

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İZMİT KÖRFEZİ DENİZ SUYUNDA DOĞU, MERKEZ VE BATI
BASENLERİ SU KOLONLARINDA DERİNLİĞİNE GÖRE AĞIR
METAL TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS

Kimyager Tolga VAROL

Anabilim Dalı: Kimya

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Ümit AY

KOCAELİ, 2012

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İZMİT KÖRFEZİ DENİZ SUYUNDA DOĞU, MERKEZ VE BATI
BASENLERİ SU KOLONLARINDA DERİNLİĞİNE GÖRE AĞIR
METAL TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS

Kimyager Tolga VAROL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27 Aralık 2011

Tezin Savunulduğu Tarih: 7 Ocak 2012

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Ümit AY

(.....)


Üye

Yrd. Doç. Dr H. Aytekin ERGÜL Prof. Dr. Sabiha Manav Yalçın

(.....)


Üye

(.....)


KOCAELİ, 2012

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Su insanlar açısından hayati önem taşıyan bir kaynaktır. Temizlik, tarım, rekreasyon gibi bir çok amaçla kullanılan vazgeçilmez bir maddedir. Ancak zamanla doğal dengenin bozulmasından dolayı kullanılabilir su kaynaklarımız giderek azalmakta ve kirlenmektedir. Bu çalışmada, İzmit Körfezi deniz suyunda derinliğine göre ağır metal düzeyleri saptandı. Proje kapsamında Fe, Mn, Zn, Cu, Cd ve Pb olmak üzere altı adet ağır metal üzerine çalışıldı.

Öncelikle bana her zaman destek olan ve beni bugünlere getiren annem Ülkü VAROL ve babam Turan VAROL'a, hem bilimsel hem de hayat tecrübeleriyle bana farklı bir bakış açısı sağlayan ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında çok büyük emeği geçen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ümit AY'a, proje süresince vermiş olduğu destek için proje yürütücüsü Yrd. Doç. Dr. Halim Aytekin ERGÜL'e, Kocaeli Üniversitesi Araştırma Fonu'na, 107Y261 numaralı projeye maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen TUBİTAK'a, ayrıca deneysel çalışmalarım ve materyal araştırmalarım sırasında hiçbir yardımı esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ersel ÖZKAZANÇ ve Hatice ÖZKAZANÇ'a yardımlarından ötürü teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1:	Gerekli ve Toksik Elementler İçin Konsantrasyon ile Sağlığın İlişkisi..	10
Şekil 3.1:	İzmit Körfezi: Örnekleme İstasyonları	31
Şekil 4.1:	İzmit Körfezi Yaz 2008 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	35
Şekil 4.2:	İzmit Körfezi Yaz 2008 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	36
Şekil 4.3:	İzmit Körfezi Güz 2008 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Element Konsantrasyon Grafiği.....	36
Şekil 4.4:	İzmit Körfezi Güz 2008 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	37
Şekil 4.5:	İzmit Körfezi Kış 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	37
Şekil 4.6:	İzmit Körfezi Kış 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği Grafiği	38
Şekil 4.7:	İzmit Körfezi Bahar 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	38
Şekil 4.8:	İzmit Körfezi Bahar 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	39
Şekil 4.9:	İzmit Körfezi Yaz 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği Değişimleri	39
Şekil 4.10:	İzmit Körfezi Yaz 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	40
Şekil 4.11:	İzmit Körfezi Güz 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	40
Şekil 4.12:	İzmit Körfezi Güz 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	41
Şekil 4.13:	İzmit Körfezi Kış 2010 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	41
Şekil 4.14:	İzmit Körfezi Kış 2010 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	42
Şekil 4.15:	İzmit Körfezi Bahar 2010 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	42
Şekil 4.16:	İzmit Körfezi Bahar 2010 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği	43
Şekil 4.17:	Doğu Baseni Yüzey Sularında Cu, Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	43
Şekil 4.18:	Doğu Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	44
Şekil 4.19:	Merkez Baseni Yüzey Sularında Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	44
Şekil 4.20:	Merkez Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	45

Şekil 4.21: Batı Baseni Yüzey Sularında Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	45
Şekil 4.22: Batı Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	46
Şekil 4.23: Doğu Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	46
Şekil 4.24: Doğu Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	47
Şekil 4.25: Merkez Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	47
Şekil 4.26: Merkez Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri.....	48
Şekil 4.27: Batı Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	48
Şekil 4.28: Batı Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	49
Şekil 4.29: Doğu Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	49
Şekil 4.30: Doğu Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	50
Şekil 4.31: Merkez Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	50
Şekil 4.32: Merkez Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	51
Şekil 4.33: Batı Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri i.....	51
Şekil 4.34: Batı Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	52
Şekil 4.35: Merkez Baseni -50m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	52
Şekil 4.36: Merkez Baseni -50m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	53
Şekil 4.37: Batı Baseni -50m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	53
Şekil 4.38: Batı Baseni -50m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	54
Şekil 4.39: Merkez Baseni -80m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri.....	54
Şekil 4.40: Merkez Baseni -80m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	55
Şekil 4.41: Doğu Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	55
Şekil 4.42: Doğu Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunu Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	56

Şekil 4.43: Doğu Baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	56
Şekil 4.44: Doğu Baseninde Mn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	57
Şekil 4.45: Doğu Baseninde Pb Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	57
Şekil 4.46: Doğu Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	58
Şekil 4.47: Merkez Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	58
Şekil 4.48: Merkez Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	59
Şekil 4.49: Merkez Baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	59
Şekil 4.50: Merkez Baseninde Mn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	60
Şekil 4.51: Merkez Baseninde Pb Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	60
Şekil 4.52: Merkez Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	61
Şekil 4.53: Batı Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	61
Şekil 4.54: Batı Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	62
Şekil 4.55: Batı baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	62
Şekil 4.56: Batı Baseninde Mn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	63
Şekil 4.57: Batı Baseninde Pb Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	63
Şekil 4.58: Batı Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği	64

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Deniz Kirliliği	5
2.2. Deniz Kirliliği Kaynakları.....	6
2.3. Kirlenmenin Çevrede Sebep Olduğu Faktörler	7
2.4. Ağır Metallerin Kaynakları ve Sucul Yaşama Etkileri	8
2.5. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	11
2.5.1. Kadmiyum (Cd).....	11
2.5.2. Kurşun (Pb)	15
2.5.3. Çinko (Zn).....	17
2.5.4. Bakır (Cu).....	20
2.5.5. Demir (Fe).....	24
2.5.6. Mangan (Mn).....	26
2.6. Denizde Bulunan Metaller	28
3. MALZEME VE YÖNTEM	31
3.1. Örnekleme İstasyonları ve Materyal	31
3.2. Deniz Suyu Örneklerinin Toplanması ve Analizi	32
3.3. İnorganik Madde Analizleri	32
3.4. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi.....	33
3.4.1. AAS’de girişimler	33
3.4.2. AAS’de konsantrasyon tayinleri	34
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	35
4.1. Deniz Suyu Analizleri	35
4.2. Deniz Suyunda Metal Konsantrasyonlarının Basenlere ve Mevsimlere Göre Değişimi	43
4.3. Deniz Suyunda Metal Konsantrasyonlarının Derinliğe ve Mevsime Bağlı Değişim Grafikleri	55
4.4. Eser Element Verilerinin Değerlendirilmesi	64
4.5. Yapılmış Benzer Çalışmalar ve Sonuçları	67
4.6. Öneriler.....	69
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	74
ÖZGEÇMİŞ	78

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1: Temel Endüstrilerden Atılan Bazı Ağır Metal Türleri	3
Tablo 2.1: Atık Sularda Ağır Metal Bulunduran Çeşitli Endüstriler	9
Tablo 2.2: Canlı İçin Gerekli Bazı Eser Elementler ve Fonksiyonları	10
Tablo 2.3: Denizde Metallerin Bulunuş Şekilleri ve Miktarları	29
Tablo 2.4: Denizde Bulunan Bazı Metal Bileşikleri	29
Tablo 2.5: Metallerine Denize Girme Yolu ve Kirlilik Grupları	30
Tablo 3.1: Örnek Toplama Derinlikleri	31

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

g	:	Gram
km	:	Kilometre
km ²	:	Kilometrekare
l	:	Litre
m	:	Metre
m ³	:	Metreküp
µg	:	Mikrogram
mg	:	Miligram
mL	:	Mililitre
ppm	:	Milyonda bir kısım (1/1000000)
ppb	:	Milyarda bir kısım (1/1000000000)
ng	:	Nanogram

Kısaltmalar

FAAS	:	Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi)
GFAAS	:	Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi)
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü

İZMİT KÖRFEZİ DENİZ SUYUNDA DOĞU, MERKEZ VE BATI BASENLERİ SU KOLONLARINDA DERİNLİĞİNE GÖRE AĞIR METAL TAYİNİ

Tolga VAROL

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Derin Deniz Suyu, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi, AAS, GFAAS, FAAS, İzmit Körfezi

Özet: Bu çalışma İzmit Körfezi'nde ağır metallerin derin deniz suyu birikimleri ile ilgili bulguları içermektedir. Bu çalışmada körfez üç bölüme ayrılmıştır. Bu bölgeler; Doğu, Merkez ve Batı basenleridir. Bu çalışma kapsamında İzmit Körfezi'nde derinliğine göre ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışma Nisan 2008 ve Mayıs 2010 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Proje süresince altı adet metal araştırıldı. Bu metaller kurşun, kadmiyum, krom, demir, mangan ve çinko elementleridir. Her bir su örneğine sıvı sıvı ekstraksiyon metodu uygulandı. Daha sonra, metal düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi cihazı ile ölçüldü ve elde edilen bulgular ışığında İzmit Körfezi kirlilik durumu incelendi.

INVESTIGATION OF HEAVY METAL LEVELS ACCORDING TO THE DEPTH IN SEAWATER FROM THE GULF OF İZMİT

Tolga VAROL

Keywords: Heavy Metal, Deep Seawater, Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS, GFAAS, FAAS, Gulf of İzmit

Abstract: This Study contains the findings dealing with the deep seawater accumulations of heavy metals (Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn) from the İzmit Bay. In this study, the bay was divided into the three parts. These areas are, eastern, central and western basins. We aimed to determine levels of heavy metals according to the depth from the İzmit Bay at the scope of this study. Accordingly this study was performed between april 2008 and may 2010. Six pieces of metal were investigated during the Project. These metals are lead, cadmium, crom, iron, manganese and zinc elements. Liquid liquid extraction method was applied to each of the sea water samples. Then, the metal levels was measured with the atomic absorption spectrophotometer and the pollution status was evaluated in the Gulf of İzmit

1. GİRİŞ

Ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli tehlike çevre sorunlarıdır. Çevre sorunları ilk olarak kentsel yaşamın başlamasıyla ortaya çıkmıştır ve sanayileşme ile birlikte giderek artış göstermiştir. Çevre kirliliği zaman içerisinde sanayi atıkları ve kentsel atıklar ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren nüfus ile birlikte doğru orantılı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve ekosistemin bozulması giderek ciddi bir hal almaya başlamıştır [1]. Nitekim ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içerisinde hava ve toprağa göre en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım olarak bilinir. Kirleticilerin son durakları özellikle akuatik ortamlardır. Bu durum suların kalitesini bozarak suda yaşayan canlıların ve insanların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle çevre kirleticilerine karşı ilgi ve endişe giderek artış göstermektedir [2].

Tüm dünyada çevre kirliliğinin ayrılmaz parçası olan su kirliliği ve buna bağlı olarak da deniz kirliliği pek çok ülkenin üzerinde dikkatle çalıştığı bir konudur [3]. Çünkü atmosfer ve karaların çeşitli kaynaklarından gelen atıkların içerdiği, ağır metaller ve benzer kirleticiler gibi her türlü kirletici her geçen gün giderek artan oranda denizlerde sonlanmaktadır. Denizsel ortama giren bu kirletici maddeler doğal dengeyi bozarak buradaki canlı yaşamı etkilemekte ve besin zincirini oluşturan canlılar üzerinden de insan sağlığını etkilemektedir [4].

Doğal dengeyi bozan bu kirleticileri organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol, türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve yapay ısı olarak kabaca sınıflandırabiliriz. Kirliliği ise fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç gruba ayırabiliriz. Kimyasal kirlilik doğaya kasıtlı ya da kasıtsız olarak atılan kimyasal maddeler ve endüstriyel atıkların oluşturduğu kirliliktir. Boyalar, deterjanlar, pestisitler ve petrol ürünleri kimyasal kirliliğe örnek olarak gösterilebilir. Bir kimyasal kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği; endüstriyel atıklar,

pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama bulaşabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmeleri nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar [1].

Çeşitli atıklar içersinde değişik yollarla denizlere gelen kirleticilerin en önemlileri ortamda uzun süre kalan ve toksik olan kimyasal maddeler ve türevleridir. Bu kimyasalların başında ağır metaller gelir. Ağır metallerin bazıları ortamda belirli bir sınır değerde bulunduklarında organizmaların yaşamsal etkilerini olumlu yönde etkilemektedir buna karşın bu sınır değerin üzerinde vücuda alındığı zaman bireyin biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek besin zinciri organizmaları arasında dengenin bozulmasına neden olmaktadır [5].

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz için su kaynaklarının hem sosyal hem de ekonomik açıdan kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden deniz kirliliğinin önlenerek kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu da ancak kirleticilerin izlenmesi ve kaynaklarının belirlenmesi ile sağlanabilir.

Normal şartlarda, Cıva (Hg) hariç, katı olan, ısı ve elektriği iletebilen, levha ve tel haline gelebilen, metalik bir renk parlaklığına sahip olan, elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde bulunan $[H]^+$ ile yer değiştirebilen ve yoğunluğu $5g/cm^3$ 'den büyük olan metaller ağır metal olarak adlandırılır. Doğada bulunan bu metallerin bir bölümü insan yaşamı için elzem elementlerdendir [1,2].

Ağır metaller, doğal kaynaklarda eser oranda bulunurken, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda bu doğal kaynaklardaki düzeyleri artış göstermektedir. Yapılan bilimsel araştırmalar, selenyum, demir, mangan, kobalt, gibi elementlerin yer kabuğundan doğal olarak suya karıştıklarını, magnezyum kalsiyum, potasyumun deniz suyunun doğal bileşiminde olup, hava ortamında deniz suyundan geçtiklerini, buna karşılık çinko, bakır, kadmiyum, cıva, antimon, arsenik, gümüş, krom ve kurşun gibi toksik etkisi yüksek elementlerin insan kaynaklı faaliyetler sonucu alıcı ortama ulaştıklarını göstermektedir[6].

Bu çevre kirleticilerin çevreye yayılmasındaki en önemli etken endüstriyel kaynaklı faaliyetlerdir. Tablo 1.1'de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir. Havaya salınan ağır metaller, karaya ve buradan bitki ve doğal su kaynaklarına ulaşarak insanlar ve hayvanlar üzerinden zararlı etki yaparlar. Ayrıca

endüstriyel atık sularının içme sularına karışması veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin atmosfere karışarak toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine ulaşır ve böylece doğrudan canlılar için büyük bir tehdit oluşturmuş olur [7].

Tablo 1.1 Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri[7].

Endüstri	Kadmiyum	Krom	Bakır	Cıva	Kurşun	Nikel	Kalay	Çinko
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metaller biyolojik proseslere katılıp katılmamalarına göre yaşamsal ve yaşamsal olmayanlar olarak sınıflandırılır. Yaşamsal olanlar organizmanın yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunan ve yaşamsal aktivitelerde kullanılanlardır. Bunların düzenli olarak alınmaları gerekir. Yaşamsal olmayanlar çok küçük düzeylerde dahi canlı organizmayı etkileyerek birçok sağlık problemine neden olabilirler. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan canlıyla bağlantılıdır. Örneğin, nikel ağır metali bitkiler açısından toksik etki gösterir ancak hayvanlarda iz element olarak bulunması gereken bir metaldir[7].

Metaller derişim sınırlarının üzerine çıktıklarında toksik etki yaratırlar. Bununla beraber ağır metaller canlı üzerinde sadece derişime bağlı olarak etki yapmazlar. Etkileri canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır. Bu faktörler, metal iyonunun çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı gibi faktörlerdir. Dolayısıyla özellikle düzenli ve bol miktarda tüketildiği için içme suları ve yiyeceklerdeki ağır metal değerleri için standart sınırlamalar koyulmuştur [7].

Suda yaşayan birçok canlı organizma, çevredeki poliklorlu bifenil, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve ağır metaller gibi kirleticilerin biyomagnifikasyonu ve biriktirme yeteneğine sahiptir. Akuatik organizmalar ağır metallerin biyoindikatörü ve depolayıcısıdır [8]. Ağır metaller beslenme zinciri içerisinde üst seviyelere

doğru birikme eğilimindedirler bu olaya biyomagnifikasyon denir [9,10]. Dolayısıyla bu canlılar üzerinde yapılan araştırmalar son yıllarda giderek artmakta olup çevresel tehlike ve riskler hakkında önemli bilgiler vermektedir [11]. Ayrıca bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek artan bir konsantrasyonda, besin zincirinin üst tabakalarına kadar taşınır ve besin zincirinin üst katmanlarındaki canlılar için tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir[8].

Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler, kompleks yapılar şeklinde absorbe olarak özellikle sedimentlerde birikme eğilimindedirler [12]. Dolayısıyla bilim insanlarının ağır metallerin üzerine yoğunlaştığı bir başka noktada ağır metallerin sedimentlerdeki miktarlarıdır. Sedimentler bu kirleticileri depolar ve uzun süre bünyesinde muhafaza ederler. Bu nedenle kontamine sedimentlerin çevre üzerine etkileri ve etkilerin araştırılması uzun bir süreci kapsamaktadır[13]. Kontamine sedimentler ekosistemin yalnızca bir bölümü olmakla birlikte, bazı akuatik ekosistemlerde kontamine sedimentler ekosistem sağlığını tehdit eden büyük bir stres kaynağıdır. Kontamine olmuş sedimentlerden, sedimentin içinde ve üzerinde yer alan su kesimine kirleticilerin salınması, su ve su canlıları üzerinde çevresel bir tehlike ve risk faktörü oluşturmaktadır[14].

Ağır metaller çevreye karıştıkları anda çok geniş bir alana yayılmaları söz konusu. Endüstriyel atıklarla birlikte doğaya salınan ağır metaller önce sulara ve daha sonra akuatik canlılar ve toprak kaynaklarına karışıyor. Bu yolla besin zincirine etki ederek bütün canlılar için ciddi bir sorun haline geliyor.

Bu çalışma İzmit Körfezi üzerine yerleşmiş ve bu bölgede sanayi ile yaşamın bir arada olduğu bazı istasyonlar belirlenerek, bu istasyonlardan belirli aralıklarla, belirli derinliklerde alınan su örneklerinde ağır metal kirliliğinin mevsimsel ve derinlik açısından değişiminin izlenmesini konu almaktadır. Altı adet metal üzerine odaklanılmıştır. Bunlar, demir, mangan, çinko, bakır, kadmiyum ve kurşun elementleridir. Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve mevcut standartlara göre karşılaştırılması ile İzmit Körfezinde ağır metal kirliliğinin mevcut durumu hakkında bilgi sağlamayı amaçlamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Deniz Kirliliği

Deniz kirliliği çevre kirliliğinin önemli bir parçasıdır. Karaya, nehirlerle, atmosfere bırakılan her türlü kirleticinin son durağı denizdir. Malzeme üretimi, kullanımı ve enerji üretimi sonucu denizlere binlerce madde karışmaktadır. Bunların büyük bir kısmı denizlere tamamen yabancısıdır. Bir diğer kısmı ise, denizlerde doğal olarak bulunan maddeler olmalarına karşın, derişim artışı nedeniyle doğal dengeyi bozmaktadır. Denizlere bırakılan binlerce kirletici maddenin büyük bir kısmı istenmeyen zararlara neden olmaktadır. Bu maddelerin dolaylı ya da dolaysız yollarla oluşan etkileri, canlıların ölümü sonuçlanmakta ya da ileri düzeyde sağlık problemlerini ortaya çıkartmaktadır. Deniz içinde canlı ve cansız pek çok ögenin etkileşiminden meydana gelen ekosistemde, üretici, tüketici, çürütücü canlıların aktiviteleri, çevrenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenecek çevredeki değişimlere uyacak şekilde önlemler almaktadır. Bu kapsamda çok büyük ve köklü değişme ve bozulmaların önlenmesi için doğa bir dizi savunma mekanizması geliştirmektedir. Denizlerde bu mekanizmalar çok güçlü olmakla beraber, deniz ve kıyı kirlenmesi, doğal dengenin insan eliyle bozulduğu savunma mekanizmalarının yetersiz kaldığı bölgelerde karşımıza çıkar[10].

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, deniz kirliliği çok büyük önem taşımaktadır. Sahip olduğumuz su ürünlerinin yanı sıra, rekreasyon ve turizm açısından denizlerimiz daha büyük bir önem taşıyor. Denizlerimizi kirlenmeden mutlaka korumamız gerekmektedir. Ancak endüstri, deniz taşımacılığı, şehirleşme, direkt atık boşaltılması ve ciddi kazalardan dolayı her geçen gün denizlerimiz hızla kirlenmeye devam ediyor. Örneğin 1988 yılında kökeni bilinmeyen ve tehlikeli atık bulunduran varillerin Sinop sahillerinde karaya vurması, 2005 yılında Atakum/Samsun sahilinde kanalizasyon kökenli kirliliğin yarattığı büyük problemler, İstanbul Boğazında meydana gelen tanker kazaları. Günümüzde artık denizlerimiz alarm veriyor. Deniz kirliliğinin en büyük göstergesi, denizlerdeki balık çeşitlerinin azalması, deniz suyu

sebebiyle ortaya çıkan hastalıkların artması ve deniz suyundaki kimyevi madde düzeyinin artış göstermesidir [10].

2.2. Deniz Kirliliği Kaynakları

Denizlerin taşımacılık ve turizm amacıyla kullanılması, evsel, endüstriyel atıkların arıtılmadan ya da kısmen arıtılarak denize atılması, deniz kazaları sonucu ortaya çıkan petrol ve kirletici akıntıları, akarsulardan denizlere ulaşan tarımsal atıklar, kirlenmeyi oluşturan başlıca etkenlerdir. Kirleticiler üç kaynaklıdır[15];

- Sabit nokta kaynaklı kirleticiler,
- Değişen nokta kaynaklı kirleticiler,
- Dağınık nokta kaynaklı kirleticiler.

Sabit nokta kaynaklı kirleticiler, kentsel atıkların bırakıldığı kanalizasyon çıkış noktaları veya endüstriyel kuruluşların bıraktıkları atık deşarj noktaları gibi sürekli veya kesikli deşarj yapılan kaynaklardır. Su kirliliğinin en önemli etkenlerinden olan evsel ve endüstriyel atık sularının arıtılması ile ilgili durum incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmektedir ;

- Endüstriyel işletmelerde arıtma tesisine sahip işletmeler sadece %9'dur.
- Özel sektörün %16'sının, kamu sektörünün ise %84'ünün arıtma tesisi bulunmamaktadır.
- Ülkemizde faaliyette bulunan organize sanayi bölgelerinden sadece %14'ünde arıtma tesisi bulunmaktadır.
- Ülkemizdeki turistik tesislerin %81'inde arıtma tesisi bulunmaktadır.
- 3000 civarı belediyenin bulunduğu ülkemizde 141 belediyenin kanalizasyon sistemi vardır, bununda sadece 43 tanesinin arıtma tesisi bulunmaktadır. Yani kanalizasyon sularının %98.67'si hiç arıtılmadan ırmaklara, göllere ve denizlere bırakılmaktadır.
- Ülkemizdeki endüstri kuruluşlarının %98'inde arıtma tesisi bulunmamakta olanların bir kısmı ise yetersiz veya çalışmaz durumdadır.

Endüstrinin ürettiği zehirli ve ağır metaller içeren atık sulara gelince; yılda 930 milyon metreküp endüstriyel atık suyun sadece %22'si arıtmakta, %78'i ise arıtılmadan doğrudan su kaynaklarına verilmektedir.

Değişen nokta kaynaklı kirleticiler; bu kaynaklardaki farklılık deşarj noktalarının zaman içersinde coğrafi konumunun değişmesidir. Değişen nokta kaynaklar için en belirgin örnekler şunlardır;

- Denizlerde kurulmuş bulunan platform ve boru hatlarından oluşan sızıntılar,
- Gemiler ve diğer deniz araçlarından oluşan kirlilik (petrol, yağ atıkları, tehlikeli atıklar, atık sular, katı atıklar),
- Askeri etkinlikler (silahlı kuvvetler ve Nato Gücü'nün ülkemiz sularında gerçek mermi ve silahlarla tatbikat yapması gibi),
- Deniz kazaları ve Su ürünleri elde edilmesi sırasında oluşan kirlilik, sonucu kirlenmektedir.

Dağınık nokta kaynaklı kirleticiler; karalardan denizlere dökülen sular ile taşıma veya atmosferik çökelekler ile yağmurlarla denize ulaşan kirleticiler olarak gruplandırılmaktadır [16]. Tarımsal alanlarda erozyon sonucu akarsularla denize karışan toprak ve diğer kirleticiler bu gruba dâhil edilebilir. Tarım alanlarından her yıl önemli miktarlarda toprak, erozyon yoluyla denizlere taşınmaktadır. Denizlere sadece toprak değil, tarımsal faaliyetler sonucu akarsulara karışan pestisit ve gübre gibi kimyasal atıklar da taşınmaktadır.

2.3. Kirlenmenin Çevrede Sebep Olduğu Etkiler

Çeşitli nedenler ile oluşan kirlenmenin sonucunda insan sağlığı, su ürünleri, turizm ve ekonomik açısından kayıplar meydana gelmektedir. Bu etkiler;

- Denizlerde biyolojik çeşitlilik azalır ve bunun sonucunda besin zincirindeki protein açıkları artarak doğal denge bozulur.
- Protein ihtiyacının karşılanmasında önemli yeri olan balık üretimi, 1980 yıllarda 500.000 ton iken, günümüzde bu rakam 100.000 ton'a kadar gerilemiştir. Bunun

sonucu oluşan gıda eksikliği ve ekonomik kayıplar her geçen gün kirlenme ile orantılı olarak artmaktadır [10].

- Kirliliği bertaraf edebilen deniz ürünleri bu kirleticileri biriktirirler, bu da kirliliğin besin zincirinin st seviyelerine kadar çıkmasını sağlayarak insan sağlığını tehdit eder.
- Kirli denizlerin kıyılarındaki plajlarda deniz suyunun içerdiği bakterilerin kısa sürede çokluğu, insanların hemen belirtisini görmediği hastalıklara neden olur [17].
- Deniz kirliliği nedeniyle turizm de büyük ölçüde gerilemektedir.

Çeşitli atıklar içinde değişik yollarla denizlere gelen kirleticilerin en önemlileri ortamda uzun süre kalan ve toksik olan kimyasal maddeler ve türevleridir [4]. Bu kimyasal maddelerden ağır metaller deniz ortamında eser halinde bulunmalarına karşılık, organizmalardaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır. Ağır metaller evre kirlenmesine neden olmalarından ve çok düşük yoğunlukta bile deniz organizmalarına ve dolayısıyla canlılara zehirleyici etki gösterdiğinden deniz ekosisteminde sürekli bir etki göstermektedir. Çağımızda endüstrinin hızla gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak, ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır [18].

2.4. Ağır Metallerin Kaynakları ve Sucul Yaşama Etkileri

Ağır metaller genellikle çok düşük konsantrasyon seviyelerinde tatlı su ve denizde doğal bileşen olarak bulunmaktadır. İnsan aktiviteleriyle pek çok doğal su sistemlerinde metal iyonlarının seviyeleri kaçınılmaz şekilde artmıştır. Madencilik, denizde petrol ve gaz araştırmaları, endüstri (tekstil, deri, boya, gübre, ilaç vb.) ve evsel atıklar, tarımsal akışlar, asit yağmurları gibi etkilerin tümü doğal suların metal miktarına katkı sağlayarak artırır ve bu kirleticiler sonunda sucul sedimanla birleşmektedir [19].

Gelişmekte olan ülkelerde bu nedenlerden en çok endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar katkı sağlamaktadır. Çünkü bu ülkelerde atıklar arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Maalesef lkemiz içinde aynı durum geçerlidir. Endüstrinin ürettiği zehirli ve ağır metaller içeren atık sulara bakıldığında; yılda 930 milyon metreküp endüstriyel atık suyun sadece %22'si arıtılmakta, %78'i ise

arıtılmaksızın doğrudan göl, ırmak ve denizlere verilmektedir. Atıksularında ağır metal bulunduran endüstriler Tablo 2.1’de verilmiştir [20].

Tablo 2.1: Atık sularında Ağır Metal Bulunduran Çeşitli Endüstriler [20].

Sektör Ağır Metal	Otomotiv	Azotlu Gübre	Cam	Çimento	Deri	Metal	Plastik Madde	Termik Santral	Tekstil
Krom	X	X	X	X	X	X		X	X
Siyanür	X					X	X		
Bakır	X		X			X		X	
Nikel	X					X			
Demir	X		X	X		X	X	X	
Çinko	X	X	X	X		X	X	X	
Kalay	X		X						
Kurşun	X					X			
Kadmium	X					X			

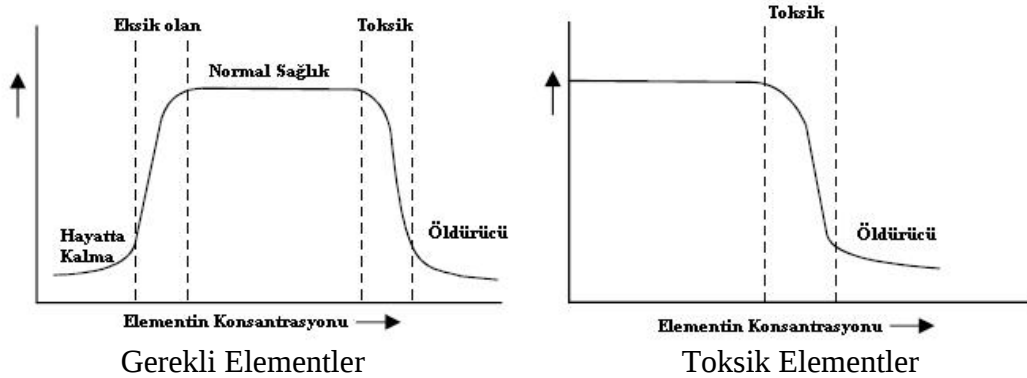
Ağır metaller; su kaynaklarına, endüstriyel ve evsel atıklarla veya doğada mevcut olan metallerin asit yağmurların etkisiyle çözülmesi ve çözülen metallerin ırmak, nehir, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçmektedir. Sulara taşınan metaller seyrelerek veya karbonat, sülfat, sülfür ile katı bileşik oluşturup su tabanına çökerek devamlılığını sağlamaktadır. Hatta ortama bir şekilde giren bu metaller biyolojik olarak parçalanamadıklarından dolayı zamanla birikmektedirler. Bu yüzden gerek doğal yolla gerekse insan aktiviteleri sonucu su, hava ve toprak ortamına geçen metaller bitki hayvan besin zinciri yoluyla insanlara, insan ve hayvan atıklarıyla tekrar çevre girerek çevrimini devam ettirmektedirler [21].

Organizmanın su, hava ve besin zinciri yoluyla bünyelerine aldıkları metallerin bazıları “gerekli metaller olup” canlı yaşam için gerekli elementlerdir. Bunlar Ca, Cl, Co, Cu, F, I, K, Mg, Mn, Mo, Na, Si ve V olup canlıların metabolizma ve fizyolojik aktivitelerinde önemli rol oynar [19]. Tablo 2,2’de canlı için gerekli bazı eser elementler ve fonksiyonları verilmiştir.

Tablo 2.2: Canlı için Gerekli Bazı Eser Elementler ve Fonksiyonları

ESER ELEMENT	FONKSİYONU
Bakır	Hemosiyainde bulunur ve oksitleyici enzimler için gereklidir.
Çinko	Birçok enzimi aktivite eder.
Demir	Canlı için en önemli geçiş elementidir; hemoglobin ve enzimlerde bulunur.
Kalay	Fonksiyonu tam olarak bilinmemekle beraber fareler için gereklidir.
Kobalt	Birçok enzimi aktive eder ve vitamin B 12’de bulunur.
Krom	Gelişmiş hayvanlarda bulunur ve insülini aktive eder.
Mangan	Birçok enzimi aktive eder.
Molibden	Bazı enzimleri aktive eder.
Vanadyum	İlkel bitkilerde, deniz hayvanlarında ve insanda bulunur.

Gerekli metallerin belirli konsantrasyonları canlı için yararlı etki gösterirken, belirli bir eşik seviyesinden sonra canlı için zararlı etkiler ortaya çıkmaktadır. Pb, Cd, Hg ve Cr gibi ağır metaller ise artan konsantrasyonlarda vücuda zararlı etkiler meydana getirmektedir (Şekil 2.1) [19].



Şekil 2.1: Gerekli ve Toksik Elementler İçin Konsantrasyon ile Sağlık İlişkisi [19].

Ağır metallerin toksisitesi jeokimyasal biçim, hedef organizmanın fizyolojisi gibi bazı faktörlerden etkilenir ve toksik etkiler değişebilmektedir. Bu faktörler arasında en önemlileri [19];

- Ortamdaki metalin kimyasal özelliğine,

- Diğer metallerin ve toksik maddelerin varlığı,
- Çevresel şartlara,
- Maruz kalan organizmanın durumu ve
- Maruz kalma miktarıdır.

Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamaları ana sistemler açısından ele aldığımızda kimyasal reaksiyonlara etki edenler, fizyolojik ve taşıyım sistemlerine etki edenler, kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki edenler, alerjen olarak etki edenler ve spesifik etki edenler olarak sıralamak mümkündür.

Bu çalışma İzmit körfezinden alınan deniz suyu, kurşun, bakır, çinko, kadmiyum, demir, mangan metalleri belirlenerek ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu metaller canlı organizmalar üzerindeki toksik etkisinden ve deniz örneklerinde ölçülebilir seviyelerde olduğu için seçilmiştir.

2.5. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

Ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri sucul ortamdaki birikim ve etkilerini belirlemektedir. Bu nedenle bu elementlerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir [1].

2.5.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı 112,4 g/mol, 200 °C deki yoğunluğu 8,7g/cm³, erime noktası 321 °C, kaynama noktası 767 °C olan parlak, gümüş renkli, yumuşak ve şekil verilmesi kolay bir metaldir. Kadmiyum hafif mavimsi ve bir bıçakla kesilebilecek kadar yumuşaktır fakat hava ile temas ettiğinde matlaşır. Asitte çözünür fakat bazlara karşı dirençlidir. Yapı olarak çinkoya benzer fakat çok daha kompleks bileşikler meydana getirir [22].

Endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan bir metal olan kadmiyum, çinko üretimi esnasında elde edilen bir metaldir. Çinko üretimiyle birlikte yaygınlaşmaya kadar hava, su ve yiyeceklerle doğal olarak fazla miktarda karışmamıştır. Kadmiyumun

diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır. Kadmiyumun doğadaki konsantrasyonu 0,1-0,5 mg/kg civarındadır [1,7].

Kadmiyum endüstride nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı dayanıklı olması nedeniyle gemi yapımında kullanılan çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak alaşımlarda ve elektronik sanayinde, fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur. Bu ürünlerin kullanımı sonucu doğada kadmiyum kirliliği ortaya çıkar.. Kadmiyumun dünyadaki yıllık olarak çevreye yayılım miktarı 25.000-30.000 ton civarında olup bunun büyük bölümü insan faaliyetleri sonucu olmaktadır [7].

Pek çok organizma için toksik olan kadmiyum direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak hem bitkisel hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur [1].

Özellikle mantarlar basta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindirler. Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme oranı en yüksek olanıdır. Bu nedenle doğada yayılım oranı oldukça yüksektir. Kadmiyum suda çözünebilmesi nedeniyle Cd^{+2} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sisteme alınır ve akümülyasyon özelliğine sahiptir. Kadmiyum kursun ve civanın aksine plasenta ya da kan yoluyla bulaşmadığı için insan vücudunda doğum esnasında hiç bulunmaz fakat ilerleyen yaşla birlikte artış göstererek 50'li yaşlarda maksimuma ulaşır ve daha sonraki yaşlarda azalan bir grafik izler. Normal olarak vücudumuzda 40mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40µg'a kadar vücuttan atılabilmektedir [23].

Kadmiyum vücutta %20 gibi çok iyi olmayan bir oranda absorbe ediliyor olsa bile bu diğer birçok metale göre oldukça yüksektir. Kadmiyum içeriği 0,01 mg/m³ olan hava günden fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliklerine neden olabilir. Çünkü kadmiyum bileşikleri genellikle böbrek ve akciğerlerde birikirler ve ilerleyen yaşlarda böbreklerde meydana gelen bu birikim yüksek tansiyona da sebep olabilir. Kısa süreli 0,05 mg/kg düzeyindeki kadmiyum alımı mide rahatsızlığına neden olurken, aynı düzeyde kadmiyumun 14 günden fazla alımında böbrek ve kemiklerde problemlere yol açar [7].

Dünyada kitlesel Cd zehirlenmesi ile ilgili ilk rapor edilen vakaya Japonya'nın Toyoma kentinde 1950'de karşılaşılmıştır. Dünya literatürüne popüler olarak tai-tai (ah! ah! toksikasyona maruz kalan bireyin bu şekilde ızdırap çekip inlemesinden esinlenerek) hastalığı olarak geçmiştir. Cd zehirlenmesi kemiklerde yumuşamaya ve böbrek sorunlarına yol açmaktadır. tai-itai hastalığı, Japonya'da ortaya çıkan 4 önemli su kirlenmesi nedenli hastalıktan biridir. Toksikasyona neden olan Cd dağlık alanlarda yer alan maden işletmelerinden kaynaklanmaktadır. [24].

Cd zehirlenmesi nedeniyle nehirde balıklar ölmeye başlamış, bu nehrin suyu ile sulanan pirinç tarlalarında pirinçlerde büyüme gerilemesi görülmüştür. Cd ve diğer ağır metaller nehir taban çamurunda ve suda birikmektedir. Bu su daha sonra pirinç sulamada kullanılmaktadır. Pirinç sudaki ağır metalleri özellikle de kadmiyumu absorbe etmektedir. Cd ile kontamine olmuş pirinçleri tüketen insanların vücudunda da Cd birikmektedir [24].

Zarar gören halk, Mitsui Madencilikten kirlenme nedeniyle şikâyetçi olmuştur. Bunun üzerine şirket madencilik atıklarının depolandığı bir toplama alanı inşa etmiş ve atıkları bu alanda toplayıp işlemden geçirdikten sonra nehre deşarjını yapmıştır. Ancak oldukça geç kalındığı için bölgedeki halkın çoğu zaten hastalanmış durumdaydı. Zehirlenmenin mahiyeti 1946 yılına kadar iyi anlaşılamamış, muhtemelen bir bakteri çeşidinin yol açtığı bölgesel bir hastalık olarak değerlendirilmiştir. Hastalığın kesin nedenini belirlemek için 1940 ve 1950 li yıllarda tıbbi tetkikler yapılmıştır. Başlangıçta sebep kursun zehirlenmesi olarak tahmin edilmiştir. Ancak 1955'te Dr. Ogino ve arkadaşları hastalık etkeninin Cd olduğunu ortaya koymuştur. Daha sonra çalımsalar devam etmiş olup 1968 de Sağlık Bakanlığı kadmiyumdan kaynaklanan "itai itai" hastalığının semptomları üzerine bir rapor yayınlamıştır. Bu süreçte sudaki Cd seviyelerinin düşürülmesi hastalık kurbanlarının sayısını azaltmış ancak Toyoma dışından başka kentlerden de hastalığa yakalananlar ortaya çıkmaya başlamıştır [24].

Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmelerde halsizlik, bas ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrı ile birlikte kusma ilk 24 saatte ortaya çıkarak 3. gün en şiddetli konuma ulaşır ve bir hafta içerisinde tekrar alınmazsa kendiliğinden ortadan kalkar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ise akciğer ve prostat kanseri olgusu görülür. Kronik kadmiyum zehirlenmesi böbrek hasarı ile baslar ve idrarda düşük

moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alımı (60-480 µg/gböbrek) kuşlar dahil tüm canlılarda böbrek üzerinde tahrip edici bir etki gösterir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklarda görülür. Ayrıca kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku alma yetisinin yitilmesi de görülmektedir [7].

Kadmiyum doğal koşullarda doğal sularda çok düşük konsantrasyonlarda bulunur. Kadmiyum sularda aşırı miktarlarda hatta düşük konsantrasyonlarda bile bulunduğu akuatik organizmalar için şiddetli toksik etki yapabilir [25].

Kadmiyumun sulardaki kirlilik kaynakları çok çeşitlidir. Fakat genellikle elektro kaplama fabrikaları baş sorumlu olarak kabul edilir. Bunun yanında ikinci el metallerin yeniden değerlendirilmesi işlemleri, motorlu taşıtlardan atılan aerosoller, boya fabrikaları, pek çok kimya endüstrisi de kadmiyum kaynakları arasındadır. Hatta bazen lağımalar bile yüksek oranlarda kadmiyum içerebilmektedirler. Ayrıca tarım (gübre ve pestisitler), fosil yakıtların yanması, kurşun madenciliği ve çinko eritme işlemlerinin de kadmiyum kirliliğine etkisi vardır [25].

Kadmiyum endüstriyel deşarjlar nedeniyle doğal sularda yaygın olarak bulunur ve sucul canlılar üzerine olumsuz etkiler meydana getirir. Genellikle balıklar kadmiyum toksisitesine karşı oldukça hassastırlar fakat sazan, tatlı su levreği ve tilapia gibi bazı türler kadmiyum belirli yüksek seviyelere kadar göz ardı edebilirler. Kadmiyumun sucul canlılar üzerindeki başlıca etkileri şunlardır [25].

- Çinko ve kalsiyum gibi esansiyel metallerle rekabet ederek bu metallerin işlevlerini yerine getirmesine engel olur.
- Yapısal proteinler ve enzimlerin normal fonksiyonları için esansiyel olan sülfidril gruplarını bloke ederek enzim faaliyetlerine zarar verir.
- Balığın hücre zarlarının geçirgenliğini etkileyerek ve solungaçlarında yapısal hasarlar meydana getirerek iyon dengesini bozar.
- Larvalarda şekil bozukluklarına ve ölümlere neden olur.

- Perikardiyal ve abdominal ödemler, kısalmış veya bozulmuş kuyruk yüzgeci ve sapları, küçük bas oluşumu (microcephalia) ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olur.
- Kan pıhtılaşması ve kan dolaşımında azalmaya neden olur.
- Oksijen kullanımında azalmaya neden olarak solunumu etkiler.
- Pigment formasyonunu etkileyerek vücuttaki renk ve lekelerde azalmaya neden olur.

Dünya sağlık örgütüne göre kadmiyum 1. sınıf kanserojen maddelerdendir [7]. Bu nedenle kadmiyumun içme sularındaki maksimum kontaminasyon seviyesi TSE'ye göre 0,003 mg/L'yi [26], EPA' ya göre (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) 0,005 mg/L'yi geçmemelidir [26].

2.5.2. Kurşun (Pb)

Kurşun atom numarası 82, atom ağırlığı 207,2 g/mol, yoğunluğu 11,34 g/cm³, erime noktası 327 °C, kaynama noktası 1755 °C, olan periyodik cetvelin 4A grubuna ait bir metaldir. Kurşun parlak mavimsi bir metaldir. Çok yumuşak olduğundan kolayca dövülebilir, sekilendirilebilir ve nispeten zayıf bir iletkenliğe sahiptir. Korozyona dayanıklıdır fakat havayla temas ettiğinde yüzeyi kararır. Doğada daha çok galen adı verilen kurşun sülfür şeklinde veya demir, çinko, bakır, antimon ve gümüşle bileşik halinde bulunur [7,27,28].

Kurşunun tarihi yaklaşık 8000 yıl öncesinde gümüş üretimi esnasında keşfedilmesiyle başlamıştır. Daha sonra Roma imparatorluğu zamanında su boruları ve saklama haznelerinde kullanılmıştır. Hatta bazı tarihçi ve bilim adamlarına göre Roma İmparatorluğu'nun çöküşü kurşun kullanımı nedeniyle yönetici sınıfında meydana gelen düşünme kapasitesinin düşmesi, doğum oranının azalması ve yaşam süresinin ksalmasına bağlanmaktadır [7].

Günümüzde kurşun saf metal olarak levha, yapı metalleri, tel ve kablo imalatında, bileşik olarak ise; boya imalatında kurşun klorür, nemlenmeye karsın astar boya olarak sülüğen, patlayıcı fitili olarak kurşun dioksit, kauçuk sanayinde kurşun beyazı,

motorlarda patlama engelleyici olması nedeniyle benzinde tetraetil ve tetrametil olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [27].

Dünyada en yaygın kursun kullanımı Kuzey Amerika'da olup yıllık üretim miktarı yaklaşık 1.300.000 tondur. Bu kullanım miktarı nedeniyle atmosfere atılan miktar yıllık yaklaşık 600.000 ton civarındadır [7].

İnsan vücudundaki kursun miktarı yaklaşık olarak 125-200 mg civarındadır. İnsan günde yaklaşık 1-2 mg kadar kursunu atabilmektedir. Birçok insanın maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmektedir. Yapılan araştırmalar günümüz insanının vücudunda atalarımızınkinden 500-1000 kat daha fazla kursun bulunduğunu göstermektedir [7].

Kursun düşük dozlardaki maruz kalmalarda bile zararlı etki gösterebilmektedir. Yakın zamana kadar zararsız olduğu düşünülen düşük dozda kursunun büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı ve zarar verici özellikte olduğu son zamanlarda kabul edilmektedir [27].

Bilindiği kadarıyla kursunun insan vücudunda esansiyel bir görevi yoktur. Kursun su, hava ve yiyecekler vasıtasıyla insan vücuduna geçerek birçok istenmeyen etkiye neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır;

- Hemoglobin biyosentezinde aksama ve anemi
- Kan basıncında artış
- Karaciğer hasarı
- Hafif Abortus (Yavru atma) ve çocuk düşürme
- Sinir sisteminde aksama
- Beyin hasarı
- Sperm hasarı yüzünden erkeklerin döl veriminde azalma
- Çocuklarda öğrenme yetilerinde azalma

Annenin plasentasından çocuğa geçebilme özelliği nedeniyle doğmamış çocukların beyinlerinde ve sinir sistemlerinde ciddi hasarlar meydana getirebilir [28].

Ayrıca yüksek miktarlarda ve tekrarlanarak alınan kursun sinir sistemi hasarına bağlı intoksikasyon, koma, solunum durması hatta ölüme bile yol açabilir [27].

Kursunun su canlılarında bilinen esansiyel bir görevi olmadığı gibi çoğu zaman düşük konsantrasyonlarda bile toksik özelliğe sahiptir. Kursun su canlılarının yaşadığı ortamda bulunduğu takdirde canlının vücuduna geçerek çeşitli istenmeyen etkilere neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır [25].

- Yumurtlamayı etkileyerek çok düşük konsantrasyonlarda bile yumurtadan çıkma oranını azaltır.
- Özellikle pre-larval ve larval dönemlerde yumurta sarısının emilmesine neden olur.
- Gonadal fonksiyonları etkileyerek üreme potansiyelini değiştirir. Kortikosteroid seviyesini yükselterek yumurtlamayı hızlandırır. Bunun neticesinde yumurtalarda gelişim bozuklukları görülür.
- Bas bölgesinde sekil bozukluklarına neden olur.
- Kalp çalışsa bile kan sirkülasyonunu engeller.
- Ovaryumlarda gerileme ve küçülme sonucu yumurta sayısında azalmaya neden olur.

Kursun çevrede doğal olarak bulunur, bununla birlikte çevrede bulunan kursun konsantrasyonlarının çoğu insan faaliyetlerinin sonucudur [28]. Dünya sağlık örgütü tarafından kanserojen olduğu bildirilmektedir [29]. EPA' ya göre içme sularında 15 µg/L' den [26], TSE 266'ya göre ise 10 µg/L' den fazla olmamalıdır [30].

2.5.3. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65,37 gr/mol, yoğunluğu 20 °C'de 7,11gr/cm³, erime noktası 420 °C, kaynama noktası 970 °C olan ve 10 adet izotopu bulunan bir metaldir [31].

Çinko cevherlerden yapılan bakır bazlı alaşımların üretilmesiyle ortaya çıkmış olmasına rağmen ilk üretimine dair kesin bir bilgi yoktur. Çinlilerin M.Ö. 1000'li yıllarda metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Günümüzde miktar olarak en

çok üretilen üçüncü metal konumunda olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm'dir [23].

Çinko doğal olarak hava, su ve toprakta bulunur. Ancak insan faaliyetleri sonucu ekosistemlere girmesi konsantrasyonunun artmasına neden olur. Çinko, madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik etkenlerle çok geniş alanlara yayılabilir. Ekosistemlere Çinko yüklemesi daha çok madencilik, kömür ve atık madde yakılması, demir-çelik işleme sanayiden kaynaklanmaktadır [31].

Çinko demire oranla daha elektronegatif olduğundan korozyona karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle en yaygın kullanım alanı konstrüksiyon malzemesi olarak çelik kaplamadır. Ayrıca düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılır. Çinko beyazı olarak bilinen Çinko Oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılır [23]. Çinkonun diğer kullanım alanları kuru hücre aküler, seramikler, kauçuk sanayi, gübreler, bazı kozmetik ve sağlık alanlarıdır [1].

Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'lık kısmı bitkilerin büyümesi için kullanılır. Çinko insanlar, bitkiler ve hayvanlar için önemli ve yaşamsal bir elementtir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi veya degradasyonu gibi önemli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz gibi 70'den fazla metabolik enzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Uygun miktarda çinko, kadmiyum, cıva, kurşun ve kalay gibi ağır metallerin zehirleyici etkilerini azaltmaktadır [1,23,31].

Çinko insan vücuduna yetersiz miktarda alındığı takdirde iştah kaybı, tatma ve koklama duyularında azalma, yara iyileşmesinde gecikme, bağışıklık sisteminde zayıflama, gençlerde büyüme sorunları, deri sorunları ve en önemlisi doğan bebeklerde doğum esnasında ve sonrasında sağlık sorunları meydana getirir [1,23,31].

Çinko metali ve bileşikleri diğer birçok metalden daha az toksisiteye sahiptir. Çinkonun toksisitesi kendinden ziyade yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmına bağlıdır [23]. Çinkonun gerekenden fazla alınması durumunda iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, derideki aşırı

hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, karın ağrısı, ishal, sindirimde sıkıntı gibi rahatsızlıklar ortaya çıkar [1,23]. Aşırı dozda elementel çinko alındığında ise uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkar [23].

Çinko balıklar, hayvanlar ve diğer canlılar için çok düşük miktarlarda esansiyel bir iz elementtir. Yüksek konsantrasyonlarda ise akuatik organizmalar için toksiktir [29].

Çinko enzim aktivitesi için önemlidir ve protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemlidir. DNA ve RNA polimerlerindeki aktivitesinden dolayı hayati öneme sahiptir. Çinko iyonları hücre zarının yapısal bileşenlerine bağlanarak temel yapı ve fonksiyonlarına yardım eder. Balığın gonad gelişimi açısından oldukça önemlidir. Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir [25].

Çinkonun balık bünyesine eksik alınması deri lezyonlarına, yemek borusu epitelyum hücrelerinde bozukluklara, iskelet anomalilerine, büyüme gerilemesi ve iştah kaybına neden olur [25].

Çinkonun toksisitesi suyun kimyasal yapısı, suda bulunan diğer metaller ve yer kabuğunun alkalinitesinden etkilenir. Çinko ortamda akut letalite seviyelerinde bulunduğu solungaç dokusunu harap ederek balığı öldürebilir. Subletal seviyelerinde su canlıları için zararlı olup bu zararlardan bazıları şunlardır [25].

- Deri lezyonları, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olur.
- Gonad faaliyetlerini engeller.
- Embriyonik gelişime zarar verir.
- Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olur.
- Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldıklarında kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozuklukları, ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olur.
- TSE 266'ya göre içme sularındaki çinko konsantrasyonu 3 mg/L'yi geçmemelidir [30].

2.5.4. Bakır (Cu)

Bakır atom numarası 29, atom ağırlığı 63.546 g/mol, yoğunluğu 8.9 g/cm³, erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2595 °C olan bir metaldir [32].

Bilinen en eski metallere biri olan bakır merkezi kübik kristal bir yapıyla kaplı kırmızımsı bir renge sahiptir. Atmosfer koşullarında gri tonda bulunmayan iki metalden biridir. Bakır M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını da Kıbrıs adından almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da mekanik özellikleri alaşım yapma yoluyla kuvvetlendirilerek kullanılmıştır [23,32].

Bakır kırmızı ve turuncu ışığı yansıtır ve şerit yapısı nedeniyle görünür spektrumda farklı dalga boylarını absorbe eder. Dövuilebilir, bükülebilir ve hem ısıyı hem de elektriğı iyi iletir. Demirden daha yumuşak fakat çinkodan daha serttir ve parlatılabilir. Gümüş ve altınla birlikte periyodik cetvelin 1B grubunda bulunur. Nemli havada yavaş bir şekilde Patina ismi verilen yeşilimsi bir tabaka oluşturur ve bu tabaka da bakırı diğer metallere korur. Bu nedenle bakırın kimyasal olarak diğer bileşiklerle reaksiyona girme kabiliyeti düşüktür. Bakır doğal olarak çevrede oldukça yaygın bulunan bir metaldir. İnsanlar bakırı yaygın olarak kullanırlar. Son yıllarda bakır üretimi giderek artmakta bu da çevredeki bakır miktarının yükselmesine neden olmaktadır [32].

Bakırın endüstride önemli bir rol oynamasının ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklanır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliğı, aşınma ve korozyona karşı dirençli olması, çekilebilmesi ve dövülmesinin kolay olmasıdır. Ayrıca bakırın çok değişik alaşımları endüstride otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik gibi bir çok alanda kullanılır [23].

Çevredeki başlıca bakır kontaminasyonu kaynakları; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, taşıtların fren balataları, metal endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleridir [1]. Bakır doğaya yayılımı açısından genel kimyasal özellikleri nedeniyle "Atmofil" (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu üretim yapılan sanayi birimine olan uzaklığa bağlıdır [23] ve genellikle havadaki

konsantrasyonu oldukça düşüktür. Bu nedenle atmosferik maruz kalmanın oluşturduğu etki fazla önemli değildir [32]. Bakır “Lithofil” (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş alanlara yayılabilir. Bu nedenle de bakır bu iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak %1’i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken geri kalan kısım çökelir ve sedimente geçer [23].

Endüstriyel olarak kirlenmemiş alanlardaki bakır konsantrasyonları; tarımsal kesimlerdeki havada ortalama 5-50 ng/m³, deniz suyunda 0,15 µg/L, tatlı suda 1-20 µg/L, topraklarda ise 30 mg/kg civarındadır. Bakır suların pH değerindeki yükselmeye bağlı olarak çözünürlüğü azaldığından bileşikler yaparak suların dibine çökelir. Tatlı sularının çökeltilerinde yaklaşık 16-5000 mg/kg (kuru ağırlık olarak) arasında ve deniz dibinde ortalama 2-740 mg/kg (kuru ağırlık) civarında bulunmaktadır [23].

Bakırın canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için düşük konsantrasyonda bile zehir etkisi gösterirken daha büyük canlılar için düşük konsantrasyonlarda esansiyeldir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri insektisit, fungusit, mollusid, biosit, antibakteriyel madde olarak tarım zararlıları ve yumuşakçalara karşı kullanılır. Örneğin %1-20 Bakır Sülfat içeren kireç sütü karışımı “Bordo Bulamacı” olarak bilinir ve üzüm tarımında ilaç olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları gibi elle sıkça temas edilen yerler bakır alaşımlarından yapılarak bakırın antiseptik özelliği sayesinde mikroorganizmaların yayılması engellenir [23].

Bakır birçok besinde, içme suyunda ve havada doğal olarak bulunur. Bu nedenle insanlar her gün yedikleri ve içtikleri şeylerden ve solunum yoluyla da havadan bakır absorbe ederler. Fakat bu absorpsiyon gereklidir çünkü bakır insan sağlığı için esansiyel bir iz elementtir. Bununla birlikte absorbe edilen bakırın miktarı önemlidir. Çünkü bakırın vücuda az veya çok alınması çeşitli sağlık problemlerine neden olabilir. İş ortamında bakır bulunan insanların bakır dumanına, gazına veya tozuna maruz kalmaları sonucu bu insanlarda ‘Metal Ateşi’ denilen grip benzeri bir rahatsızlık oluşabilir. Ayrıca bakırın yüksek konsantrasyonlarına uzun süreli maruz kalma ile büyümekte olan gençlerin zekâ seviyelerindeki azalma arasında bir bağlantı olduğunu gösteren bilimsel çalışmalar vardır [32].

Bitkiler için de bakır esansiyeldir ve pek çok meyve ve sebze bünyelerinde bakır ihtiva ederler. Örneğin bakır, elmada ortalama 0,1-2,3 mg/kg bulunuyor iken, kuru erikte bu değer 3,7-5,0 mg/kg, ayçiçeğinde ise 14,3-19 mg/kg civarında bulunur. Ayrıca anne sütü de 200- 400 µg/L bakır ihtiva eder ve bebek kg ağırlığı başına 50 µg bakır alarak bakır ihtiyacını giderir [23].

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg civarında bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel öğesidir. Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunur. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenir [23].

Bakır eksikliğinde insanlarda ve hayvanlarda büyümede gecikme, solunum sistemi enfeksiyonları, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi ciddi sağlık problemleri oluşur. Bunun yanında bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesi ve romatizmaya karşı kullanılırlar [23].

Kronik bakır zehirlenmesi korneada bakır birikimi, böbrek rahatsızlığı, beyin hasarı ve karaciğer sirozu ile karakterize ‘Wilson Hastalığı’na yol açar [32].

Bakır toprakta biriktiği zaman mineraller ve organik maddelere güçlü bir şekilde bağlanır ve yeraltı sularına karışır. Yüzey sularında bulunan bakır ise ya serbest iyon halinde ya da çamur partiküllerine bağlanarak büyük mesafeler kat edebilir [32].

Bakır çevrede bozulmaz ve bu nedenle toprakta bulunduğu besin zinciri vasıtasıyla bitki ve hayvanlarda birikebilir. Bakır açısından zengin olan topraklarda sadece belirli sayıdaki bakıra toleranslı bitki yasama şansına sahiptir. Ekosisteme bakır yayan fabrikaların çevresindeki bitki çeşitliliğinin az olmasının nedeni budur. Bütün bunlara rağmen bakır bitkilerin verimliliğini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle bakır açısından fakir topraklarda verimliliği artırmak amacıyla bitkilere bakır takviyesi yapılmaktadır. Her ne kadar bitkiler için fazlası zararlı olsa da bakır bitkinin gelişip büyümesi için vazgeçilmez bir elementtir [32].

Ayrıca toprakta fazla miktarda bakır bulunması topraktaki solucan ve mikroorganizmaların aktivelerini olumsuz yönde etkiler. Bu da organik materyallerin

bozulmasını ciddi oranda yavaşlatır ve toprağın yapısının zarar görmesine neden olur. [32].

Hayvanlarda bakır, kemik yapılanması, sinir sistemindeki miyelin aktivitesi, hemoglobinin sentezi, önemli bir bileşeni olduğu metalloenzimlerin aktivitesi ve diğer birçok enzimin bileşeni olarak enzim aktivitelerinde önemli bir rol oynar [29].

Bakır sucul canlılar için esansiyel olmakla birlikte sularda en çok bulunan toksinlerden bir tanesidir. Bakırın akuatik organizmalardaki toksisitesi karışık olmakla beraber toksisiteye büyük oranda Cu^{24} iyonunun neden olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle Cu^{24} iyonunun sudaki miktarı bakır toksisitesi açısından önemlidir [25].

Sudaki çözünmüş oksijen, sertlik, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalma bakır toksisitesinin artmasına neden olur. pH'nın bakır toksisitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Suyun pH sı yüksek ise suda bulunan bakır çökelir ve toksik etkisini kaybeder, fakat pH düşük ise bakır suda çözünür ve toksisitesi artar. Aşırı düzeydeki bakırın su canlıları üzerindeki etkilerinin bazıları şunlardır [25].

- Balıklarda bazı biyokimyasal, anatomik, fizyolojik ve davranışsal değişikliklere neden olur.

- Hücrelerde yağ peroksidasyonuna neden olur.

- Solungaçlarda mukozada birikerek strese hatta ölüme yol açan solunum rahatsızlıklarına neden olur.

- Kalp atışında yavaşlama, hızlı oksijen alımı ve anemiye neden olur.

- Büyümeyi yavaşlatır.

- Kan ve karaciğerde enzim aktiviteleri, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkiler ve solungaçta iyon transferini engeller.

- Omur hasarları ve nörolojik bozukluklara neden olur.

Tüm bu anlatılanlar nedeniyle her ne kadar bakır tüm organizmalar için esansiyel bir element olsa da her canlı ve ortam için ayrı ayrı bulunabilirlik sınırları belirlenmiş ve zararlı etkilerinin azaltılması için çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Örneğin içme

sularında EPA' ya göre 1.3 mg/L [26], TSE 266 ya göre 1.5 mg/L [30], Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise 2.0 mg/L' yi geçmemesi tavsiye edilmektedir [29].

2.5.5. Demir (Fe)

Demir, yerkabuğunda en çok bulunan metaldir. Yerkürenin merkezindeki sıvı çekirdeğin de tek bir demir kristali olduğu tahmin edilmekle birlikte, demir nikel alaşımı olma ihtimali daha yüksektir. Dünyanın merkezindeki bu kadar yüksek miktardaki yoğun demir kütlelerinin dünyanın manyetik alanına etki ettiği düşünülmektedir [33].

Demir metali, demir cevherlerinden elde edilir ve doğada nadiren elementel halde bulunur. Metalik demir elde etmek için, cevherdeki katışkıların kimyasal indirgenme yoluyla uzaklaştırılmaları gerekir. Demir, aslında büyük ölçüde karbonlu bir alaşım olarak kabul edilebilecek olan çelik yapımında kullanılır [33].

Demir, karbonla birlikte 1420–1470K sıcaklığa kadar ısıtıldığında oluşan sıvı ergiyik %96,5 demir ve %3,5 karbon içeren bir alaşımdır ve dökme demir veya pik olarak adlandırılır. Bu ürün ince detaylı şekiller halinde dökülebilirse de, içerdiği karbonun çoğunu uzaklaştırmak amacıyla dekarbürize edilmediği sürece, işlenebilmek için fazlasıyla kırılmalıdır [33].

Demir, tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur. Düşük fiyatı ve yüksek mukavemet özellikleri demiri, otomotiv, gemi gövdesi yapımı ve binaların yapısal bileşeni olarak kullanımında vazgeçilmez kılar. Çelik, en çok bilinen demir alaşımı olup, demirin diğer kullanım formları şunlardır;

Pik demir: %4–%5 karbon ve değişen oranlarda katışkı (S, Si, P gibi) içerir. Demir cevherinden dökme demir ve çeliğe giden yolda bir ara ürün olarak değerlendirilebilir [33].

Dökme demir: %2–%4 arasında karbon, %1 – %6 silisyum, ve az miktarda manganez içerir. Pik demirde bulunan ve malzeme özelliklerini olumsuz etkileyen, kükürt ve fosfor gibi katışkılar, kabul edilebilir seviyelere düşürülmüştür. 1420–1470 K arasındaki ergime sıcaklığı, her iki bileşenin ergime sıcaklığından daha düşüktür ve bu özelliği ile demir ve karbon birlikte ısıtılmaları durumunda ilk ergiyen ürün

olur. Mekanik özellikleri, büyük ölçüde, bileşiminde bulunan karbonun aldığı forma bağlıdır. 'Beyaz' dökme demirlerde karbon sementit veya demir karbür şeklindedir. Bu sert ve kırılgan bileşik, beyaz dökme demirleri sertleştirir fakat darbelere karşı dayanıksız kılar. Öte yandan, 'gri' dökme demirlerde karbon, serbest ince grafit pulcukları halindedir ve bu da, keskin kenarlı grafit pulcuklarının gerilim arttırma karakterinden dolayı malzemeyi kırılgan yapar. Gri dökme demirin daha yeni bir türü olan 'sünek demir'de ise, malzemenin tokluk ve mukavemetini arttırmak için, dökme demirin az miktarda magnezyum ile muamele edilip grafit pulcuklarının şeklinin küresel veya nodüler hale dönmesi sağlanır [33].

Karbon çeliği: %0.4–%1.5 arasında karbon ile az miktarlarda manganez, kükürt, fosfor, ve silisyum içerir. Dövülebilir dökme demir: %0.2 den daha az karbon içerir, tok ve dövülebilir bir üründür [33].

Alaşımlı çelik: değişen miktarlarda karbonun yanı sıra, krom, vanadyum, molibden, nikel, tungsten gibi diğer metalleri de içerir ve daha çok yapısal alanlarda kullanılır. Demirçelik metalurjisindeki son gelişmeler, çok çeşitli mikroalaşımlandırılmış çeliklerin ('HSLA' veya 'yüksek mukavemet, düşük alaşım' çelikleri) ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çelik alaşımlarının en büyük özeliği, çok küçük miktarlardaki alaşım elementi ilavesiyle çok yüksek mukavemet ve tokluğun elde edilebilmesidir [33].

Demir(III) oksit: bilgisayarlarda manyetik depolama ünitelerinin yapımında kullanılır. Demir, bakır ve kalsiyum gibi bazı minerallerin emilimi ve kanda oksijeni taşıyan kırmızı kan hücrelerinin ve çeşitli enzimlerin üretimi için gereklidir. Ayrıca, bağışıklık sistemini de güçlendirir [33].

Besin maddeleri ve suda bulunur. Toprakda da bol miktarda demir bileşikleri bulunur. Bitkiler demiri topraktan, hayvan ve insan organizması da bitkilerden alır. Günlük ihtiyaç 8-10 mg kadardır. Bu miktar gebelik, emzirme ve adet dönemlerindeki kadınlarda biraz daha fazladır. Demir için en iyi kaynaklar karaciğer, böbrek, kalp, sakatatlar, yumurta sarısı, balık, istiridye, fasulye, ıspanak, buğday ve yulaf unu, hurma, ceviz, fındık, kuru kayısı ve pekmezdır [33].

Organizmada hemoglobin, miyoglobin, solunum enzimlerinde bulunur. Besinlerde Fe^{3+} şeklinde bulunur.

- Etlerde porfirin sisteminde kompleks halde
- Sebzelerde anorganik demir halinde
- Hayvan ve insan organizmasında ise iyonlaşan demir halinde bulunur.
- Demir eksikliğine, Demir Eksikliği anemisi (kansızlık) denir.

Demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir, çünkü aşırı miktarda alınan iki değerli demir (ferros demir) vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikaller yapar [33].

İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir [33].

İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligram demirdir. Kilogram başına 60 miligram demir, öldürücü dozdur. Demir zehirlenmesi ile ilgili fazla bilgi için tıklayınız (İngilizce ve dış kaynak). Altı yaşından küçük çocuklarda en çok görülen zehirlenme yoluyla ölüm nedeni, ferros sülfat tabletlerinin aşırı tüketimidir. Vücudun dayanabileceği günlük demir üst sınırı yetişkinlerde 45 miligram, 14 yaş altı çocuklarda ise 40 miligramdır.

Demir eksikliği hastalığı (demir eksikliğine bağlı anemi) olanların haricinde ve bir doktora danışmaksızın demir takviyesi ilaçlarının kullanımı sakıncalıdır. Kan veren kişiler de düşük demir seviyesi riskine sahip olup demir alımlarını takviye etmelidirler. Demirden ileri gelen toksikasyonlarda spesifik antidot Deferroksamin'dir [33].

2.5.6. Mangan (Mn)

Kısaca mangan da denilen manganiz, metal özelliği taşıyan bir elementtir. Katıksız halde pek kullanılmaz, ama çelik yapımında yararlanılan çok önemli bir maddedir. Kimyasal simgesi Mn, atom numarası 25, atom ağırlığı 24,312 olan manganiz, katıksız haldeyken demiri andıran, grimsi bir metaldir ve doğada

genellikle demirle birlikte bulunur. Pek çok ülkede man-ganez cevheri çıkarılır; önde gelen üretici ülkeler SSCB, Hindistan, Güney Afrika ve Gana'dır [34].

Çelik üretimi sırasında manganez ürüne üç biçimde katılır; bunlar, ferromanganez, spiegel (beyaz demir) ve silikomanganezdir. Bunların her üçü de demir ve manganez alaşımıdır (karışımı), demir ve manganez içeren cevher-lerin, demir üretiminde kullanılan yüksek fırınlara benzeyen fırınlarda kokkömürü ve kireçtaşıyla birlikte eritilmesiyle elde edilir. Dünyada üretilen manganezin büyük bölümü çelik üretiminde ürü-nün özelliklerini geliştirmek için katkı maddesi olarak kullanılır. Oksijen gazı çelik için tehlikeli bir maddedir, çünkü ürünün gözenekli bir yapıda olmasına yol açar; oysa az miktarda katıldığında manganez, çelik içinde erimiş (çözülmüş) halde bulunan bu oksijenle birleşir ve gözenek oluşumunu önler. Öte yandan kükürt, çeliğin sıcakken kırılgan olmasına yol açar; manganez kükürtle birleşerek bunu önler. Daha büyük miktarlarda katıldığında ise manganez, çeliği güçlendirir ve çok dayanıklı olmasını sağlar; bu tür ürünlere manganlı çelik denir. Manganlı çelikler, ağır iş makinelerinin çeşitli parçalarının yapımında kullanılır; örneğin, kazı makinelerindeki kepçelerin bıçakları ya da tırnakları manganlı çelikten üretilir. Kasalar, koruyucu zırhlar ve demiryolu makasları da manganlı çelikten yapılır [34].

Bakır, çinko, kalay ve manganezden oluşan alaşıma manganezli tunç denir; manganezli tunç, deniz suyunun paslandırma ve çürütme etkisine karşı çok dayanıklı olduğundan gemi pervanelerinin yapımında kullanılır. Manga-nezli bakır teller, elektrik akımına karşı bü-yük bir direnç gösterir ve içinden akım geçirildiğinde çok ısınır. Bu tür teller elektrikli ısıtıcılarda ve tost makinelerinde kullanılır [34].

El fenerleri için pil yapımında kullanılan manganez dioksit ile her ikisi de birer mikrop öldürücü olan sodyum permanganat ve potasyum permanganat, yararlı manganez bileşiklerinden bazılarıdır. Manganez dioksit ayrıca, çabuk kurumalarını sağlamak amacıyla boya ve cilalara katılır [34].

Üretilen manganez cevheri kullanım alanlarına göre sınıflandırılmaktadır. Manganez cevheri ayrıca manganez miktarına göre de sınıflandırılır. Bunlar, manganez cevheri, demirli manganez ve manganezli demir cevheri şeklinde isimlendirilir. "U. S. Bureau of Mines" a göre en az % 35 manganez içeren cevhere Manganez Cevheri denir. %

10-35 arasında manganez içerenlere Demirli Manganez ve % 5-10 arasında manganez içeren cevhere Manganezli Demir Cevheri adı verilmektedir. Bugün endüstride % 2 alt sınır tenörlü manganezli demir cevheri kullanılmaktadır.

Kullanma alanlarına göre manganez cevheri 4 gruba ayrılır.

- Metalurjik manganez cevheri % 48-50 Mn içerir.
- Batarya sanayii manganez cevheri % 78-85 MnO₂ içerir.
- Kimya sanayii manganez cevheri % 74-84 MnO₂ içerir.
- Diğer amaçlarda kullanılan manganez cevheri.

Manganez cevheri parça halinde veya öğütülmüş olarak, konsantre olmuş, kalsine edilmiş, sinterlenmiş veya peletlenmiş şekillerde satılır. Ülkelere göre satılan manganez cevherinin yüzdelerinde farklılıklar gözlenmektedir [34].

Tüvenan Cevheri Doğal halde ocaktan çıkarılmış, hiç bir işleme tabi tutulmamış cevher. Parça Cevher, 6 mm yada daha büyük parçaları içeren cevher. Toz Cevher, Çapı 6 mm'den daha küçük parçaları içeren cevher. Manganez kullanım alanlarında ferromangan, slikomangan, metalik mangan gibi adlarda tanımlanır.

Doğada bileşiminde manganez bulunan 300'den fazla mineral vardır [34].

2.6. Denizde Bulunan Metaller

Sıcaklık, pH, tuzluluk gibi çevresel faktörler metallerin birikim ve etki mekanizmalarını değiştirmektedir [3]. Denizde metallerin bileşik ve miktarları Tablo 2.3 ve Tablo 2.4 verilmektedir [35].

Tablo 2.3: Denizde Metallerin Bulunuş Şekilleri Ve Miktarları [35].

Metal	Bulunma Şekli ve Miktarı	Metal	Bulunma Şekli ve Miktarı
Cd	0,04 CdCl ₂ Çok Çözünür	Pb	3.10-2 µg/L
Cr	0,3 µg/L Cr III ve Cr IV	Hg	3.10-2 µg/L
Co	0,1 µg/L	Ni	0,40 µg/L
Cu	0,6 µg/L CuCO ₃ , Cu(OH) ₂	Sn	1.10-2 µg/L
Au	4.10-3 µg/L AuCl ₂	Zn	3,9-4,9 µg/L
As	As ⁺³ 0.4, As ⁺⁵ 1,6 µg/L	Fe	5mg/L (total)

Tablo 2.4: Denizde Bulunan Bazı Metal Bileşikleri [35].

Metal	Bileşik	Metal	Bileşik
Si	H ₄ SiO ₄	Fe	Fe(OH) ₃
Ti	Ti(OH) ₄	Co	Co ⁺² , CoCO ₃ , CoCl
V	HVO ₄ ⁻² , H ₂ VO ₄	Ni	Ni ⁺² , NiCO ₃ , NiCl ⁺
Br	Br ⁻¹	Cu	CuCO ₃ , CuOH, Cu
Cr	CrO ₄ ⁻² , NaCrO ₄ ⁻	Zn	Zn ⁺² , ZnOH, ZnCO ₃ ,
Pb	PbCO ₃ , PbCO ₃ ⁻² , PbCl	Cd	CdCl ₂
Ga	Ga(OH) ₄	Hf	Hf(OH) ₄
Ge	H ₄ GeO ₄ , H ₃ GeO ₄ ⁻	Ag	AgCl ₂
As	HAsO ₄ ⁻²	Bi	BiO, Bi(OH) ₂
Se	SeO ₄ ⁻² , SeO ₃ ⁻²	Mo	MoO ₄
Sb	Sb(OH) ₆	Au	AuCl ₂
Rb	Rb	Ta	Ta(OH) ₅
Hg	HgCl ₄ ⁻²	Yb	YbCO ₃ ³⁺ , YbOH ⁺
Al	Al (OH) ₄ , Al (OH) ₃	Mn	Mn ⁺² , MnCl ⁺

Deniz ortamına her yıl çeşitli yollarla artan miktarda metal girmektedir. Tablo 2.5’de bazı metallerin deniz ortamına giriş yolları ve oluşturdukları kirlilik grupları verilmiştir [10].

Tablo 2.5: Metallerin Denize Girme Yolu ve Kirlilik Grupları

Element	Denize Girme Yolu	Kirlilik Grubu
Cr	D,A	IVc
Fe	Ak	IVc
Cu	D,Ak	IIIc
Zn	D,Ak	IIIc
Cd	A,Ak	IIc
Hg	A,Ak	Ib
Pb	A,Ak	Ia
As	D	Ic
Sb	D	IIc
Se	B	IIIc
D: Doğrudan Deşarj A: Atmosferden Yayılım Ak: Akarsularda Yayılım B: Bilinmeyen		I-V Azalan Önem Sırası a: Dünya Çapında b: Bölgesel c: Yerel

Bu çalışmada İzmit Körfezi Doğu, Merkez ve Batı basenlerinde seçilen noktalardan, su kolonunun farklı derinliklerinden alınan deniz suyu örneklerinde, Fe, Zn, Cd, Mn, Cu ve Pb olmak üzere altı adet eser element analizi mevsimsel olarak yapılmıştır.

3. MALZEME ve YÖNTEM

3.1. Örnekleme istasyonları ve Materyal

Örnekleme çalışmaları; İzmit Körfezi’nde doğu, batı ve merkezde olmak üzere üç ayrı bölgede gerçekleştirildi.



Şekil 3.1: Örnekleme İstasyonları.

Deniz suyu örnekleme için toplam basen derinliğine bağlı olarak su kolonundan farklı derinlikler belirlendi.

Tablo 3.1: Örnek Toplama Derinlikleri

Basen	I. Derinlik	II. Derinlik	III. Derinlik	IV. Derinlik	V. Derinlik
Doğu	Yüzey	- 10 m	- 20 m	...	...
Merkez	Yüzey	- 10 m	- 20 m	- 50 m	- 80 m
Batı	Yüzey	- 10 m	- 20 m	-50 m	...

Tablo 3.1’de belirtilen derinliklerden Nansen şişesi yardımıyla deniz suyu örnekleri alındı. Bu örneklemelemlerde Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’ne ait kontrol L teknesinden ve üzerindeki kol gücü ile çalışan vinç’ten yararlanıldı.

3.2. Deniz Suyu Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Örneklemler 2008 bahar mevsiminde başladı ve 2010 bahar mevsimine kadar kesintisiz bir şekilde sürdürüldü.

Doğu, merkez ve batı baseni olmak üzere üçe ayırdığımız İzmit Körfezi'nde bu basenlerde belirli derinliklerde periyodik şekilde her mevsim örnekleme gerçekleştirildi. Her bir basen için belirtilen derinlik seviyesine kadar Nansen Şişesi deniz içerisine daldırılarak, kol gücü ile çalışan vinç ile, örneklemler gerçekleştirildi.

Örnekler yüksek yoğunluklu polietilen şişeler içerisinde muhafaza edildi. Şişeler bir gece önceden seyreltik nitrikasitle yıkandı ve üç kez saf su ile muamele edildi. Bütün örnekler bozulmaya karşı önlem açısından taşınır buzluklar içerisine konuldu. Örnekler, arazi çalışmaları bitiminde en kısa sürede laboratuvar ortamına getirildi. Her deniz suyu örneği kaba filtre kağıdı ile süzülerek HNO_3 ile asitlendirilerek pH değerleri 1,5-2 aralığına getirildi ve $+4^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edildi.

3.3. İnorganik Madde Analizleri

Deniz suyunda metal analizleri için, toplanan örneklerden en az üç paralel olacak şekilde 100'er mL alınarak pH değerleri hassasiyetle 7-8 aralığına getirildi. pH'ı ayarlanan su örnekleri, 250 mL'lik bir ayırma hunisine aktarılarak üzerlerine, ligand olarak $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCSSNa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (sodium diethyldithiocarbamate trihidrat) çözeltisinden 10'ar mL ilave edildi. Daha sonra üzerlerine 10'ar mL metil izobütil keton ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$) aktarıldı. Ayırma hunileri beş dakika süre ile çalkalandı. Sonrasında fazlar ayrılınca kadar beklendi, ayrılan alt faz tekrar 250 mL'lik bir ayırma hunisine aktarılacak üzere eser elementten tamamen temizlenen bir kaba alındı. Üst faz ise yine eser elementten tamamen arındırılmış 100 mL'lik bir ayırma hunisine alındı üzerine 4 mL deiyonize su ve 1 mL derişik HNO_3 edilerek bekletildi. Daha önceden alınan alt faz tekrar 250 mL'lik ayırma hunisine alınıp üzerine tekrar 5 mL metil izobütil keton ilave edildi ve tekrar beş dakika süre ile çalkalanarak fazların ayrılması beklendi. Üst faz daha önceki 100 mL'lik ayırma hunisine içindeki alınan faza ilave edilerek üzerine yine 4 mL deiyonize su ve 1 mL derişik HNO_3 edilip ayırma hunisi çalkalandıktan sonra fazların ayrılması için 30 dakika beklendi. Alt faz alınarak Atomik absorpsiyon cihazında ölçüm yapılmak üzere karanlıkta bekletildi.

Pb, Cu ve Cd metal ölçümleri GFAAS (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrofotometer) ile Fe, Mn, Zn metal ölçümleri FAAS (Flame Atomic Absorption Spectrometer) yöntemi uygulanarak gerçekleştirildi. Gerekli durumlarda zenginleştirme yapıldı ve sonuçların her örnek için üç paralel olarak ortalaması ve standart sapması hesaplandı.

3.4. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Atomik absorpsiyon spektrometresi cihazı başlıca beş kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; ışın kaynağı, örnek kabı, monokromatör ve dedektördür.

AAS'de en önemli eleman çukur katot lambasıdır. Çukur katodundan elde edilen ışınlar bir demet halinde analiz yapılacak element buharının olduğu atomizer ve bekine gelir. Bek alevinde absorplanıp emisyonu uğratılan ışın demeti monokromatöre düşürülür. Işın demeti monokromatörde dalga boylarına göre ayrılır. Dalga boylarına ayrılan bu ışınlar dedektöre düşürülerek şiddeti hesaplanır.

3.4.1. AAS'de Girişimler

Bir element veya molekülün başka bir elementin tayinini karıştırması olayına girişim denir. Girişim, analizi yapılan elementin verdiği sinyalin olduğundan büyük ya da küçük olması durumudur. Buna göre elementin analizi dedektörden fazla ya da noksan okunur.

Girişimler üç şekilde sıralanabilir;

-Spektral girişimler: analizi yapılan elementin dışında bir maddenin sinyali etkilemesiyle olur.

-Kimyasal girişimler: Atomlaşmayı etkileyen girişimlerdir. Analizi yapılan element, kimyasal özelliklerine bağlı olarak, ortamda bulunan katyon veya anyonlardan etkilenebilir.

-Zemin (matriks) Girişimleri: Alev varacak numunenin miktarını etkileyen girişimlerdir. Analizi yapılacak elementin çökmesinden veya çözeltinin fiziksel özelliğine bağlı olarak numunenin tamamının alev erişmemesinden ileri gelir[2].

3.4.2. AAS’de Konstrasyon Tayinleri

Atomik absorpsiyon cihazıyla litrede onda bir miligram dolaylarında konsantrasyonlar binde birkaç hata ile tayin edilebilirler. Bunun için bazı şartların yerine getirilmesi gerekir, şartlar yerine getirilmediği zaman bir takım hatalar yapılır. Bu hataların kaynakları şunlardır;

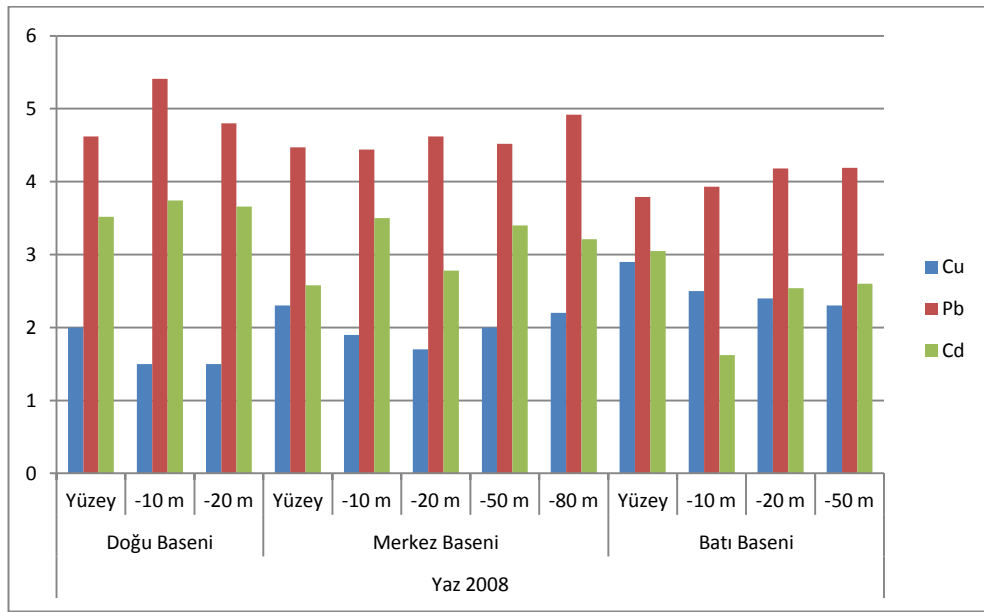
- Kullanılan yakıt ve yakıcının cinsi,
- Kullanılan yakıt ve yakıcının birbirine oranı,
- Bek alevinin şekli,
- Ortamda bulunan anyon ve katyonların cinsi ve konsantrasyonları,
- Işın demetinin alev içinden geçtiği yolun yeri ve uzunluğu,
- Numunenin alev içinde püskürtülme hızı ve numune damlacıklarının büyüklüğü,
- Çözelti vizkositesinin farklı olmasıdır.

Bu çalışmada analizi yapılmak istenen ağır metalin önce farklı konsantrasyonlarda standartları hazırlanarak AAS’de ölçülmüştür ve elde edilen değerlerden kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Daha sonra örneklerden elde edilen değerler kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılarak örneklerdeki ağır metal konsantrasyonları ppm ve ppb mertebesine göre saptanmıştır.

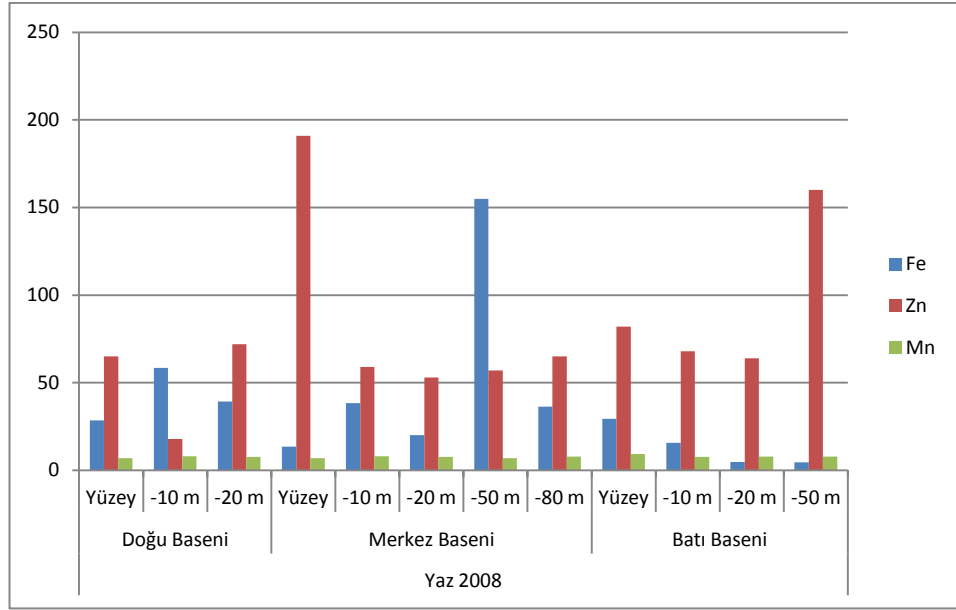
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Deniz Suyu Analizleri

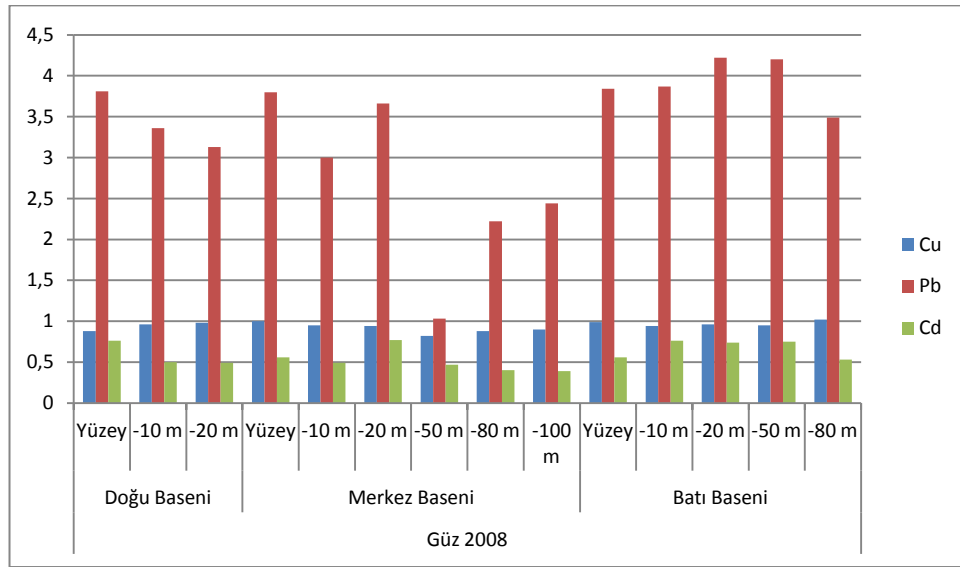
İzmit Körfezi Doğu, Merkez ve Batı Basenleri Deniz Suyu Örneklerinde Derinliğine Bağlı Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g/L}$), değişimin takibi açısından sütun grafiklerle ifade edilmiştir.



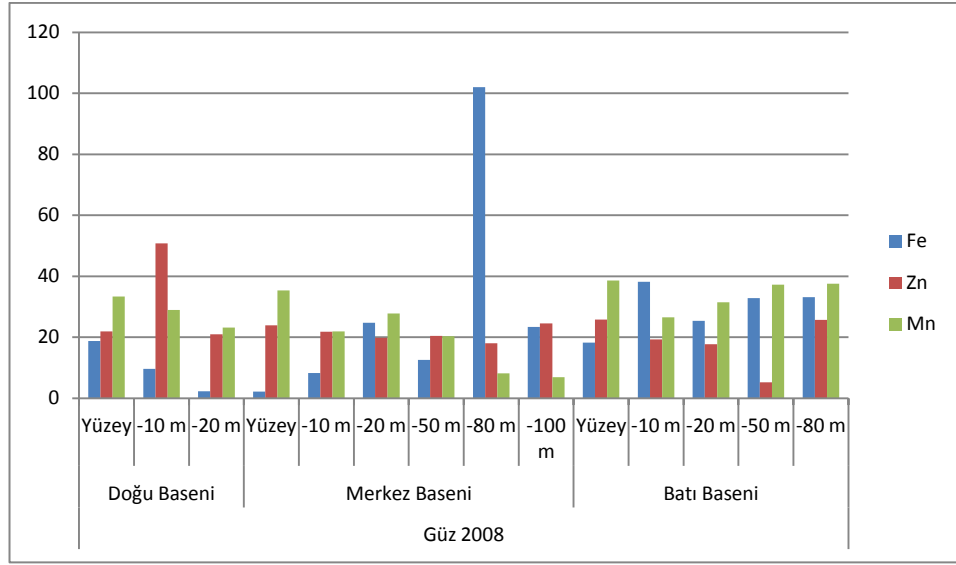
Şekil 4.1: İzmit Körfezi Yaz 2008 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği($\mu\text{g/L}$)



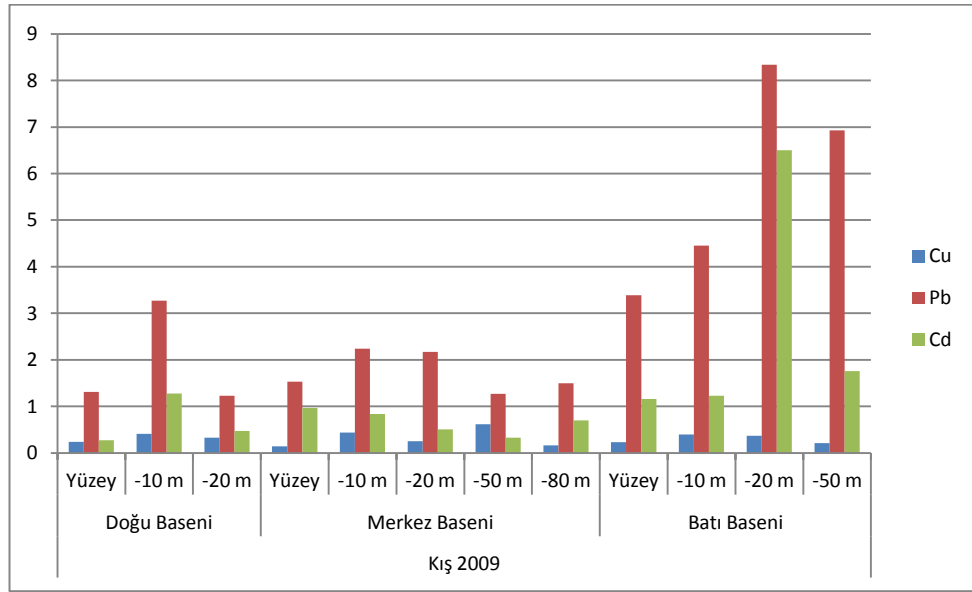
Şekil 4.2: İzmit Körfezi Yaz 2008 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



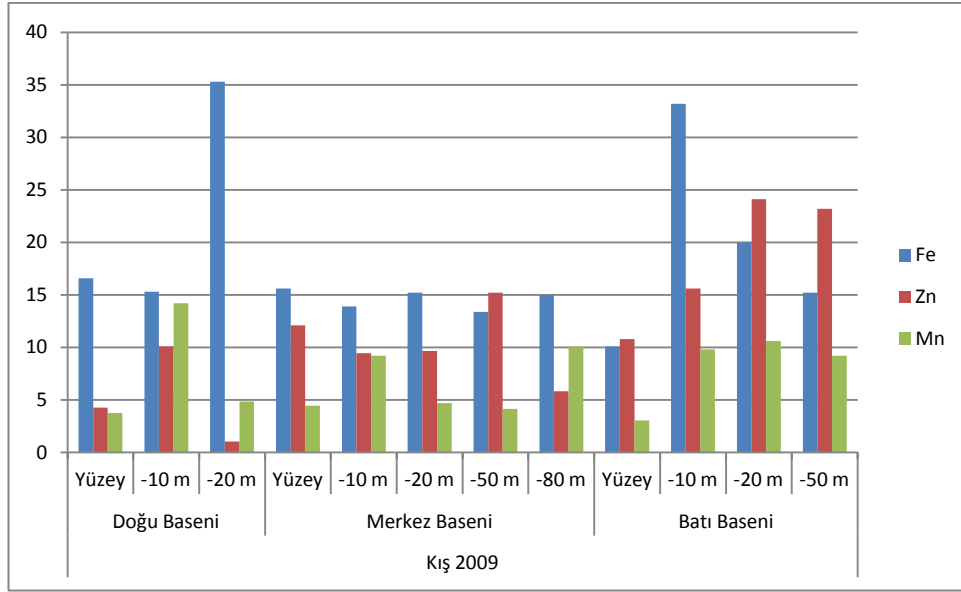
Şekil 4.3: İzmit Körfezi Güz 2008 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



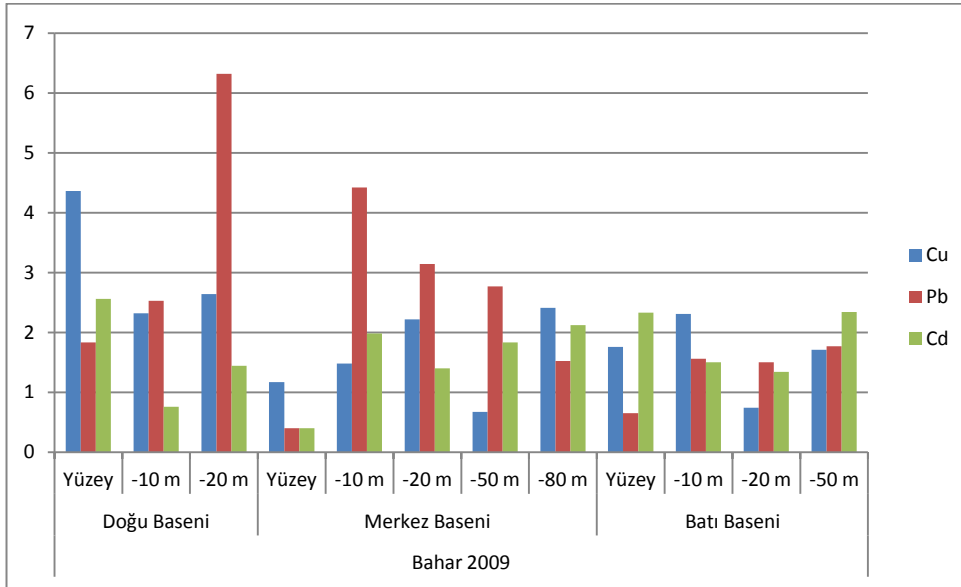
Şekil 4.4: İzmit Körfezi Güz 2008 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



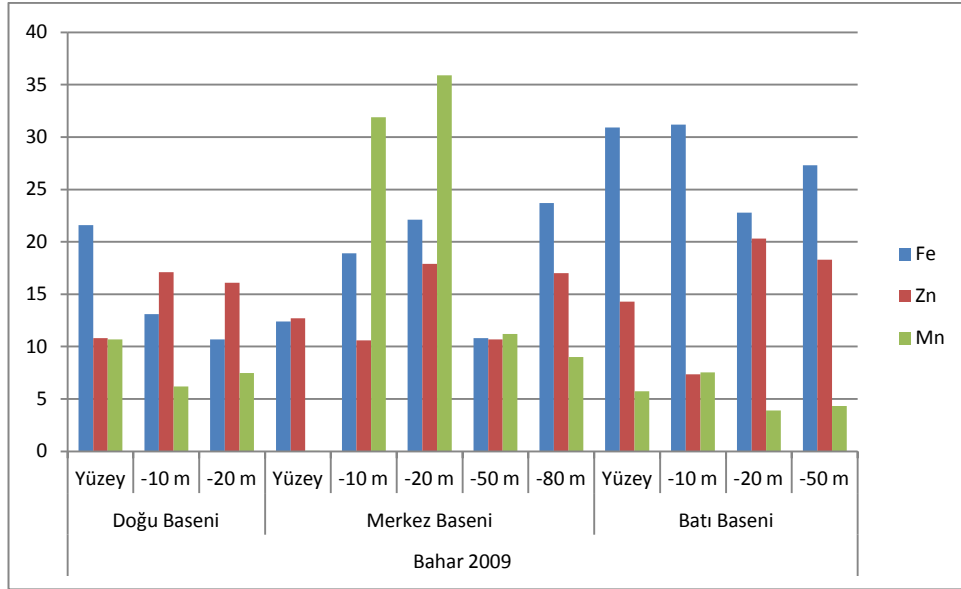
Şekil 4.5: İzmit Körfezi Kış 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



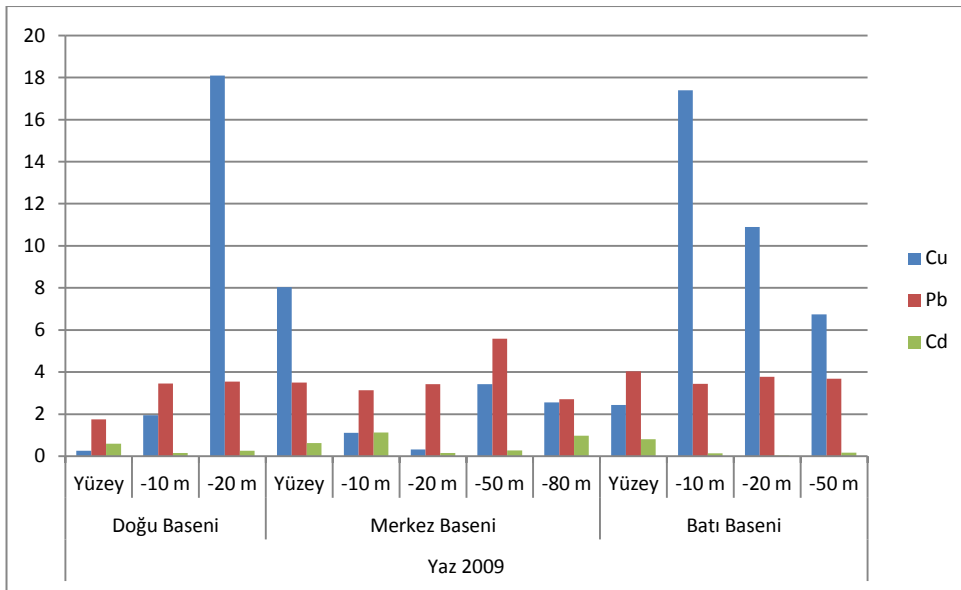
Şekil 4.6: İzmit Körfezi Kış 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



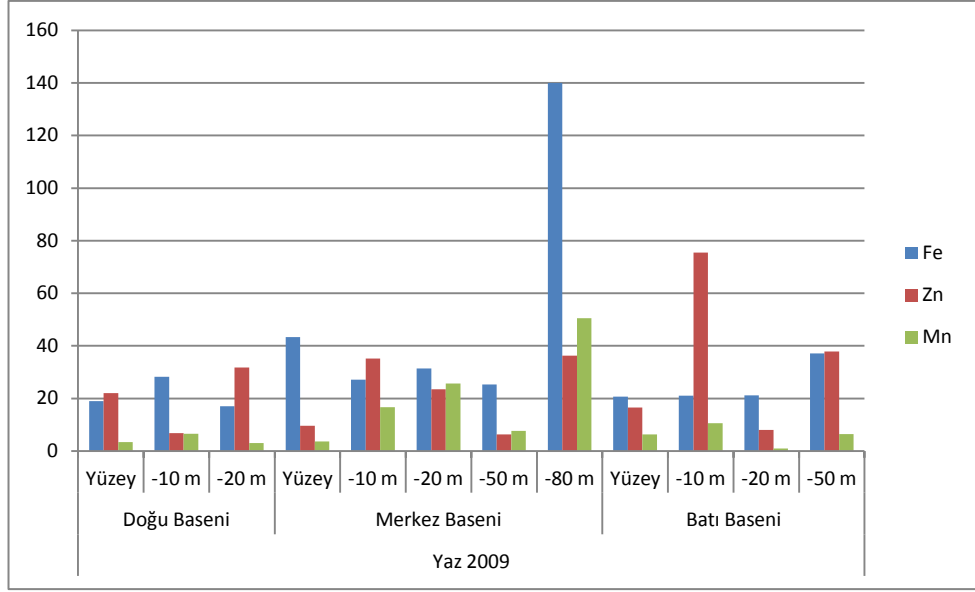
Şekil 4.7: İzmit Körfezi Bahar 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği(µg/L)



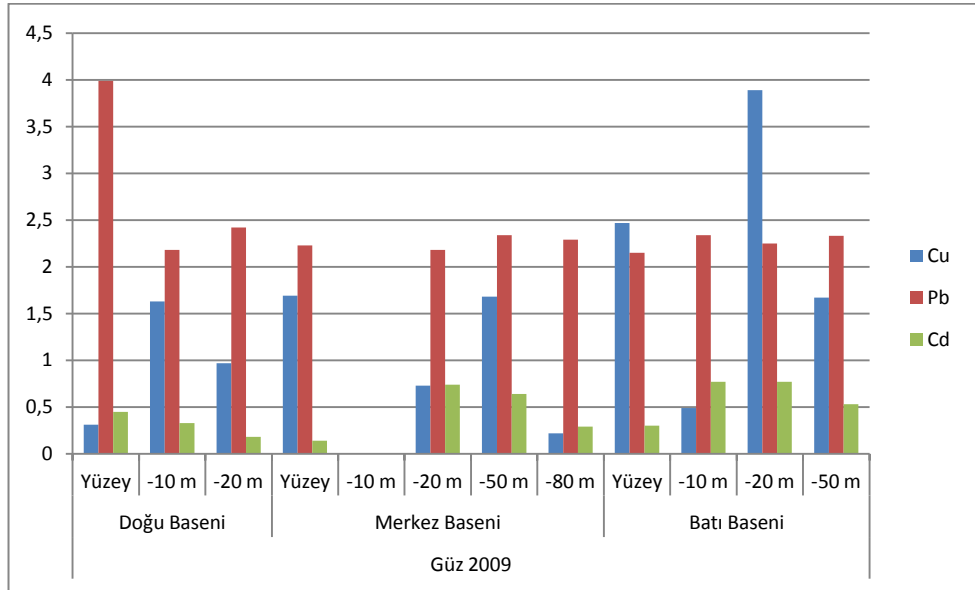
Şekil 4.8: İzmit Körfezi Bahar 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



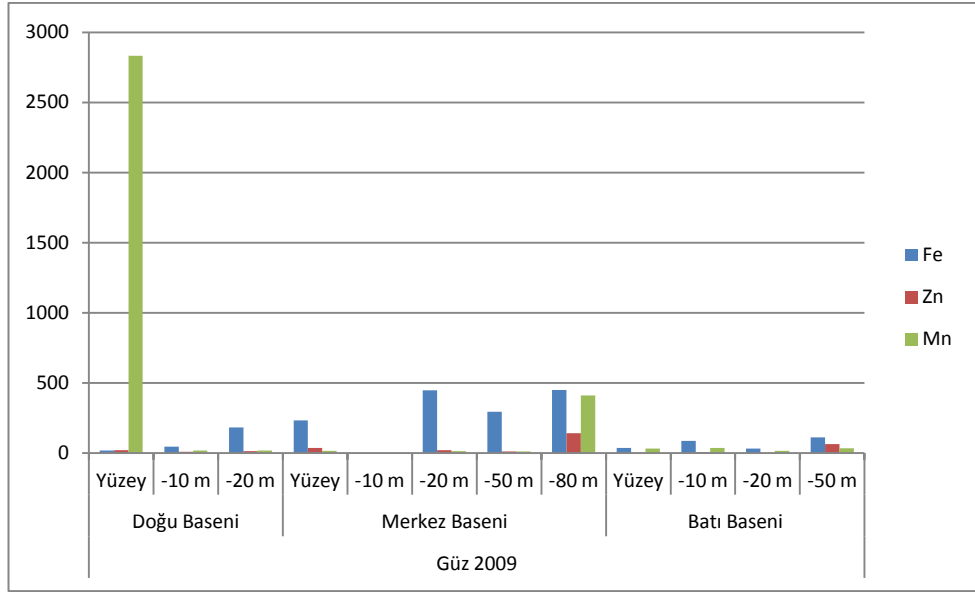
Şekil 4.9: İzmit Körfezi Yaz 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



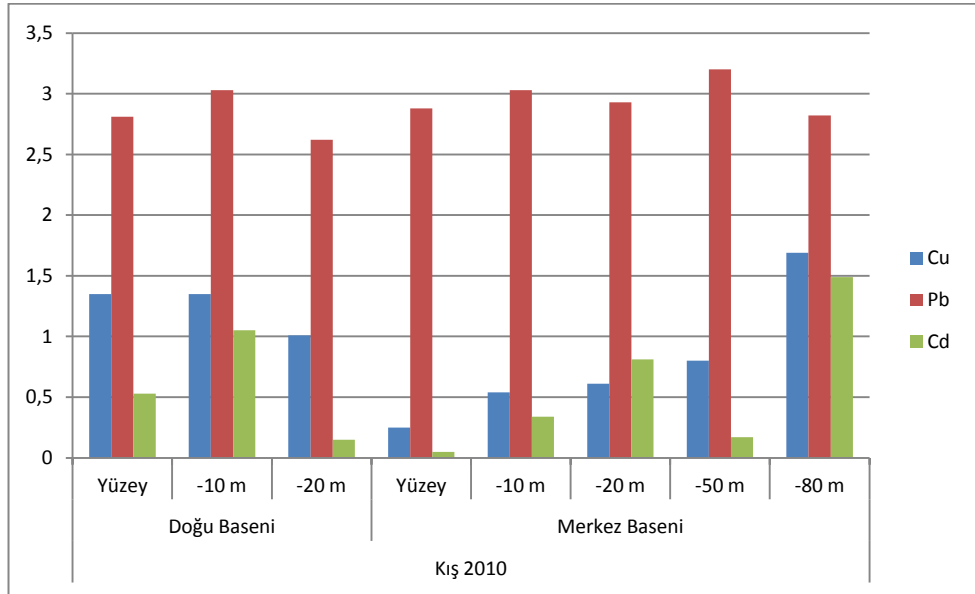
Şekil 4.10: İzmit Körfezi Yaz 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



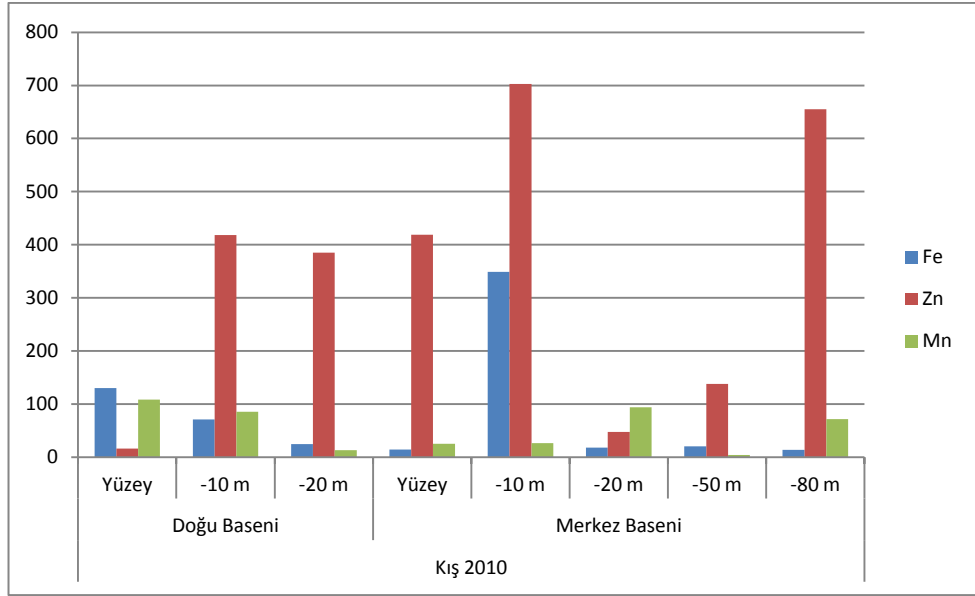
Şekil 4.11: İzmit Körfezi Güz 2009 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



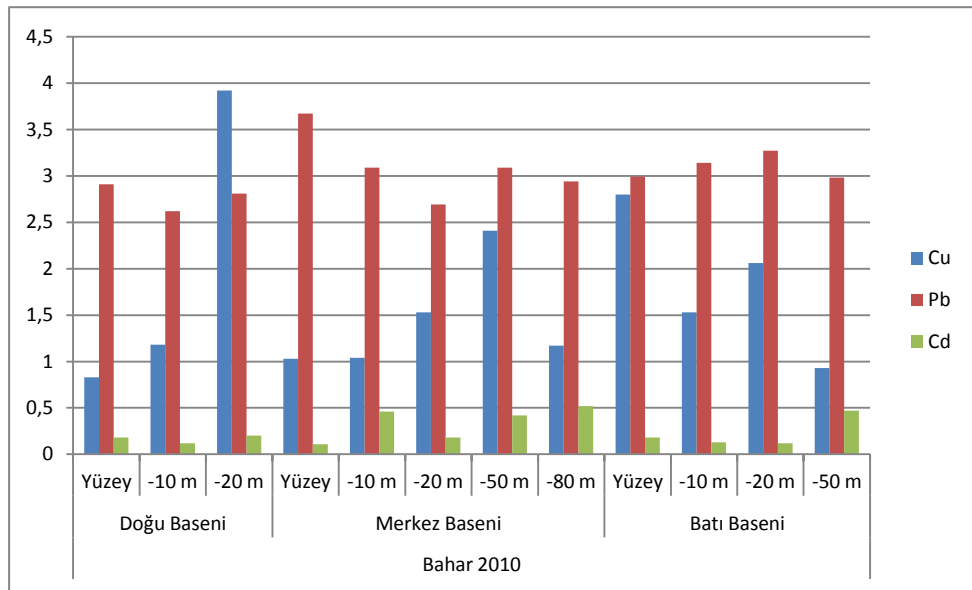
Şekil 4.12: İzmit Körfezi Güz 2009 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



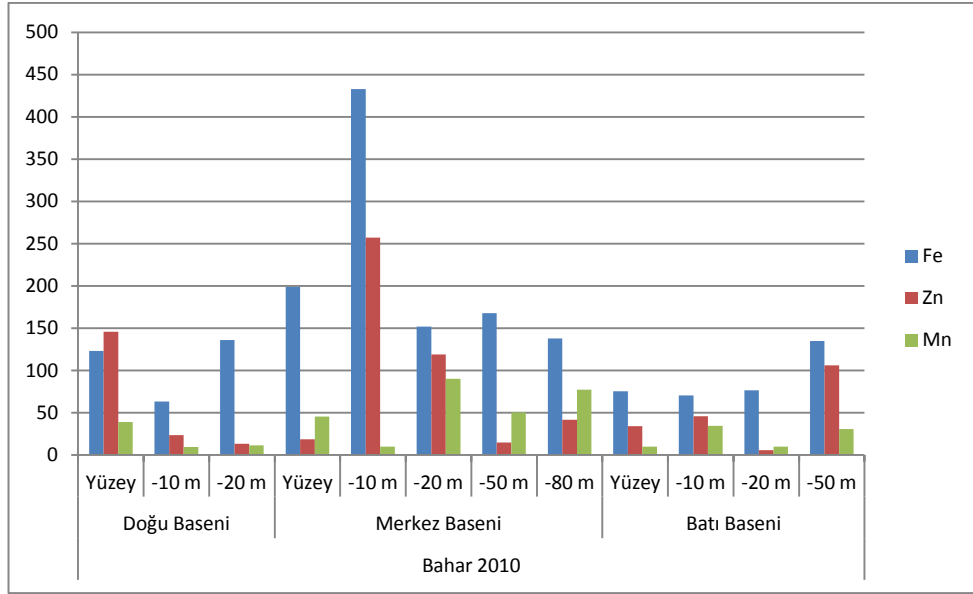
Şekil 4.13: İzmit Körfezi Kış 2010 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



Şekil 4.14: İzmit Körfezi Kış 2010 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



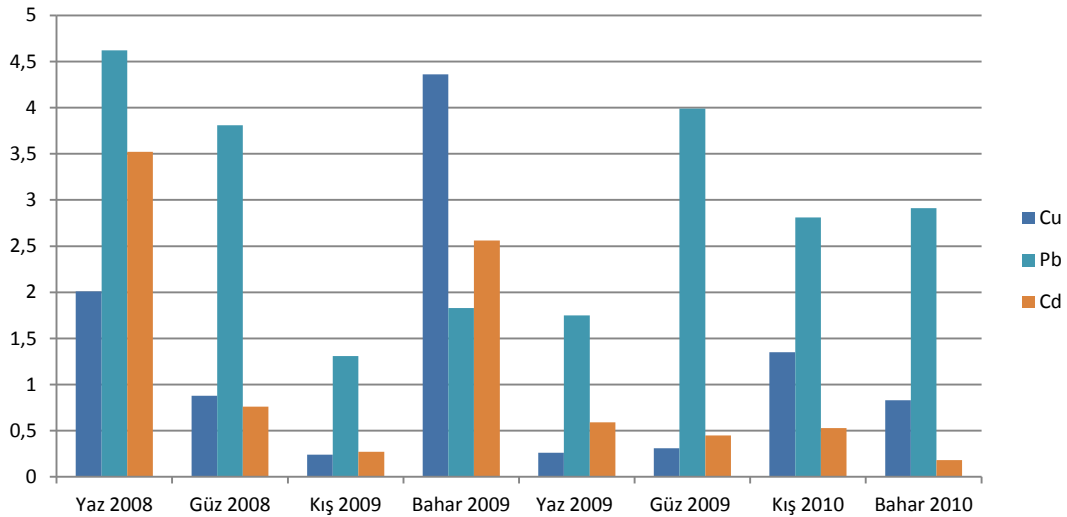
Şekil 4.15: İzmit Körfezi Bahar 2010 Dönemine Ait Cu, Pb, Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)



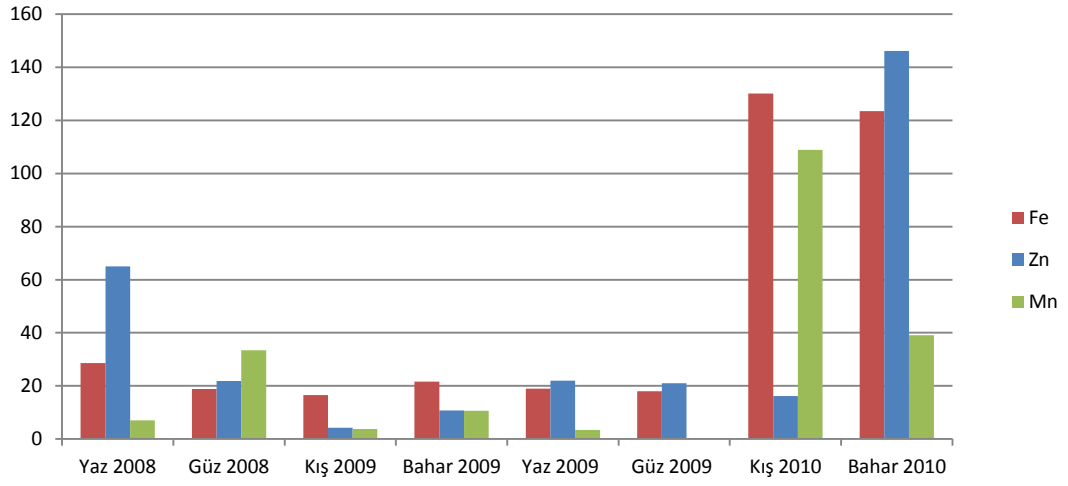
Şekil 4.16: İzmit Körfezi Bahar 2010 Dönemine Ait Fe, Zn, Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyon Grafiği (µg/L)

4.2. Deniz Suyunda Metal Konsantrasyonlarının Basenlere ve Mevsimlere Göre Değişimleri

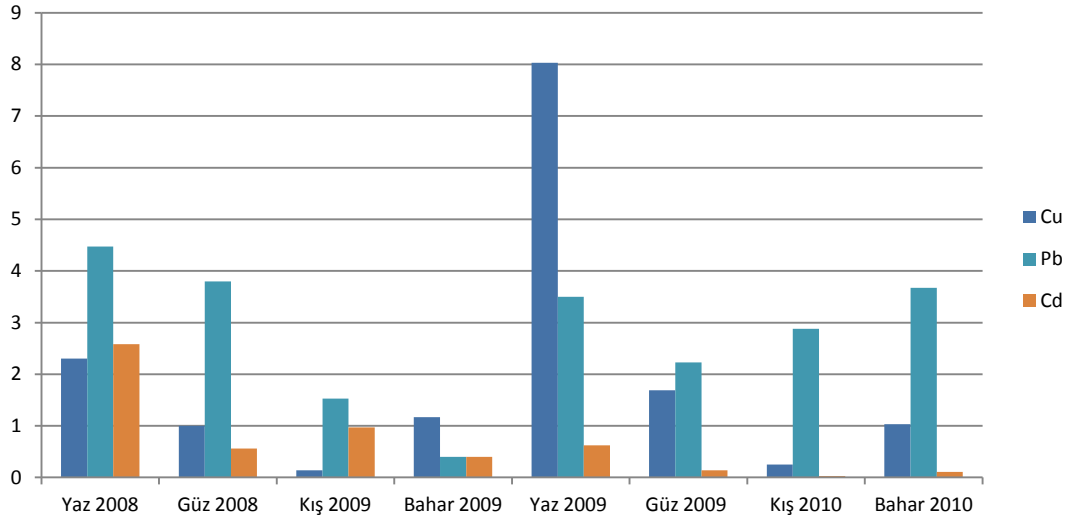
İzmit Körfezi, doğu batı ve merkez basenlerinden alınan örneklerde mevsimlere göre konsantrasyon değişimleri µg/L olarak aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



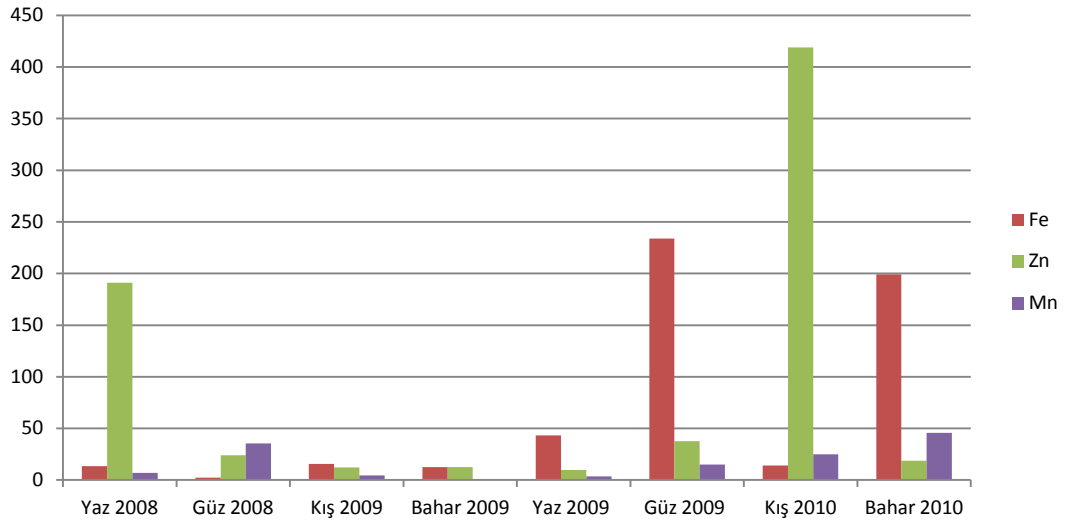
Şekil 4.17: Doğu Baseni Yüzey Sularında Cu, Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



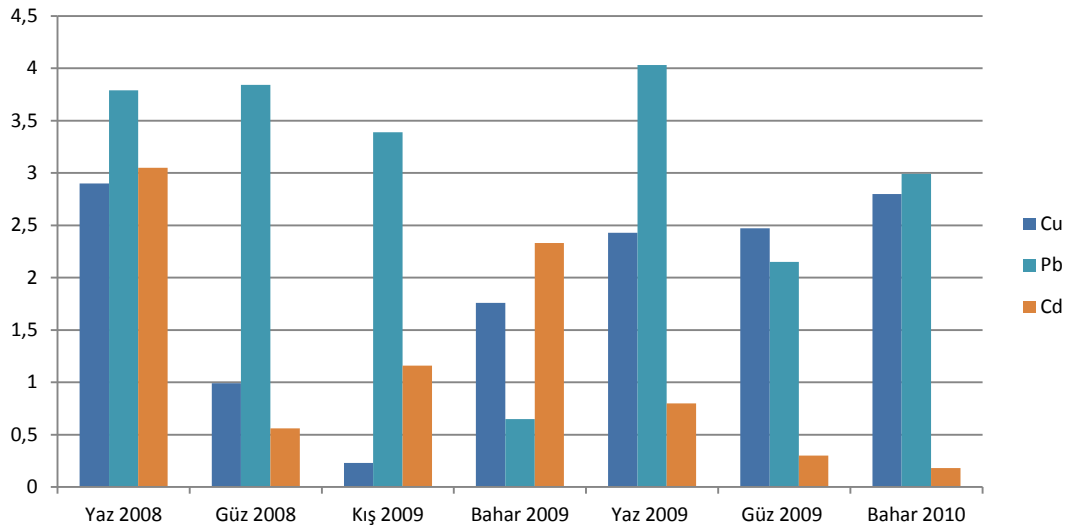
Şekil 4.18: Doğu Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



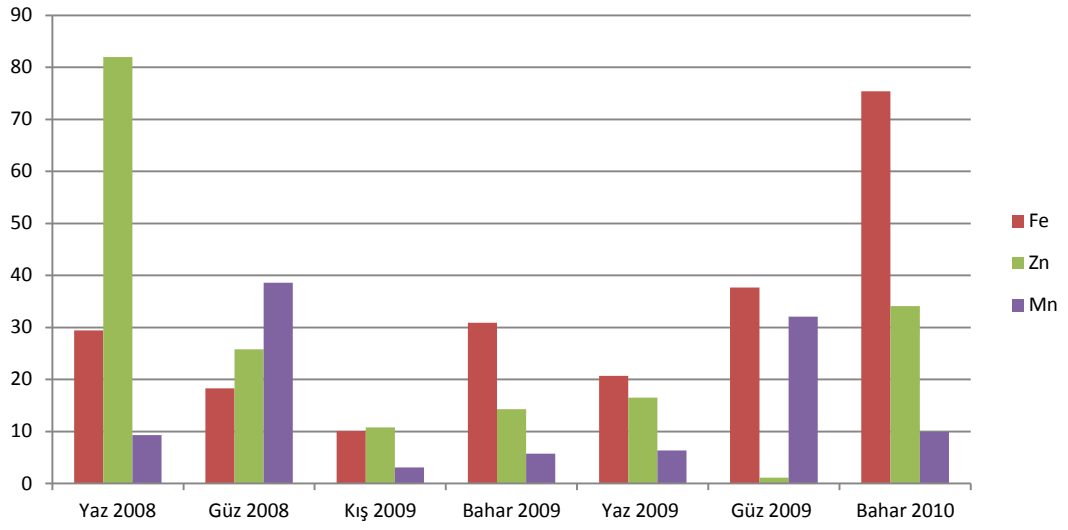
Şekil 4.19: Merkez Baseni Yüzey Sularında Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



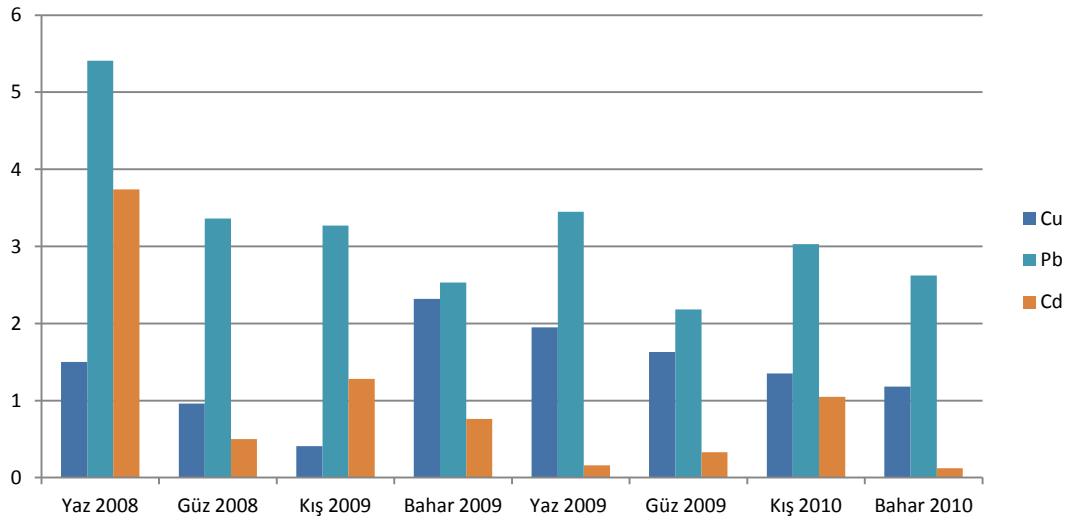
Şekil 4.20: Merkez Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



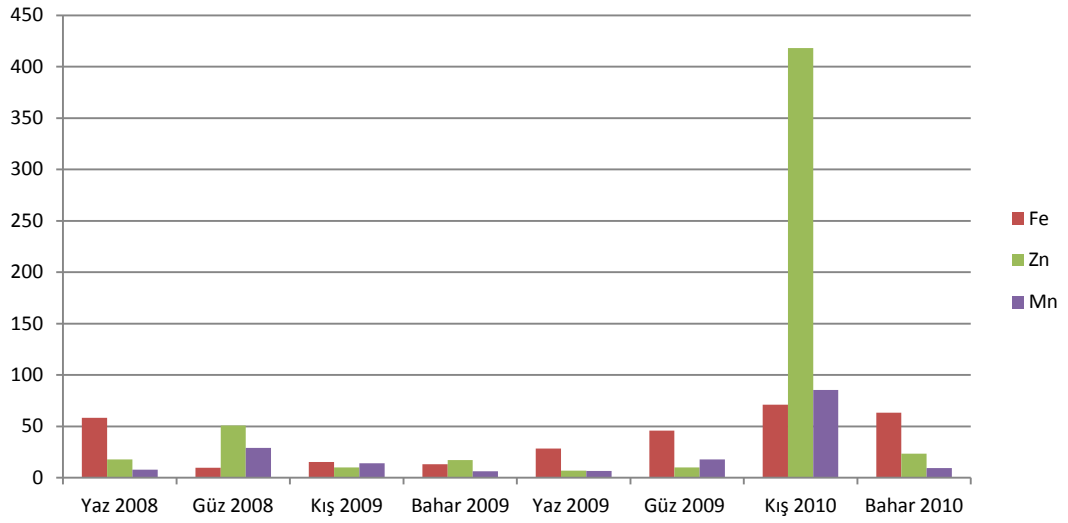
Şekil 4.21: Batı Baseni Yüzey Sularında Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



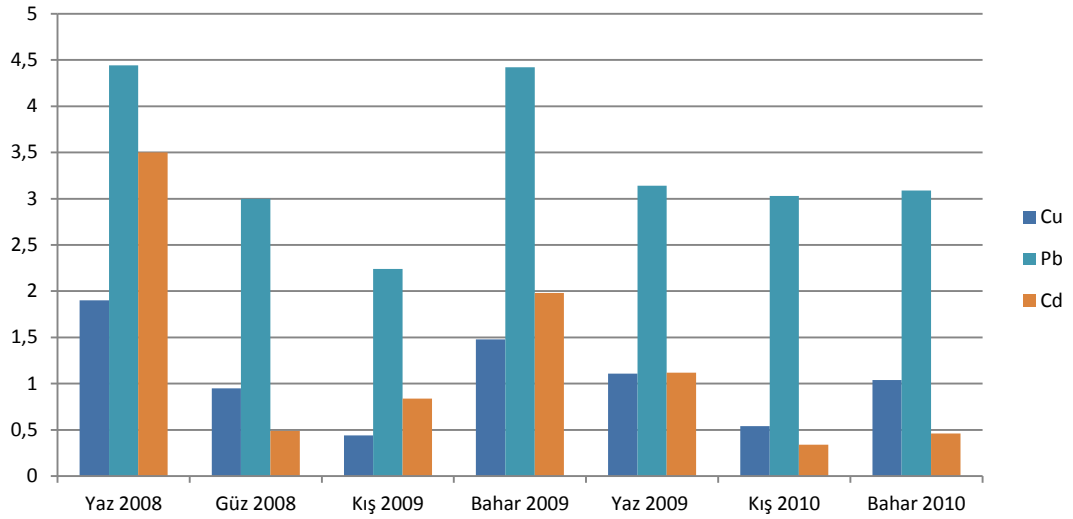
Şekil 4.22: Batı Baseni Yüzey Sularında Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



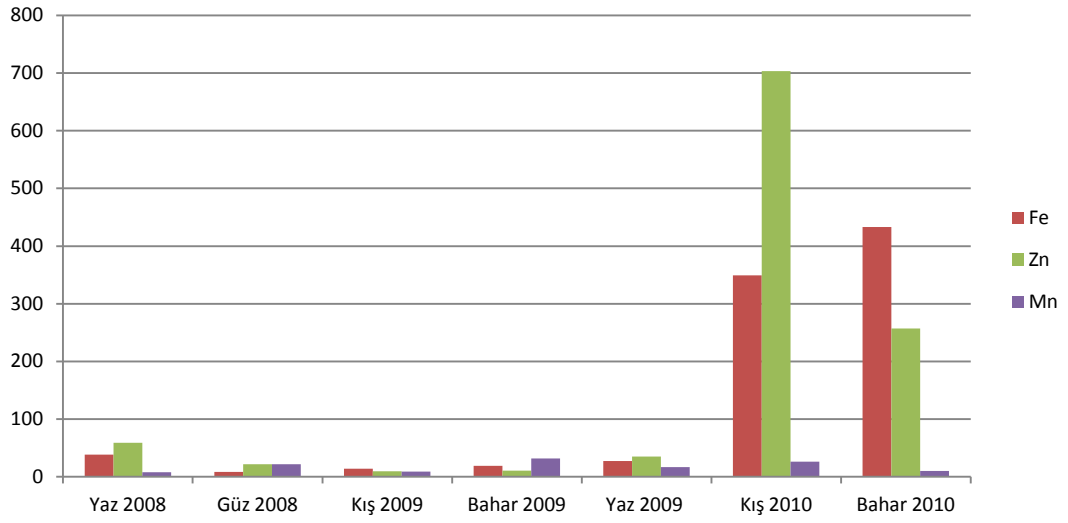
Şekil 4.23: Doğu Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



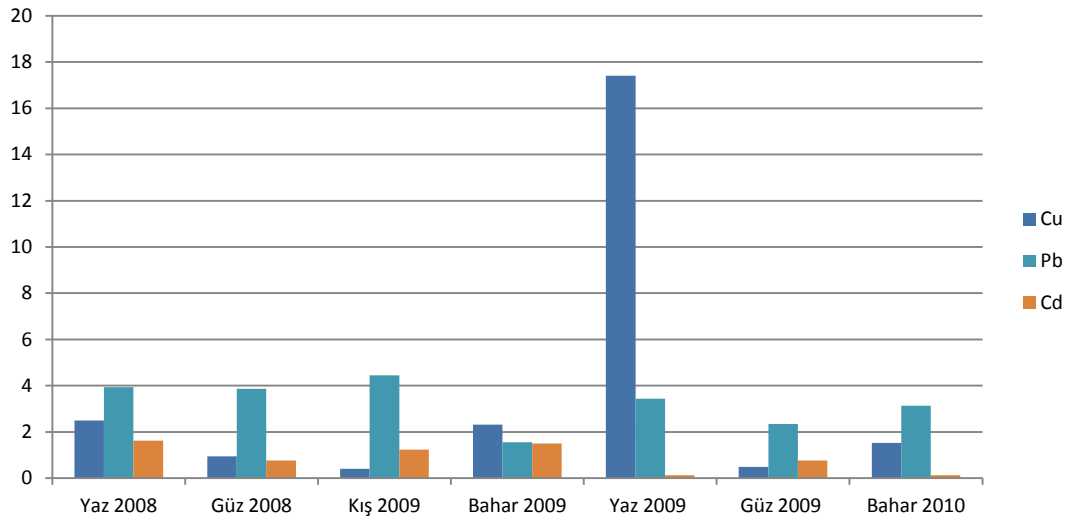
Şekil 4.24: Doğu Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



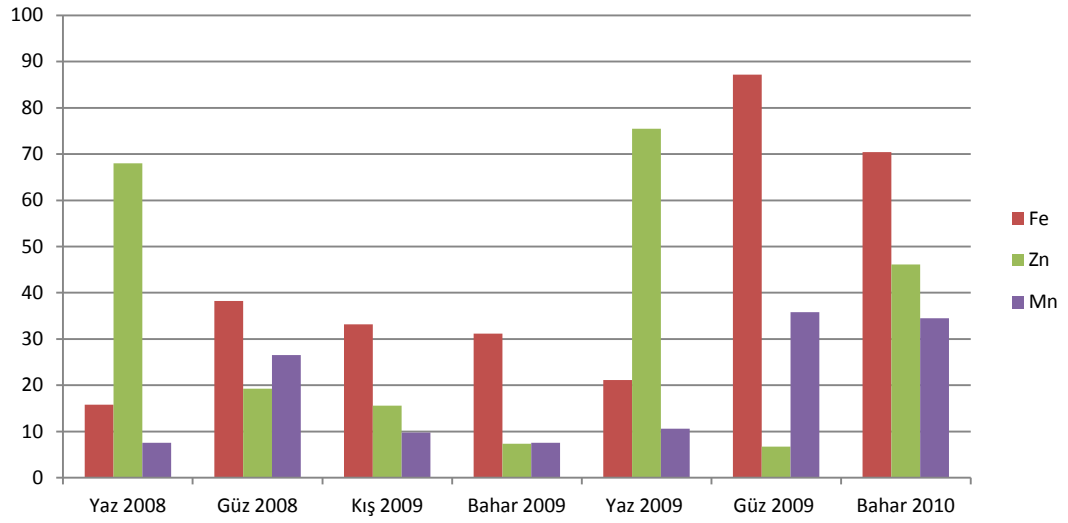
Şekil 4.25: Merkez Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



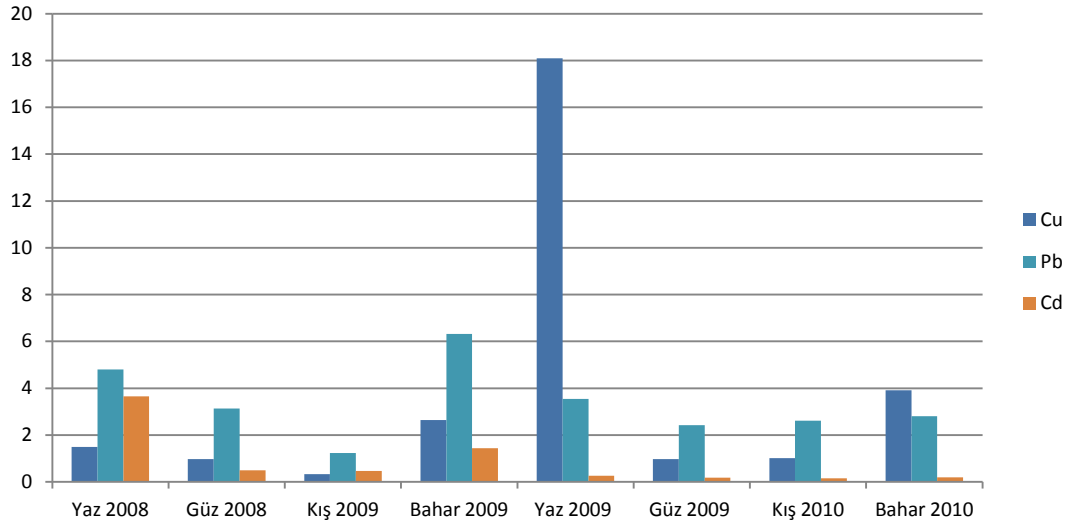
Şekil 4.26: Merkez Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



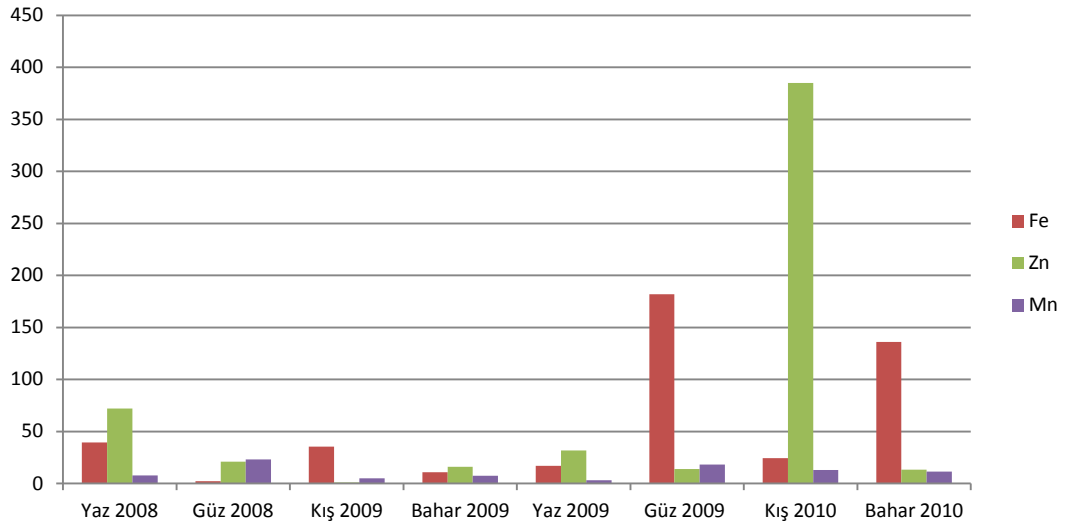
Şekil 4.27: Batı Baseni -10m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



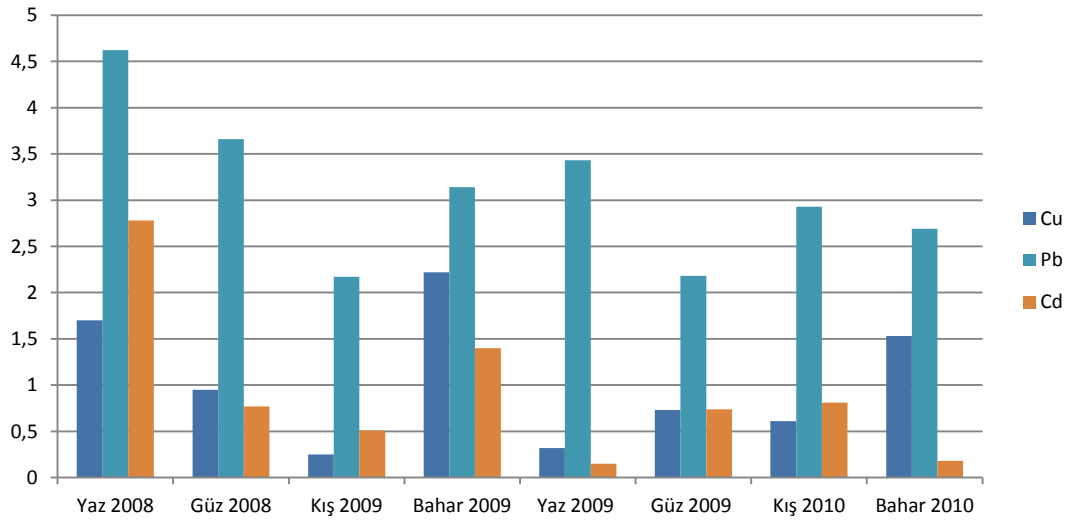
Şekil 4.28: Batı Baseni -10m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



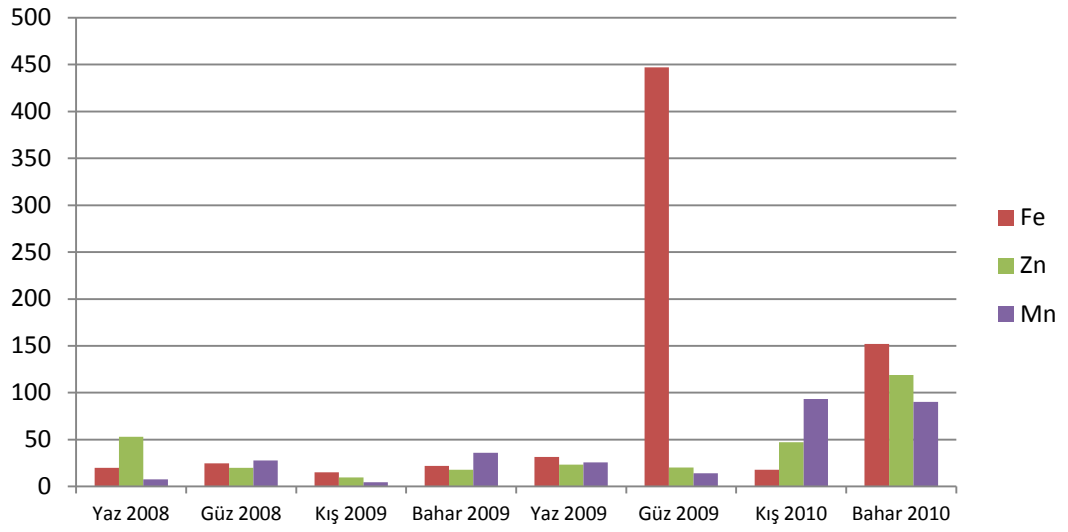
Şekil 4.29: Doğu Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



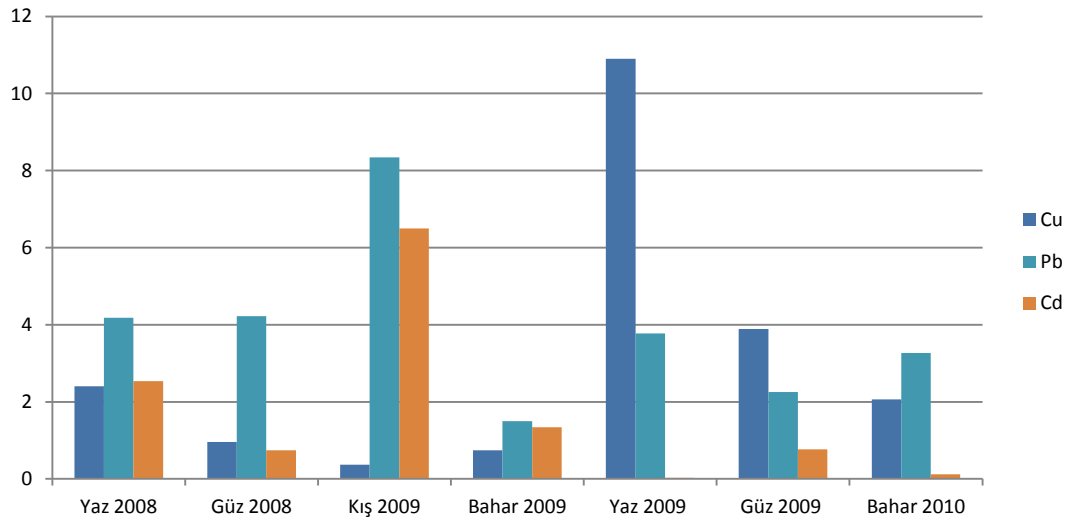
Şekil 4.30: Doğu Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



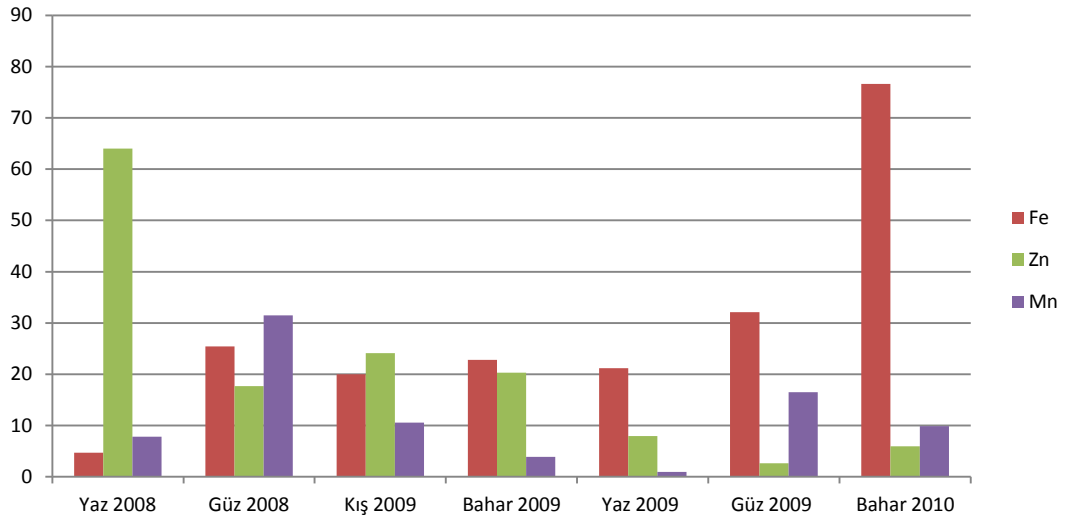
Şekil 4.31: Merkez Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



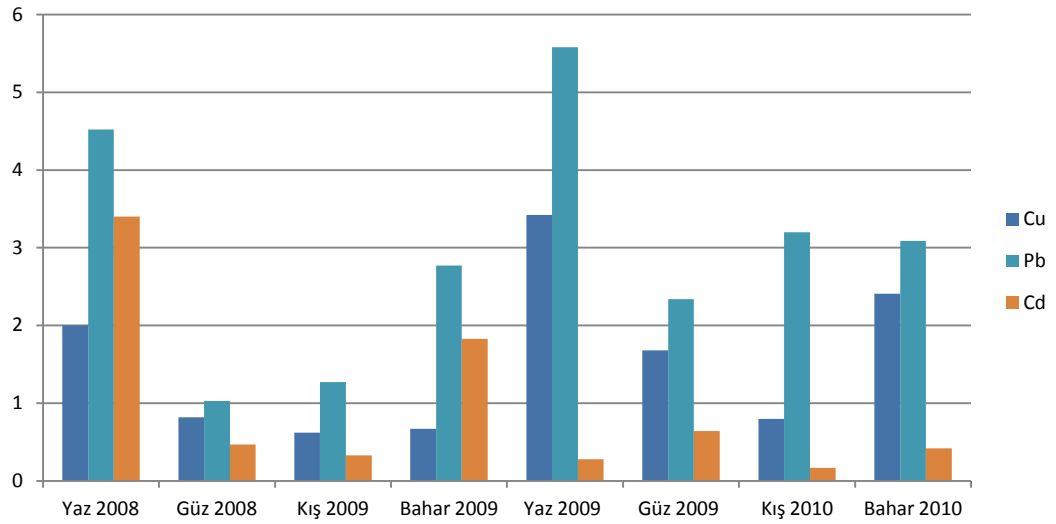
Şekil 4.32: Merkez Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



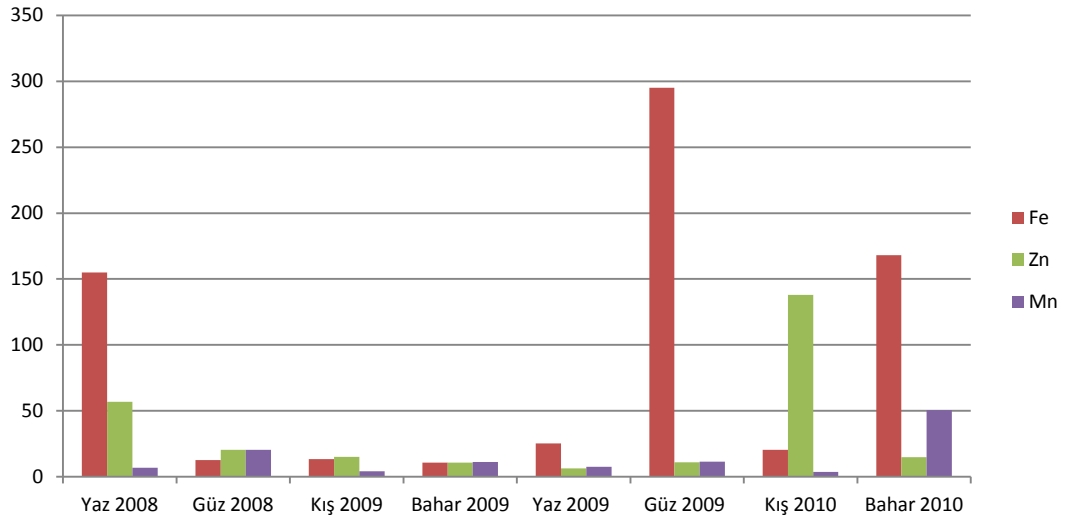
Şekil 4.33: Batı Baseni -20m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



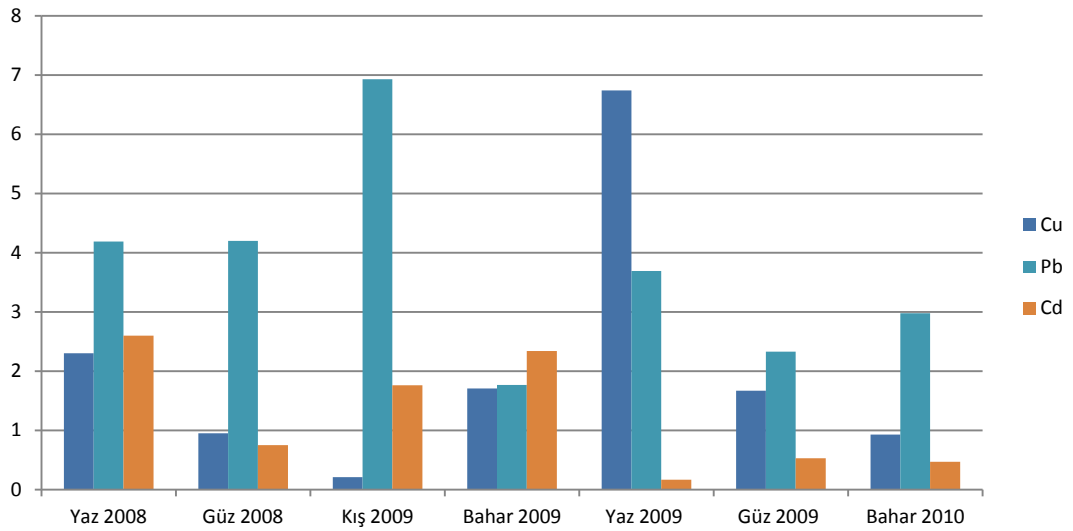
Şekil 4.34: Batı Baseni -20m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



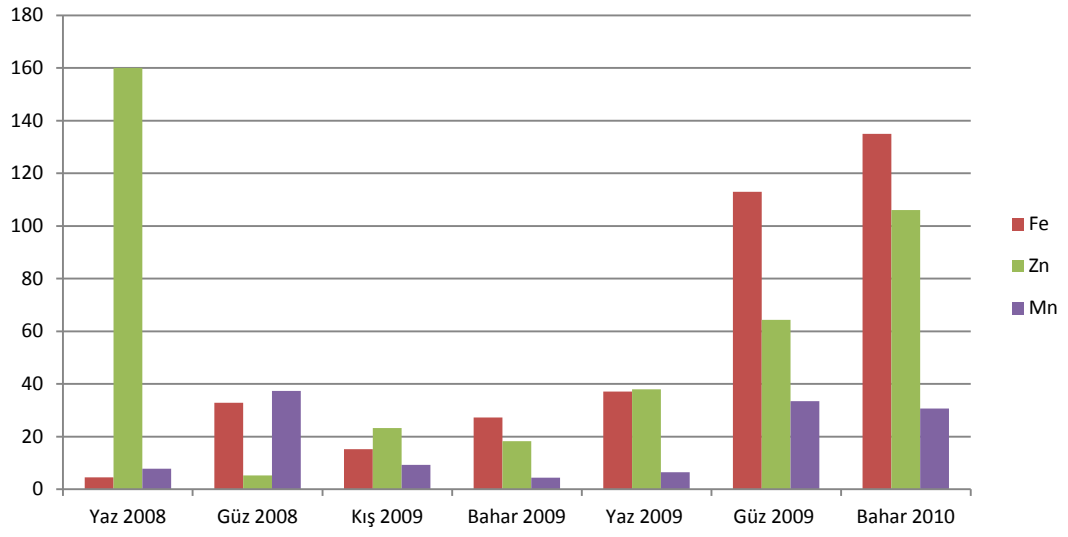
Şekil 4.35: Merkez Baseni -50m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



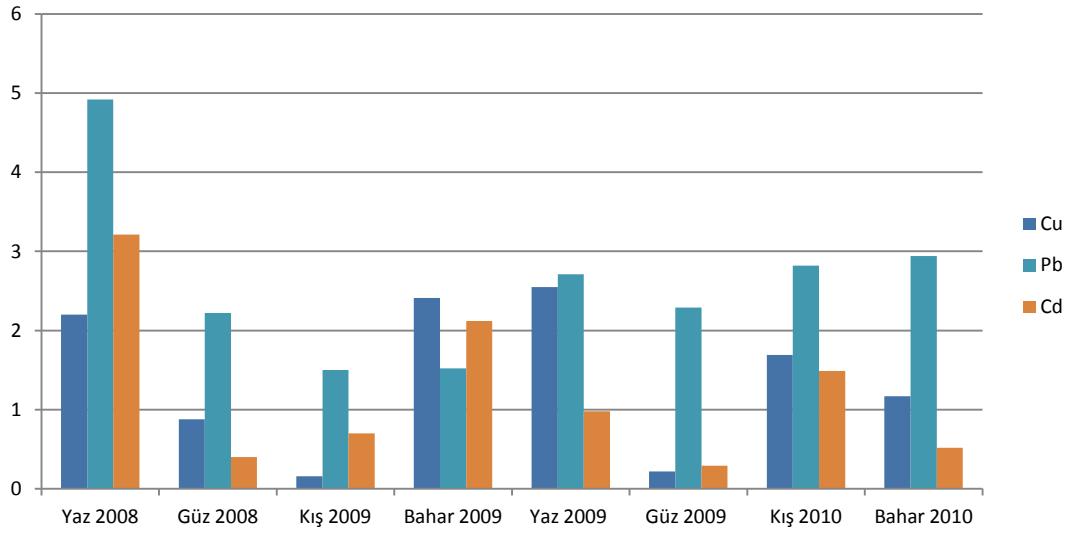
Şekil 4.36: Merkez Baseni -50m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



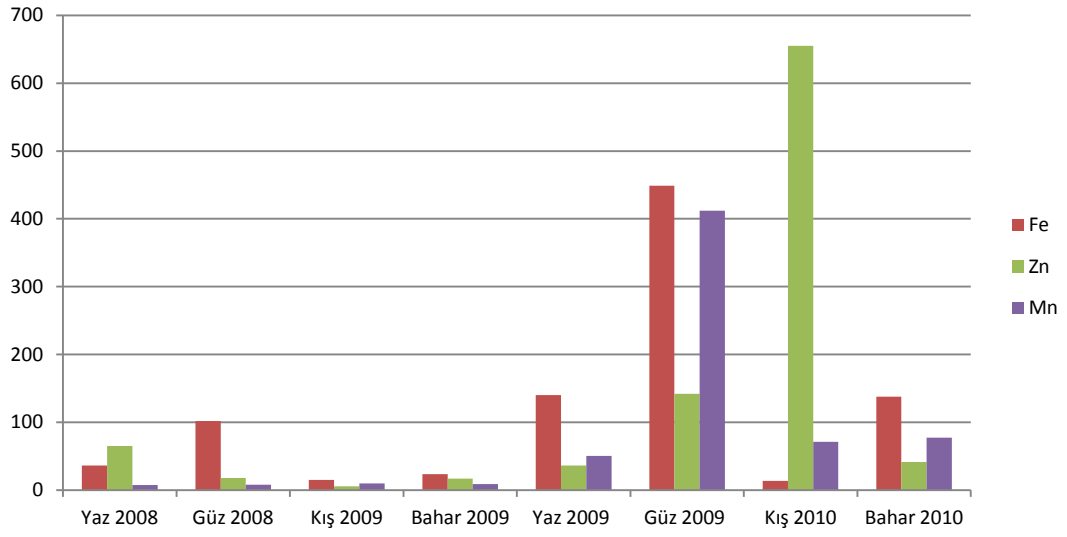
Şekil 4.37: Batı Baseni -50m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



Şekil 4.38: Batı Baseni -50m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



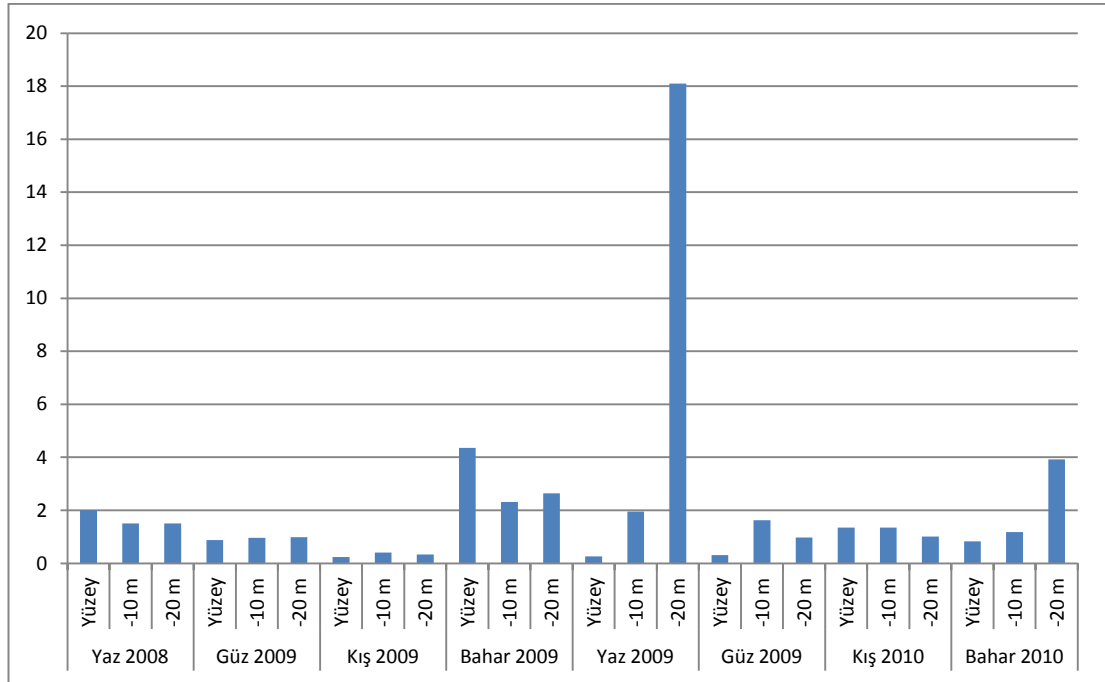
Şekil 4.39: Merkez Baseni -80m Derinliğinde Cu , Pb ve Cd Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)



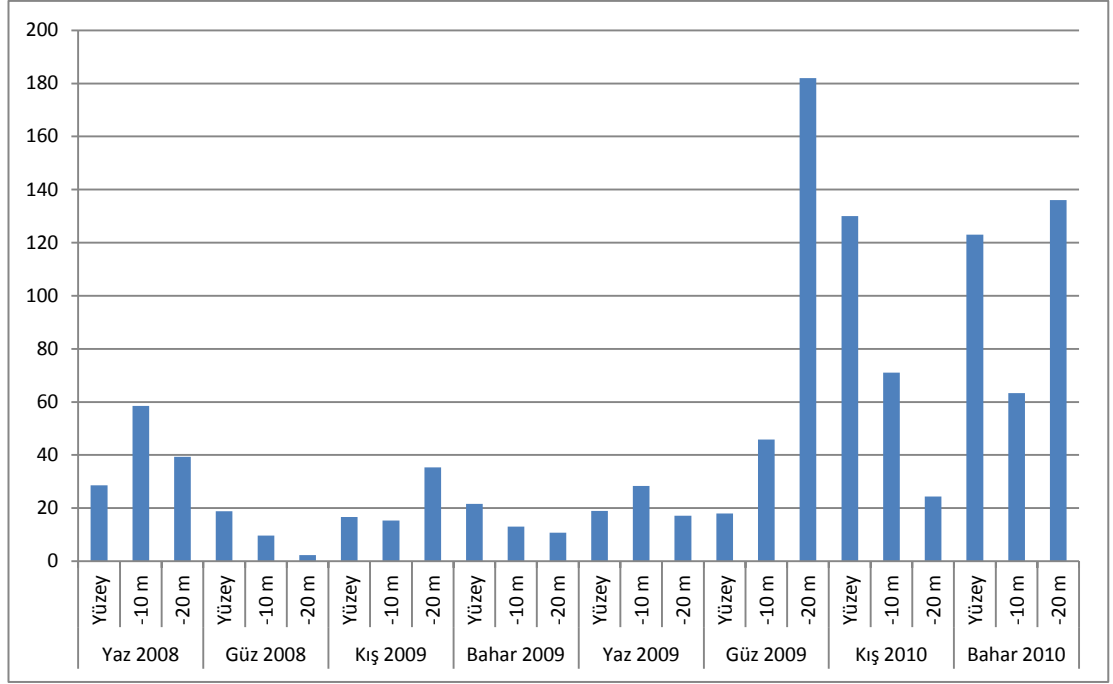
Şekil 4.40: Merkez Baseni -80m Derinliğinde Fe, Zn ve Mn Elementlerine İlişkin Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri (µg/L)

4.3. Deniz Suyunda Metal Konsantrasyonlarının Derinliğe ve Mevsime Bağlı Değişim Grafikleri

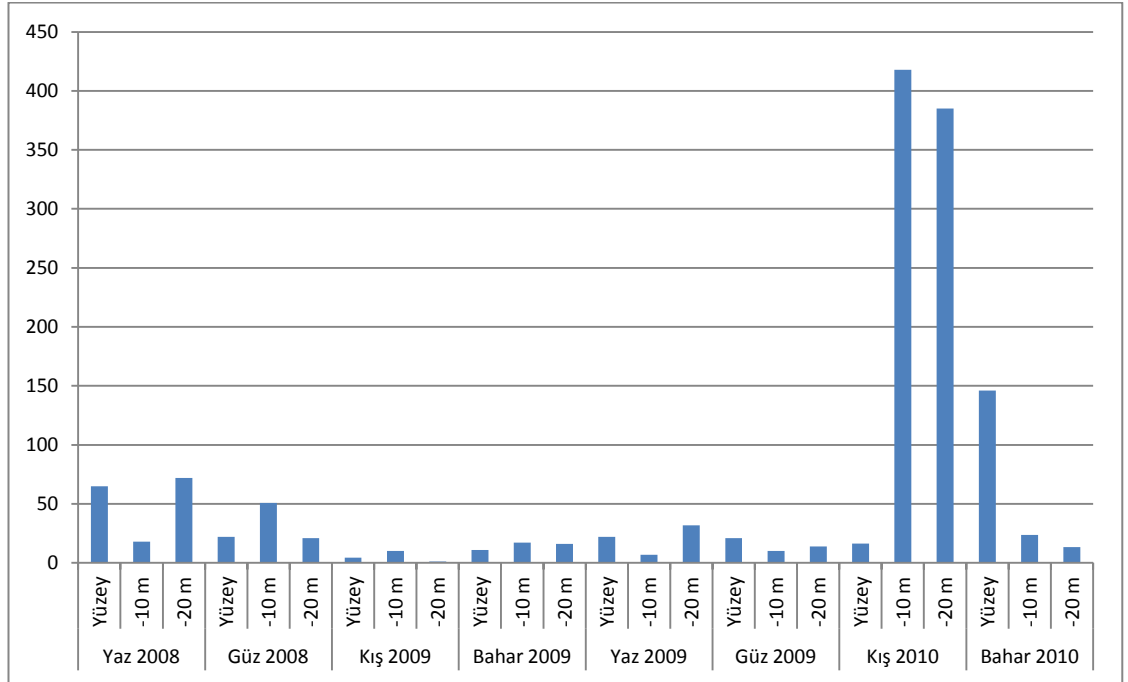
İzmit Körfezi, doğu batı ve merkez baseni örneklerinde, derinlik ve mevsime bağlı element konsantrasyon değişimleri µg/L olarak aşağıdaki verilmiştir.



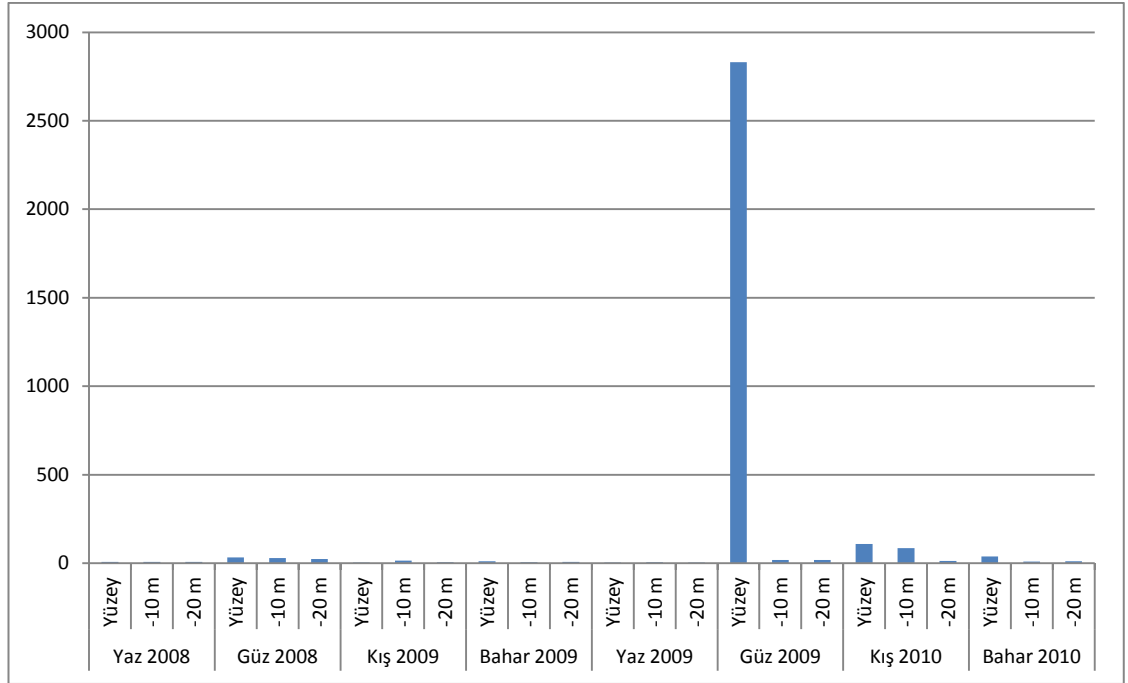
Şekil 4.41: Doğu Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



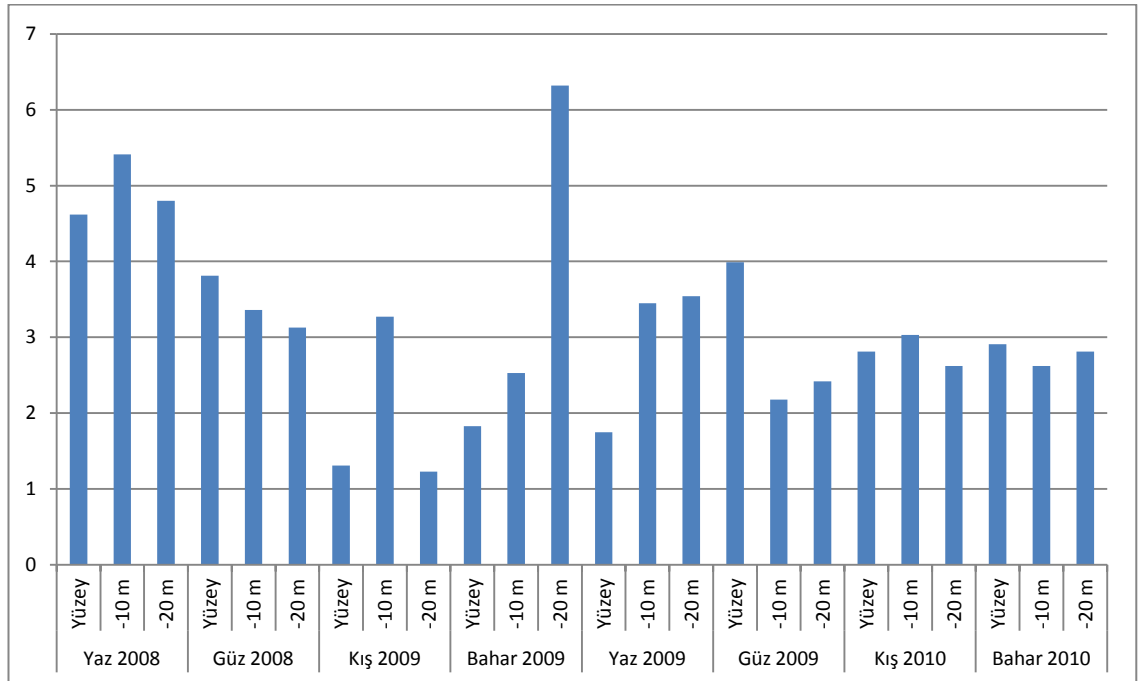
Şekil 4.42: Doğu Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunu Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



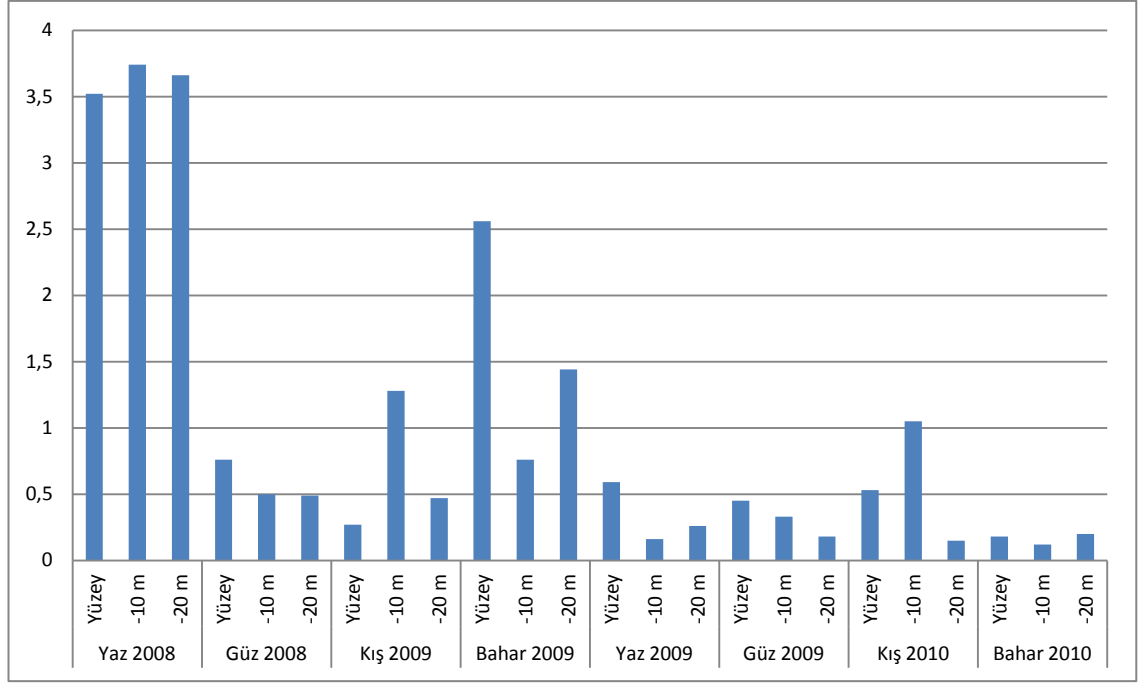
Şekil 4.43: Doğu Baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



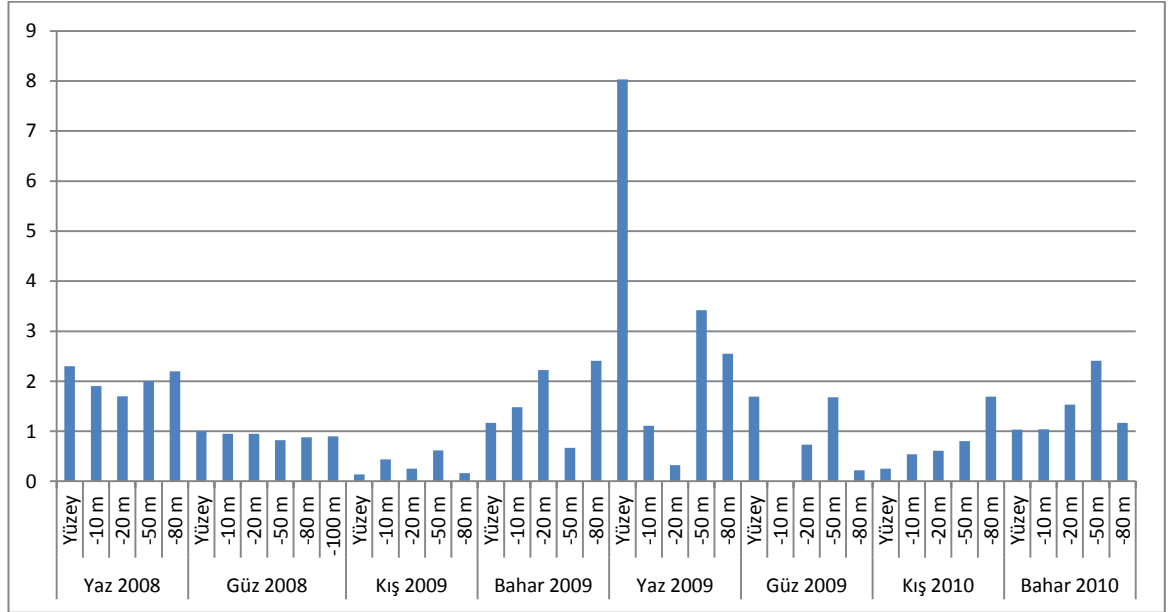
Şekil 4.44: Doğu Baseninde Mn Metal Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



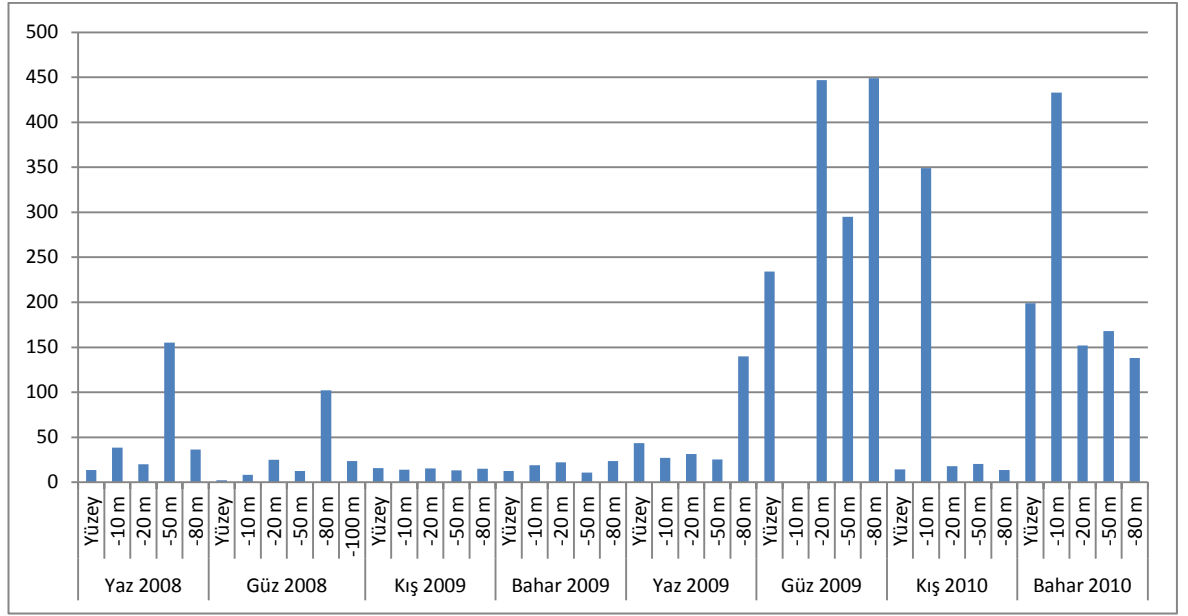
Şekil 4.45: Doğu Baseninde Pb Metal Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



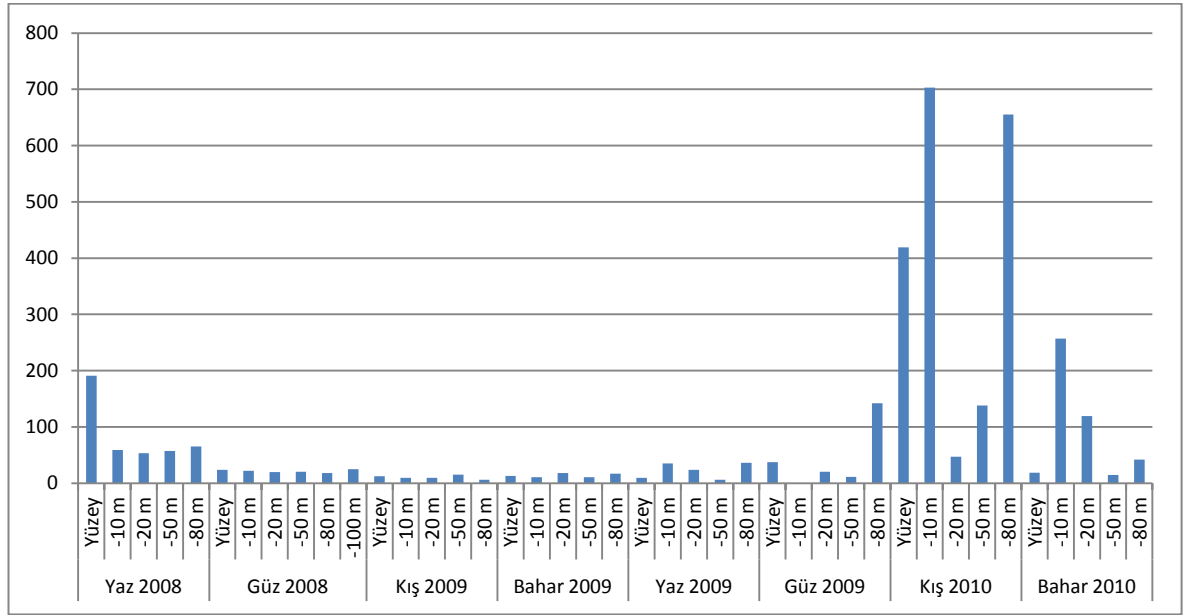
Şekil 4.46: Doğu Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



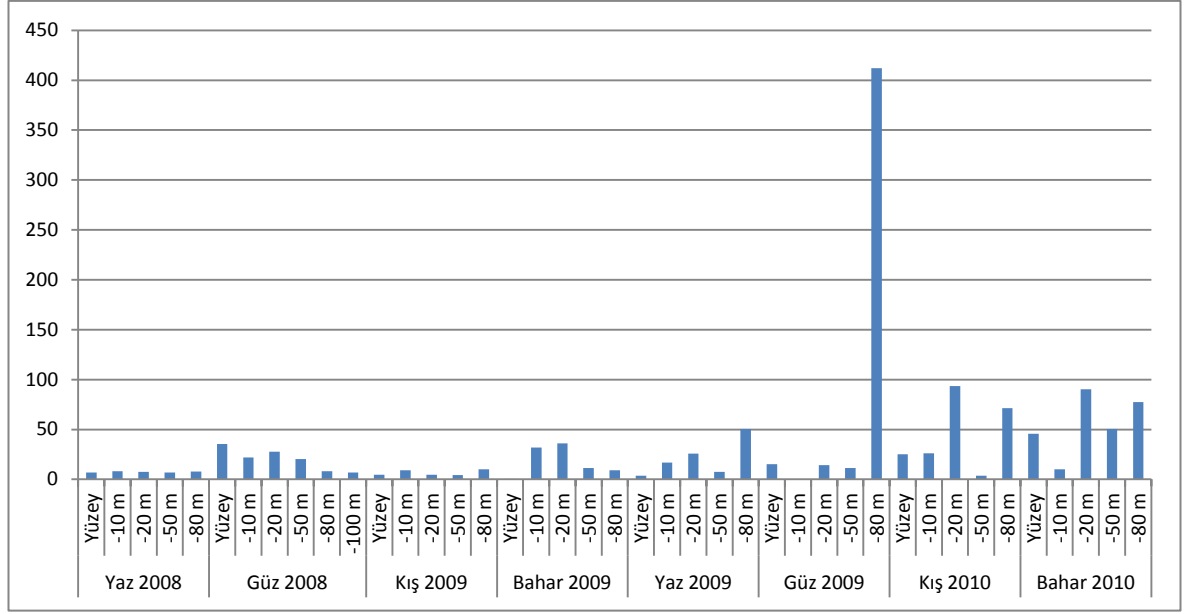
Şekil 4.47: Merkez Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



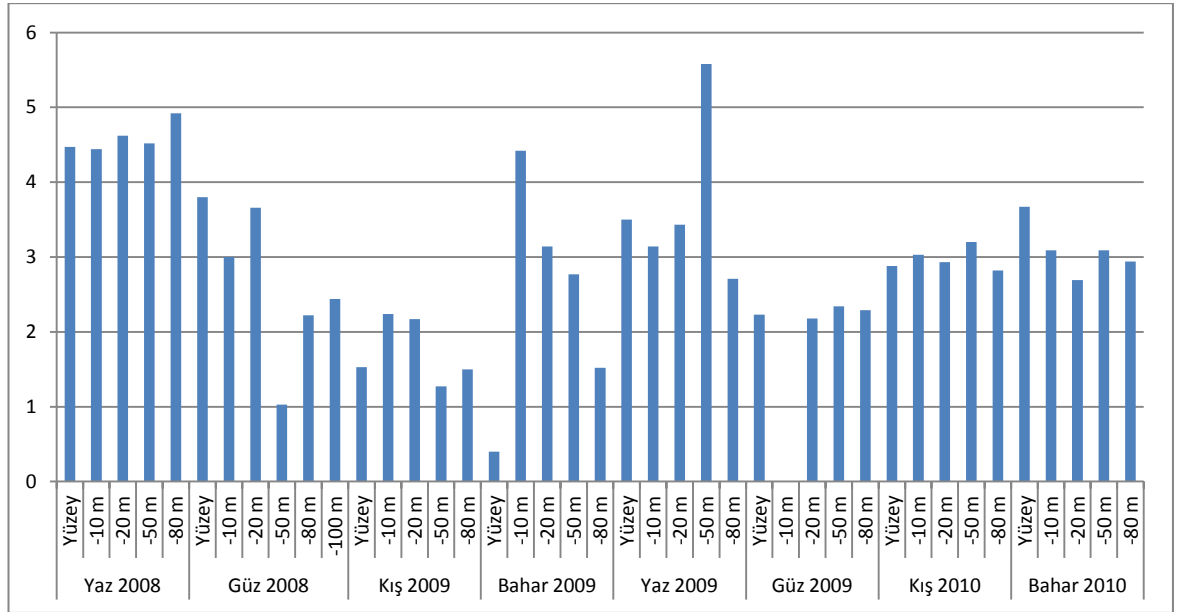
Şekil 4.48: Merkez Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



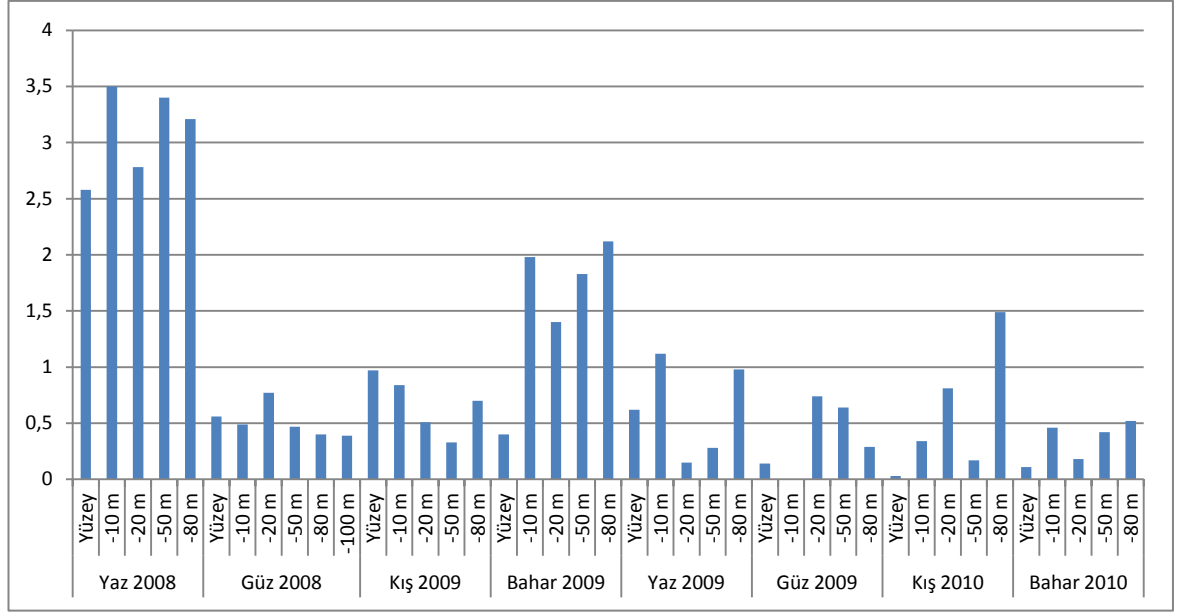
Şekil 4.49: Merkez Baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



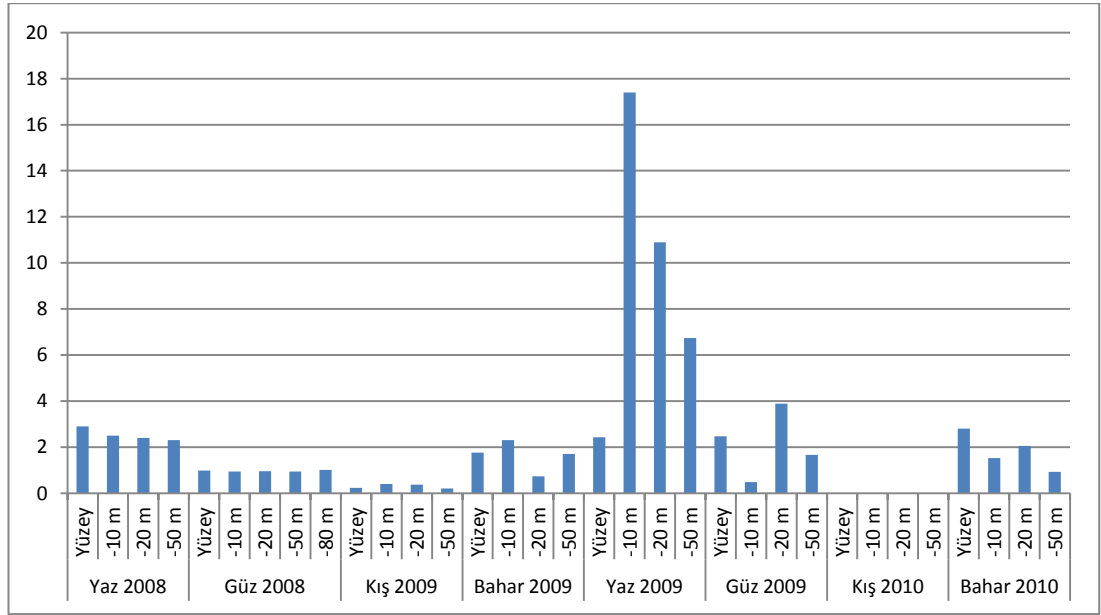
Şekil 4.50: Merkez Baseninde Mn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafîği (µg/L)



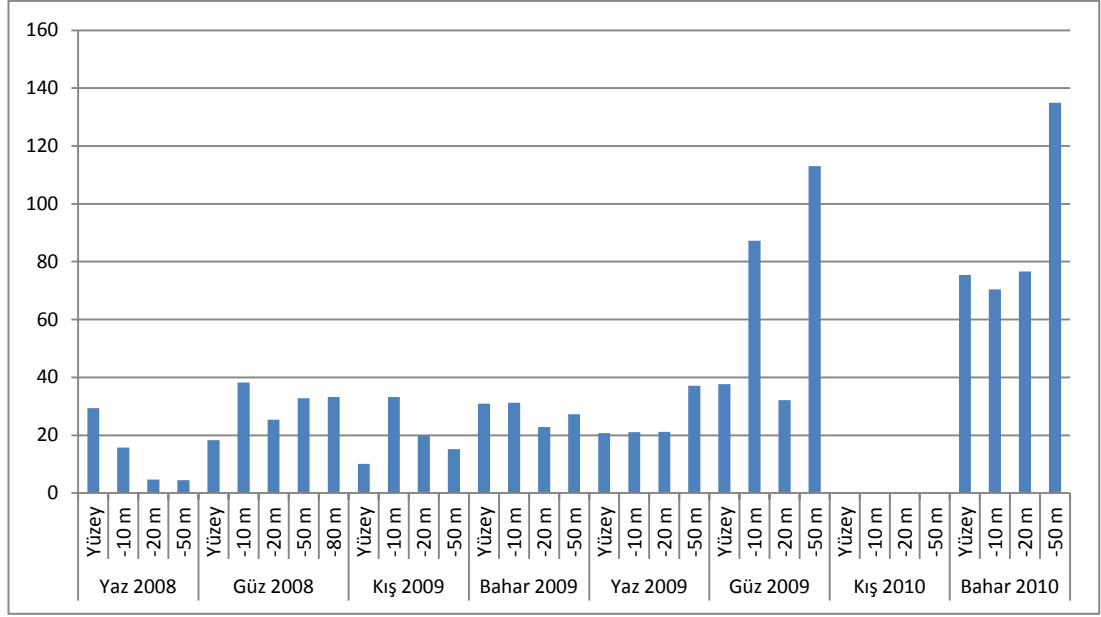
Şekil 4.51: Merkez Baseninde Pb Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafîği (µg/L)



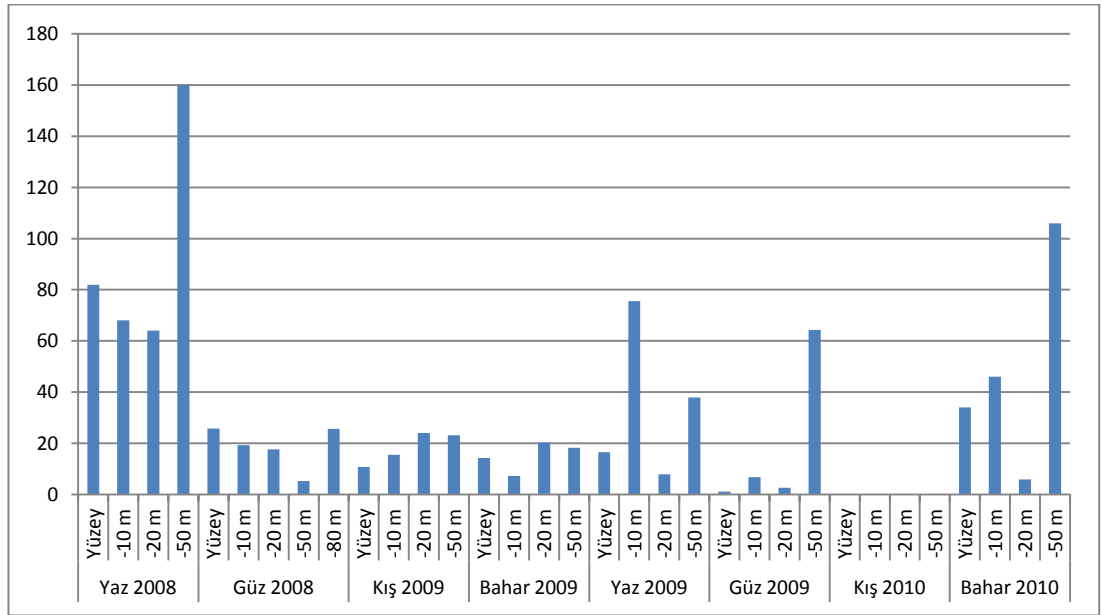
Şekil 4.52: Merkez Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



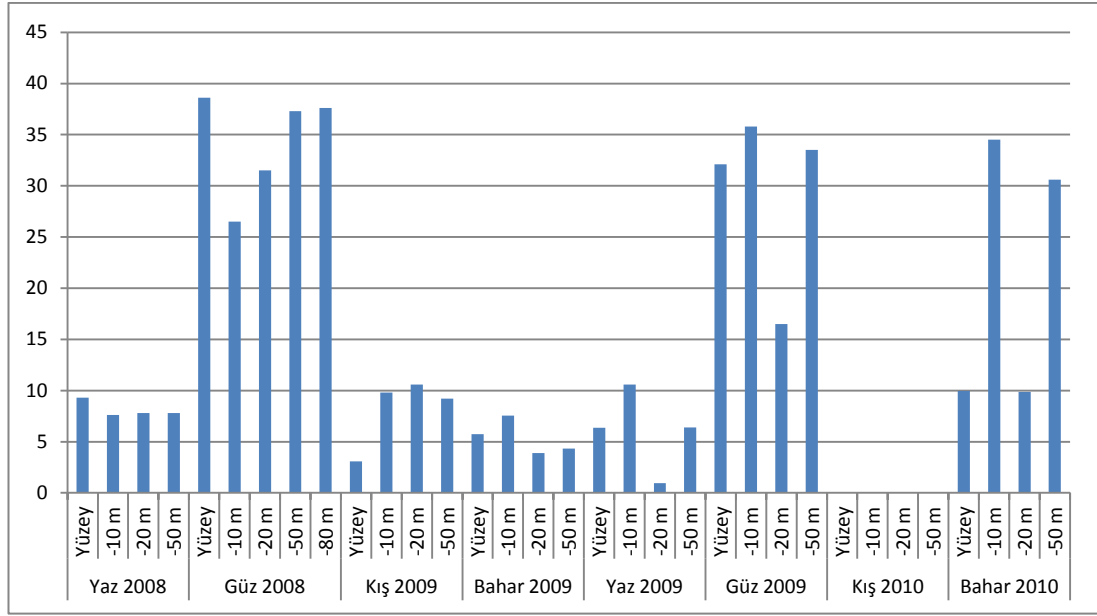
Şekil 4.53: Batı Baseninde Cu Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



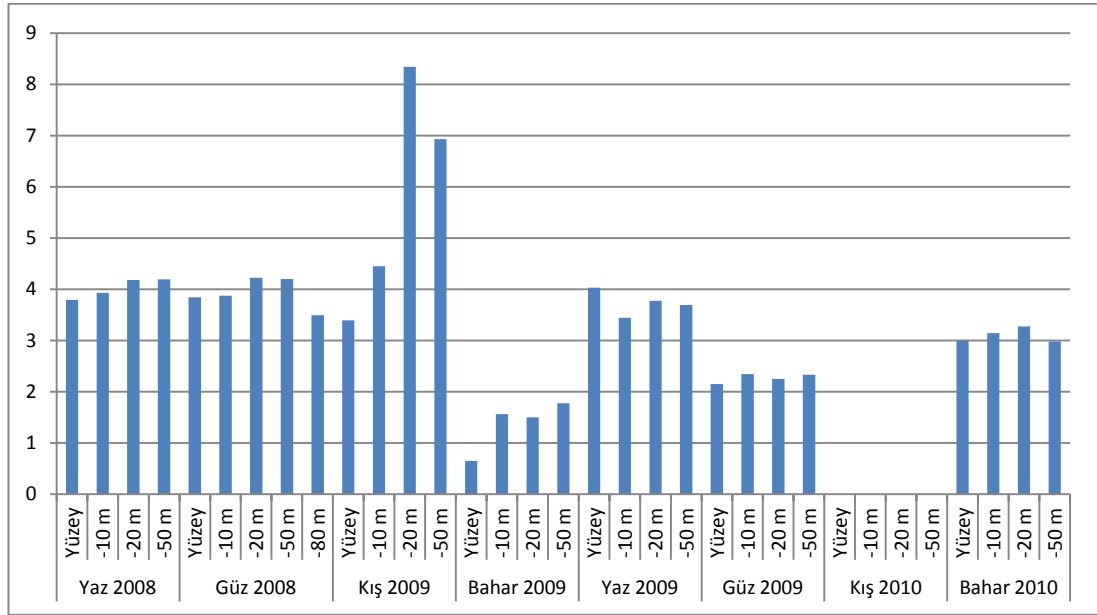
Şekil 4.54: Batı Baseninde Fe Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



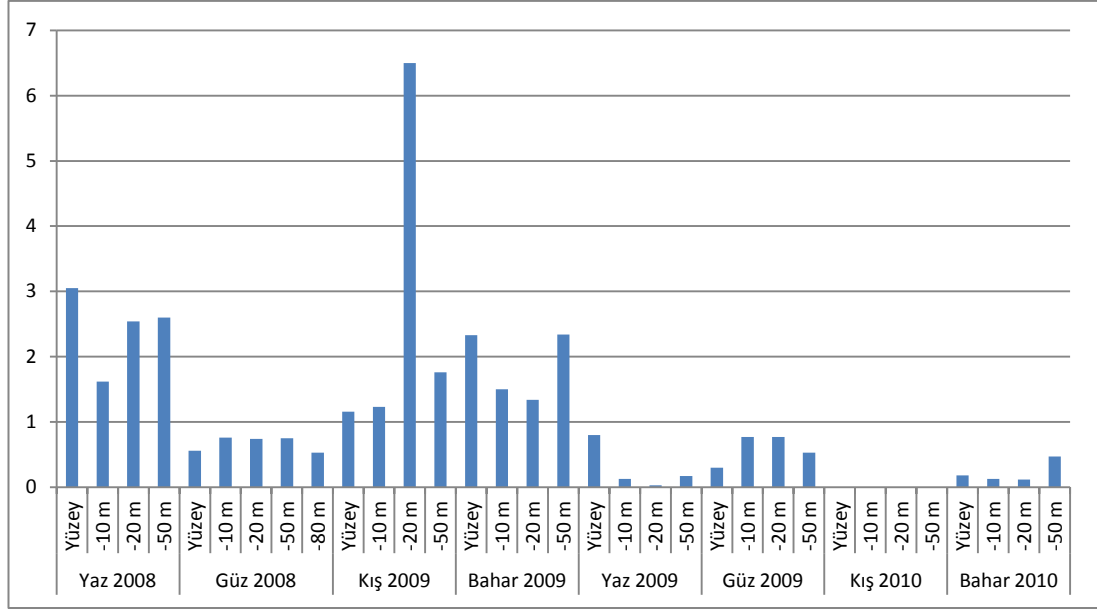
Şekil 4.55: Batı baseninde Zn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



Şekil 4.56: Batı Baseninde Mn Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



Şekil 4.57: Batı Baseninde Pb Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)



Şekil 4.58: Batı Baseninde Cd Metali Konsantrasyonunun Derinlik ve Mevsimsel Değişim Grafiği (µg/L)

4.4. Eser Element Verilerinin Değerlendirilmesi

Doğu, batı ve merkez basen verileri şekil 4.1 - şekil 4.58'deki konsantrasyon değişimleri incelendiğinde, 2010 dönemine ait kış mevsiminde diğer mevsimlere oranla çözülmüş element konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Buradaki konsantrasyon değişimlerinin hava koşullarına ve fabrika atıklarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Yüzey sularındaki en yüksek değer ise kış 2010 dönemi, merkez baseninde, Zn metalinde görülmektedir. Zn metali şekil 4.14 incelendiğinde, merkez baseninde 419 µg/L olarak ölçülmüştür.

Batı baseni yüzey suları incelendiğinde ise; tutarsız bir grafik elde edilmiştir. Zn metali şekil 4.2, yaz 2008 dönemi, batı baseninde en yüksek konsantrasyonda, 82,0 µg/L, bulunurken, diğer mevsimlerde düşüş gözlemlenmiştir. Kış 2010 dönemi batı baseninde, sert iklim koşulları nedeniyle arazi çalışması yapılamadığından veriler bulunmamaktadır. Yine batı baseninde Fe metali incelendiğinde, Zn metali aksine en yüksek konsantrasyon şekil 4.16 bahar 2010 döneminde saptanmıştır. Yüzey için eser element konsantrasyonları incelendiğinde genellikle Zn ve Fe metalinin yüksek değerlerde bulunduğu gözükmemektedir.

Yüzey sularındaki, bazı bölgelerde tutarsız sonuçların ortaya çıkmasındaki en büyük sebebin, kontrolsüz fabrika, gemi atıkları ve diğer çevre kirleticiler olduğu düşünülmektedir.

Basenlerde daha derin bölgeler incelendiğinde, doğu ve merkez basen, -10 m derinlikte, yine Zn metalinin en yüksek değere şekil 4.14 kış 2010 mevsiminde çıktığı gözlemlenmektedir. Doğu baseni -10m, kış 2010 döneminde Zn konsantrasyonu, 418 µg/L, merkez basen -10m, kış 2010 döneminde ise 703 µg/L olarak saptanmıştır.

Doğu baseninde -20 m'den elde edilen bulgular kıyaslandığında yine çözünmüş Zn miktarı en yüksek oranda bulundu. Şekil 4.14 merkez baseni -20 m de ise güz 2009 dönemine ait bulgular çözünmüş demir miktarının 447 µg/L olduğunu göstermektedir. Şekil 4.16 kış 2010 döneminde ise bu miktar 17,9 µg/L düzeyine inmiştir.

Merkez ve batı baseni, -20m ye ait sonuçlar karşılaştırıldığında en yüksek konsantrasyon değerine Fe metalinin ulaştığı gözlemlenmektedir. Güz 2009 döneminde Fe metali merkezde en yüksek değerde, batı baseninde ise bahar 2010 döneminde en yüksek değerde bulunmuştur.

Merkez basende, -80m derinliğe ilişkin sonuçlar incelendiğinde yine güz 2009 ve kış 2010 döneminde Fe, Mn ve Zn metalinin en yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Merkez basende metal konsantrasyonu değerleri, diğer derinliklere oranla artış göstermiştir. Buradaki konsantrasyon artışına; derinliğin artışıyla bağlantılı olarak yükselen basınç ve mevsimsel değişimle beraber gelen soğuk iklim şartları neden olmaktadır.

Doğu baseninde Cu metali konsantrasyonunun derinlik ve mevsimsel değişimi incelendiğinde. Cu metalinin en yüksek değere, 18,1 µg/L, yaz 2009 döneminde -20m derinliğinde ulaştığı gözlemlenmiştir.

Doğu baseninde derinlik ve mevsimsel değişim her bir eser element için değerlendirildiğinde Zn ve Fe elementlerine ilişkin konsantrasyon değerlerinin zaman zaman akut seviyesinin üstüne çıktığı görülmektedir. Doğu baseninde Cu, Fe, Zn ve Mn metali için en yüksek değerler 2009 yaz ve 2010 kış dönemlerinde

gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, doğu baseni güz 2009 döneminde, yüzey suyuna ilişkin Mn ölçümü yapılmış ve Mn için en yüksek konsantrasyon değeri, 2832 µg/L, bu dönemde saptanmıştır. Buradaki sapmanın sebebi, analit yüzey suyuna ait olduğu için; örnekleme sırasında yoğun bir kirlenici kaynağın bulunduğunu düşündürmektedir. Pb ve Cd konsantrasyonu ise doğu baseninde, kabul edilebilir seviyelerde saptanmıştır.

Merkez basende Fe, Zn ve Mn metali güz 2009 ve bahar 2010 aralıklarında kabul edilebilir sınırların çok üstüne çıkmıştır. Yine Pb, Cu ve Cd metallerinde genellikle düşük konsantrasyon değerleri saptanmıştır.

Batı baseninde, Mn, Zn ve Fe konsantrasyonları yine yüksek oranlarda saptandı, Pb, Cu ve Cd konsantrasyonları ise genellikle kabul edilebilir sınırlar içerisinde saptandı.

İzmit Körfezi, doğu, batı ve merkez basenleri, Cd ağır metali için incelendiğinde; Cd elementinin en yüksek değere, 6,50 µg/L, kış 2009 döneminde ulaştığı gözlemlenmiştir. Pb metali ise kış 2009 ve Bahar 2009 dönemlerinde en yüksek değerlere ulaşmıştır. Yine kış 2010 döneminde artışa geçtiği gözlemlenmiştir. Mn metali ise güz 2009 döneminde en yüksek değerine ulaşmıştır ve yine incelendiğinde kış 2009 döneminde artışa geçtiği ama genellikle sabit değerler izlediği gözlemlenmektedir. Zn metali ise kış 2010 ve bahar 2010 dönemleri arasında hemen hemen her basende çok yüksek değerlerde bulunmuştur. Fe metali güz 2009 ve bahar 2010 dönemleri arasında yüksek değerlerde saptanmıştır. Cu metali yaz 2009 ve güz 2009 dönemlerinde en yüksek değerlere çıkmıştır. Ancak Cu metali konsantrasyonu genellikle kabul edilebilir sınırlar dahilinde bulunmuştur.

Mevsimlik ortalamalara göre, bazı mevsimlerde doğu baseninde yüksek konsantrasyonda olmalarına rağmen Cu ve özellikle Cd genellikle Batı basenine yakın istasyonlarda yüksek bulundu. Fe, Mn, Zn, Pb metalleri ise genellikle doğu basenine yakın istasyonlarda yüksek bulundu.

Metal konsantrasyonları çözünürlüğü etkileyen sıcaklık ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu gibi faktörlerden dolayı değişim göstermiştir. Yapılan araştırmada yaz mevsimlerinde özellikle Cu konsantrasyonu yüzeyden derine doğru gidildiğinde düşüş göstermiştir. Kış mevsimlerinde ise Cu konsantrasyonu yüzeyden derin sulara doğru incelendiğinde artış görüldüğü gözlemlenmiştir. Fe ve Mn konsantrasyonları

genellikle yüzeyde düşük bulunmuştur. Derin sulara bakıldığında ise daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Fe ve Mn metali hidroksitlerinin çözünürlükleri çok düşüktür. Bu durum, yüzey sularında Fe, Mn konsantrasyonunun daha düşük bulunmasına sebep olarak gösterilebilir. Zn, Pb ve Cd konsantrasyonları su kolonu boyunca değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, karışımlar, bölgenin jeolojik yapısı ve sanayi ile iç içe oluşundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Zaman zaman yapılan ölçümler sırasında Cu ve Zn konsantrasyonları kabul edilebilir sınırların üzerinde tespit edildi. Bunun sebebi olarak fabrika atıklarının kontrolsüz şekilde serbest sulara atılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Yapılan örneklemeler sırasında mevsimsel olarak çok yüksek farkların ortaya çıkması ve kıyılara daha yakın sularda birçok metal konsantrasyonunun daha yüksek değerlerde bulunması bir kirletici varlığının, kontrolsüz şekilde açık sulara karıştığını göstermektedir.

4.5. Yapılmış Benzer Çalışmalar ve Sonuçlar

- Taymaz ve ark. (1984) tarafından İzmit Körfezi yüzey sedimenti, deniz suyu ve balık örneklerinde Hg, Cd, Pb düzeyleri araştırılmıştır. Bu çalışmada Hg ve Cd düzeylerinin kloralkali üretimi yapan tesislere yakın bölgelerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Kıyı bölgelerinden yapılan sediment örneklerindeki değerler balıklardaki değerlere yakın bulunmuştur.

- Güven ve ark. (1997) İzmit Körfezi Derince ve Rafineri açıklarından 1994 ve 1995 yıllarında 2 noktadan alınan yüzey suyu örneklerinde petrol kirliliğine bakılmıştır. Bu bölgedeki kirlilik değerini, diğer bölgelerle kıyasladıklarında İzmit Körfezi'ndeki kirliliğin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu petrol kirliliğinin kaynağı olarak rafineri, endüstriyel deşarj ve gemi trafiği olarak belirtilmiştir.

- Güven ve Ünlü (2000) yaptıkları çalışmada 1999 depremi sonrasında Tüpraş Rafinerisinde çok sayıda tankın kontrolsüz olarak yanmasına bağlı kirliliğin Ulaşlı önlerinde 1 yılda 1000 kata varan oranlarda azaldığını belirtmişlerdir.

- Pekey ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada Dil Deresi'ndeki 10 farklı noktadan iki farklı mevsimde su örneği alarak bazı eser elementlerin miktarını belirlemişlerdir. Metal içeriklerine göre su kalitesi belirlenmiştir. Araştırmaya göre Cd, Cr, Cu, Pb ve

Zn değerlerinin, kullanılan referanstaki en yüksek konsantrasyon değerinden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

- Guhathakurta ve ark. (2000) yapılan çalışmada Hindistan'ın Sunderban tatlı su gölünde su, sediman, karides ve mullet türü canlılarda Cd, Pb, Zn, ve Fe konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre suda, Cd (0,04-0,10); Zn(<0,01-9-66); Pb(0,03-0,16); Fe(14,3-170) µg/mL olarak bulmuşlardır. Göl sedimandında ise metallerin daha yüksek ve Zn ile Fe konsantrasyonlarında önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

- Okonkwo ve ark.(2005), Güney Afrika'da 3 nehirde yaptıkları çalışmada su örneklerinde kış ve yaz mevsimlerindeki ağır metal düzeylerini karşılaştırmışlardır. Cd, Cu, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla kışın 5,8; 2,7; 16,03; 2,3 µg/L ve yazın 3,2; 2,3; 11,37; 1,5 µg/L olarak bulmuşlardır. Metal konsantrasyonlarının kış döneminde yaz döneminden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebini kışın nehirlerle karışan yağmur sularına bağlamışlardır. Her iki dönemde de 3 nehirten alınan su örneklerinde Pb konsantrasyonunu diğer metallerden yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

- Çalışkan (2005) Asi Nehri'nde yaptığı çalışmada nehirde alınan su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus*, BURCHELL 1822) örneklerinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını bir yıl süreyle mevsimsel olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda metal birikimlerinin mevsimler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle en yüksek birikim su ve balık örneklerinde yazın, sedimentte ise kışın ölçölmüştür. Sedimentteki birikimin balık ve suya oranla daha yüksek olduğu görölmüş olup sadece Cd suda daha fazla bulunmuştur. Genelde birikim su < balık < sediment olmasına rağmen Cr ve Ni metallerinde balık < su < sediment olarak görölmüştür. Su, sediment ve balık örneklerindeki ağır metaller kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

- Ekoloji 18, 70, 32-37 (2009), Mersin Körfezi'nden Örneklenen Yüzey Suyu ve *Patella* Türlerindeki (*Patella Caerulea*, *Patella Rustica*) Cr, Cd ve Pb Düzeylerinin Belirlenmesi, isimli çalışmada Mersin körfezinden örneklenen iki *Patella* türü ile yüzey suyundaki Cd, Pb ve Cr düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Mersin Körfezi'nin Kazanlı, Karaduvar, Mersin Limanı ve Mezitli'den *P.Caerulea*,

P.rustica ve yüzey suyu örnekleri alınmıştır. Yapılan çalışmada yüzey sularında ölçülen Cd, Cr ve Pb metalleri düzeyinin ortalama değerleri sırasıyla; 0,15-0,44, 2,63-6,13 ve 2,24-14,20 (µg/L) arasında bulunmuştur.

- Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi(2011)'nde yayınlanan, İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu ve Sedimentte Oluşan Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi isimli çalışmada; İskenderun Körfezi'nde deniz suyu ve sedimentteki ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) düzeyleri incelenmiştir. Çalışma Ağustos 2001 ve Temmuz 2002 tarihleri arasında yürütülmüş bir çalışmadır. Deniz suyundaki ağır metal düzeyleri; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/L olarak bulunmuştur. Aynı sırayla sedimentte ise, 4,4725; 49921; 37,053; 141,63; 232,87; 79,040; 1419,8; 25574; 1304,5 ve 795,81, olarak belirlenmiştir.

4.6. Öneriler

Bu tez araştırmasında mevsimsel olarak iki yıl süre boyunca İzmit Körfezi'nde kirlilik çalışması yapılmıştır. İzmit Körfezi'nin farklı bölgelerinden ve farklı derinliklerden mevsimsel olarak alınan su örneklerinde ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu çalışma uzun süreli ve mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde;

İzmit Körfezi'nin, doğu, batı ve merkez basenleri etrafında yer alan kirleticili kaynaklardan etkilendiği görülmüştür. Bölgenin sanayi ile iç içe bulunması zaman zaman bazı bölgelerde tutarsız sonuçlar elde edilmesine sebep olmuştur. Bazı bölgelerde ise elde edilen metal konsantrasyonları sürekli olarak kabul edilebilir seviyenin üzerinde bulunduğu için bu bölgelerde sürekli bir kirleticili kaynağın bulunduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda birçok canlının yaşam alanı olan deniz suyunun kirlenmesi, deniz canlılarına da zarar vermekte ve yaşam alanlarını tehdit etmektedir.

Deniz suyu metal kirliliği yönünden değerlendirildiğinde, Pb ve Cd metallerinin değişimler yüksek oranlarda olmadığından bölgede Pb ve Cd kirleticilerinin az ya da hiç bulunmadığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra diğer metaller bazı mevsimlerde farklılıklar göstermiştir. Bu durumun, bölgede arıtılmamış suların deşarjı ve liman içi

faaliyetlerin mevsimsel olarak farklılıklar yaratmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Bölgede bulunan birçok sanayi kuruluşunun kontrolsüz bir şekilde İzmit Körfezi'ne kontrol dışı ya da kurlsız deşarjların yaptığı düşünülmektedir. Bu gibi kontrol dışı ve ekosistemi tehdit eden durumların önlenmesi, liman faaliyetlerinin kontrollü bir şekilde gerçekleşmesi ve bu konuda bölgede uzun süreli, kapsamlı çalışmaların sürdürülmesi sonucunda İzmit Körfezi ve çevresi kontrol altına alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Çalışkan. E., “Asi Nehri’nde Su, Sediment ve Karabalık’ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans, **Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antakya, (2005)
- [2] Ciminli, C.S., “Gölbaşı Gölü’nde Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal birikimi”, Yüksek Lisans, **Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antakya, (2005)
- [3] Yazkan, M., “Antalya körfezinde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği”, **Turkish Journal Veterinary and Animal Sciences**, 26, 1308-1313, Tübitak, (2002)
- [4] Öztürk, M., “Sinop ili iç ve dış koy ve limanlarda yayılım gösteren iki omurgasız ve iki alg türünden bazı ağır metallerin birikim düzeyleri.”, Doktora, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Samsun, 1991.
- [5] Yazkan, M., “Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Yumuşakçalar ve Karideste Cu, Zn, Pb, ve Cd İçeriği”, **Turkish Journal Veterinary Animal Sciences**, 28, 95-100, Tübitak, (2004)
- [6] Giray, A., Taşdemir, Y., **ÇEV KOR Dergisi**, 12, 1-7, 2003
- [7] Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven, A. Timur,S., **Metalurji Dergisi:Metallerin çevresel etkileri-I**, 136, 47-53, (2003)
- [8] Davies, O. A., Allison, M. E., Uyi, H. S., “Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle from the Elechi Creek, Niger Delta”, **African Journal of Biotechnology**, 5, 968-973, (2006)
- [9] Sağlamtimur, B., Cıçık, B., Erdem, C., “Farklı ortam derişimlerinin etkisinde bakır ve bakır, kadmiyum karışımının Tatlısu Çipurası’nın solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki bakır birikimi üzerine etkileri.”, **Turkish Journal Veterinary and Animal Sciences**, 27, 813-820, Tübitak, (2003)
- [10] Uslu, O., “Türkiye’nin Çevre Sorunları’99.” **Türkiye Çevre Vakfı Yayınları**, Ankara, (1998)
- [11] Gümgüm B., Ünlü, E., Tez, Z., Gülsün, Z., “Heavy Metal Pollution in Water, Sediment and Fish From the Tigris River in Turkey”, **Chemosphere**, 41, 1371-1376, (1994)

- [12] Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A., “Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal.”, **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, 8, 1-4, (2003)
- [13] Wildi, W., Domink, J., Thomas, R. L., Favarger, P., Haller, L., Perroud, A., Peytremann, C., “River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of switzerland.”, **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, 9, 75-87, (2004)
- [14] DellValls, T. A., Blasco, J., Sarasquete, M. C., Forja, J. M., Gomez-Parra, A., “Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *sparus aurata*”, **Ecotoxicology and environmental safety**, 41, 157-167. (1998)
- [15] <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/> (**Ziyaret tarihi: 8 Haziran 2011**)
- [16] Samsunlu, A., “Deniz Kirliliği ve Kontrolü”, **Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri**, 1, 192, İstanbul, (1995)
- [17] Uğur, A., “Samsun-Ordu Kıyı Şeridinde Deniz Kirliliğinin İncelenmesi ve Midye Örneğinde Araştırılması.” Yüksek Lisans, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Samsun, (1999)
- [18] Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ., “Van Gölü’nde Toplanan Midye Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri.”, **Turkish Journal Veterinary Animal Sciences**, 24, 93-96, Tübitak, (1999)
- [19] Ansari, T., Marr, I., Tariq, N., “Heavy Metals in Marine Pollution Perspective.”, **Journal of Applied Science** 4, 1, 1-20, (2004)
- [20] Ardalı, Y., “Endüstriyel Atıksulardan Ağır Metallerin Adsorbsiyonla Uzaklaştırılması”, Yüksek Lisans, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Samsun, (1990)
- [21] Duffus, John, H., Worth, H.G.J. “Fundamental toxicology for chemists”, Cambridg, **UK: Royal society of Chemistry Information Services**, (1996)
- [22] Lenntech Water Treatment Solutions, Cadmium (Cd) – Chemical properties, health and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cd-en.htm (**Ziyaret tarihi: 12 Temmuz 2011**)
- [23] Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven, A. Timur, S., **Metalurji Dergisi: Metallerin çevresel etkileri-II.**, 137, 46-51, (2004)
- [24] İtai-itai disease. http://en.wikipedia.org/wiki/Itai-itai_disease (**Ziyaret tarihi: 16 Temmuz 2011**)
- [25] Krueger, T., “Effects of zinc, copper and cadmium on oreochromis mossambicus free-embryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing”, Yüksek Lisans, **Rand Afrikaans University, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Johannesburg S.A., (2002)

- [26] Office of Water U.S. Environmental Protection Agency, **The Drinking Water Standarts and Health Advisories.**, Washington, DC. USA. (2006)
- [27] Dündar, Y., Aslan, R., “Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri.”, *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6, 1-5, (2005)
- [28] Lenntech Water Treatment Solutions, Lead (Pb) – Chemical Properties, healt and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Pb-en.htm (**Ziyaret tarihi: 13 Temmuz 2011**)
- [29] World Health Organization, **Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition**, Geneva, 260
- [30] Türk Standartları Enstitüsü, **İçme Suyu Standardı**, Standart No:266 Ankara (1997)
- [31] Lenntech Water Treatment Solutions, Zinc (Zn) – Chemical properties, healt and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm (**Ziyaret tarihi: 13 temmuz 2011**)
- [32] Lenntech Water Treatment Solutions, Copper (Cu) – Chemical Propertries, health and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm (**Ziyaret tarihi: 13 Temmuz 2011**)
- [33] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Demir> (**Ziyaret tarihi: 16 Temmuz 2011**)
- [34] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mangan> (**Ziyaret tarihi: 16 Temmuz 2011**)
- [35] Güven, K., Öztürk, B., “Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri”, *Türk Deniz Araştırmaları Vakfı Yayınları*, 21, 1-10, İstanbul, (2005)
- [36] Gümgüm, B., Ünlü, E., Akba, O., Yıldız, A., Namlı, O., “Copper and Zinc Contamination of The Tigris River and its Wetlands.”, *Arch. für Nat. Lands.*, 40, 233-239, (2001)
- [37] Ünlü, H., Gümgüm, B., “Concentrations of Copper and Zinc in Fish and Sediments From the Tigris River in Turkey.”, *Chemosphere*, 26 (11), 2055-2061 (1993)

EKLER

Ek-A

İzmit Körfezi Derin Deniz Sularında Element Konsantrasyonları

Tablo A.1: İzmit Körfezi Yaz 2008 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Yaz 2008	Doğu Baseni	Yüzey	2,00±0,00	28,6 ±25,4	65,0±1,00	7,00±0,70	4,62 ±0,23	3,52±0,81
		-10 m	1,50±0,10	58,5 ±9,80	18,0±1,00	8,00±0,20	5,41 ±0,12	3,74±0,19
		-20 m	1,50±0,20	39,3 ±5,70	72,0±8,00	7,70±0,40	4,80 ±0,44	3,66±0,19
	Merkez Baseni	Yüzey	2,30±0,00	13,6 ±12,6	191±15,0	6,90±0,20	4,47 ±0,02	2,58±0,03
		-10 m	1,90±0,00	38,4 ±24,4	59,0±2,00	8,00±0,60	4,44 ±0,23	3,50±0,19
		-20 m	1,70±0,00	20,1 ±9,60	53,0±2,00	7,60±0,40	4,62 ±0,08	2,78±0,03
		-50 m	2,00±0,00	155 ±60,9	57,0±4,00	6,90±0,40	4,52 ±0,12	3,40±0,21
		-80 m	2,20±0,20	36,3 ±24,8	65,0±3,00	7,80±0,00	4,92 ±0,13	3,21±0,86
	Batı Baseni	Yüzey	2,90±0,20	29,4 ±11,5	82,0±3,00	9,30±0,80	3,79 ±0,04	3,05±0,42
		-10 m	2,50±0,10	15,8 ±10,5	68,0±1,00	7,60±0,80	3,93 ±0,02	1,62±1,02
		-20 m	2,40±0,10	4,70 ±12,5	64,0±1,00	7,80±0,70	4,18 ±0,16	2,54±0,12
		-50 m	2,30±0,20	4,50 ±31,2	160±2,00	7,80±0,70	4,19 ±0,12	2,60±0,49

Tablo A.2: İzmit Körfezi Güz 2008 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Güz 2008	Doğu Baseni	Yüzey	0,88±0,01	18,8 ±6,80	21,9±1,18	33,4±3,94	3,81 ±0,25	0,76±0,01
		-10 m	0,96±0,04	9,70±6,20	50,8±2,87	29,0±3,86	3,36 ±0,11	0,50±0,02
		-20 m	0,98±0,02	2,30±7,60	21,0±1,32	23,2±4,76	3,13 ±0,13	0,49±0,01
	Merkez Baseni	Yüzey	1,00±0,00	2,20±20,0	23,9±2,00	35,4±3,19	3,80 ±0,58	0,56±0,03
		-10 m	0,95±0,02	8,30±7,60	21,8±1,85	21,9±3,42	3,00 ±0,51	0,49±0,01
		-20 m	0,94±0,02	24,8±15,5	19,8±1,13	27,8±3,60	3,66 ±0,13	0,77±0,01
		-50 m	0,82±0,25	12,6±5,60	20,5±1,59	20,4±4,04	1,03 ±3,13	0,47±0,01
		-80 m	0,88±0,04	102±39,8	18,0±1,42	8,17±4,67	2,22 ±0,09	0,40±0,03
		-100 m	0,90±0,03	23,4±15,7	24,6±1,24	6,90±19,4	2,44 ±0,17	0,39±0,01
	Batı Baseni	Yüzey	0,99±0,03	18,3±16,1	25,8±1,92	38,6±5,05	3,84 ±0,38	0,56±0,02
		-10 m	0,94±0,01	38,2±5,70	19,3±1,33	26,5±5,20	3,87 ±0,41	0,76±0,00
		-20 m	0,96±0,03	25,4±3,00	17,7±0,48	31,5±3,06	4,22 ±0,07	0,74±0,02
		-50 m	0,95±0,02	32,8±6,30	5,28±0,97	37,3±3,57	4,20 ±0,18	0,75±0,01
		-80 m	1,02±0,01	33,2±20,1	25,7±1,72	37,6±4,90	3,49 ±0,41	0,53±0,02

Tablo A.3: İzmit Körfezi Kış 2009 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Kış 2009	Doğu Baseni	Yüzey	0,24±0,02	16,6 ±3,40	4,26±0,38	3,76±1,10	1,31 ±0,42	0,27±0,03
		-10 m	0,41±0,03	15,3 ±1,30	10,1±1,92	14,2±11,7	3,27 ±0,41	1,28±0,11
		-20 m	0,33±0,03	35,3 ±11,1	1,04±0,07	4,84±0,45	1,23 ±0,29	0,47±0,05
	Merkez Baseni	Yüzey	0,14±0,02	15,6 ±6,60	12,1±1,38	4,46±1,37	1,53 ±0,31	0,97±0,09
		-10 m	0,44±0,05	13,9 ±0,30	9,44±0,74	9,20±6,05	2,24 ±0,33	0,84±0,08
		-20 m	0,25±0,00	15,2 ±2,20	9,66±0,42	4,71±0,39	2,17 ±0,07	0,51±0,05
		-50 m	0,62±0,06	13,4 ±2,50	15,2±2,00	4,14±0,15	1,27 ±0,36	0,33±0,04
		-80 m	0,16±0,01	15,0 ±1,70	5,83±0,71	10,1±0,42	1,50 ±0,52	0,70±0,07
	Batı Baseni	Yüzey	0,23±0,02	10,1 ±5,70	10,8±1,01	3,07±1,68	3,39 ±0,44	1,16±0,10
		-10 m	0,40±0,01	33,2 ±4,20	15,6±0,69	9,81±2,72	4,45 ±0,16	1,23±0,11
		-20 m	0,37±0,02	20,0 ±0,20	24,1±3,61	10,6±7,77	8,34 ±0,18	6,50±0,50
		-50 m	0,21±0,02	15,2 ±1,30	23,2±2,97	9,20±4,11	6,93 ±3,29	1,76±0,15

Tablo A.4: İzmit Körfezi Bahar 2009 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Bahar 2009	Doğu Baseni	Yüzey	4,36±7,21	21,6 ±7,40	10,8±0,39	10,7±0,66	1,83 ±0,26	2,56±0,34
		-10 m	2,32±1,31	13,1 ±0,30	17,1±0,17	6,18±0,54	2,53 ±0,54	0,76±0,21
		-20 m	2,64±2,07	10,7 ±0,60	16,1±0,83	7,49±10,4	6,32 ±0,15	1,44±0,26
	Merkez Baseni	Yüzey	1,17±0,98	12,4 ±9,90	12,7±0,71	0,05±0,01	0,40 ±0,15	0,40±0,18
		-10 m	1,48±1,21	18,9 ±0,30	10,6±1,39	31,9±1,03	4,42 ±0,25	1,98±0,30
		-20 m	2,22±1,76	22,1 ±4,70	17,9±0,49	35,9±2,38	3,14 ±0,53	1,40±0,25
		-50 m	0,67±0,61	10,8 ±4,40	10,7±1,24	11,2±0,50	2,77 ±0,19	1,83±0,29
		-80 m	2,41±1,91	23,7 ±0,70	17,0±1,42	9,02±1,05	1,52 ±0,44	2,12±0,31
	Batı Baseni	Yüzey	1,76±1,42	30,9 ±0,50	14,3±0,83	5,75±0,19	0,65 ±0,08	2,33±0,32
		-10 m	2,31±1,83	31,2 ±1,50	7,34±0,88	7,54±1,75	1,56 ±0,49	1,50±0,26
		-20 m	0,74±0,66	22,8 ±0,70	20,3±0,74	3,89±0,39	1,50 ±0,71	1,34±0,25
		-50 m	1,71±1,39	27,3 ±3,60	18,3±0,04	4,34±0,16	1,77 ±0,36	2,34±0,32

Tablo A.5: İzmit Körfezi Yaz 2009 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Yaz 2009	Doğu Baseni	Yüzey	0,26±0,04	19,0±1,00	22,0±0,90	3,44±0,62	1,75±0,45	0,59±0,03
		-10 m	1,95±0,58	28,3±12,0	6,84±1,81	6,57±1,78	3,45±0,22	0,16±0,02
		-20 m	18,1±3,46	17,1±15,2	31,8±8,40	3,06±0,83	3,54±0,77	0,26±0,04
	Merkez Baseni	Yüzey	8,03±3,53	43,3±9,90	9,68±2,56	3,64±0,99	3,50±0,41	0,62±0,10
		-10 m	1,11±0,18	27,2±2,20	35,2±9,30	16,7±4,54	3,14±0,62	1,12±0,18
		-20 m	0,32±0,09	31,4±2,90	23,5±6,22	25,7±6,98	3,43±0,41	0,15±0,02
		-50 m	3,42±0,13	25,3±2,90	6,28±1,66	7,62±2,06	5,58±2,87	0,28±0,05
		-80 m	2,55±0,58	140±11,6	36,3±10,1	50,5±12,7	2,71±0,06	0,98±0,08
	Batı Baseni	Yüzey	2,43±0,71	20,7±14,0	16,5±4,37	6,37±1,72	4,03±0,66	0,80±0,13
		-10 m	17,4±3,46	21,1±13,9	75,5±19,9	10,6±2,87	3,44±0,03	0,13±0,02
		-20 m	10,9±2,86	21,2±13,9	7,98±2,11	0,96±0,26	3,77±0,13	0,03±0,00
		-50 m	6,74±0,44	37,1±5,50	37,9±10,0	6,40±1,73	3,69±0,04	0,17±0,03

Tablo A.6: İzmit Körfezi Güz 2009 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Güz 2009	Doğu Baseni	Yüzey	0,31±0,11	18,0±3,0	21,0±0,40	2832±9,000	3,99±2,09	0,45±0,16
		-10 m	1,63±0,33	45,8±9,8	9,98±0,29	18,0±4,27	2,18±0,14	0,33±0,05
		-20 m	0,97±0,15	182±27,2	13,8±0,40	18,3±4,40	2,42±0,24	0,18±0,01
	Merkez Baseni	Yüzey	1,69±0,33	234±31,0	37,6±1,08	15,1±4,06	2,23±0,28	0,14±0,02
		-10 m	-	-	-	-	-	-
		-20 m	0,73±0,08	447±37,5	20,4±0,59	14,1±3,85	2,18±0,23	0,74±0,12
		-50 m	1,68±0,40	295±28,4	10,9±0,31	11,5±3,13	2,34±0,03	0,64±0,10
		-80 m	0,22±0,06	449±165	142±4,08	412±111	2,29±0,02	0,29±0,05
	Batı Baseni	Yüzey	2,47±0,65	37,7±7,50	1,12±0,03	32,1±8,71	2,15±0,34	0,30±0,05
		-10 m	0,49±0,24	87,2±39,1	6,75±0,18	35,8±9,70	2,34±0,28	0,77±0,12
		-20 m	3,89±2,32	32,1±3,20	2,63±0,08	16,5±4,47	2,25±0,10	0,77±0,12
		-50 m	1,67±0,09	113±65,5	64,3±1,85	33,5±9,16	2,33±0,25	0,53±0,08

Tablo A.7: İzmit Körfezi Kış 2010 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Kış 2010	Doğu Baseni	Yüzey	1,35±0,25	130±57,5	16,2±0,61	108±29,4	2,81±0,20	0,53±0,40
		-10 m	1,35±0,25	71,1±24,4	418±11,0	85,6±21,6	3,03±0,09	1,05±0,08
		-20 m	1,01±0,16	24,4±3,00	385±10,9	13,1±3,31	2,62±0,23	0,15±0,01
	Merkez Baseni	Yüzey	0,25±0,05	14,2±8,0	419±17,7	25,0±6,31	2,88±0,16	0,03±0,00
		-10 m	0,54±0,03	349±180	703±15,9	26,2±6,62	3,03±0,31	0,34±0,03
		-20 m	0,61±0,05	17,9±6,0	47,1±1,24	93,5±23,6	2,93±0,43	0,81±0,06
		-50 m	0,80±0,10	20,4±4,8	138±4,20	3,79±0,96	3,20±0,10	0,17±0,01
		-80 m	1,69±0,34	13,7±8,3	655±21,0	71,4±18,0	2,82±0,32	1,49±0,11
	Batı Baseni	Yüzey	-	-	-	-	-	-
		-10 m	-	-	-	-	-	-
		-20 m	-	-	-	-	-	-
		-50 m	-	-	-	-	-	-

*Batı Baseni İçin Kış 2010 Mevsiminde Olumsuz Hava Şartları Nedeniyle Örnekleme Yapılamadı.

Tablo A.8: İzmit Körfezi Bahar 2010 Dönemine Ait Element Konsantrasyonları (µg/L)

Dönem	İstasyon	Derinlik	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd
Bahar 2010	Doğu Baseni	Yüzey	0,83±0,08	123±15,6	146±4,30	39,1±10,3	2,91±0,31	0,18±0,06
		-10	1,18±0,12	63,3±6,1	23,6±0,70	9,55±7,82	2,62±0,32	0,12±0,07
		-20	3,92±0,78	136±16,4	13,3±0,39	11,6±3,08	2,81±0,26	0,20±0,01
	Merkez Baseni	Yüzey	1,03±0,10	199±28,6	18,6±0,55	45,7±12,1	3,67±0,31	0,11±0,06
		-10	1,04±0,10	433±37,7	257±7,60	9,95±2,63	3,09±0,43	0,46±0,18
		-20	1,53±0,15	152±12,6	119±3,53	90,4±23,9	2,69±0,28	0,18±0,03
		-50	2,41±0,48	168±14,4	14,8±0,44	50,5±13,4	3,09±0,23	0,42±0,03
		-80	1,17±0,12	138±11,7	41,6±1,23	77,4±20,5	2,94±0,40	0,52±0,15
	Batı Baseni	Yüzey	1,03±0,10	199±28,6	18,6±0,55	45,7±12,1	3,67±0,31	0,11±0,06
		Yüzey	2,80±0,28	75,4±29,6	34,1±1,01	9,95±2,64	2,99±0,30	0,18±0,05
		-20	2,06±0,21	76,6±6,7	5,97±0,18	9,86±2,61	3,27±0,21	0,12±0,01
		-10	1,53±0,15	70,4±5,8	46,1±1,38	34,5±9,14	3,14±0,34	0,13±0,09
		-50	0,93±0,09	135±12,1	106±3,14	30,6±8,13	2,98±0,25	0,47±0,00

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden 2009 yılında Kimyager olarak mezun oldu. Aralık 2009'dan beri Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda öğrenim görmektedir.