

153738

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA ANA TAHLİYE KANALINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ICP-AES TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

Süheyla YILDIZ
Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Konya, 2004

**T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONYA ANA TAHLİYE KANALINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ICP-AES TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ**

Süheyla YILDIZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Konya, 2004

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA ANA TAHLİYE KANALINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ICP-AES TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

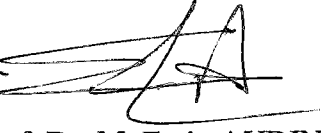
Süheyla YILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 27/02/2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Kemal GÜR
(Üye)



Prof. Dr. M. Emin AYDIN
(Danışman)



Prof. Dr. Erol PEHLİVAN
(Üye)

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****KONYA ANA TAHLİYE KANALINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ICP-AES TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ**

Süheyla YILDIZ

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN
2004, 57 Sayfa

Jüri:

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN
Prof. Dr. Kemal GÜR
Prof. Dr. Erol PEHLİVAN

Bu çalışmada, Konya Ana Tahliye Kanalı ağır metal kirliliğini tespit etmek için ilk önce, numune alınacak üç farklı istasyon tespit edilmiştir. Bu istasyonlar; 1 nolu pompa, 2 nolu pompa ve Gölyazı Köprüsü Tuz Gölü Girişi olarak belirlenmiştir. Bu istasyonlardan belirli zaman aralıklarında su ve sediment numuneleri alınmıştır. Bunun yanısıra ağır metal kirliliğini tespit etmek için Tuz Gölü'nden de su ve tuz numuneleri alınarak analiz edilmiştir.

Sediment numunelerindeki toplam ağır metal miktarını belirlemek amacıyla, numunelerin parçalanmasında, HNO₃, HCl ve HF karışımı ve mikrodalga tekniği kullanılmıştır. Atıksu, tuz ve sediment numunelerindeki toplam ağır metal oranları ICP-AES cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, ICP-AES, Mikrodalga, Sediment

ABSTRACT**MASTER THESIS****INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN KONYA MAIN
DISCHARGE CHANNEL WITH ICP-AES TECHNIQUE**

Süheyla YILDIZ

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

2004, page:57

Jury:

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

Prof. Dr. Kemal GÜR

Prof. Dr. Erol PEHLİVAN

In this study, for evaluating the ratio of heavy metal contamination in Konya Main Discharge Channel, three different stations have been established, firstly. The stations are first channel pump, second channel pump and Gölyazı Bridge in Tuz Lake entrance. At periodic time (monthly) water and sediment samples have been taken from these stations. Besides, evaluating the heavy metals, water and salt samples taken from Tuz Lake, have been analysed.

The determination of total heavy metal contents in sediment samples, in sample digestion, HNO₃, HCl, HF mixture and microwave digestion technique was used. Heavy metal content of wastewater, sediment and salt samples were measured by ICP-AES instrument.

Key words: Heavy metal, ICP-AES, Microwave digestion, Sediment

ÖN SÖZ

Yüksek Lisans Tez çalışmam boyunca bana destek olan, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekanlığına, Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı değerli hocam Prof. Dr. Kemal GÜR'e ve Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans programı çerçevesinde yürütülen bu çalışmada, kıymetli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN'a sonsuz şükranlarımı ve en derin saygılarımı sunarım.

Tez kapsamında yapmış olduğum çalışmada bilgisini esirgemeyen DSİ. IV. Bölge Müdürlüğü Çevre Yüksek Mühendisi Metin PEKTAŞ'a ve çalışmalarım sırasında araziye ulaşmamı sağlayan DSİ. IV. Bölge Müdürlüğü laboratuvar görevlilerine teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım esnasında büyük yardımlarını gördüğüm Ziraat Fakültesi Laborantı Ali KAHRAMAN'a ve Ziraat Yüksek Mühendisi Emine ATALAY'a teşekkür ederim.

Ayrıca bütün tahsil yaşamım boyunca, maddi ve manevi yardımlarıyla bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------------|
| ÖZET | I |
| ABSTRACT..... | II |
| ÖN SÖZ | III |
| İÇİNDEKİLER | IV |
| ÇİZELGELER LİSTESİ..... | VI |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | VII |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1.Ağır Metaller..... | 2 |
| 1.1.1. Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Spektroskopi Teknikleri..... | 2 |
| 1.1.1.1. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi..... | 2 |
| 1.1.1.2. İndüksiyonla Birleştirilmiş Plazma..... | 2 |
| 1.1.1.2.1. ICP-AES..... | 3 |
| 1.1.2. Ağır Metal İçeren Atıksular..... | 4 |
| 1.1.2.1. Selenyum..... | 5 |
| 1.1.2.2. Bor..... | 5 |
| 1.1.2.3. Krom..... | 5 |
| 1.1.2.4. Kurşun..... | 6 |
| 1.1.2.5. Bakır..... | 8 |
| 1.1.2.6. Nikel..... | 9 |
| 1.1.2.7. Demir..... | 10 |
| 1.1.2.8. Lityum..... | 11 |
| 1.1.2.9. Kobalt..... | 12 |
| 1.1.2.10Arsenik..... | 12 |
| 1.1.2.11. Çinko..... | 13 |
| 1.1.2.12. Baryum..... | 15 |
| 1.1.2.13. Kadmiyum..... | 15 |
| 1.1.2.14. Vanadyum | 16 |
| 1.1.3. Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtım Yöntemleri..... | 16 |
| 1.1.3.1. Adsorbsiyon | 16 |
| 1.1.3.2. İyon Değişirme..... | 17 |
| 1.1.3.3. İndirgeme Çökeltme Yöntemi | 17 |
| 1.1.3.4. Yükseltme Çökeltme Yöntemi | 17 |
| 1.1.3.5. Nötralizasyon Çökeltme Yöntemi | 18 |
| 1.1.4. Atıksulardan Numune Alma ve Hazırlama Yöntemleri..... | 18 |
| 1.1.5. Ağır Metallerin Toksik Etkileri..... | 19 |
| 1.1.6. Ağır Metal İçeren Sular İçin Kalite Kriterleri | 20 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ..... | 23 |
| 3.MATERYAL METOT..... | 28 |
| 3.1. Kullanılan Kimyasallar..... | 28 |
| 3.2. Kullanılan Aletler..... | 28 |
| 3.3. Numunelerin Hazırlanması..... | 29 |
| 3.4.Ağır Metal Analizleri İçin Numune Alınan Noktalar..... | 30 |
| 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA..... | 36 |
| 4.1. Atıksu Numunesi Analiz Sonuçları..... | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2. Sediment Numunesi Analiz Sonuçları..... | 43 |
| 4.3. Tuz Numunesi Analiz Sonuçları..... | 51 |
| 5.KAYNAKLAR..... | 54 |
| EKLER..... | 58 |



ÇİZELGELER LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Çizelge 1.1: Tayini Yapılan Ağır Metal İyonlarının İnsan Sağlığına Olan Etkileri... | 19 |
| Çizelge 1.2: TSE, WHO ve ABD Çevre Koruma Ajansına Göre Toksik Maddelerin Sınır Değerleri..... | 20 |
| Çizelge 1.3: Suların Genel Sınıflaması ve Kalite Parametreleri..... | 21 |
| Çizelge 1.4: Alıcı Ortama Deşarj Edilen Atıksuda İzin Verilebilir Maksimum Ağır Metal Limitleri..... | 21 |
| Çizelge 1.5: Ağır Metallerin Toprakta Bulunan Tolere Edilebilir Miktarları..... | 22. |
| Çizelge 1.6:Günlük Besinlerle Vücuda Kabul Edilebilir Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 22 |
| Çizelge 3.1: Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Dalga Boyları..... | 28 |
| Çizelge 4.1.1 Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Aralık, 2002..... | 37 |
| Çizelge 4.1.2:Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Mart, 2003..... | 38 |
| Çizelge 4.1.3: Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Nisan, 2003..... | 38 |
| Çizelge 4.1.4.:Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Mayıs, 2003..... | 39 |
| Çizelge 4.1.5: Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Haziran, 2003..... | 40 |
| Çizelge 4.1.6: Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Ağustos, 2003..... | 41 |
| Çizelge 4.1.7: Analiz Sonuçlarının Standart Sapma Değerleri..... | 42 |
| Çizelge 4.2.1.1: HNO ₃ , HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Aralık, 2002..... | 43 |
| Çizelge 4.2.1.2: HNO ₃ , HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mart, 2003..... | 44 |
| Çizelge 4.2.1.3:HNO ₃ , HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Nisan, 2003..... | 44 |
| Çizelge 4.2.1.4: HNO ₃ ,HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mayıs, 2003..... | 45 |
| Çizelge 4.2.1.5: HNO ₃ , HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Haziran, 2003..... | 46 |
| Çizelge 4.2.1.6: HNO ₃ , HCL, HF İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Ağustos, 2003..... | 47 |
| Çizelge 4.2.2.1: HNO ₃ , HCL İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Nisan, 2003..... | 48 |
| Çizelge 4.2.2.2: HNO ₃ , HCL İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mayıs, 2003..... | 49 |
| Çizelge 4.2.2.3: HNO ₃ , HCL İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Haziran, 2003..... | 49 |
| Çizelge 4.2.2.4: HNO ₃ , HCL İçeren Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Ağustos, 2003..... | 50 |
| Çizelge 4.2.2.5: Tuz Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/gün), 2003..... | 51 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1: ICP'nin Temel Bileşenleri..... | 3 |
| Şekil 3.1: KOATK P2 Pompa İstasyonu..... | 31 |
| Şekil 3.2: KOATK Gölyazı Beldesinden Görünüş..... | 32 |
| Şekil 3.3: KOATK P3 Pompa Çıkışı - Tutup Tüneli Arası..... | 32 |
| Şekil 3.4: KOATK P3 Pompa İstasyonu..... | 33 |
| Şekil 3.5: Tuz Gölü Yavşan Tuzlasında Bir Tuz İşletme Havuzunun Görünüşü..... | 34 |
| Şekil 3.6: KOATK Tuz Gölü Deşarj Öncesi Sağ Sahil Alanı..... | 35 |
| Şekil 3.7: KOATK Tuz Gölü Deşarjı Öncesi..... | 35 |
| Şekil 4.1: Tuz Numunesi İçindeki Ağır Metal Miktarlarının Grafikselle İfadesi..... | 51 |



1.GİRİŞ

Canlılar için yaşamsal bir değere sahip olan su, bu özelliğinden dolayı geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Oldukça fazla miktarlara ulaşan kullanılmış suların uygun bir biçimde uzaklaştırılması çevre kirliliğinin önlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Su içerisinde mevcut olan her türlü madde belirli bir konsantrasyonu aştığı zaman sağlık için zararlıdır. Eser miktarlarda olması halinde bile toksik olabilen maddeler arasında Cr, Cu, Cd, Co, Ni, Pb, As, Zn, Mn, Se, Ag gibi başlıca ağır metaller sayılabilir.

Ağır metalleri içeren atıksular genellikle endüstrilerden kaynaklanmakta, ya bir ön arıtmadan sonra veya hiç arıtılmadan kanalizasyon sistemine deşarj edilmektedir.

Modern teknoloji ağır metallerin kullanımına, geçmiştekinden daha fazla gereksinim duymaktadır. Maden tasfiyeleri, fosil maddelerin yakılması ve diğer endüstriyel atıklarla bu elementlerin tonlarcası atmosfere ve sulara karışmaktadır.

Ağır metalleri ihtiva eden kullanılmış suların doğrudan alıcı ortamlara verilmesi, bu ortamdaki canlı hayatını tehlikeye sokar. Kitle halindeki balık ölümleri çoğu zaman zehirli maddelerin su yataklarına verilmesi neticesinde ortaya çıkmaktadır. Had safhadaki zehirlenmeler, zehirleyici tesiri yüksek olan maddelerin düşük konsantrasyonlarında veya zehirleyici tesiri düşük olan maddelerin yüksek konsantrasyonlarında meydana gelebilir. Su ortamındaki zehirlenme olaylarının fark edilmesi için bazen haftalar hatta aylar geçmesi gerekebilir.

Gerek ekosistem değerlerinin korunması ve gerek insan sağlığının korunması bakımından hava, su, toprak gibi alıcı ortamların kirlenmeye karşı korunması için neler yapılması gerektiği günümüz toplumlarının çevreye duyarlı gruplarınca ciddi bir şekilde araştırılmaktadır.

1.1. AĞIR METALLER

1.1.1. Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Spektroskopi Teknikleri

1.1.1.1. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi

AAS, elementlerin temel durumunda gaz halindeki atomların, üzerlerine gönderilen ışını absorblaması ilkesine dayanır. Işını absorblayan atomlar temel enerji düzeyinden daha üst enerji düzeyine çıkarlar. Absorbsiyon miktarı temel haldeki serbest atom sayısına bağlı olarak değişmektedir. AAS tekniğinde, incelenen elementin konsantrasyonu, atomların üzerine gönderilen ışın şiddeti ile atomlar tarafından absorblanan ışın şiddetinin mukayese edilmesiyle tespit edilir. (Tor, 2001)

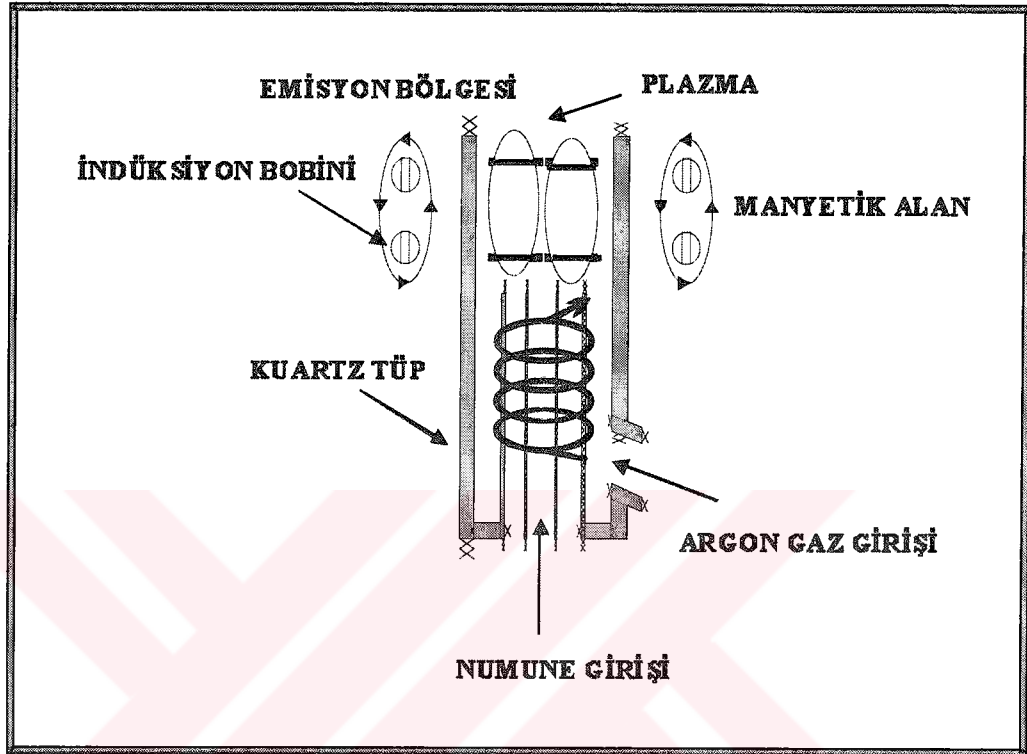
1.1.1.2. İndüksiyonla Birleştirilmiş Plazma (ICP)

ICP, numunedeki elementlerin atomlaştırılıp uyarıldığı, manyetik alanla desteklenmiş, 7000-8000 K gibi yüksek sıcaklıktaki plazma tekniğidir. Plazma gaz halindeki iyon akımı olarak adlandırılmaktadır. ICP tekniğinde, plazma argon gazının hem inert olması hem de kolay iyonlaşabilmesinden dolayı, radyofrekans jeneratörü tarafından oluşturulan manyetik alanla etkileştirilmesiyle oluşturulur.

Numune çözeltisi nebulizer yardımıyla, plazma destek gazıyla birlikte kuartz tüpe getirilir. Kuartz tüpün içerisinde hem numunenin plazmaya gelmesini sağlayan akış bölgesi hem de kuartz tüpün soğumasını sağlayan akış bölgesi bulunmaktadır. Tüpün dış kısmına indüksiyon bobinleri sarılarak, bobin uçları 27 MHz-40 MHz'lik bir radyofrekans jeneratörüne bağlanır. Radyofrekans jeneratöründen gelen ve bobin içerisinden geçen akım sayesinde, kuartz tüpün uç kısmında bir manyetik alan oluşturulur. Buna ilave olarak, kuartz tüpün etrafında bulunan Tesla bobinleri sayesinde plazma oluşumunu sağlayacak olan ilk elektronlar oluşturulur.

Oluşturulan bu elektronlar, tüpün ucundaki manyetik alanda hızlanarak argon gazı atomları ile çarpışırlar. Bu çarpışma sayesinde çok fazla sayıda argon iyonları ve elektronlar elde edilir. Bu işlemlerin sürekli olarak tekrarlanmasıyla, 6000-10000 K arasında değişen sıcaklığa sahip plazma elde edilmiş olur. Kuartz tüpün alt tarafından getirilen numune plazmaya girerek, atomlaşır ve uyarılma gerçekleştirilir. Elde edil

numune nötraldir ve sadece Ar gazının iyonlarını, elektronlarını ve uyarılmaya hazır hale getirilmiş numune atomlarını ihtiva eder. Şekil 1.1.'de ICP'nin temel bileşenleri verilmektedir.



Şekil 1.1. ICP'nin Temel Bileşenleri

1.1.1.2.1. ICP- ATOMİK EMİSYON SPEKTROSKOPİSİ (ICP-AES)

ICP-AES atomların uyarılması için, indüksiyonla birleştirilmiş plazmanın kullanıldığı atomik emisyon spektroskopisi tekniğidir. ICP-AES tekniğinin, yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, numune elementlerin plazma içerisindeki alıkonma süresinin uzun olması, atomlaştırma ve uyarma işlemlerinin inert bir ortamda yapılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı, diğer atomik emisyon tekniklerine nazaran daha üstün olduğu düşünülmektedir.

Çok kararlı bileşikler bile, plazma içerisinde elde edilen yüksek sıcaklık sayesinde atomlarına ayrıştırabilmektedir. Bunun yanında, alevli atomik spektroskopi tekniklerinde toprak alkali elementlerin, nadir toprak elementlerinin, bor, silisyum

gibi oksijenin varlığından dolayı bozunmayan oksit türü bileşik oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşük çıkarken, plazmanın kullanıldığı ICP-AES tekniğinde bu elementlerin atomlaştırılmasında böyle bir sorun yok denecek kadar azdır.

Genel olarak bir ICP-AES cihazı, numunenin cihaza verildiği nebulizer, plazmanın oluştuğu Torch (meşale) ve dedektör sistemlerinden oluşmaktadır.

1.1.2. Ağır Metal İçeren Atıksular

Ağır metalleri içeren atıksular genellikle endüstrilerden kaynaklanmakta ve bu atıklar ya bir ön arıtım sonrası veya hiç arıtım gerçekleşmeden kanalizasyon sistemlerine deşarj edilmektedirler. Bu kirleticiler belirli düzeylerden sonra normal ortamda yaşayan ekosistem bireylerinin yaşamsal aktivitelerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadırlar.

Su kirlenmesinde önemli bir yer tutan ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında esas olarak madencilik endüstrisi yer almaktadır. Örneğin cevherlerden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez geçirdikleri işlemlere bağlı olarak aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelmektedir. Ağır metal içeren atık sular genel olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI) değeri düşük, asidik suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için çok zehirli ve inorganik karakterli sulardır. Kirliliği oluşturan; krom, kurşun, bakır, demir, çinko, arsenik, civa, kadmiyum gibi ağır metal iyonlarıdır. Özellikle metal kaplama ve demir çelik endüstrilerinden gelen atık sular içindeki ağır metallerden kadmiyum, civa, kurşun ve krom besin zinciri ile girdikleri canlı bünyelerinden atılmadıkları için, canlılarda fizyolojik birikime neden olurlar. Bünyede belirli sınır konsantrasyonlarının aşılması halinde ise canlıda toksik etkiler söz konusu olur. Bu birikim sonucunda sularda yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilir ve hatta bu tür su ürünleriyle beslenen insanlarda olumsuz etkilere uğramaları söz konusudur. (Kalender, 1993)

Söz konusu ağır metallerden Cr(VI), özellikle metal kaplama ve deri tabaklama tesislerinden kaynaklanmaktadır. Genel olarak, bu metalin aktif çamur prosesine olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. (Barth, 1995)

Kullanılmış suların hiçbir muameleye tabi tutulmadan doğrudan doğruya alıcı ortama verilmesi insan sağlığını ilgilendiren problemlere sebep olduğu gibi yüzeysel sulardan istifade etmeyi gittikçe imkansız hale getirmektedir. (B.Belediyesi, 2001)

1.1.2.1. Selenyum

Selenyumun temel kullanım alanı, elektronik ve elektrik endüstrisidir. Ayrıca boya ve kozmetik sanayiinde de kullanılmaktadır.

Yetişkin bir insan yaklaşık 0,29 mg/kg selenyum içermektedir. En yüksek selenyum konsantrasyonuna böbrek ve karaciğerlerde rastlanmıştır.

Toprakta aşırı miktarda selenyum bitkide büyüme yavaşlaması ve sararmaya yol açmaktadır. Özellikle selenyum düzeyi fazla olan bölgelerde yetişen bitkilerle beslenen hayvanlarda selenyum zehirlenmesine yaygın olarak rastlanmaktadır.

1.1.2.2. Bor

Doğada elemental halde bulunmaz. Toprakların bor ile kirlenmesinde temel etken, bor içeriği yüksek olan sulardır. Yüksek bor konsantrasyonuna sahip suların tarım arazilerinin sulanmasında kullanılması, toprakların çok kısa zamanda kirlenmesine yol açmaktadır. Bitkilerde bor zehirlenmesinin belirtisi, yaprak uçlarının sararması ile başlamakta ve nekroz ile gelişmektedir. (Brohi R., 1998)

1.1.2.3. Krom

Krom teknikte oldukça fazla kullanılan bir maddedir. Krom endüstride; kimya ve boya endüstrisinde, deri imalatında, cam endüstrisinde, tekstil boyacılığında, fotoğraf sanayiinde, paslanmaya dayanıklı alaşımların imalinde ve küçük miktarlarda da olsa vernik ve mürekkep üretiminde kullanılmaktadır.

Krom, insan vücudunda hemen hemen tüm dokularda yer almaktadır. İnsanların günlük besinlerle alması kabul edilebilir krom düzeyi 50-200µg/gün civarındadır. (Food and Nut., 1989)

Kromun en bilinen ve krom eldesinde kullanılan minerali kromittir (Fe.Cr₂O₃). Kromun diğer oksitleri krom (VI) oksit, CrO₃, kromperoksit, CrO₅'tir.

Krom çoğu biyolojik meteryalde proteinlerde, nükleik asitlerde ve çok çeşitli düşük molekül tartılı ligandlarda (+3) şeklinde bulunur. (+6) değerlikli şekli oksidasyon potansiyeli ve biyolojik membranlardan kolaylıkla geçebilmesi nedenleri ile (+3) değerlikli şeklinden daha zehirlidir. (Göde, 2002)

En bilinen krom bileşikleri:

1-Alkali kromat ve bikromatlar

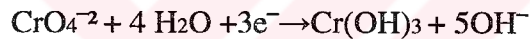
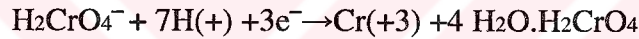
(NaCrO₄; Na₂Cr₂O₅ . 2H₂O; K₂Cr₂O₇)

2-Çeşitli baziklikteki krom sülfatlar

(Cr₂(SO₄)₃. xH₂O)

3-Kromik asit anhidrittir. (CrO₃)

Kromun (+6) değerlikli iyonlarının (+3) değerlikli iyonlarına dönüştürülmesi pH 3'ün altında ve sodyum bisülfid gibi indirgeyiciler ile gerçekleştirilebilir. Ortama H⁺ iyonunun eklenmesiyle;



Cr(III) ve Cr(VI) arasında pH ve redoks potansiyeli kesin olarak rol oynamaktadır.

Akıntılardaki mevcut olan krom türlerinin tipi ve sayısı endüstriyel işlemlerde kullanılan Cr'un yapısına bağlıdır. Oksijenlenmiş sulu çözeltilerde Cr(III), pH ≤ 6'da kararlıdır. PH ≥ 7'de ise CrO₄²⁻ iyonları baskın olmaktadır. Aradaki pH değerlerinde ise Cr(III) ve Cr (VI) oksijen konsantrasyonlarına dayanmaktadır (Brohi R., 1998)

1.1.2.4. Kurşun

Kurşun en fazla otomobil endüstrisinde, pil üretiminde, benzin katkı maddeleri üretiminde, petrol endüstrisi atıksularında bulunur. Kurşun kullanan veya üreten işletmelerde kurşun kirliliğine katkıda bulunur. Kurşun ve bileşikleri genellikle, benzin katkı maddesi alkil kurşunların, akümülatörlerin üretiminde, pigmentlerin, su borularının alaşımlarının ve insektisitlerin üretiminde, tekstilde kullanılmaktadır. (Baykut ve ark.1987, Henden, 1998)

Çok azda olsa, tarımda kullanılan pestisitlerin içerdiği kurşun, çevrede kurşun yükünün oluşmasına sebep olur. En çok pillerde kullanılmasına rağmen, bu tip kurşun uygulamaları çevredeki kurşun dağılımlarında az bir kısmı oluşturur. Özellikle benzin katkı malzemeleri başlıca kaynağı oluşturur.

İnsanların hava, besin maddeleri ve içme suyu ile günlük kurşun alımlarının 0.3-0.6 mg olduğu tahmin edilmektedir. Ağız yoluyla sürekli olarak alınan 10mg'lık kurşun düzeyinin belirli bir süre sonra zehirlenmeye yol açtığı tespit edilmiştir.

Özellikle solunum yoluyla çok az miktarlarda dahi akciğerlere giren kurşunun, kısa bir süre sonra zehir etkisi yaptığı bilinmektedir. Kurşunun yol açtığı etkilerden önemli olanları kurşun felci, duyu organlarındaki sakatlıklar, sindirim sistemi bozukluklarıdır. İnsanlarda aşırı kurşun birikimi gençlerde beyinsel bozukluklara ve aşırı hırçınlığa yol açmaktadır. Bitkilerdeki kurşun miktarları ve bitkilerin kurşun alımı insan sağlığı açısından doğrudan bir öneme sahiptir. Bazı bitkiler için kurşun toksisite düzeyi oldukça yüksektir. Bu tür bitkiler sağlıklı göründükleri ve zehirlenme belirtileri göstermedikleri için insanlar tarafından tüketildikleri zaman tehlikeli olabilmektedir. İnorganik kurşun genel olarak bitkilerin dış cephelerinde kaldığından yıkanma ile büyük ölçüde temizlenir. İnorganik kurşun tohum ve köklerde aşırı birikim yapmaz. Oysa organik kurşun bitkiler tarafından hızla alınır. (Brohi R.,1998)

Topraktaki kurşun kimyası fazla bilinmemektedir. Benzin yanması ana kaynaklarından. Kurşun tek değerlikli kation formundayken topraktaki hareketi yavaştır. Topraklara toz ve yağışlar ile ilave olan kurşun miktarı 0.18-4.80mg/m²gün düzeyine kadar ulaşabilmektedir.

Kurşun atıksularda genellikle kimyasal çöktürme ile karbonatlar veya hidroksitler formunda çöktürülür. Kurşun karbonat çözeltisi kurşun hidroksite oranla daha kristalimsi bir yapıda oluşur. Ayrıca susuzlaştırılma işlemleri daha verimli olduğundan tercih edilir.

Kurşun aynı zamanda soda külleri kullanılarak karbonat formunda da verimli olarak giderilir. Arıtım sonucu kurşun çıkış konsantrasyonları pH 9-9.5 da 0,01-0,03 mg/l kadardır. pH 11.5'da kireç ile çöktürmede 0,09-0,2mg/l çıkış konsantrasyonları sağlanır. Son adım olarak filtrasyon işlemi gerçekleştirilirse daha iyi sonuçlar

alınabilmektedir. İyon değişimi ile organik ve inorganik kurşun giderimi verimli olarak sağlanabilmektedir.

1.1.2.5. Bakır

Bakırın birincil kaynakları metal ve madeni kaplama endüstrileridir. Bakır aynı zamanda bakır tuzları ve bakır katalizleri kullanan kimyasal üretim proseslerinin atıksularında da mevcuttur. Vernikleme, tel ve pirinçten yapılmış eşyalar bakırın esas kullanım alanlarıdır. Pek çok su sistemi araçları bakırdan oluşur.

Topraklarda bakır konsantrasyonu 5-100ppm arasında bulunmaktadır. Doğal olarak toprakta bulunan toplam bakırın miktarı, toprak ana maddesinin bakır içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Mineral ayrışmanın şiddeti ve gelişen bitkilerin etkisi nedeniyle bakır konsantrasyonu toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha yüksektir.

Bakır toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlandığından oldukça hareketsizdir. Bu nedenle çoğu toprakların Cu içeriği alt profile doğru azalma göstermektedir.

Çok çeşitli kullanım alanları olan bakır çevreye endüstri tozları, fungusitler ve atıksular ile bırakılmaktadır. Özellikle $CuSO_4$, tarımsal amaçlı olarak yaygın miktarlarda kullanılmaktadır. Yine $CuSO_4$ kümes hayvanlarının beslenmesinde de katkı maddesi olarak kullanılır. (Brohi R., 1998)

Bakır atıksulardan çöktürme, elektrodializ, buharlaştırma, iyon değişimi proseslerinde dahil olduğu geri kazanım ile giderilir. Geri kazanılan bakır metalinin oranı geri kazanım prosesinin değerini ifade eder. İyon değişimi ve aktif karbon prosesleri 200mg/l'den daha düşük konsantrasyonlarda bakır içeren atıksuların arıtımı için oldukça uygun bir yöntemdir. Genellikle atıksudaki bakır konsantrasyonlarına bağlı olarak; 1-1000mg/l giriş seviyeleri için çöktürme, 1000mg/l'den daha büyük bakır konsantrasyonları için ise elektrolitik geri kazanım prosesleri uygulanır. $Cu(+2)$ pH 9 ve 10,3'de 0,001mg/l'lik minimum çözünürlüğe sahiptir. Bakır siyanür aktif karbonla verimli olarak giderilmektedir. Kompleks halinde bakır içeren atıksular için demir sülfat ($FeSO_4$) ilavesi ile ön giderim gerekmektedir. Bu proses bazen zor olmaktadır. Çünkü bakır kompleksini bozmak

için iki ayrı adımda pH ayarlaması gerekmektedir. Bakır uzaklaştırılmasında genellikle teorik ile uygulama arasında verim bakımından değişimler gözlenebilir. Çünkü kolloid çökeltiler eksik olarak ayrılabilir, düşük reaksiyon hızları, pH'daki değişimler ve atıksudaki diğer iyonların varlığı sözkonusu olabilir. İyon değişimi özellikle seyreltik atıksularda çok yüksek seviyelerde bakır giderimi için oldukça uygun olan bir yöntemdir.

İnsanlarda kronik bakır zehirlenmesi ender rastlanan bir durumdur. Cu zehirlenmesi sonucu karaciğerlerde leke oluşumu ve siroz, sinir sistemlerinde bozukluk, böbrek fonksiyonlarında zayıflama ve gerekli tedaviler yapılmadığı takdirde ölümlerle sonuçlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. (Derrell, 1991)

Bakır özellikle küçük canlılar için yüksek derecede zehirlidir. Bakır özellikle balıklar için kuvvetli bir zehirdir. Alabalıklar için toksite sınırı 0.14mgCu/l'dir. Sert sularda zehir etkisi daha azdır. Suda bulunan diğer tuzlar zehir etkisini azaltır.

1.1.2.6. Nikel

Nikel özellikle, metal proses endüstrileri, çelik dökümhaneleri, motorlu taşıt ve uçak endüstrileri, boya pigmentlerinde, kozmetikte, makine parçaları, batarya ve elektriksel kontakların üretiminde kullanılır.

Toprakta bulunan nikelin toplam tolere edilebilir miktarı 100mg/kg civarındadır. Normal koşullarda bitkilerin Ni kapsamı kuru madde üzerinden 1 ppm'i geçmemektedir. Ni, bitkilerde şiddetli bir şekilde zehir etkisi yapar. Nikelin özellikle çinkodan 8 kat daha fazla zehirli olduğu bildirilmektedir.

Nikel zehirlenmesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler oluşmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır. (Brohi R.,1998)

Siyanür gibi kompleks yapan ajanların varlığında nikel iyonları çözünebilir kompleks formlardadır. Atıksuya kireç eklenmesiyle nikel pH 10-11'de 0.12mg/l minimum çözünürlükte olup çözünmez nikel hidroksitlerini teşkil eder. Nikel aynı zamanda geri kazanım proseslerinde karbonat yada sülfat olarak çöktürülür. Pratikte sedimantasyon ve filtrasyondan sonra 0.15mg/l'lik çıkış nikel seviyeleri sağlamak

için pH 11,5'da kireç ilavesi uygundur. Nikelin önemli konsantrasyonlarda geri kazanımı için iyon değişimi yada buharlaştırma prosesleri kullanılmaktadır. Diğer taraftan nikel gideriminde ters osmoz yönteminin kullanımı nötrale yakın arıtım şartlarında giderek artmaktadır.

Özellikle ağız yoluyla alınan nikel bileşikleri insanlara zehir etkisi yapmaktadır. Nikel bağırsaklarda az miktarlarda olmak üzere emilir ve vücuda yayılır. En fazla akciğer ve beyinde yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir. En büyük hayati tehlike ise, nikelin burun boşluğunda kansere yol açmasıdır. (Velicangil,1987)

Nikel içeren atıksular alıcı ortamlara karıştığında zararlılık sınırı balıklarda 1-5mg/l, balıklara yem olan küçük su canlıları için ise 3-4mg/l olmaktadır.

1.1.2.7. Demir

Demir en çok ham metal sanayii atıksularından kaynaklanır. Demir yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sulara ise yılın bazı dönemlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun olmaktadır.

Fe iyonlarının çözünerek su ortamına karışması şu yollarla gerçekleşir:

1-Oksijenden yoksun ancak CO₂'ce zengin sulara demir iyonları bulunur.

2-İyi kaliteli sular veren kuyuların çevresine organik atıklar yığıldığında, toprakta oluşan anaerobik koşullar yüzünden bu kuyu sularının birden demir iyonları bakımından yüksek kötü kaliteli sular haline dönüştüğü bilinmektedir.

3-Yeterli derinliğe sahip göllerde suyun tabakalaşması nedeniyle oluşacak anaerobik koşullar yüzünden demir alt tabakalarda bulunan suda konsantre olur. Göl tabakalaşmasının sonbahardaki alt-üst olmasını izleyen günlerde rezervuardan çekilen sular demir bakımından zengindir.

İçinde demir ihtiva eden sular hava ile temas ettiklerinde bulanık, renkli bir hal alır. Bunun nedeni Fe(+2)'nin Fe(+3)'e oksitlenmesi ve suda çözünmeyen bir kısım renkli kolloidler oluşturmasıdır. Oksitlenme yavaş olduğundan bu bulanıklık uzun süre devam eder. Bu reaksiyonlar pH 6'dan daha küçük ise daha büyük boyutlarda meydana gelir.

Demir kullanma sularında kalıcı renkleri nedeniyle sakıncalıdır. Demir suya karakteristik bir tad verir. Bu nedenle içme suyunda demir 0,3mg/l'den fazla olmamalıdır. (Şengül F., 1997)

Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'ı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit, balıkların solungaçlarını tıkararak ölmelerine sebep olur.

Yetişkin insanlarda kronik demir zehirlenmesine genellikle nadiren rastlanmaktadır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi önemli hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Akut demir zehirlenmesi genellikle yetişkinlerde ve çocuklarda direk ağız yoluyla alınmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle çocuklarda rastlanan bu tür demir zehirlenmesine yaygın olarak rastlanabilmektedir. (Bothwell vd.,1979), (Derrell, 1991)

Demir toksitesi genellikle su altında kalan çeltik topraklarında bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Birkaç haftalık su altında kalma, söz konusu topraklarda çözünebilir demir düzeyini 0.1 ppm'den 50-100 ppm'e kadar yükseltebilmektedir. Çeltikte görülen Fe toksitesi "bronzing" olarak bilinmektedir. Bu hastalıkta yapraklar giderek kahverengileşmektedir. (Brohi R., 1998)

1.1.2.8. Lityum

Lityum, oksijen ve kükürt temizleyicidir. Çelik, bakır ve bakır alaşımlarında gaz giderici olarak kullanılır. Nötron yakalama özelliğinden dolayı reaktörlerin çevresi lityum ile kaplanır.

Lityum cevheri ve konsantresi en çok cam, seramik ve porselen emayesi alanında kullanılır.

Fiber üretiminde lityum kullanıldığı zaman florun çevreye verdiği zarar azalmaktadır. Metalik lityum eczacılık, yapay kauçuk ve roket yakıtı endüstrilerinin önemli bileşenlerindedir.

Lityum bileşiklerinden lityum karbonat, alüminyum üretiminde geniş bir kullanım alanı bulur.

Lityumun insanlar üzerinde meydana getirdiği en önemli yan etkileri nörolojik yan etkiler oluşturmaktadır. Bu yan etkiler yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon gücü, entelektüel yetersizlik olarak sayılabilir. (Jefferson ve ark., 1987)

1.1.2.9. Kobalt

Kobalt çeşitli alaşımların, boyaların, verniklerin ve mürekkep üretiminde kullanılır. Kobalt insanlar ve bazı hayvanlar için özel bir elementtir. Bunun nedeni vitamin B₁₂'nin yapısına katılmasından ileri gelir.

Kobalt karaciğer, kalp ve kanada yüksek düzeylerde akümüle edilebilir. Kobalt toksikliği nadiren rastlanan bir durumdur ve hayvanların ihtiyaç duyduğu Co düzeyinin yaklaşık 3000 katı kobalt konsantrasyonunda ortaya çıkar. (NRC., 1980)

Toprakta yetiştirilen bitkilerin kuru maddesinde Co konsantrasyonu, normal olarak 0.02-0.5 ppm arasında değişmektedir. Bitki köklerinde kobalt absorpsiyonu metabolik olarak gerçekleştirilmektedir. Nodül sistemine sahip bitkiler, atmosferik azotu bağlayabilmek için Co'ya ihtiyaç duyarlar.

Yüksek konsantrasyonlarda Co, bitkilere şiddetli toksik etki yapabilir. Kobalt zehirlenmesinin bitkilerdeki etkileri, en sonunda çoğunlukla ayrılarak tümüyle ortadan kalkan klorotik ve nekrotik yaprakların oluşması şeklinde kendini göstermektedir. (Brohi R., 1998)

1.1.2.10. Arsenik

Arsenik ve bileşikleri pigmentlerin boyanması, tekstil, cam eşya ve seramik üretimi tabakalama işlemi, pestisit üretimi, bazı organik ve inorganik kimyasalların üretimi, petrol rafinerileri atıklarında bulunmaktadır. Ayrıca ev atığı deterjanlarda bir miktar arsenik kapsayabilmektedirler. Yüksek toksisiteli arsenik bileşiklerine tüm farklı pestisitler gibi fungusit, herbisit, insektisitler mükemmel bir kaynak teşkil edebilirler.

İnorganik arseniğin temel sulu formları arsenik asidik tuzu(arsenit iyonu) (AsO_2) ve arsenat(AsO_4^{3-}) şeklindedir. Çözünmüş oksijen varlığında arsenit iyonu daha az toksik form olan arsenat'a oksitlenir. Anyonun bu oksidasyonu bazı arsenik

giderim teknikleri için yüksek verim eldesinde önemli etkilere sahiptir. Arseniğin suda çözünebilir konsantrasyonu kimyasal özellik ve atıksunun pH'ına bağlıdır. Örneğin bir altın kaplama ekstraksiyon prosesi atık akımında pH 9.5'da 910mg/l partikül 10.1mg/L çözüdür arsenik mevcuttur.

Evsel ve endüstriyel atıksulardaki arsenik için arıtma prosesleri olarak halen hidroksit flokları oluşturan çok değerlikli metalik koagülantların kullanımı ile pH 6-7'de kimyasal çöktürme sözkonusudur. İstenilen çıkış seviyeleri için bazen filtrasyon gereklidir. Eğer arsenik arsenit olarak mevcut ise çöktürme işleminden önce klor yada permanganat ile arsenitin arsenata oksitlenmesi gerekebilir.

Giderim aktif karbon işlemiyle birlikte filtrasyon işleminin kullanılmasıyla da sağlanabilir. Arsenik kendisini bağlayan ve atıksudan gideren bir demirhidroksit floğu ile birleşik olarak giderilir. Bu prosesle 0.005mg/l'den daha çıkış arsenik konsantrasyonları elde edilebilmektedir.

Arsenik bileşikleri, solunum, sindirim ve daha az ölçüde de deri yoluyla alınmaktadır. Özellikle toz halinde olan arsenik zehirsiz kabul edilmektedir. Ancak toz halindeki arseniğin nemli ortamlarda arsenik trioksite dönüşmesi ile zehirli bir bileşik oluşmuş olur. Vücuda alınan arseniğin %95'inden fazlası kanda hemoglobinin proteini tarafından bağlanmakta ve birçok enzimin faaliyetini engellemektedir. Arsenik; saç, tırnak, karaciğer ve böbrekler gibi organizmanın her tarafında birikim gösterir. Arsenik bileşiklerinin ayrıca kanserojen etkide gösterdiği bilinmektedir. (Brohi R., 1998)

1.1.2.11. Çinko

Çinkonun en önemli kullanımı metal kaplamasında ve alaşımlardadır. Çinko özellikle, çelik çalışmaları, ipek ipliği, fiber üretimi ve katot arıtımı uygulayan resirkülasyon soğutma sistemleri ile metal proses atıksularında bulunur. Ayrıca çinko mürekkeplerde, karbon kağıtlarında kozmetikte, boya maddelerinde, silgi ve muşamba üretiminde de kullanılır.

Çinko atıklarının başlıca kaynağı elektrolitik kaplama banyolarıdır. Bu banyoların çoğunluğu çinko siyanür içeren bazik çözeltilerdir.

Bu banyolardan ortaya çıkan atıksuda çinko genellikle çinko siyanür $Zn(CN)_2$ ve çinko ferrosiyanür $Zn_2Fe(CN)_6$ halinde bulunur, pH genellikle 9'un üzerindedir. Çözünme ve havalandırma yolu ile yeryüzünde yılda 720 000 ton çinkonun yayıldığı hesaplanmıştır. Yüzey sularındaki çinko konsantrasyonları insan aktiviteleri ve şehirleşmeler ile bağlantılıdır. Düşen pH ve ortamın artan redoks potansiyeli sedimanlardaki çinkonun çözünerek çözeltiliye geçmesini sağlamaktadır. (Baykut ve ark., 1987 Twort ve ark., 1985)

Atıksularda çinko giderimi için uygulanacak arıtma prosesi sonuçta çamurun depolanması ile birlikte hem kimyasal çöktürme hem de geri kazanım gerektirir. Geri kazanım iyon değiştirme ve buharlaştırma ile sağlanabilir. Kaplama atıksuları için geri kazanım uygulaması klasik çöktürme ve çamur depolaması şeklinde prosese oranla daha ekonomik olabilir. Diğer tüm metallerin arıtımında olduğu gibi çinkonun çöktürülmesi alkali şartlara ulaşmak için pH ayarı ve genellikle hidroksit şeklinde çöktürmedir.

Laboratuvar verilerine göre optimum arıtım pH'ı 9-9.8 arasında değişmektedir. Kireç eklenmesi atıksularda yüksek sülfat bulunması durumlarında aynı anda kalsiyum sülfatında çökmesi bakımından dezavantajlıdır. Çıkışta 0.1mg/l'den daha az çözünebilir çinko pH 11'de sağlanmaktadır.

Çinko yoğun endüstri alanlarından bırakılan atıksular, kanalizasyon suları ve asitli yağışların çinko üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu çevrede konsantrasyonu artan ve toksik düzeylere ulaşan bir iz elementtir.

Toprakta yüksek düzeylerde çinko bulunduğu zaman çinko zehirlenmesi ortaya çıkmaktadır. Katı atıklar ve arıtma çamurları özellikle çok yüksek Zn kapsamına sahip olup, bu tür materyallerin araziye verilmesi veya depolanması halinde topraklarda çinko birikimi ve toksik belirtiler görülmektedir.

Çinko zehirlenmesi genellikle kazara alınan yüksek Zn dozlarıyla sınırlı olup, yaygın olarak görülmeyen bir durumdur. Zn fazlalığı özellikle bakırın fonksiyonunu engellemektedir. Yapılan araştırmalar 10:1 Zn/Cu konsantrasyonunun Cu kullanımını engellediğini ortaya koymuştur. (Brohi R., 1998)

Metal çinkonun erime noktasının üzerinde bir ısı ile ısıtılması sonucu ortaya çıkan çinko oksit buharlarının solunması sonucu, önemli zararlar meydana gelir.

Çinko klorür dumanları ise ancak yüksek konsantrasyonlarda öldürücü etkide bulunur. (Derrell, 1991)

Hayvanlar yüksek düzeyde Zn alımına karşı tolerans gösterebilirler. Çinko toksisitesi hayvanların cinsine göre de farklılık gösterir.

Çinko zehirlenmesi ile birlikte hayvanlarda kansızlık, iştahsızlık, beslenme bozuklukları, pankreaslarda düzensizlik ve gelişmede gerileme gibi çok sayıda önemli rahatsızlık ortaya çıkar. (Miller vd., 1991)

1.1.2.12. Baryum

Baryum et zehiridir. Mide öz suyunda erir. BaCl₂'nin 16 gr'ı 12 saatte öldürücüdür. En çok kemiklerde, beyin ve böbreklerde yoğunlaşır. Barsakların iç zarını tahriş eder ve kalbin durmasına neden olur. Zehirlenme halinde ürperme, baş dönmesi, el ve ayakta soğuma, yüz etlerinin büzülmesi, nabız yavaşlaması, hipertansiyon, görme bozukluğu, felç ve ölüm görülebilir.

1.1.2.13. Kadmiyum

Kadmiyum; metalürjik alaşımlar, seramikler, elektro kaplama, kumaş boya çalışmaları, tekstil boyama, kimyasal endüstriler, kurşun madenciliği deşarjlarında bulunmaktadır. Kadmiyumun ana kullanılan yerleri elektrolit kaplama (%45), boya, mürekkep ve plastiklerde kullanılan pigmentlerin bileşimi (%21), çoğunlukla PVC için kullanılan plastik stabilizatörler (%15), alaşımlar (%7.5), nikel kadmiyum pilleri (%3)'dir. Lastik sertleştirilmesi, fotoğrafçılık, özel ayna, fungusidler ve insektisidlerin üretimi, televizyon tüpleri, nükleer santrallerde merkezsel çubuk üretiminde yaklaşık (%8.5) oranında kadmiyum kullanım alanı bulur. (Göde, 2002)

Kadmiyum atıksularda genellikle çöktürme ve iyon değiştirme yöntemleriyle giderilir. Bazı durumlarda elektrolitik ve buharlaştırma kazanı prosesleri, eğer atıksu oldukça konsantre halde ise başarıyla uygulanmaktadır. Çöktürücü olarak demir ve alüminyum tuzları kullanılıyorsa yüksek pH'da çökeltme olur. Çamurun kontrolüde kadmiyumun karbonat çöktürmesi hidroksitten önemlidir. +2 değerlikli demir tuzları ile giderimde adsorbsiyonla birlikte verim artmaktadır.

Kadmiyum, siyanür gibi kompleks yapan iyonların varlığında çözünmez. Bu durumlarda kompleks ajanların etkisini azaltmak için ön arıtım gereklidir. Kadmiyum kaplama atıkları normal olarak siyanür içerirler. Siyanürün gideriminde bozunma işlemleri nisbeten hızlı ve kolaydır. Siyanürün giderilmesi, kadmiyumun çöktürülmesinden önceki adımdır. Sonuç olarak siyanür uzaklaştırılmasından sonra kadmiyum uzaklaştırılmasındaki işlemler sırasıyla koagülasyon, çökeltme ve kum filtrasyonu olmaktadır.

1.1.2.14. Vanadyum

Vanadyum, çelik ve demir içermeyen alaşımlarda, fotoğrafların banyo edilmesinde, boya ve verniklerin üretiminde kullanılır.

Vanadyumun bitkiler için toksite sınırı 0.5-1 ppm civarındadır. Vanadyum hayvanların kanında bulunan kolesterol seviyesinin kontrol edilmesinde önemli bir faktördür. İnsan ve hayvanlar için toksite sınırı 5ppm ve yukarı seviyelerde ortaya çıkmaktadır.

1.1.3. Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtım Yöntemleri

Ağır metallerin atıksulardan uzaklaştırılması kimyasal çöktürme, iyon değişimi, ters osmoz, indirgenme gibi tekniklerle sağlanmaktadır.

Fakat hangi tekniğin uygulanması gerektiği metalin cinsi, suda bulunma şekli ve konsantrasyonuna bağlıdır.

1.1.3.1. Adsorbsiyon

Bir yüzey veya arakesit üzerinde maddenin birikimi ve derişiminin artması olarak tanımlanır. Bu işlem herhangi iki değişik fazın arakesitinde meydana gelebilir.

Yüzeyde tutulan maddeye adsorblanan, yüzeyinde tutulana adsorban denir. Katı-sıvı adsorbsiyonu içme suyu ve atıksu arıtımında önemli rol oynar. Su arıtımında adsorbsiyon teknikleri için çeşitli kimyasal maddeler kullanılır. Zeolit,

aktif karbon, tabii ve yapay adsorbanlar kullanılarak atıksularda bulunan ağır metallerin tutulması sağlanır. (Şengül F., Küçükgül Y., 1997)

1.1.3.2. İyon Değişirme

İyon değişirme, iyonların çözeltilerden katı bir yüzeye yada katı bir yüzeyden çözeltilere transfer edildiği fiziksel ve kimyasal bir işlemdir.

Bu yöntem ağır metal iyonlarının, elektrostatik kuvvet ile fonksiyonel grup halinde katı yüzey halinde tutularak ortamdaki farklı türdeki iyonlarla değiştirilmesi esasına dayanır.

Ağır metal iyonlarının gideriminde kullanılan indirgenme, yükseltgenme, nötralizasyon gibi arıtım teknikleri yüksek kimyasal donanım giderleri ve arıtma veriminin düşük olması nedeniyle pratiklik ve ekonomiklikten uzaktır.(Duran M., Demirel G., 1997)

1.1.3.3. İndirgeme – Çökeltme Yöntemi

Bu yöntemle yüksek değerlikli metal çökebilir şekilde indirgenir. Nötralize edilir. Çöktürmede karıştırma, flokülasyon, koyulaştırma, süzme işlemleri yapılır. Özellikle kromlu atıkların arıtımında bu yöntem kullanılır.

1.1.3.4. Yükseltme – Çökeltme Yöntemi

Bu yöntemle indirgenmiş metal; kararlı, yükseltgenmiş ve çözünmeyen şekillere dönüştürülür. Bu tür bir atık arıtma prosesinde havalandırma, sedimentasyon, filtrasyon olmak üzere ardışık üç basamak vardır. Bu yöntem özellikle demir- mangan içeren atıkların arıtımında kullanılır.

1.1.3.5. Nötralizasyon – Çökeltme Yöntemi

Krom, bakır, demir, çinko, nikel, kadmiyum gibi ağır metal iyonları ortama kireç, soda veya sodyum hidroksit katılarak nötralize edilir. Hidroksitler şeklinde çöktürülerek atıksulardan uzaklaştırılır.

1.1.4. Atıksulardan Numune Alma Ve Hazırlama Yöntemleri

Numune Alma: Hiçbir analiz sonucunun gerçeği yansıtmadaki başarısı, analizlenen numunenin bütünü yansıtmadaki başarısından daha iyi olamaz. Çoğu hatalı deney sonucu hatalı numune almaktan ileri gelir.

Laboratuvar analizlerinin de kesin ve doğru sonuçların alınabilmesi için en önemli nokta numunenin şartlara uygun olarak en iyi şekilde alınmasıdır.

Atıksu derinliğine, genişliğine göre numune alınmalıdır. En iyisi atıksuyun ortasından ve yüzeyden dibe doğru akışa göre bileşik numune alınmasıdır. Tek numune alınacaksa atıksuyun ortasından ve orta derinlikten alınmalıdır.

Numunenin, alındığı suyun bütün özelliklerini, bileşimini en iyi ve tam gösterecek şekilde alınması gerekir. Bazı sularda bileşik numune alınması gerekebilir. Buda şartlara göre belli zaman aralıklarında alınan numunelerin veya değişik numune alma noktalarından alınan numunelerin birleştirilmesi şeklinde yapılabilir. Yerel şartlara göre numune alma şekli çok değişiklik gösterebilir ve bir bileşik numune yerine, ayrı ayrı alınan numunelerin analizi daha uygundur. (Şengül F., 1997)

Numune Miktarı: Fiziksel ve kimyasal tayinlerin çoğu için en az 2 litre numune yeterlidir. Bazı özel tayinlerde daha fazla numune almak gerekir.

Numune Kapları: Numune kapları çok iyi kaliteli renksiz cam veya polietilen kaplar olmalıdır. Numune kapları çok iyi temizlenmiş olmalı ve numune alınacak su ile en az üç kez çalkalanmalıdır.

Numune Alma ve Analize Başlama Arasında Geçecek Süre: Analiz sonuçlarının güvenilir olması için numune alma ve analize başlama arasında geçecek süre kısa olmalıdır. Numunede organizmaların etkisiyle olabilecek değişimler numuneyi karanlıkta ve düşük sıcaklıkta tutarak önlenir.

1.1.5. Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunurlar. Bunların hepsi suda yaşayan canlılar için toksiktir. Çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür. Ağır metallerin toksik etkileri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Tayini Yapılan Ağır Metal İyonlarının İnsan Sağlığına Olan Etkileri (Derrel, 1991), (Bothwell,1979), (Brohi, R., 1998)

| | |
|----|---|
| Li | Nörolojik yan etkiler, yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon güçlüğü, entelektüel yetersizlik |
| Ba | Ba en çok kemiklerde, beyin ve böbreklerde yoğunlaşır. Barsakların iç zarını tahriş eder kalbin durmasına neden olur. |
| Pb | Diş eti mavileşmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu, beyin kanaması, sinir sistemi hastalıkları |
| Cu | Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, solunum zorluğu, akyuvar çoğalması |
| Se | Aşırı dozda solunum artar. Ölüm nefes kesilmesi ile olur.Kan zehirleri grubundadır. |
| Mn | Akut zehirlenmelerde sindirim, böbrek ve kalpte bozukluklar belirir. Akciğer ve beyinde depolanır. |
| B | Bor’un 8 gr’ı bulantı ve bel ağrısı yapar, 20 gr’ı düşük yapar. |
| Cd | Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri |
| Fe | Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksisitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar. |
| As | Arsenik solunum sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir. |
| Co | Kobalt toksikliği çok nadir görülen bir olaydır. Kobalt düzeyinin 3000 katı kobalt konsantrasyonlarında ortaya çıkar. |
| Zn | Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir. |
| Cr | Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları zedelenmesi |
| Ni | Aşırı dozları kansere sebep olabilmektedir. |

1.1.6. Ağır Metal İçeren Sular İçin Kalite Kriterleri

Ağır metalleri ihtiva eden yüzeysel sular için genel kalite kriterleri çizelge 1.2.'de verilmiştir. Suların genel sınıflaması ve kalite parametreleri çizelge 1.3'de, atıksular için maksimum izin verilebilir ağır metal limitleri ise çizelge 1.4'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. TSE, WHO ve ABD Çevre Koruma Ajansına Göre Toksik Maddelerin Sınır Değerleri, (mg/l)

| Parametre | Türk standartları TSE 266 | Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) | ABD Çevre Koruma Ajansı |
|------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Cd | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Cr(Toplam) | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Mn | 0,10 | 0,05 | 0,05 |
| Ba | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Li | --- | --- | --- |
| Co | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Zn | 5,00 | --- | 5,00 |
| Ni | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| V | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Se | --- | 0,01 | 0,01 |
| B | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Pb | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Cu | 3,00 | --- | --- |
| As | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Fe | 0,30 | 0,10 | 0,30 |
| PH | 6,5-9,2 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |

**Çizelge 1.3. Suların Genel Sınıflaması ve Kalite Parametreleri, (mg/l)
(Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği)**

| Parametre | 1. SINIF | 2.SINIF | 3.SINIF | 4.SINIF |
|------------|----------|---------|---------|---------|
| Cd | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| Pb | 0,01 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| As | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,10 |
| V | 0,05 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Se | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| B | 0,30 | 0,30 | 0,60 | 1,00 |
| Ba | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Mn | 0,10 | 0,50 | 3,00 | 3,00 |
| Cu | 0,02 | 0,05 | 0,20 | 0,20 |
| Cr(Toplam) | 0,02 | 0,05 | 0,20 | 0,20 |
| Co | 0,01 | 0,02 | 0,20 | 0,20 |
| Ni | 0,02 | 0,05 | 0,20 | 0,20 |
| Zn | 0,20 | 0,50 | 2,00 | 2,00 |
| Fe | 0,30 | 1,00 | 5,00 | 5,00 |

Çizelge 1.4. Alıcı Ortama Deşarj Edilen Atıksuda İzin Verilebilir Maksimum Ağır Metal Limitleri, (mg/l)

| Parametre | İzin Verilen Max Sınır |
|-----------|------------------------|
| Cu | 5,0 |
| Zn | 10,0 |
| Fe | 10,0 |
| Mn | 3,0 |
| B | 3,0 |
| Co | 5,0 |
| Cr | 5,0 |
| Pb | 3,0 |
| Ni | 5,0 |
| Se | 2,0 |
| V | 3,0 |
| Ba | 3,0 |
| Li | 2,0 |
| Cd | 5,0 |
| As | 3,0 |

Çizelge 1.5. ve 1.6.'da ağır metallerin toprakta bulunabilecek max izin verilebilir miktarları ile günlük besinlerle vücuda kabul edilebilir miktarları hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 1.5. Ağır Metallerin Toprakta Bulunan Toplam Tolore Edilebilir Miktarları, (mg/kg), (Brohi R., 1998)

| Parametre | Toprakta Bulunabilecek Değer | İzin Verilen Max Sınır |
|-----------|------------------------------|------------------------|
| Cu | 100 | 180 |
| Zn | 300 | 1840 |
| Fe | 300 | 4600 |
| As | 50 | 90 |
| Cd | 1 | 9 |
| Se | 10 | 18 |
| B | 100 | 680 |
| Ba | 300 | 600 |
| V | 200 | 1000 |
| Mn | 300 | 920 |
| Co | 10 | 45 |
| Cr | 80 | 90 |
| Pb | 300 | 4600 |
| Ni | 100 | 920 |

Çizelge 1.6. Günlük Besinlerle Vücuda Kabul Edilebilir Ağır Metal Konsantrasyonları, (mg/gün)

| Parametre | İzin Verilen Max Sınır |
|-----------|------------------------|
| Cu | 0,6-2,5 |
| Zn | 5-19 |
| Fe | 6-15 |
| Mn | 0,3-5 |
| Cr | 10-100 |
| Pb | 10 |
| Se | 2 |
| V | 5 |
| Ba | 1 |
| Cd | 3 |
| As | 1 |

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ayhan ve Güzel (1995) tarafından yapılan bir çalışmada Konya Ana Tahliye kanalı üzerinde belirlenen noktalardan belli zaman aralıklarında katı ve sıvı örnekler alınmış ve kirletici parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada atık miktarları konusunda da bilgi verilmiş ve katı evsel atıkların miktarı 750 ton/gün olarak belirtilmiştir. Ana tahliye kanalına verilen Konya'nın atıksu debisi de 1150 l/s olarak ifade edilmiştir. Yapılan bu çalışmada bazı ağır metallerde incelenmiş ve konsantrasyonları limit değerlerin altında bulunmuştur.

DSİ Genel Müdürlüğü (1998) tarafından yapılan bir çalışmada Tuz gölü kirliliğinin incelenmesi amacıyla, göle deşarj edilen Ana tahliye kanalı üzerinde mevcut pompa istasyonlarından aylık numuneler alınmış ve kirletici parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kirliliğin tuz üretimini nasıl etkileyeceği incelenmiştir. Özellikle tuzdaki civa miktarı üzerinde yoğunlaşan analizlerde ortalama 0,006 mg/kg civa içeriği tespit edilmiştir. Bu değer, 1983 yılında FAO ve WHO'nun ortaklaşa yayınladıkları gıda standartlarına göre tuzda bulunabilecek maksimum civa miktarı olarak gösterilen 0,1 mg/kg değeri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Öte yandan WHO, bir insanın günde alabileceği civa miktarını 0,0428 mg olarak belirlemiştir. Bir insanın günde 15 gr tuz tükettiği kabul edildiğinde, tuz ihtiyacını gölden üretilen tuzla karşılayan bir kişi, günde 0,0009 mg civa almış olmaktadır. Bu değer de WHO tarafından belirlene değerin çok altındadır. Yapılan çalışmalarda civanın yanı sıra bakır ve kurşunda limit değerlerin altında çıkmıştır.

Sandroni ve Smith (2002) tarafından İrlanda'da mikrodalga ile atıkçamur, toprak ve deniz sedimentinin yakılması ve ICP-AES tekniği ile ağır metallerin analizi üzerine yapılan bir çalışmada mikrodalga için üç ayrı yakma programı uygulanmış ve en uygun ve hızlı program belirlenmeye çalışılmıştır. Mn, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd, Cu, Mg, Fe, Al gibi ağır metallerin analizine yönelik olarak yapılan çalışmada farklı bileşim ve hacimde hidroflorik, nitrik ve hidroklorik asit sistemde optimum verimi tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. 6 ml HNO₃ ilave edilerek hazırlanan atıkçamur ve toprak numunelerinin ICP-AES tekniği ile ağır metal analizinde optimum verim sağladığı gözlenmiştir. Deniz sedimenti için ise ICP-AES tekniği ile ağır metal

analizinde en uygun sonuç HNO_3 ve HF kullanarak hazırlanan numuneler için elde edilmiştir.

Bettinelli ve ark. (2000) tarafından İtalya'da yapılan bir çalışmada Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn olmak üzere sekiz ağır metalin toprak ve sediment numunelerindeki toplam miktarları mikrodalga tekniği ve ICP-OES kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada toprak ve sediment numunelerinin mikrodalga kapalı sistem çözündürme metoduyla parçalanması işlemi için numunelere (1:3:1) oranlarında HF-HCL- HNO_3 uygulanmıştır. Ölçümler için farklı tipte iki mikrodalga ve ICP-OES kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında analiz sonuçlarının farklı elde edilmesinde başlıca kaynağın mikrodalgaların farklı olmasından çok farklı ICP-OES kullanımına bağlı olduğu saptanmıştır.

Mutluay ve Demirok (1996) tarafından ağır metaller üzerine yapılan bir araştırmada Pb, Hg, Cu, Zn, gibi ağır metaller incelenmiştir. Bu ağır metallerin tamamının suda yaşayan canlılar için 1ppm sınırında toksik olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada iki ağır metal yada bir ağır metalin farklı bir madde ile yapmış olduğu sinerjik etki incelenmiştir. Örnek verilecek olursa bakır- çinko kombinasyonları bazen tek başına bakır veya çinkodan daha zehirlidir. Buna başka bir örnek bakır ve NH_3 olarak da verilebilir.

Jefferson ve ark. (1987) tarafından Amerika'da yapılan bir çalışmada lityumun insan sağlığı üzerine yapabileceği yan etkiler araştırılmıştır. Lityumun oluşturduğu bu yan etkiler yorgunluk, kas güçsüzlüğü ve entellektüel yetersizlik olarak saptanmıştır.

Brohi ve ark. (1998) tarafından çevre kirleticileri üzerine yapılan bir çalışmada ağır metaller ve iz elementler incelenmiş içme ve kullanma sularında izin verilebilir konsantrasyonları hakkında bilgi verilmiştir.

Tokaloğlu ve ark. (2000), göl sedimentlerindeki ağır metallerin tayini ve türlemesi için dört basamaklı ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Hans Hermann Rump Laboratory (1999) tarafından Almanya'da yapılan bir çalışmada atıksu ve sediment numunelerinin hazırlanma metodları önerilmiştir. Buna göre sediment numunelerindeki ağır metal miktarlarının tespit edilebilmesi için öncelikle sediment numunelerinden 300'er mg tartılmış ve daha sonra üzerlerine

nitrik asit, HCl ve HF ilave edilerek mikrodalga fırında yakılma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Göde (2002) tarafından yapılan bir çalışmada reçinelerle ağır metal adsorpsiyonu ve bunun atıksulara uygulaması araştırılmıştır. Konya Belediye Atıksu Terfi Merkezi, Konya'daki deri fabrikası ve Isparta – Yalvaç deri işletmelerinden alınan atıksu numunelerinin metal miktarları 12 ay boyunca analiz edilmiştir. Toplanan numuneler reçinelerle doldurulmuş, kolonlardan geçirilmiş ve reçinelerdeki toksik metal miktarları tespit edilmiştir. Bütün çözeltilerdeki toksik metal miktarları AAS ve ICP-AES cihazları kullanılarak ölçülmüştür.

Tor (2001) tarafından yapılan bir çalışmada atomik spektroskopi tekniği AAS ve AES olarak iki ana gruba ayrılmış ve iki farklı tekniğin genel olarak karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca, AES tekniklerinden birisi olan, numunedeki maddelerin temel halde atomlarına ayrılıp uyarılmasında indüksiyonla birleştirilmiş plazma metodunun kullanıldığı atomik emisyon spektroskopisi (ICP-AES) hakkında bilgi verilmiştir.

Barth ve ark. (1965) tarafından yapılan bir çalışmada krom, bakır, nikel, kadmiyum, civa gibi ağır metallerin kaynakları incelenmiş ve endüstrilerden kaynaklanan atıkların arıtılmadan kanalizasyon sistemlerine verilmesi sonucu bu ağır metallerin yüksek dozlarının atık su arıtma tesislerinde biyolojik sistemleri olumsuz yönde etkilediği hatta çalışmaz hale getirdiği tespit edilmiştir.

Mierzwa ve ark. (1998) yapmış oldukları bir çalışmada Ba, Cu, Fe, Pb, ve Zn gibi ağır metallerin çay bitkisi içindeki miktarlarını analiz etmeye çalışmışlardır. Bunun için iki teknik kullanmışlardır. Numunelerin bir kısmının analizinde elektrotermal atomizasyon atomik absorpsiyon spektrometre (ETAAS), bir kısmında ise ICP-AES kullanılarak kıyaslanmıştır. ICP-AES tekniği ile analiz edilen numunelerin hazırlanmasında mikro dalga ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ETAAS bazı elementlerin başarılı olarak analizine imkan sağlamasına karşın ICP-AES'in birçok elementin belirlenmesinde daha hızlı ve başarılı olduğu saptanmıştır.

Sastre ve ark. (2002) İspanyada yapmış oldukları bir çalışmada sediment numuneleri içinde Cd, Cu, Pb ve Zn gibi ağır metallerin miktarlarının tespit edilmesinde geçerli iki farklı yöntem kullanmışlardır. Burada amaç çevresel

numuneler içindeki ağır metal miktarlarının hangi yöntemle daha ucuz ve hızlı biçimde analiz edileceğini tespit etmektir. Yöntemlerden ilki mikrodalga yöntemidir bu yöntemde sediment numunesine HNO_3 , HF, H_2O_2 ve HClO_4 uygulanır. Diğer yöntemde ise sediment numuneleri üzerine (3:1) oranında HCl ve HNO_3 uygulanmıştır. Sonuç olarak ağır metal içeren örneklerin analizinde mikro dalga yöntemi kullanıldığı zaman HF kullanılması örneğin parçalanmasını güvenilir hale getirmekte ve daha kısa sürede olmasını sağlamaktadır. Kullanılan iki metod karşılaştırıldığında Cd, Cu, Zn, Pb için her iki metod benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Düşük organik madde muhtevasına sahip örnekler için ikinci yöntem biraz daha kısa ve ucuzdur ancak yüksek organik madde muhtevasına sahip örneklerde mikrodalga yöntemi biraz daha uygundur.

Woitke ve ark. (2001) Danube nehri ağır metallerini incelemek üzere yapmış oldukları bir çalışmada nehrin yetmiş dört farklı noktasından örnekler almışlardır. Alınan sediment örnekleri (CEM MSP) mikrodalgada yakılmıştır. Ağır metal miktarları ise (Perkin Elmer Optima, 2000DV) ICP-AES ile ölçülmüştür. Danube nehrinde yapılan çalışmalar göz önüne alındığında ağır metal konsantrasyonlarının oldukça düşük olduğu saptanmıştır.

Wang ve ark. (2003) Çin'de yapmış oldukları çalışmada endüstri alanında oldukça gelişmiş bir bölgede yer alan Taihu gölündeki ağır metal miktarlarını araştırmışlardır. Bunun için bir miktar tartmış oldukları sediment numunelerini 0,1 mm'lik elekten geçirmişler, saf su ile bir miktar ıslattıktan sonra üzerine 10 ml HCl eklemişlerdir. Daha sonra elektrikli ısıtıcıda 30 dk. ısıttıktan sonra üzerine 3 ml HNO_3 eklemişler ve ısıtma işlemine 1,5 saat devam etmişlerdir. Bu işlemlerden sonra numunelere 0,5 ml HClO_4 ve 8 ml HF eklenerek örnekler 3-4 saat kadar daha ısıtılmışlardır. Bu işlemlerden sonra numuneler soğutulmaya bırakılarak bir miktar HCl ve su eklenmiş Jarell-Ash MarkIII 1100 model ICP kullanılarak ağır metal miktarları ölçülmüştür. Nehrin bazı kesimlerinde yüksek konsantrasyonlarda Cu ve Zn saptanırken Weitang ve Huashi bölgelerinde yüksek dozlarda Pb ve Ni saptanmıştır. Endüstriyel gelişime paralel olarak nehrin hızla kirlendiği kanısına varılmıştır.

Higman ve ark. (2001) Amerika'da yapmış oldukları çalışmada Florida'da yer alan Cedar ve Ortega isimli nehirlerde ağır metal araştırması yapmışlardır. Sedimentler 0.10, 0.11-0.56, 0.57-1.88m olmak üzere üç derinlikten toplanmıştır. Analizler için 58 ayrı nokta seçilmiştir. Pb, Cu, Zn konsantrasyonlarının 0.10-1.5m arasında artış gösterdiği saptanmıştır. Pb miktarı derinliklere göre 4.47-420 mg/kg, Cu miktarı 2.30-107 mg/kg, Zn 2.05-9.75 mg/kg, Cd 0.07-3.83 mg/kg arasında değişim göstermiştir. 1.5 m üzerindeki derinlikte ağır metal konsantrasyonunun sınır değerleri aşarak canlı hayatını tehdit eder boyuta ulaştığı gözlenmiştir.

Vegueria ve Godoy (2002) Brezilya'da yapmış oldukları çalışmada Rio de Janeiro'nun Bacia yağ fabrikası atık sularının deşarj edildiği deniz platformunda, Ba, V, Ni, Pb, konsantrasyonunu araştırmışlardır. Bunun için denizsuyu, ve sedimentten örnekler alınarak analiz edilmiştir. Sediment numunelerinin hazırlanmasında HNO₃ kullanılmıştır. Ağır metallerin analizi için ICP-MS tekniğinden yararlanılmıştır. Örnekler ağır metallerin deşarj edildiği platformdan 250m ve 1000m mesafelerden toplanmıştır. Deşarj noktasından 250m uzaklığa kadar su ve sedimentte yöresel değerler gözlenmiş, ağır metal miktarının sınır değerleri aşmadığı saptanmıştır.

Vitale ve ark. (1997), kromun havada, suda ve topraktaki bulunuş durumlarını incelemişlerdir. Araştırmalarında öncelikli olarak kromun çevre ve insan üzerindeki etkileri üzerinde durmuşlardır. CERCLA, RCRA, CWA, CAA, SWDA, gibi federal çevre ilkeleri ve standartları gösterilerek, kromu tanımlamışlar ve miktarını tayin eden analitik metotlar geliştirmişlerdir.

Donais ve ark. (1999), tarafından sıvı numunelerde Cr(III) ve Cr(VI)' yı belirlemek için ICP-MS ile, sıvı sistemi kullanarak krom türlemesi yapılmıştır. Kromun günlük alınan miktarı havadan, sudan ve besinden sırasıyla 0,01-0,03µg, 2µg/l ve 60µg'dır. Cr(III)'ün yetişkinler tarafından 50-200µg/gün alınması önerilmektedir. Krom glikoz, protein ve yağ metabolizması için gereklidir.

Özmen ve Tuncel (1998), ICP-AES kullanarak yağmur suyu örneklerinde sodyum, magnezyum, kalsiyum ve alüminyum gibi metalleri tespit etmişlerdir.

Bruzzonitti ve ark. (2000), yaptıkları derlemede su analizlerindeki problemleri değerlendirerek, sularda mevcut olabilecek tüm kirlilik problemleri ve ön deriştirmeleri gözden geçirmişlerdir.

3. MATERYAL METOT

3.1 Kullanılan Kimyasallar:

Deneyleerde %65'lik Nitrik asit, %35'lik Hidro klorik asit (HCl), %40'lık Hidro florik asit (HF) ve distile saf su kullanılmıştır.

3.2. Kullanılan Aletler:

ICP-AES : Varian- Vista AXCCD Simultaneous ICP-AES cihazı kullanılmıştır. Numuneler ICP-AES'e çözelti halinde verilir. ICP-AES cihazında çözelti halindeki maddeler gaz fazına geçer ve atomlarına ayrıştırılır. Gaz halindeki atomlar, plazmada uyarılmış hale geçerler bir süre sonra da rezonans ışını yayarlar, oluşan rezonans ışını tespit edilerek ölçüm gerçekleştirilmiş olur.

ICP-AES ile Çalışılan Dalga Boyları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Dalga Boyları, (nm)

| Parametre | Dalga Boyu |
|-----------|------------|
| Kadmiyum | 228.8 |
| Kobalt | 238.8 |
| Krom | 267.7 |
| Bakır | 324.7 |
| Demir | 259.9 |
| Lityum | 670.7 |
| Nikel | 231.6 |
| Kurşun | 220.3 |
| Çinko | 213.8 |
| Arsenik | 188.9 |
| Bor | 249.7 |
| Selenyum | 196.0 |
| Vanadyum | 309.3 |
| Baryum | 455.4 |

Mikro Dalga Fırın: Cem Mars5, Kapalı Sistem Çözündürme Metodu sediment numunelerinin parçalanmasında kullanılmıştır. Cihaz 1200 watt ile 30 dk. çalıştırılır ve istenen basınç olan 175 psi ve 210 °C'ye bu süre içinde ulaşır. 20 dk. bu sıcaklıkta sabit kaldıktan sonra cihaz soğumaya bırakılır ve sediment numuneleri bu işlemle parçalanmış olur.

Basınca Dayanıklı Teflon Kaplar: Sediment numunelerinin mikro dalgada yakılması esnasında basınca ve sıcaklığa dayanıklı kaplar kullanılmıştır.

3.3. Numunelerin Hazırlanması

3.3.1. Atıksu Numuneleri:

Konya ana tahliye kanalı üzerinde tespit edilen üç noktadan su numuneleri alınmıştır. 1 l'lik atıksu numunesi üzerine 2 ml derişik nitrik asit ilave edilerek asitlendirme yapılmıştır ve filtre kağıdından süzülerek numuneler +4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

3.3.2. Sediment Numuneleri:

Sediment numunelerinin hazırlanmasında iki farklı metod kullanılmıştır. Bu metodlardan birinde HF kullanılırken diğerinde kullanılmamıştır.

1. Metod:

Sediment numunelerinden 300'er mg tartılarak üzerlerine 2ml %65'lik nitrik asit, 6 ml %35'lik hidroklorik asit ve 3ml %40'luk HF ilave edilir. Daha sonra numuneler Cem Mars5 kapalı sistem çözündürme metoduna göre mikrodalgada yakılır. (Hans Hermann Rump Laboratory, 1999)

Yakılan numuneler saf su ile 100 ml'ye tamamlandıktan sonra ICP-AES cihazı ile ağır metal miktarları ölçülür.

2. Metod:

Sediment numunelerinden 300'er mg tartılarak (1:3) oranında 2ml %65'lik nitrik asit ve 6ml %35'lik hidroklorik asit ilave edilir. Daha sonra numuneler basınca dayanıklı teflon kaplar içerisinde, Cem Mars5 kapalı sistem çözündürme metoduna göre mikrodalgada yakılır. Yakılan numuneler saf su ile 100ml'ye tamamlanır filtre kağıdından süzülür ve ICP-AES cihazı ile ağır metal miktarları ölçülür.

3.3.3. Tuz Numuneleri:

Tuz gölünden nemli olarak çıkartılan tuz numunesi etüvde kurutulduktan sonra, öğütülerek inceltir daha sonra 0.5gr tartılarak üzerine 2ml nitrik asit ilave edilir, saf su ile 100ml'ye tamamlanarak ICP-AES cihazı ile ağır metal miktarları ölçülür.

3.4. Ağır Metal Analizleri İçin Numune Alınan Noktalar

3.4.1. Konya Ana Tahliye Kanalı

Konya Ovası Ana Tahliyesi, 53.850 km²'lik Konya Kapalı Havzası içinde yer alan, yaklaşık olarak 16000 km² yüz ölçümündeki Konya- Çumra projesinin bir bölümüdür.(Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1974)

1974 yılında işletmeye açılan Ana tahliye kanalı pompa istasyonları Konya Kapalı Havzasına gelen fazla suları başka bir kapalı havza olan Tuz Gölüne boşaltılmasını sağlar. Ana Tahliye Kanalı Pompa İstasyonları, yağışlı yıllarda kapalı havzadaki drenaj sularının yanında sürekli olarak Keçeli Tahliye Kanalından boşalan Konya şehri atıksularını da Tuz Gölüne pompalamaktadır.

Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı; Beyşehir, Seydişehir, Konya Çumra Ovalarının sulaması, bataklıkların kurutulması, Konya-Çumra Ovası ile yerleşim merkezlerinin taşkından korunması ve ova topraklarının ıslahı amacıyla gerçekleştirilmiş Beyşehir Gölünden başlayıp Tuz Gölü'nde sona eren yaklaşık 343 km uzunluktaki su yolunun bir parçasıdır. Her biri 2640 HP kurulu gücünde 3 adet pompa tesisi ihtiva eden kanalın 1. pompadan Tuz Gölüne uzunluğu 123 km olup, kapasitesi 25 m³/s'dir. (Tuz Gölü Kirliliği Raporu, 1998)

Apa Barajından Gölyazı kasabasına kadar uzanan KOATK boyunca, kanaldaki su kirlenmesi ve bunun çeşitli yönlerden tuz gölüne yapabileceği etkileri belirlemek amacıyla, 1978 yılından buyana kanaldaki suyun fiziksel ve kimyasal analizi DSİ ve çeşitli kurumlarca yapılmıştır. (Konya-Çumra III. Merhale Projesi, 2002)

Tez kapsamında ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi için Konya Ana Tahliye Kanalı üzerinde tespit edilen 1No'lu Pompa Girişi, 2 No'lu Pompa Girişi ve Gölyazı Köprüsü (Tuz Gölü Girişi) noktalarından aylık periyotlarla su ve sediment numuneleri alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

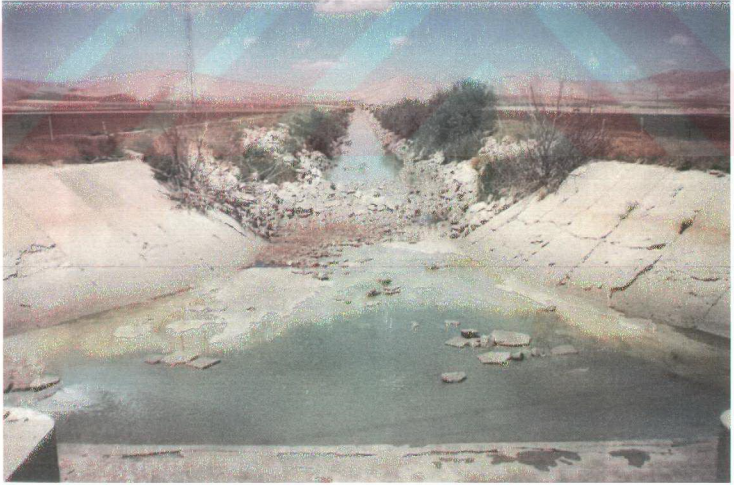
Ana Tahliye Kanalından numune alınan noktalar Şekil 3.1., Şekil 3.2., Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'de verilmiştir.



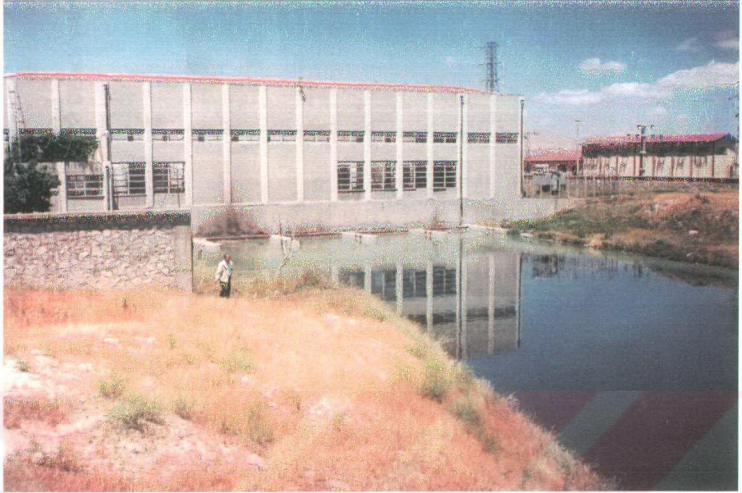
Şekil 3.1. KOATK P 2 POMPA İSTASYONU



Şekil 3.2. KOATK GÖLYAZI BELDESİNDEN GÖRÜNÜŞ



Şekil 3.3. P3 POMPA ÇIKIŞI- TUTUP TÜNELİ ARASI



ŞEKİL 3.4. KOATK P3 POMPA İSTASYONU

3.4.2. Tuz Gölü

Tuz Gölü havzası, İç Anadolu'da Ankara İli'nin güneyi ile Konya İli'nin Kuzeydoğusunda yer almış olup kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanım göstermektedir. Havza Konya Kapalı Havzasını bir alt havzası niteliğindedir. Bu havzada yer alan Tuz Gölü'nün dışarıya akıntısı yoktur.

Deniz seviyesine göre ortalama yükseltisi 905 m'dir. Gölün yüzeyi 1600km²'dir. Göl tabanında ortalama 1200 km² 'lik bir alanda ve 8cm kalınlığında tuz çökeltili kabul edildiğinde, gölde 210 milyon ton tuz varlığından bahsedilebilir.

Tuz Gölü'nün tabanında "tahta" tabir edilen bir tuz tabakası bulunmaktadır. Bu kesim kışın göle bol miktarda su gelmesi nedeni ile büyük oranda erimektedir. Yazın ise buharlaşma nedeni ile tuz çökelmekte ve tuz üretimi de bu tahtanın kazılmasıyla sağlanmaktadır.

Tuz gölündeki üretim herhangi bir dış etken nedeni ile gölde su seviyesinin yükselmesi ve göl suyunun kirlenmesi gibi faktörlerden etkilenmektedir. (Tuz Gölü Kirliliği Raporu, 1998)

Tuz Gölü kapalı havzası içinde sularını doğrudan göle boşaltan akarsu sayısı azdır. Bunlar Ulurmak, İnsu ve Peçeneközü dereleridir. Tuz Gölü çevresinde kirlilik oluşturan en önemli etken Konya- Çumra ovasın Sulaması'ndan dönen sular ile taşkın ve drenaj sularını toplayan 186km uzunluğundaki KOATK'dır. Kanal, Apa barajı taşkın sularını, geniş bir alanın sulamadan dönen sularını, drenaj sularını ve nüfusu bir milyona varan Konya şehir merkezinin ve çok sayıda endüstri tesisinin hiç arıtılmamış atıklarını taşır. Bu yolla büyük miktarlarda göle karıştığı sanılan maddeler arasında azot, yağ, fosfor, kükürt, organik atıklar, boraks, demir, kurşun, arsenik, çinko, kadmiyum, civa gibi ağır metaller bulunur. Tuz Gölü kirliliği çalışmaları 1977 yılından beri çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarınca sürdürülmektedir. Tuz Gölü 1992 yılında sit alanı ilan edilmiştir. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2002 “Konya-Çumra III. Merhale Projesi”)

Tez kapsamında Tuz Gölü'nden aylık peryotla alınan su ve tuz numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları analiz edilmiştir. Şekil 3.5., Şekil 3.6. ve Şekil 3.7. de Tuz Gölü'nün çeşitli bölgelerinden fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 3.5. Tuz Gölü Yavşan Tuzlasından Bir Tuz İşletme Havuzunun Görünüşü



Şekil 3.6. KAOTK TUZ GÖLÜ DEŞARJ ÖNCESİ SAĞ SAHİL ALANI



Şekil 3.7. KAOTK TUZ GÖLÜ DEŞARJ ÖNCESİ

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geniş bir alan kaplayan ve önemli yer altı ve yer üstü potansiyeline sahip Konya Kapalı Havzası ve Tuz Gölü Havzası, hem içme ve kullanma amaçlı su temini, hem de ülkenin ihtiyacı olan tuzun büyük bir bölümünün karşılanması bakımından oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Bu kaynakların oluşumları binlerce yıl süren tabii süreçlerle ilgilidir. Ayrıca suyun yakın bir gelecekte petrole eşdeğer bir konuma geleceği düşünülürse konunun önemi daha iyi anlaşılır.

Konya ve çevresinde hızla artan nüfus ve çevresel etkileri dikkate alınmadan kurulan sanayii kuruluşları ve kanalizasyon atıklarının herhangi bir arıtmaya tabii olmadan direk Tuz Gölüne boşaltılması havzanın geleceğini tehdit eden ana unsurdur.

Konya şehrinin direk olarak ana tahliye kanalına verilen evsel ve endüstriyel atıklarının miktarları mevsimlere göre değişim göstermektedir. Katı evsel atıkların miktarları ortalama olarak 750 ton/gün'dür.

Ana tahliye kanalına verilen Konya'nın atıksu debisi 1150 l/s'dir. Bu atıklar şehir merkezinin çıkışından itibaren insan sağlığını tehdit etmektedir. (Ayhan A., Güzel A., 1995)

Bu çalışmada Konya Ana Tahliye Kanalı ağır metal konsantrasyonlarının tespit edilmesi amacıyla, kanal üzerindeki tespit edilen noktalarından numuneler alınmış ve ağır metal konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Ağır metal analizlerinde, diğer atomik spektroskopi tekniklerine nazaran daha hassas ölçüm yapması ve daha güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi nedeniyle ICP-AES tekniği kullanılmıştır.

Ana Tahliye Kanalı üzerinde belirlenen 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi ve Gölyazı köprüsü noktalarından Aralık, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında toplanan atıksu numunelerine ait analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.1.1., Çizelge 4.1.2., Çizelge 4.1.3., Çizelge 4.1.4., Çizelge 4.1.5., ve Çizelge 4.1.6.'da verilmiştir. Ayrıca Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında Tuz Gölünden de atıksu numuneleri alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.1.4., Çizelge 4.1.5. ve Çizelge 4.1.6.'ya eklenmiştir. Bahsedilen çizelgeler aşağıda verilmiştir.

4.1. Atıksu Numunesi Analiz Sonuçları

Aralık, 2002'de yapılan analizlerde Li oranının, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi ve Gölyazı köprüsü noktalarında Çizelge 1.2'de verilen, ağır metaller için yüzeysel su kriterleri olarak TSE, WHO ve ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından öngörülen değerleri aştığı görülmektedir. Diğer ağır metaller ise limit değerlerin altında kalmaktadır.

Çizelge 4.1.1. Konya Drenaj Kanalı Ağır Metal Konsantrasyonları Analiz Sonuçları, (mg/l), Aralık, 2002

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Girişi | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kobalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bakır | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Demir | 0,090 | 0,006 | 0,000 |
| Lityum | 0,800 | 0,900 | 1,150 |
| Nikel | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kurşun | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Çinko | 0,400 | 0,000 | 0,000 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Mart, 2003 tarihinde yapılan ağır metal analizlerinde, Li miktarı 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi, Gölyazı Köprüsü noktalarında Çizelge 1.2.'de verilen ağır metaller için yüzeysel su kriterlerinin üzerindedir. B, değeri de her üç noktada Çizelge 1.2'de öngörülen değerlerin üzerindedir. V, değeri ise 1 nolu pompa ve 2 nolu pompa girişinde Çizelge 1.2'de öngörülen değerlerin üzerindedir. Mart ayında yapılan analizlerde diğer ağır metallerin limit değerlerin altında olduğu görülmektedir. Mart ayı analizleri ile ilgili değerler Çizelge 4.1.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1.2. Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Mart, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Girişi | Gölyazı Köprüsü |
|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kobalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom | 0,004 | 0,004 | 0,000 |
| Bakır | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Demir | 0,050 | 0,020 | 0,040 |
| Lityum | 1,400 | 0,930 | 0,700 |
| Nikel | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kurşun | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Çinko | 0,020 | 0,000 | 0,000 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bor | 0,700 | 0,950 | 0,970 |
| Selenyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Vanadyum | 1,420 | 1,080 | 0,750 |
| Baryum | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Nisan, 2003'de Li 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi ve Gölyazı Köprüsü noktalarında; B, her üç noktada; V, ise 1 nolu pompa girişi ve 2 nolu pompa girişinde Çizelge 1.2'de verilen değerlerin üzerindedir. Nisan ayına ait analiz sonuçları Çizelge 4.1.3.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1.3. Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Nisan, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Girişi | Gölyazı Köprüsü |
|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,001 | 0,000 | 0,002 |
| Kobalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom | 0,020 | 0,001 | 0,000 |
| Bakır | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Demir | 0,130 | 0,080 | 0,060 |
| Lityum | 1,310 | 1,340 | 1,220 |
| Nikel | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kurşun | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Çinko | 0,070 | 0,000 | 0,000 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bor | 0,530 | 1,170 | 1,300 |
| Selenyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Vanadyum | 1,300 | 1,300 | 1,000 |
| Baryum | 0,020 | 0,020 | 0,010 |

Mayıs, 2003 tarihinde 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi ve Gölyazı Köprüsünden alınan numunelerin yanısıra Tuz Gölünden alınan atıksu numunesi üzerinde de ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre Çizelge 4.1.5.'den de görüldüğü gibi Mayıs ayında Cr, Tuz Gölünde Çizelge 1.2'de verilen yüzeyel su kriterlerinin üzerindedir. Fe, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişinde; Li, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi, Gölyazı Köprüsü ve Tuz Gölü girişinde; B, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi, Gölyazı Köprüsü ve Tuz Gölünde V, 1 nolu pompa 2 nolu pompa girişi ve Tuz Gölünde Çizelge 1.2'de verilen yüzeyel su kriterlerinin üzerindedir.

Çizelge 4.1.4. Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Mayıs, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü | Tuz Gölü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Kadmiyum | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,009 |
| Kobalt | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,003 |
| Krom | 0,020 | 0,020 | 0,010 | 0,080 |
| Bakır | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| Demir | 0,540 | 0,560 | 0,250 | 0,300 |
| Lityum | 1,300 | 1,210 | 1,220 | 1,300 |
| Nikel | 0,002 | 0,001 | 0,007 | 0,005 |
| Kurşun | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,032 |
| Çinko | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bor | 0,690 | 1,370 | 1,400 | 0,960 |
| Selenyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Vanadyum | 1,410 | 1,240 | 1,000 | 1,040 |
| Baryum | 0,060 | 0,010 | 0,010 | 0,020 |

Haziran, 2003'de Se, 2 nolu pompa ve Tuz Gölünde; Fe 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi ve Tuz Gölünde; Li ve B, 1 nolu pompa, 2 nolu pompa, Gölyazı Köprüsü ve Tuz Gölünde; Ni, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi Gölyazı köprüsü ve Tuz Gölünde; V, 1 nolu pompa, 2 nolu pompa, Gölyazı ve Tuz Gölünde, Çizelge 1.2.'de verilen TSE, WHO ve ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından öngörülen kriterlerin üzerindedir. Haziran ayına ait değerler Çizelge 4.1.5.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1.5. Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Haziran, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Girişi | Gölyazı Köprüsü | Tuz Gölü |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,002 |
| Kobalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom | 0,02 | 0,02 | 0,000 | 0,000 |
| Bakır | 0,120 | 0,005 | 0,008 | 0,057 |
| Demir | 0,860 | 0,440 | 0,300 | 0,500 |
| Lityum | 1,370 | 1,450 | 1,550 | 1,200 |
| Nikel | 0,080 | 0,070 | 0,080 | 0,058 |
| Kurşun | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,025 |
| Çinko | 0,510 | 0,350 | 0,170 | 0,140 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bor | 1,390 | 1,770 | 1,400 | 1,200 |
| Selenyum | 0,010 | 0,012 | 0,003 | 0,015 |
| Vanadyum | 1,530 | 1,860 | 1,300 | 1,100 |
| Baryum | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Ağustos, 2003 tarihinde yapılan analizlerde; Li ve B, 1 nolu pompa girişi, 2 nolu pompa girişi, Gölyazı Köprüsü ve Tuz Gölünde; Fe 1 nolu pompa, 2 nolu pompa; V, 1 nolu pompa, 2 nolu pompa ve Gölyazı köprüsünde ve Tuz Gölünde Çizelge 1.2'de verilen ham yüzey suyu kriterlerinden yüksektir. Ağustos ayına ait analiz sonuçları Çizelge 4.1.6.'da verilmektedir.

Çizelge 4.1.6. Atıksu Analiz Sonuçları, (mg/l), Ağustos, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü | Tuz Gölü |
|------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Kadmiyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kobalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom | 0,020 | 0,010 | 0,000 | 0,000 |
| Bakır | 0,070 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Demir | 0,850 | 0,510 | 0,170 | 0,200 |
| Lityum | 1,360 | 1,180 | 1,310 | 0,920 |
| Nikel | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Kurşun | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Çinko | 0,420 | 0,250 | 0,400 | 0,400 |
| Arsenik | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Bor | 1,600 | 1,000 | 1,200 | 0,750 |
| Selenyum | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Vanadyum | 1,480 | 1,590 | 1,200 | 1,500 |
| Baryum | 0,120 | 0,090 | 0,080 | 0,020 |

Aralık, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarına ait olan ağır metal konsantrasyonları Çizelge 1.4.'de öngörülen atıksu kriterleri ile karşılaştırıldığında ise bu değerlerin çok altında olduğu görülmektedir, ancak Tahliye Kanalı doğrudan Tuz Gölüne döküldüğü ve herhangi bir artıma tabii tutulmadığı için yüzeysel su kriterleriyle de karşılaştırılmıştır.

Altı ay boyunca aynı noktalardan alınan numuneler üzerinde yapılan analizlerin standart sapmaları, Çizelge 4.1.7.'de verilmiştir. Alınan numunelerin analiz sonuçları incelendiğinde, değerlerin birbirine paralel olduğu ve çok fazla sapma göstermediği görülmüştür. Kış aylarında yağışların fazla olması, yaz aylarında ise buharlaşmanın fazla olmasından dolayı, yaz aylarında alınan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarında bir miktar artış olduğu gözlenmiştir. Cr, Se gibi ağır metaller; Aralık, Mart Nisan gibi yağışın çok olduğu aylarda gözlenemezken, yaz aylarında gözlenmişlerdir.

Çizelge 4.1.7. Aynı Noktalardan Alman Numuneler Üzerinde Yapılan Ağır Metal Analizlerinin Standart Sapma Değerleri

| Parametre | Minimum Değerler (mg/l) | | | | | | Ortalama Değerler (mg/l) | | | | | | Maksimum Değerler (mg/l) | | | | | | Standart Sapma | | | | | | Yüzeysel Su Kriterleri (mg/l) | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------|--------------|-------|----------|-------|--------------------------|-------|--------------|-------|----------|-------|--------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|------------|-------|------------|-------|-------------------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Inolu pom. | | Gölyazı Köp. | | Tuz Gölü | | 2nolu pom. | | Gölyazı Köp. | | Tuz Gölü | | Inolu pom. | | 2nolu pom. | | Gölyazı Köp. | | Tuz Gölü | | Inolu pom. | | 2nolu pom. | | Gölyazı Köp. | | Tuz Gölü | | ABD | WHO | ÇKA | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cd | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,030 | 0,004 | 0,005 | 0,009 | 0,011 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | |
| Co | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,013 | 0,009 | 0,001 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,010 | 0,080 | 0,009 | 0,009 | 0,003 | 0,040 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | |
| Cr | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,031 | 0,009 | 0,001 | 0,027 | 0,120 | 0,050 | 0,050 | 0,057 | 0,051 | 0,020 | 0,018 | 0,030 | 3,000 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| Cu | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,413 | 0,300 | 0,117 | 0,300 | 0,860 | 0,560 | 0,300 | 0,500 | 0,378 | 0,252 | 0,122 | 0,141 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | 0,100 | 0,300 | |
| Fe | 0,050 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,92 | 1,225 | 1,168 | 1,121 | 1,085 | 1,400 | 1,450 | 1,550 | 1,300 | 0,226 | 0,218 | 0,314 | 0,194 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| Li | 0,080 | 0,900 | 0,700 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,013 | 0,011 | 0,012 | 0,015 | 0,080 | 0,070 | 0,080 | 0,058 | 0,032 | 0,028 | 0,029 | 0,028 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | |
| Ni | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,014 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,012 | 0,012 | 0,011 | 0,016 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | |
| Pb | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| Zn | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,236 | 0,100 | 0,081 | 0,135 | 0,510 | 0,350 | 0,400 | 0,400 | 0,230 | 0,158 | 0,154 | 0,188 | 5,000 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| B | 0,530 | 0,950 | 0,970 | 0,75 | 0,982 | 1,252 | 1,206 | 0,915 | 1,600 | 1,770 | 1,400 | 1,200 | 0,478 | 0,333 | 0,197 | 0,214 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | |
| Se | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,020 | 0,002 | 0,001 | 0,003 | 0,010 | 0,012 | 0,003 | 0,015 | 0,004 | 0,005 | 0,001 | 0,007 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| V | 1,390 | 1,080 | 0,750 | 1,04 | 1,404 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,170 | 1,500 | 1,860 | 1,300 | 1,500 | 0,071 | 0,310 | 0,225 | 0,221 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | |
| Ba | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,036 | 0,024 | 0,016 | 0,010 | 0,100 | 0,090 | 0,080 | 0,020 | 0,043 | 0,037 | 0,031 | 0,011 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | |

4.2. Sediment Numunesi Analiz Sonuçları

Aralık ayında yapılan sediment analizlerinde Ana Tahliye Kanalının 2nolu pompa girişinden alınan sediment numunesinde Cr ve Fe oranlarının, Çizelge 1.5.'de verilen ağır metallerin toprakta bulunan toplam tolere edilebilir miktarını aştığı görülmektedir. Buda bize Kanal vasıtasıyla taşınan fazla miktarlarda Cr ve Fe'nin zamanla sediment üzerine çökerek biriktiğini göstermektedir. Aralık ayı sediment analizleri ile ilgili veriler Çizelge 4.2.1.1.'de verilmektedir.

4.2.1. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları

Çizelge 4.2.1.1. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Aralık, 2002

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 3,34 | 1,39 | 0,53 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 68,00 | 125,00 | 6,90 |
| Bakır | 34,20 | 35,50 | 0,85 |
| Demir | 4365,00 | 6000,00 | 824,70 |
| Nikel | 32,62 | 37,30 | 4,26 |
| Kurşun | 20,00 | 17,90 | 0,20 |
| Çinko | 236,40 | 320,00 | 16,00 |
| Arsenik | 0,00 | 33,87 | 0,00 |
| Bor | 34,32 | 41,04 | 34,12 |
| Selenyum | 6,78 | 8,92 | 0,00 |
| Vanadyum | 10,68 | 23,31 | 37,17 |
| Baryum | 98,82 | 116,63 | 35,17 |
| Mangan | 73,20 | 89,00 | 19,30 |

Mart, 2003'de yapılan analizlerde de Cu, 1 nolu pompa, 2 nolu pompa ve Gölyazı Köprüsünde; Fe, 2nolu pompa girişinde Çizelge 1.5.'de verilen toprakta bulunabilecek değerlerin üzerine çıkmaktadır. Diğer ağır metallerin ise limit değerlerin altında olduğu gözlenmektedir. Analiz sonuçları Çizelge 4.2.1.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.1.2. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mart, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 3,76 | 4,02 | 1,75 |
| Kobalt | 5,36 | 0,00 | 4,67 |
| Krom | 36,77 | 56,09 | 25,91 |
| Bakır | 420,80 | 738,50 | 478,60 |
| Demir | 1858,00 | 11904,00 | 2516,00 |
| Nikel | 17,81 | 34,95 | 9,49 |
| Kurşun | 248,30 | 420,20 | 252,80 |
| Çinko | 553,20 | 704,80 | 402,00 |
| Arsenik | 0,00 | 1,50 | 2,60 |
| Bor | 99,60 | 123,90 | 104,30 |
| Selenyum | 0,00 | 7,40 | 0,00 |
| Vanadyum | 6,12 | 30,18 | 17,80 |
| Baryum | 57,04 | 29,31 | 8,82 |
| Mangan | 38,00 | 243,00 | 74,30 |

Nisanda yapılan sediment analizlerinde Fe, 2nolu pompa girişinde Çizelge 1.5.'de verilen değerlerin üzerindedir. Diğer ağır metaller ise limit değerlerin altındadır. Bahsedilen değerler Çizelge 4.2.1.3.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.1.3. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Nisan, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,52 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 93,00 | 43,50 | 8,80 |
| Bakır | 30,00 | 8,30 | 0,00 |
| Demir | 4564,00 | 10443,00 | 4571,00 |
| Nikel | 35,00 | 29,00 | 6,22 |
| Kurşun | 22,22 | 6,37 | 0,00 |
| Çinko | 254,00 | 74,12 | 3,00 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| Bor | 36,20 | 63,50 | 92,70 |
| Selenyum | 5,30 | 0,00 | 2,80 |
| Vanadyum | 5,17 | 4,00 | 30,00 |
| Baryum | 124,00 | 14,50 | 0,00 |
| Mangan | 71,50 | 200,00 | 51,00 |

Mayıs 2003'de yapılan analizlerde sediment numunesi için tüm ağır metal miktarları Çizelge 1.5.'de verilen limitlerin altındadır. Mayıs ayı analiz sonuçları Çizelge 4.2.1.4.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.1.4. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mayıs, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 59,00 | 56,00 | 9,00 |
| Bakır | 22,00 | 10,70 | 0,00 |
| Demir | 9567,00 | 3811,00 | 2031,00 |
| Nikel | 61,00 | 20,60 | 8,30 |
| Kurşun | 18,80 | 9,63 | 0,00 |
| Çinko | 184,00 | 177,00 | 10,00 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 61,00 | 20,00 | 91,00 |
| Selenyum | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vanadyum | 14,00 | 18,00 | 40,00 |
| Baryum | 117,00 | 49,00 | 0,60 |
| Mangan | 158,50 | 62,50 | 65,00 |

Haziran analizlerinde yalnızca Fe, 1nolu pompa girişi ve 2nolu pompa girişinde Çizelge 1.5.'de verilen limit değerlerin bir miktar üzerindedir. Diğer ağır metaller ise limit değerlerin altında saptanmıştır. Bu değerler Çizelge 4.2.1.5.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.1.5. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Haziran, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 79,00 | 34,50 | 8,00 |
| Bakır | 24,00 | 2,60 | 0,00 |
| Demir | 5438,00 | 9265,00 | 1765,00 |
| Nikel | 31,68 | 24,80 | 5,50 |
| Kurşun | 20,00 | 4,400 | 0,00 |
| Çinko | 263,30 | 51,33 | 5,00 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 33,60 | 46,00 | 51,50 |
| Selenyum | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vanadyum | 40,00 | 54,00 | 66,00 |
| Baryum | 127,50 | 68,00 | 7,00 |
| Mangan | 82,30 | 173,00 | 55,00 |

Ağustos analizlerinde de, Haziran ayında görülen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiş ve burada Fe, 1nolu pompa ve 2nolu pompada Çizelge 1.5.'de verilen limit değerlerin üzerine çıkmıştır. Diğer ağır metal için saptanan değerler ise limit değerlerin altındadır. İlgili değerler Çizelge 4.2.1.6.'da verilmektedir.

Çizelge 4.2.1.6. HNO₃, HCL, HF Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Ağustos, 2003

| Parametre | 1nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüstü |
|-----------|--------------------|--------------------|------------------|
| Kadmiyum | 0,30 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 84,50 | 29,60 | 7,20 |
| Bakır | 28,00 | 3,00 | 0,00 |
| Demir | 5904,00 | 9358,00 | 1420,00 |
| Nikel | 35,50 | 30,00 | 4,65 |
| Kurşun | 22,00 | 5,50 | 1,60 |
| Çinko | 290,00 | 51,00 | 4,00 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 34,60 | 51,35 | 43,50 |
| Selenyum | 0,00 | 0,03 | 1,74 |
| Vanadyum | 18,00 | 19,00 | 20,20 |
| Baryum | 40,50 | 47,00 | 0,00 |
| Mangan | 100,00 | 195,00 | 52,00 |

Materyal metotta da belirtildiği gibi sediment numuneleri hazırlanırken iki farklı yöntem kullanılmıştır. Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında kanaldan alınan sediment numunelerinin bir kısmı HF'li, bir kısmı da HF'siz olarak hazırlanmıştır. Böylece hangi yöntemin sedimentteki ağır metal analizlerinde daha iyi sonuç vereceği, belirlenmeye çalışılmıştır.

4.2.2. HNO₃, HCL Kullanılarak Yakılan Numuneler İçin Analiz Sonuçları

Nisan, analizlerinde Fe, 1nolu pompa ve 2nolu pompa girişinde Çizelge 1.5.'de verilen ağır metallerin toprakta bulunan toplam tolere edilebilir değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Diğer ağır metaller ise limit değerlerin altındadır. İlgili değerler Çizelge 4.2.2.1.'de mevcuttur.

Çizelge 4.2.2.1. HNO₃ HCL Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Nisan, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Kadmium | 0,42 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 71,50 | 29,00 | 5,20 |
| Bakır | 13,50 | 3,00 | 0,00 |
| Demir | 4927,00 | 10920,00 | 1722,00 |
| Nikel | 26,00 | 26,00 | 4,00 |
| Kurşun | 4,85 | 6,21 | 0,00 |
| Çinko | 150,00 | 40,00 | 0,00 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 1,60 |
| Bor | 47,00 | 52,00 | 62,00 |
| Selenyum | 7,00 | 0,30 | 0,00 |
| Vanadyum | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Baryum | 86,00 | 124,00 | 62,00 |
| Mangan | 83,60 | 204,60 | 43,00 |

Mayıs ayında ise yalnızca Fe, 1nolu pompa girişinde Çizelge 1.5.'de verilen limit değerlerin üzerine çıkmıştır. Diğer ağır metaller ise limit değerlerin altındadır. Mayıs değerleri Çizelge 4.2.2.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.2.2. HNO₃, HCL Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Mayıs, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Kadmiyum | 0,10 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 57,70 | 42,50 | 7,20 |
| Bakır | 22,70 | 10,20 | 0,00 |
| Demir | 8040,00 | 3854,00 | 2085,00 |
| Nikel | 47,30 | 17,00 | 7,00 |
| Kurşun | 22,35 | 7,22 | 0,00 |
| Çinko | 181,00 | 149,00 | 9,70 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 16,30 | 5,34 | 60,00 |
| Selenyum | 0,00 | 0,20 | 0,00 |
| Vanadyum | 0,00 | 0,00 | 135,00 |
| Baryum | 127,70 | 52,00 | 51,80 |
| Mangan | 118,00 | 57,00 | 50,00 |

Haziran ayında da yalnızca Fe, 1 nolu pompa ve 2 nolu pompada Çizelge 1.5.'de verilen limit değerleri aşmıştır. İlgili değerler Çizelge 4.2.2.3.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.2.3. HNO₃, HCL Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Haziran, 2003

| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprüsü |
|------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Kadmiyum | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 84,00 | 27,00 | 7,00 |
| Bakır | 23,17 | 0,22 | 0,00 |
| Demir | 5152,00 | 8713,00 | 1874,00 |
| Nikel | 26,30 | 21,20 | 5,52 |
| Kurşun | 16,00 | 2,65 | 0,00 |
| Çinko | 248,00 | 42,50 | 1,32 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 2,00 | 18,30 | 56,00 |
| Selenyum | 0,00 | 0,00 | 4,40 |
| Vanadyum | 0,00 | 0,00 | 176,00 |
| Baryum | 112,00 | 108,00 | 51,00 |
| Mangan | 81,00 | 159,00 | 54,50 |

Ağustos ayında Fe, 1nolu pompa ve 2nolu pompada Çizelge 1.5.'de verilen limit değerleri aşmaktadır. İlgili sonuçlar Çizelge 4.2.2.4.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2.2.4. HNO₃, HCL Kullanılarak Yakılan Sediment Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/kg), Ağustos, 2003

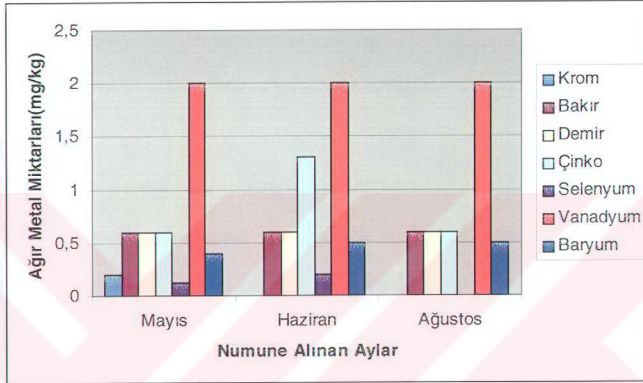
| Parametre | 1 nolu Pompa Girişi | 2 nolu Pompa Giriş | Gölyazı Köprütü |
|-----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Kadmiyum | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Kobalt | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krom | 76,63 | 26,32 | 8,33 |
| Bakır | 28,00 | 0,00 | 26,60 |
| Demir | 6003,00 | 8636,00 | 2022,00 |
| Nikel | 34,70 | 22,90 | 6,40 |
| Kurşun | 24,50 | 4,30 | 1,00 |
| Çinko | 268,00 | 41,70 | 7,30 |
| Arsenik | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bor | 35,50 | 49,00 | 72,36 |
| Selenyum | 3,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vanadyum | 0,00 | 0,00 | 168,00 |
| Baryum | 130,00 | 113,80 | 48,50 |
| Mangan | 85,00 | 162,00 | 55,60 |

HF'in numuneleri parçalamadaki etkisini gözlemek ve hangi metodun daha etkili olduğunu tespit etmek için iki metot denenmiştir.

Analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi her iki metot kullanılarak hazırlanan sediment numuneleri birbirine paralel değerler vermiştir. Fe, miktarı tüm aylarda, çeşitli noktalarda Çizelge 5.1.'de verilen limit değerleri aşmıştır. Diğer ağır metal miktarlarına bakıldığında ise HF kullanılarak hazırlanan numunelerin ağır metal değerlerinin, HF'sizlere nazaran biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Buda bize HF'in sediment numunelerinin parçalanmasında biraz daha etkili olduğunu göstermektedir.

4.3. Tuz Numunesi Analiz Sonuçları

Tuz Gölünden Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında tuz numuneleri alınarak tuz içindeki ağır metal miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece tüm tuz ihtiyacının Tuz Gölünden karşılanması durumunda ağır metallerin, sağlığı tehdit eder boyutta olup olmadığı araştırılmıştır. Analizlerin mg/kg olarak değerleri Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Tuz Numunesi İçindeki Ağır Metal Miktarları (mg/kg)

Analizlerde elde edilen değerler bir insanın günlük tuz ihtiyacının 15gr olduğu düşünülerek mg/gün olarak ifade edilmiştir. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1998 “Tuz Gölü Kirliliği Raporu”) Elde edilen değerler Çizelge 4.3.1.’de verilmektedir.

Çizelge 4.3.1. Tuz Numuneleri İçin Analiz Sonuçları, (mg/gün), 2003

| Parametre | Mayıs | Haziran | Ağustos |
|-----------|-------|---------|---------|
| Krom | 0,003 | 0,000 | 0,000 |
| Bakır | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| Demir | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| Çinko | 0,009 | 0,020 | 0,009 |
| Selenyum | 0,002 | 0,003 | 0,000 |
| Vanadyum | 0,030 | 0,030 | 0,030 |
| Baryum | 0,006 | 0,008 | 0,008 |

Çizelge 4.3.1.'de verilen değerler Çizelge 1.6.'da yer alan günlük besinlerle vücuda kabul edilebilir ağır metal dozları ile karşılaştırıldığında, limit değerlerin altında kaldığı gözlenmektedir.

Analiz sonuçları değerlendirilecek olursa, bugün için Tuz Gölünden elde edilen tuzda insan sağlığı açısından tehlikeli boyutlarda ağır metal konsantrasyonları saptanmamıştır. Ancak Tuz Gölünün dışarıya akıntısının olmadığı ve Ana Tahliye kanalı vasıtası ile göle taşınan ağır metallerin göl içerisinde bulunan tuz tabakaları üzerine çökerek birikebileceği unutulmamalıdır.

Tuz Gölü Kirliliği ile ilgili benzer çalışmalar 1978 yılından buyana çeşitli kurum ve kuruluşlarca yapılmaktadır. Konya Ana Tahliye Kanalından alınan su örnekleri ile gölden alınan tuz numuneleri üzerinde periyodik analizlerin sürdürülmesi ve ağır metallerin analizlerine ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Bugüne kadar yapılan ölçümler göl suyunda ve tuzun bünyesinde kaliteyi bozacak düzeyde bir kirlenmenin olmadığını göstermektedir. Ancak, özellikle Konya Kanalizasyonunun bağlanmış olması sonucu KOATK vasıtası ile göle sürekli olarak kirlenici madde taşınmaktadır. Nüfus artışı ve sanayii gelişimine paralel olarak her yıl artış gösterecektir.

Göldeki tuz üretimi, esas olarak havzaya su girişi ve buharlaşma dengesine bağlı olarak sürdürülmektedir. Kış ve ilkbahar aylarında bol miktarda gelen su, göl tabanındaki tuz tabakasını eritmektedir. Yaz aylarında ise tuza doymun suyun buharlaşması sonucunda tuz kristalleşmekte ve tuz üretimi, çökelen tuzun kazılmasıyla gerçekleşmektedir. Göle gelen su miktarının buharlaşmadan fazla olması durumunda kristal tabaka oluşumu gerçekleşmeyecektir. Bu bakımdan göle gelen su miktarı büyük önem taşımaktadır. (Tuz Gölü Kirliliği Raporu, 1998)

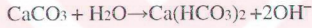
Tez kapsamında atıksu, sediment ve tuz numuneleri üzerine yapılan analizler sonucunda Fe, Cr, V, B, Li, Ni, atıksuda Çizelge 1.2.'de yüzeysel sular için öngörülen kriterlerin üzerinde çıkmıştır, değerler Çizelge 1.4.'de öngörülen atıksu kriterlerinin altındadır. Ancak Tahliye Kanalı herhangi bir arıtıma tabii tutulmadan Tuz Gölüne dökülmektedir ve kanalın suları sulama suyu olarak da kullanılmaktadır, bu nedenle analiz sonuçları yüzeysel su kriterleriyle kıyaslanmıştır. Sedimentte ise tüm aylarda en fazla Fe, saptanmıştır. Diğer ağır metaller limit değerlerin altındadır.

Tuz numuneleri incelendiğinde ağır metal değerlerinin günlük besinlerle vücuda kabul edilebilir değerlerin çok altında olduğu görülmektedir.

Apa barajından çıkan su içme suyu standartlarına yakın çıkmaktadır. Daha sonra Konya Kenti evsel atıksuları ile çeşitli besin endüstrileri, şeker fabrikası, süt ve süt ürünleri tesisleri, çeşitli demir döküm ve balistik fabrikalarının atıkları, Keçeli kolundan ve diğer açık kanallar vasıtası ile göle ulaşmaktadır, 1 nolu pompa girişinde su debisi ve kirlilik maksimum düzeylere ulaşmaktadır. 2 nolu pompa ve 3 nolu pompada su debileri, tarım arazilerinin sulanması, tuz gölüne yaklaştıkça kuraklık ve buharlaşmanın artması gibi nedenlerle yarıya inmektedir. Bu noktalarda bazı ağır metal konsantrasyonları bu sebeplere bağlı olarak artış göstermektedir.

Ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimler, atıksuyun pH'ına ,sıcaklığa bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Ayrıca toprağın yapısında mevcut olan kireç (CaCO_3 , MgCO_3) suyla birleşerek hidroksil (OH^-) iyonlarının açığa çıkmasına neden olur.



Söz konusu hidroksil iyonları pH'ı yükseltir. Böylece ağır metal iyonları hidroksil ile birleşerek çökelir ve inaktif hale geçmiş olur. Kanal boyu bazı ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimler bu sebeplere bağlı olabilmektedir. Ayrıca Tuz Gölüne yaklaştıkça bazı ağır metal konsantrasyonlarını artış göstermesinde en büyük etkenlerden biride göl çevresindeki Aksaray, Cihanbeyli ve Şereflikoçhisar gibi yerleşim yerleridir.

Bütün bunlar göz önünde tutularak, uzun vadede kirlenmenin tehlikeli boyutlara ulaşmasını önlemek amacıyla Konya Atıksu Arıtma Tesisinin en kısa zamanda inşa edilmesi gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim, 1991, "Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları", Sayı: 2078
- Ayhan,A., Güzel,A., 1995 "Konya Ana Tahliye Kanalından Taşınan Ağır Metaller"
Proje no: 93/08, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Barth, E.F., Ettinger, M.C., Salotto, B.V., and Mc Dermott, G.N., "Summary Report on the Effects of Heavy Metals on the Biological Treatment Processes" J.Wat.Pollut. Control Fed., 37, 86-96, 1965
- Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S., 1987 "Çevre Sorunları ve Korunma", 131-143, İstanbul Üniversitesi Yayınları
- Bettinelli M., Beone G. M., 2000, "Determination of Heavy Metals in Soils and Sediments by Microwave Assisted Digestion and Inductively Coupled Plasma, Optical Emission Spectrometry Analysis", Analytica Chimica Acta 424, 289-296
- Brohi, R., Topbaş, T., Karaman, R., 1998, "Çevre Kirliliği", T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara
- Büyükşehir Belediyesi, 2001, "Tuz Gölü Kirliliği Semineri", Konya
- Bruzzoniti, M.C., Sarzanini, C., Mentasti, E., 2000, " Preconcentration of Contaminants in Wateranalysis", Journal of Chromatography A 902, 289-309
- Derrell, 1991, "Trace Elements in Human Nutrition Micronutrients in Agriculture", SSSA. Book Series 4, USA.
- Donais, M.K., Henry, R., Rettberg, t., 1999, "Chromium Speciation Using an Automated Liquid Handling System with Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometric Detection", Talanta, 49, 1045-1050

Duran, M., Demirer, G., “Su Arıtımında Temel İşlemler”, Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 1997

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, 1998, “Tuz Gölü Kirliliği Raporu”, Konya

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, 2002. “Konya-Çumra III. Merhale Projesi Çevresel Etki Değerlendirilmesi ÇED Raporu”, Ankara

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, 1974, “Konya Ovası Ana Tahliyesi”, Yayın no: 772 , Ankara

RDAS. National Research Council, 1989, “Food and Nutrient”, 1989, 10th Edition Acad Press Washington, DC.

Göde, F., 2002, “Reçinelerle Ağır Metal Adsorbsiyonu ve Atıksulara Uygulaması” Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Hans Hermann Rump, Laboratory, 1999, “Manual for the Examination of water, waste water and soil”, Third Edition, wiley – vch, Germany

Haktanır, K., Karaca, A., 1995, “Çevre ve İnsan”, Çevre Bakanlığı Yayın organı Yıl: 6 Sayı: 21, Sayfa: 24, Ankara

Henden, 1998, “Ağır Metal Türlerinin Analizlerinde Yönelimler ve Gelişmeler”, Ege Analitik Kimya Günleri, Uluslararası Katılımı Eğitsel Toplantısı, İzmir, 353

Higman J., Thompson J., 2001, “Characterization and Spatial Distribution of Heavy Metals in Sediment from Cedar and Ortega Rivers Subbasin”, Journal of Contaminant Hydrology 54, 19-35

Jefferson ve ark., 1987, "Lithium Encyclopedia for Clinical Practise", American Psychiatric press inc. 3th edition, Washington DC

Kalender, A., 1993, "Deri Sanayii Sıvı Atıklarının Aktif Çamur Metodu ile Tasfiyesinin Kinetiği Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, İTÜ. İnşaat Fakültesi, İstanbul

Mierzwa J., Sun Y.C., 1998, "Comparative Determination of Ba, Cu, Fe, Pb, and Zn in Tea Leaves by Stullury Sampling Electrothermal Atomic Absorbstion and Liquid Sampling Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry" *Talanta* 47, 1263-1270

Mutluay H., Demirok A., "Su Kimyası" Beta basım, yayım, dağıtım A.Ş., S: 83-84, 1996, İstanbul

Özmen, D., ve Tuncel, S. G., 1998, "ICP-AES'in Çevre ile ilgili Örneklerin Analizinde Kullanımı", 12. Ulusal Kimya Kongresi, 30

Sandroni V., Smith C., 2002, "Microwave Digestion of Sludge, Soil and Sediment Samples for Metal Analysis by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry", *Analytica Chimica Acta* 468, 335-344

Sastre J., Sahuquillo A., 2002, " Determination of Cd, Cu, Pb, Zn, in Environmental Samples: Microwave Asisted Total Digestion Versus Aqua Regia and Nitric Acid Extraction", *Analytica Chimica Acta* 462, 59-72

Şengül, F., Müezzinoğlu, A., 1987, "Çevre Kimyası" Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Yayınları, 188-189

Şengül, F., Küçükgül, Y., 1997 "Çevre Mühendisliğinde Fiziksel Kimyasal Temel İşlemler" Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, 9-1, 9-4

- Tor, A., 2001, "Atomik Spektroskopi ve ICP Tekniği" Doktora Semineri, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Tokalioglu, Ş., Kartal, Ş., Elçi, L., 2000, "Determination of Heavy Metals and Their Speciation in Lake Sediments by Flame Atomic Absorption Spectrometry after a Four- Stage Sequential Extraction Procedure , *Analytica Chimica Acta*,413, 33-34.
- Vegueria J., Godoy M., 2002, "Environmental Impact in Sediments and Seawater due to Discharge of Ba, Ra, V, Ni, Pb, by Produced Water from the Bacia de Compos Oil field Offshore Platforms", *Environmental Forensics* 3, 115-123
- Velicangil, 1987, "Endüstri Sağlığı ve Meslek Hastalıkları", TC. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Yakın ve Ortadoğu Çalışma Eğitim Merkezi, Ankara
- Vitale, R.J., CPC, Mussoline, G. R., 1997 "Environmental Monitoring of Chromium in Air, Soil, and Water", *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26, S80-S85
- Wang C., Yan W.D., 2002, "Status of Trace Elements in Paddy Soil and Sediment in Taihu Lake Region", *Chemosphere* 50, 707-710
- Woitke P., Wellnitz J., Helm D., 2003, "Analysis and Assessment of Heavy Metal Pollution in Suspended Solids and Sediments of River Danube", *Chemosphere* 51, 633-642

