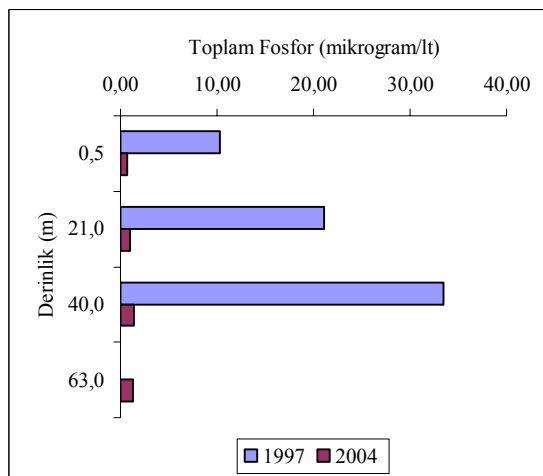
M23



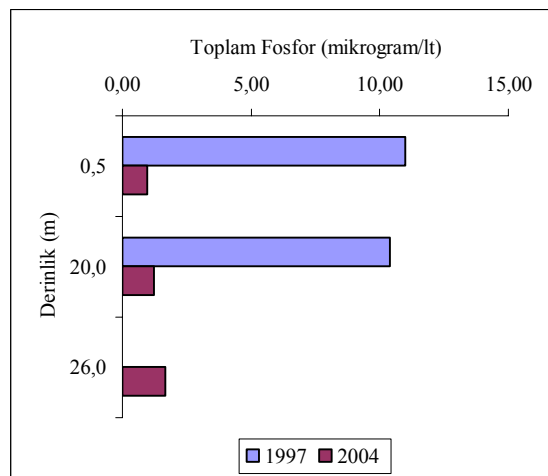
M20



M11

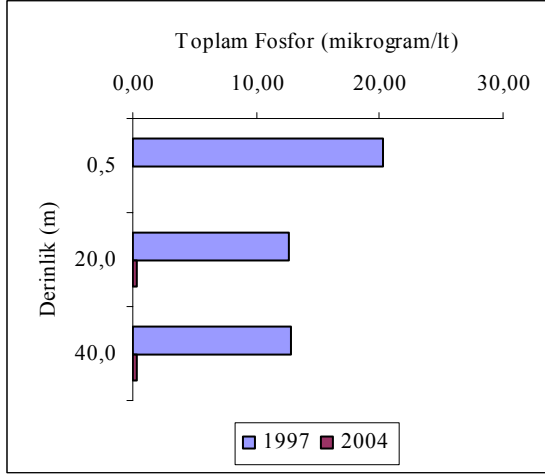


M3

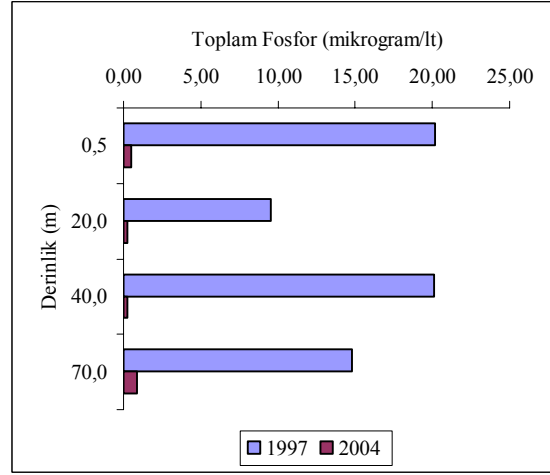


Ağustos Ayı Ölçümleri

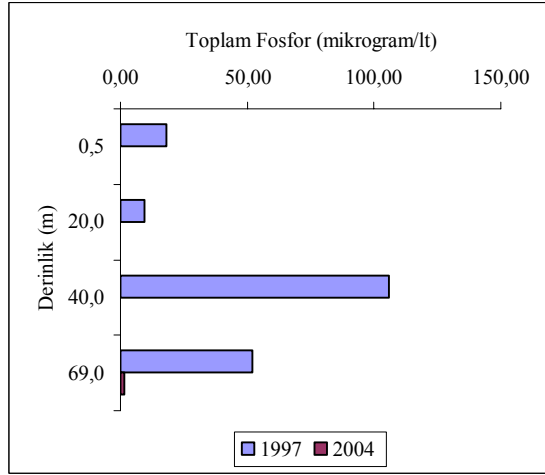
K3



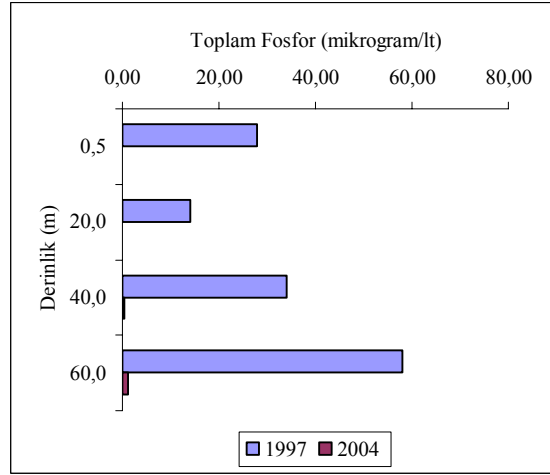
K1



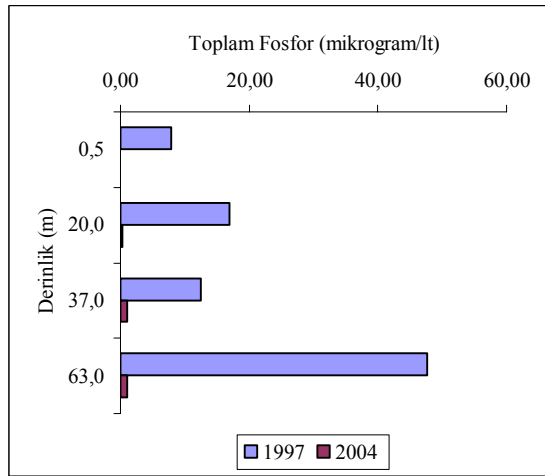
K0



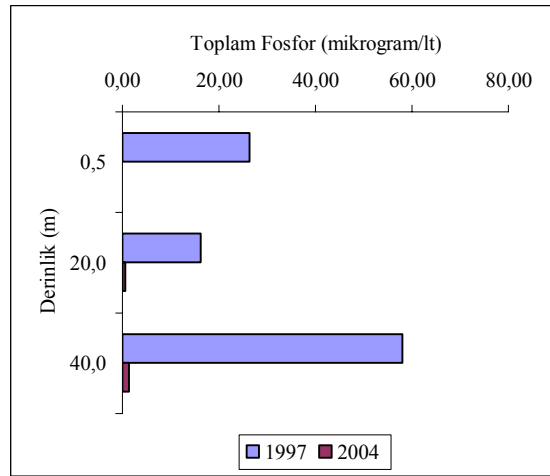
B13



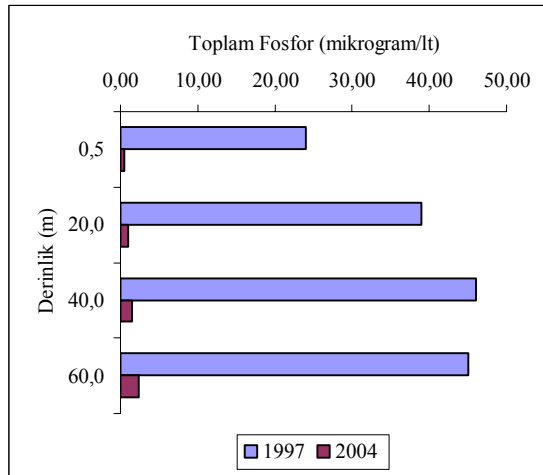
B7



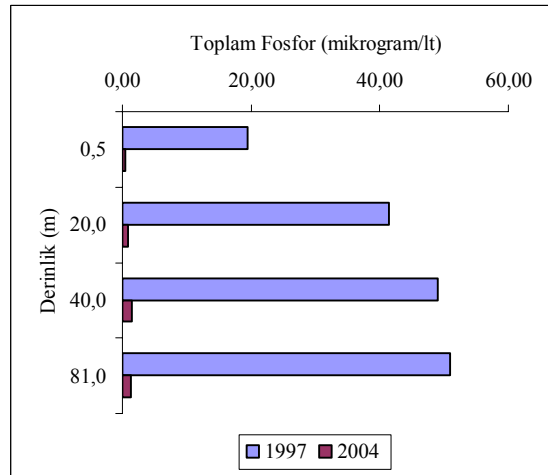
B2



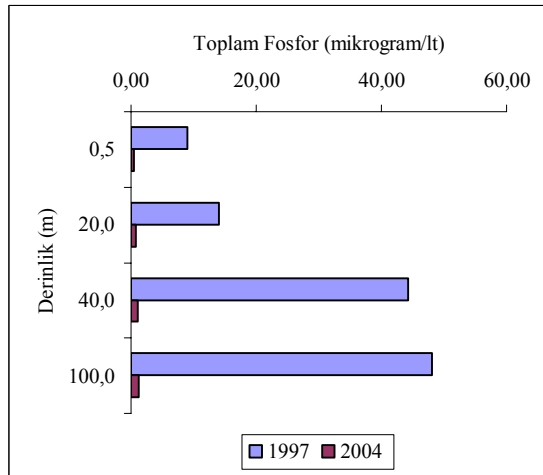
M8



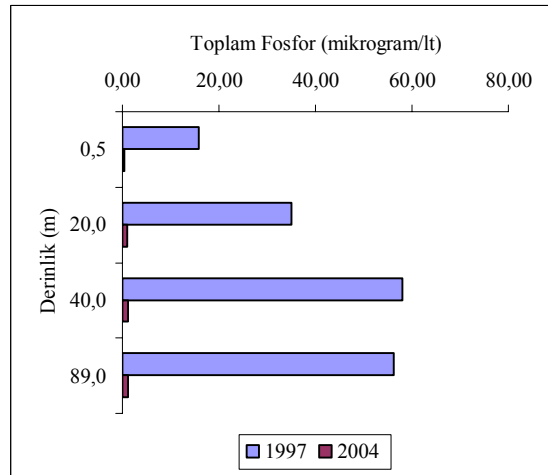
M14



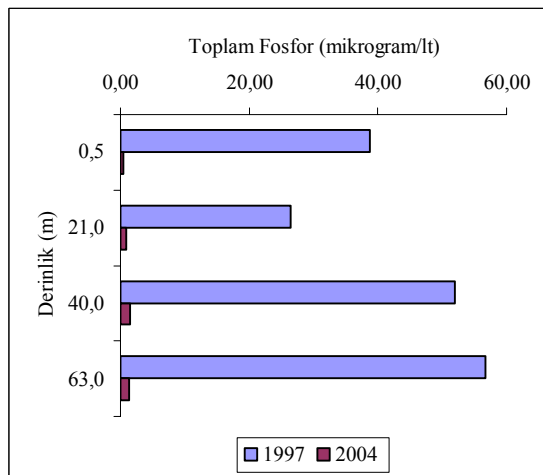
M23



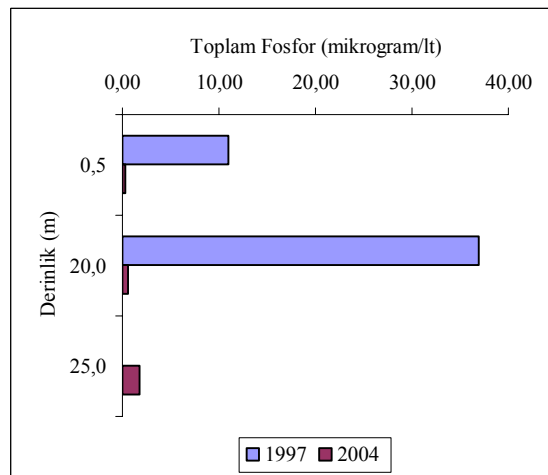
M20



M11

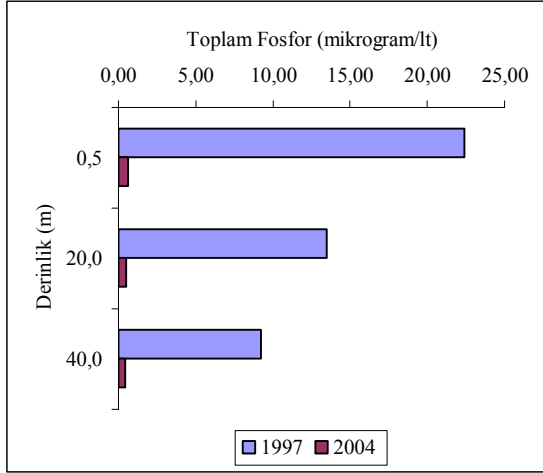


M3

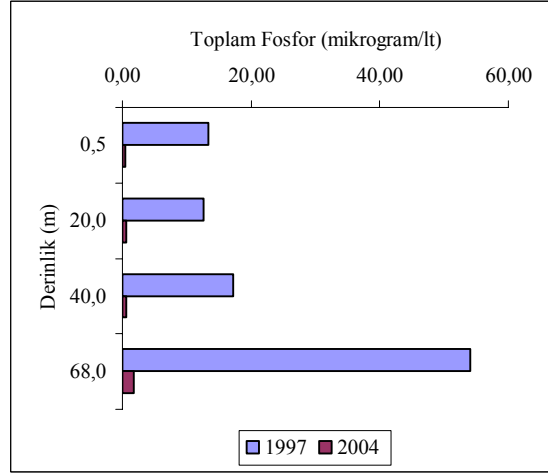


Kasım Ayı Ölçümleri

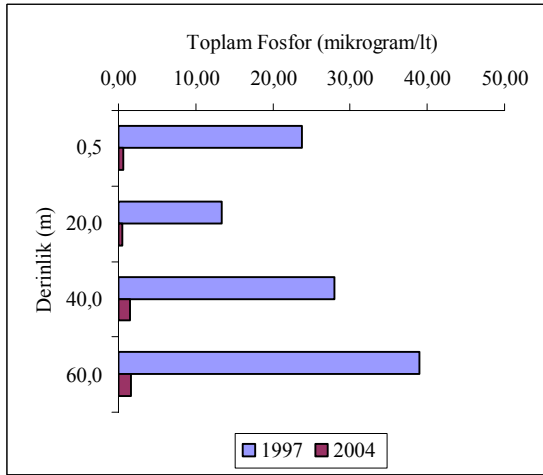
K3



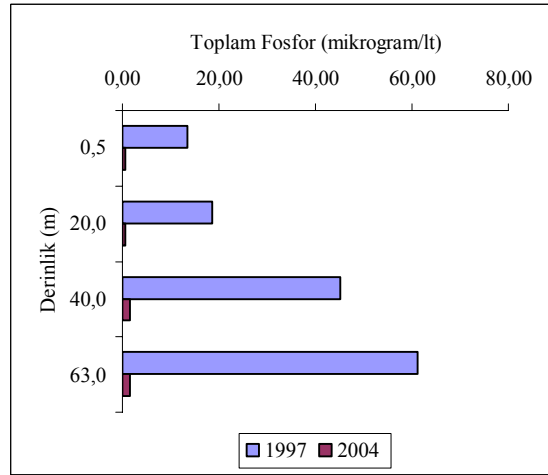
K0



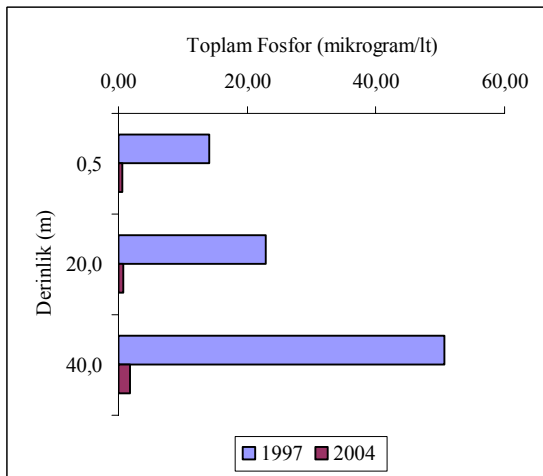
B13



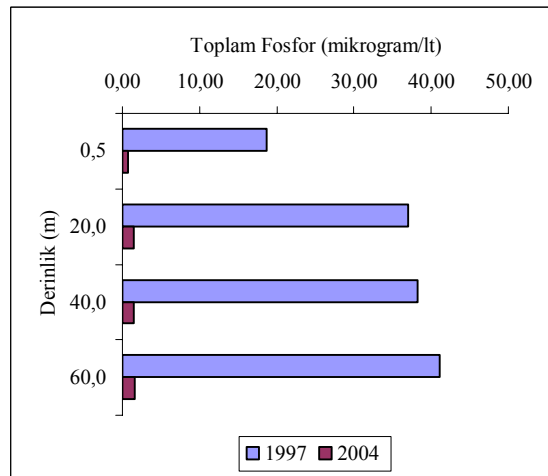
B7



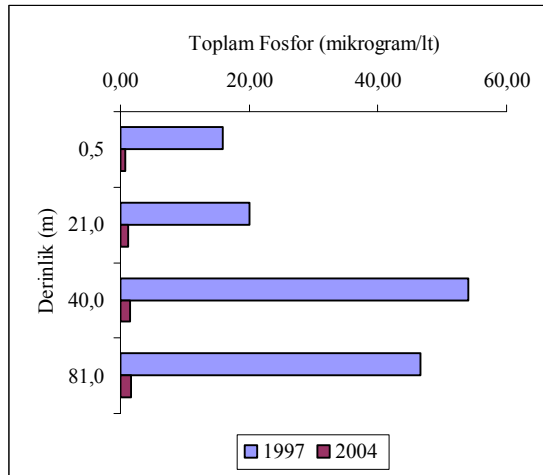
B2



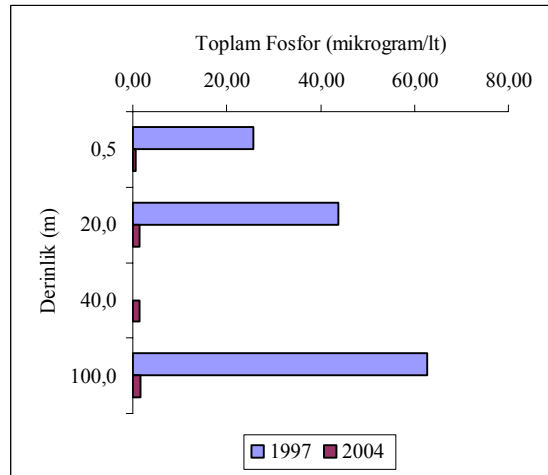
M8



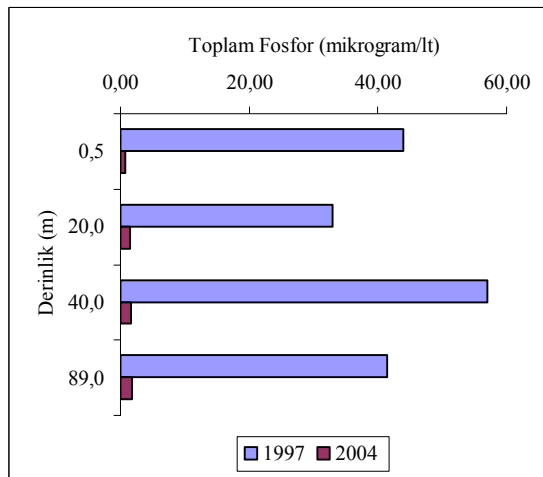
M14



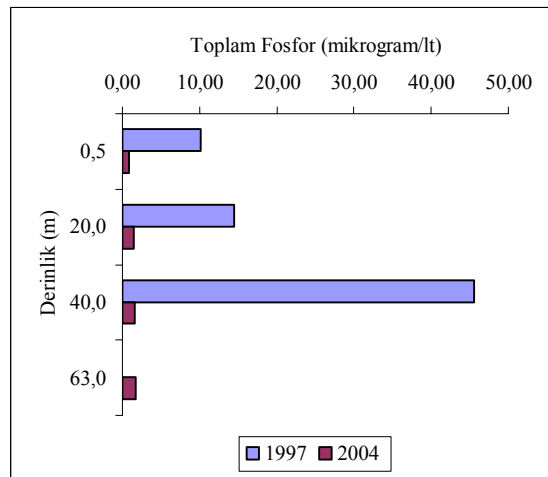
M23



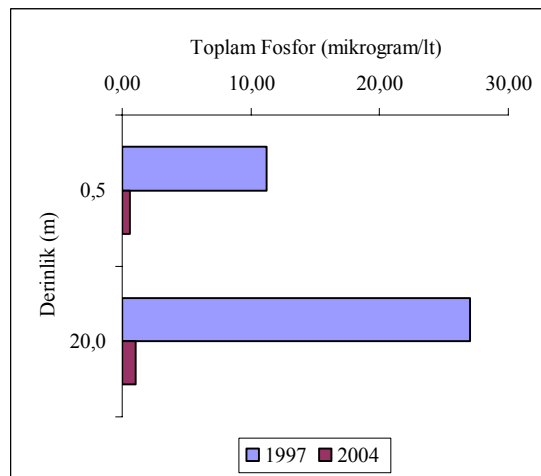
M20



M11



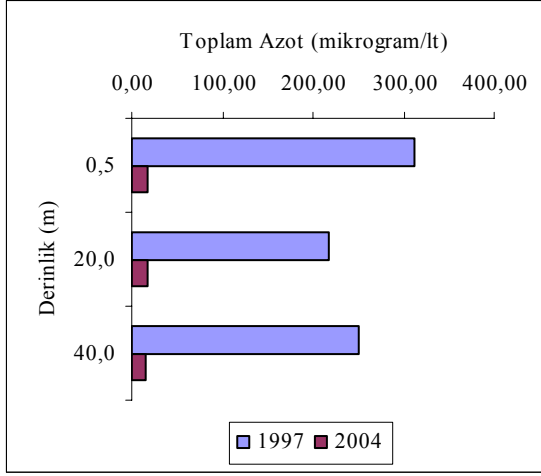
M3



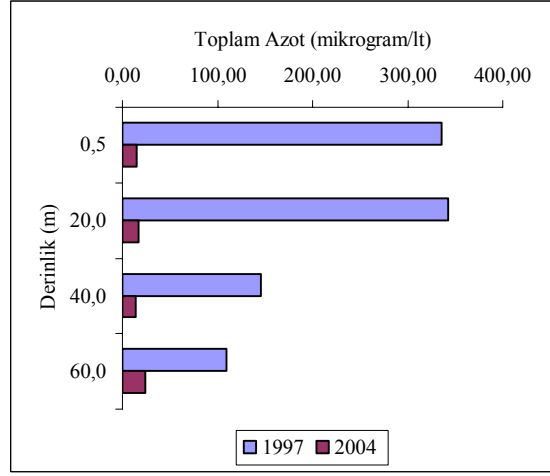
Ek 4 1997–2004 yılları Top-N değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

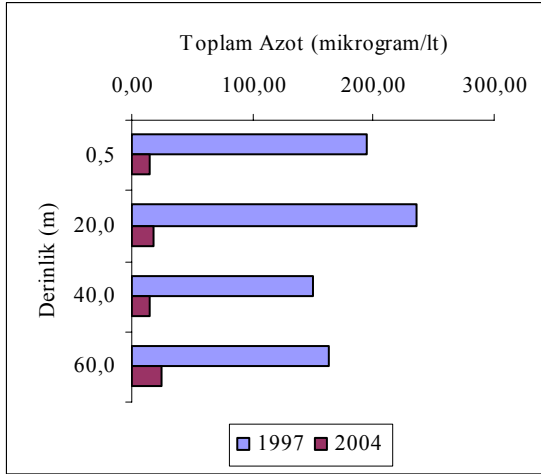
K3



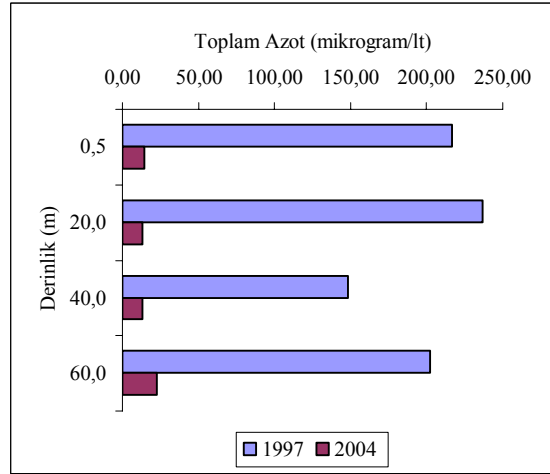
K1



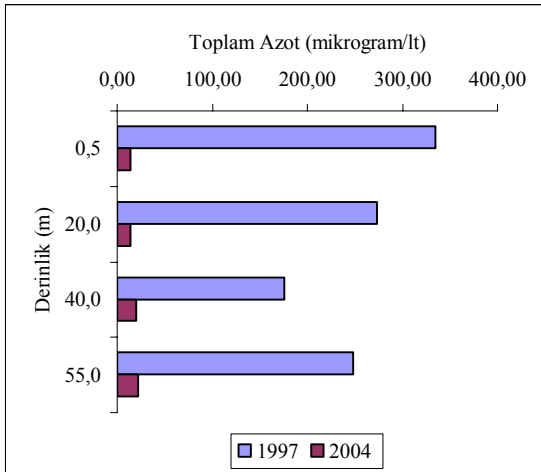
K0



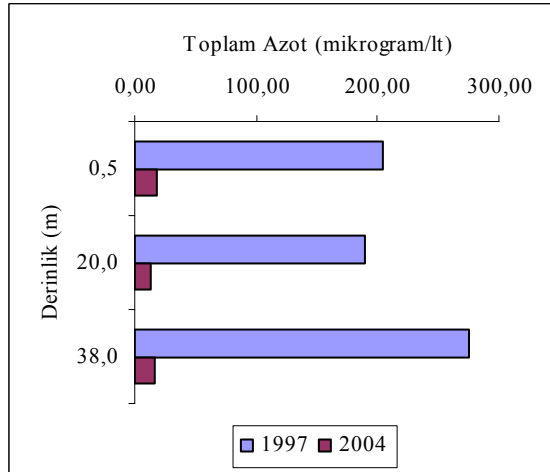
B13



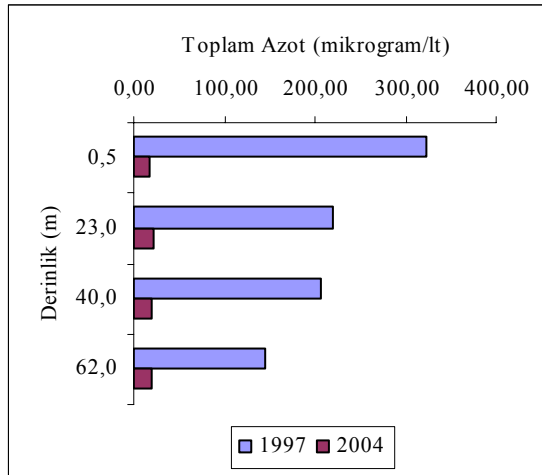
B7



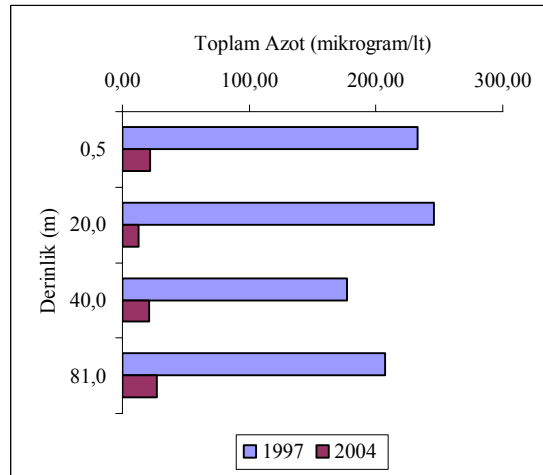
B2



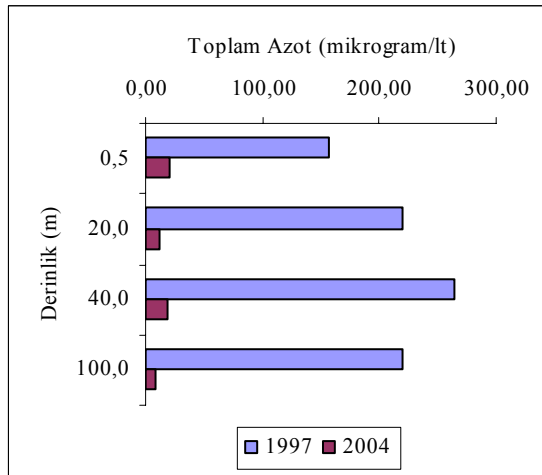
M8



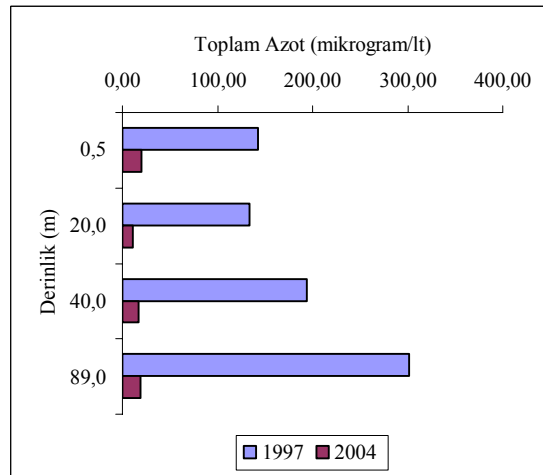
M14



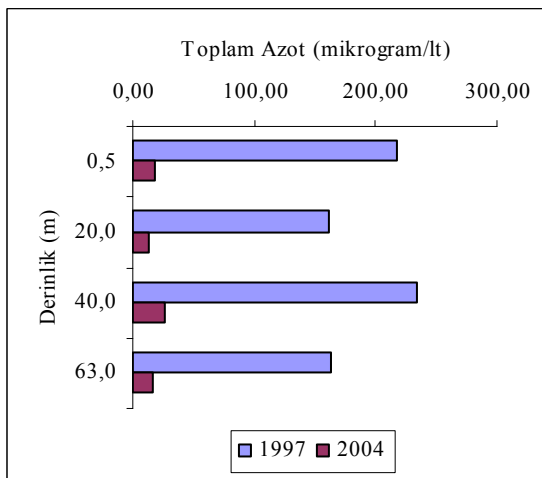
M23



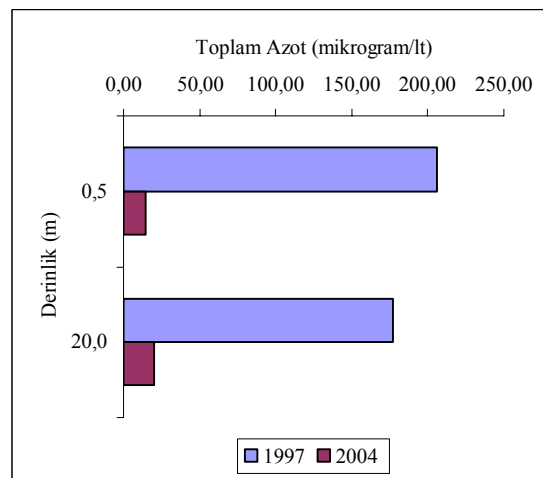
M20



M11

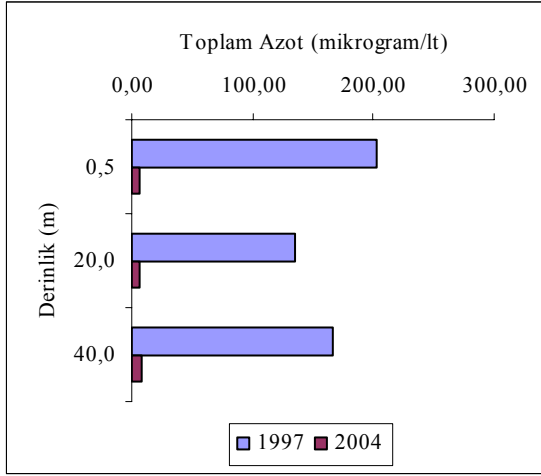


M3

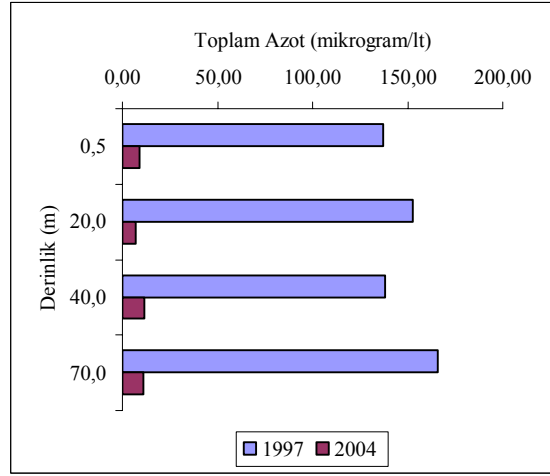


Mayıs Ayı Ölçümleri

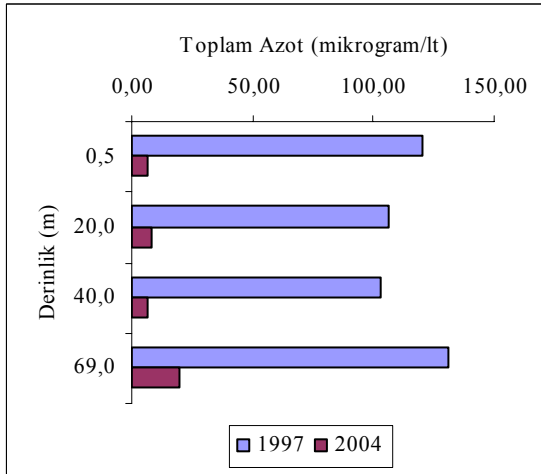
K3



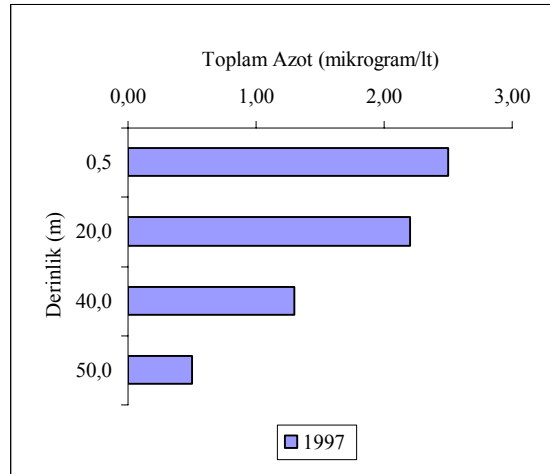
K1



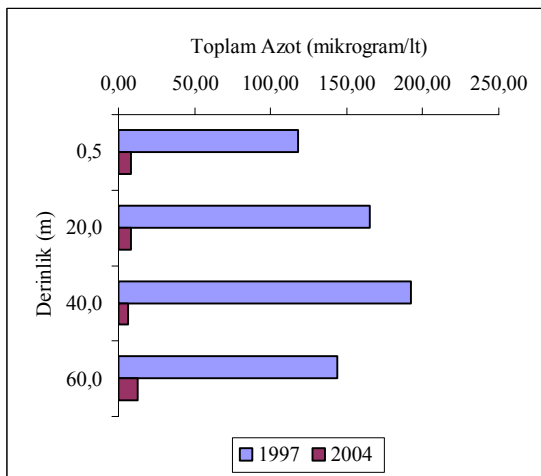
K0



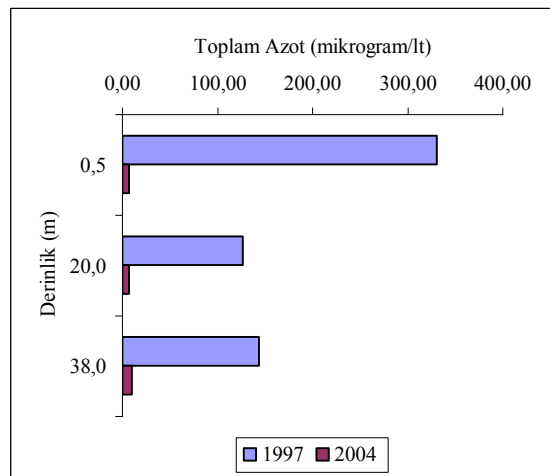
B13



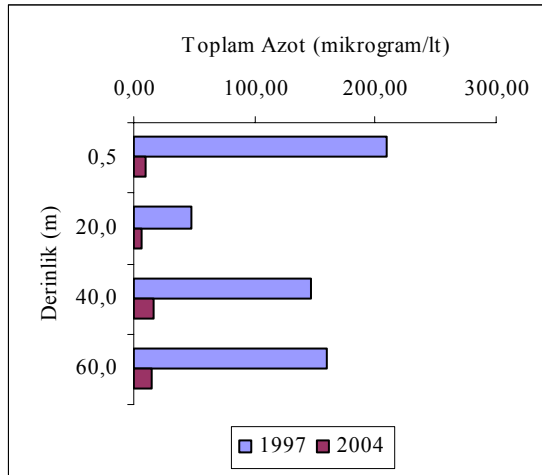
B7



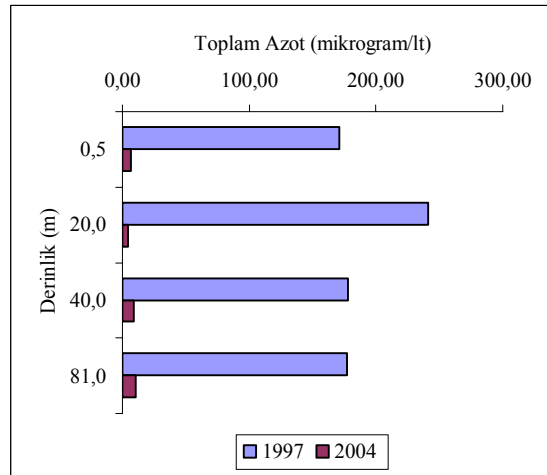
B2



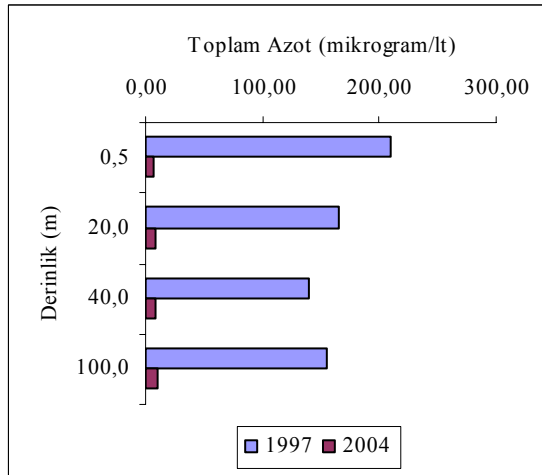
M8



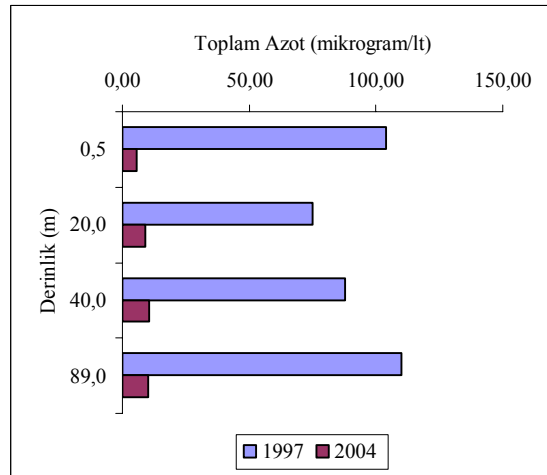
M14



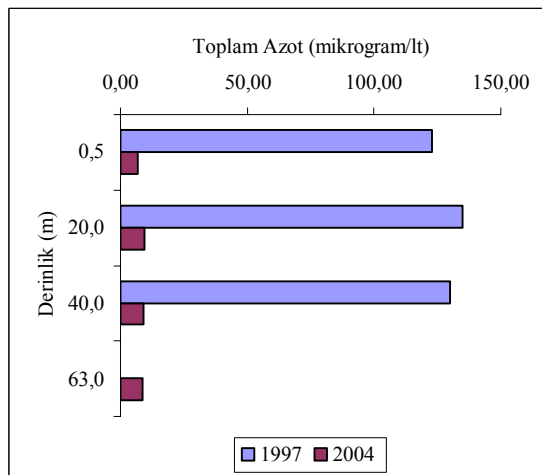
M23



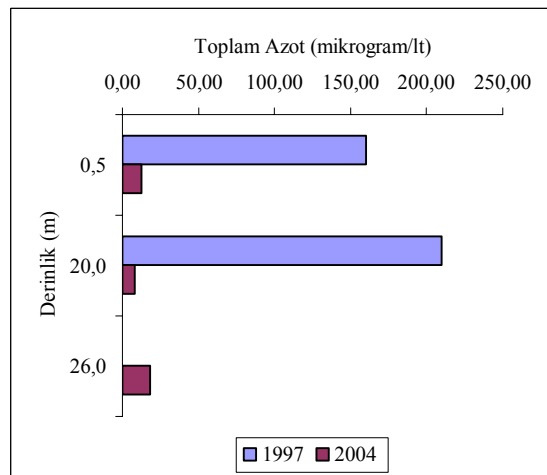
M20



M11

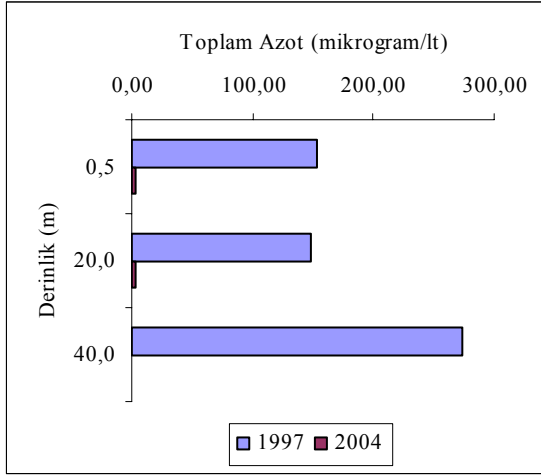


M3

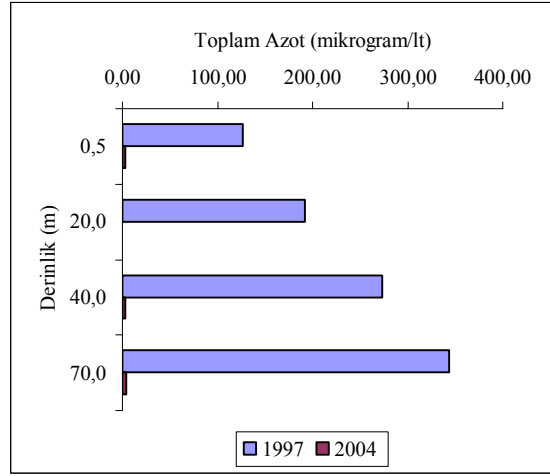


Ağustos Ayı Ölçümleri

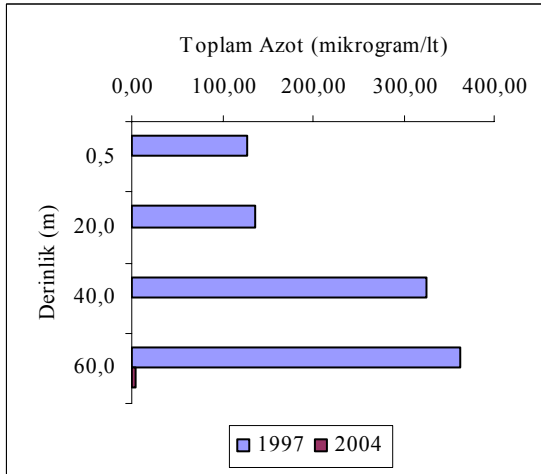
K3



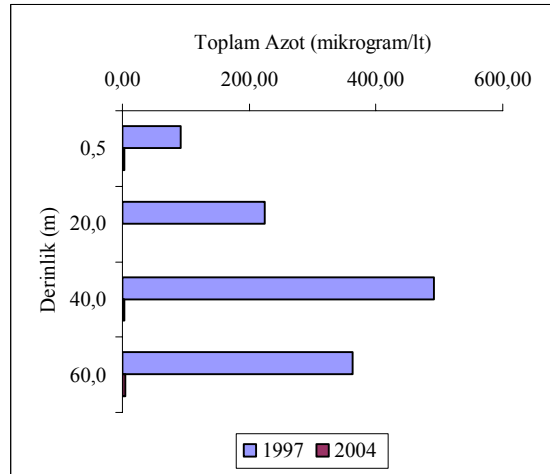
K1



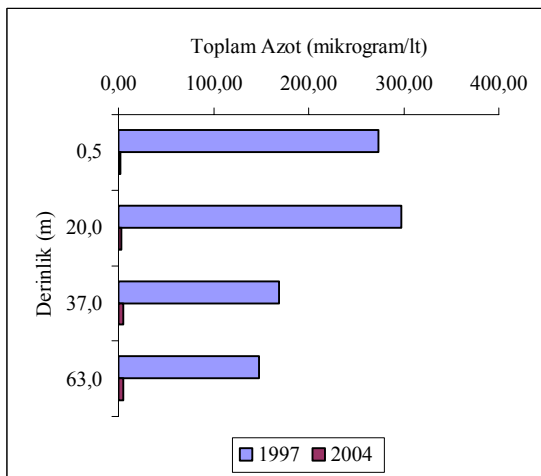
K0



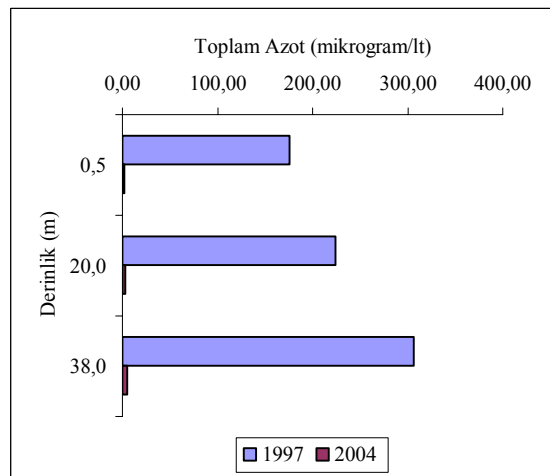
B13



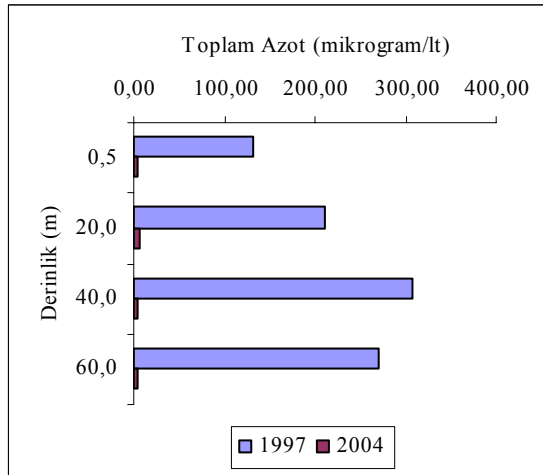
B7



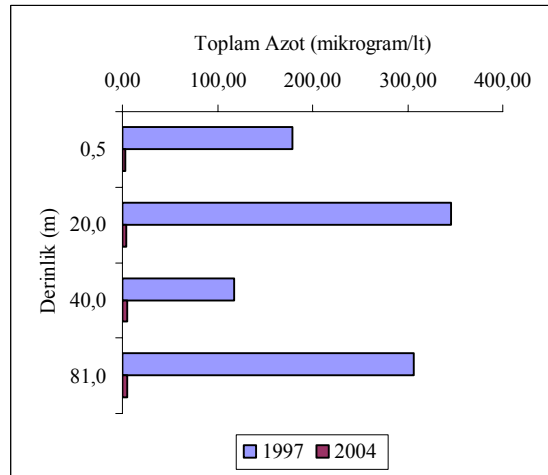
B2



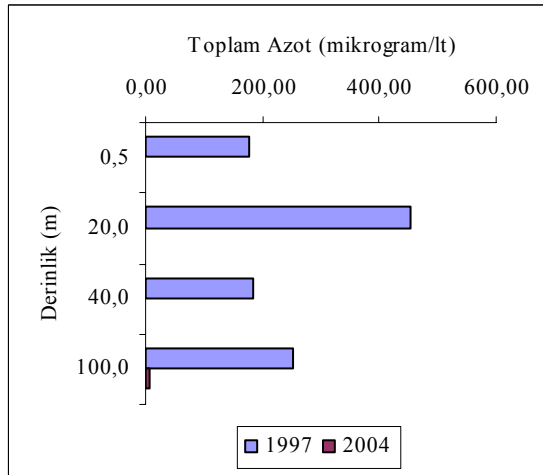
M8



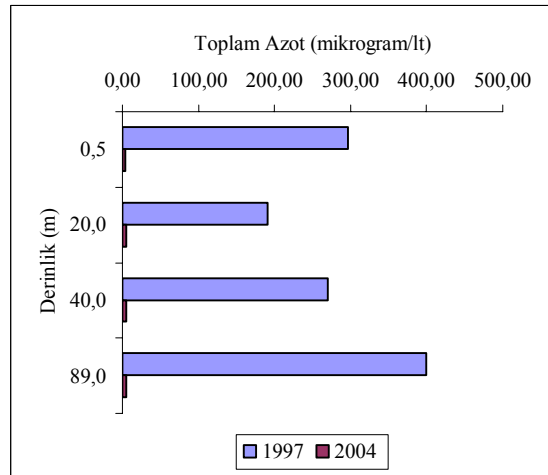
M14



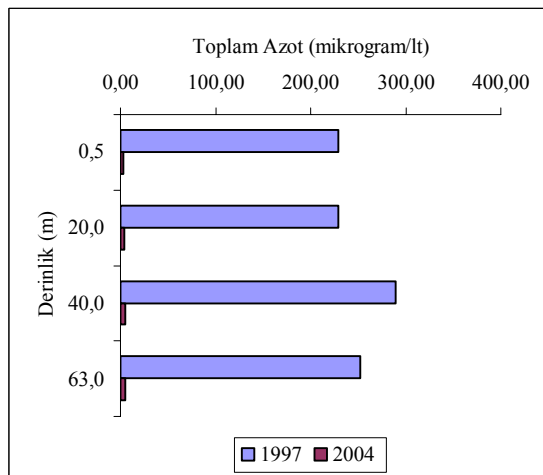
M23



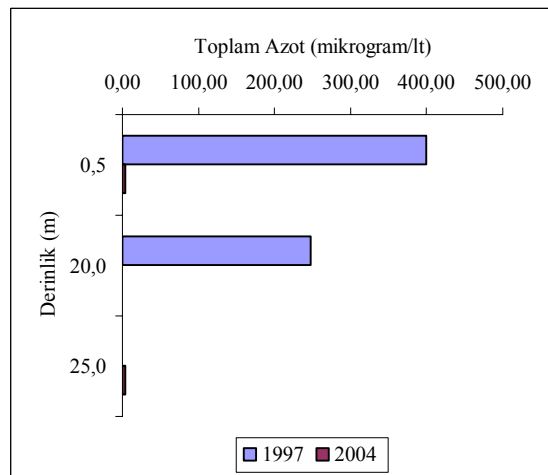
M20



M11

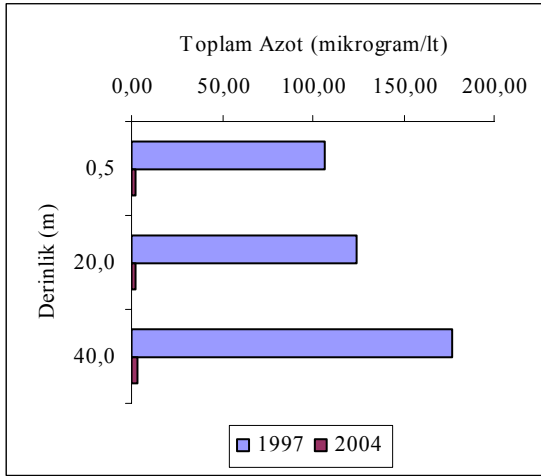


M3

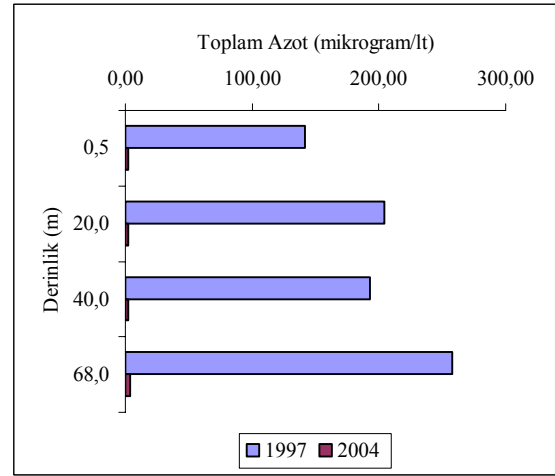


Kasım Ayı Ölçümleri

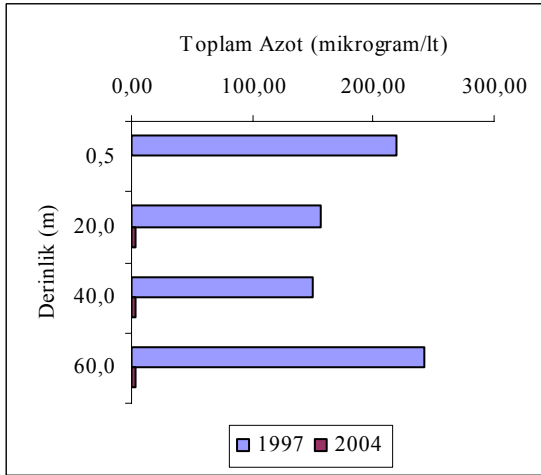
K3



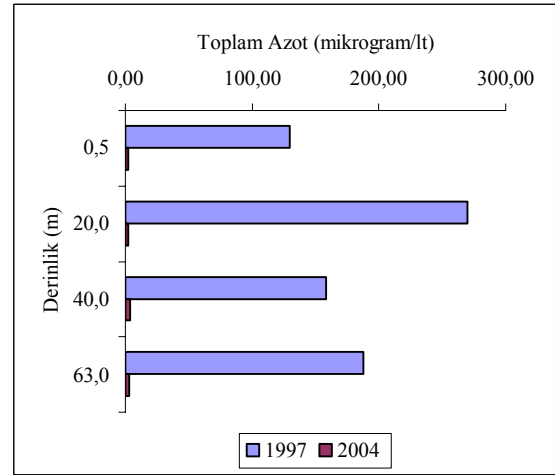
K0



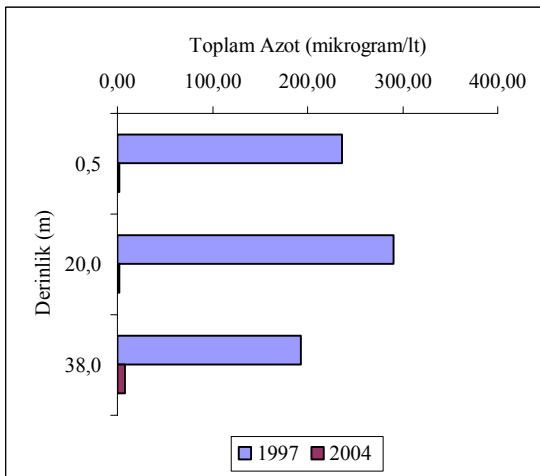
B13



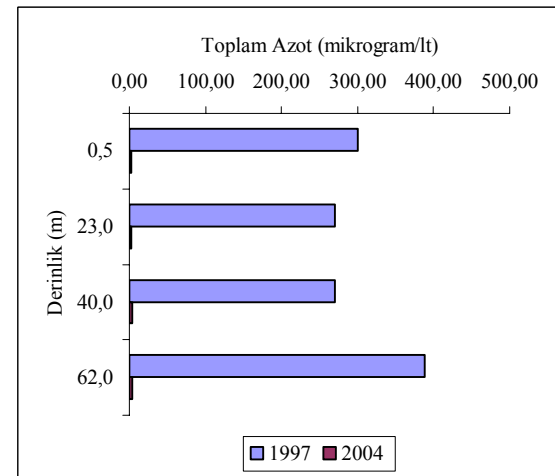
B7



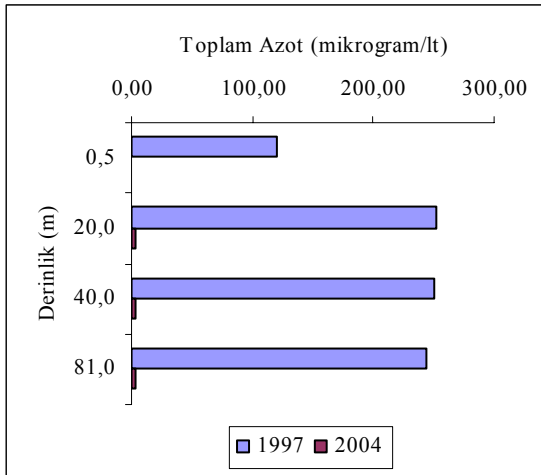
B2



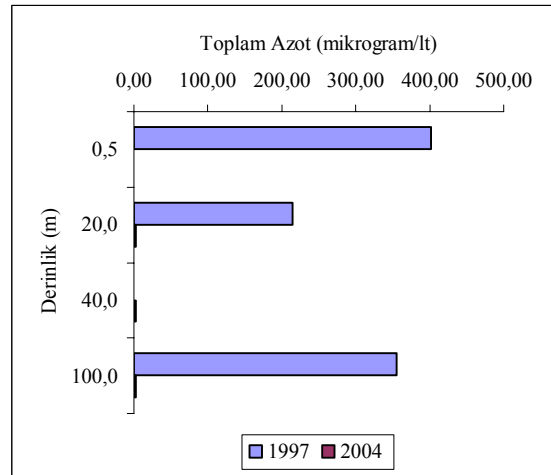
M8



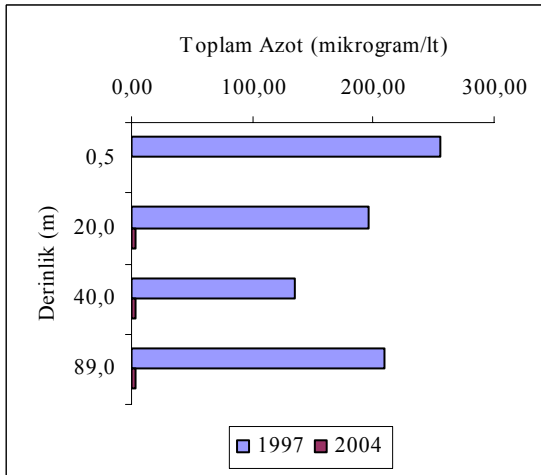
M14



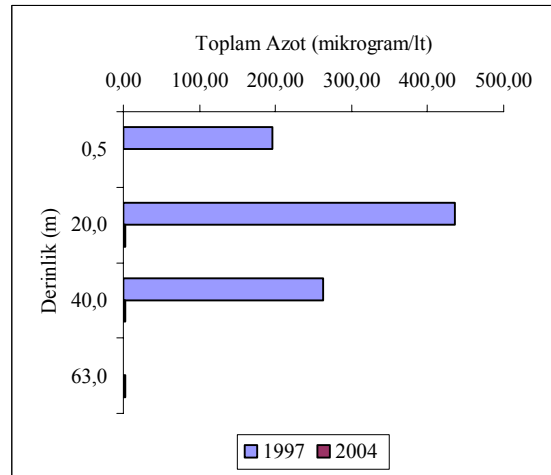
M23



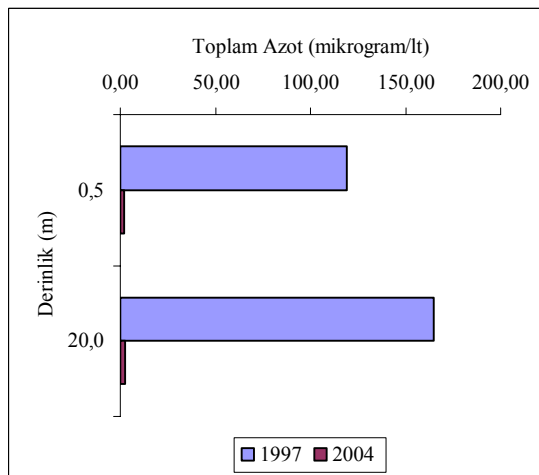
M20



M11



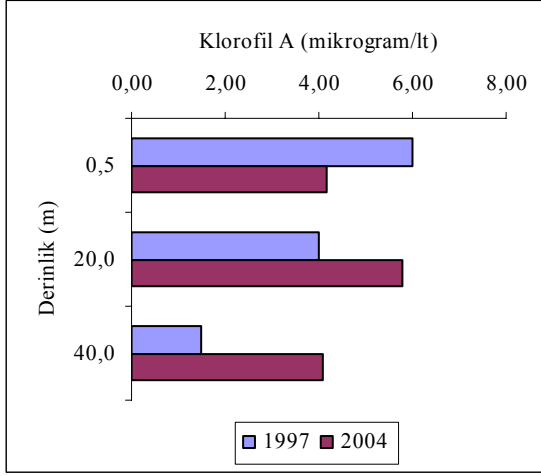
M3



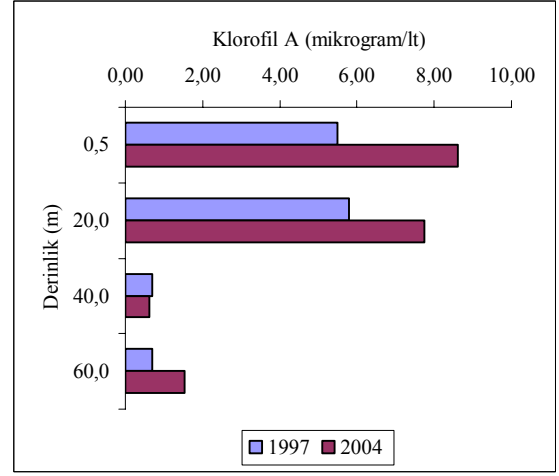
Ek 5 1997–2004 yılları Chl-a değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

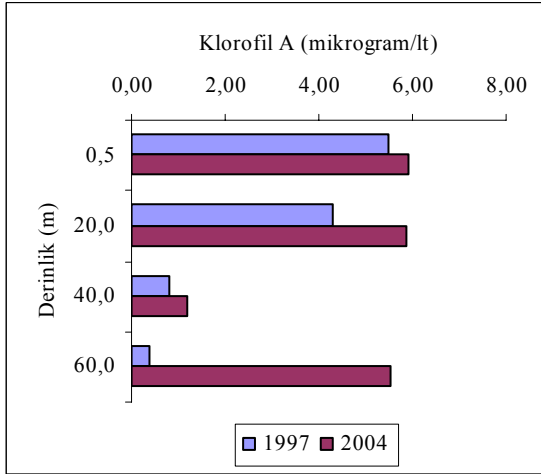
K3



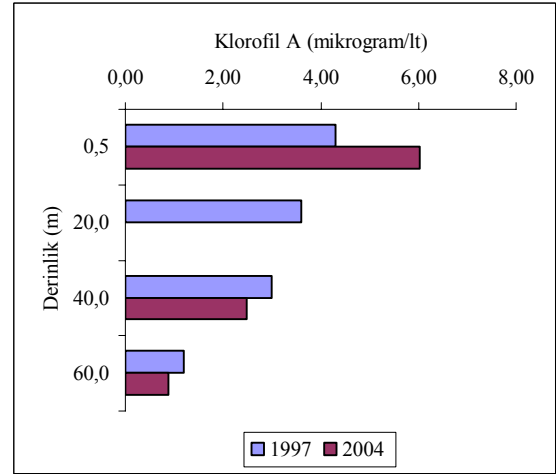
K1



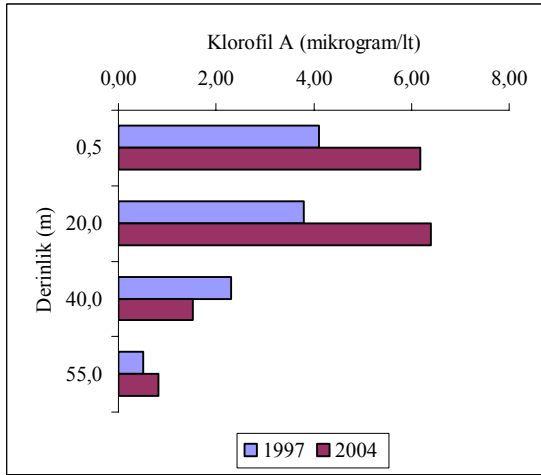
K0



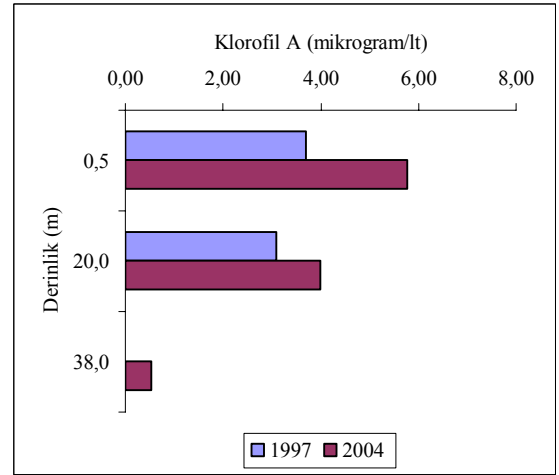
B13



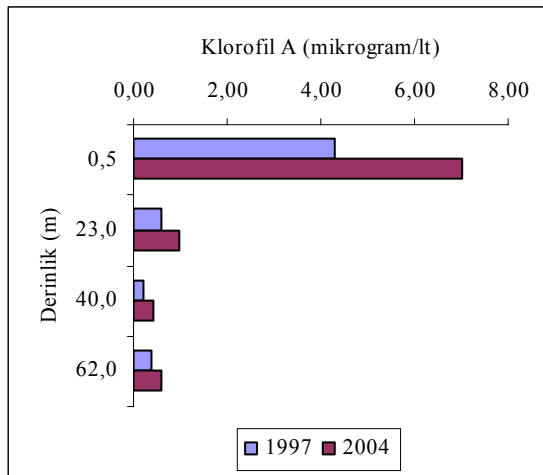
B7



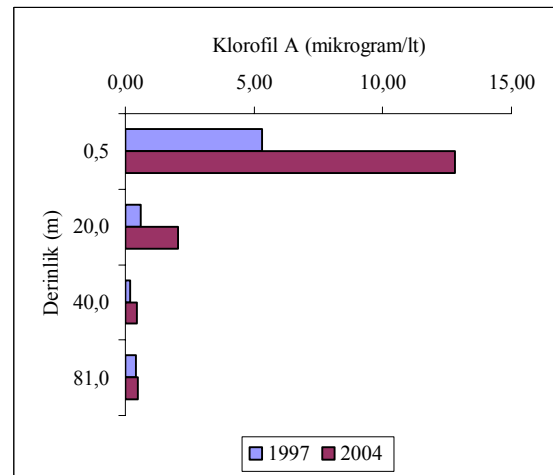
B2



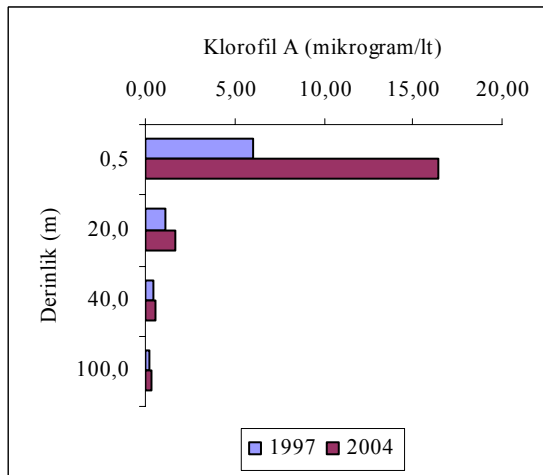
M8



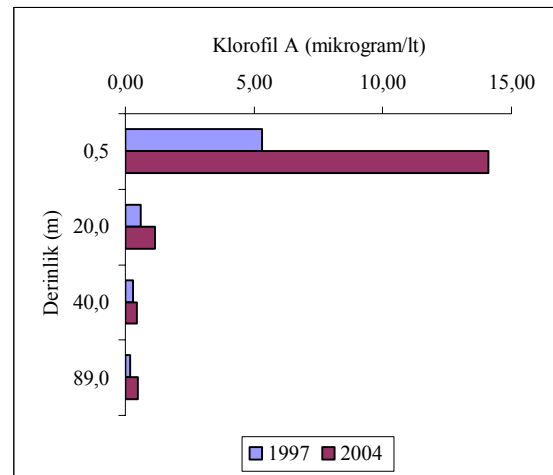
M14



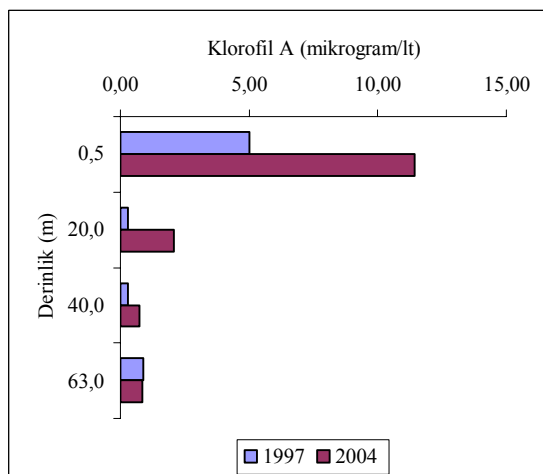
M23



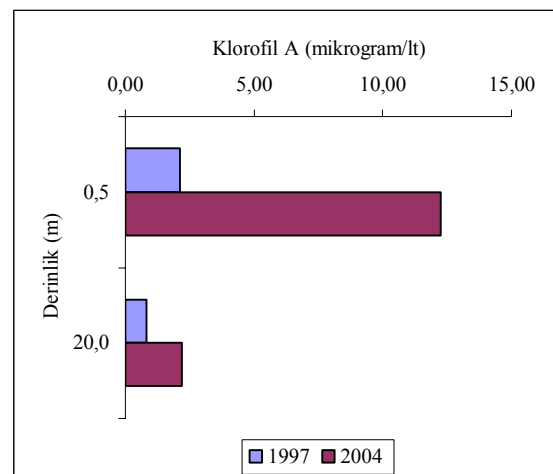
M20



M11

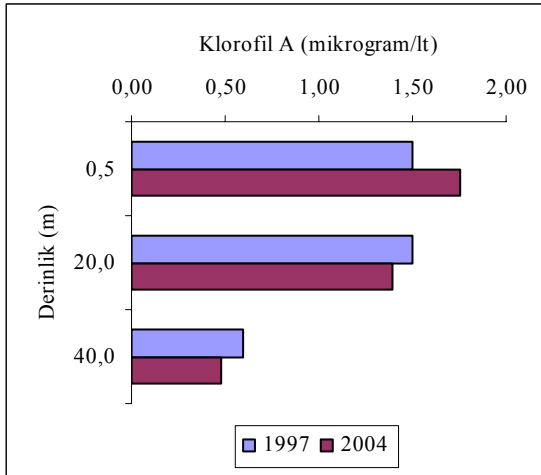


M3

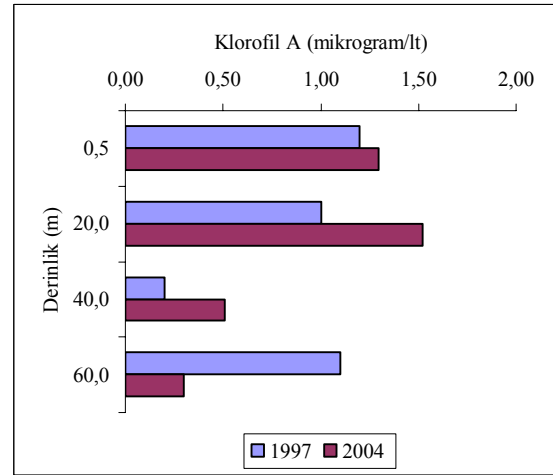


Mayıs Ayı Ölçümleri

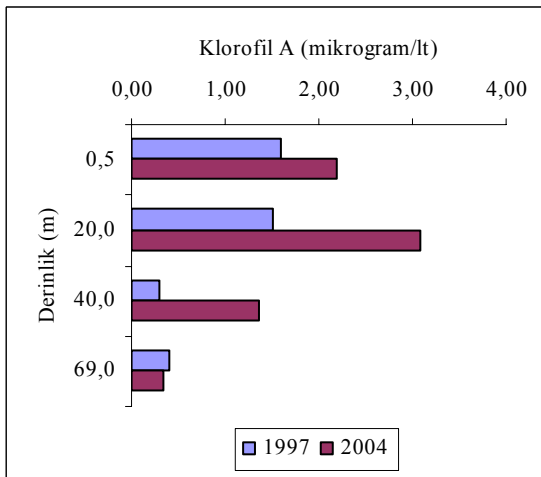
K3



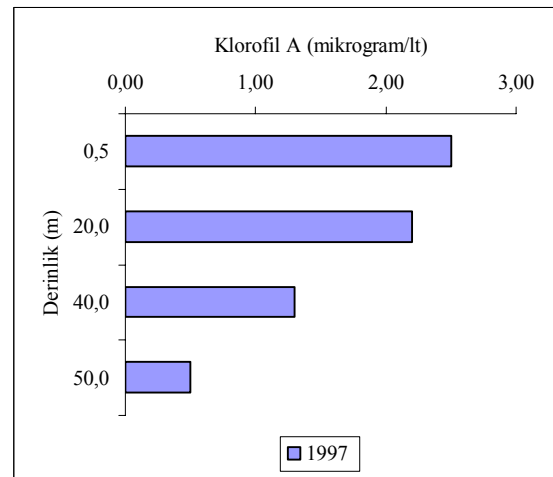
K1



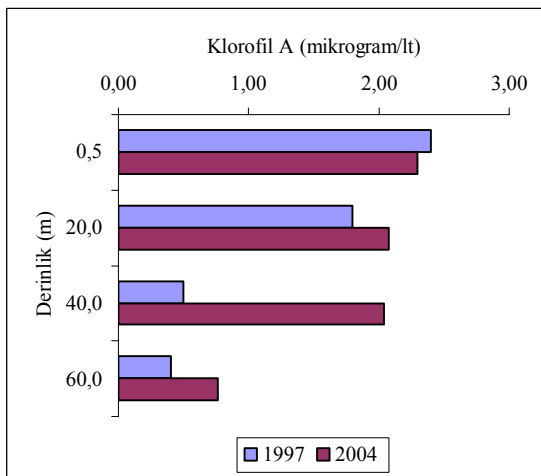
K0



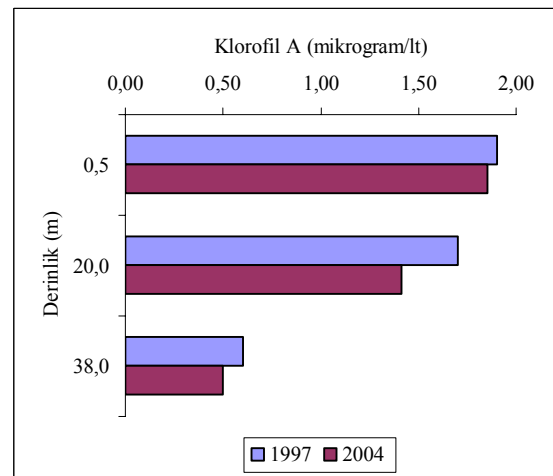
B13



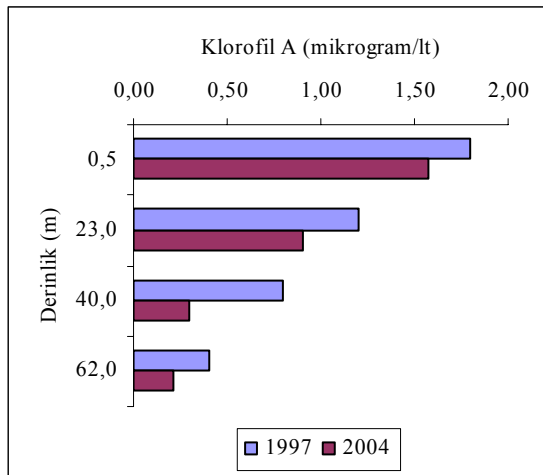
B7



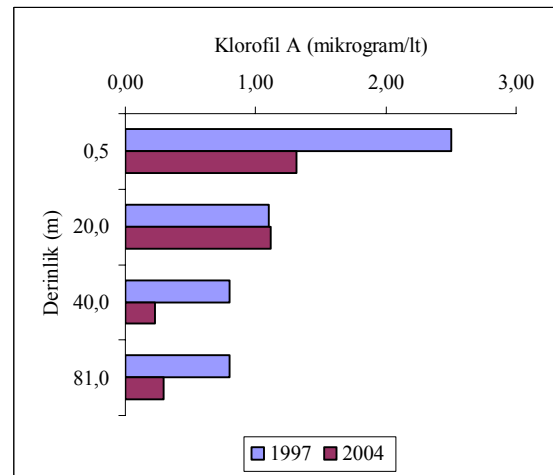
B2



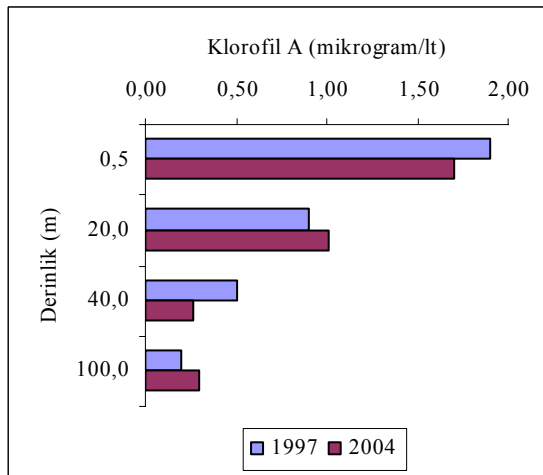
M8



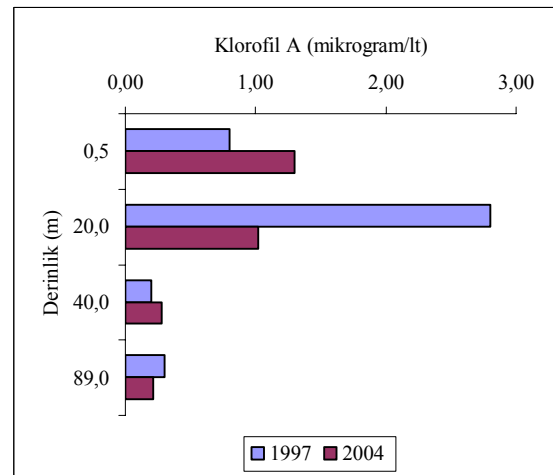
M14



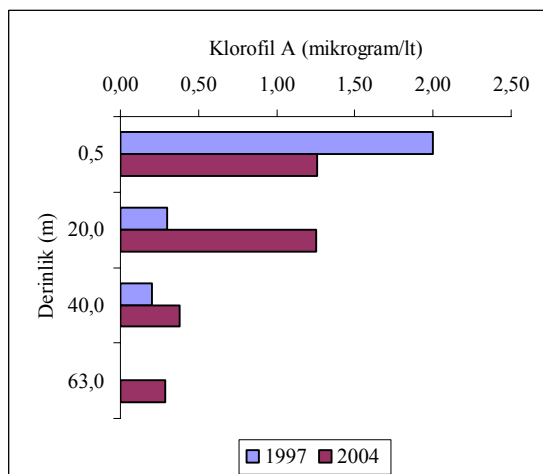
M23



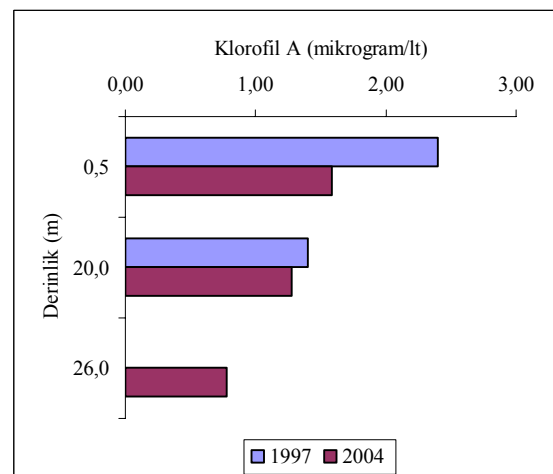
M20



M11

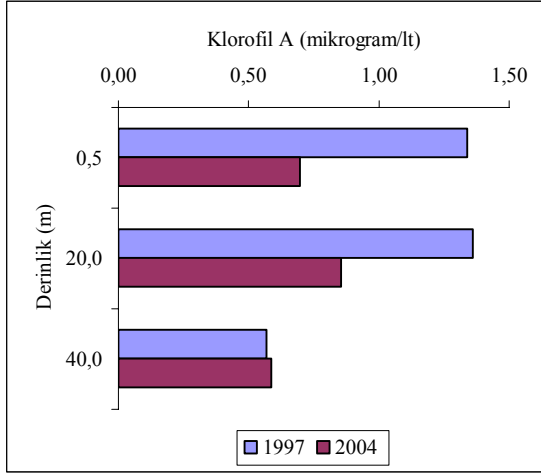


M3

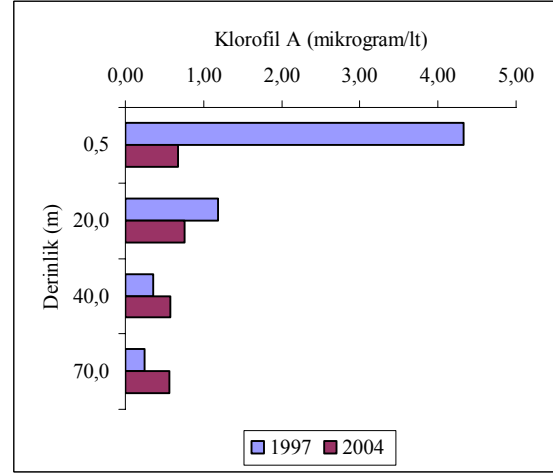


Ağustos Ayı Ölçümleri

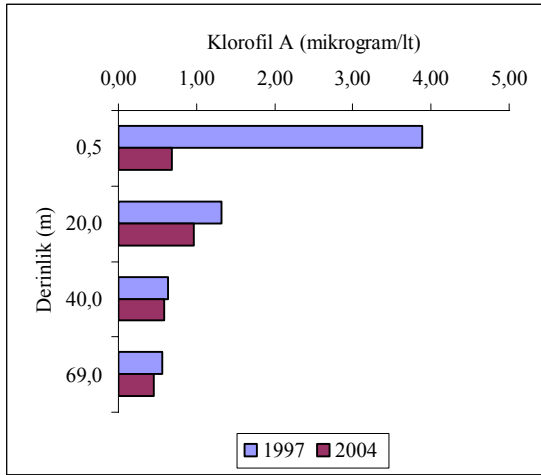
K3



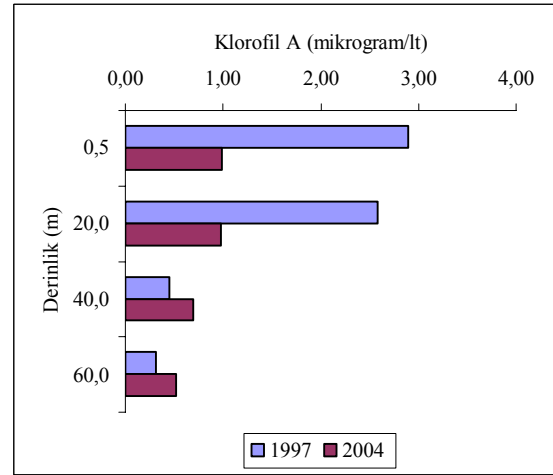
K1



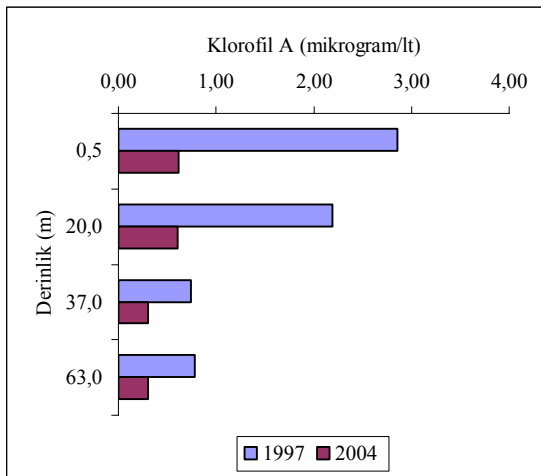
K0



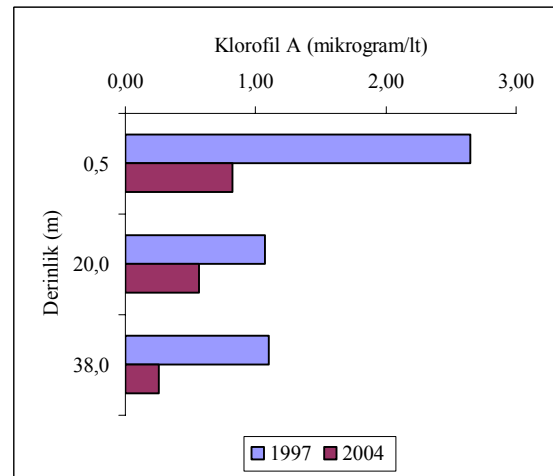
B13



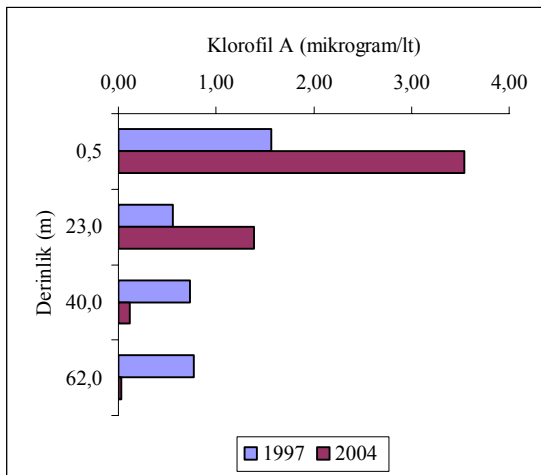
B7



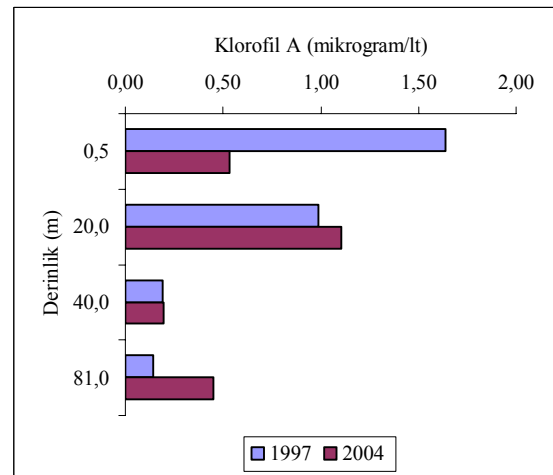
B2



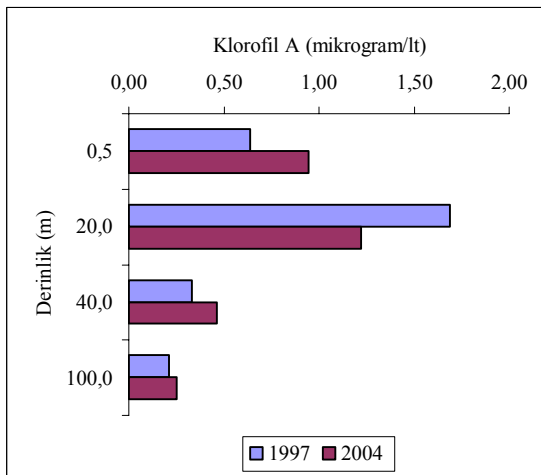
M8



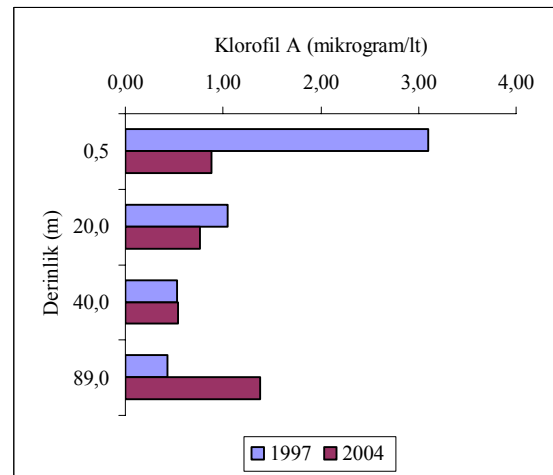
M14



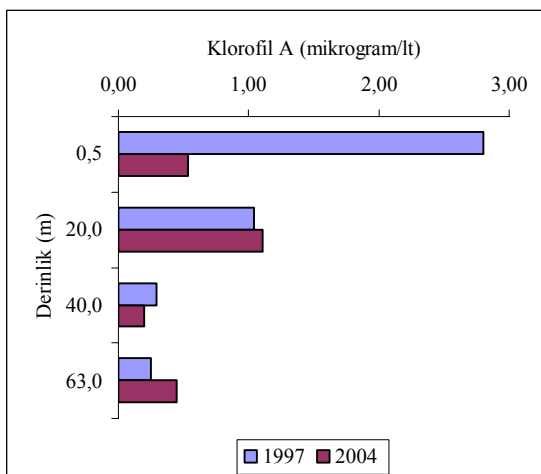
M23



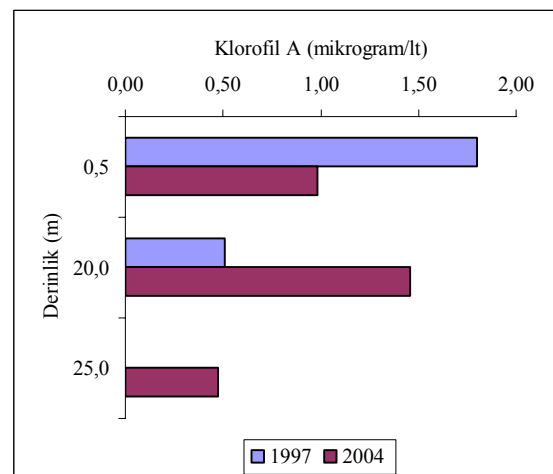
M20



M11

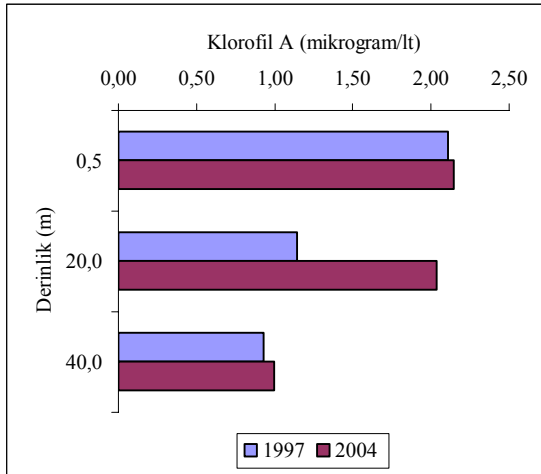


M3

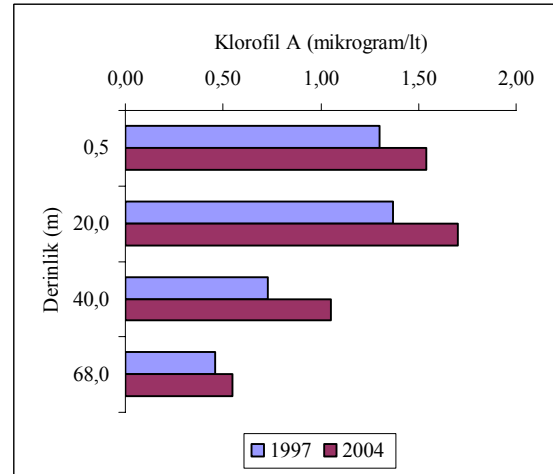


Kasım Ayı Ölçümleri

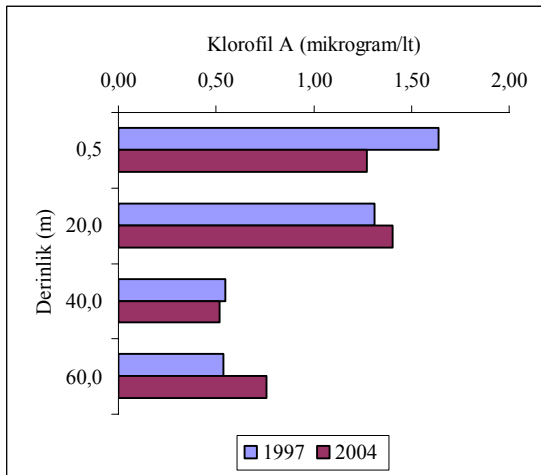
K3



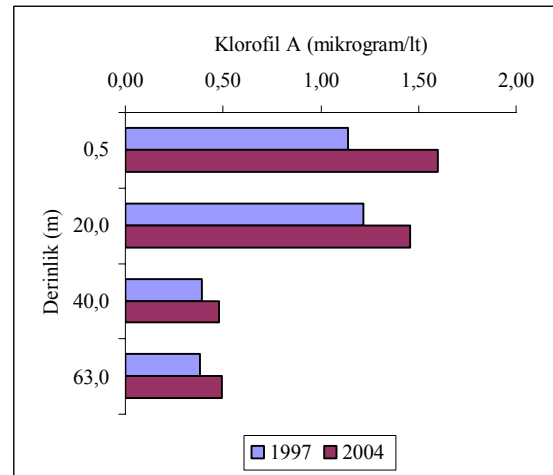
K0



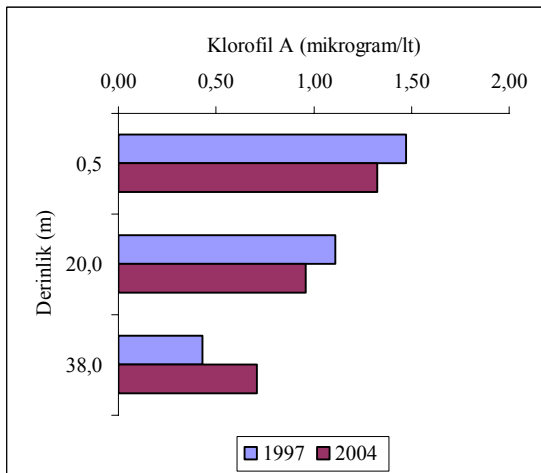
B13



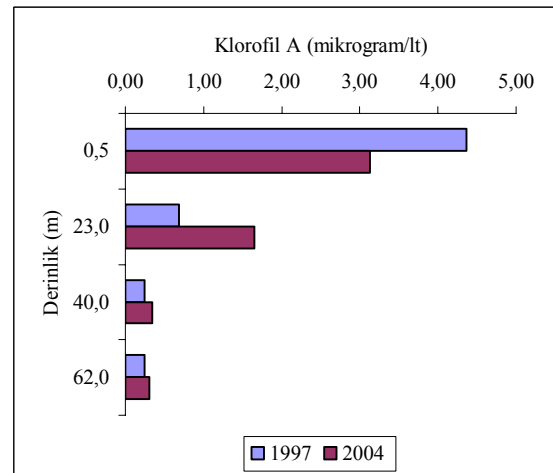
B7



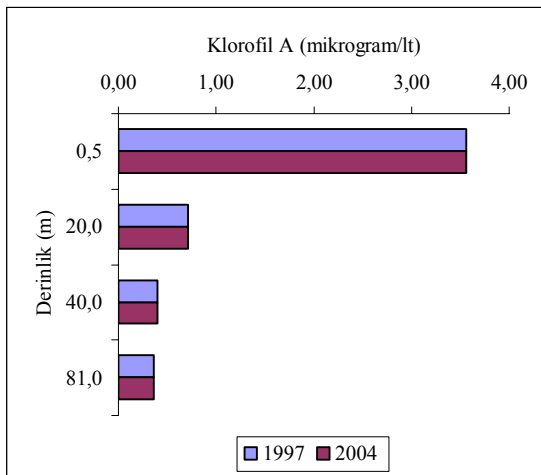
B2



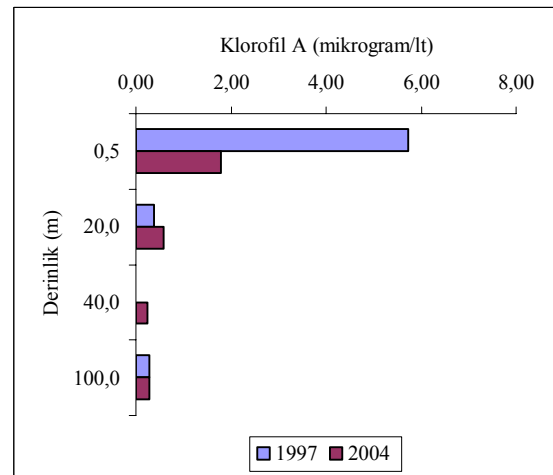
M8



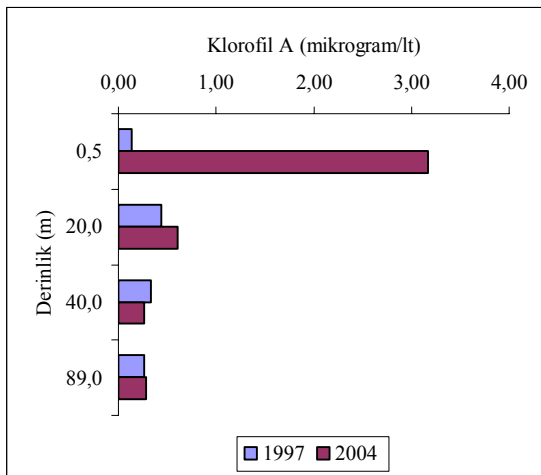
M14



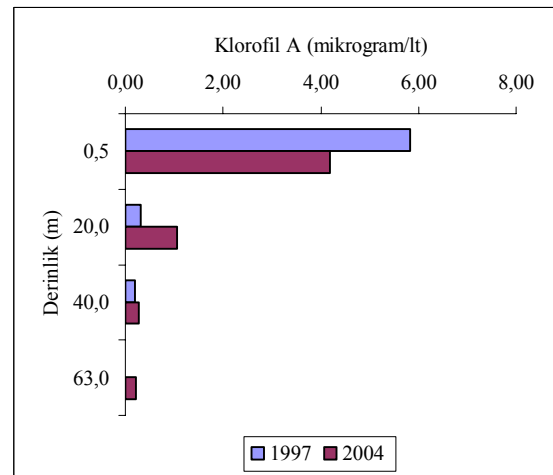
M23



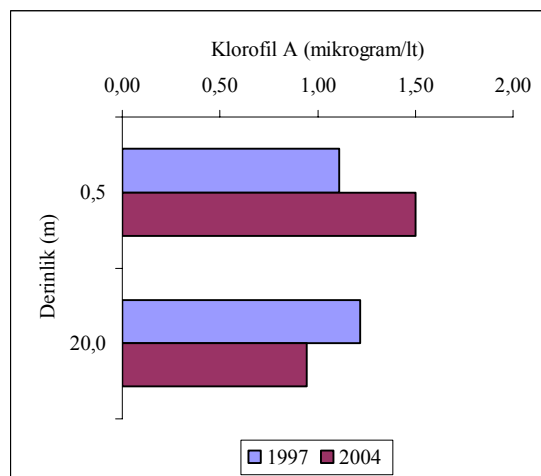
M20



M11

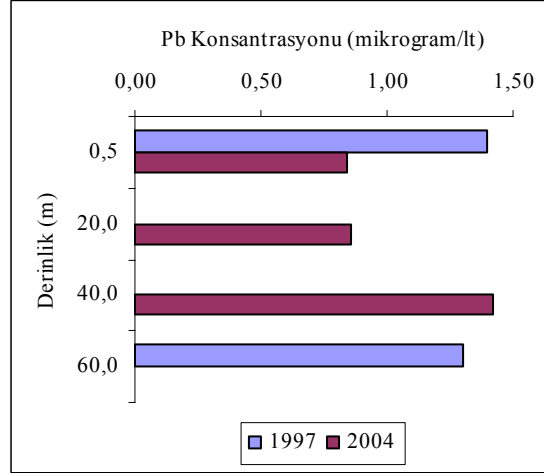


M3

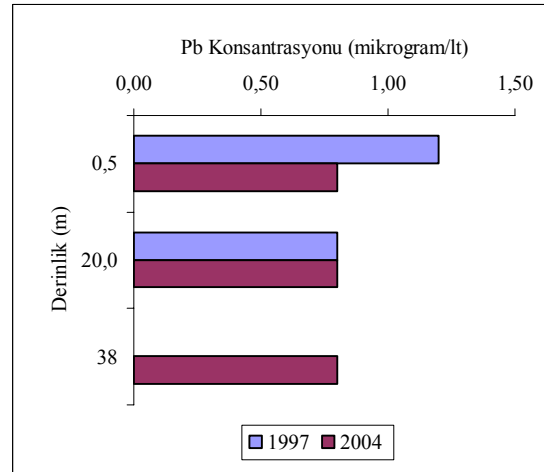


Ek 6 1997–2004 yılları Pb konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler

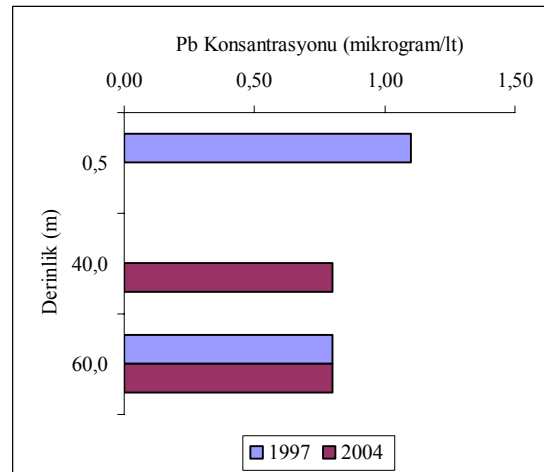
**Şubat Ayı Ölçümleri
K0**



B2

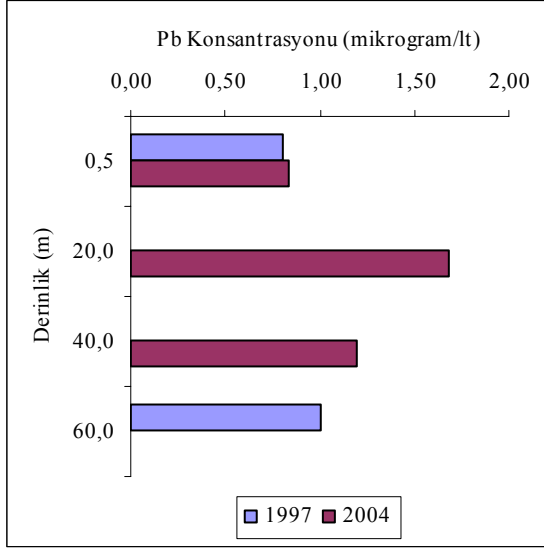


M8

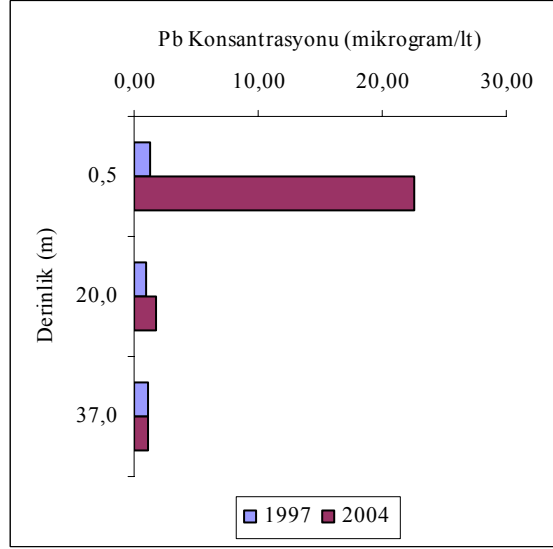


Mayıs Ayı Ölçümleri

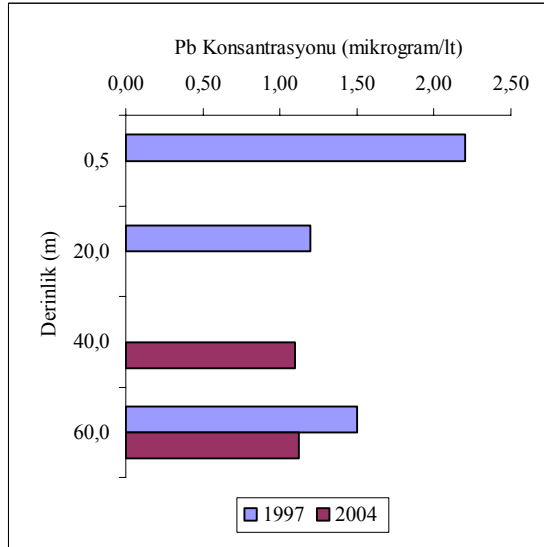
K0



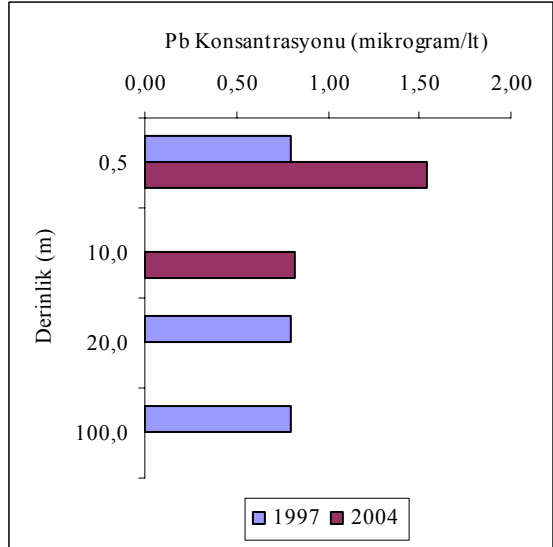
B2



M8

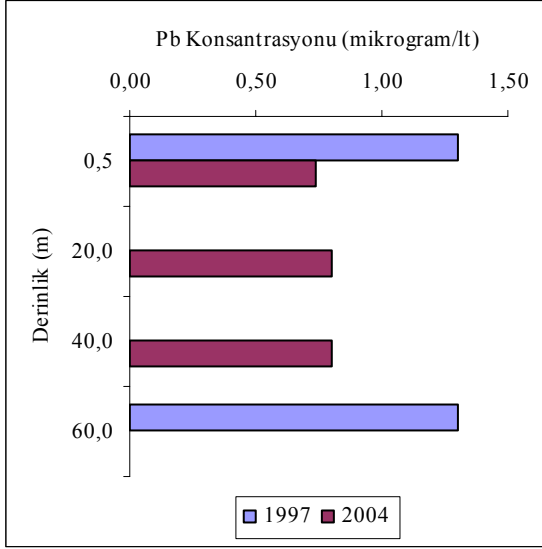


M23

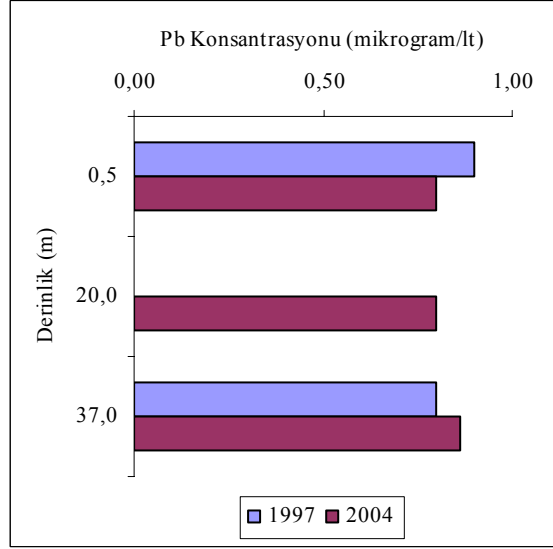


Ağustos Ayı Ölçümleri

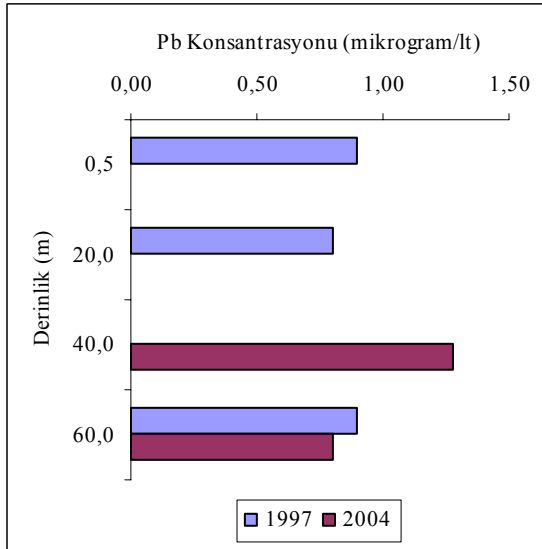
K0



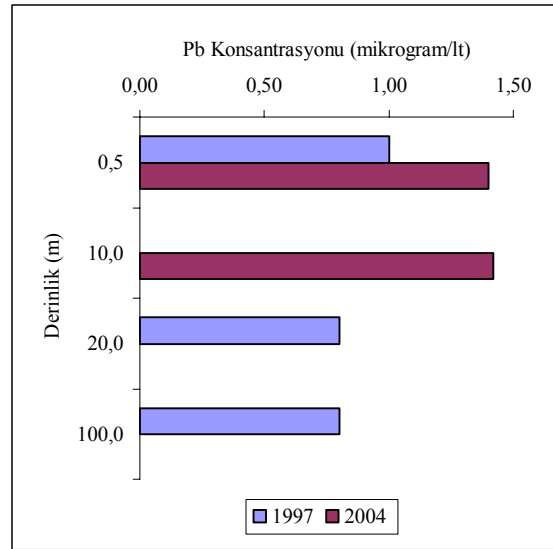
B2



M8

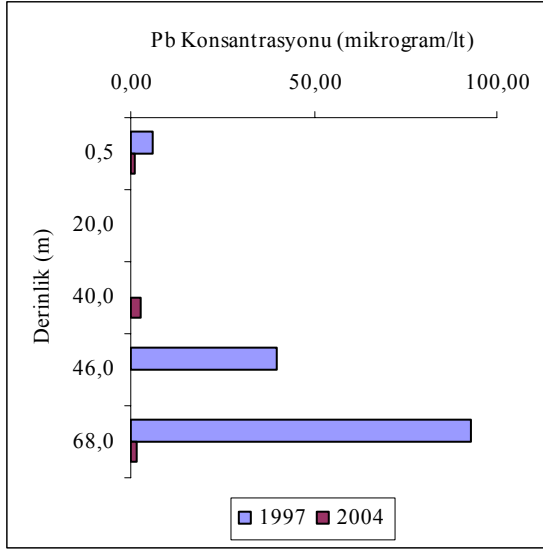


M23

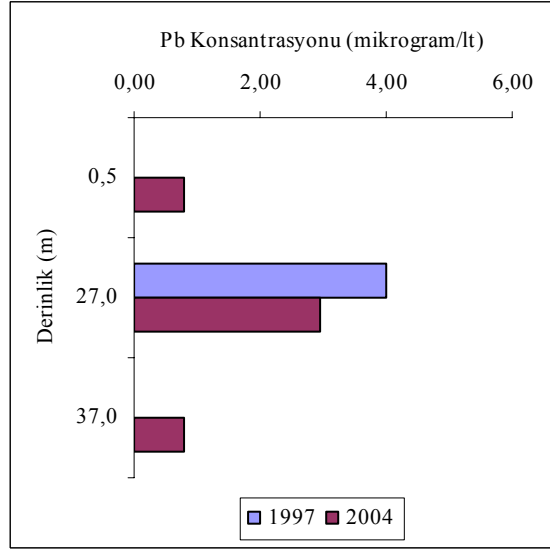


Kasım Ayı Ölçümleri

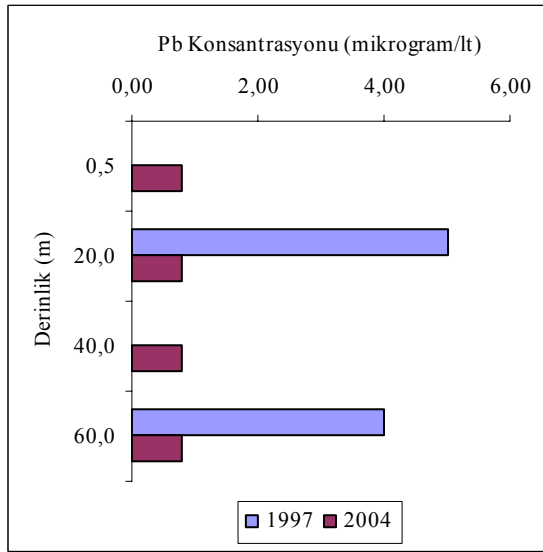
K0



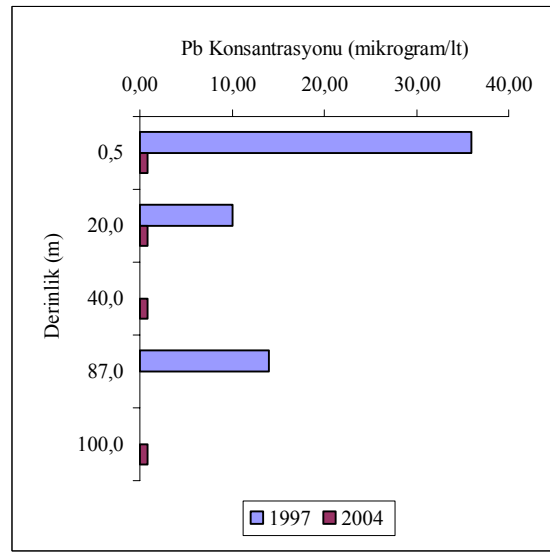
B2



M8

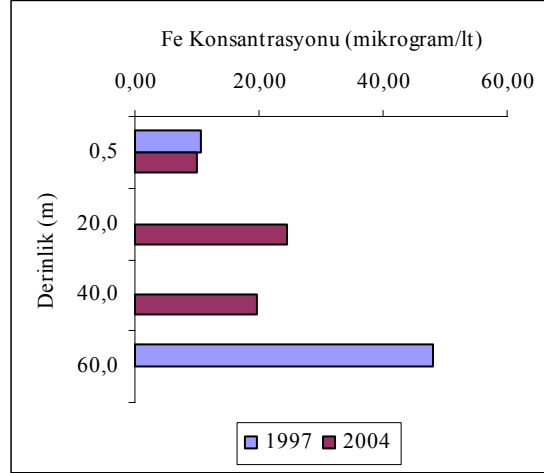


M23

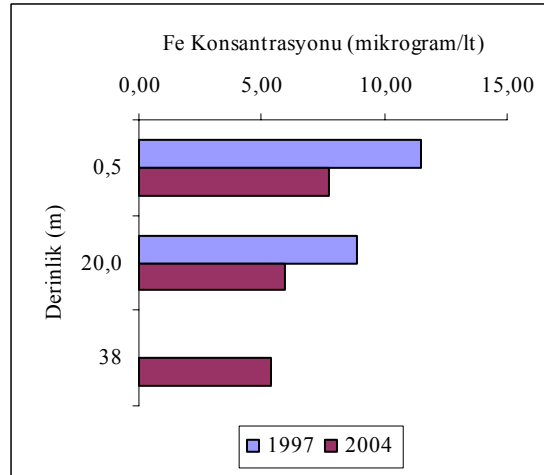


Ek 7 1997–2004 yılları Fe konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler

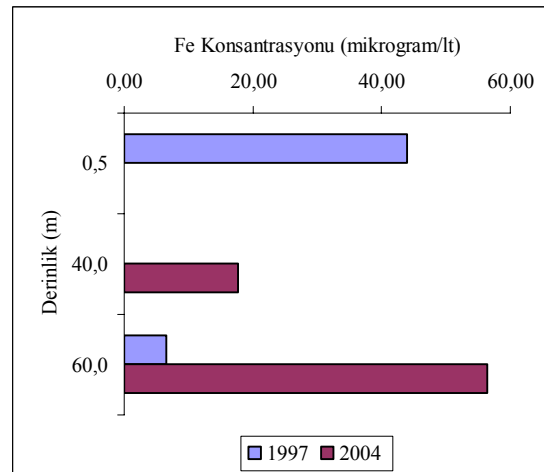
Şubat Ayı Ölçümleri
K0



B2

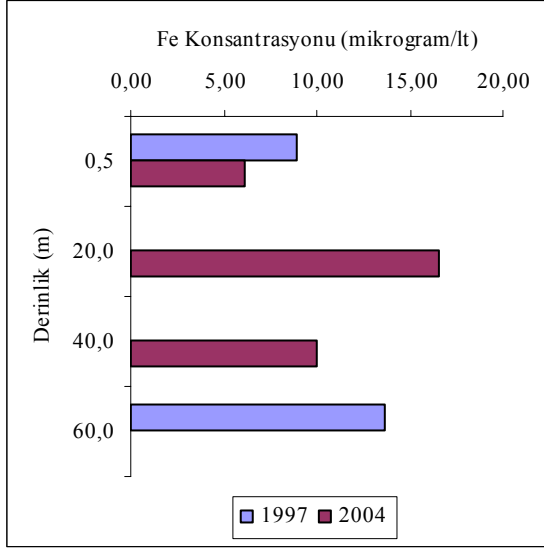


M8

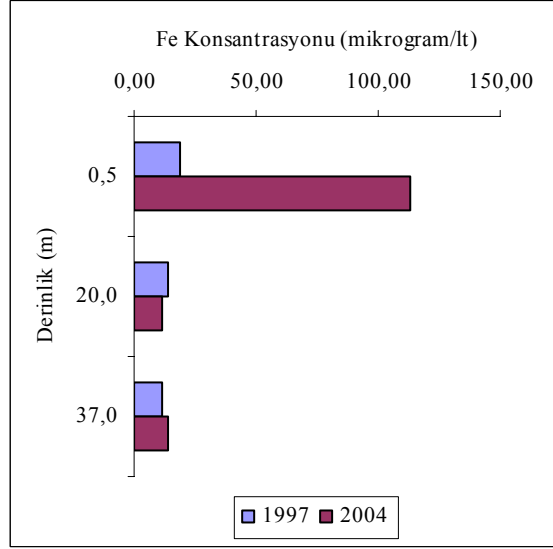


Mayıs Ayı Ölçümleri

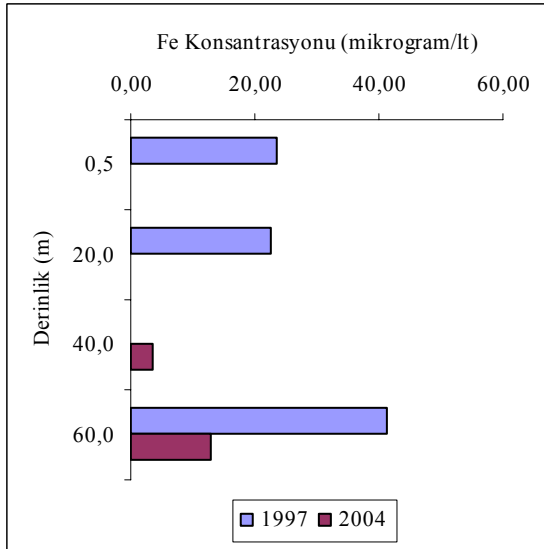
K0



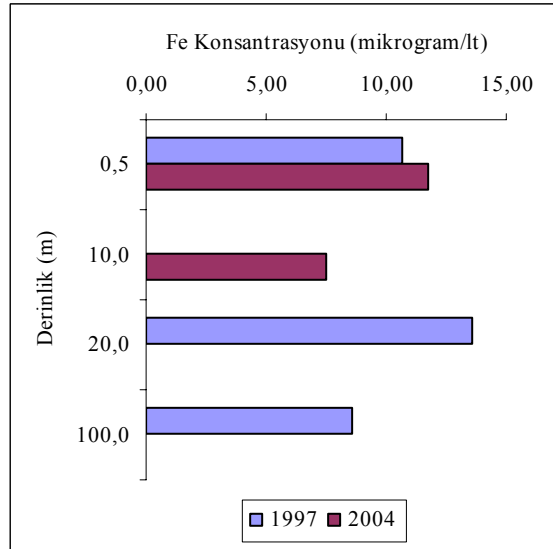
B2



M8

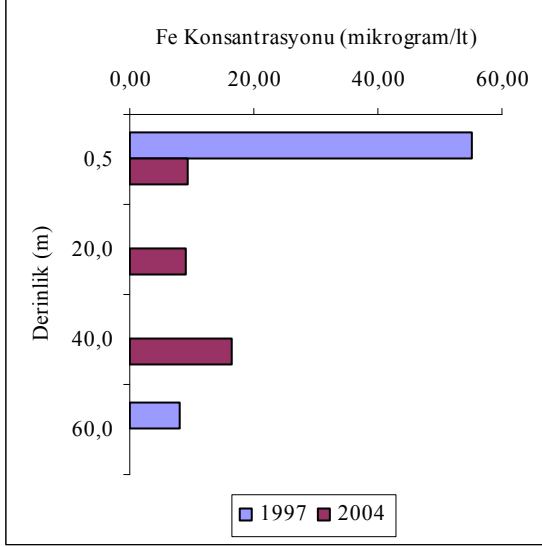


M23

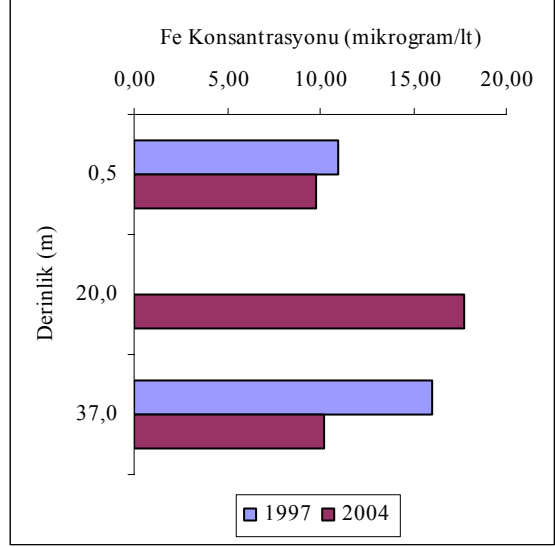


Ağustos Ayı Ölçümleri

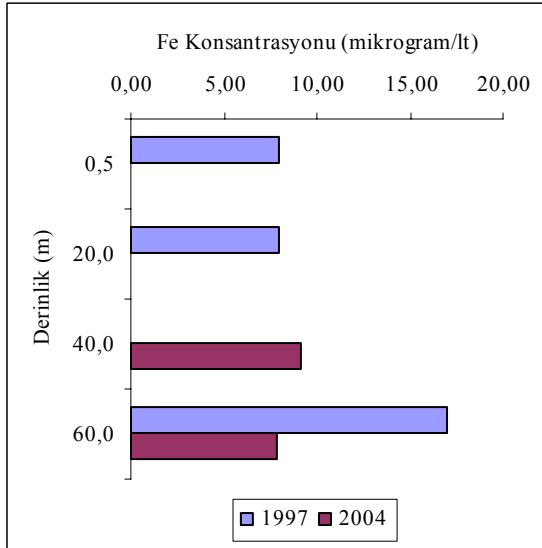
K0



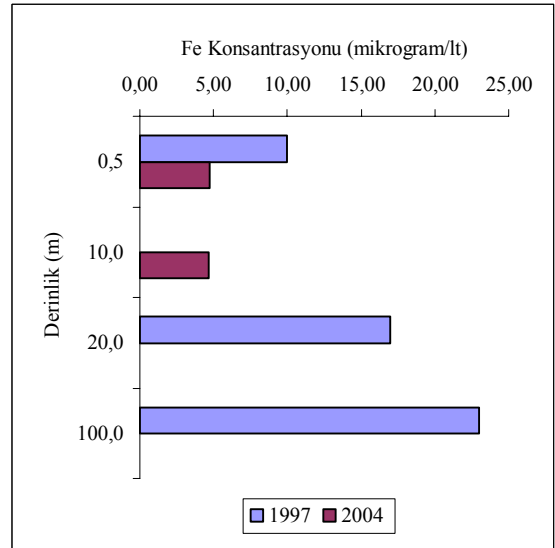
B2



M8

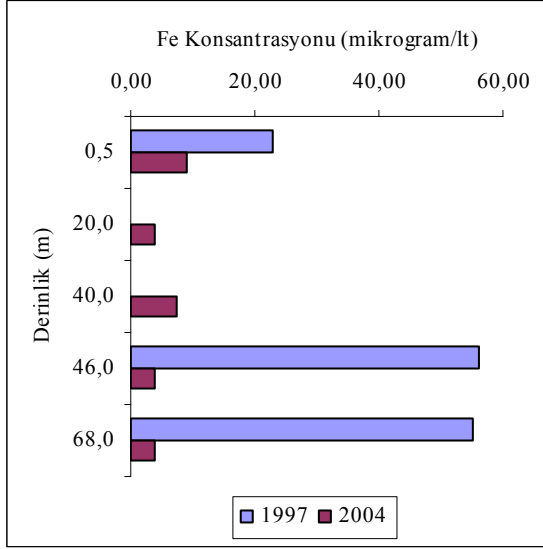


M23

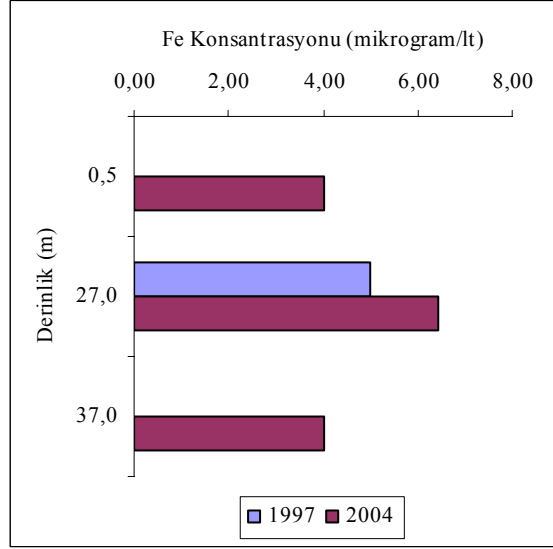


Kasım Ayı Ölçümleri

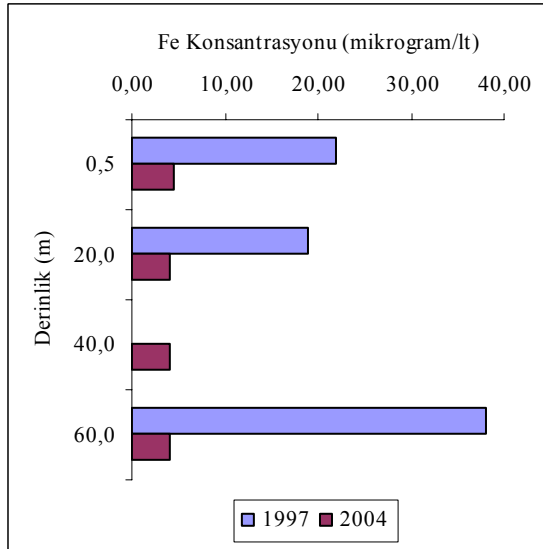
K0



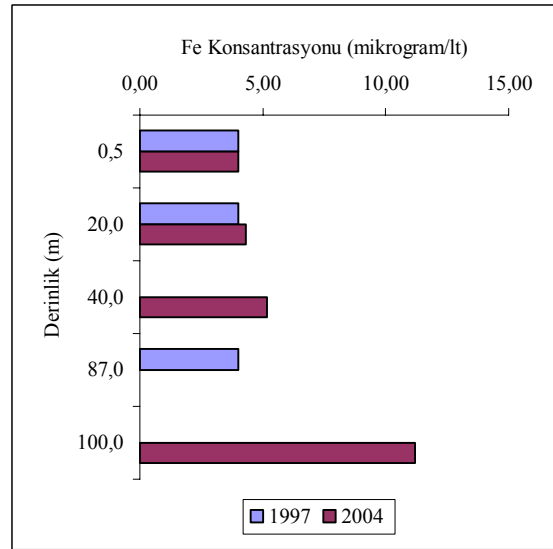
B2



M8

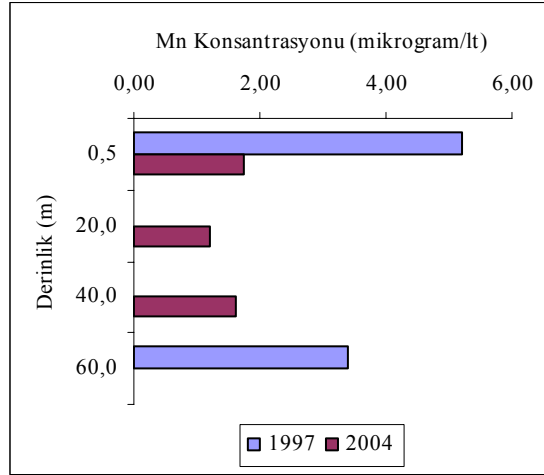


M23

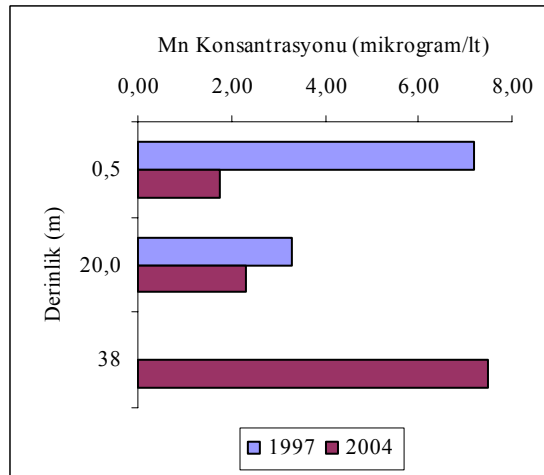


Ek 8 1997–2004 yılları Mn konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler

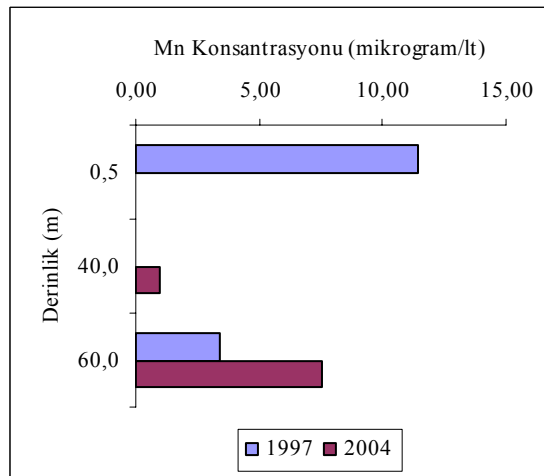
Şubat Ayı Ölçümleri
K0



B2

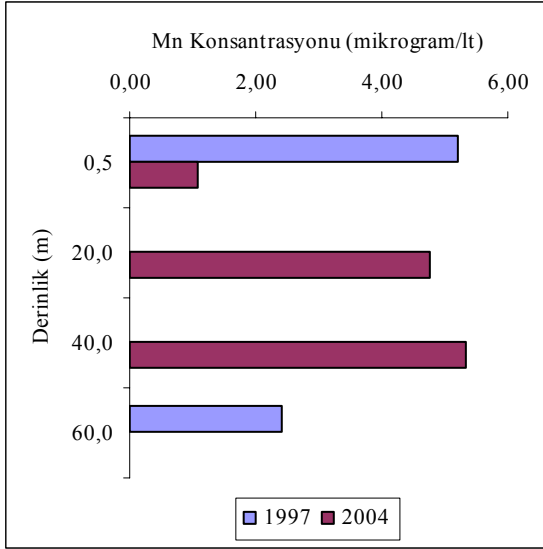


M8

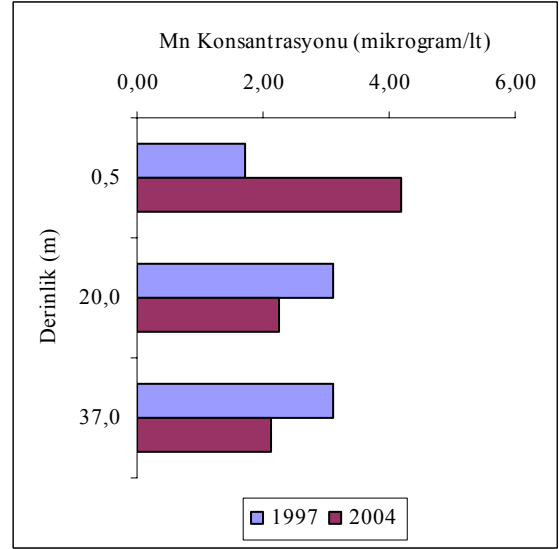


Mayıs Ayı Ölçümleri

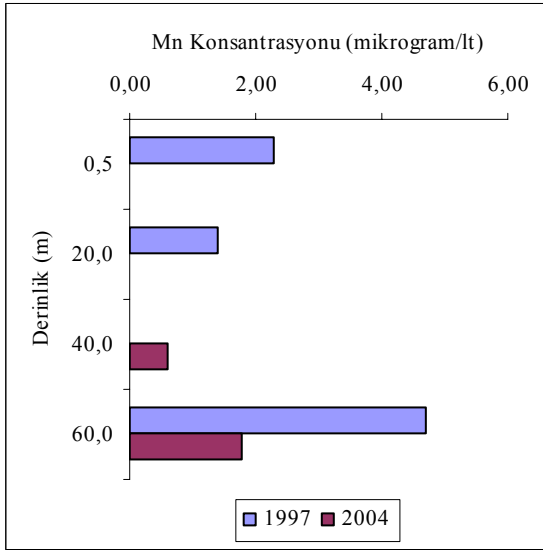
K0



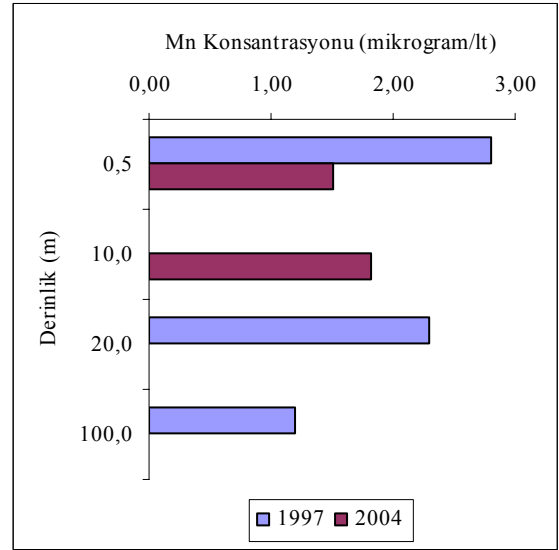
B2



M8

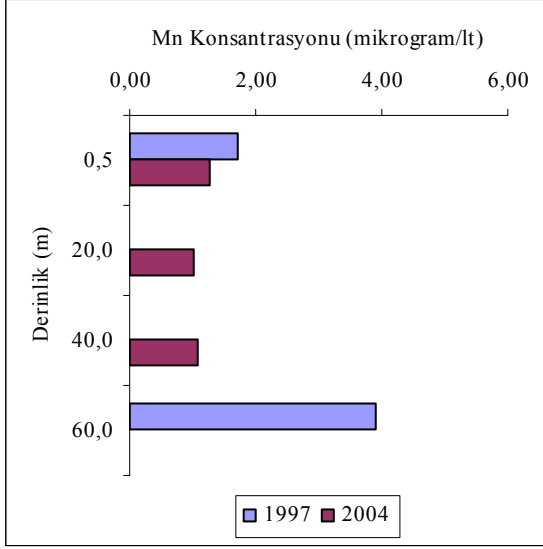


M23

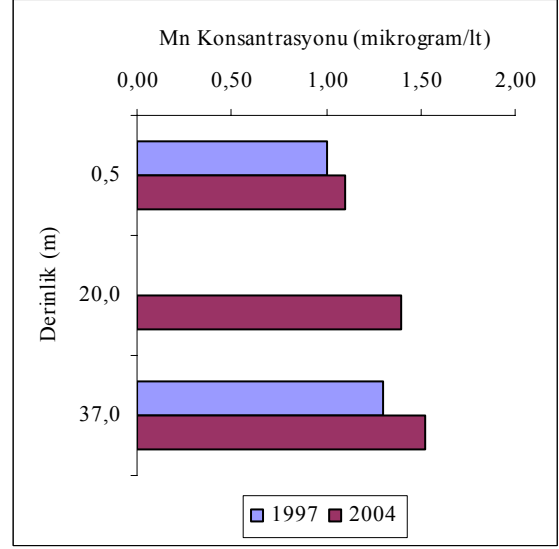


Ağustos Ayı Ölçümleri

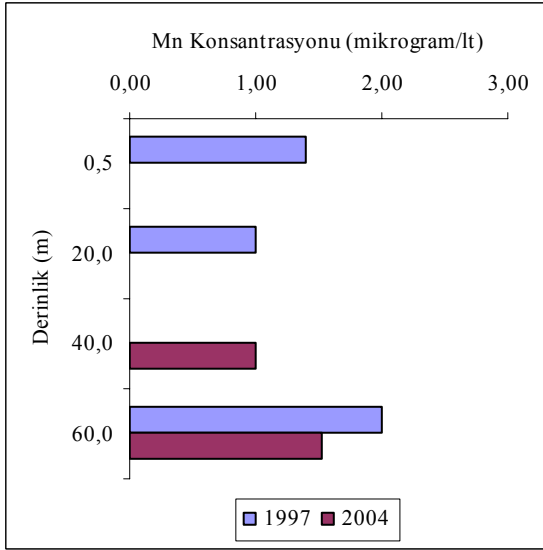
K0



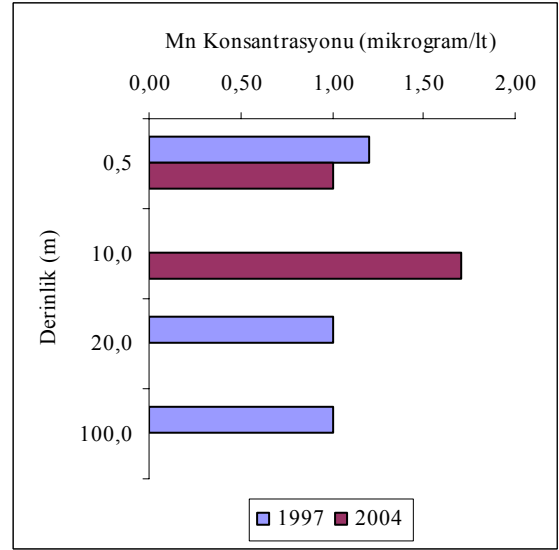
B2



M8

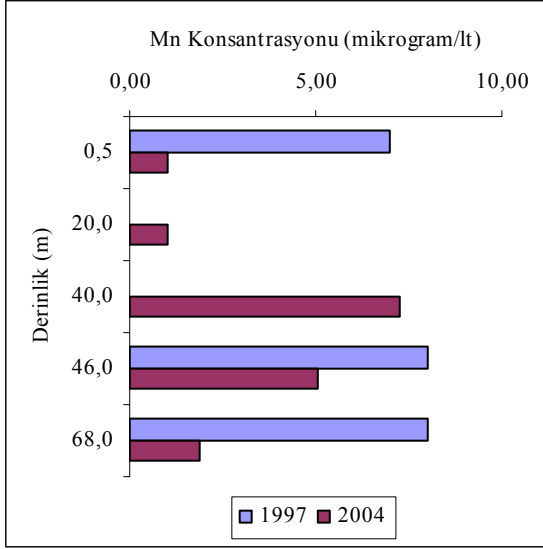


M23

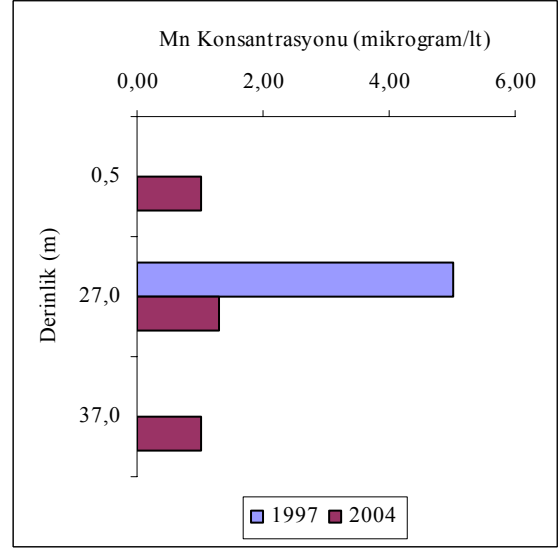


Kasım Ayı Ölçümleri

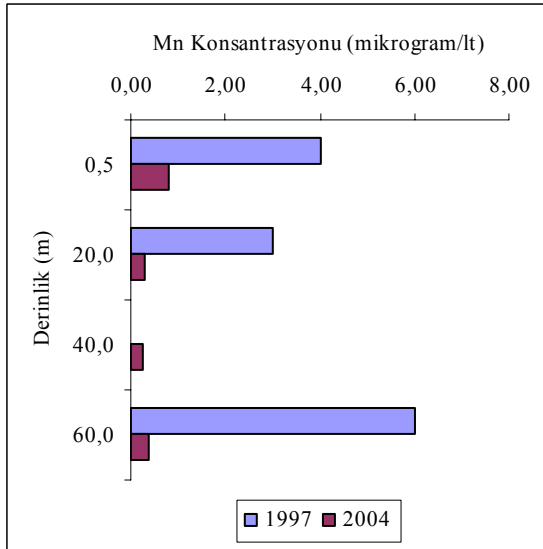
K0



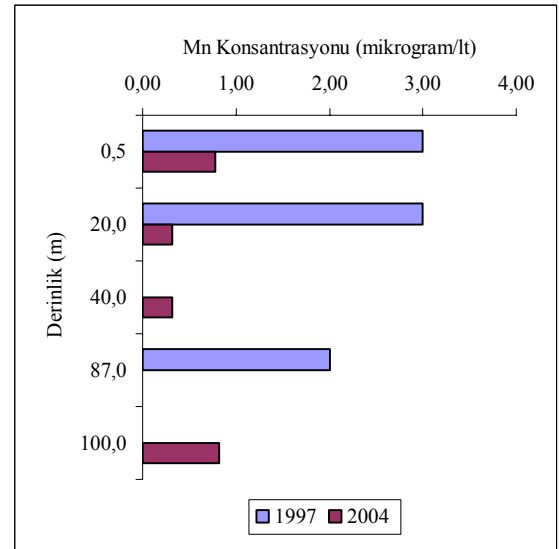
B2



M8



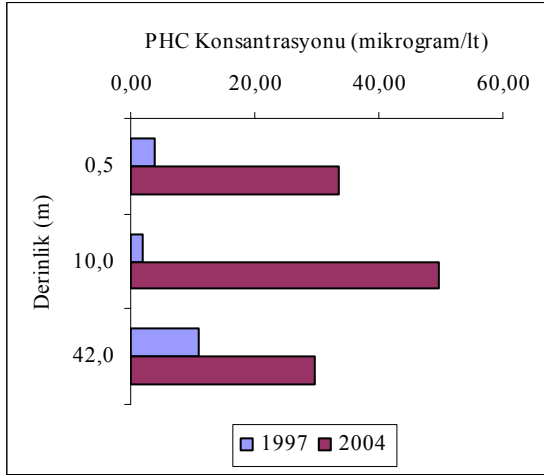
M23



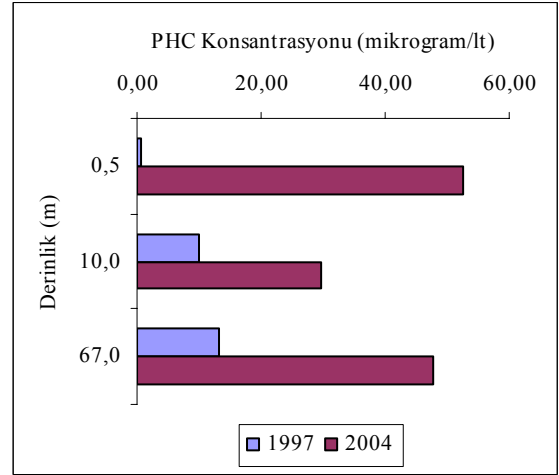
Ek 9 1997–2004 yılları PAH konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

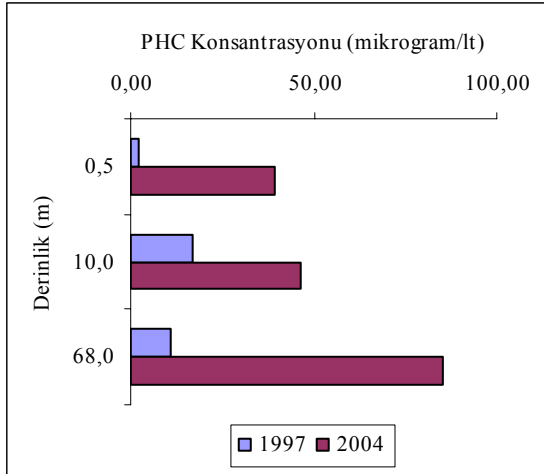
K3



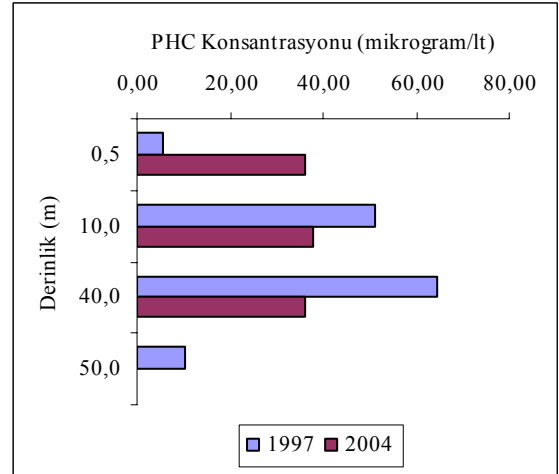
K1



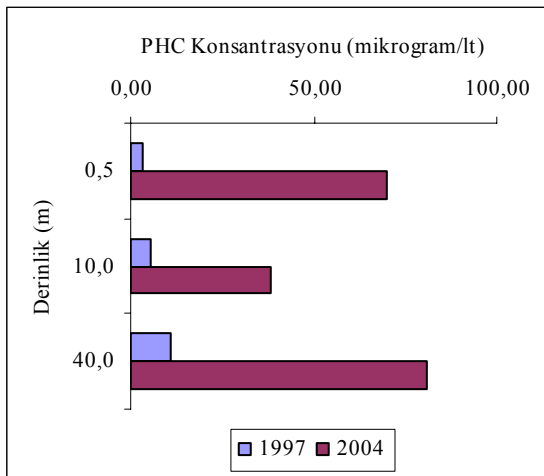
K0



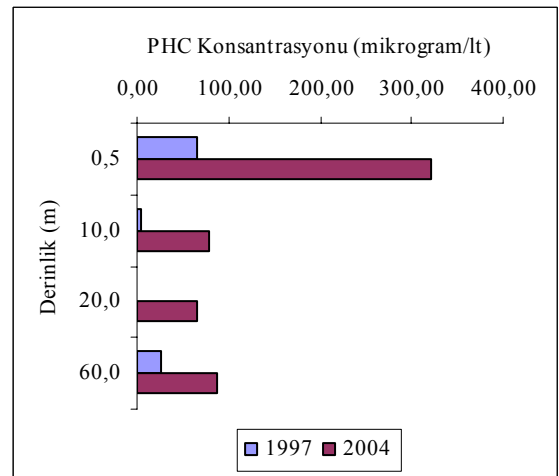
B13



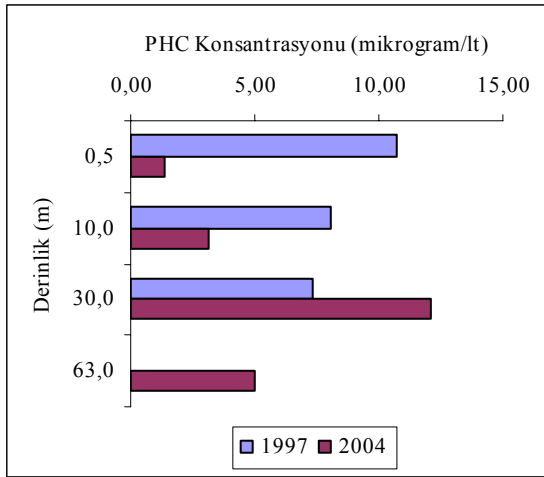
B7



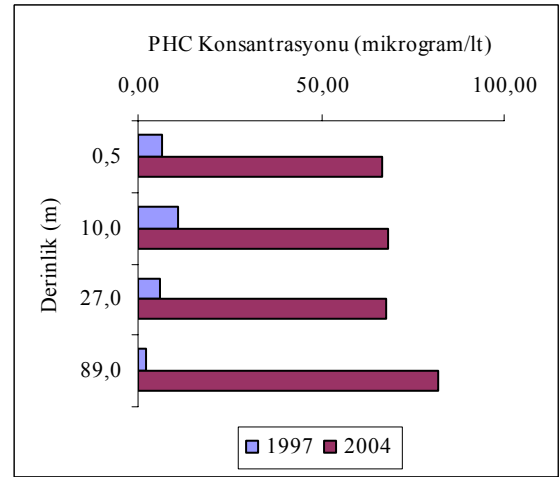
M8



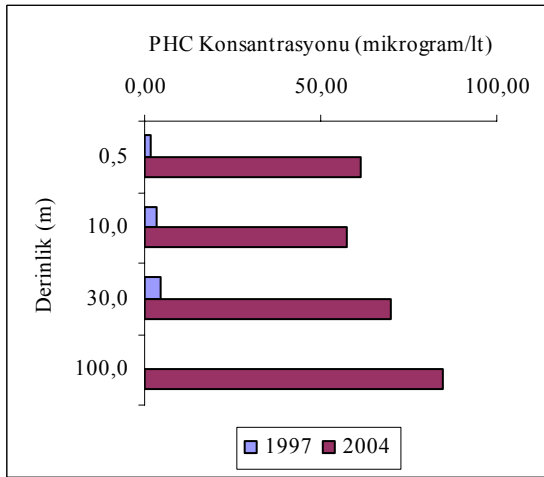
M11



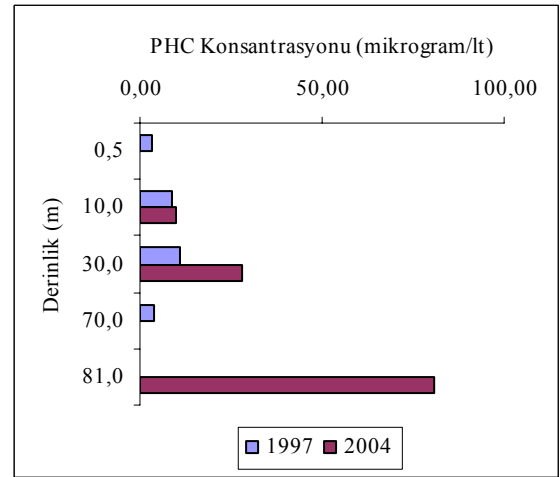
M20



M23

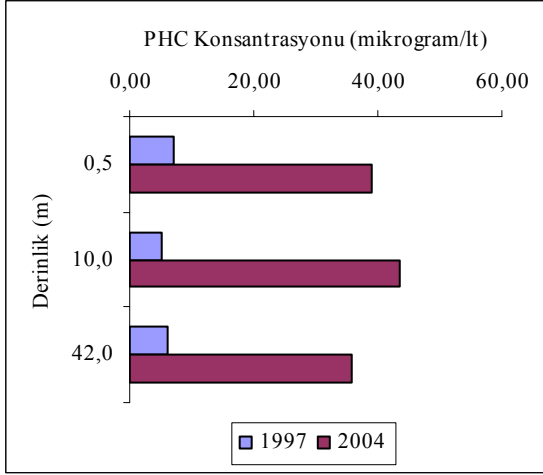


M14

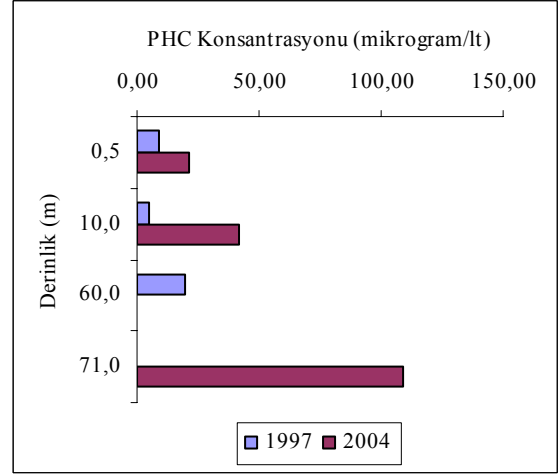


Mayıs Ayı Ölçümleri

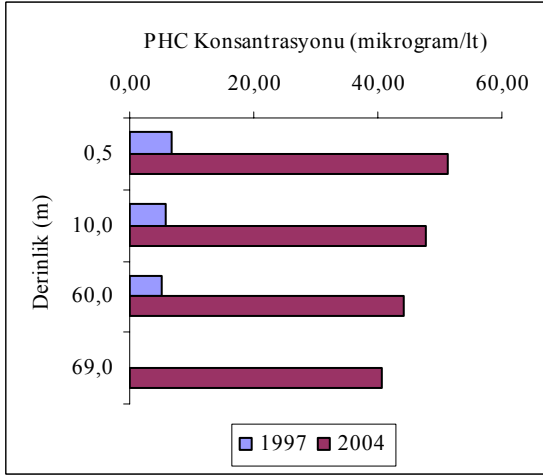
K3



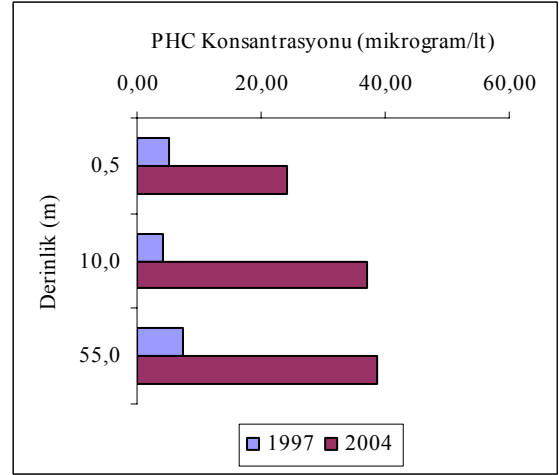
K1



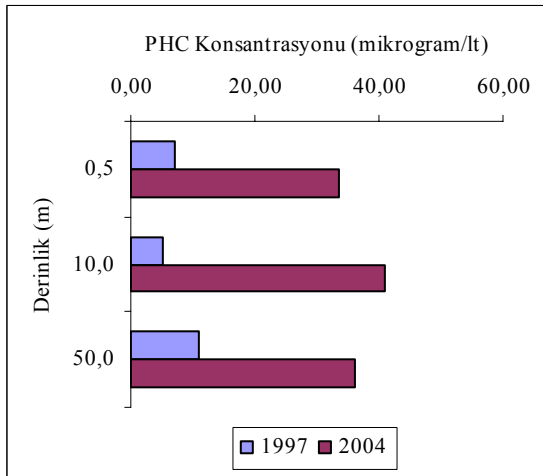
K0



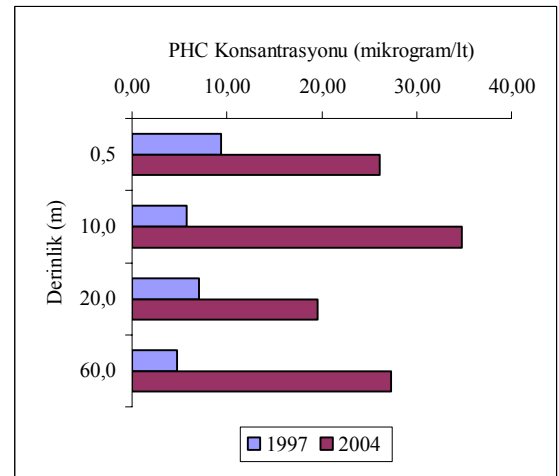
B13



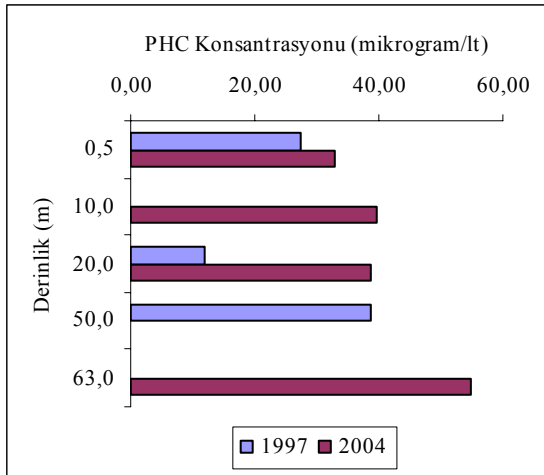
B7



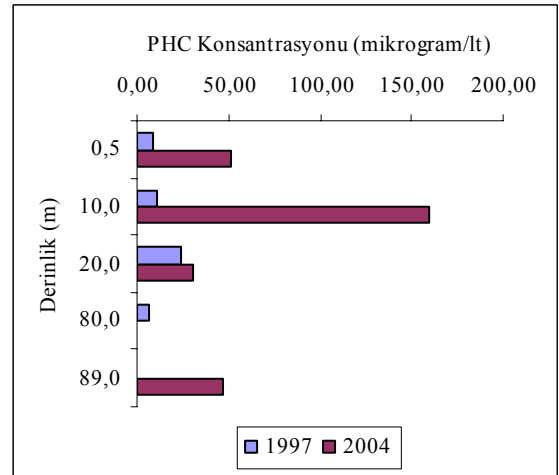
M8



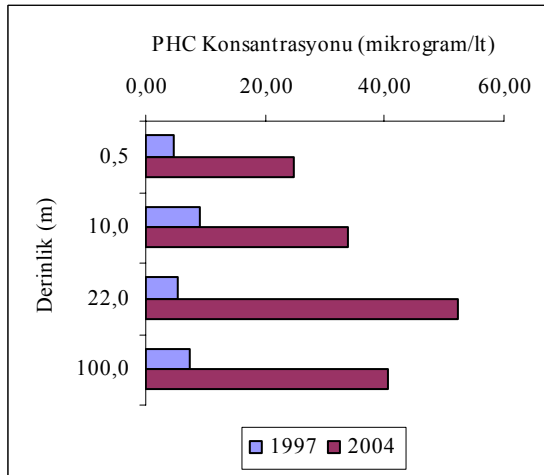
M11



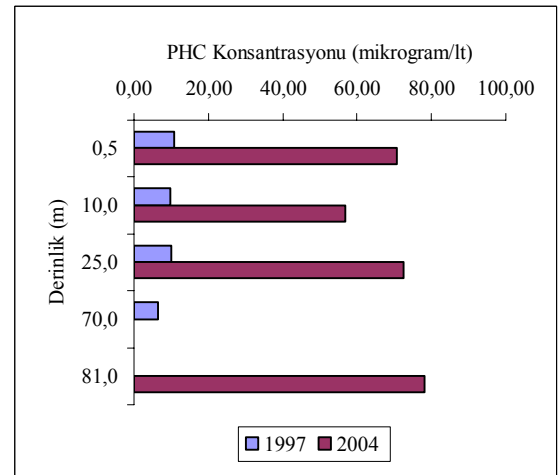
M20



M23

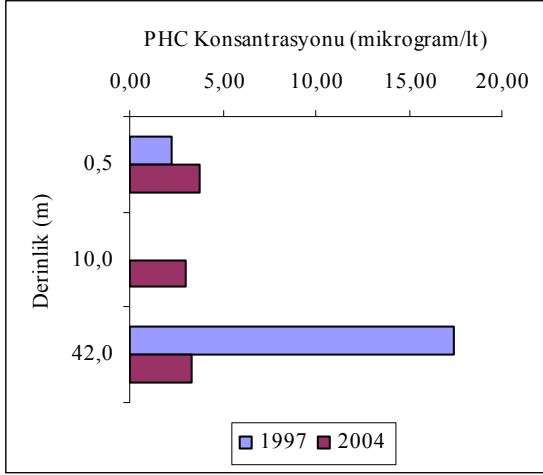


M14

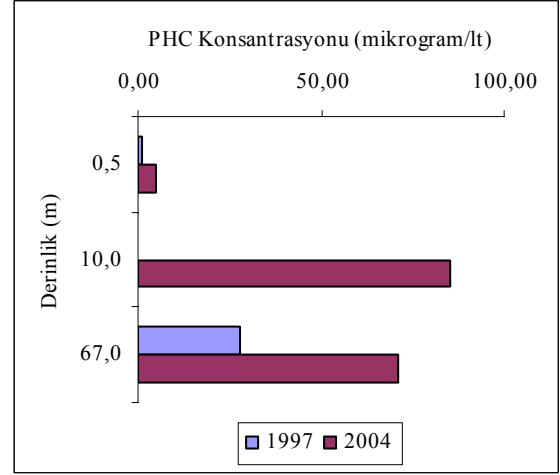


Ağustos Ayı Ölçümleri

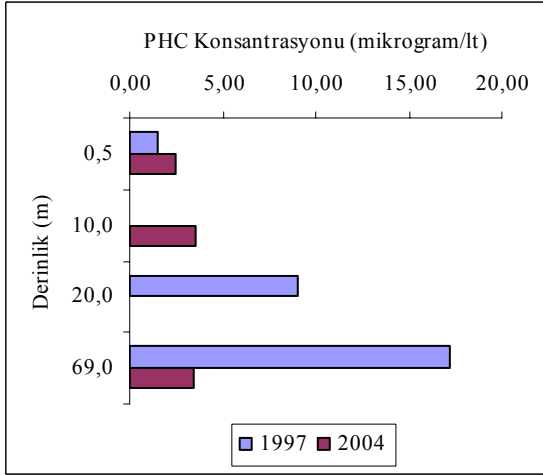
K3



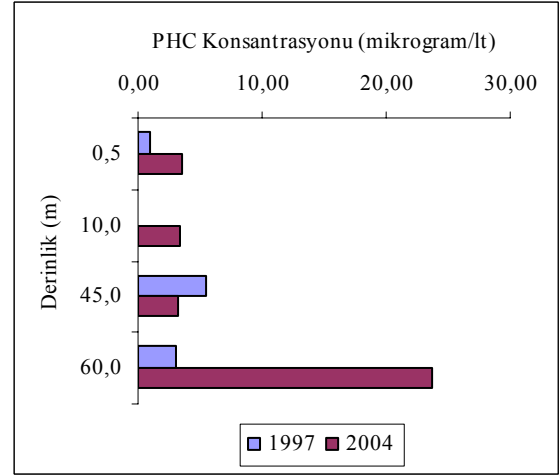
K1



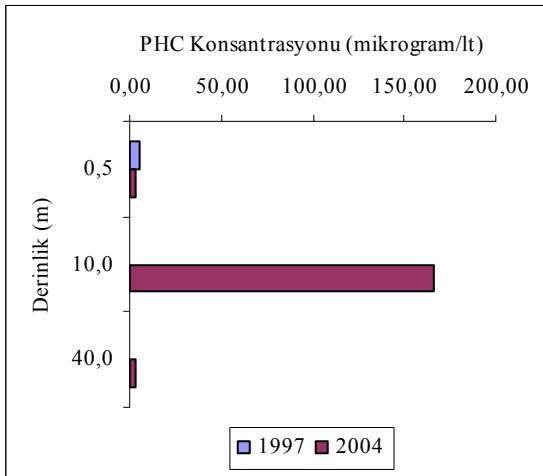
K0



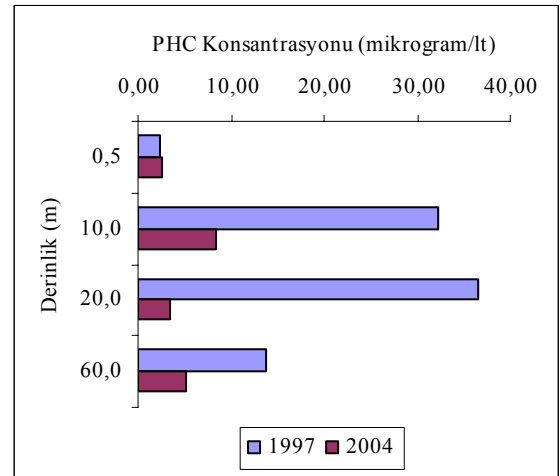
B13



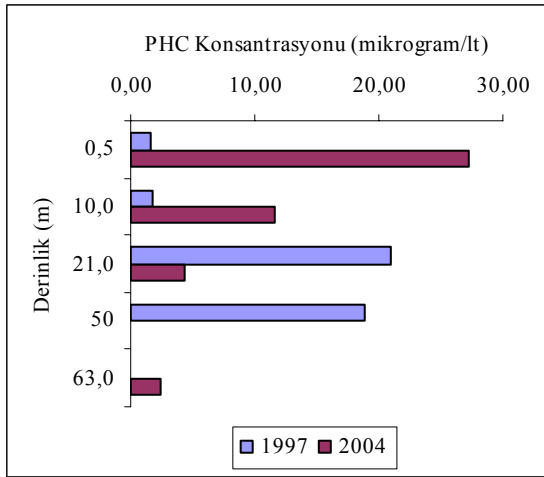
B7



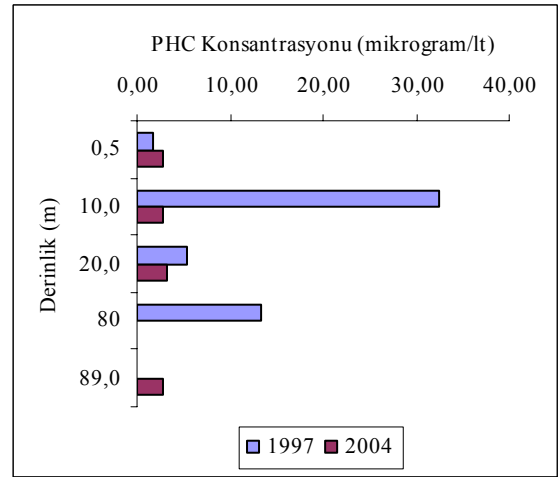
M8



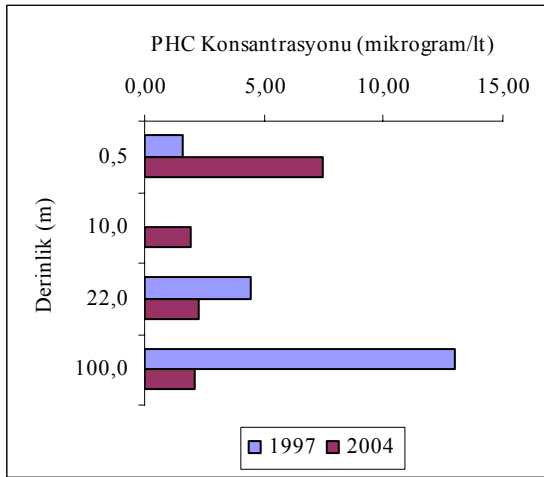
M11



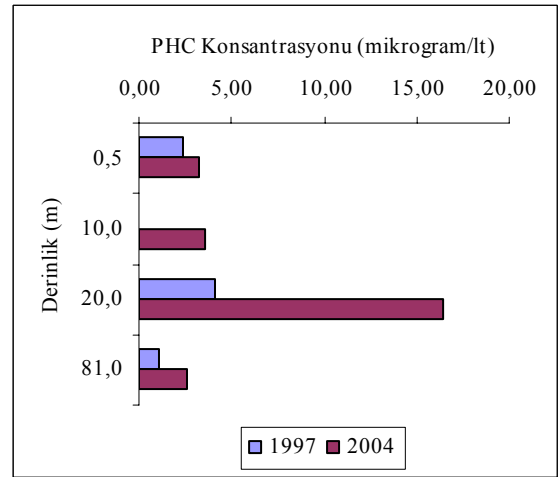
M20



M23

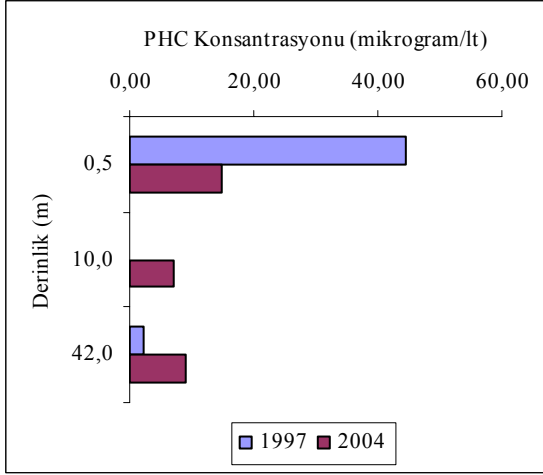


M14

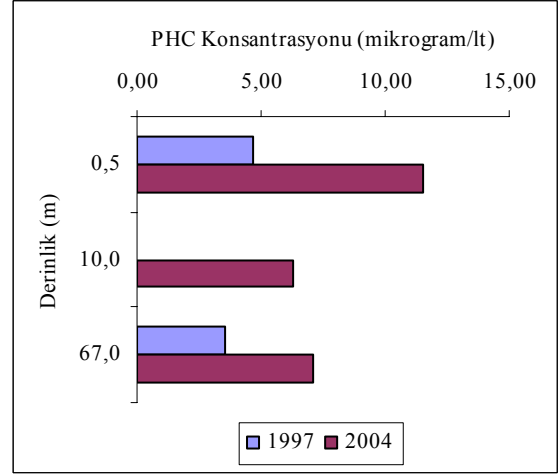


Kasım Ayı Ölçümleri

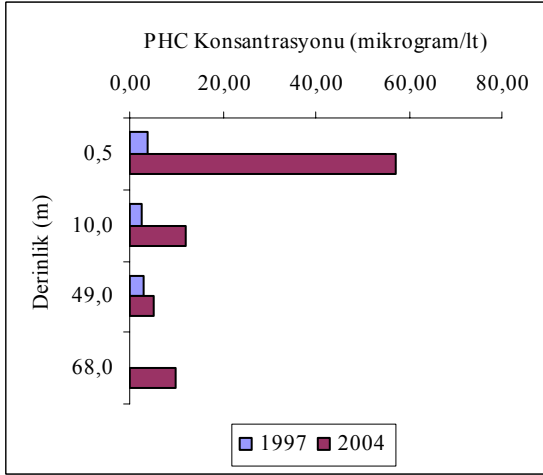
K3



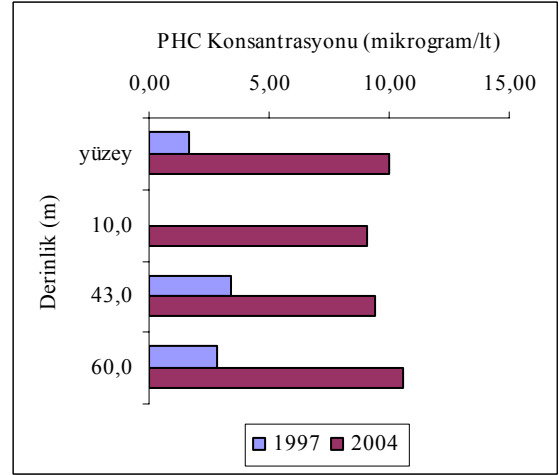
K1



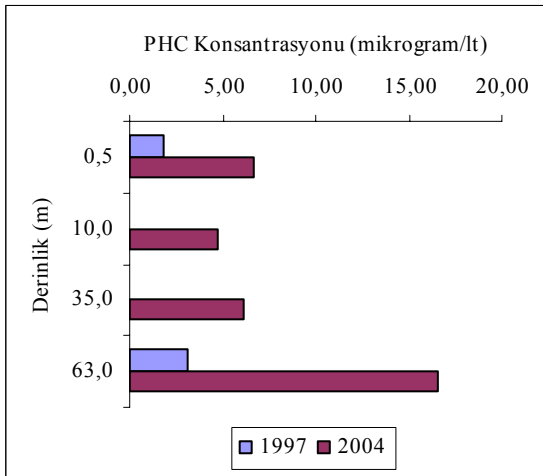
K0



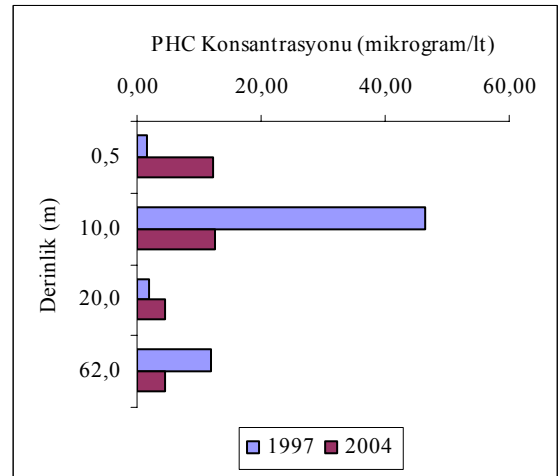
B13



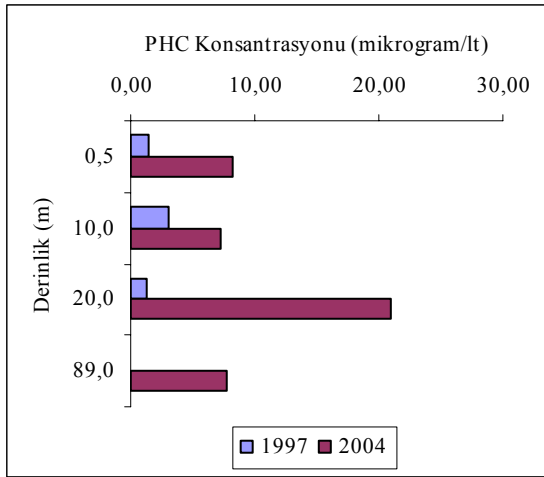
B7



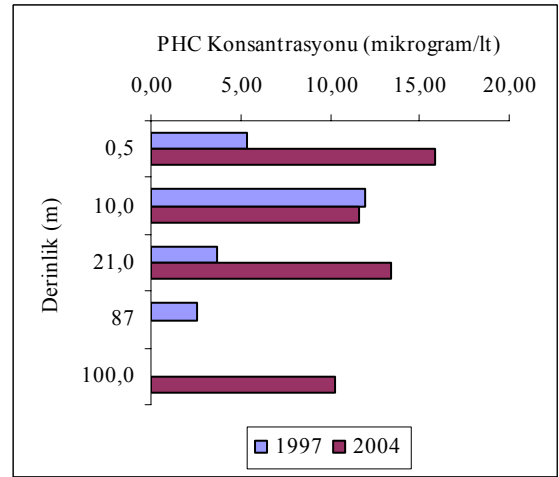
M8



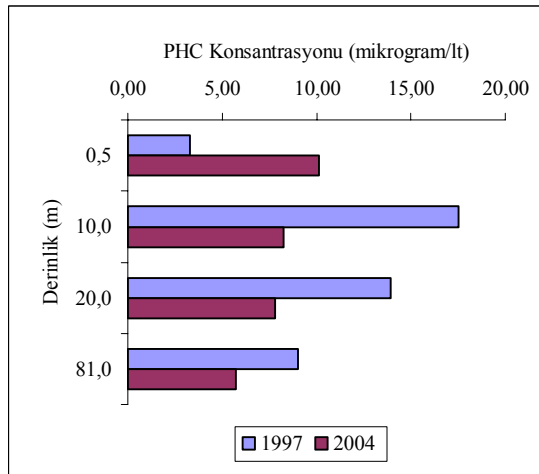
M20



M23



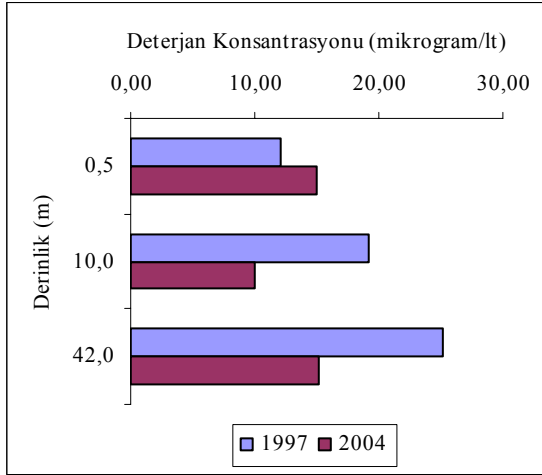
M14



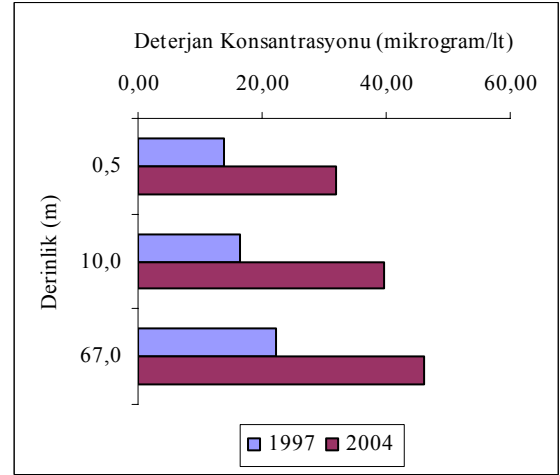
Ek 10 1997–2004 yılları deterjan konsantrasyonları değişimini gösteren grafikler

Şubat Ayı Ölçümleri

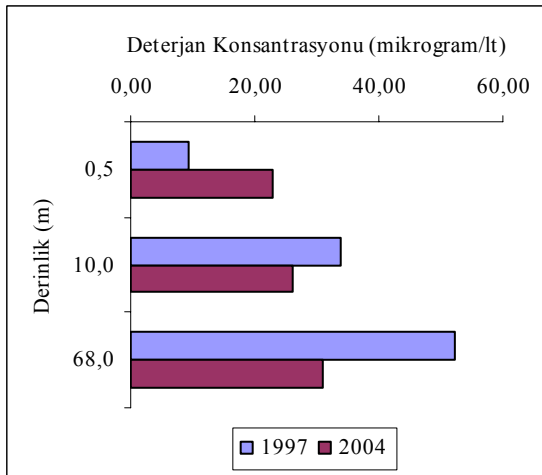
K3



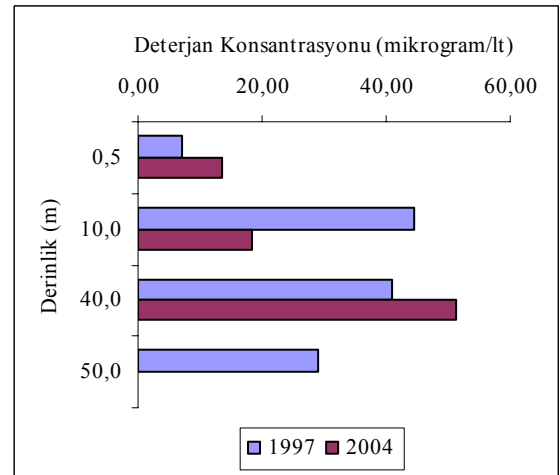
K1



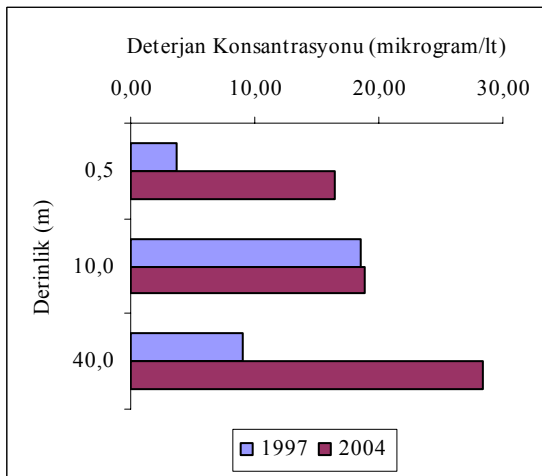
K0



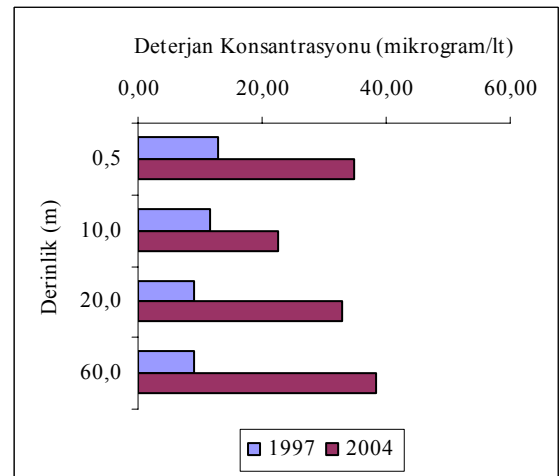
B13



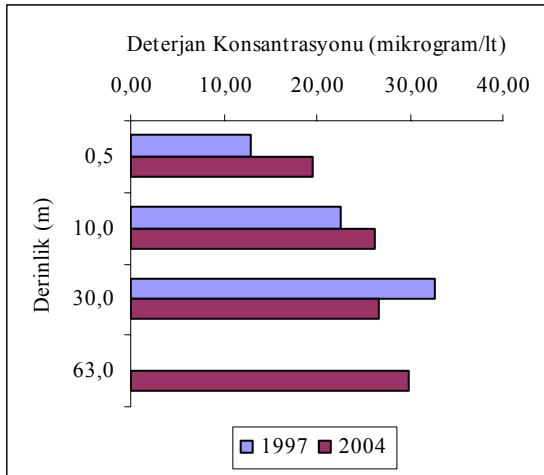
B7



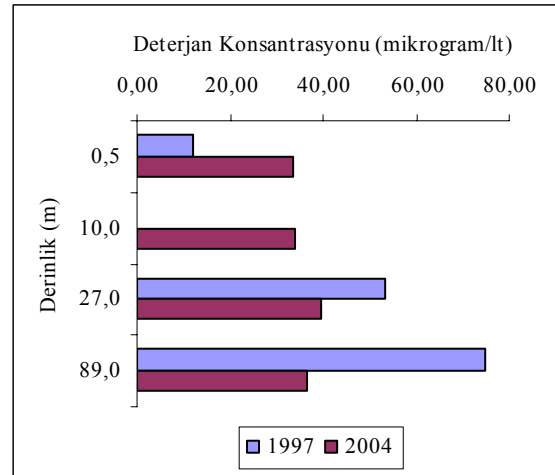
M8



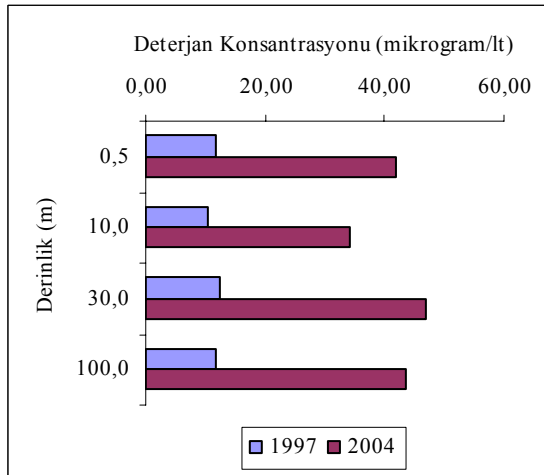
M11



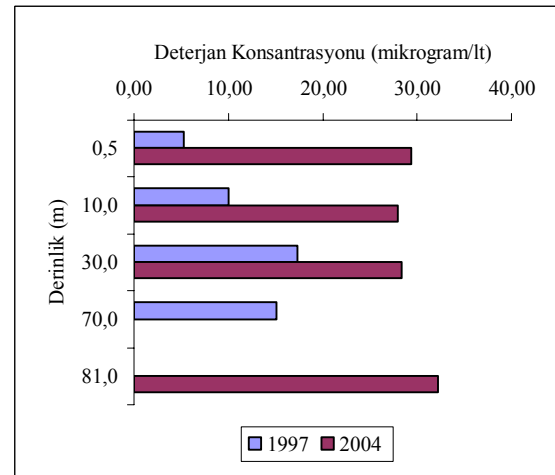
M20



M23

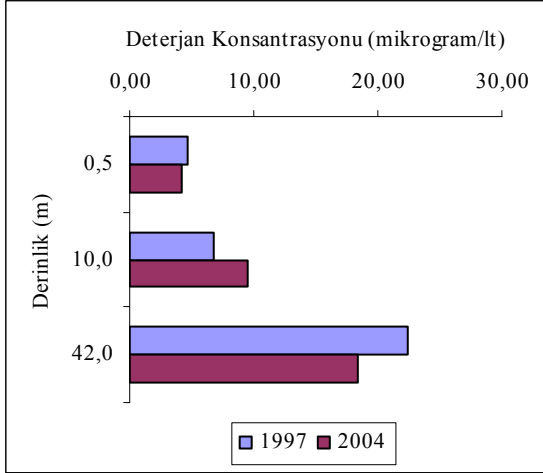


M14

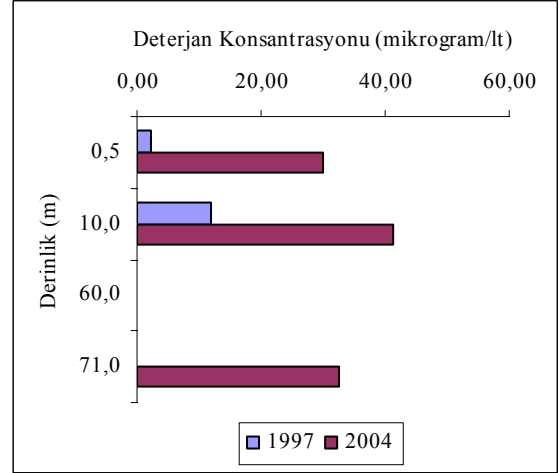


Mayıs Ayı Ölçümleri

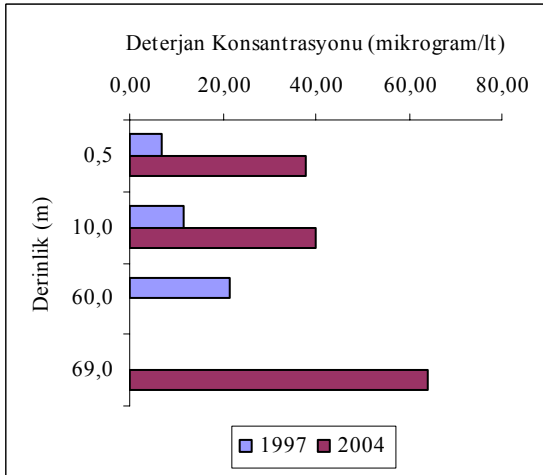
K3



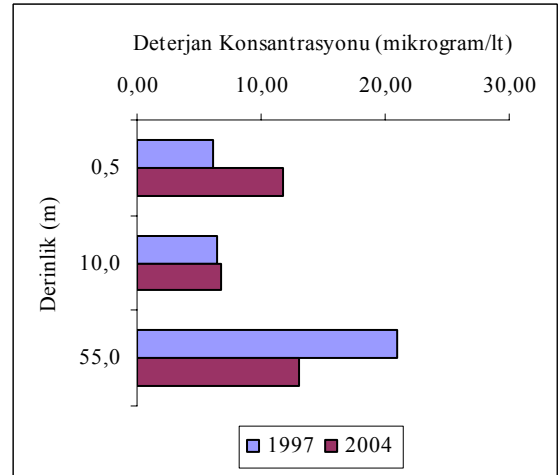
K1



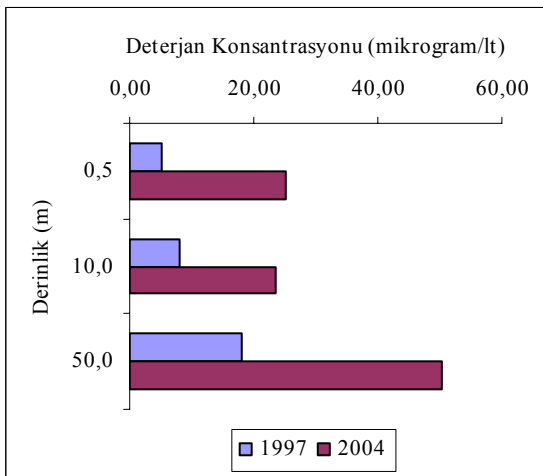
K0



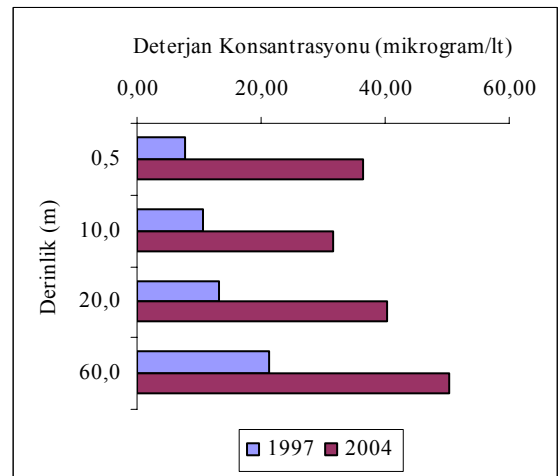
B13



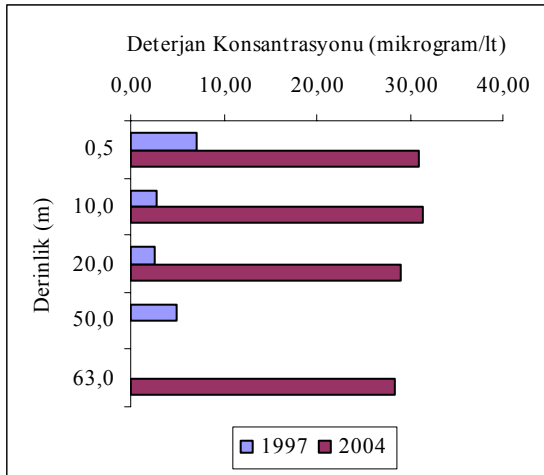
B7



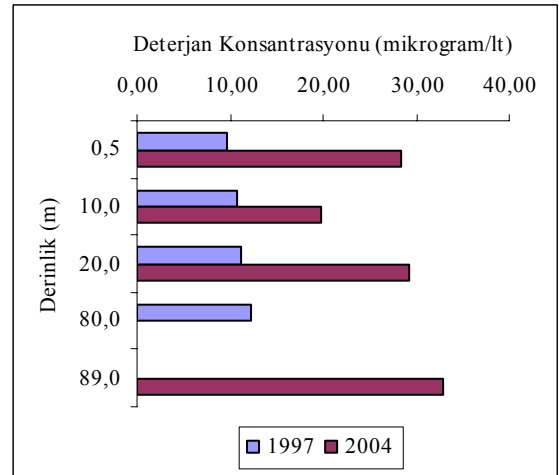
M8



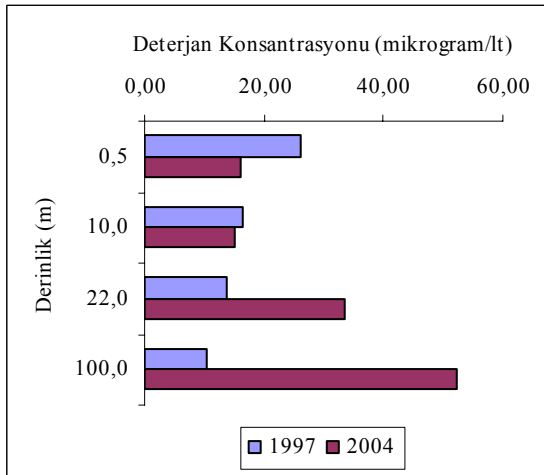
M11



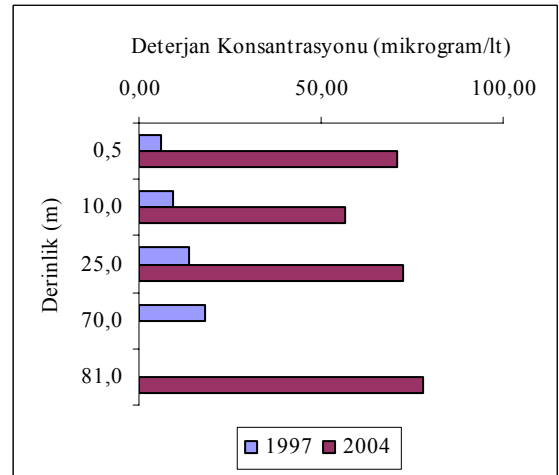
M20



M23

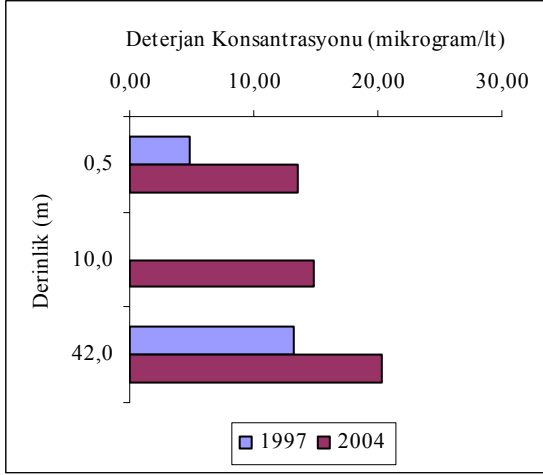


M14

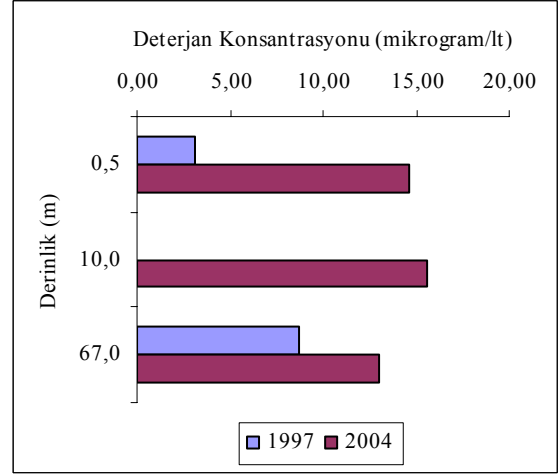


Ağustos Ayı Ölçümleri

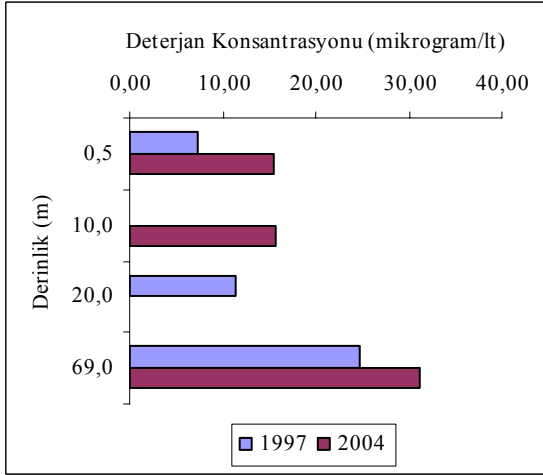
K3



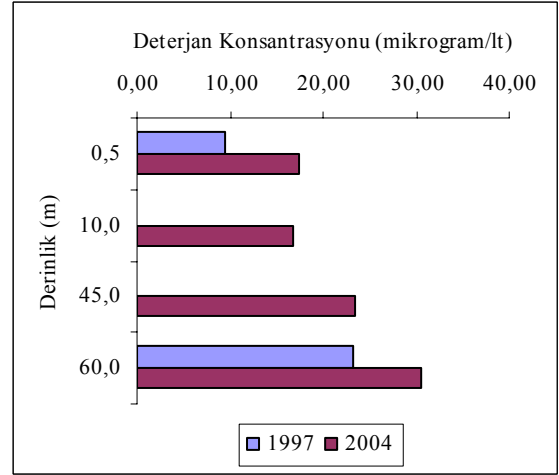
K1



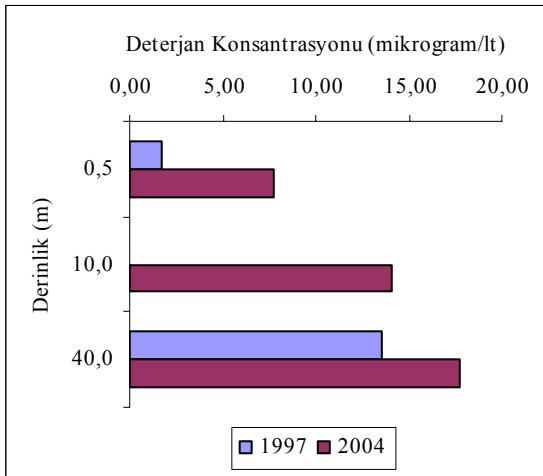
K0



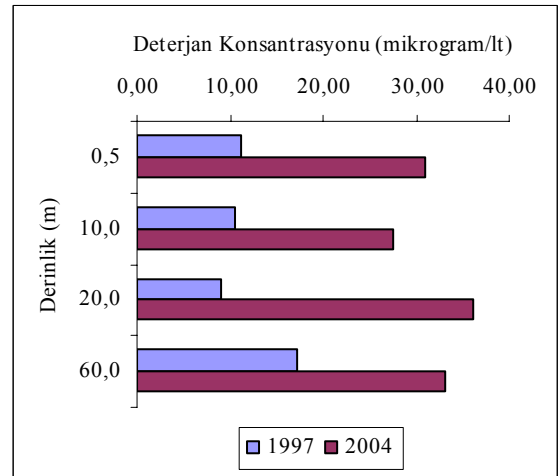
B13



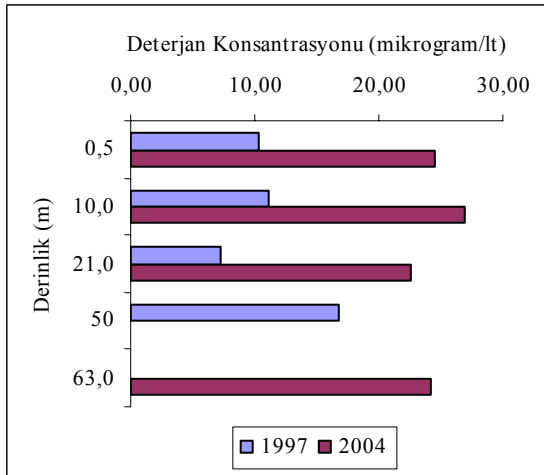
B7



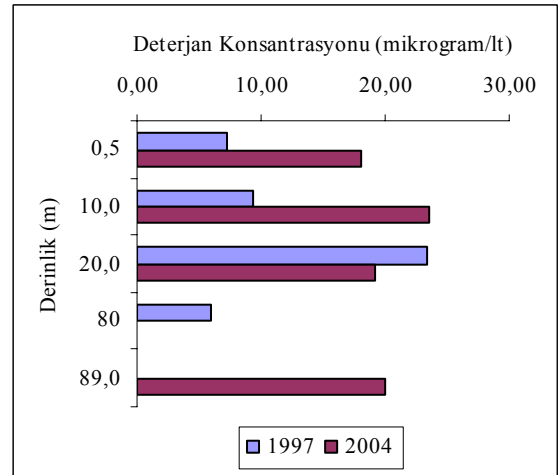
M8



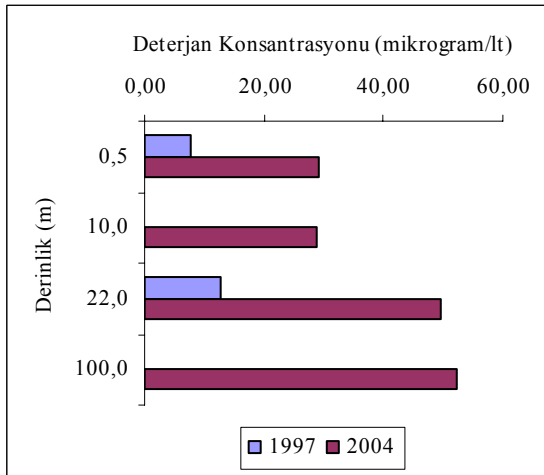
M11



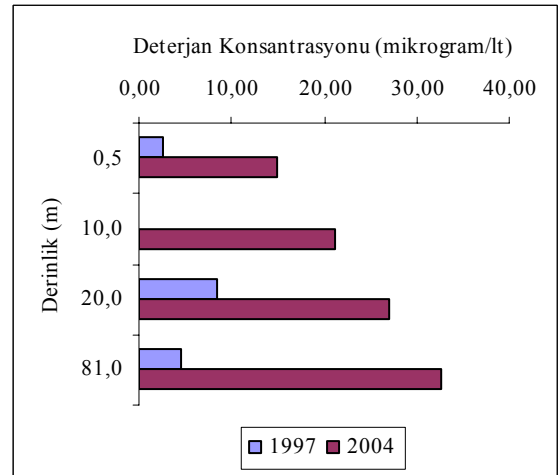
M20

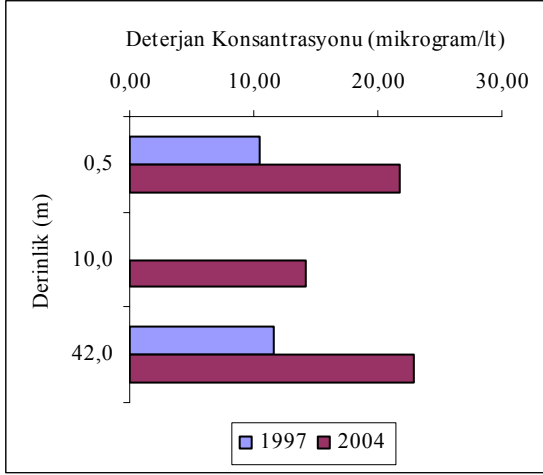
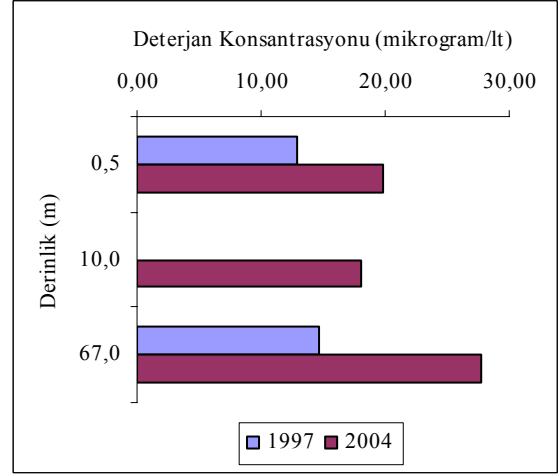
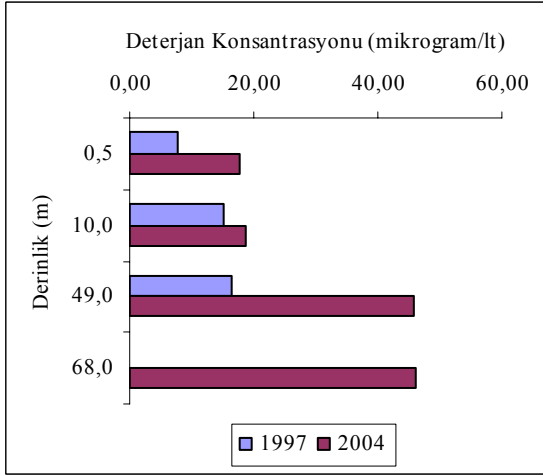
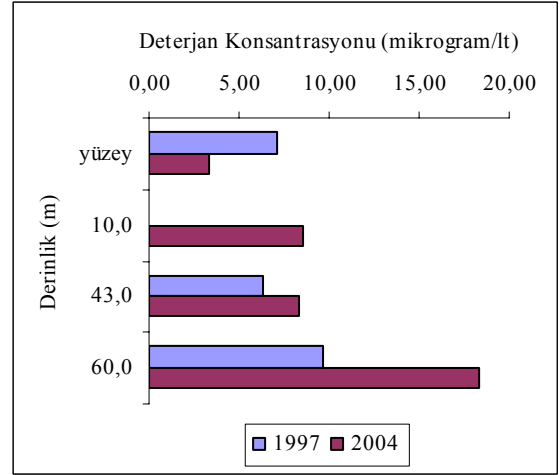
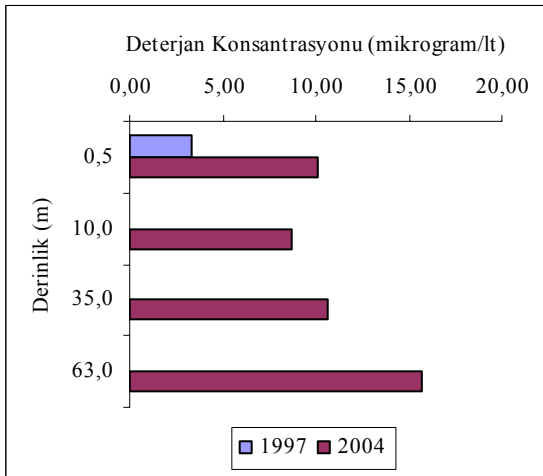
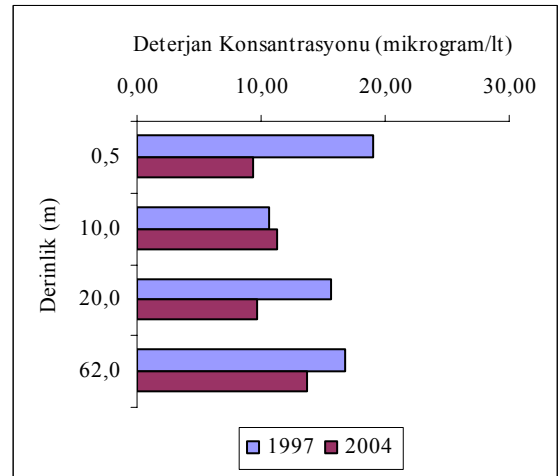


M23

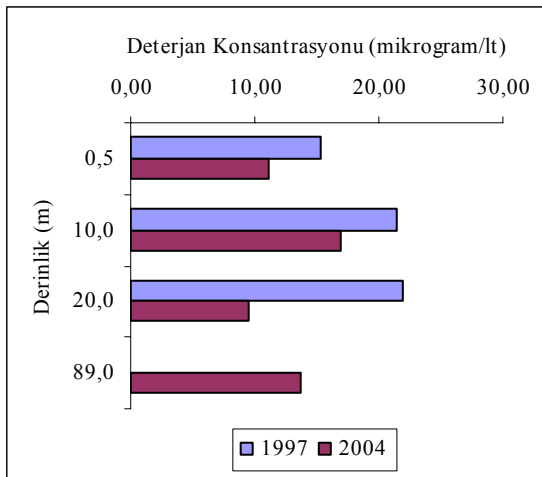


M14

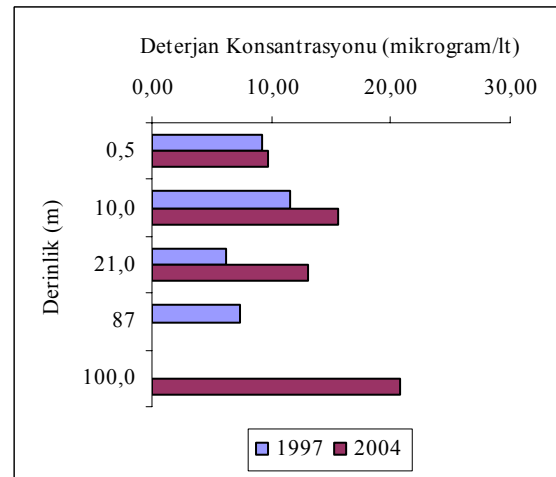


Kasım Ayı Ölçümleri**K3****K1****K0****B13****B7****M8**

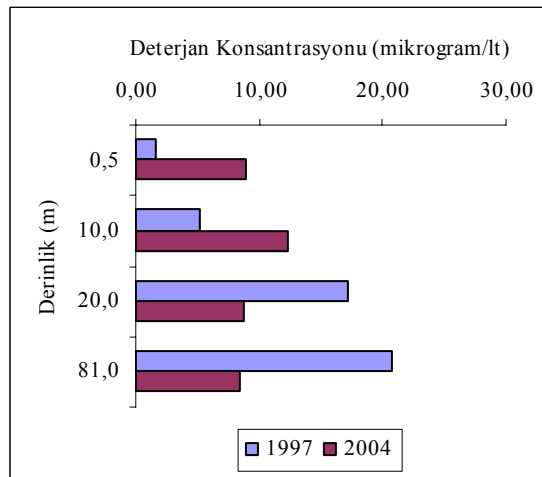
M20



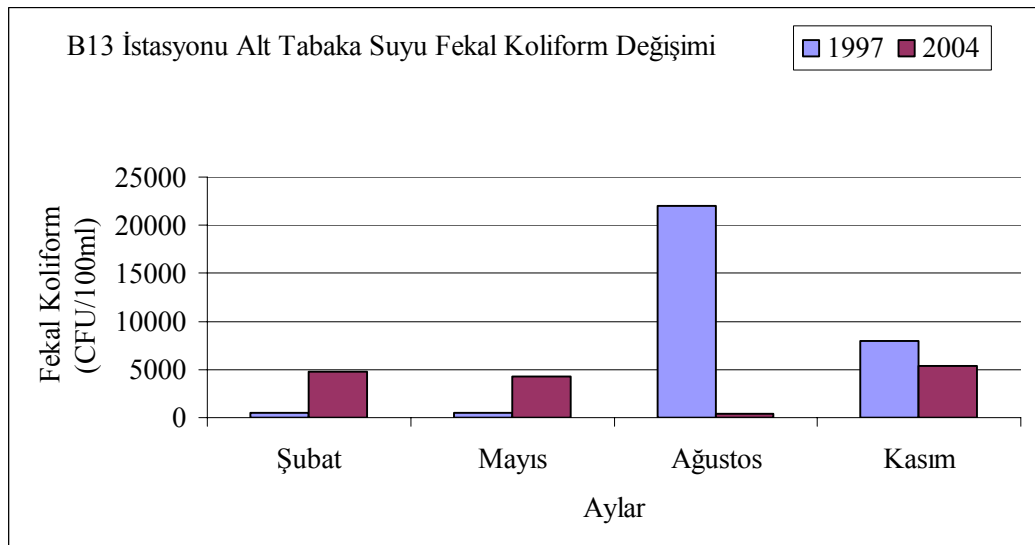
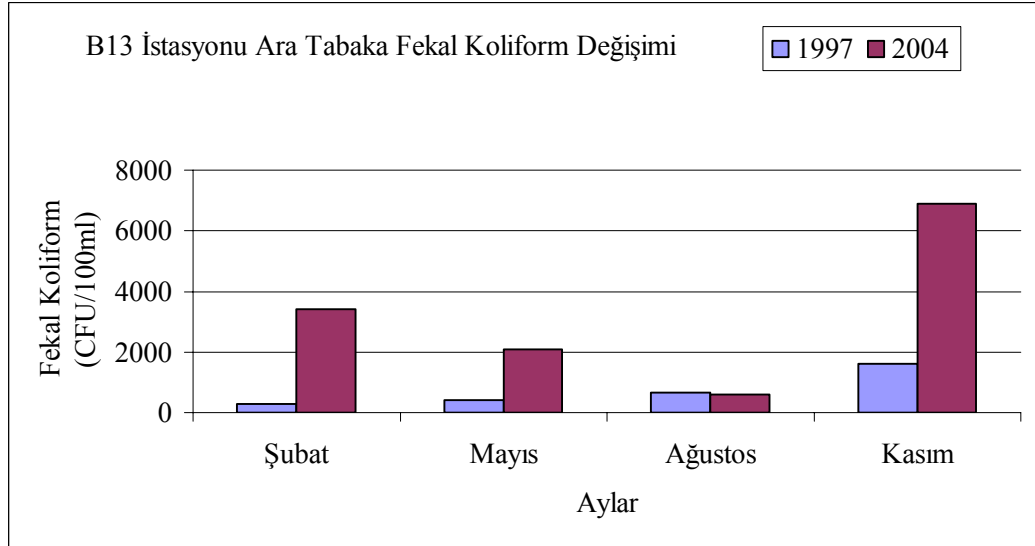
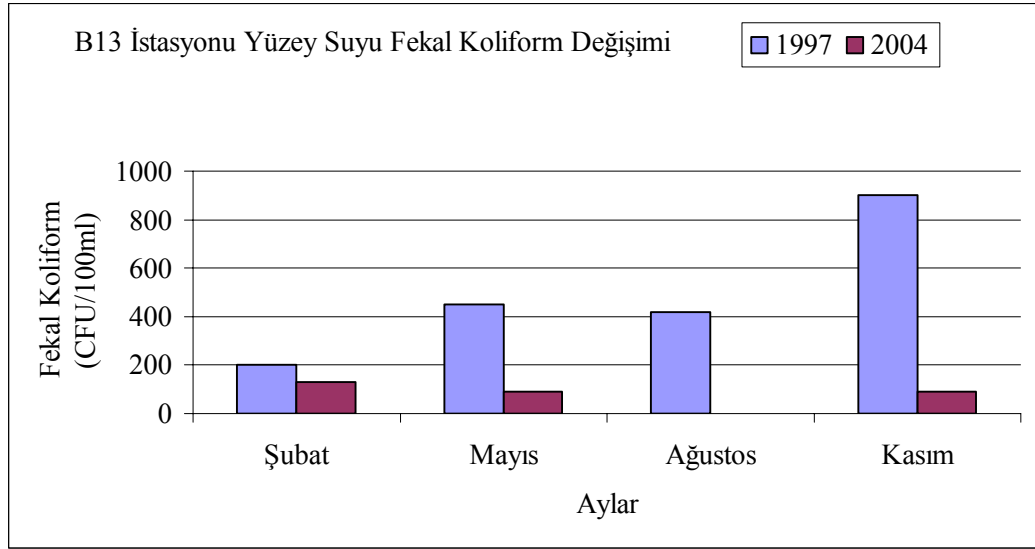
M23

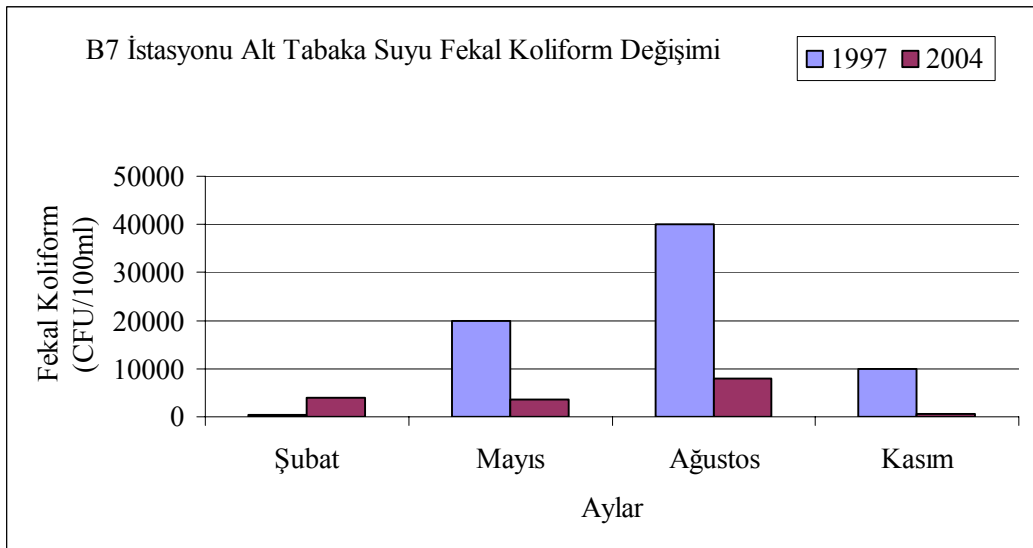
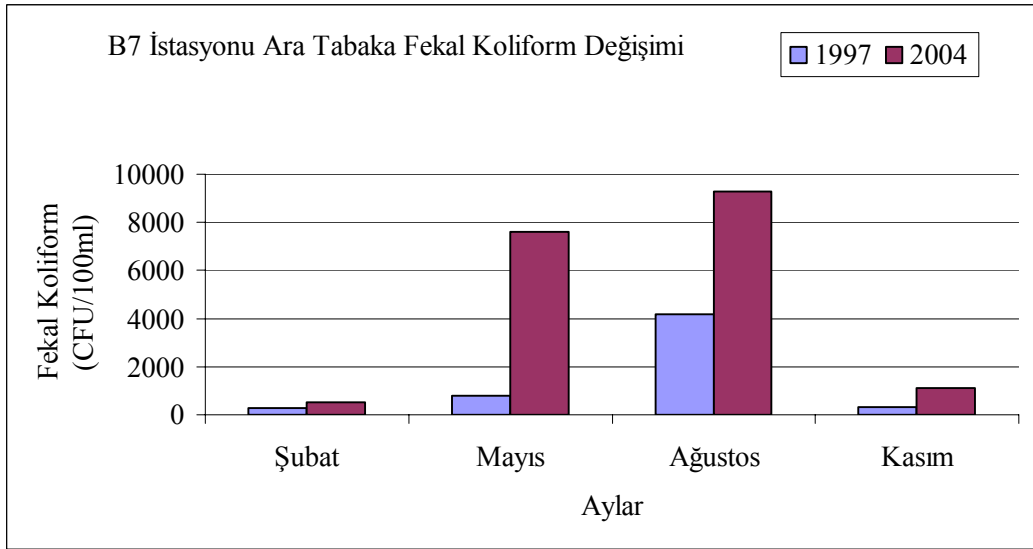
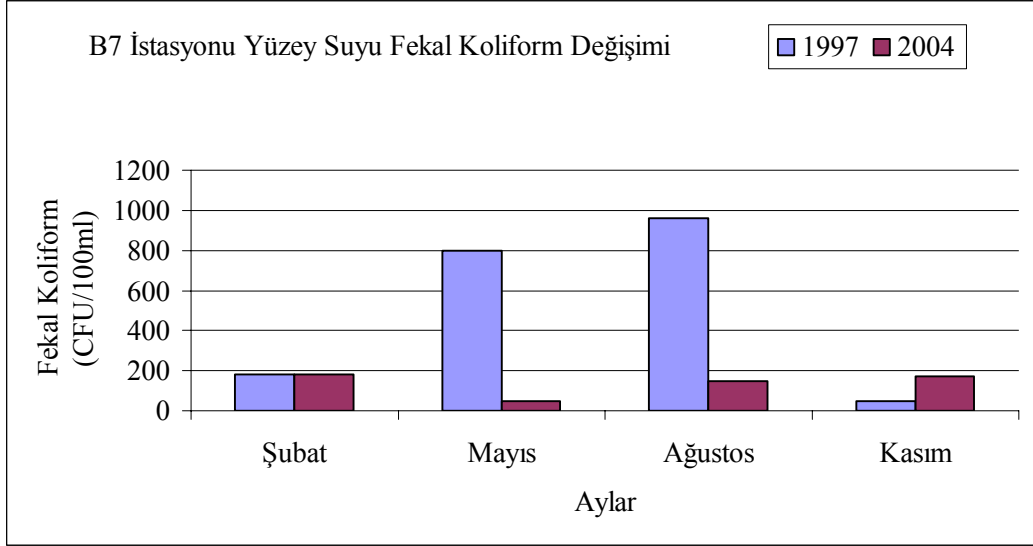


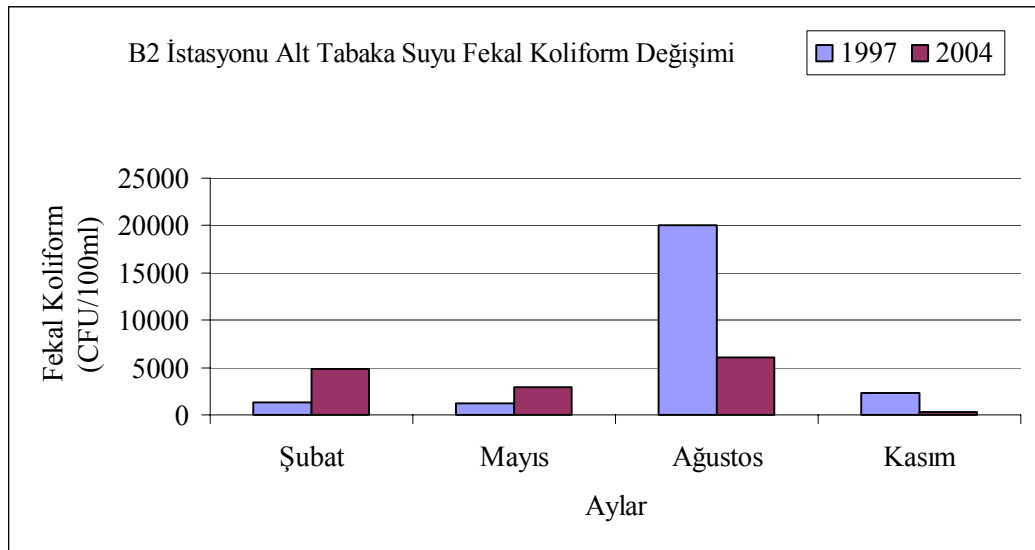
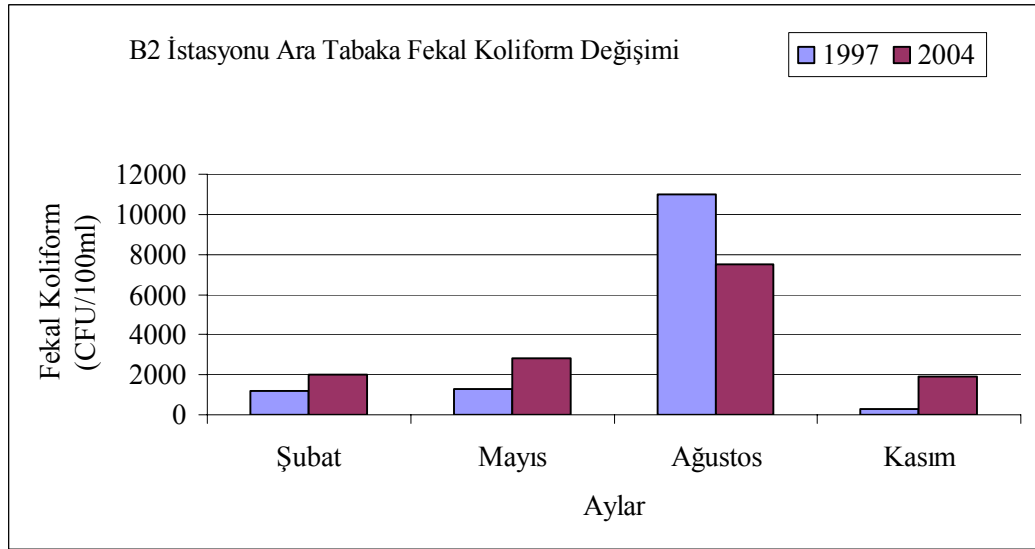
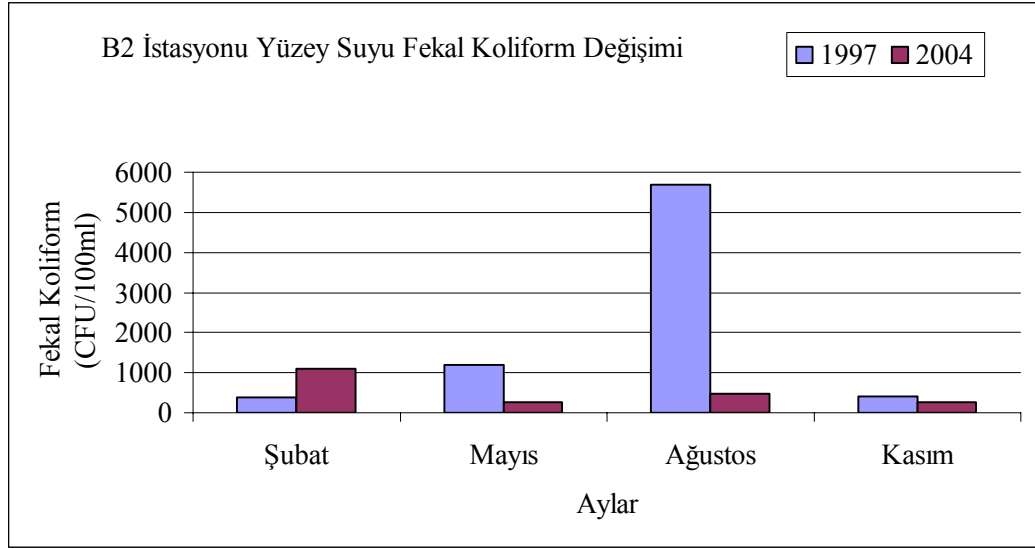
M14

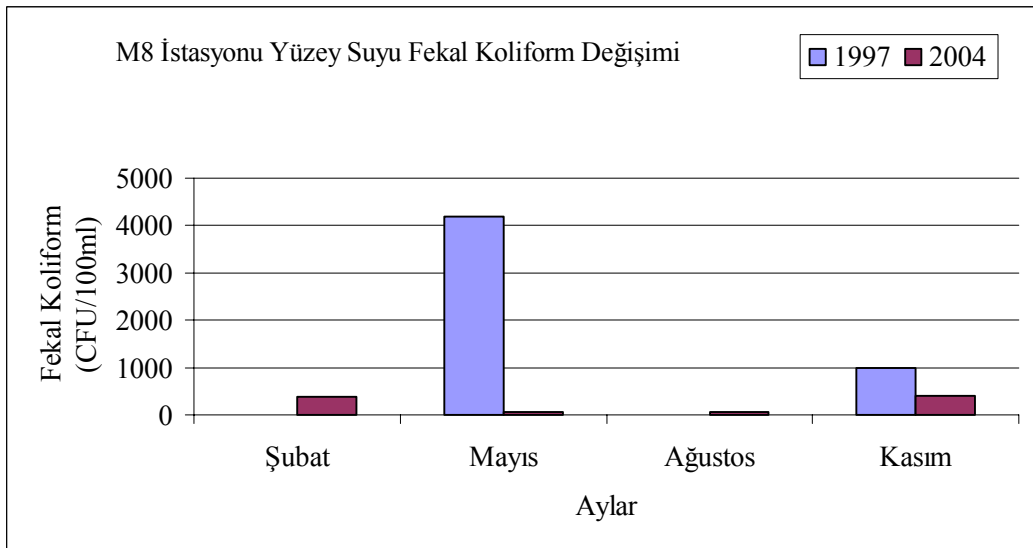
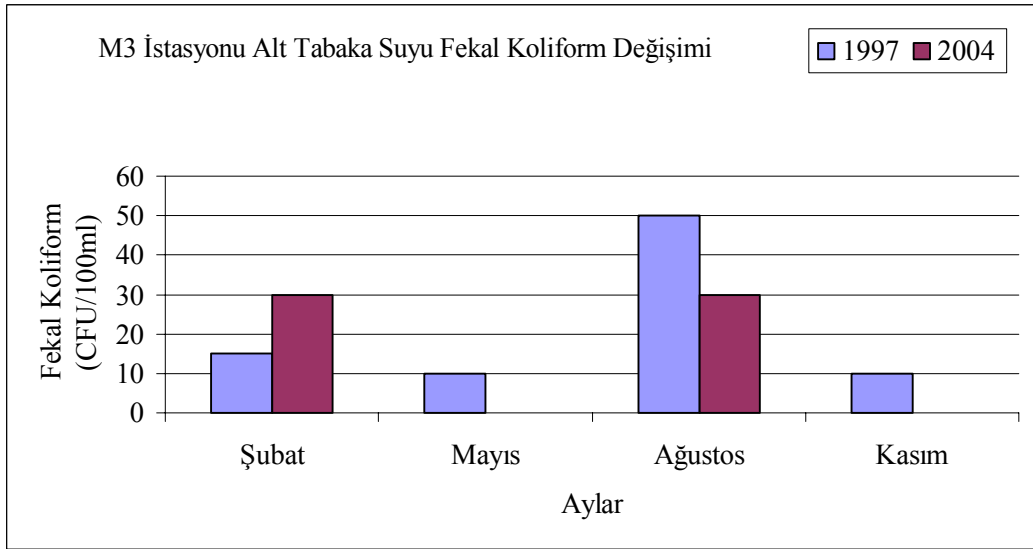
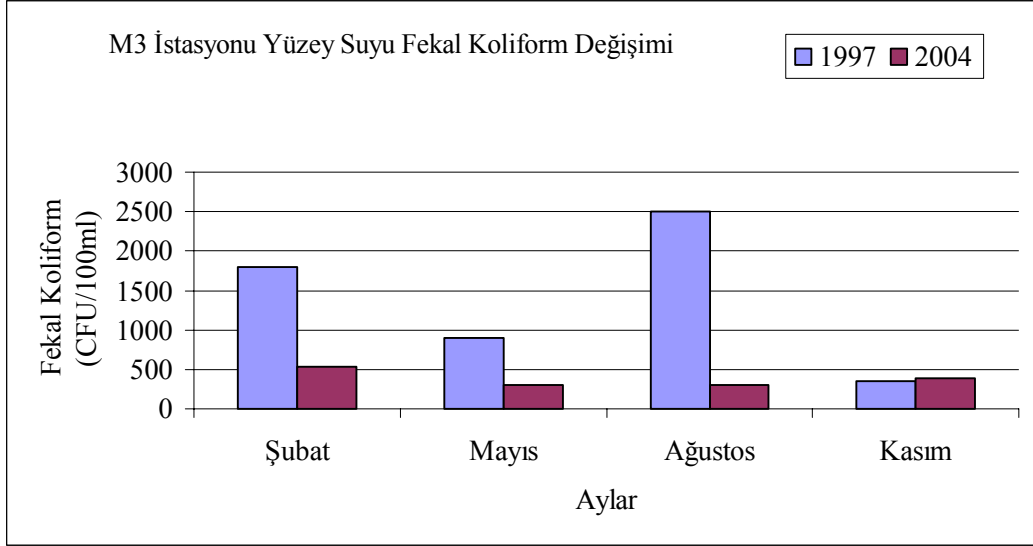


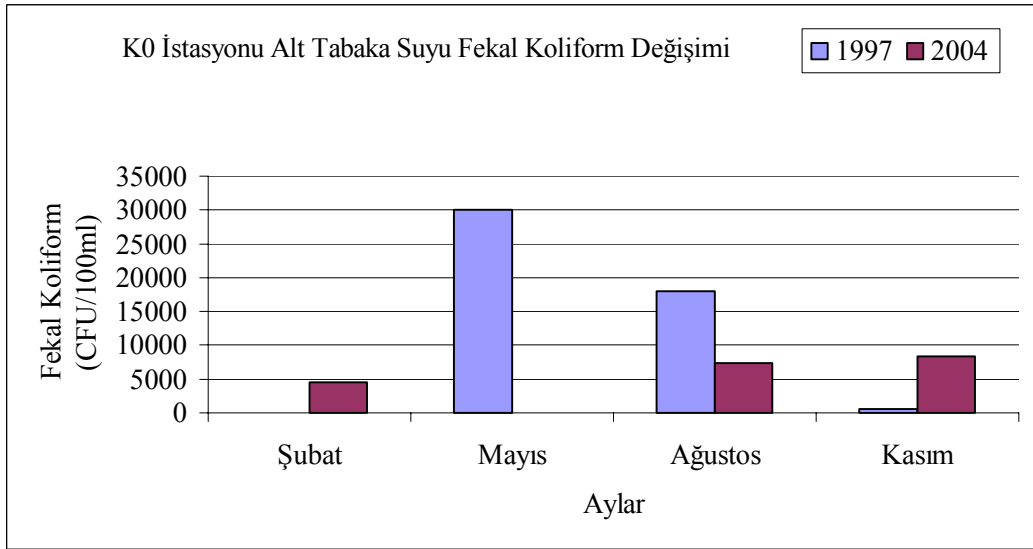
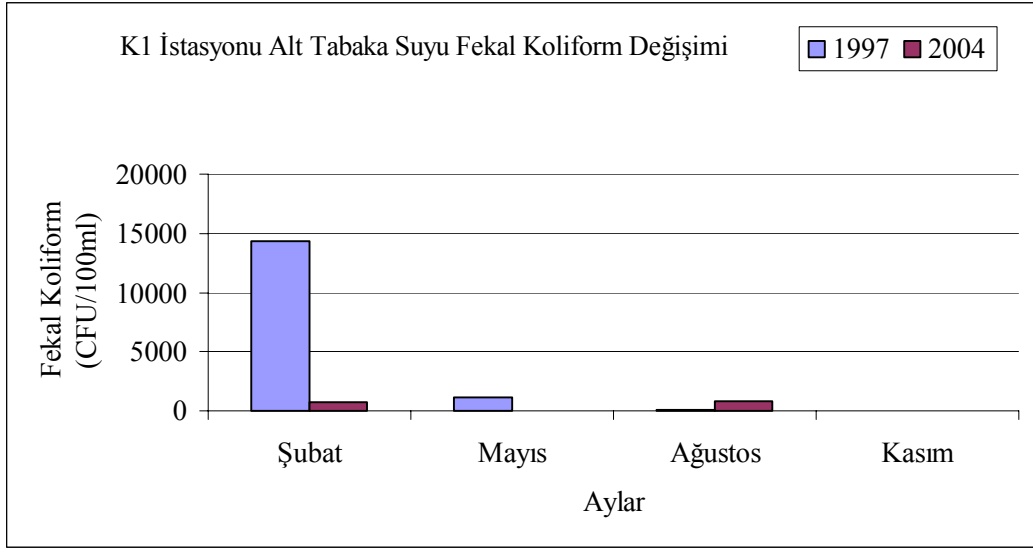
Ek 11 1997–2004 yılları fekal koliform değişimini gösteren grafikler











ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Fırat PEKER	
Doğum tarihi	20.01.1974	
Doğum yeri	Kayseri	
Lise	1988-1992	Işıklar Askeri Lisesi, Bursa
Lisans	1993-1998	İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004 -2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı, Çevre Müh. Programı

Çalıştığı kurumlar

1999-2001	ASYA İnşaat ve Taahhüt Ltd.Şti
2001-2003	Altınoluk Belediyesi / BALIKESİR
2006-Devam..	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bimtaş A.Ş. (İMP Kentsel Tasarım Merkezi)