



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU İLİ AŞAĞI MELET IRMAĞININ SEDİMENTTE AĞIR METAL
BİRİKİMİ

ABUZER AKBAŞ

2015

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı

Doç. Dr. Kültüğün ÇAVUŞOĞLU

...../...../.....

Müdür

Bu tezi Yüksek Lisans tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

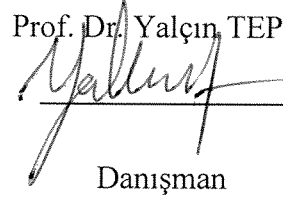
Prof. Dr. İhsan AKYURT



Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Yalçın TEPE



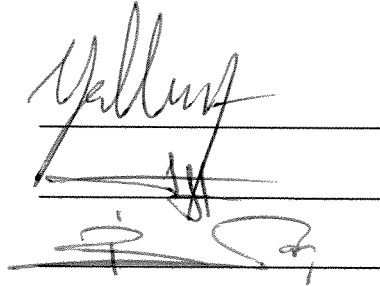
Danışman


Jüri Üyeleri


Prof. Dr. Yalçın TEPE

Prof .Dr.İhsan AKYURT

Doç.Dr.Beyhan TAŞ







ÖZET

ORDU İLİ AŞAĞI MELET IRMAĞI SEDİMENTİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ

AKBAŞ, Abuzer

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

HAZİRAN 2015, 51 sayfa

Melet Irmağı, Sivas ili sınırlarından doğan, yaklaşık 161 km uzunluğu ile Ordu ilinin en büyük akarsuyudur. Irmak, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgeleri arasında doğal bir geçiş sınırı oluşturur. Ekim 2013-Eylül 2014 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada Aşağı Melet Irmağında sedimentindeki bazı ağır metallerin birikiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Örneklerin ağır metal analizi Bruker ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Melet ırmağı sedimentinde yapılan ağır metal analizinde Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Se, Cd ve Pb tüm aylarda belirlenmiştir. Tüm aylardan elde edilen analiz sonuçları maksimum ve minimum değer olarak; Cr:6.4±2.7, Mn:589.79±194.04, Fe:11211.02±6555.33, Co:7.83±3.83, Cu:25.83±6.89, Zn:71.88±13.32, As:2.19±0.17, Se:29.31±9.15, Cd:0.39±0.05, Pb:25.23±3.09 µg/g olarak bulunmuştur. Ni hiç bir istasyonda tespit edilememiştir. Tüm istasyonlar arasında sedimente en fazla birikim gösteren metal Fe olurken en az birikim gösteren metal ise Cd olarak belirlenmiştir. Metal birikiminde en büyükten en küçüğe doğru sıralama ise Fe > Mn > Zn > Cu > Se > Pb > Co > Cr > As > Cd şeklinde sıralanmıştır. Melet Irmağı sedimentinde tespit edilen ağır metaller arasında bazı İstatiksel farklar görülmüştür (p<0.05). Ordu İli Aşağı Melet Irmağında Sedimentinde belirlenen ağır metal seviyelerinin halk ve suda yaşayan canlıların sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Melet, pH, Sediment, Ağır Metal, Organik madde, Organik karbon

ABSTRACT

HEAVY METAL ACCUMULATIONS IN THE SEDIMENT OF LOWER MELET RIVER, ORDU

AKBAŞ, Abuzer

Giresun University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE

JUNE 2015, 51 pages

Melet River, originated from the city limits of Sivas, is the longest river of Ordu with approximate length of 161 km. The river is a natural board between the Middle and The East Black Sea Regions. Carrying between October 2013 and September 2014, the present study aimed to investigate accumulation of some heavy metals in the sediment of Lower Melet River. Sample's heavy metal analyses were performed by Bruker ICP-MS instrument. Melet River sediment's heavy metal levels of Cd, Co, Cr, Cu, As, Se, Fe, Mn, Pb ve Zn were determined monthly. Obtained data from all months the max. and min levels of metal were as follows; Cr:6.4±2.7, Mn:589.79±194.04, Fe:11211.02±6555.33, Co:7.83±3.83, Cu:25.83±6.89, Zn:71.88±13.32, As:2.19±0.17, Se:29.31±9.15, Cd:0.39±0.05, Pb:25.23±3.09 µg/g. Ni levels were undetectable for all months and stations. Fe is determined as the highest concentrate metal for all months and stations while Cd is the lowest. The Metal concentrations in descending order were as follow;

Fe > Mn > Zn > Cu > Se > Pb > Co > Cr > As > Cd , respectively. Heavy metal levels determined in the sediment of Melet River were significantly different (p<0.05). Determined heavy metal levels from the sediment of Lower Melet River of Ordu city show that they are not the threaten level for public health and aquatic organism.

Key Words: Melet, pH, Sediment, Heavy metal, Organic matter, Organic carbon

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren her aşamada yardımını gördüğüm değerli hocam sayın Prof. Dr. Yalçın TEPE' ye teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımını esirgemeyen sayın Öğretim Görevlisi Fikret USTAOĞLU, ve öğretmen Handan AYDIN hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Lisans ve Yüksek lisans boyunca biyoloji bölümünün başta Prof. Dr. İhsan AKYURT ve diğer değerli tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Değerli arkadaşlarım İlhami KAYIŞ ve Samet KILIÇ'da ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
TABLolar DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
1.1 Su Kirliliği	4
1.2 Ağır Metal kirliliği.....	5
1.3 Ağır Metallerin Çevresel ve Metabolik Etkileri	5
1.4 Ağır Metaller	7
1.4.1 Kobalt	7
1.4.2 Krom	8
1.4.3 Selenyum	9
1.4.4 Kadmiyum	10
1.4.5 Bakır.....	12
1.4.6 Kurşun	12
1.4.7 Mangan	13
1.4.8 Demir	13
1.4.9 Çinko	14
1.4.10 Arsenik	15
2. MATERYAL VE METOT	16

2.1 Çalışma Sahası	16
2.2 Araştırma Materyali	17
2.3 Kullanılan Cihazlar	19
2.4 İstatistiksel Analiz	20
3. BULGULAR.	21
3.1 Sediment Kalite Değerlendirmesi	21
3.1.1 Fe Değerleri	23
3.1.2 Cu Değerleri	24
3.1.3 Cd Değerleri	25
3.1.4 Cr Değerleri	26
3.1.5 Pb Değerleri	27
3.1.6 Zn Değerleri	28
3.1.7 Se Değerleri	29
3.1.8 Co Değerleri	30
3.1.9. Mn Değerleri	31
3.1.10 As Değerleri	32
3.2.1 Sediment pH	33
3.2.2 Sedimentte Organik Madde	34
3.2.3. Sedimentte Organik Karbon.....	35
4.1 TARTIŞMA VE SONUÇ	36
4.1 Tartışma	36
4.2 Sonuç	40

KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	53

TABLolar DİZİNİ

TABLO

Tablo 1.1 Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması	7
Tablo 3.1 Ağır metaller için sediment kalite değerlendirme etki değeri-düşük, ER-L ve etki değeri- orta, ER-M değerlerine göre kirliliği.....	21
Tablo 3.2 I ve II istasyonların ortalaması	22
Tablo 4.1 Yapılan ağır metal analiz çalışmalarının mevcut çalışma ile kıyaslanması.....	37
Tablo 4.2 II istasyonun metal konsantrasyonlarının istatistiksel korelasyonu	42
Tablo 4.3 I istasyonun metal konsantrasyonlarının istatistiksel korelasyonu	43

ŞEKİLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Melet Irmağı	16
Şekil 1.2. Örneklerin kurutulması ve saklanması	17
Şekil 1.3. Ağır metal analizi cihazı	19
Şekil 1.4. Ağır metal ekstraksiyon cihazı	19
Şekil 1.5. Örnekleme tartımı için hasas terazi	20
Şekil 2.1. İstasyonların Aylara Göre Demir (Fe) Konsantrasyon Değerleri.....	23
Şekil 2.2. İstasyonların Aylara Göre Bakır (Cu) Konsantrasyon Değerleri.....	24
Şekil 2.3. İstasyonların Aylara Göre Kadmiyum (Cd) Konsantrasyon Değerleri.....	25
Şekil 2.4. İstasyonların Aylara Göre Krom (Cr) Konsantrasyon Değerleri.....	26
Şekil 2.5. İstasyonların Aylara Göre Kurşun (Pb) Konsantrasyon Değerleri.....	27
Şekil 2.6. İstasyonların Aylara Göre Çinko (Zn) Konsantrasyon Değerleri.....	28
Şekil 2.7. İstasyonların Aylara Göre Selenyum(Se) Konsantrasyon Değerleri ...	29
Şekil 2.8. İstasyonların Aylara Göre Kobalt (Co) Konsantrasyon Değerleri.....	30
Şekil 2.9. İstasyonların Aylara Göre Mangan (Mn) Konsantrasyon Değerleri....	31
Şekil 2.10. İstasyonların Aylara Göre Arsenik (As) Konsantrasyon Değerleri....	32
Şekil 3.1. İstasyonların Aylara Göre pH Konsantrasyon Değerleri.....	33
Şekil 3.2. İstasyonların Aylara Göre Organik Madde Konsantrasyon Değerleri.....	34
Şekil 3.3. İstasyonların Aylara Göre Organik Karbon Konsantrasyon Değerleri	35

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
µg/g	Mikrogram/gram
µg/ml	Mikrogram/Mililitre
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre Küp
Cr	Krom
Cr ⁺³	Kromat
Cr ⁺⁶	Hekzavalent Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
g	Gram
g/cm ³	Gram/Santimetre Küp
km ²	Kilometre Kare
km ³	Kilometre Küp
l	Litre
mg/gün	Miligram/gün
mg/kg	Miligram/Kilogram
mg/l	Miligram/Litre
ml	Mililitre
mm	Milimetre

Mn	Mangan
Ni	Nikel
Nm	Nanometre
Pb	Kurşun
ppm	Part Per Million
Se	Selenyum
Zn	Çinko
μg	Mikrogram
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre

KISALTMALAR DİZİNİ

FAO	Food and Agriculture Organization
ICP MS	Inductively Coupled Plazma Mass Spectrometer
HES	Hidroelektirik Santralleri
ER-M	Sedimentte Etki-değer düşük
ER-L	Sedimentte Etki-değer orta
HCl	Hidroklorik Asit
EPA	Environmental Protection Agency
SPSS	İstatistik Programı
SQG	Small Quantity Generator
MAK	En Yüksek Değer
TLV	Eşik Limit Değeri
MCL	Maksimum Sınır Seviyesi

1.GİRİŞ

Günümüzde insanoğlunun en büyük sorunlarının başında çevre sorunları yer almaktadır. Teknolojinin hızlı gelişmesiyle endüstrileşme, şehirleşme ve artan nüfus ile beraber çevre kirliliği ve tahribatı de buna paralel artmaktadır. Su kaynakları akarsular, göller ve denizler kirlilik etkenlerini alıcı ortamlar olarak, en fazla tehdit altındaki ekosistemlerdir. Kontrolsüz kullanılan su kaynaklarının giderek azaldığı günümüzde su ve sedimentte ağır metal kirliliğinin tespiti yönünde yapılan araştırmalar her geçen gün önem kazanmaktadır.

Havanın kirlenmesi yönünde çeşitli endüstriyel baca gazları şehir içi ve şehirlerarası taşıt trafiği, ağır metal kirliliğine yol açmaktadır. Yağışlarla daha sonra bu elementlerin toprağa iletilmesi bazı yörelerde ağır metal içeriği zengin olan nehirlerin sulama amacı ile kullanılması pestisitler ve yapay gübrelere bulaşmaları sedimentte ağır metal birikimini artıran önemli uygulamalardır. Ağır metaller açısından toprağın kirlenmesinde arıtma üniteleri ve kanalizasyon suları ile katı ve sıvılarda son derece önemlidir. Tarım arazilerinde bu tip maddelerin boşaltılması toprakta ve bitkisel ürünlerde ağır metal kirliliğine sebep olmaktadır. Kanalizasyon atıklarının kimyasal yapısı yere ve zamana göre geniş farklılıklar göstermektedir. Bu kimyasal atıkların kimyasal bileşimi kanalizasyona ulaşan atıkların cinsine bağlıdır (1).

Doğal akarsu kaynaklarındaki ağır metal kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri toprak erozyonu sonucu sulara karışan katı madde (sediment) ve organik maddelerdir. Bitkilerin büyümesi için gerekli ağır metaller de belirli bir derinlikte sonra hem bitkiler hem de mikroorganizmalar için zehirli olmaktadır. Bu maddelerin uzun vadede toprakta birikim yapması ağır metallerle ilgili bir başka önemli riski meydana getirir. Toprağın adsorpsiyonu, kimyasal reaksiyon ve iyon değişimi sonucu ağır metaller, toprakta tutulur. Yağışların yoğun olduğu aylarda özellikle sulara karışan sediment, organik ve inorganik maddeler ağır metal miktarında önemli rol oynamaktadır (2).

Günümüze kadar kirlilikleri belirlemede çoğunlukla su ortamındaki suyun kimyasal analizleri kullanılmaktaydı. Ancak bu ölçümler tek başına yeterli olmamakta, diğer tamamlayıcı analizlerin de yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bunun için sadece su kolonundan ve ten değil, suyun içerisinde yaşayan canlılardan da

örnekleme yapmak gerekir. Suda meydana gelen kirlenmeyi en iyi su canlıları yansıtır (3).

Ağır metaller oluşturan kirleticilerin bir bölümünü metal bileşikleri ve çeşitli mineraller; nehirler, göller, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş yayılım gösterirler. Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller; göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş yayılım gösterirler. Mineraller doğal olarak yapının bir parçası olmalarının yanında insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretildikten sonra ortama taşınmaları sonucu da orada bulunurlar Nüfusun hızlı ve endüstrileşme sonucu artışın özellikle sucul ortamlarda toksik ağır metal seviyesinin arttığını gösteren birçok çalışma vardır (4,5).

Tek başına su ortamları su kütlelerinden ibaret olmayan sucul ekolojik sistemlerdir. Bünyesinde birçok hayvansal ve bitkisel kökenli, dipteki veya yüzen sediment tabakasında yaşayan organizmaları ihtiva etmektedir. Kirleticiler sadece suda çözünmekle kalmayıp, ortam koşullarına göre organizmaya geçmekte, besin zincirinde birikmekte veya dibe çökmektedirler. Bir kirletici sadece suda değil dolayısıyla aynı zamanda su ortamında bulunan tüm canlıların metabolizmasına geçmektedir (6).

Ağır metal kirlenmelerin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma, sularda çözünme şeklinde olabileceği gibi çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde de olabilir. Bir kirlenme bu şekilde şehir, zirai ve endüstriyel atıklarından ileri geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metalik maddelerden de gelebilir (7).

Ağır metaller, yer kabuğunun yapısında doğal olarak bulunan elementlerdir. Periyodik cetvelde hidrojenden uranyuma kadar 90'ın üstünde element mevcuttur ve bunların 20'si hariç diğerleri metal olarak karakterize edilmektedir. Bu metallerin 59 tanesi 'ağır metaller' olarak sınıflandırılmaktadır (8).

Sedimente ağır metal birikiminin meydana gelmesinden dolayı, çeşitli analizler yapılmaktadır yapılan bu analizler deniz ortamının kirliliğinin anlaşılabilmesi için önemli bir göstergedir. Bunun yanı sıra, sedimente organik karbon (%) ve

yanabilen madde (%) miktarının tespiti, kalitesinin belirlenmesinde önemli parametrelerdendir (9).

Çevre ve besin kirlenmesine neden olan binlerce kimyasal madde arasında metal kalıntılarının önemli bir payı vardır. Özellikle havada, toprakta ve sularda bulunan metallere doğal olarak son yarım yüzyılda dünyanın önemli ölçüde kirlendiği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır Çevre kirleticileri, buldukları ortamda kalıcı nitelikte oluşları, her türlü çevre koşullarında ekosistemlerde meydana getirdikleri etkiler nedeniyle çevre ve insanları tehdit etmektedirler. Kirleticilerin bir kısmını oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller; göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş bir şekilde yayılmıştır (10).

Endüstriyel atık suların veya asit yağmurlarının toprakla birlikte toprağın bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına geçerler. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her iki durumda da toksik özellik taşıdığından. Fosil atıkların yanması, madencilik sektöründe cıva içeren kayaçların kırılması, atık pillerin rastgele atılması, amalgam dolgular diş hekimliğinde kullanılması ve endüstrileşme ile hızlı büyüyen ağır metal kirlilikleri de orantısız olarak artmaktadır (11,12).

Sedimente biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimente organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. ağır metaller için önemli bir birikim yeridir ve bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılır (13).

Metaller, pozitif (+) elektron vererek değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde yer alan hidrojen $[H^+]$ ile yer değiştirebilen, aralarında bileşik oluşturmayan fakat ametallerle bileşik oluşturabilen, oksitleri bazik olan, normal koşullar altında cıva (Hg) hariç katı olup, ısı ve elektriği ileten, metalik bir renk parlaklığına sahip elementlerdir (14).

Endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık sular yüksek konsantrasyonda metal bulundurabilmektedirler. Bu suların arıtma işlemine tabi tutulmaksızın akarsu, göl, baraj veya denizlere bırakılması sonucunda ağır metaller ekolojik alanı tehdit

eder düzeve ulaşmaktadır. Kadmiyum, bakır, krom, nikel, çinko ve mangan gibi ağır metaller su ortamında eser miktarda bulunmalarına karşılık organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır (15).

Yeryüzünün bir bölümü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı bölge olduğundan, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla daha yoğun kirlenmeye uğrayan kısımdır. Doğal dengeyi bozan kirlenici unsurlar; renk değişimine ve bulanıklılığa neden olan maddeler, organik maddeler, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktif maddeler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı endüstriyel atıklar, pestisitler, olarak sınıflandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp; ekolojik dengeyi tehdit eder düzeylere ulaşabilmektedir (15,16).

Bir sucul ortamda fauna ve florasını etkileyen kirlenmenin kritik düzeve ulaşması ve ortamın besin zinciri yoluyla bu etkisini zincirin en üst düzeyinde bulunan insana kadar taşıyabilir. Deniz ve tatlı su hayvanlarında çoğu (midye, balık, istiridye ve sediment gibi) insanlar için zararlı ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilir. Çeşitli aktiviteler sonucunda oluşan ve değişken yapıdaki atıklar göl, akarsu, baraj gölü, koy ve körfez gibi alıcı ortamlara tahliye edildiğinde bu ortamların yapısını değiştirebildiği gibi dip yapısını da değiştirebilmektedir. Sularda bulunan organik maddeler veya soğutma suları ortamın oksijence fakirleşmesine, yağ ve petrol türevleri suyun atmosferle gaz alış verisinin durmasına, deterjan ve ağır metaller ise ortamda toksitesinin artmasına neden olmaktadır (17,18).

1.1 Su Kirliliği

Su kirliliği; suyun kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılması şeklinde ifade edilmektedir (19).

FAO (Food and Agriculture Organization) ise su kirliliğini; insan sağlığı için tehlikeli, canlılar için zararlı, , balıkçılık gibi çalışmalarını engelleyici ve su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması şeklinde tanımlamaktadır (19).

1.2 Ağır Metal Kirliliği

Özgül ağırlıkları yaklaşık 5gr/cm den büyük olan metaller ağır metal olarak isimlendirilmektedir. Doğada toplam 60 adet ağır metal bulunur. Endüstrileşme biriken doğal maddelerde mineral maddelerin ortaya çıkmalarına ve yayılmasına neden olmuştur arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, nikel, çinko gibi iz elementlerin neden olduğu toprak kirliliği neden olmuştur. Son zamanlarda insanların dikkatini çeken son derece önemli çevresel bir problemdir. Kurşun, kadmiyum ve cıva gibi ağır metaller zehirli etkiye sahip olduğundan tüm canlılarda metabolik bozulmalara sebep olmaktadır. Doğal olarak toprakta bulunmakla birlikte ağır metaller endüstri santralleri tarım katı atık ve fosil yakıtları yakılması ve trafikte taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Organik madde tarafından tutulan ağır metaller toprak tanecikleri ve toprağın asitlenmesi sonucu toprağa karışır ve sonra organizma ve bıkı kökleri tarafından alınır. Böylece yeraltı suyuna geçer. İnsanlar ve hayvanlarda gereğinden fazla alınması halinde sağlık üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (20).

1.3 Ağır Metallerin Metabolik ve Çevresel Etkileri

Ağır metaller yoğunluğu 5g/cm³'ten büyük olan metaller olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre ağır metaller periyodik cetvelde B grubu (Cu, Hg gibi) ve sınır elementleri (Fe, Zn, Cd, Pb gibi) olmak üzere ikiye ayrılırlar (21).

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılır:

- Esas elementler: Katyonlar sıvı ortamlarda hareketli olarak taşınırlar. Potasyum, Sodyum, Kalsiyum vb.
- Yan elementler: Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementler. Demir, Bakır, Kobalt, Mangan vb.

- İz elementler: Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementler. Civa, Selenyum, Kurşun, Kalay, Arsenik vb (22).

Metaller ve bileşikleri yer kabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. Yüksek konsantrasyonlu iz metaller çevre kirlenmesi bakımından düşük konsantrasyonlu metallere oranla çok daha tehlikeli olabilirler. Bu kirlenmenin sebebi endüstriyel ve zirai atıklardan olabileceği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilir. Atmosfere verilen metal türü maddeler sonunda yeryüzüne dönerler ve akarsular yoluyla su yataklarına sürüklenirler. Sulardaki birikim, hem çözünme, hem de su dibinde çökeltme şeklinde olabilir. Oluşan metal kirliliği, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmaz, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşür fakat metal iyonu kaybolmaz. (23).

Birikimlerinden dolayı toksit olmaları, denizel çevreye ağır metal deşarjı ekolojik olarak anlamlıdır ve tüm dünyaya endişe vermektedir. Fe, Cu, Zn, ve Mn gibi metaller biyolojik sistemlerde önemli role sahip ağır metallerdir oysa Hg, Pb ve Cd ise, ağır metal olmamakla birlikte çok az miktarlarda bile toksik olabilmektedirler. Ancak yüksek alımlarda ağır metaller de aşırı toksik etki yapabilmektedir (24).

Organizmalar üzerindeki etkilerine bağlı olarak metaller, kritik olmayan, toksik ve çok toksik olarak sınıflandırılır (Tablo 1,1). Bununla birlikte çok toksik sınıfında yer alan manganez, bakır ve çinko gibi elementler mikro besin elementlerinden olup; çoğunlukla iz elementler olarak gösterilirler. Ancak bunların düşük derişimleri algal büyümeyi sınırlarken; yüksek derişimleri hayati etki göstermektedirler. Civa ve kurşun gibi çok toksik sınıfındaki diğer ağır metallere ise büyümede gerek duyulmaz ancak çok düşük derişimleri bile oldukça toksik olabilmektedir (10–50mg/L) (25).

Tablo 1.1 Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması

Kritik Olmayan	Toksik	Çok Toksik
Na, C, K, P, Li Mg, Fe, Rb, Ca, S, Sr, H, Cl, Al, O, Br, Si	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba	Be, As, Co, Se, Hg, Ni, Te, Tl, Cu, Pd, Pb, Zn, Ag, Sb, Sn, Cd, Bi

1.4 Ağır Metaller

1.4.1 Kobalt (Co)

Avrupa ortaçağ madencilerinin kalay ve kurşun madenlerinin üretimi oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle maden ruhu, şeytan anlamına gelen “**Kobold**” tanımından almıştır. M.Ö. 2000’li yıllardan beri kobalt bileşikleri cam ve emayede mavi boya yapımında kullanılmıştır. Element olarak 1742 yılında İsveçli araştırmacı G. Brant tarafından yeni bir metal olarak ve 1780’de Torbern Bergman tarafından element olarak tanımlanmıştır (26,27,28).

Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Atom numarası 27 simgesi ise Co' tır. Okyanus diplerinde bulunan mangan yumruları (% 0,25 Co) dışında, tahmini rezerv 5,7x10⁶ ton olarak tahmin edilmektedir (27).

Vücuttaki kobaltın normal miktarı 80-300 µg dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır . Et, karaciğer, böbrek, midye, istiridye, süt, balık ve deniz yosunları ve daha düşük miktarda olmasına karşın ve kara sebzelerde (bakla tohumu, ıspanak, lahana, salata, pancar, incir) kobalt içerir. Ve bunun yanı sıra sigara dumanında da kobalt bulunmaktadır (29,30).

Kobaltoksit (Co₃O₄) Suda çözünürlüğü olmayan solunum yolu ile alındığında vücutta çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Kobalt bileşikleri suda çözünür ve ağız yolu ile alındığında % 75’ i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır. Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil

eden aynı zamanda kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir (30, 31,32).

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri suda çözülebilir, çevrede yok olmaz ancak form değiştirir. Çevredeki radyoaktif kobalt miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmadır. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur. İnsan sağlığına hem zararlı hem de faydalı olabilir(33)

1.4.2 Krom(Cr)

Doğada her yerde bulunan bir metal olup havada $> 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu\text{g}/\text{L}$ bulunur. Toprakta da az miktarda krom (2-60 mg/kg) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer $4 \text{ g}/\text{kg}$ ' a kadar çıkmaktadır. 1789 yılında İlk kez Fransız L.N. Vauquelin tarafından üretilmiş ve çok renkliliğinden dolayı yunanca renkler anlamına gelen krom olarak adlandırılmıştır. Metalik bir element olan krom, atom numarası 24, atom ağırlığı 51.996 ' d ı r Ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir (FeCr_2O_4). Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker (34).

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır. . Günde krom alımı ortalama $30-200 \mu\text{g}$ 'dır. Hezavalent krom (Cr^{+6}) trivalent krom'a (Cr^{+3}) göre daha toksiktir (35).

Günlük alınan krom miktarı tüketilen besin maddeleri ile ilintilidir. Et, hububat, bakliyat ve baharatlar en iyi krom kaynağıdır, süt ürünleri, pek çok sebze ve meyve ise az miktarda krom ihtiva eder. İnsan vücudundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir (36).

Düşük seviyelerde kroma maruz kalındığında, deride iritasyon ve ülser meydana gelir. Uzun süreli maruz kalındığında böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilir. Krom daha çok sulu ortamlarda birikerek çoğalır. Dolayısıyla yüksek seviyelerde kroma maruz kalmış balık yemek oldukça tehlikelidir (35).

Yüksek miktarlarda solunması burun, akciğer, mide ve barsaklara zarar verebilir. Kroma alerjisi olan kişilerde astım krizlerine neden olabilir. Uzun süre yüksek ve orta düzeylerde burun kanaması, yaraları, akciğer hasarı ve kanser dışındaki akciğer hastalıklarında artışa neden olabilir. Sindirim yoluyla yüksek düzeylerde alınırsa mide şikâyetleri ve ülser, konvülsiyonlara, böbrek ve karaciğer hastalıklarına, hatta ölüme neden olabilir. Cilde temas durumunda cilt ülserleri oluşabilir. Ayrıca ciltte alerjik reaksiyonlara yol açabilir. Bazı Cr+6 bileşikleri kanserojendir. Akciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir. Krom saç, idrar, serum, kırmızı kan hücreleri ve kanda tespit edilebilir EPA' ya göre içme sularında 100 mg l-1'den fazla olmaması önerilir(37)

Krom yer kabuğunda % 0,037 oranında bulunur ve en belirgin kaynağı kromit ($FeCr_2O_4$)'tir. Krom toz halinde oldukça aktif bir element olup süs eşyalarının ve makine parçalarının aşınmaya karşı korunmasında kullanılır (38). Altı değerlikli krom bileşikleri deri, sindirim sistemi ve akciğerler için temas ettikleri durumlarda tahriş edici ve korozif özellik gösterirler (39).

Vücuttaki basit şekerin parçalanmasında krom rol oynar. İnsülin oluşumuna, kandaki şeker ve kolesterol düzeyinin kontrolüne yardım eder. Krom, vücuttaki enzim ve hormonlar için çok önemlidir (40).

1.4.3 Selenyum (Se)

İsveçli kimyacı Berzelliuss tarafından 1817 yılında bakır piritlerden sülfürik asit üretimi esnasında kurşun odalarında tortulaşmasıyla keşfedilmiş olan selenyumun ismi yunanca“ay” kelimesinden türetilmiştir ve yine yunanca “dünya” anlamına gelen tellür ile yakın benzerliğini temsil etmektedir (26,41). Doğada 66. nadir element olan selenyumun yer kabuğunda ortalama konsantrasyonu 0,05 ppm' dir. Kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı, başta fotoelektrik hücreler olmak

üzere, elektronik, cam, metalürji, tarımsal ve biyolojik alanlarda endüstriyel uygulamaya sahiptir(26,41,42).

Selenyum kirliliğın en önemli nedeni selenyum içeren katı atık depo sahaları ve bu tür sahaların bulunduğu bölgelerde yetişen tarım ürünleri ile de besin zincirine girer ve insan vücuduna kadar ulaşır. Selenyum düşük konsantrasyonda vücut için önemli bir iz elementi olmakla beraber, yüksek konsantrasyonda zehirlidir. Selenyum, pek çok vitamin ve sülfür içeren amino grup asitler ile etkileşim halindedir. Aynı zamanda cıva, kadmiyum, kurşun, gümüş, bakır ve arsenik gibi birçok metallerin toksikoloji etkisini azaltır. Kanda düşük selenyum konsantrasyonu kalp hastalıklarına yol açar. Örneğın, Çin’de günlük alınan selenyum eksikliğine bağılı olarak özellikle çocuklarda Keshan hastalığı (bir çeşit kalp rahatsızlığı) nedeniyle yüksek oranda ölüme neden olmuştur. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırma sonucunda uygun miktarda selenyumun canlıları kansere neden olan kimyasallara ve ultraviyole ışınlar karşı koruduğunu göstermiştir. Selenyum dokularda antioksidan olarak rol oynayan ve glutasyon peroksidazın yapısına giren esansiyel bir elementtir (26,30,36,41).

Selenyumun en zehirleyici bileşığı, MAK değeri 0,05 ppm olan hidrojen selenürdür. Diğer selenyum bileşiklerinin MAK değeri 0,1ppm’dir. Amerika’daki TLV değeri 0,2mg/m³’dir. Almanya’da içme suyundaki limit değeri 0,008mg/l olup EPA maksimum sınır seviyesini (MCL) 0,01 mg/l olarak önermektedir (28,42).

Epidemiolojik çalışmalar neticesinde insanlarda selenyumun eksikliğinden kaynaklanan kalp rahatsızlıkları riski selenyum fazlalığından kaynaklanana oranla 2–3 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Çok az sayıdaki selenyum bileşığı ani ölümlere neden olmaktadır. Sindirim sistemindeki mukos membranlarında tahriş, karaciğer hasarına ve akciğerde toksik ödemlere neden olduğu gözlenmiştir(30,42).

1.4.4 Kadmiyum (Cd)

Cd insanlar için en toksik ağır metallerden bir tanesidir. Zn ile birlikte yer kabuğunda mevcuttur. Cd aynı zamanda aquatik çevrede geniş bir yayılım gösterir ve aquatik organizmalar tarafından Cd’nin depolanması oldukça belirgindir. Balık Cd’yi, böbrek, karaciğer gibi organlarda depolarken, yenilebilir kısmı olan kas dokuda Cd içeriğı genellikle çok düşüktür. Bu organlar çok fazla kontamine

olabilirler ve tüketilmemeleri tercih edilir. Mollusca (Yumuşakça) ve kabuklular gibi deniz omurgasızlarında durum farklıdır (43).

Cd intoksikasyonu, hücre membran lipidlerinin peroksidasyonunu fazlalaştırarak ve hücrelerin antioksidan koruma güçlerini değiştirerek dokularda oksidatif zarara yol açabilir. Kas dokudan ziyade karaciğer ve böbrekte depolanan kadmiyum bazı enzimlerde çinko ile yer değiştirebilir ve uzun bir yarılanma süresine sahiptir (10–30 yıl) (41). Cd'nin toksisitesi ilk olarak Japonya'da görülen Itai-Itai hastalığı ile belirlenmiştir. Bu hastalık, madencilikte kullanılan su ile yüksek oranda kontamine olmuş, Cd içeren pirinçlerden kaynaklanmıştır (44).

Hareketli bir element olan Kadmiyum toprakta bitkiler tarafından kolaylıkla alınabilmektedir. Bitkiler tarafından alınması sonucunda besin zincirine girmesi ya da topraktan yıkanarak su ortamına ulaşma olasılığı önemli bir çevre sorunu yaratmaktadır. Bunun yanı sıra Cd topraktaki ajanlarla topraktan aşağı taşınması hızlanır, yeraltı suyuna karışarak içme ve sulama sularında kirliliğe neden olmaktadır (45).

Fazla miktarda ağır metal bulunduran atık sular nehir, göl ve denizlere bırakılabilmektedir. Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biri olup düşük konsantrasyonları bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun özellikle çevre kirliliği görülen denizlerde besin zincirinin önemli bir halkası olan balıklar tarafından alınarak biriktirildiği ve değişik seviyelerde zararlı toksik etkiler meydana getirdiği görülmüştür (46).

Yer kabuğunda ortalama 0.1 mg/kg, topraklarda ise 0.53 mg/kg Cd bulunmaktadır. Toprakta 3 mg/kg'dan fazla Cd toksik etkilere yol açmaktadır Dünya toprakların Cd içeriğinin arttığı bildirilmektedir. Kadmiyum içeriğindeki bu artışın en önemli nedeni olarak fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının yoğun olarak kullanılması gösterilmektedir (47).

Kadmiyum insanlar için çok Toksik olan bir metaldir. Asitli ortamda çözünür buna karşın bazik ortamda çözünmez. Çinko ile kompleks bileşikler oluşturur. Kadmiyum yangın kaynakları: dış alaşımları, seramikler, aküler, sigara dumanı, çay,

kahve, kola, elektrik kaplama, ticari gübreler, lastik ve lastik yakma, pestisitler merivana, boya maddeleri ve gümüş kaplamadır.

Doğada daima çinko ile birlikte bulunur. Doğadaki kadmiyumun yaklaşık yarısı kayaların parçalanması sonucu akarsulara ve diğer bir kısmı ise orman yangınları ve volkanik olaylar sonucu atmosfer karışmaktadır (48).

1.4.5 Bakır (Cu)

Doğada daha çok bileşikler şeklinde bulunur. Çok fazla bulunan mineralleri oksit, karbonat ve sülfürdür. Gümüşten sonra elektriği en iyi ileten metaldir.

Bitki, hayvan ve insanlarda bakır çeşitli proteinlere bağlanması ve oksidaz enzimleri meydana getirmesi, biyolojik yönden önemlidir. Bakır, dokularda bulunan önemli bir metalloenzim bileşeni olup, organizmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, kalp fonksiyonlarında, doku pigmentasyonunda ve omuriliğin miyelinleşmesinde etkin rol oynamaktadır (49).

Birçok alanda kullanılan bakır sülfat ($CuSO_4$) vücuda fazla miktarda alındığı zaman toksik etki yapmaktadır. Vücuda aşırı miktarda giren bakır dokularda birikmektedir. Bu birikim karaciğerde olduğu zaman siroza, beyinde olduğu zaman hücre tahribatına neden olmaktadır. Bakır birikimi özellikle karaciğer, kornea, böbrek ve beyin dokusunda olmaktadır. Bakırın vücutta aşırı birikimi sonucu nadir rastlanılan Wilson Hastalığına neden olduğu bildirilmiştir (50).

1.4.6 Kurşun (Pb)

Denizlerdeki kurşunun büyük bir kısmı, kıyısız bölgeler hariç, atmosferde biriken kurşun partiküllerinin bu çevrelere taşınması ile gerçekleşir kurşun ayrıca okyanus sularında beslenme ağına dahil olur. Yapılan araştırmalara göre genel bir kaide olarak biyolojik bir genişleme söz konusu değildir, ancak bazı durumlarda beslenme piramidinin en üstünde bulunan bazı organizmalarda yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Kurşun doğada küp şeklinde billurlaşan Galen filizi olarak bulunur. Kurşunun kendisi ve bileşikleri zehirlidir. Erime noktası $327,4^{\circ}C$ olan kurşun; Lehim imalatı, galvanoteknikleri, mermi, av saçması, akü plakları, bazı metallerin bileşimine katkı olarak, radyasyon maskeleri, boru, kablo, matbaa sanayi, kurşun tetraetil ve tetrametil gibi birçok alanda kullanılmaktadır (51).

Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece Yüksek oranlarda absorbe edilir. Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir (52).

Kurşunun etkisi başta besinde, suda ve havada olmak üzere birçok ortamda görülebilir. Kurşunun besin zincirine girmesi bu metalin tam etkisinin görülebilmesi açısından önemlidir. Kurşunun hemoglobin sentezini, böbrek işlevini, sinir sistemi işlevlerini ve üremeyi olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (53).

Çevredeki ana kaynakları, maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımınıdır. Kurşun insan sağlığına en çok zarar veren 4 metalin dışındadır. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçebilir. Kana geçen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı bir birikim söz konusudur (54)

1.4.7Mangan (Mn)

Mangan yeryüzünün dış küresinde farklı dağılım göstermektedir. 1000 mg/l 'den küçük kalkerli sedimentlerde en yüksek, 50 mg/l 'den büyük kum taşı gibi silikatlı sedimentlerde az dağılım gösterir. Bu elementin biyolojik yönden olumlu etkileri olduğu anlaşılmıştır. Örneğin insanlarda Mn₅₄ ile yapılan çalışmalara göre mangan, solunum enzimleri için kofaktör imkânı sağlar. Birçok enzimde mangan tarafından aktive edilir (55).

Gümüş parlaklığında bir metaldir. Çok kuvvetli bir oksidanttır. Sert ve kırılkan olması nedeniyle toz haline getirilebilir. Yüzeyinin koruyucu bir oksit tabakası ile kaplanması hava etkilerine karşı dirençli olmasını sağlar (56).

1.4.8 Demir (Fe)

Demir, canlılarda birçok enzimin yapısına giren, özellikle omurgalı hayvanların oksijen taşınımında önemli rolü olan bir metaldir. Doğada diğer metallere göre yüksek oranlarda bulunurken element halinde bulunmaz. Element halindeki demire sadece meteorların yapısında rastlanır. Buna karşın bileşikleri

doğada bol ve yaygındır. Tabiatta oksit, sülfür ve karbonat bileşikleri şeklinde bulunur. Doğal olarak toprakta bulunan demir akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Ayrıca endüstriyel atıklarda kirletici kaynakları oluşturmaktadır (57).

Kimyasal maddelerin temizlenmesi sırasında demir, kanalizasyonlar yoluyla deniz ve göllere taşınarak, sulu ortamda demir birikimlerine neden olmaktadır. Demirsülfatın suda çözünmesi, su içinde birikimlere neden olması açısından önemlidir. Her türlü demir, teneke, sac parçaları denize atıldığında zamanla demiroksit şekline dönüşmekte ve sedimentleşerek çamur ile birlikte dipte birikmektedir. Zamanla çamur içinde yaşayan bakteriler tarafından oksitlenen demiroksitler, çeşitli oksidasyon kademelerinde parçalanarak değişik organik moleküllere bağlanmaktadır (57).

Vücuda aşırı miktarda demir alınması durumunda 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 (58).

Son derece yaygın bir metal olup, toprak ve kayalarda bol miktarda bulunur. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir. Alüminyumdan sonra % 4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Normal olarak çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problemdir (59).

1.4.9 Çinko (Zn)

İnsan vücudunda çinko moleküllerinin fazla oluşu kristalize insülinin aktivitesini etkilemektedir. Çinko, doğada mineraller şeklinde bulunan ve enzim aktivasyonu nedeniyle biyolojik yönden önemli bir elementtir. Özellikle pankreasta insülin salgılandıktan sonra β hücrelerinin stabilize edilmesinde etkindir. Yine β hücrelerinin ve insülinin serbest bırakılması çinkodan kaynaklanmaktadır. Çinkonun

yüksek konsantrasyonu gözün Choroid tabakasında bulunur. Çinko iyonlarının retinayı belli pozisyonda tutan bir köprü görevi gördüğü bildirilmiştir (55).

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Aşırı dozda alındığında akut zehirlenmeye sebep verir belirtileri ise sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik veya zayıflık ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (60).

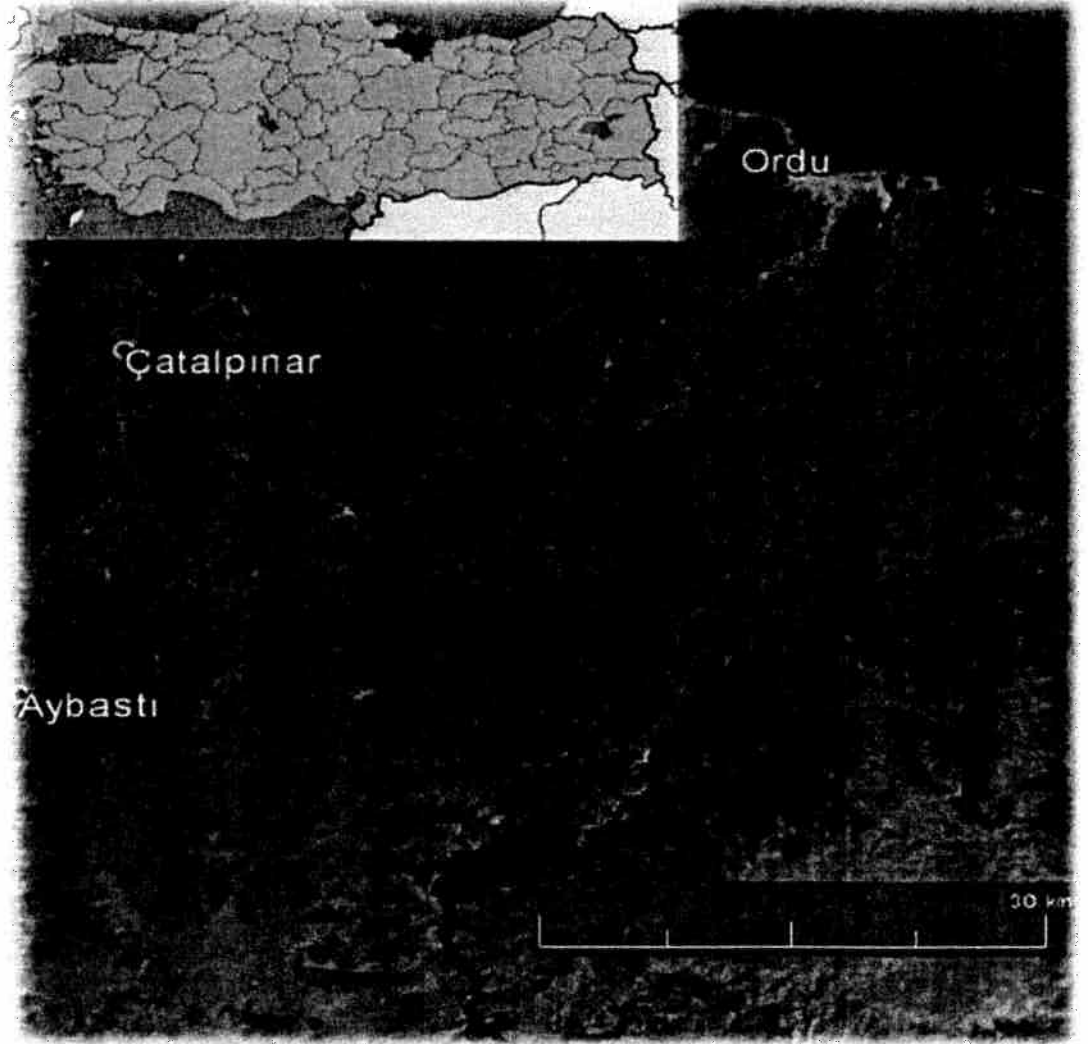
1.4.10 Arsenik (As)

Arsenik, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm olan, $5,78 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğa sahip olan bir metaloidtir ve yer kabuğunda geniş bir alana yayılmıştır. Madencilik, demir-dışı metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel prosesler arseniğin hava, su ve toprağa yayılarak kirlenmesine sebep olmaktadır. Arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması çevre kirliliğine neden olan başka bir unsurdur. Kırsal alanlarda havadaki arsenik oranının kentsel bölgelerde göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Organik arsenik bileşikleri çok zehirli olmamasına karşın, arseniktrioksitler gibi, inorganik arsenik bileşikleri toksik etkiye sahiptirler (61).

Arsenik bileşikleri 60 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda oral yolla vücuda alındığında Arseniğin inorganik toksik bileşikleri insanlar için ölümcül etki yapmaktadır. Arseniğin kronik olarak artışı kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere neden olmaktadır. Arsenik bileşikleri vücuda alındığında saçta, ciltte, tırnaklarda ve iç organlarda birikir. Çözünebilen inorganik arsenik bileşikleri kuvvetli zehir olduklarından yüksek dozlarda emilimi, sindirim sistemi hastalıklarına, kardiyovasküler ve sinir sistemi fonksiyonlarında bozukluklara ve sonuçta ölüme sebebiyet vermektedir. İçme suyundaki arseniğin uzun süreli etkileşimi sonucunda deri, akciğer ve böbrek kanserine yakalanma riski çok yüksektir (61).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Sahası



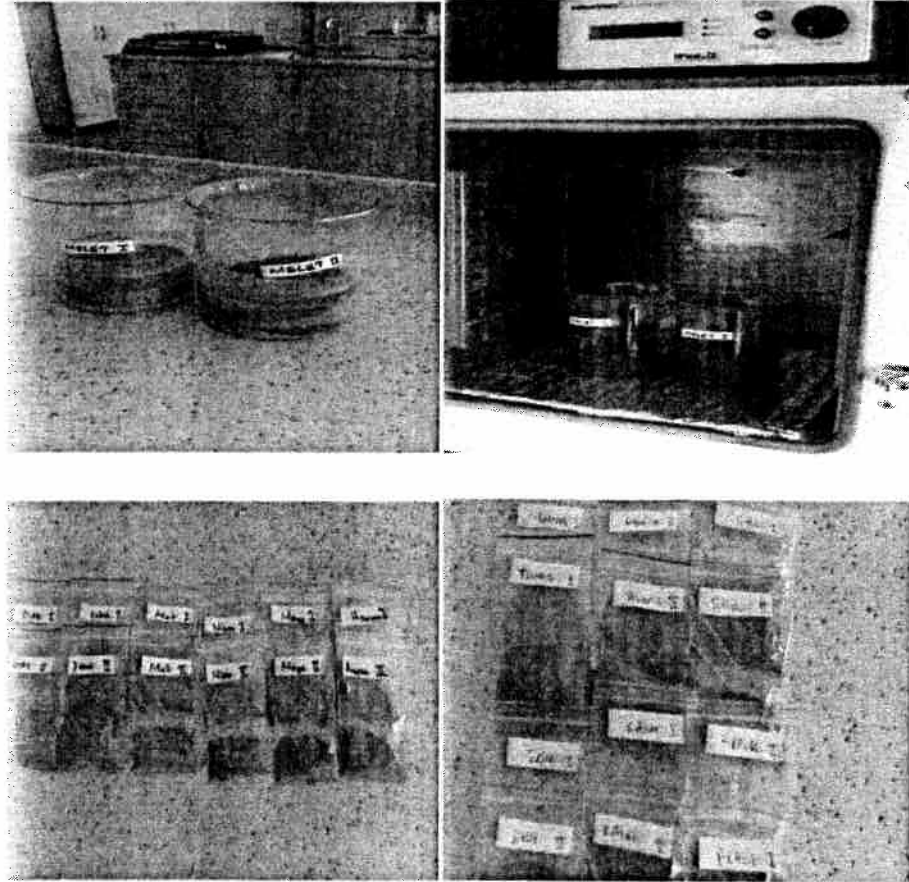
Şekil 1,1 Melet Irmağı

Melet Irmağı, Sivas ili sınırlarından doğan, yaklaşık 161 km uzunluğu ile Ordu ilinin en büyük akarsuyudur. Irmak, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgeleri arasında doğal bir geçiş sınırı oluşturur. Coğrafi konumu $40^{\circ}18'$ - $41^{\circ}08'$ kuzey paralelleri ile $36^{\circ}52'$ - $38^{\circ}12'$ doğu meridyenleri arasında yer alır. Yaklaşık 3000 m kotlarından doğan ırmak akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürerek Mesudiye ilçesine ulaşır. Buradan sonra kuzeye yönelerek Topçam Baraj yerine daha sonrada akışını yine Kuzey istikametinde sürdürerek Ordu il merkezi Giresun girişinden

Karadeniz'e dökülür. Melet ırmağı üzerinde Mesudiye ilçe sınırlarında Topçam Barajı bulunmaktadır. Bu çalışma ile Sivas ilinde doğup Ordu şehir merkezi sınırlarından Karadeniz'e dökülen melet Irmağı sedimentte ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla belirlenen iki istasyondan bir yıl içinde aylık örnekleme yapılacaktır. Çalışmanın sonunda elde edilen analiz sonuçlarından melet Irmağı sedimentte ağır metal birikimini ortaya konulacaktır. Uluslararası boyutta yayınlarla sonuçlar duyurularak, içilebilir su kaynaklarının korunumu sağlanıp halk sağlığı açısından önemli bir açık kapatılarak, sürdürülebilir çevre için önemli bir boşluk doldurulacaktır.

2.2 Araştırma Materyali

Bu çalışmanın araştırma materyali, Melet ırmağı boyunca seçilen iki ayrı istasyondan usulüne uygun şekilde sediment numuneleri alınacaktır. Arazi uygulamaları için araştırmacılar kendi araçlarını kullanacaklardır. Proje kapsamında sadece araca ait yakıt giderleri talep edilmiştir.



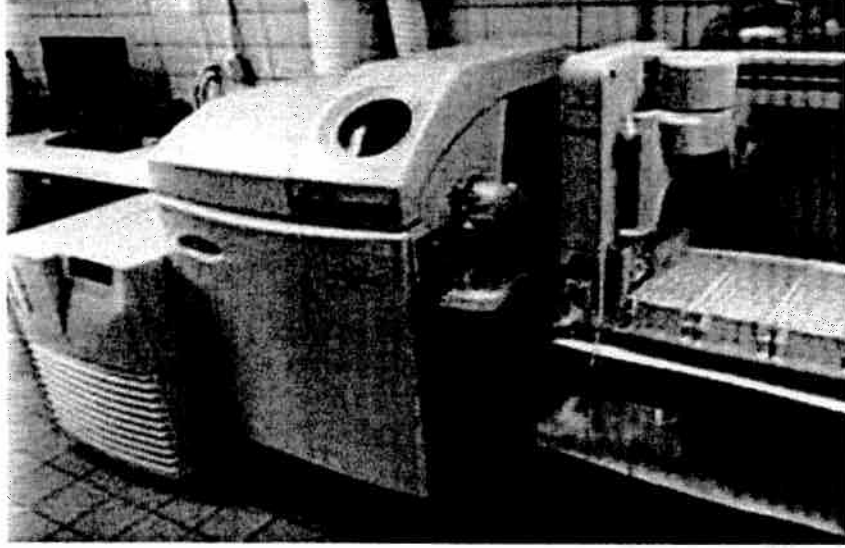
Şekil 1,2. Örneklerin kurutulması ve saklanması

Sediment kalitesini oluşturan, bazı parametrelerin seviyelerini belirlemek için numune toplamasına kadar bir yıl boyunca toplanan numunelerin aylık olarak analizleri yapılmıştır. Araştırmada kullanılan numune kapları sahaya çıkmadan bir gün önce sırası ile asit banyosu (%1–2 HCl) ve saf sudan geçirilerek yapılmıştır. Daha sonra saf su ile çalkalanan numune kapları etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. (62). Numune kapları, yüzeyinin yaklaşık 5 cm altında sediment örnekleri alınmıştır. Alınan sediment örnekleri analiz için zaman kaybedilmeden laboratuara getirilerek analizlerini yapmak için numuneleri Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü laboratuvarlarına getirilmiş ve analiz edilmiştir. Örnekleri aynı gün laboratuara getirilerek 105 °C de etüvde 24–48 saat süreyle tutularak kurutulmuş. Kuruyan örnekler havanda dövülerek 40 numara elekten geçecek şekilde getirilir ve poşetlenir. Bu örnekler üzerinde 1.1 saf su ve toprak örneği karışımı hazırlanıp numunelerden alınan örnekler 20 gr alınarak hasas terazi ile tartılır ve 50 ml beherler konulur. Daha sonra her örneğe 20ml saf su eklenir 15 saniye ile karıştırılır ve 10 dakkika beklenir 10 dakikadan sonra tekrar karıştırılır bir daha 10 dakika beklenir ve Ph metre ile ölçüm yapılarak kaydedilir. Toprak pH' ölçümü Hanna marka pH metre ile gerçekleştirilecektir. Aynı örneklerde % organik madde tayini 350 °C de 8 saat yakma fırınında tutarak sedimentte ilk ağırlık - son ağırlık farkından organik madde ve organik karbon hesaplanmış. Topraktan daha sonra 2 g kurutulmuş toprak alınır. Kuru yakma metodu ekstraksiyonu yöntemiyle fırında 350 °C da 8 saat yakılarak yakma işlemi yapılır. Analiz için Giresun Üniversitesi merkezi laboratuarda Ağır metal örnekleri analizi yapılmıştır. Bahsi edilen tüm bu su analizleri (62). de belirtilen standart analiz yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

2.3 Kullanılan Cihazlar

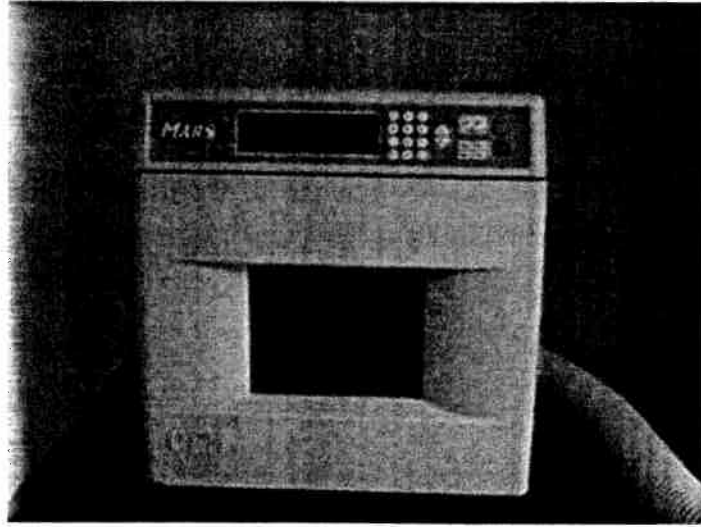
Her parametrenin aylık ortalamaları, standart sapmaları ve grafikleri Microsoft Office Professional Edition 2010 ürününün bir parçası olan Microsoft Office Excel 2010 kullanılarak hazırlanmıştır. SPSS 22.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

Sediment örneklerinin ağır metal analiz işlemleri ise Bruker marka ICP MS cihazında yapılmıştır.



Şekil 1,3 Ağır metal analizi cihazı

CEM MARS-5 Closed Vessel Microwave Digestion System cihazında ekstraksiyon yapılmıştır.



Şekil 1,4 Ağır metal ekstraksiyon cihazı

Tartım işlemi için Dhaus Explorer Pro marka, 0,0001 duyarlıklı hassas terazi kullanılmıştır.



Şekil 1,5 Örnekleme için tartım için hasas terazi

2.4 İstatistiksel Analiz

İstasyonlar arasında metal seviyeleri bakımından farklılık olup olmadığı, One Way ANOVA kullanılarak test edilmiştir. İstatistiksel farklılık durumunda farklılığın hangi istasyonlar arasında olduğu çoklu karşılaştırma testi (Post-hoc: Tukey) ile değerlendirilmiştir. Tüm olasılıklar için 0.05 anlamlılık düzeyi ($p < 0.05$) olarak kabul edilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 22.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Sediment Örneklerinin Kalite Sınıfları

Bu çalışmada, ağır metaller için sediment kalite değerlendirme etki değeri düşük, ER-L ve etki değeri orta, ER-M değerlerine göre yapılmıştır. Ağır metallerin ER-L değerlerini aşmış ancak ER-M de erlerinden küçükse, ağır metallerden kaynaklanan kirlilik dikkat edilmesi gereken bir seviyeye ulaşmış manasına gelmektedir ve değerlendirme orta kirli sınıf olarak yapılmaktadır. Eğer ağır metal konsantrasyonları ER-M de erlerinin üstündeyse oldukça kirli sınıfa girer ve öncelikle çözüme ulaştırılması gereken bir konu olarak görülür (63).

Bu çalışmada, ağır metaller için sediment kalite değerlendirme etki değeri düşük, ER-L ve etki değeri orta, ER-M de erlerine göre yapılmıştır.

Tablo 3,1 Aşağı Melet Nehir Sedimentlerinde Kalite Sınıfları

Element	ER-L (mg/kg k.a.)	ER-M (mg/kg k.a.)	Ölçülen değer (mg/kg k.a.)	Mukayese sonucu sediment sınıflandırması
Cd	1.2	9.6	0.15	Kirli değil.
Cu	34	270	17.31	Kirli değil..
Fe	-	-	9089.25	Kalite sınıfı tanımlanmamış
Mn	-	-	313.52	Kalite sınıfı tanımlanmamış
Ni	20.9	51.6	-	Değer bulunmamıştır.
Pb	46.7	218	11.64	Kirli değil.
Zn	150	410	34.64	Kirli değil.

Melet nehri içeriğindeki toplam ağır metal konsantrasyonları US.EPA., SQG da belirtilen ER-L ve ER-M de değerleri ile karşılaştırıldığında, Fe ve Mn için bir kılavuz

değer olmamakla beraber, Ni açısından mevcut çalışmada bulunamamıştır , Zn, Cu, Pb ve Cd açısından kirli değil kategorisine girdiği görülmektedir.

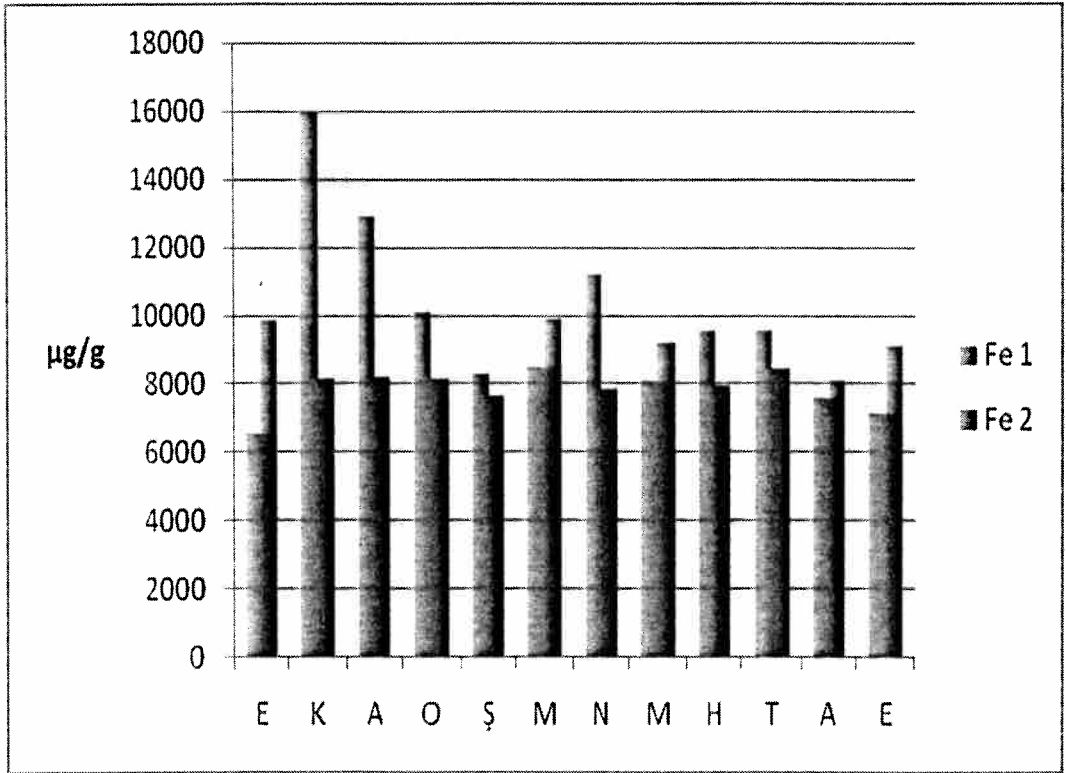
Mevcut çalışmanın ağır metal seviyeleri istasyonlara göre ortalamalar bazında Tablo 3.2 'de sunulmuştur.

Tablo 3.2 I ve II. istasyonların ortalama değerleri

METALLER	1 İstasyon ort	2 İstasyon ort	İki istasyon ort
Fe µg/g	9624,32	8544,18	9084,25
Cu µg/g	15,91	18,71	17,31
Co µg/g	5,80	4,87	5,33
Cr µg/g	4,11	4,17	4,14
Zn µg/g	25,61	43,77	34,69
Pb µg/g	7,82	15,46	11,64
As µg/g	1,27	1,73	1,50
Cd µg/g	0,10	0,21	0,15
Se µg/g	16,32	11,65	13,98
Mn µg/g	307,18	319,96	313,57

3.1.1 Fe Değerleri

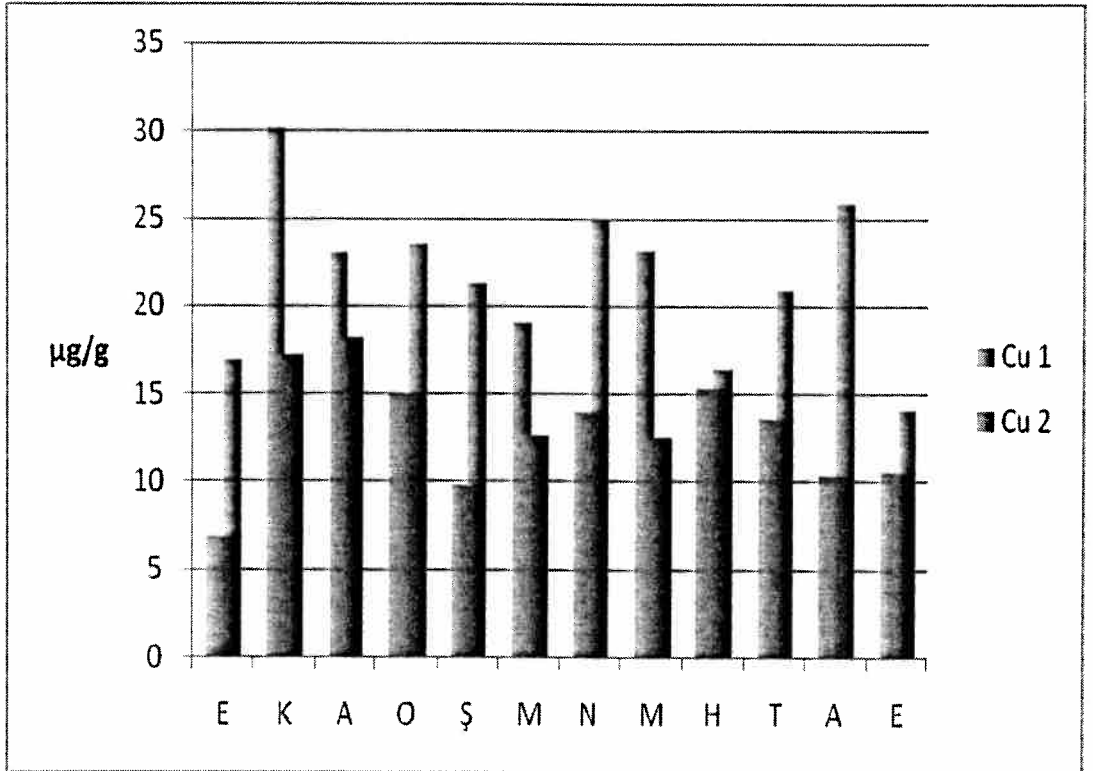
Demir konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. Birinci istasyona ait demir değerleri ikinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 9624 ve 8544 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek demir seviyeleri I. istasyonda Kasım ayında II. istasyonda ise Mart aylarında tespit edilmiştir. En düşük demir seviyeleri I. istasyonda Ekim ayında II' istasyonda ise Şubat aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Fe değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 1,1 de verilmiştir.



Şekil 2,1. İstasyonların Aylara Göre Demir (Fe) Konsantrasyon Değerleri

3.1.2 Cu Değerleri

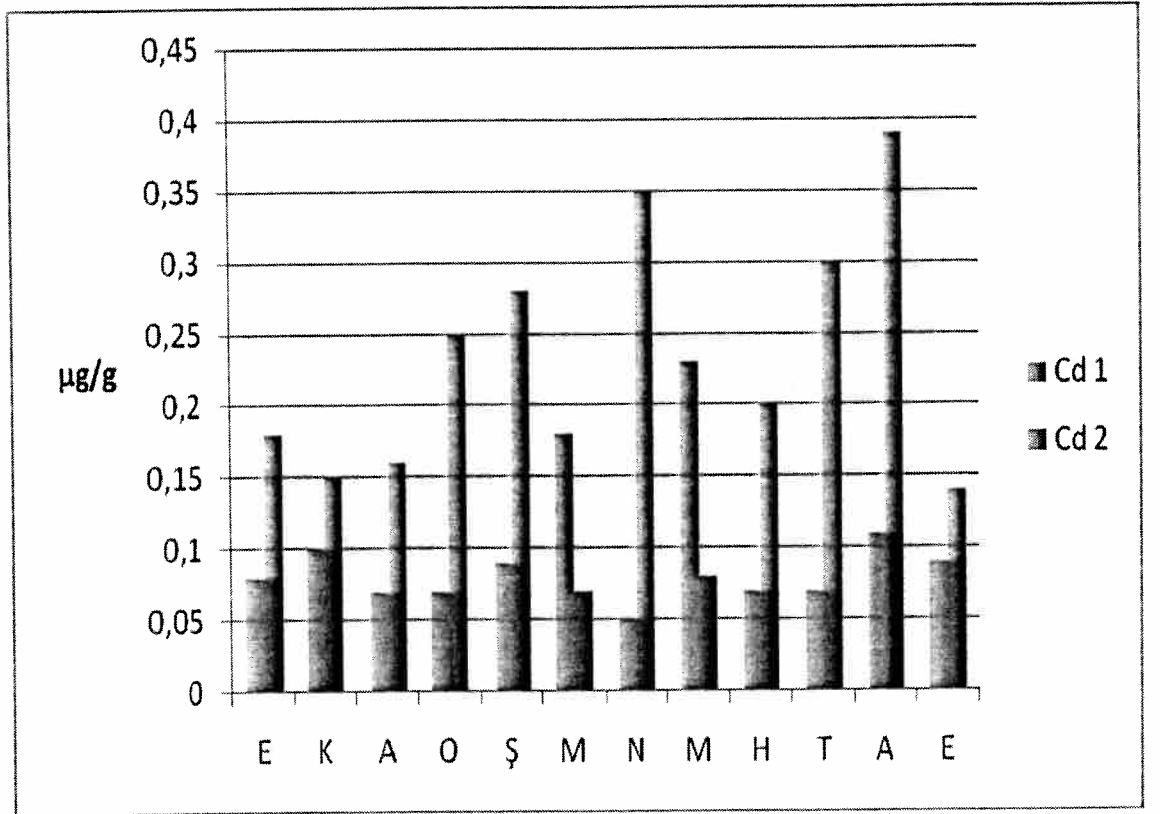
Bakır konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. İkinci istasyona ait Bakır değerleri birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 15.9 ve 18.7 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek bakır seviyeleri I. istasyonda Kasım ayında II. istasyonda ise Ağustos aylarında tespit edilmiştir. En düşük bakır seviyeleri I. istasyonda Ekim ayında II. istasyonda ise Mart aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Cu değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 1,2 de verilmiştir.



Şekil 2,2. İstasyonların Aylara Göre Bakır (Cu) Konsantrasyon Değerleri

3.1.3 Cd Değerleri

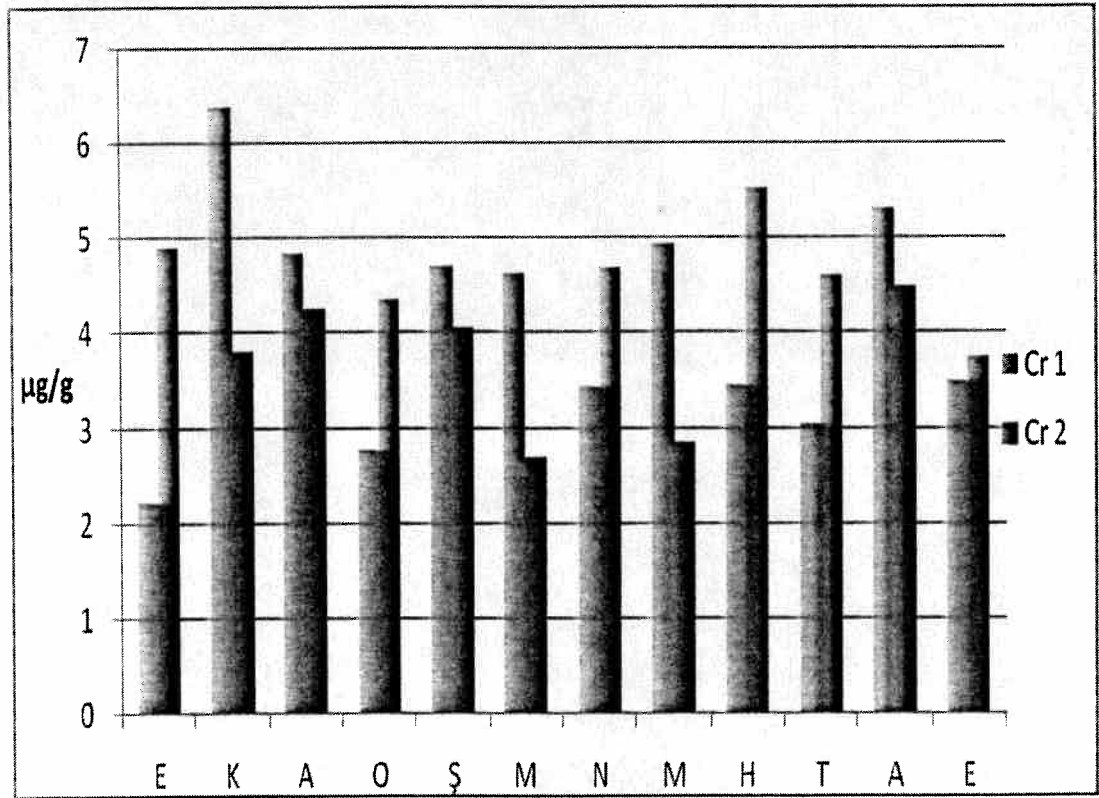
Kadmiyum konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermiştir. İkinci İstasyon ait kadmiyum değerleri birinci istasyonun değerlerinin üzerinde bulunur. Ortalama değerler I.ve II. istasyonlar için sırayla 0,1008 ve 0,2125 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En düşük kadmiyum seviyeleri I. istasyonda Nisan ayında I. istasyonda Mart aylarında kaydedilmiştir. En yüksek kadmiyum seviyeleri ise I. istasyonda Mayıs ayında II. istasyon Ağustos aylarında kaydedilmiştir. ($p<0.05$). Cd değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2.3 te verilmiştir.



Şekil 2,3 İstasyonların Aylara Göre Kadmiyum (Cd) Konsantrasyon Değerleri

3.1.4 Cr Değerleri

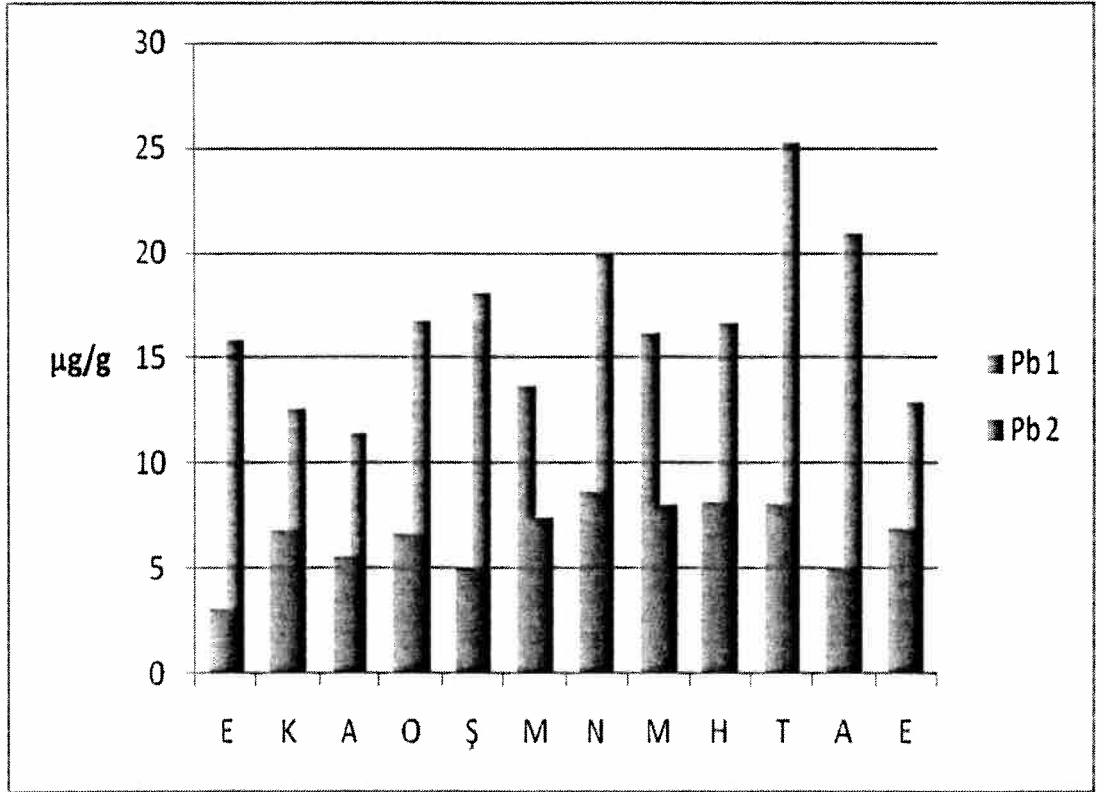
Krom konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. ikinci istasyona ait krom değerleri birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 3.9 ve 4.1 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek krom seviyeleri I istasyonda Kasım ayında II. istasyonda ise Haziran aylarında tespit edilmiştir. En düşük krom seviyeleri I. istasyonda Ekim ayında II istasyonda ise Mart aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Cr değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2,4 te verilmiştir.



Şekil 2,4. İstasyonların Aylara Göre Krom (Cr) Konsantrasyon Değerleri

3.1.5 Pb Değerleri

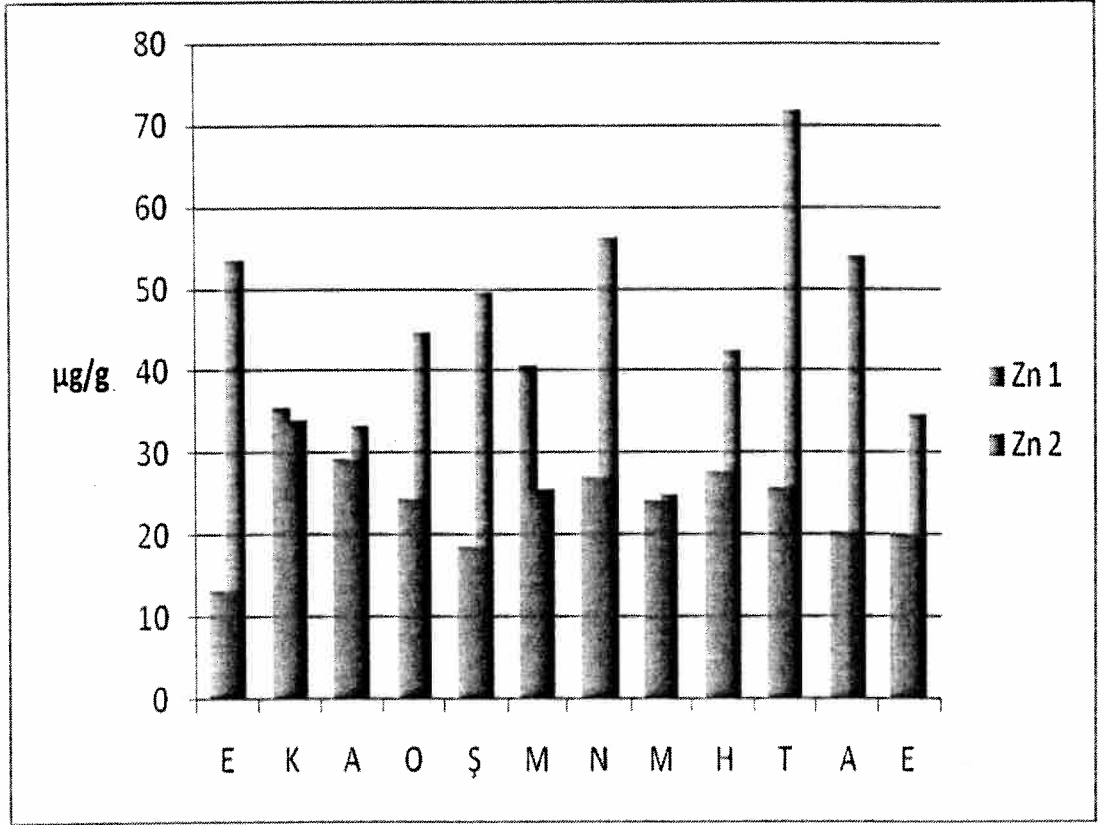
Kurşun konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermiştir. İkinci istasyona ait kurşun değerleri birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 7,8 ve 15,4 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek kurşun seviyeleri I. istasyonda Mayıs ayında II. istasyonda ise Temmuz aylarında tespit edilmiştir. En düşük kurşun seviyeleri I.' istasyonda Ekim ayında II.' istasyonda ise Mart aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Pb değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2,5 te verilmiştir.



Şekil 2.5 İstasyonların Aylara Göre Kurşun (Pb) Konsantrasyon Değerleri

3.1.6 Zn Değerleri

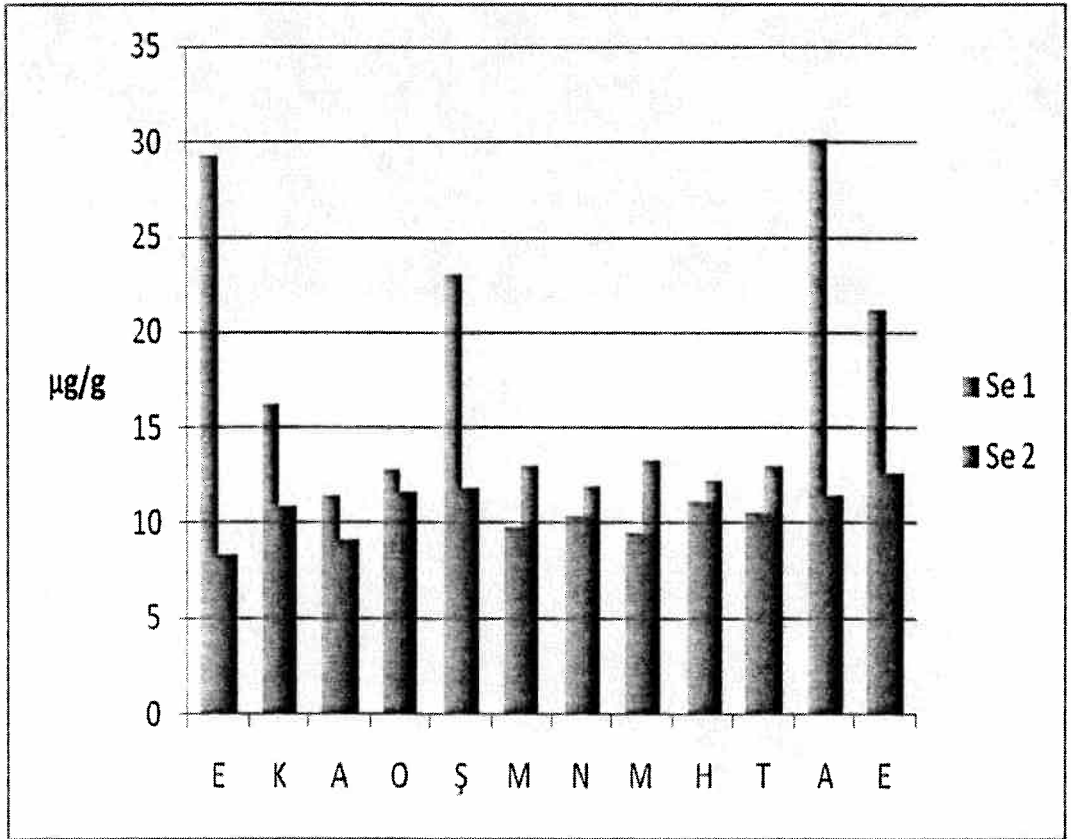
Çinko konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermiştir. İkinci istasyona ait çinko değerleri birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 25,6 ve 43,7 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek çinko seviyeleri I. istasyonda Mart ayında II. istasyonda ise Temmuz aylarında tespit edilmiştir. En düşük çinko seviyeleri I. istasyonda Ekim ayında II.' istasyonda ise Mayıs aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Zn değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2,6 da verilmiştir.



Şekil 2.6' İstasyonların Aylara Göre Çinko (Zn) Konsantrasyon Değerleri

3.1.7 Se Değerleri

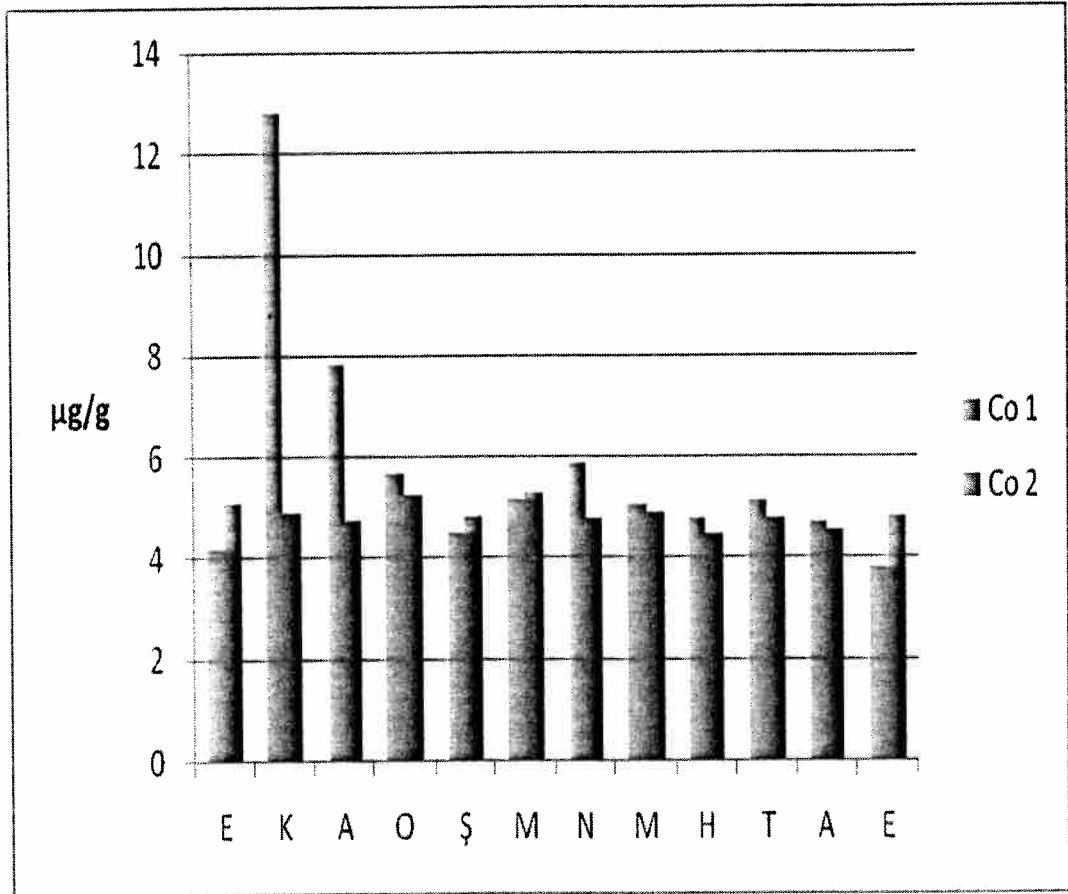
Selenyum konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. Birinci istasyona ait selenyum değerleri ikinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I. ve II. istasyonlar için sırasıyla 16,3 ve 11,6 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek selenyum seviyeleri I. istasyonda Ağustos ayında II. istasyonda ise Mayıs aylarında tespit edilmiştir. En düşük selenyum seviyeleri I. istasyonda Mayıs ayında II.' istasyonda ise Mayıs aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Se değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2,7'de verilmiştir.



Şekil 2.7' İstasyonların Aylara Göre Selenyum(Se) Konsantrasyon Değerleri

3.1.8 Co Değerleri

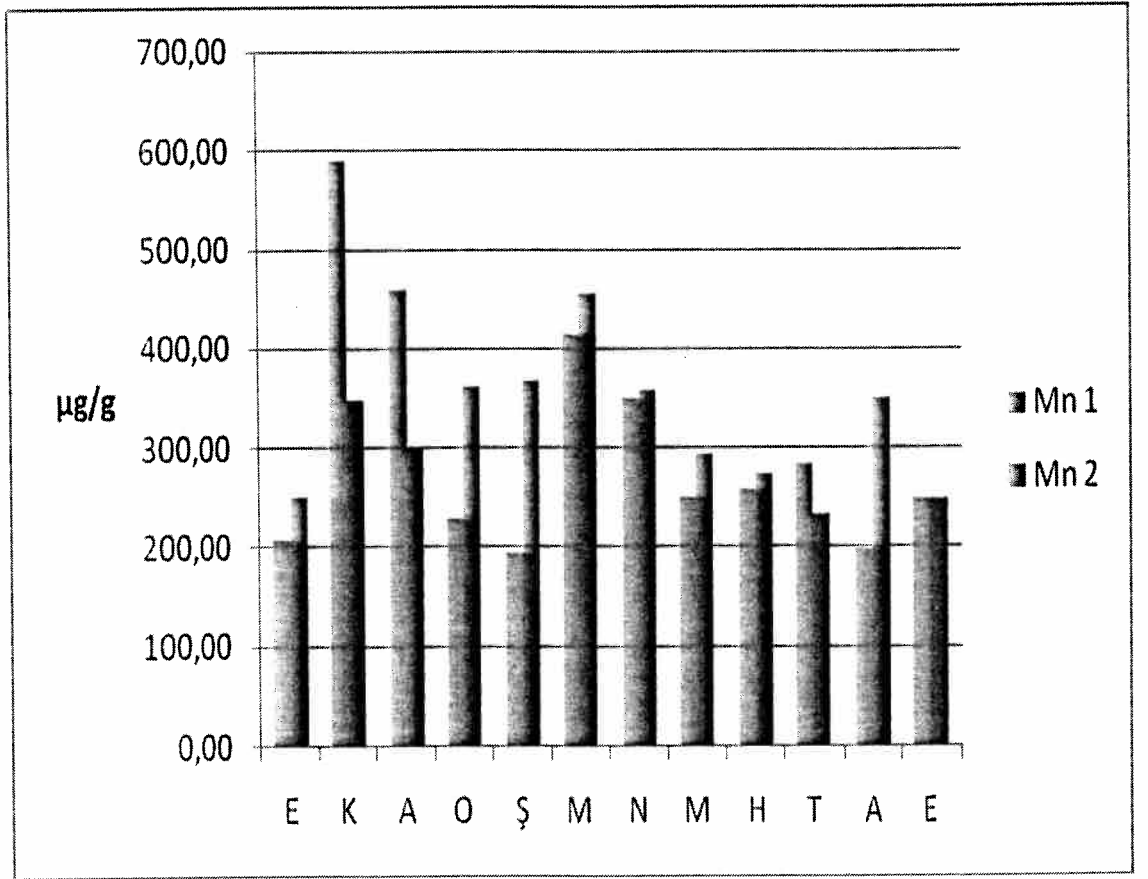
Kobalt konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. Birinci istasyona ait kobalt değerleri ikinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 5,7 ve 4,8 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek kobalt seviyeleri I. istasyonda Kasım ayında II. istasyonda ise Mart aylarında tespit edilmiştir. En düşük selenyum seviyeleri I. istasyonda Eylül ayında II. istasyonda ise Haziran aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Co değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2,8. de verilmiştir.



Şekil 2.8. İstasyonların Aylara Göre Kobalt (Co) Konsantrasyon Değerleri

3.1.9 Mn Değerleri

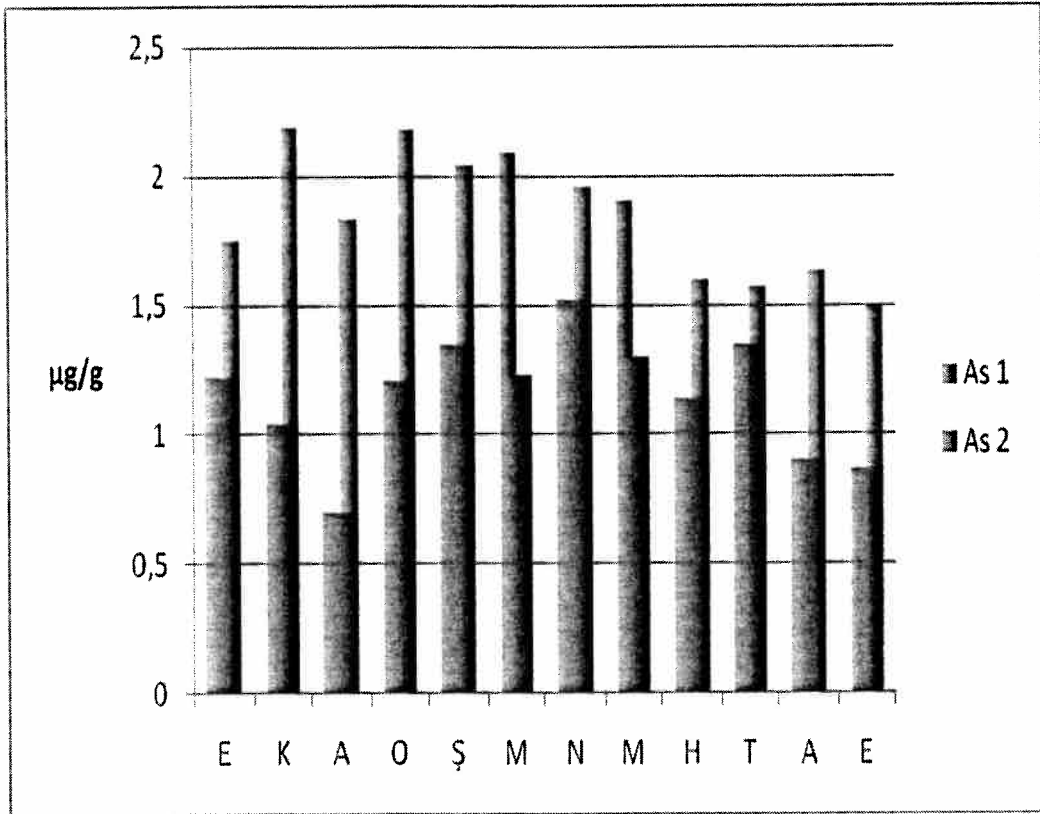
Mangan konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. Birinci istasyona ait mangan değerleri ikinci istasyonun altında bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 307,1 ve 319,9 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek mangan seviyeleri I. istasyonda Kasım ayında 2'nci istasyonda ise Mart aylarında tespit edilmiştir. En düşük mangan seviyeleri I. istasyonda Şubat ayında II. istasyonda ise Temmuz aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Mn değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2, 9 da verilmiştir.



Şekil 2,9 İstasyonların Aylara Göre Mangan (Mn) Konsantrasyon Değerleri

3.1.10 As Değerleri

Arsenik konsantrasyonları istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermiştir. İkinci istasyona ait Arsenik değerleri Birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 1,2 ve 1,7 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. En yüksek Arsenik seviyeleri I. istasyonda Mart ayında II. istasyonda ise Kasım aylarında tespit edilmiştir. En düşük arsenik seviyeleri I. istasyonda Aralık ayında II. istasyonda ise Mart aylarında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). As değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 2, 10 da verilmiştir.



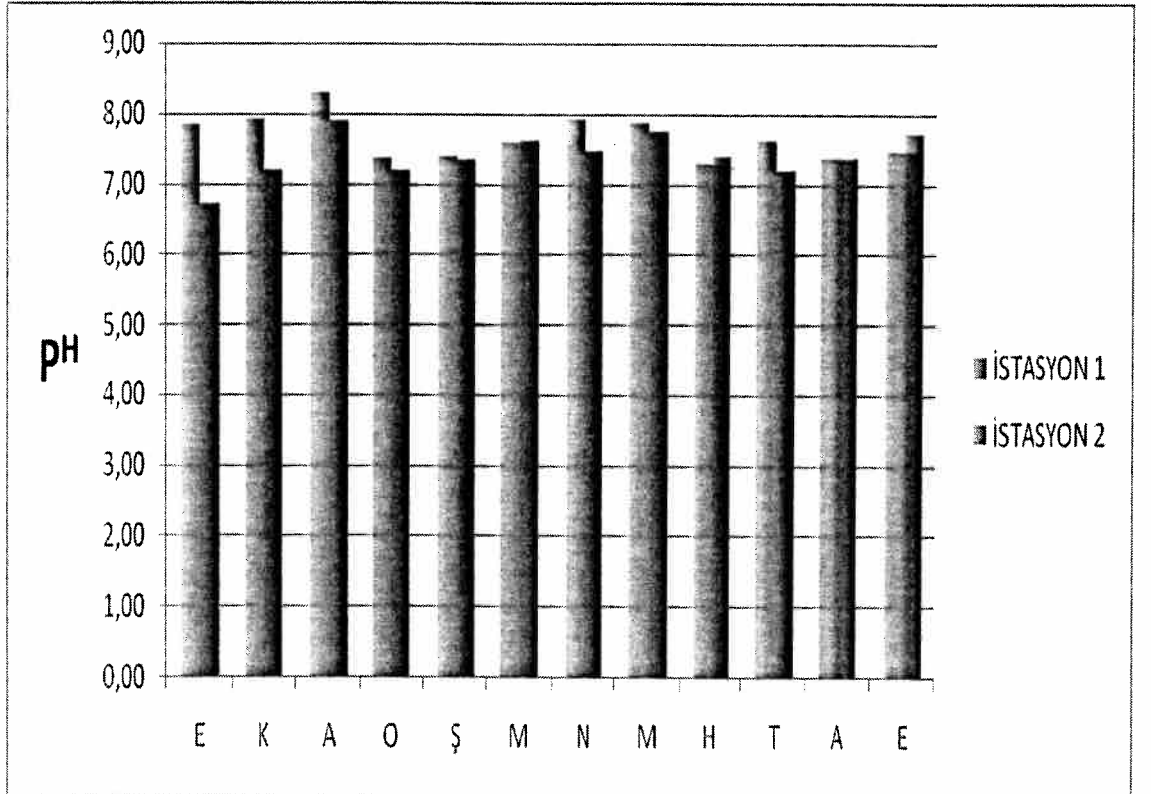
Şekil 2.10 İstasyonların Aylara Göre Arsenik (As) Konsantrasyon Değerleri

3.2. Sediment Analizleri

Metal analizi amacı ile toplanan sediment örnekleri üzerinden sediment pH , sedimentte organik madde ve sedimentte organik karbon analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki alt bölümlerde paylaşılmıştır.

3.2.1 pH

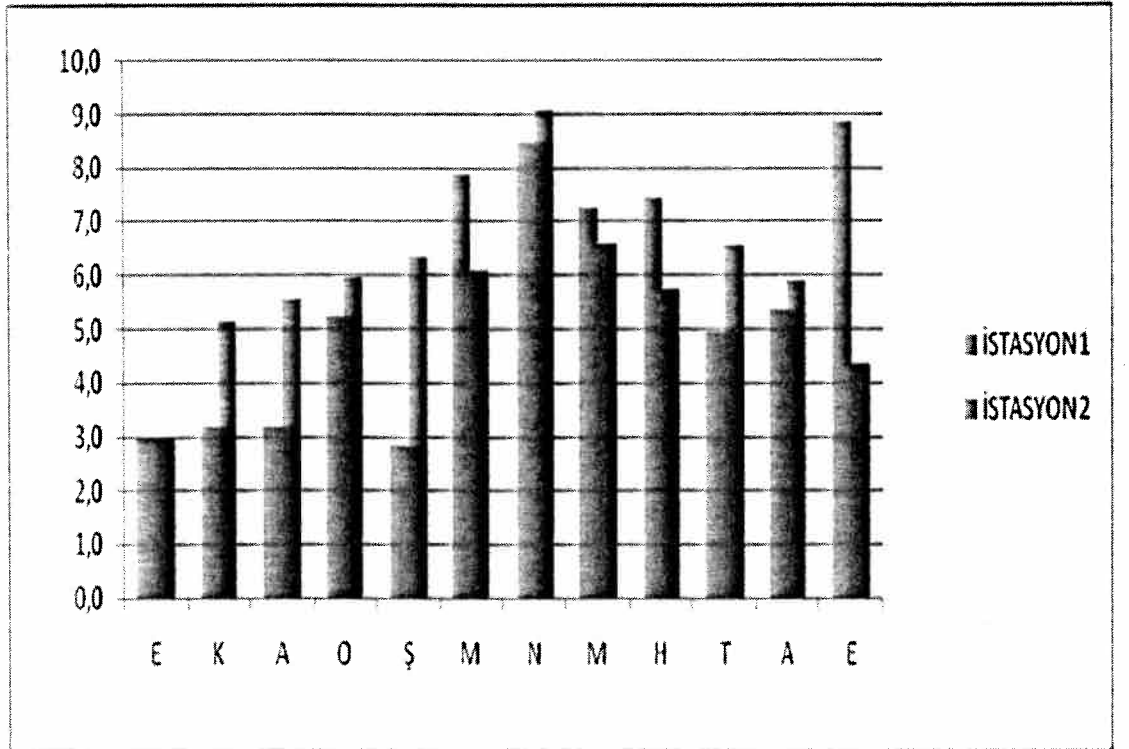
Sedimentte ölçülen pH değerleri istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. İkinci istasyona ait pH değerleri Birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 7.47 ve 7.71 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri I. istasyonda Aralık ayında II. istasyonda ise yine Aralık ayında tespit edilmiştir. En düşük pH değerleri I. istasyonda Haziran ayında II. istasyonda ise Ekim ayında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). pH değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 3,1'te verilmiştir.



Şekil 3.1' İstasyonların Aylara Göre pH Konsantrasyon Değerleri

3.2.2 Sedimentte Organik Madde

Sedimentte ölçülen organik madde değerleri istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. İkinci istasyona ait organik madde sediment değerleri Birinci istasyonun üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama değerler I ve II. istasyonlar için sırasıyla 5.6 ve 5.9 mg/g olarak bulunmuştur. En yüksek organik madde değeri I. istasyonda Eylül ayında II. istasyonda ise Nisan ayında sedimentte tespit edilmiştir. En düşük organik madde değerleri sedimentte I. istasyonda Şubat ayında II. istasyonda ise Ekim ayında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Organik madde sediment değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 3,2’te verilmiştir.

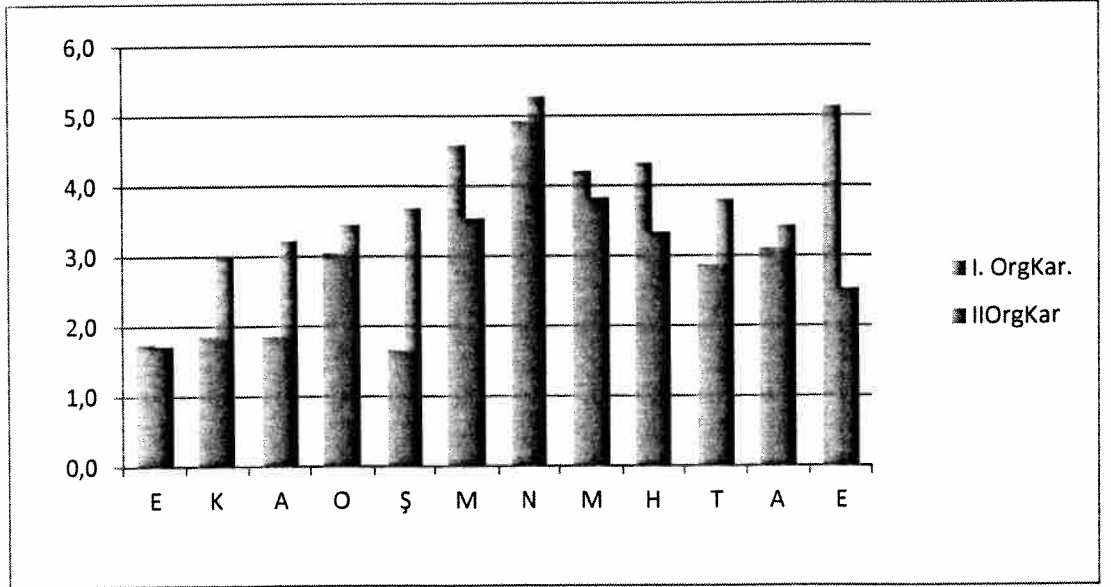


Şekil 3.2. İstasyonların Aylara Göre Organik Madde Konsantrasyon Değerleri

3.2.3. Sedimentte Organik Karbon

Sedimentte organik madde değerlerinden hareketle sedimentte organik karbon değerleri hesaplanmıştır. Organik maddenin %58 'nin karbon'dan kaynaklandığı bilgisinden yararlanarak analiz değerlerini 0.58 değeri ile çarpma sonucunda organik karbon değerlerine ulaşılmıştır.

Sedimentte ölçülen organik karbon değerleri istasyonlar arasında istatistiksel farklılık göstermemiştir. Birinci ve İkinci istasyona ait ortalama organik karbon değerleri I ve II. istasyonlar için sırasıyla 3.3 ve 3.4 mg/g olarak bulunmuştur. En yüksek organik karbon değeri I. istasyonda Eylül ayında II. istasyonda ise Nisan ayında sedimentte tespit edilmiştir. En düşük organik karbon değerleri sedimentte I. istasyonda Şubat ayında II. istasyonda ise Ekim ayında kaydedilmiştir. ($p < 0.05$). Organik madde sediment değerleri aylara göre dağılımı gösteren grafik şekil 3,3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. İstasyonların Aylara Göre Organik Karbon Konsantrasyon Değerleri

4.1 TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 Tartışma

Tüm istasyonlardan elde edilen analiz sonuçları her istasyon için en yüksek ve en düşük değerler Cr: 6.4 ± 2.7 , Mn: 589.79 ± 194.04 , Fe: 15972.8 ± 6555.33 , Co: 7.83 ± 3.83 , Cu: 25.83 ± 6.89 , Zn: 71.88 ± 13.32 , As: 2.19 ± 0.17 , Se: 29.31 ± 9.15 , Cd: 0.39 ± 0.05 , Pb: 25.23 ± 3.09 olarak bulunmuştur. Ni hiç bir istasyonda tespit edilememiştir. Tüm istasyonlar arasında e en fazla birikim gösteren metal Fe olurken en az birikim gösteren metal ise Cd olarak belirlenmiştir. Ordu İli'nden örneklenen sediment ağır metal düzeyleri en çok birikim gösterenden en az birikim gösterene doğru; Fe > Mn > Zn > Cu > Se > Pb > Co > Cr > As > Cd şeklinde sıralanmıştır.

Metal konsantrasyonlarından Pb, Zn, As ve Cd arasında istasyonsal farklılıklar bulunmuştur. Pb, Cd, ve Zn konsantrasyonları I. İstasyonda düşük çıkarken II. İstasyonda yüksek bulunmuştur.

Aylar bazında metal konsantrasyonlarının farklılık gösterdiği ağır metaller Cd, Zn ve Pb olarak tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu Ağustos ayında istatistiksel olarak Aralık ayına nazaran yüksek bulunmuştur.

Zn metali ise Temmuz ayında Ekim ayına göre istatistiksel değerler yüksek seviyede bulunmuştur. Aynı şekilde Cr metal konsantrasyonu Ağustos ayındaki istatistiksel değerler Eylül ayına nazaran yüksek bulunmuştur.

İstasyonlar bazında Pb konsantrasyonu en düşük değeri I. İstasyonda Ekim ayında bulunmuştur. En yüksek ise II. İstasyonda Temmuz ayında bulunmuştur.

Dundar ve ark tarafından (64) Sakarya nehrinde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. sedimente yapılan analizler sonucu metallerin ortalama değerleri; Cu: 4.63, Cr: 8.78, Pb: 2.55, Zn: 9.99 $\mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Mevcut çalışmanın sonuçları ise: Cr: 6.4 - 2.7, Mn: 589.79 - 194.04, Fe: 15972.8 - 6555.33, Co: 7.83- 3.83, Cu: 25.83 - 6.89, Zn: 71.88 - 13.32, As: 2.19 - 0.17, Se: 29.31 - 9.15, Cd: 0.39 - 0.05, Pb: 25.23 - 3.09 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Sedimentte yapılan çalışmalar kıyaslandığında mevcut çalışmada bulunan değerlerden küçük olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1 Mevcut Çalışma İle Yapılan Diğer Çalışmalar Karşılaştırılmıştır.

Fe	Cr	Zn	Ni	Mn	Cu	Pb	Co	Referans
18521,91	57,81	45,59	167,68	5,8	28,38	22,82	4,54	A
-	71 181	88 185	35 165	300 1560	22 58	0,1 67	13 24	B
-	54,6	120,5	91	489,7	28,5	221,8	10	C
9,18 136	0,07 1,18	3,51 53,5	0,03 1,72	0,18 2,78	0,51 7,05	0,21 1,28	0,01 0,45	D
7,490 169,1	5,89 35,21	12,1 415	17,35 122,8	20 69,188	0,083 127,2	0,8 95,86	1,2 31,58	E
40.6	-	-	87,	-	727	620	-	F
-	8.78	9.99	-	-	4.63	2.55	-	G
6555,33 15972.8	2,7 6,4	13,32 71,88	-	194,04 589,79	6,89 25,83	3,09 25,23	3,83 7,83	H

A- Ozbay ve ark, (67)

B- Ünlü ve ark, (66).

C- Varol, (73).

D- Türkmen ve ark, (65).

E- Satapathy ve ark, (74)

F- Pote ve ark, (71)

G- Dundar ve ark, (64).

H- Mevcut çalışma

Türkmen ve ark. (65) tarafından Ege ve Akdeniz’de yapılan bir çalışmada 12 balık türünün kas ve karaciğerlerindeki ağır metal seviyeleri tespit edilmiştir. Balıkların kas dokularında analiz edilen metaller sırasıyla, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için; <0,01-0,39, <0,01-0,45, 0,07-1,18, 0,51-7,05, 9,18-136, 0,18-2,78, 0,03-1,72, 0,21-1,28 ve 3,51-53,5 µg/g olarak ifade edilmiştir. Ölçülen değerlerin kabul edilebilir sınırların altında kaldığı belirtilmiştir. Mevcut çalışmamız ile kıyaslandığında. Balıkta ölçülen değerler mevcut çalışma sonuçlarına nazaran çok düşük olduğu görülmektedir.

Ünlü ve ark. tarafından (66) Gemlik körfezinde belirlenen istasyonlardan toplanan midyelerde ve yüzeyinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Midyede; Cd 2,4, Co 2,0, Cr 2,3, Cu 5,5, Fe 205,4, Mn 5,8, Ni 1,3, Pb 0,5, Zn 196 µg g⁻¹ kuru ağırlık olarak, te; Co 13-24, Cr 71-181, Cu 22-58, Mn 300- 1560, Ni 35-165, Pb <0,1-67, Zn 88-185 µg g⁻¹ olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmamız ile kıyaslandığında. Sedimente ölçülen değerler bu çalışma arasında kıyaslama yapıldığında Sedimentte kurşun hariç tüm metaller yüksek değerde bulunmuştur. Midye de ise Cd, Zn, değerleri yüksek diğer metaller ise düşük değerde bulunmuştur.

Özbay ve ark. tarafından (67) Mersin Berdan Çayı’nda yapılan çalışmada sedimentte ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre sedimentte ağır metal birikim düzeyleri şöyle bulunmuştur; Fe; 18521,91, Al;12907,70, Mn;377,40, Ni; 167,68, Cr; 57,81, Zn; 45,59, Cu; 28,38, Pb; 22,82 /g ve Cd; 4,54 µg/g olarak tespit edilmiş. Mevcut çalışmamızı sedimentte yapılan çalışmalar kıyaslandığında Cr hariç diğer tüm metaller yüksek değerde bulunmuştur.

Davutoğlu ve ark. tarafından (68) Aşağı Seyhan Nehri inde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. sedimente yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri; Cd için 3,2- 9,99, Cu için, 5,39-29,51, Fe için 11.385-35.740, Mn için 384-1.202, Ni için 133-310, Pb için <0,05-14,43, Zn için 58-1.038 µg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmamız ile kıyaslandığında Cd, Fe, Mn ve diğer tüm metaller yüksek değerde bulunmuştur.

Kaptan ve ark. tarafından(69) Eğridir Gölü’nün inde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. Sedimente yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri. Cd: 0.003–0.08, Cr: 0,3 – 7.20, Cu: 0.66 – 21.75, Fe: 59.68 –

3496,51, Mn: 25.92-224,59, Mo: 0.03 – 0.86, Ni: 1.37 – 15.17, Pb: 0.25 – 6.53, Se: 0.07 – 2.95, Zn: 10.21 – 60.31 µg/g olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmanın sonuçları Sedimente yapılan çalışmalar kıyaslandığında hepsi küçük ama tüm metaller yakın değerler bulunmuştur.

Öztürk ve ark tarafından (70) Demir köprü nehri inde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. Sedimente yapılan analizler sonucu metallerin ortalama değerleri; Cd: 0,82, Cr: 6,75, Cu: 15,1, Fe: 15681, Ni: 14,3, Pb: 6,5 µg/g bulunmuştur. Mevcut çalışmamız ile kıyaslandığında sedimentte yapılan çalışmaların mevcut çalışmada bulunan değerlere yakın değerler tespit edilmiştir.

Pote ve ark tarafından (71) Geneva Gölü'nde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. Sedimentte yapılan analizler sonucu metallerin ortalama değerleri; Cd: 18,4, Cr: 337, Cu: 727, Fe: 40.6, Ni: 87, Pb: 620 µg/g bulunmuştur. Mevcut çalışmayla kıyaslandığında demir hariç tüm metaller yüksek değerler bulunmuştur.

Mendil ve ark (72) Yeşilirmak Nehri'nde yapılan çalışmada ağır metal örnekleri analizleri yapılmıştır. Sedimentte yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri; Cd: 0,12–0,55 Mn: 221–446, Cu: 13,1–38,7, Ni: 15,4–79,2, Pb: 3,3–17,3, Zn: 24,7–45,5 µg/g bulunmuştur. Mevcut çalışmayla kıyaslandığında tüm metaller yakın değerler bulunmuştur.

Varol (73) Dicle Nehri'nde yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Sedimentte yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri; Cd: 0.7–3, Mn: 282.2-1228, Cu: 11.2–297.2, Ni: 74-244.7, Pb: 62.3-392.4, Zn: 60.1-247, As: 2-8.5, Co: 5.4-39.7 Cr: 28.4-163.4, (µg/g) bulunmuştur. Mevcut çalışmayla kıyaslandığında tüm metaller yüksek değerler bulunmuştur.

Satapathy D. R. Panda C. R. (74) Hindistanın Bengal körfezinde yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Sedimentte yapılan analizler sonucu metallerin alt ve üst değerleri; Cd: 0-11 Cu: 0.083-127.2, Ni: 17.35-122.8, Pb: 0.8-95.58, Zn: 12.1-415, Co: 1.2-31.58, Cr:35.21-5890, (µg/g) bulunmuştur. Mevcut çalışmayla kıyaslandığında tüm metaller yüksek bulunmuştur.

4.2 SONUÇ

Ordu ili Aşağı Melet Irmağında yapılan bu çalışmada ırmaktan alınan sediment örneklerinde ağır metal kirlilik seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. sediment örneklerinde Fe elementinin konsantrasyonları standart kriterlerden yüksek bulunmuştur. Cd elementlerinin konsantrasyonları standart kriterlerden düşük bulunmuştur. Seçilen örnekleme istasyonlarının II. istasyonun şehir merkezi ve çevre yolu üzerinde yer alması, kontrolsüz evsel ve endüstriyel deşarjlar nedeniyle bu tür ağır metallerin yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca II. istasyonun şehir merkezinde yer alması ve bu istasyonun en önemli şehirlerarası yolun kenarında yer alması araçların yakılarından çıkan kurşun gibi ağır metallerin atmosfere verilmesinden ırmağın büyük oranda kirlenmesine neden olmaktadır. Ağır metal kirliliğinin ekolojik etkilerinin belirlenmesini kontrol eden mekanizmalar, hidrojeolojik şartların yanı sıra, sedimente bağlı metallerin stabilitesi, mineralizasyon, flokülasyon, koagülasyon ve biyolojik olabilirliktir. Sucul ekosistemde ağır metal kirliliğinin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için sedimentlerde çevre şartları etkileri belirlenmelidir

Orta Karadeniz Bölgesi kıyı alanlarındaki endüstriyel ve kentsel gelişimlerin olduğu bir bölge olup noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların artması ile sürekli olarak kirlenmektedir. Özellikle sedimente biriken ve sucul ortamda ekotoksikolojik etkilere neden olan ağır metal kirleticilerinin azaltılabilmesi için çevresel koruma tedbirlerinin alınması; bu konuda çevresel risk değerlendirmesinin yapılarak kaynaktan önleme faaliyetlerinin araştırılması gerekmektedir.

Ağır metallerin toplam miktarlarının istasyonlara göre değişimleri incelendiğinde I.ve II. istasyonlarda, yani çalışma alanının başında ve sonunda, ağır metal miktarlarının diğer istasyonlara nazaran daha düşük olduğu görülmüştür. Böylece nehir boyunca düşüş veya yükseliş gösteren ağır metal konsantrasyonlarının ana kaynaklarının tarımsal faaliyetlerden dönen drenaj sular ve nehir yatağına yapılan fiziki müdahaleler sonucu nehir yatağının ve dolayısıyla hidrolik şartların değişmesi olarak düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada bulunan değerlerin ağır metal yönünde kirlilik unsuru pek tespit edilmemiştir. Melet ırmağı insanlar için içme suyu olarak kullanıma elverişli değildir, özellikle şehir merkezine yakın olan ve

İrmağın denizle birleştiği alan ise insanlar için hastalık teşkil etmektedir. Irmak boyuca yapılan HES'ler her geçen gün olumsuz şekilde ırmağın kirlenmesine sebep teşkil etmektedir. Yine II. istasyonun şehir merkezinde yer alması ve şehrin çöp atıklarının buraya atılmasından melet ırmağını ciddi şekilde kirlenmesine neden olmaktadır.

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 istasyonlar bazında metal konsantrasyonlarının istatistiksel korelasyonunu göstermektedir. Yapılan istatistiksel korelasyon analizleri metallerin kendi aralarındaki konsantrasyon ilişkilerini ortaya koymuştur. Korelasyon analizleri I ve II nci istasyon bazında 0,01 ile 0,05 korelasyona göre ayrı ayrı ele alınarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre I. İstasyonda; 0,01 korelasyona göre: Mn Elementi Fe,Co, Cr ile Fe Elementi ise Mn, Co doğrusal olarak korelasyon göstermiştir. 0.05 Korelasyonu göre: Mn Elementi Zn, Zn elementi Cu, Pb elementi As, Cd, ise Fe ve Cu doğrusal olarak korelasyon göstermiştir.

II. istasyonda ise; 0.01 Korelasyonu göre: Cd Elementi Cu ile, Zn ise hem Cd İle Pb ve Cd ise Pb doğrusal olarak korelasyon göstermiştir. 0.05 Korelasyonuna göre ise Pb Elementi Cu ile, doğrusal olarak korelasyon gösterdiği bulunmuştur.

Tablo 4.2 II. İstasyonun Metal Konsantrasyonlarının İstatiksel Korelasyonu.

		Correlations ^a											
		aylar	iletkenlik	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb
aylar	Pearson Correlation	1	,357	,246	-,331	-,021	,128	,110	-,033	,418	-,575	-,063	-,015
	Sig. (2-tailed)		,255	,440	,293	,949	,693	,734	,919	,176	,050	,846	,964
iletkenlik	Pearson Correlation	,357	1	,045	-,307	,091	-,364	,018	-,038	-,109	-,187	,102	,030
	Sig. (2-tailed)	,255		,891	,331	,778	,245	,956	,908	,737	,560	,752	,926
Cr	Pearson Correlation	,246	,045	1	-,461	-,497	-,516	,545	,682 [*]	,406	-,395	,614 [*]	,716 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,440	,891		,132	,101	,086	,067	,015	,190	,204	,034	,009
Mn	Pearson Correlation	-,331	-,307	-,461	1	-,055	,414	,136	-,335	,130	,180	-,012	-,302
	Sig. (2-tailed)	,293	,331	,132		,865	,181	,674	,288	,687	,576	,969	,341
Fe	Pearson Correlation	-,021	,091	-,497	-,055	1	,586 [*]	-,695 [*]	-,366	-,650 [*]	-,036	-,663 [*]	-,548
	Sig. (2-tailed)	,949	,778	,101	,865		,045	,012	,242	,022	,913	,019	,065
Co	Pearson Correlation	,128	-,364	-,516	,414	,586 [*]	1	-,267	-,277	,029	-,033	-,446	-,417
	Sig. (2-tailed)	,693	,245	,086	,181	,045		,402	,383	,928	,918	,146	,178
Cu	Pearson Correlation	,110	,018	,545	,136	-,695 [*]	-,267	1	,720 ^{**}	,596 [*]	-,142	,949 ^{**}	,792 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,734	,956	,067	,674	,012	,402		,008	,041	,659	,000	,002
Zn	Pearson Correlation	-,033	-,038	,682 [*]	-,335	-,366	-,277	,720 ^{**}	1	,282	-,086	,828 ^{**}	,966 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,919	,908	,015	,288	,242	,383	,008		,375	,789	,001	,000
As	Pearson Correlation	,418	-,109	,406	,130	-,650 [*]	,029	,596 [*]	,282	1	-,452	,418	,339
	Sig. (2-tailed)	,176	,737	,190	,687	,022	,928	,041	,375		,140	,177	,281
Se	Pearson Correlation	-,575	-,187	-,395	,180	-,036	-,033	-,142	-,086	-,452	1	-,025	,014
	Sig. (2-tailed)	,050	,560	,204	,576	,913	,918	,659	,789	,140		,940	,965
Cd	Pearson Correlation	-,063	,102	,614 [*]	-,012	-,663 [*]	-,446	,949 ^{**}	,828 ^{**}	,418	-,025	1	,900 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,846	,752	,034	,969	,019	,146	,000	,001	,177	,940		,000
Pb	Pearson Correlation	-,015	,030	,716 ^{**}	-,302	-,548	-,417	,792 ^{**}	,966 ^{**}	,339	,014	,900 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	,964	,926	,009	,341	,065	,178	,002	,000	,281	,965	,000	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

a. Listwise N=12

Tablo 4.3 I. İstasyonun Metal Konsantrasyonlarının İstatiksel Korelasyonu.

		Correlations ^a											
		aylar	iletkenlik	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb
aylar	Pearson Correlation	1	,745**	-,104	,221	,358	,403	,200	-,105	-,680*	,152	-,364	-,482
	Sig. (2-tailed)		,005	,748	,490	,253	,194	,532	,746	,015	,638	,245	,113
iletkenlik	Pearson Correlation	,745**	1	,225	,172	,258	,447	,104	-,265	-,757**	,579*	-,264	-,630*
	Sig. (2-tailed)	,005		,481	,593	,417	,145	,749	,405	,004	,049	,407	,028
Cr	Pearson Correlation	-,104	,225	1	,562	,490	,621*	,672*	,484	-,024	-,018	,434	,224
	Sig. (2-tailed)	,748	,481		,057	,106	,031	,017	,111	,942	,957	,159	,484
Mn	Pearson Correlation	,221	,172	,562	1	,859**	,877**	,832**	,798**	-,036	-,433	,025	,155
	Sig. (2-tailed)	,490	,593	,057		,000	,000	,001	,002	,911	,160	,939	,631
Fe	Pearson Correlation	,358	,258	,490	,859**	1	,934**	,778**	,607*	-,259	-,428	-,265	-,065
	Sig. (2-tailed)	,253	,417	,106	,000		,000	,003	,036	,417	,165	,406	,841
Co	Pearson Correlation	,403	,447	,621*	,877**	,934**	1	,816**	,565	-,227	-,224	-,075	-,061
	Sig. (2-tailed)	,194	,145	,031	,000	,000		,001	,056	,477	,485	,818	,851
Cu	Pearson Correlation	,200	,104	,672*	,832**	,778**	,816**	1	,750**	,112	-,586*	,368	,460
	Sig. (2-tailed)	,532	,749	,017	,001	,003	,001		,005	,729	,045	,240	,132
Zn	Pearson Correlation	-,105	-,265	,484	,798**	,607*	,565	,750**	1	,340	-,681*	,266	,524
	Sig. (2-tailed)	,746	,405	,111	,002	,036	,056	,005		,280	,015	,403	,081
As	Pearson Correlation	-,680*	-,757**	-,024	-,036	-,259	-,227	,112	,340	1	-,438	,662*	,796**
	Sig. (2-tailed)	,015	,004	,942	,911	,417	,477	,729	,280		,155	,019	,002
Se	Pearson Correlation	,152	,579*	-,018	-,433	-,428	-,224	-,586*	-,681*	-,438	1	-,174	-,676*
	Sig. (2-tailed)	,638	,049	,957	,160	,165	,485	,045	,015	,155		,588	,016
Cd	Pearson Correlation	-,364	-,264	,434	,025	-,265	-,075	,368	,266	,662*	-,174	1	,797**
	Sig. (2-tailed)	,245	,407	,159	,939	,406	,818	,240	,403	,019	,588		,002
Pb	Pearson Correlation	-,482	-,630*	,224	,155	-,065	-,061	,460	,524	,796**	-,676*	,797**	1
	Sig. (2-tailed)	,113	,028	,484	,631	,841	,851	,132	,081	,002	,016	,002	

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

a. Listwise N=12

KAYNAKLAR

1. Tok, H.H.1997. Çevre Kirliliği. Anadolu Matbaa Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti., sf. 266- 283, İstanbul.
2. Dökmen, F., İhsaniye Yöresi Su Kaynaklarında Ağır Metal İçeriği ve Sulama Suyu Kullanımına Etkileri, 2000 GAP- Çevre Kongresi, I. Cilt, sf.215-226 , Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa.
3. Wang, W. X. and Fisher, N.S., 1999. "Delineating Metal Accumulation Pathways for Marine Invertebrates", *The Science of Total Environment*, 237, p.p. 459-472.
4. Kalay, M., Koyuncu., C.,E. and Dönmez., A.,E., 2004. Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf. (in Turkish), *Ekoloji Dergisi*, 13(52):23-27.(4)
5. Yazkan M., Özdemir F. ve Gölükcü M., 2004. Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Turk J. Vet Anim Sci.*, 28, 95-100.(5)
6. Taylan, Z. S., Böke ve Özkoç, H. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği, *Baü Fbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
7. Uzunoğlu, O. 1999. Gediz Nehrinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 12-73, Manisa.
8. Martin, M., H. and Coughtrey, P.J., 1985. "Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution", Land and Air Applied Science Publishers, England.
9. Leong, L.S., P.A. Tanner. 1999. Comparison of methods for determination of organic carbon in marine sediment, *Marine Pollution Bulletin*, Vol.38, No:10, 875-879.
10. Sonal, S., 1994. Hayvansal Besinlere Yansıyan Metal Kalıntıları ve Yaratabileceği Sağlık Sorunları. *Türk-Toksikoloji Der. ve Visad.*

10. Bryan, G.W., Uysal, H., 1978. Heavy Metal the Burowing Bivalve Scropicularya Plana From the Tomar Estuary in Relation to Environmental Levels. J. Marine Biol. Ass. U. K., 58 (1): 89-108
11. Kahvecioğlu, Ö., Kartal ,G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri-I-III”, İTÜ,Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği
12. Mahmoud, M.E., Osman, M.M., Hafez, O.F, Elmelegy, E., 2010. “Removal and preconcentration of lead (II), copper (II), chromium (III) and iron (III) from wastewaters by surface developed alumina adsorbents with immobilized 1-nitroso-2-naphtol”, Journals of Hazardous Materials, pp. 173
13. Salomans, W., N.M. Rooij, H. Kerdijk, and J. Bril. 1987. Sediments as a Source for Contaminants. Hydrobiologia. 149: 13-30.
14. Türkmen A., 2003 İskenderun Körfezi’nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde (Spondylus spinosus Schreibers 1973) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 152s.
15. Yarsan, E., Bilgili, A., Türel İ., 2000. Van Gölünde toplanan Midye (Unio stevenianus Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Turk. J. Veterinary Animal Science.24, 93-96.
16. Kayhan, F. E., 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Sayı: 1-2, 215-220.
17. Girgin, S. ve Kazancı, N., 1994. Türkiye Suları Araştırmalar Dizisi I. Ankara Çayı’nda Su Kalitesi’ nin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Parametrelerin Belirlenmesi, Özyurt Matbaası. 176 s. Ankara.
18. Kocataş, A., 1997. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. E.Ü Su Ürünleri Fakültesi, E.Ü. Basımevi , Yayın No:51, 435 s.,Bornova, İzmir.
19. Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. ve Aras, M.S. 2008. Sular Bilgisi, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.
20. Çınar, Ö. 2008. Çevre Kirliliği ve Kontrolü. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

21. Martin, M., H. and Coughtrey, P.J., 1985. "Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution", Land and Air Applied Science Publishers, England.
22. Clark, R, B. 1992. Marine Pollution. Third Edition, Clarendon Press, 64-82. Oxford.
23. Taylan, Z. S., Böke ve Özkoç, H. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği, *Baü Fbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
24. Matta, J., Milad, M., Manger, R. and Tosteson, T. 1999. Heavy metals, Lipid Peroxidation, and Ciguatera Toxicity in the Liver of the Caribbean barracuda (*Sphyraena barracuda*), *Biological Trace Element Research*, 70, 1, Pages 69-79.
25. <http://www.inchem.org> Web adresinden 22 Haziran 2015 tarihinde edinilmiştir.
26. <http://www.healthy.net> Web adresinden 12 Mayıs 2015 tarihinde edinilmiştir.
27. W. Mertz, 1987 "Trace Elements In Human and Animal Nutrition-Fifth Edition", Vol. 1, Academic Pres,
28. F. Habashi, 1997"Handbook of Extractive Metallurgy", Vol. 2, WILEY-VCH, Germany,
29. S. F.Sibley, "Cobalt", www.usgs.gov
30. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf Web adresinden 25 Haziran 2015 tarihinde edinilmiştir.
31. M.J. Kendrick, M.T. May, M.J. Plishka, K.D. Robinson, "Metals in Biological Systems", 1992
32. "Cobalt", www.nrcan.gc.ca
33. Atilla P. 2009 " Mısır'ın Cr(4) Biriktirme Kapasitesinin Araştırılması". Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Çevre Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek lisans tezi, Adana

34. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A ve Timur, S., 2006. Metallerin Çevresel Etkileri-I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf Web adresinden 11 Haziran 2015 tarihinde edinilmiştir.
35. Trace Elements in Human Nutrition And Health” World Health Organization Geneva 1996
36. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A ve Timur, S., 2006. Metallerin Çevresel Etkileri-I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.
37. <http://www.bilgiustam.com/manganez-nedir-ozellikleri-nelerdir-ve-nerelerde-kullanilir/>
Web adresinden 15 haziran 2015 tarihinde edinilmiştir.
38. Fathi Habashi, “Handbook of Extractive Metallurgy”, Volume II, WILEY-VCH, Germany, 1997
39. www.inchem.org Web adresinden 29 Mayıs 2015 tarihinde edinilmiştir.
40. Bingham, E. Cohrssen, B. Powell, C.H., “Patty's Toxicology (5th Edition) Toxicological Issues Related to Metals: Neurotoxicology and Radiation Metals and Metal Compounds”, Vol II, ISBN: 0-471-31943-0, John Wiley & Sons, 2001
41. www.healthy.net Web adresinden 1 Haziran 2015 tarihinde edinilmiştir.
42. World Health Organization, 1996 “Trace Elements in Human Nutrition and Health”, , Geneva,
43. ATSDR, “Toxicological Profile for Selenium”, Eylül 2003
44. Yıldız G. ve ark. 2003. Besi sığırı rasyonlarına katılan organik selenyum ve mikotoksin bağalyıcının besi performansı ile bazı rumen parametreleri üzerine etkisi ve ekonomik yönden değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi Sayı 50 sayfa 147
45. Köleli, N ve Kantar, Ç., 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu. Ekoloji Dergisi, 14(55).

46. Yarsan, E., Bilgili, A ve Türel, İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicky) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 24:93- 96.
47. Katalay, S ve Parlak, H., 2002. Su Kirliliğinin, *Gobius niger* Linn., 1758 (Pisces: Gobiidae)'in Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 19(1-2):115-121.
48. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M ve Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.
49. Klaasen, C., D., Liu, J. and Choudhuri, S. 1999. Metallothionein: An Intracellular Protein To Protect Against Cadmium Toxicity, *A. Rev Toxicol.*, 39:267-294.
50. (Kahvecioğlu ve ark., 2007).
51. Kalay, M. ve Erdem, C. 1995. Bakırın *Tilapia nilotica* (L.)'da Karaciğer, Böbrek, Solungaç, Kas, Beyin ve Kan Dokularındaki Birikimi ile Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *Tr. J. of Zoology*. 19(1), 27-33.
52. Köksal, O. 2001. *Gıda ve Beslenme*, Erciyes Üniversitesi Matbaası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 130, Kayseri.
53. Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Düzenli, S., Güney, K. ve Kurt, K., 2004. *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*, Palme Yayıncılık, S:181-186, Ankara.
54. Anderson, M., B., Preslan, J. E., Jolibos, L., Bollinger, J. E. and George, W. J., 1997. Bioaccumulation Of Lead Nitrate In Red Swamp Crayfish (*Procambarus Clarkii*), *Journal Of Hazardous Materials*, 54: 15-29.
55. Phipps, A, D. 1976. *Metals and Metabolism*, Oxford Chemistry Series, Clarendon Pres, 134s. Oxford
56. Baykut, F. 1979. *Modern Genel Anorganik Kimya*, İstanbul Üniv. Yayınları, No: 2653, 522s. İstanbul.
57. Roels, H, A., Ghyselen, P., Buchet, J, P., Ceulemans, E. and Lauwerys, R, R. 1992. Assessment of the Permissible Exposure Level to Manganese in Workers Exposed to Manganese Dioxide Dust, *Br. J. Industr., Ned.* 49, 25-34.

58. Tuncay, Y. 2007. Kovada Gölü'nde Yasayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
59. <http://www.delinetciler.net/forum/vitaminler-mineraller/74263-fazla-demirin-insan-sagligina-zararlari.html> Web sitesinden 18.05.2015 tarihinde edinilmiştir.
60. <http://tr.scribd.com/doc/52644790/Metallerin-evresel-Etkileri-I>. Web sitesinden 05.05.2015 Tarihinde edinilmiştir.
61. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf Web sitesinden 11.05.2015 Tarihinde edinilmiştir.
62. Rainbow, P., S. 1997.Trace Metal Accumulation In Marine Invertebrates: Marine Biology Or Marine Chemistry, *J Mar Biol Ass*, 77: 195-210. U.K.
63. Roels, H, A., Ghyselen, P., Buchet, J, P., Ceulemans, E. and Lauwerys, R, R. 1992. Assessment of the Permissible Exposure Level to Manganese in Workers Exposed to Manganese Dioxide Dust, *Br. J. Industr., Ned.* 49, 25-34.
64. Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y. and Ateş, A. 2008. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry* doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.071.
65. Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbasoğlu, Ç. and Yılmaz, Y., Z. 2008. Heavy Metal Pollution in Surface Sediment and Mussel Samples in the Gulf of Gemlik.
66. Ozbay., O, Goksu., Alp., M.T Sungur., M.T 2013 Berdan Çayı (Tarsus - Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması *Ekoloji* 22, 86, 68-74
67. Davutoğlu.,O İ Yılmaz.,T Seckin.,G ve Yüceer.,A 2007 Aşağı Seyhan nehri sedimentlerinde ağır metallerin mevsimsel dağılımı *Ç.Ü., Çevre Mühendisli i Bölümü, fak,dergisi cilt22 sayı1*

68. Kaptan.,H Tekin-Özan.,S 2014, Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi SDU Journal of Science (E-Journal), 9 (2): 44-60
69. Dundar, M. S., & Altundag, H. (2007). investigation of heavy metal contaminants in the lower Sakarya river water and its sediments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128(1–3), 177–181.
- 70 Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., and Minareci, E., (2008). Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the Demirköprü Dam Lake(Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 2(3): 99–104.
71. Pote, J., Haller, L., Loizeau, J.L., Bravo, A.G., Sastre, V., and Wildi, W., (2008). Effects of a sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Bioresource Technol.*, 99: 7122–7131.
72. Mendil., D. Ünal.,Ö.F Tüzen.,M Soylak.,M (2010) Determination of trace metals indifferent fish species and sediments from the River Yeşilırmak in Tokat, Turkey *Food Chem. Toxicol.* 48 1383–1392.
73. Varol.M 2011 Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials* 195 355– 364
74. Long,E.R., MacDonald,D.D., Smith,S.L., Calder,F.D. 1995. Incidence of Adverse Biological Effects Within ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Env. Management.* 19 (1):81-97

ÖZGEÇMİŞ

1979 Yılında Adıyaman Merkeze bağlı Kınık köyünde doğdu. İlköğrenimini Kınık köyü İlkokulunda tamamladı. Ortaokul öğrenimini Adıyaman Mehmet Akif Ersoy ortaokulunda lise öğrenimini ise Adıyaman lisesinde tamamladı. 2008 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Keban M.Y. O Çevre Koruma bölümü 2010 yılında mezun oldu. Aynı yıl DGS Sınavı ile Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden Temmuz 2013'te mezun oldu. Aynı yıl girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.