



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BATMAN YÖRESİNDEKİ YÜZEYSEL VE ATIK SULARDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ekrem KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Anabilim Dalı

**EKİM-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Ekrem KAYA tarafından hazırlanan “**Batman Yöresindeki Yüzeysel ve Atık Sularda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması**” adlı tez çalışması 25/10/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Cafer SAKA



Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ



Üye

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Sahnaz TİĞREK

FBE Müdürü



Bu tez çalışması Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından **BTÜBAP-2015-Yüksek Lisans-7** no’lu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ekrem KAYA

25/10/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

BATMAN YÖRESİNDEKİ YÜZEYSEL VE ATIK SULARDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Ekrem KAYA

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Beşir DAĞ

2019, 69 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğretim Üyesi Beşir DAĞ
Prof. Dr. Cafer SAKA
Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT**

Ağır metal kirliliği sanayi ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak en ciddi çevre sorunlarından birisi haline gelmiş olup insan, canlı ve yaşadığımız çevreyi tehdit etmektedir. Buna bağlı olarak bu çalışmada Batmanın Sasondan ilçesinden başlayarak Hasankeyf'e kadar uzanan bir hat üzerinde bulunan Batman çayı ve sonrasında Dicle nehrini de içine alan özellikle de Batman çayını atık sularla kirlüten on farklı lokasyondan alınan yüzeysel ve atıksularda ki toksik etki yapan ağır metal (As, Cu, Zn, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se) derişim($\mu\text{g/L}$) düzeyleri aktif karbonun zenginleştirme metodu kullanılarak önderişirildi. Elde edilen numuneler çözelti haline getirilerek Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) ve İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri (ICP-MS) cihazlarıyla derişimleri tayin edildi. Ölçülen bu değerler mevsimlere ve numunelerin alındıkları noktaların özelliklerine göre değerlendirilerek toksik etki yapacak düzeyde olup olmadıkları veya ağır metal kirliliği taşıyıp taşımadıkları araştırıldı.

Anahtar Kelimeler: AAS , aktif karbon, atıksular, toksik ağır metaller

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SURFACE AND WASTE WATER IN BATMAN REGION

Ekrem KAYA

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY**

Advisor: Assistant Prof. Dr. Beşir DAĞ

2019, 69 Pages

Jury

Assistant Prof.Dr. Beşir DAĞ

Prof. Dr. Cafer SAKA

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Heavy metal pollution is one of the most serious environmental problems due to the development of industry and technology and threatens people, living and living environment. In this study, starting from Sason district of Batman and extending to Hasankeyf, Batman stream and then the Tigris River, including the Batman stream contaminated with waste water from the ten different locations of heavy metals that make toxic effects (As, Cu, Zn, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se) concentrations ($\mu\text{g} / \text{L}$) were preconcentrated using the enrichment method of activated carbon. The obtained samples were dissolved and their concentrations were determined by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The measured values were evaluated according to the seasons and the characteristics of the points where the samples were taken and whether they were toxic enough or carrying heavy metal pollution were investigated.

Keywords: AAS, activated carbon ,toxic heavy metals, wastewaters

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bilgi, birikimi ve tecrübesiyle büyük desteklerini gördüğüm çok kıymetli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ'a en içten duygularıyla sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Sağlıklı ve huzurlu bir hayat sürdürmesini ve her daim başarılarının devamını diliyorum.

Çalışmanın her aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen mesai arkadaşım ve kadim dostum Hamza UÇAR'a en kalbi duygularla teşekkür ediyorum. Ayrıca Laboratuvar çalışması esnasında bilgi ve birikimiyle samimi desteğini esirgemeyen Hakan KIZILKAYA 'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Bu tezin hazırlanmasında maddi olarak destek veren Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ediyorum.

Deneyisel çalışmalar için laboratuvar imkânlarını bizlere sunan bölüm başkanımız Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT'e ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın her aşamasında manevi desteğini hiç eksik etmeyen eşime ve aileme ayrıca çok teşekkür ediyorum ve onları çok seviyorum.

Ekrem KAYA

BATMAN-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Su ve önemi	3
2.2. Kaynaklarına göre suların sınıflandırılması	3
2.2.1. Yüzeysel Sular	3
2.2.2. Yeraltı Suyu	5
2.3. Türkiye'nin su potansiyeli	5
2.4. Uluslararası içme suyu standartları	7
2.5. Suyun fiziko-kimyasal parametreleri	7
2.6. Suyun kirlilik kaynakları	8
2.7. Ağır metaller	8
2.7.1. Ağır metallerin kimyasal özellikleri	9
2.7.2. Ağır metallerin toksisiteleri	10
2.7.3. İnsan ve canlılar için bazı önemli ağır metaller	10
2.7.3.1. Arsenik.....	11
2.7.3.2. Bakır.....	11
2.7.3.3. Çinko.....	11
2.7.3.4. Kadmiyum	12
2.7.3.5. Kobalt.....	12
2.7.3.6. Krom	13
2.7.3.7. Kurşun.....	13
2.7.3.8. Mangan	14
2.7.3.9. Nikel.....	14
2.7.3.10. Selenyum	15
2.8. Su/atıksudan metal iyonlarının giderilmesi için bazı arıtma yöntemleri	15
2.8.1. Kimyasal Çökeltme.....	16
2.8.2. İyon değişimi	16
2.8.3. Membran filtrasyonu.....	17
2.8.3.1. Ultrafiltrasyon.....	17
2.8.3.2. Nanofiltrasyon	17
2.8.3.3. Ters osmoz.....	18
2.8.3.4. Elektrodializ	18

2.8.4. Yüzdürme.....	18
2.8.4.1. Çözülmüş hava flotasyonu (DAF)	18
2.8.4.2. İyon flotasyonu	19
2.8.4.3. Çökelti flotasyonu.....	19
2.8.5. Elektrokimyasal işlemler	19
2.8.6. Pıhtılaşma / flokülasyon.....	19
2.8.7. Adsorpsiyon	20
2.8.7.1. Aktif karbon (AC).....	20
2.8.8. Bioadsorpsiyon	20
2.9. Sulardaki Eser Element Analizlerinde Kullanılan Zenginleştirme Metodları	21
2.9.1. Buharlaştırma.....	22
2.9.2. Ortak çöktürme	22
2.9.3. Aktif karbon ile adsorpsiyon.....	22
2.9.4. Reçine kolonundan geçirme.....	23
2.9.5. Sıvı-sıvı-ekstraksiyonu	24
2.10. Ağır Metal Tayininde Kullanılan Bazı Aletli Yöntemler	24
2.10.1. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS)	24
2.10.1.1. AAS' nin analitik performansı.....	27
2.10.1.1.1. Duyarlık	27
2.10.1.1.2. Doğruluk	27
2.10.1.1.3. Kesinlik	27
2.10.1.1.4. Gözlenebilme sınırı.....	28
2.10.1.1.5. Tayin sınırı	28
2.10.1.2. AAS ile elementlerin kantitatif tayini	28
2.10.1.2.1. Kalibrasyon grafiği yöntemi	29
2.10.1.2.2. Standart ekleme yöntemi	29
2.10.1.3. AAS'de hat genişlikleri	29
2.10.2. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spektrophotometer) =İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri.....	30
2.10.3. ICP-MS(Inductively Coupled Plasma – Mass spectrometer)=İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. Materyal	32
3.1.1 Ölçmelerde kullanılan alet ve ekipmanlar	32
3.1.2 Ölçmelerde kullanılan kimyasal maddeler	32
3.2. Numune toplama ve hazırlama	33
3.2.1. Numune toplama.....	33
3.2.2. Numunelerin alındığı lokasyonlar	33
3.2.2. Toksik ağır metal analizi için numune hazırlama	34
3.2.3. Tampon çözelti (TİSAB)	34
3.2.4. Standart çözeltilerin hazırlanması.....	35
3.3. Ölçme Metodu	35
3.3.1. Ölçmelerle ilgili deneysel parametreler	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Numunelerin Analizleri	37
4.2. Sonuçların Değerlendirilmesi	53
4.2.1. Arsenik(As).....	53

4.2.2. Bakır(Cu)	53
4.2.3. Çinko(Zn).....	54
4.2.4. Kadmiyum(Cd)	54
4.2.5.Kobalt(Co)	55
4.2.6. Krom(Cr)	55
4.2.7. Kurşun (Pb).....	55
4.2.8. Mangan(Mn)	56
4.2.9. Nikel(Ni).....	56
4.2.10. Selenyum(Se).....	56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat derece
µg/L	Mikrogram/litre
µl	Mikrolitre
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
g/cm ³	Gram/santimetreküp
mg/kg	Miligram/kilogram
mg/L	Miligram/litre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Normalite
Ni	Nikel
nm	Nanometre
Pb	Kurşun
pH	Power of hydrogen (hidrojen gücü)
ppb	Milyarda bir kısım
Se	Selenyum
Zn	Çinko

Kısaltmalar

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
AC	Aktif Karbon
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Numunelerin alındığı lokasyonlar.....	34
Şekil 4.1. Batman Çayı Üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	43
Şekil 4.2. Batman çayı üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	44
Şekil 4.3. Batman çayı üzerinde 3. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	45
Şekil 4.4. Batman çayı üzerinde 4. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	46
Şekil 4.5. Batman çayı üzerinde 5. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	47
Şekil 4.6. Batman çayı üzerinde 6. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	48
Şekil 4.7. Batman çayı üzerinde 7. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	49
Şekil 4.8. Batman çayı üzerinde 8. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	50
Şekil 4.9. Batman çayı üzerinde 9. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	51
Şekil 4.10. Batman çayı üzerinde 10. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsideki derişim grafiğı (ppb).....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Ülkemizdeki suların sınıflarına göre kalite kriterleri.....	4
Çizelge 2.2. Türkiye kaynakları su potansiyeli.....	6
Çizelge 2.3. İçme sularındaki kimyasalların ulusal ve uluslararası standartları.....	7
Çizelge 2.4. Yaygın ağır metallerin özellikleri.....	9
Çizelge 2.5. Ağır metallerin kimyasal özellikleri.....	10
Çizelge 2.6. Ağır metallerin su/atık sudan uzaklaştırılması için kullanılan mevcut bazı yöntemlerin avantaj ve dezavantajları.....	21
Çizelge 3.1. Kalibrasyon grafiği için hazırlanan standart karışım çözelti konsantrasyonları (ppm), 2 M HNO ₃ ortamında.....	35
Çizelge 3.2. Thermo Solaar AAS aleti ile ilgili parametreler.....	36
Çizelge 4.1. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Arsenik(As) derişimi (ppb).....	38
Çizelge 4.2. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Bakır(Cu) derişimi (ppb).....	38
Çizelge 4.3. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Çinko(Zn) derişimi (ppb).....	39
Çizelge 4.4. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Kadmiyum(Cd) derişimi (ppb).....	39
Çizelge 4.5. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Kobalt(Co) derişimi (ppb).....	40
Çizelge 4.6. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Krom(Cr) derişimi (ppb).....	40
Çizelge 4.7. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Kurşun(Pb) derişimi (ppb).....	41
Çizelge 4.8. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Mangan(Mn) derişimi (ppb).....	41
Çizelge 4.9. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Nikel(Ni) derişimi (ppb).....	42
Çizelge 4.10. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki Selenyum(Se) derişimi (ppb).....	42
Çizelge 4.11. Batman çayı üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	43

Çizelge 4.12. Batman çayı üzerinde 2. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	44
Çizelge 4.13. Batman çayı üzerinde 3. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	45
Çizelge 4.14. Batman çayı üzerinde 4. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	46
Çizelge 4.15. Batman çayı üzerinde 5. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	47
Çizelge 4.16. Batman çayı üzerinde 6. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	48
Çizelge 4.17. Batman çayı üzerinde 7. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	49
Çizelge 4.18. Batman çayı üzerinde 8. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	50
Çizelge 4.19. Batman çayı üzerinde 9. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	51
Çizelge 4.20. Batman çayı üzerinde 10. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb).....	52

1. GİRİŞ

Yaşamın en temel öğelerinden biri olan su, çok önemli bir besin maddesidir. Su içinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde önemli bir rol oynar. Vücudun pH dengesinin korunmasında, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmada, besinlerin ve artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasında ve bunlar gibi birçok alanlarda görev alır. Canlıların ve canlılığın her şeyi olan su olmaz ise yaşam da olmaz (Akın ve ark., 2007; Baysal, 1989; Himes, 1991; Benjamin ve ark., 1997; Akın ve ark., 2005; Atabey, 2005). Yaşamsal faaliyetler dışında ülkelerin gelişmesinde ve kalkınmasında önemli bir rolü olan su tarih boyunca medeniyetlerin yerleşim yerlerini seçmede, sanayi ve ekonomik yönden gelişimlerinde etkili olmuştur. Artan dünya nüfusu ile birlikte suya olan ihtiyaç da sürekli olarak artmıştır. Bunun yanında dünya nüfusunun artışı çevre sorunlarına ve su kaynaklarının hızla tükenmesine neden olmuştur. Tüm bunlar suyun önemini daha da artırmıştır (Atıcı ve ark., 2016; Çetinkaya, 2003; Yılmaz ve Peker, 2013).

Küresel su talebi yıllık olarak artarken, çeşitli kirlilik türleri potansiyel su kaynaklarını tehlikeye atar (UN Water, 2018). Dahası, araştırmacılar, iklim değişikliğinin yüksek sıcaklıklar ve su döngüsündeki değişiklikler gibi etkilerinin de bu su sorunlarını daha da artıracığını ve potansiyel olarak çevrede, daha ciddi kuraklık ve kimyasal kirleticilerin toksisitesinin artmasına neden olacağını bildirmişlerdir (Milly ve ark., 2002; Noyes ve ark., 2009; Xi ve ark., 2017). Potansiyel olarak insanlar, bitkilerin kirliliği ile sulanması yoluyla patojenleri veya toksik kimyasalları alması, sucul organizmalardaki toksinlerin tüketimi ya da rekreasyon amaçlı (örneğin, yüzmeye) kirliliği yüzey suyunun kullanılması nedeniyle zarar görürler (Schwarzenbach ve ark., 2010). Bununla birlikte, gelişmekte olan dünyada yaşayan bireylerin çoğu için, insan sağlığı en çok kirliliğin doğrudan tüketilmesinden kaynaklanır. Gelişmekte olan ülkelerde, artan su ve çevre kirliliği önemli bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü bu popülasyonlar kirliliği etkin bir şekilde iyileştirecek kaynaklara veya evlerine su sağlayabilecek temiz içme suyu sistemlerine sahip değildirler. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 844 milyon insanın temel bir içme suyu kaynağına sahip olmadığını tahmin ediyor. Gelişmekte olan ülkelerdeki insanların iyileştirilmiş bir içme suyu kaynağına sürekli erişememeleri, su ile ilgili hastalıkların olasılığını artırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre, her yıl yaklaşık 1,6 milyon insan ishal gibi önlenemez suyla ilgili hastalıklardan

ölmekte ve bu ölümlerin % 90'ı 5 yaşın altındaki çocuklarda görülmektedir (Pandit ve Kumar, 2015). Gelişmekte olan dünyada, mikrobiyal maddelerden (örneğin bakteri ve virüsler) kaynaklanan içme suyunun kirlenmesi insan sağlığı için en büyük tehdidi temsil etmektedir. Bununla birlikte, içme suyu kaynaklarında ağır metallerin çoğalması gittikçe büyüyen bir endişe kaynağıdır (Joseph ve ark., 2019).

Ağır metaller, toksisite, kalıcılık ve biyobirikim problemleri nedeniyle doğal çevremizde ciddi bir kirleticidir. Sularda ve biyotadaki oluşumları doğal veya antropojenik nedenlerden kaynaklanmaktadır (Pekey ve ark., 2004; Rivail Da Silva ve ark., 1996; Fang ve Hong, 1999; Klavins ve ark., 2000; Tam ve Wong, 2000). Bakır (Cu), çinko (Zn), manganez (Mn), demir (Fe) ve kobalt (Co) gibi bazı ağır metaller insan vücudundaki biyokimyasal süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bu metal iyonlarına aşırı derecede maruz kalmak tehlikeli etkilere neden olabilir. Arsenik (As), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), cıva (Hg) ve krom (Cr) gibi diğer ağır metaller, iz seviyelerinde bile (milyarda bir kısım, ppb) zehirlidirler ve insan vücudunun ana sistemlerinde birikirler. Çünkü bozulmazlar (Žak, 2012). Normal şartlar altında, insan vücudu ciddi sağlık sorunları yaşamadan eser miktarda metalleri tolere edebilir. Bununla birlikte, ağır metallere uzun süre maruz kalmak vücutta yüksek düzeyde toksin birikmesine neden olabilir. Bu da vücut sistemlerinin bozulmasına ve sonuçta ölüme neden olur (Kamran ve ark., 2013). Bu nedenle, azami kirlilik seviyeleri (MCL'ler) Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından bir su kaynağında sıfır veya sadece ağır metallerin eşik sınırına izin verildiğinden emin olmak için belirlenmiştir. Su kaynaklarında, Pb, Cd, As ve Cr için MCL sırasıyla 10 ppb, 3 ppb, 10 ppb ve 10 ppb'ye ayarlanmıştır (Wang ve ark., 2012; Hua ve ark., 2012). Bu nedenle MCL sınırının ötesindeki aşırı ağır metal salınımı, insan kullanımı veya tüketimi için güvenli değildir (Abdullah ve ark., 2019).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Su ve önemi

Su, dünya ekonomisinde önemli bir rol oynar. Dünya yüzeyinin çoğunluğu (%71) su ile kaplıdır, ancak tatlı su toplamın küçük bir kısmını (%3) oluşturur. İnsan tüketimine uygun su, tatlı su kütlelerinden elde edilir. Yaklaşık olarak tatlı suyun %70'i tarım için kullanılmaktadır. Bu sebeple çok önemli bir doğal kaynak birçok yerde kıtlık seviyesine ulaşıyor. Bu da sosyal ve ekonomik kaygıya neden oluyor (Baroni ve ark., 2006). Güvenli içme suyuna erişim son birkaç on yılda artmış olmasına rağmen, yılda beş milyon ölümün kirli içme suyu veya kuraklık tüketiminden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Gelişmekte olan birçok ülkede, tüm atık suların %90'ı hala temiz su kaynaklarına arıtılmamakta ve bu durum insan tüketimine uygun olmamakla birlikte, kıtlığa neden olmaktadır ve insan nüfusunu önemli ölçüde etkilemektedir (UIET SH., 2002). Sağlıklı bir popülasyon için tatlı su kütlelerinin korunmasına yönelik endişe son zamanlarda artmaktadır. Sanayileşme, çevrenin kirlenmesinden, özellikle göl ve nehirlerdeki suyun çok sayıda toksik maddeyle kirlenmesinden sorumludur (Kanamarlapudi ve ark., 2018).

2.2. Kaynaklarına göre suların sınıflandırılması

Kaynaklarına göre sular, yüzeysel sular (çay, dere, nehir, göl, baraj ve benzeri) ve yeraltı suları olarak iki sınıfa ayrılabilir (MEGEP, 2011).

2.2.1. Yüzeysel Sular

Yeryüzüne yağan yağmurlar ve eriyen karlar göllerde, nehirlerde ve çeşitli yataklarda birikerek yüzey sularını oluşturur. Deniz suları, akarsu, göl ve baraj rezervuarlarındaki sular yüzeysel sular olarak bilinir. Kirli, mikroplu ve çoğu zaman askıda katı maddeler içermesi nedeniyle bulanık olan yüzeysel suların kalitesi genellikle düşüktür. Kalitesi düşük sular güneş altında bekletilirse, içindeki maddeler çöker ve güneşin renk giderme özelliği nedeniyle rengi açılarak daha kaliteli su oluşabilir. Bunun yanında sular uzun süre bir yerde bekletilirse içindeki bakteriler, doğal ömürlerini tamamlayarak ölür.

Kalitelerine göre yüzeysel sular dört sınıfa ayrılır:

❖ Yüksek kaliteli sular (I. Sınıf)

- Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu olarak kullanılan sular,
- Rekreatiyonel amaçlar için kullanılan sular, (yüzme gibi)
- Alabalık üretimi için kullanılan sular,
- Hayvan yetiştirmek ve çiftlik ihtiyacı için kullanılan sulardır.

❖ Az kirlenmiş sular (II. Sınıf)

- İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu olarak kullanılan sular,
- Rekreatiyonel amaçlar için kullanılan sular,
- Alabalık hariç balık üretimi için kullanılan sular,
- Sulama suyu olarak kullanılan sular,
- Ve birinci sınıf sular dışında kalan diğer kullanımlar için kullanılan sulardır.

❖ Kirlenmiş sular (III. Sınıf)

- Kaliteli su gerektiren gıda, tekstil gibi sanayiler hariç, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılan sulardır.

❖ Çok Kirlenmiş Sular (IV. Sınıf)

- I., II. ve III. Sınıf sular dışında kalan kalite olarak düşük kalitedeki sulardır.

Çizelge 2. 1. Ülkemizdeki suların sınıflarına göre kalite kriterleri (Anonim, 2004)

SU KALİTE SINIFLARI				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
İnorganik kirlenme parametreleri				
Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20

2.2.2. Yeraltı Suyu

Toprak yüzeyinin altındaki, durgun veya hareket halinde olan bütün sular yeraltı suları olarak tanımlanır. Kaynaklarını akarsu, göl ve deniz gibi su kütleleri oluşturur (MEGEP, 2011). Yeraltı suyunun kalitesi çeşitli kimyasal bileşenlere ve bunların yoğunluğuna bağlıdır, bunlar çoğunlukla belirli bölgelerin jeolojik verilerinden elde edilir (Patil ve ark., 2012).

Kalitelere göre yeraltı suları üç sınıfta incelenmiştir:

1. Yüksek kaliteli yeraltı suları (I. sınıf)

Başta içme suyu ve gıda sanayi olmak üzere her türlü amaç için kullanılabilen I. sınıf yeraltı sularıdır. Gerektiğinde dezenfeksiyon yapılabilir. Sadece havalandırma ile gerek duyulan oksijen sağlanıyorsa bu gibi sular I. sınıf yeraltı suyu olarak kabul edilir.

2. Orta kaliteli yeraltı suları (II. sınıf)

Arıtma işlemleri yapıldıktan sonra içme suyu olarak kullanılabilen II.Sınıf yeraltı sularıdır. Orta kaliteli yeraltı suları her hangi bir arıtma işlemi yapılmadan tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak kullanılabilir.

3. Düşük kaliteli yeraltı suları (III. sınıf)

Düşük kaliteli yeraltı sularının kullanım yerleri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.

2.3. Türkiye'nin su potansiyeli

Türkiye'nin ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık olarak 643 mm olup, bu da yılda ortalama 501 milyar m³ suya denk gelmektedir. Türkiye'ye yağış ile düşen bu suyun 274 milyar m³'ü bitkilerden, toprak ve su yüzeylerinden buharlaşma ile tekrar atmosfere geri dönmektedir. 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı akarsular vasıtasıyla akışa geçerek denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü pınarlar aracılığıyla tekrardan yerüstü suyuna katılmaktadır. Ayrıca yılda ortalama 7

milyar m³ su komşu ülkelerden ülkemize gelmektedir. Bunları topladığımızda ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır.

Ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt olarak 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Günümüz teknik ve ekonomik şartları nedeniyle, çeşitli maksatlar için tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³'tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³'tür. Ancak bunun 44 milyar m³'ü kullanılmaktadır.

Ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su varlığına göre su fakiri (1.000 m³'ten daha az), su azlığı (2.000 m³'ten daha az) ve su zengini (8.000-10.000 m³'ten daha fazla) olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

Türkiye'nin kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m³ civarında olduğundan Türkiye su azlığı çeken bir ülke konumundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye'nin 2030 yılı nüfusunun 100 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Bu da kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 2030 yılında 1.120 m³/yıl civarında olması demektir. Bu nedenlerden dolayı Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynaklarını çok iyi koruyup, akılcı bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Anonim, 2004).

Çizelge 2.2. Türkiye kaynakları su potansiyeli

Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m ³
Buharlaşma	274 milyar m ³
Yer altına sızma	41 milyar m ³
Yüzey suyu	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m ³
Yer altı suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m ³
Toplam kullanılabilir su (net)	112 milyar m ³
Gelişme durumu	
DSİ sulamalarında kullanılan	32 milyar m ³
İçme suyunda kullanılan	7 milyar m ³
Sanayide kullanılan	5 milyar m ³
Toplam kullanılan su	44 milyar m ³

2.4. Uluslararası içme suyu standartları

Elde edildiği kaynağa ve çevreye bağlı olarak sular, metal ve kimyasal maddeler içerebilir. Bu kimyasallar maddelerin aşırısı sağlığa zararlı olup, çoğunlukla suyun renginde, tadında ve kokusunda değişime neden olmaz. Bunların zararlı etkileri, vücuda alındıktan, hemen veya yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bu nedenle sulardaki kimyasallar analiz edilerek belirtilmelidir. Bu metal ve kimyasalların sulardaki belirli limit değerleri ulusal ve uluslararası standartlar ile belirlenmiştir.

Çizelge 2.3. İçme sularındaki kimyasalların ulusal ve uluslararası standartları

Kimyasallar					
Parametreler mg/l	TSE	Avrupa Birliği	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)	EPA/ USA	Almanya (DIN)
Manganez (Mn)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05
Bakır (Cu)	1	-	1	1	1,3
Çinko (Zn)	5	-	5	5	5
Toksik Maddeler					
Arsenik (As)	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05-0,1
Kadmiyum (Cd)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002-0,005
Nikel (Ni)	0,05	0,05	0,02	--	0,01-0,05
Kurşun (Pb)	0,05	0,01	0,05	--	0,02-0,04
Selenyum (Se)	0,01	0,1	0,01	0,05	0,002-0,001
Krom (Cr)	0,05	0,05	--	0,1	0,01-0,05

2.5. Suyun fiziko-kimyasal parametreleri

İçme, kullanım, tarımsal veya endüstriyel amaçlarla kullanılmadan önce suyun test edilmesi çok önemlidir. Su, farklı fiziko-kimyasal parametrelerle test edilmelidir. Suyun test edilmesi için parametrelerin seçimi yalnızca o suyu hangi amaç için kullanacağımıza, kalitesine ve saflığına ne ölçüde ihtiyacımız olduğuna bağlıdır. Su, farklı yüzer, çözünmüş, asılı ve mikrobiyolojik ve ayrıca bakteriyolojik safsızlıkları içerir. Suyun sıcaklık, renk, koku, pH, bulanıklık ve benzeri gibi fiziksel görünümünün test edilmesi için bazı fiziksel testler yapılırken, BOD (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı), COD (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), çözünmüş oksijen, alkalinite, sertlik ve diğer karakterleri için kimyasal testler yapılmalıdır. Daha fazla kalite ve saflıkta su elde etmek için, eser metal, ağır metal içeriği ve organik, yani pestisit kalıntısı için test edilmelidir. İçme suyunun tüm testleri geçmesi gerektiği ve gerekli miktarda mineral

seviyesine sahip olması açıktır. Sadece gelişmiş ülkelerde tüm bu kriterler kesinlikle izlenir. Suda bulunan çok düşük ağır metal ve organik pestisit safsızlıklarından dolayı, oldukça karmaşık analitik araçlara ve iyi eğitilmiş insan gücüne ihtiyaç duyulur (Patil ve ark., 2012).

2.6. Suyun kirlilik kaynakları

Dünyadaki insanlar, havanın, suyun ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde istenmeyen değişiklikler nedeniyle büyük bir tehdit altındadır. Artan insan nüfusu, sanayileşme, gübre kullanımı ve insan yapımı faaliyet nedeniyle suları farklı zararlı kirletici maddelerle kirletir. Doğal su, kayaların yıpranması, toprakların dökülmesi, madencilik işlemleri vb. nedenlerle kirletilir. İçme suyunun kalitesinin düzenli zaman aralıklarında kontrol edilmesi gerekir, çünkü kirli içme suyunun kullanılması nedeniyle insan nüfusu çeşitli sulardan kaynaklı hastalıklar ile muzdariptir. Kaliteli suyun mevcudiyeti, hastalıkları önlemek ve yaşam kalitesini iyileştirmek için vazgeçilmez bir özelliktir. Su kalitesinin test edilmesinde kullanılan renk, sıcaklık, asitlik, sertlik, pH, sülfat, klorür, DO (Çözünmüş Oksijen), BOD (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı), COD (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), alkalinite gibi farklı fiziko-kimyasal parametreler ile ilgili detayları bilmek gerekir. Pb, Cr, Fe, Hg vb. gibi ağır metaller, suda yaşayan hayvanlarda kronik zehirlenme ürettiği için özel bir öneme sahiptir (Patil ve ark., 2012).

2.7. Ağır metaller

Atom yoğunluğu 6 g/cm^3 'ten daha büyük elementler ağır metal olarak tanımlanır (Bilal ve ark., 2013; O'Connell ve ark., 2008). Aslında yarı metal olan arsenik genellikle tehlikeli bir ağır metal olarak kabul edilir. Ağır metaller, büyüme ve gelişme, kanser, organ hasarı, sinir sistemi hasarı ve aşırı durumlarda ölüm gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olur. Kişinin bazı metallere (cıva ve kurşun gibi) maruz kalması kişinin kendi bağışıklık sisteminin hücrelerine saldırdığı otoimmünitenin gelişmesine neden olabilir. Bunun sonucunda, romatoid artrit ve böbrek hastalıkları, dolaşım sistemi, sinir sistemi ve fetal beynin zarar görmesi gibi eklem hastalıkları baş gösterir. Aşırı dozlarda ağır metal alımı geri dönüşü olmayan beyin hasarına neden olabilir. Çocuklar, vücut ağırlıklarına oranla yetişkinlerden daha fazla yiyecek tükettikleri için

yetişkinlere oranla yiyeceklerden daha fazla miktarlarda metal alabilirler (Barakat, 2011). Bazı eser elementler Fe, Cu ve Zn gibi, organizmaların normal büyümesi ve işlevi için gerekli olan temel mikro besinlerdir. Diğer bazı eser elementler ise, As, Cd, Hg, Pb ve Sn, gibi insan sağlığı ve sudaki yaşam açısından toksik olarak kabul edilir (Pekey ve ark., 2004; Libes, 1992; Ouyang ve ark., 2002). Ağır metaller, toksik ve kanserojen yapıları ve insan sağlığına belgelenmiş zararlı etkileri nedeniyle özel bir öneme sahiptir (Chakraborty ve ark., 2013; Gleason ve ark., 2016; Jarup, 2003; Schwartzbord ve ark., 2013). Ağır metal kirliliği endişe vericidir. Çünkü gelişmekte olan dünyada kullanılan klorlama, kaynama ve güneş dezenfeksiyonu gibi birçok içme suyu arıtma tekniği ağır metallerin çıkarılmasında etkili değildir (Joseph ve ark., 2019; De Kwaadsteniet ve ark., 2013).

Çizelge 2.4. Yaygın ağır metallerin özellikleri (Joseph ve ark., 2019)

Ağır metal	İnsan sağlığına etkileri	Ortak kaynaklar	Maksimum Kirlenici Seviyesi	
			USEPA ^a	WHO ^b
Arsenik (As)	Cilt hasarı, Dolaşım sistemi sorunları	Doğal olarak meydana gelen, Elektronik üretimi	0.010 mg/L	0.010 mg/L
Kadmiyum (Cd)	Böbrek hasarı, kanserojen	Doğal olarak meydana gelen, Çeşitli kimya endüstrisi	0.005 mg/L	0.003 mg/L
Krom (Cr)	Alerjik dermatit, İshal, bulantı ve kusma	Doğal olarak meydana gelen, Çelik imalat	0.1 mg/L	0.05 mg/L
Bakır (Cu)	Sindirim sorunları, Karaciğer veya böbrek hasarı	Doğal olarak meydana gelen, Ev tesisat sistemleri	1.3 mg/L	2.0 mg/L
Kurşun (Pb)	Böbrek hasarı, Azalan sinir gelişimi	Kurşun bazlı ürünler, Ev tesisat sistemleri	0.0 mg/L	0.01 mg/L

^aAmerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen Değerler (USEPA, 2019).

^bDünya Sağlık Örgütü tarafından oluşturulan değerler (WHO, 2017a, b).

2.7.1. Ağır metallerin kimyasal özellikleri

Ağır metaller tipik olarak çevreye çeşitli endüstriyel faaliyetler, tarımsal uygulamalar ve uygun olmayan atık imhası yoluyla girer (Chowdhury ve ark., 2016). Ağır metaller, çevrede kalmaları nedeniyle özellikle sorun teşkil eder. Ağır metaller biyobozunur değildirler, insan ve hayvanlarda kirli yiyecek ve su tüketimine maruz kaldıklarında birikirler. İnsanlar, tüm canlı organizmalarla birlikte, uygun büyüme ve gelişme için, demir, çinko, bakır ve krom gibi farklı miktarlarda ağır metallere ihtiyaç

duyurken, bu metaller, yüksek konsantrasyonlarda tüketildiğinde toksik olabilirler (Joseph ve ark., 2019; Tchobanoglous ve ark., 2003).

Çizelge 2.5. Ağır metallerin kimyasal özellikleri (Joseph ve ark., 2019)

Ağır metal	Molekül ağırlığı (g/mol)	Yükseltgenme basamağı	Van der Waals yarıçapı (10^{-12} m)	Elektronegativite (Pauling Ölçeği)
Arsenik	74.9	-3, +3, +5	119	2.18
Bakır	63.5	+1, +2	140	1.90
Çinko	65.4	+2	139	1.65
Kadmiyum	112.4	+2	158	1.69
Kobalt	58.9	-1, 0, +2, +3	200	1.88
Krom	52.0	0, +2, +3, +6	200	1.66
Kurşun	207.2	+2, +4	202	2.33
Mangan	54.9	-1, 0, +2, +3, +4, +6, +7	205	1.55
Nikel	58.7	0, +2, +3	163	1.91
Selenyum	78,96	-2, +4, +6	182	2.18

2.7.2. Ağır metallerin toksisiteleri

Sucul ekosistemlerdeki hareket kabiliyetleri ve yaşam formlarına toksisiteleri nedeniyle, yüzey ve yeraltı su kaynaklarındaki ağır metaller, çevre için ana kirleticiler maddeler olarak önceliklendirilmiştir (Parmar ve Thakur, 2013; Watson ve ark., 2002). İnsanlara tehlikeli ağır metaller arasında Bakır, Çinko, Nikel, Kurşun, Cıva, Kadmiyum, Arsenik ve Krom bulunur. Bu tür metaller toprakta doğal olarak az miktarda sorun teşkil eden eser miktarlarda bulunurlar. Ancak belirli alanlarda yoğunlaştıklarında ciddi bir tehlike oluştururlar. Örneğin Arsenik ve kadmiyum kansere neden olabilir. Cıva, mutasyonlara ve genetik hasara neden olabilirken, bakır, nikel ve çinko beyin ve kemik hasarına neden olabilir (Parmar ve Thakur, 2013; Soffiotti ve Wagoner, 1976).

2.7.3. İnsan ve canlılar için bazı önemli ağır metaller

Ağır metaller (çinko, demir, bakır, kobalt, mangan, nikel gibi) canlı yaşamı için gerekli olan metaller (kalsiyum, karbon, sodyum, potasyum, fosfor ve azot gibi) kadar önemli iz elementlerdir. Bunun yanında, ağır metallerin arsenik (As), bakır (Cu), kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni), çinko (Zn), kurşun (Pb), cıva (Hg) ve mangan (Mn) gibi sucul ortamlardaki yüksek konsantrasyonları, canlılarda birikmeye sebep olur. Bu ağır metallerin aşırısı toksik, biyolojik olarak parçalanamayan, kanserojen ve

kalıcı yapıları nedeniyle en önemli kirleticiler arasındadır. Ağır metaller rüzgar, akarsu, atmosferik taşınım yoluyla ve kayaç-su etkileşim sürecine bağlı olarak sucul ortama doğal olarak girerler. 19. Yüzyıl sonlarında başlayan sanayi devrimi ile birlikte sucul ortamlara taşınımı ve sucul ekosistemlerindeki konsantrasyonu hızlı bir şekilde artmıştır (Dereli ve ark., 2017; Bilal ve ark., 2013).

2.7.3.1. Arsenik

Arsenik proteini pıhtılaştırmaya çalışır, koenzimlerle kompleksler oluşturur ve solunum sırasında adenosin trifosfat (ATP) üretimini inhibe eder. Muhtemelen tüm oksidasyon durumlarının bileşiklerinde kanserojendir ve yüksek düzeyde maruz kalma ölüme neden olabilir (Duruibe ve ark., 2007; Ogwuegbu ve Ijioma, 2003).

2.7.3.2. Bakır

Bakır, insanlarda enzim sentezi, doku ve kemik gelişimindeki rolü için gerekli olan önemli bir eser elementtir. Bununla birlikte, iki değerli bakır (Cu^{2+}) yutulması halinde fazla tüketildiğinde toksik ve kanserojendir. Aşırı Cu^{2+} tüketimi karaciğerde birikmesine ve ardından kusma, baş ağrısı, bulantı, solunum sorunları, karın ağrısı, karaciğer ve böbrek yetmezliği ve son olarak gastrointestinal kanamaya yol açar (Bilal ve ark., 2013; Akar ve ark., 2009).

2.7.3.3. Çinko

Çinko, yer kabuğunda en bol bulunan 23. elementtir ve insan faaliyetleri nedeniyle konsantrasyonları doğal olarak artmaktadır (Nasernejad ve ark., 2005). Çinko parlak mavimsi beyaz bir metaldir ve periyodik tablonun IIB grubunda bulunur. Normal sıcaklıklarda kırılgandır ve kristalleşir. Ancak 110-150 °C arasında ısıtıldığında yumuşar. Seyreltik asitlerle reaksiyona girdiğinde hidrojen gazı açığa çıkar. Oldukça reaktif bir metaldir. Çinko, galvanizleme, boya, piller, eritme, gübreler ve böcek ilaçları, fosil yakıt yanması, pigment, polimer stabilizatörleri, vb. gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu endüstrilerdeki atık suların çevreye deşarjı sonucunda büyük miktarlarda çinko çevreyi kirlletmektedir (Parmar ve Thakur, 2013; Holdren ve ark., 1991). Çinko, vücuttaki bakırı dengeleyen ve erkeğin üreme aktivitesi için gerekli

olan “erkeksi” bir elementtir (Nolan, 2003). Hidrojen giderme enzimleri ve karbonik anhidraz için kofaktör olarak görev yapar (Holum, 1983). Çinko eksikliği anemiye, büyüme ve gelişimin geriliğine neden olur (Durube ve ark., 2007; McCluggage, 1991).

2.7.3.4. Kadmiyum

Kadmiyum çok düşük seviyelerde toksiktir. İnsanlarda uzun süreli maruz kalma, tübüler proteinüri ile karakterize böbrek fonksiyon bozukluğuna neden olur. Yüksek derecede kadmiyuma maruz kalma, solunan toz ve dumanlardan kaynaklanan tıkalı akciğer hastalığına, pnömoniye yol açabilir. Göğüs ağrısı, köpüklü ve kanlı balgamla öksürük ve aşırı sulu sıvı birikimi nedeniyle akciğer dokularının kaplamasının ölümü ile karakterizedir. Kadmiyum kemik defektleriyle de ilişkilidir; osteomalazi, osteoporoz ve spontan kırıklar, artmış kan basıncı ve miyokardik fonksiyon bozukluğu. Maruz kalmanın ciddiyetine bağlı olarak, etki semptomları bulantı, kusma, karın krampları, dispne ve kas zayıflığıdır. Şiddetli maruz kalma pulmoner odema ve ölüme neden olabilir. Kadmiyuma ve bileşiklerine subkronik inhalasyona maruz kaldıktan sonra pulmoner etkiler (amfizem, bronşiolit ve alveolit) ve böbrek etkileri oluşabilir (Durube ve ark., 2007; McCluggage, 1991; Young, 2005).

2.7.3.5. Kobalt

Kobalt doğada yaygın bulunmakla birlikte, yer kabuğunun yalnızca % 0.001’ini oluşturmaktadır. Yer ve gök taşı kökenli nikelli demirde, güneşin ve yıldızların atmosferlerinde, diğer elementlerle birleşmiş halde, doğal sularda, okyanus tabanlarında, toprakta, bitkilerde ve hayvanlarda az miktarda kobalta rastlanır (Tezcan, 2007).

Kobalt çoğunlukla bileşikleri halinde +2 ya da +3 değerliklidir, +4, +1, 0 ve -1 değerlikli olduğu bileşikler de vardır. Toz halinde olan kobalt havada kolay yükseltgenen bir elementtir (Tezcan, 2007).

Kobalt, hayvanlar ve insanlar için özellikle B12 vitaminin ve bunun türevlerinin (Kobalamitler) yapısında bulunan bir madde olarak mutlak gereklidir (Dağ, 2010).

Bitkilerdeki Co içeriği genelde 0.02-0.5 mg/kg arasında bulunmuştur ve bu değer baklagillerde daha yüksektir. Co noksanlığı daha çok kobaltça fakir, kumlu topraklarda, toprak reaksiyonu nötrden alkaline kadar yükselen, aynı şekilde oksitlerce zengin topraklarda kobaltın tutulması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Co noksanlığı

ABD'nin çeşitli bölgelerinde, Avustralya ve İskoçya'da geniş alanlara yayılmıştır. Toprağın yüksek kobalt içeriğinin bitkiler üzerine yaptığı toksik etkisine nadiren rastlanmaktadır, özellikle mutlak gerekli diğer mikroelementlerin etkisini azaltma şeklinde ortaya çıkabilir. Hayvanlarda ve insanlarda yemlerin ve gıda maddelerinin yüksek miktarda Co içeriklerinden dolayı Co toksisitesine pratik olarak rastlanmamıştır (Dağ, 2010).

2.7.3.6. Krom

Krom çok sert bir metal ve aşınmaya karşı dirençli olmasına karşın, toz hali oldukça aktiftir. Yüzeyi bir oksit tabakası ile kaplandığından, cilalanmaya elverişlidir (Tezcan, 2007).

Vücutta krom miktarı, milyonda 0.02-0.64 arasında bulunur. İnsülinle beraber şekerin metabolizmasını sağlar. Pankreastaki beta hücrelerini ihtiyaç oldukça daha fazla insülin üretmeleri için harekete geçirir. İnsülinin daha verimli çalışmasını sağlayarak, kanda normal glikoz seviyelerinin korunmasını sağlar. Klinik araştırmalarda kromca yetersiz diyetlerle beslenildiğinde, glikozu kullanımda bozukluk ve kolesterol oranında bir artış gözlenmiştir. Şeker hastalarının koroner arter hastalığına yakalanma ve felç geçirme riskleri yüksektir. Yapılan bir araştırma kromun HDL'yi (iyi kolesterol) yükselterek bu riski azaltabileceğini iddia ediyor (Baydar, 2006).

Krom, sulara bulunur. Kromca zengin olan yiyecekler, kabuklu deniz mahsulleri, etler, brokoli, üzüm suyu ve tahıllardır. Krom, tahılların embriyo ve kepeğinde bulunduğundan kepeği alınmış unda miktarı azalır. Doğal besinlerle dengeli beslenenlerde, günde 0.3-0.4 mg krom alındığı ve ihtiyacı karşıladığı varsayılır. Kromun emilim oranı alım arttıkça düşmektedir. Kromun doğada, basit ve karmaşık olmak üzere iki şekilde bulunduğu var sayılmaktadır. Krom sanayinde çalışanlarda, fazla alım nedeniyle akciğer hastalığının yaygın olduğu bildirilmektedir (Baydar, 2006).

2.7.3.7. Kurşun

Kurşun, ağır metallerin en önemli toksinidir. İnorganik formları yiyecek ve su ile yutulması ve solunması yoluyla emilir (Ferner, 2001). Kurşun toksisitesinin belirgin derecede ciddi bir etkisi teratojenik etkisidir. Kurşun zehirlenmesi de hemoglobin sentezinin inhibisyonuna neden olur; Böbreklerde, eklemlerde ve üreme sistemlerinde,

kardiyovasküler sistemde ve merkezi sinir sistemine (CNS) ve periferik sinir sistemine (PNS) akut ve kronik hasarlar verir (Ogwuegbu ve Muhanga, 2005). Diğer etkileri, gastrointestinal sisteme (GIT) ve kanlı idrarla sonuçlanan idrar yolu rahatsızlığına, nörolojik rahatsızlığa ve ciddi ve kalıcı beyin hasarına neden olabilir. İnorganik kurşun formları, tipik olarak CNS, PNS, GIT ve diğer biyosistemleri etkilerken, organik formlar ağırlıklı olarak CNS'yi etkiler (McCluggage, 1991; Ferner, 2001; Lenntech, 2004). Kurşun, beynin gri maddesinin zayıf gelişmesine öncülük ederek çocukları etkiler, böylece zeka geriliğine neden olur (Udedi, 2003). Kurşunun akut ve kronik etkileri psikoz ile sonuçlanır (Duruibe ve ark., 2007).

2.7.3.8. Mangan

Önemli bir eser mineral olan Mangan (Mn), normal büyümeyi sürdürmek, üremeyi sağlamak ve iskelet anormalliklerini önlemek için gereklidir (Lall, 2002; Liang ve ark., 2015; Liu ve ark., 2018). Mangan süperoksit dismutaz (Mn-SOD) ve piruvat karboksilaz dahil çok çeşitli önemli enzimlerin kofaktörüdür. Azalan büyüme, yem alımı, katarakt, iskelet malformasyonu, artmış tüm vücut lipidi ve azalmış Mn-SOD aktivitesi ana mangan eksikliği belirtileridir (Lall, 2002; NRC, 2011; Liu ve ark., 2018). Ek olarak, protein, yağ ve karbonhidrat metabolizmasını içeren çok sayıda hücrel fizyolojik mekanizmada da önemli işlevleri yerine getirir (Zafar ve Khan, 2019; De Rosa ve ark., 1980; Lall, 2002; Andreini ve ark., 2008; Tan ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2016; Zhao ve ark., 2017).

2.7.3.9. Nikel

Nikel genellikle çevrede bulunan en toksik metalden biri olarak kabul edilir. Gıda zincirine giren nikel bileşikleri nedeniyle insanlar ve hayvanlarda nikel birikir. Ni(II), gümüş rafinerileri, galvanik, çinko bazlı döküm ve akümülatör endüstrilerinin atıklarında bulunur (Meena ve ark., 2005). Yüksek miktarda nikel, akciğer, burun ve kemik kanserine neden olur. Nikelin en sık görülen etkilerinden biri de dermatit (kaşıntı)'dır. Ayrıca Ni(II) akut zehirlenmesi baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve kusma, göğüs ağrısı, göğüste sıkışma, kuru öksürük ve nefes darlığı, hızlı solunum, siyanoz ve aşırı halsizliklere neden olur (Parmar ve Thakur, 2013; Duvnjak ve Al-Asheh, 1997).

2.7.3.10. Selenyum

Selenyum bazı bitkiler için yararlı bir elementtir. Ancak hayvanlar ve insanlar için mutlak gereklidir. Selenyumun fazlalığı bütün canlılar için toksik etkiye sahiptir. Bunun yanında hayvanlarda selenyum eksikliği ile toksik etkisi arasındaki sınır çok dardır. Genel olarak toprakta Se içeriği 0.02-2 mg/kg, orta ve kuzey Almanya topraklarında 1 mg/kg'dan daha az bulunmaktadır. Selenyum tıpkı klor, brom ve iyot gibi kısmen deniz havası ile toprağa ulaşmaktadır. Selenyumun toprak içinde bağlanma şekli ve oksitlenme basamağı büyük ölçüde redoks koşullarına ve pH değerine bağlı olarak belirlenmektedir (Dağ, 2010).

Bitkiler selenyumu topraktan selenat ve selenit şeklinde alırlar. Selenyum içerikleri genel olarak 0.01-1 mg/kg kuru madde arasındadır. Mera bitkilerinde içerik mevsimlere göre değişir. Hayvanlarda selenyum eksikliği yemlere selenyum eklenerek önlenabilir (Dağ, 2010).

Selenyum hücre zarının dayanıklılığını artırır. Selenyum, bir antioksidandır. Vücuttaki görevi, kasların zayıflamasını ve kan hücrelerinin çabuk yıkılmasını önler. Adını Çin'in Keşhan yöresinden alan "Keşhan kardiyomiyopati" adı verilen ve kalp kaslarının zayıflaması şeklinde görülen selenyum noksanlığı; haftada 0.5-1.0 mg sodyum selenit uygulamasıyla önemli ölçüde düzeltilmektedir (Baydar, 2006).

Günlük selenit ihtiyacı 100-120 mg arasında değişir. Selenyum en fazla, su ürünlerinde, kepeği ve özü ayrılmamış tahıllarda bulunur. Yeterli alınması halinde bazı kimyasal kanserojenlerin etkilerini azaltır ve radyasyonun zararlı etkisinden korur. Selenyum fazla alındığında saç dökülmesi ve diş bozukluklarına sebep olur, toksik etki yapar. Selenyum fazlalığı hayvanlarda kıl dökülmesine, tırnak ve toynaklarının düşmesine yol açtığı gözlemlenmiştir (Baydar, 2006).

2.8. Su/atıksudan metal iyonlarının giderilmesi için bazı arıtma yöntemleri

Su/Atık sudan metal iyon giderim için bazı mevcut yöntemler (Bilal ve ark., 2013).

➤ Kimyasal Çökeltme

- Hidroksit
- Sülfid
- Şelasyon / kompleks

- **İyon değişimi**
- **Membran filtrasyonu**
 - Ultrafiltrasyon
 - Nanofiltrasyon
 - Ters osmoz
 - Elektro-diyaliz
- **Yüzdürme**
 - Çözünmüş Hava Flotasyonu
 - İyon Flotasyonu
 - Çökelti Flotasyonu
- **Elektrokimyasal arıtma**
 - Elektro-çökeltme
 - Elektrokoagülasyon
 - Elektro-yüzdürme
- **Pıhtılaşma / flokülasyon**
- **Adsorpsiyon**
 - Karbon nanotüpler/aerogeller
 - Aktif karbon
 - Düşük maliyetli adsorbanlar
 - Bioadsorbentler
 - Tasarlanmış Nanopartiküller

2.8.1. Kimyasal Çökeltme

Kimyasal çökeltme, genellikle yüksek konsantrasyonlarda ağır metal iyonları içeren su/atık suları arıtmak için uygulanır ve metal iyon konsantrasyonları düşük olduğunda veya çöktüğünde etkisizdir.

2.8.2. İyon değişimi

İyon değişimi, kıymetli metal iyonlarını atık sudan uzaklaştıran ya da geri kazanan bir diğer önemli ve umut verici arıtma yaklaşımıdır. Hedeflenen metallerin etkili bir şekilde uzaklaştırılması ve geri kazanılması ve toksik çamur üretiminin

önlenmesi bu tekniğin diğer geleneksel tekniklere göre önemli avantajlarından bazılarıdır (Cavaco ve ark., 2007). İyon değişimi sırasında özel metal alım kabiliyetine sahip olan reçineler kullanılır. Sentetik veya doğal olan iyon değişim reçineleri, atık su metalleriyle katyonları değiştirme özelliğine sahiptir. Sentetik reçineler genellikle çözeltilerden ağır metalin mutlak ayrılma kabiliyetleri nedeniyle tercih edilir (Alyüz ve Veli, 2009).

2.8.3. Membran filtrasyonu

Membran filtrasyonu, ağır metalleri uzaklaştırmak için en iyi performansa dayanan, basınçla çalışan bir ayırma işlemidir. Sulu ortamdaki membranların uygulanmasında dikkate alınacak temel faktörler, gözenek büyüklüğü, gözenek dağılımı, yüzey yükü, hidrofilitik derecesi, çözelti akışı ve yardımcı olan fonksiyonel grupların varlığıdır. Bu özellikler su üretim hızı ve ağır metal giderim verimliliği açısından genel membran performansını önemli ölçüde etkiler (Abdullah ve ark., 2019). Nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon, elektrodializ ve ters osmoz, sentetik ve gerçek atık su örneklerinden Cu, Zn, Cd ve Cr'un etkili bir şekilde çıkarılması için membran filtrasyonun örneklerinden bazılarıdır. Filtreleme işlemi performansı, membranların uygun kimyasal malzemelerle işlenmesiyle arttırılabilir (Barakat ve Schmidt, 2010; Kurniawan ve ark., 2006). Bununla birlikte, bu teknik daha yüksek bakım ve işletme maliyetleri nedeniyle ekonomik olarak uygun değildir.

2.8.3.1. Ultrafiltrasyon

Ultrafiltrasyon (2-50 nm arasında değişen mesoporlarla), partikül büyüklüğüne bağlı olarak düşük basınçlı bir transmembran ayırma işlemidir. Düşük enerji girişi ve en iyi kirletici madde giderimi, bu yöntemin iki ana ve en önemli artı noktalarıdır.

2.8.3.2. Nanofiltrasyon

Düşük enerji ihtiyacı, kolay kullanım ve yüksek verimlilik, nanofiltrasyonun ağır metal iyonlarının giderilmesi için umut verici bir teknoloji olmasını sağlayan olağanüstü faydalardan bazılarıdır (Murthy ve Chaudhari, 2008). Nanofiltrasyon, ters osmoz ve

ultrafiltrasyon arasında değişen basınçla çalışan bir membran prosesidir (Eriksson, 1988).

2.8.3.3. Ters osmoz

Ters osmoz (membran gözenek boyutu <2 nm) yarı geçirgen membran kullanır ve boyut dışlama ve çözelti difüzyonu prensibi üzerinde çalışır. Polimer malzeme membranları, geçiş suyunun çıkması için kıvrımlı yolu takip etmesi gereken ağ yapısına sahiptir (Greenlee ve ark., 2009). En büyük dezavantajları, yüksek güç tüketimi, bakım ve membran yenilenmesidir.

2.8.3.4. Elektrodializ

Elektrodializ, sulu bir çözeltideki iyonlaştırılmış türlerin bir elektrik potansiyelinin uygulanmasından sonra geçtiği bir tür membran ayırma işlemidir. Solüsyonda bulunan anyonlar, anotlara doğru hareket ederken katyonlar, farklı şekilde tasarlanmış zarları geçen katoda doğru hareket eder. İşlem verimliliği, voltaj ve sıcaklığın arttırılmasıyla desteklenir; bununla birlikte, artan debilerle azalır (Barakat, 2011). Bununla birlikte, bazı ilişkili dezavantajlar arasında yüksek işletme ve bakım maliyetleri, işlem karmaşıklığı ve zar tıkanması bulunur.

2.8.4. Yüzdürme

Hava kabarcıkları kullanılarak hetero-faz sisteminin (dağınık fazdan ayrılan süspansiyonlar ve sıvı emülsiyonlar) ayrılması tekniğidir. Elde edilen topaklar toplanır ve tepeden çıkarılır (Sudilovskiy ve ark., 2008). Çözünmüş hava flotasyonu, iyon flotasyonu ve çökeltme flotasyonu, su/atık suda bulunan metal iyonlarının giderilmesinde ana yüzdürme işlemleridir.

2.8.4.1. Çözünmüş hava flotasyonu (DAF)

Bu yaklaşımın temel konsepti, kolayca yabancılaşan çözeltiden havayı iterek, sulu ortama kıyasla daha düşük yoğunlukta aglomeratlar geliştirmektir (Lundh ve ark.,

2000). DAF, suda asılı partiküller ile mikro kabarcıkların bağlanmasına izin verir ve daha az yoğunluğa sahip, kolayca ayrılabilen aglomeratların gelişmesine neden olur.

2.8.4.2. İyon flotasyonu

İyonik türler, yüzey aktif cisimlerinin eklenmesi ve ardından hava kabarcıklarının teması yoluyla hidrofobik hale getirilir. Polarize edici olmayan hidrokarbon zinciri çözeltiye maruz kalırken, yüzey aktif cisminin polar kafası metal iyonlarına yapışır. Pompalanan hava kabarcıkları açık uç oluşturan sürülerle etkileşime girer. Cu, Zn, Cr ve gümüş metallerinin çoğunluğu (%90), optimum pH koşulları altında su/atık sudan flotasyon ile uzaklaştırılır (Polat ve Erdogan, 2007).

2.8.4.3. Çökelti flotasyonu

Yaklaşım kimyasal reaktifler kullanarak çökelti oluşumuna dayanır ve ardından hava kabarcıklarına bağlı ağır metallerin nihai olarak uzaklaştırılmasını sağlar. Metal konsantrasyonuna bağlı olarak, çökeltme metal hidroksit oluşumu yoluyla veya spesifik anyonlarla (sülfid, karbonat) bir dizi halinde ilerleyebilir.

2.8.5. Elektrokimyasal işlemler

Elektrokimyasal işlem, ultrafiltrasyon gibi bazı diğer tekniklerle elektrikle takviye edilir. Zehirli ağır metal iyonlarını atık sulardan çıkarmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, uzun vadeli işletme ve bakım maliyetleri ile desteklenen süreci başlatmak için nispeten büyük sermaye yatırımları gerektirir ve pahalı elektrik tedariki uygulanabilirliğini sınırlar. Elektrik, elektrokoagülasyon, elektroflotasyon ve elektrodpozisyon gibi çeşitli şekillerde kullanılabilir.

2.8.6. Pıhtılaşma / flokülasyon

Bu, partiküllerin ilk önce onları ayrı tutan kuvvetleri nötralize ederek (pıhtılaşma) ve ardından kararsız hale getirilmiş nötr partiküllerin bir ikinci aşamada topaklandığı (topaklanma) iki aşamalı bir işlemdir. Alum (şap) gibi pıhtılaştırıcılar, içinde bulunan kolloidleri dengelemek ve atıkların kolay çıkarılmasını sağlamak

amacıyla büyük boyutlu sürüler geliştirmek üzere topaklanmanın ardından tortulaşma işlemini başlatmak için su/atık suya eklenir. Bu işlem için etkili pH 11'dir. Teknik, toksik çamur üretiminin işletme maliyeti ve büyüklüğü nedeniyle çevresel olarak sağlam ve sürdürülebilir bir yöntem değildir (Kurniawan ve ark., 2006). Bunun yanı sıra, geleneksel pıhtılaştırıcılar ve topaklaştırıcılar, çözünür ağır metallere uygulanmaz.

2.8.7. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, ağır metallerin düşük konsantrasyonda su/atık sudan uzaklaştırılması için bilinen bir yöntemdir. Adsorpsiyon işlemi, tasarım ve kullanımda esneklik sunar ve birçok durumda yüksek kalitede arıtılmış atık su üretir. Bunun yanı sıra, adsorpsiyon, geri dönüşümlüdür ve adsorbanlar uygun desorpsiyon teknikleriyle yeniden üretilebilirler. Birçok düşük maliyetli adsorbanlar, bugüne kadar kullanılarak ağır metal iyon giderimi için geliştirilmiş ve test edilmiştir.

2.8.7.1. Aktif karbon (AC)

Geniş hacimli, mikro gözenekli ve yüksek yüzey alanlı mesopor özelliği nedeniyle aktif karbon, ağır metallerin su/atık sudan daha yüksek oranda çıkarılmasını sağlayan bir üründür.

2.8.8. Bioadsorpsiyon

Su/Atık sudan ağır metal giderimi için daha ucuz ve ekonomik açıdan uygun arıtma teknolojilerini keşfetmek için araştırmalar halen devam etmektedir. Yukarıda belirtilen yöntemlerin, iyi performans verimi olmasına rağmen, yüksek işletme maliyeti, işlem karmaşıklığı, daha yüksek miktarlarda toksik tortu üretimi gibi nedenlerden dolayı, onları uygun ve uyarlanabilir kılan güçlüklerden bazılarıdır. Biyo-adsorpsiyon, düşük konsantrasyonlarda ağır metallerin çıkarılması, kullanılan biyo-adsorbanların ucuz olması ve hızlı bir şekilde metallerin geri kazanılması sebebiyle mevcut verimli işlemlerden biridir (Demirbas, 2008). Toksik metal iyonlarını uzaklaştırmak için inaktif atık biyokütlesini kullanan ve gelişmekte olan teknolojilerden biridir. Katı faz (sorbent) ve adsorbe edilecek çözünmüş türleri içeren bir sıvı faz (çözücü) içerir. Bu işlemde kullanılan malzemeler biyo-adsorpsiyon madde olarak adlandırılır (Igwe ve Abia,

2006). Alkol, aldehitler, ketonlar, karboksilik, eter, fenolik gibi çeşitli fonksiyonel grupların varlığından dolayı, bu adsorbanları metal bağlanmaya karşı yüksek afiniteye sahip yapar ve adsorbanı ağır metallerin çıkarılması için çekici materyal haline getirir (Demirbas, 2008; Sud ve ark., 2008; Ahluwalia ve Goyal, 2007).

Çizelge 2.6. Ağır metallerin su/atık sudan uzaklaştırılması için kullanılan mevcut bazı yöntemlerin avantaj ve dezavantajları (Abdullah ve ark., 2019; Bilal ve ark., 2013; Barakat, 2011; Fu ve Wang, 2011)

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Çökeltme	- Basit yöntem ve seçicilik derecesi - Çökelti nispeten ucuz - Büyük miktarlarda atık suyun işlenmesi için uyarlanabilir.	- Yüksek konsantrasyonda ağır metal içeren suların arıtılmasında etkisiz - Çok miktarda çökelti ajanı gerektirir - Çok miktarda toksik çamur üretimi - Kimyasal stabilizasyon ve uygun çökeltici atılması gerekir. - Yavaş metal çökeltme ve tortulaşma -Yüksek kimyasal gereksinim, optimum seviyede pH bakımı. Sıcaklık, pH, çökeltme konsantrasyonu vb. gibi çok sayıda faktörün bu teknik sırasında oldukça zor olması gerektiği.
Pıhtılaşma-flokülasyon	- Şap gibi nispeten ekonomik, ucuz bir pıhtılaştırıcıdır. - Basit kullanım	- Eksik ağır metallerin çıkarılması. - Etkili bir şekilde alınabilmesi için genellikle çökeltme yöntemiyle birleştirilmesi gerekir. - Çamur üretimi.
Adsorpsiyon	- Geniş adsorban seçimi - Nispeten ucuz - Basit kullanım	- Nanolaşmış adsorbanlar, çok güçlü Van der Waal'ın güçleri nedeniyle umut verici sonuçlar veremiyor. - Bazı adsorbanların maksimum bağlama kapasitesi için hibritleştirilmeleri gerekir.
İyon değişimi	- Hızlı kinetik - Uygun işlem - Ekonomik süreç düşük maliyetli malzemeler kullandığından ve reçine yeniden üretilebildiğinden - Yüksek işlem kabiliyeti, daha yüksek metal çıkarma oranı.	- İyon değiştirme ortamlarında metal iyonlarının tıkanması. - Sadece düşük metal konsantrasyonları için uygundur. - pH'a çok duyarlıdır. - Serbest asitlerin varlığı düşük bağlanma afinitesi ile sonuçlanabilir.
Membran filtrasyonu	-Atık suların yeniden kullanımı, -Katı atık su limitlerinin elde edilmesinde yardımcı, -Değerli malzemelerin geri kazanılması, -Çevresel zararların önlenmesi.	-Membran kirlenmesi, -Sermaye maliyeti, -Bakım ve işletme maliyeti, -Düşük metal iyon konsantrasyonu durumunda daha az verimli.

2.9. Sulardaki Eser Element Analizlerinde Kullanılan Zenginleştirme Metodları

Eser element analizleri çevre ve canlı sağlığı açısından çok büyük önem arz etmekte olduğundan, son zamanlarda yeni analiz teknikleri geliştirmekte ve uygulamaya konulmaktadır. Bununla birlikte her metodun avantajları ve dezavantajları

bulunmaktadır. Her bir metotta numunenin analize hazırlanması ve metodun o numuneye duyarlılığı farklıdır (Alfassi ve ark., 1990). Burada sıkça kullanılan metotlardan beş tanesinden (buharlaştırma, Ortak çöktürme, aktif karbon ile adsorbsiyon, reçine kolonundan geçirme, sıvı-sıvı ekstraksiyonu) bahsedilecektir (Dağ, 2010).

2.9.1. Buharlaştırma

Kendiliğinden uçucu olan veya kolaylıkla uçucu bileşiklerine dönüştürülebilen elementler için bu yöntem oldukça uygundur. Buharlaştırma yönteminde eser element ile matriks arasında uçuculuk farkının yüksek olması gerekmektedir (Özdeş, 2012).

Buharlaştırma metodunun en ilgi çekici özelliği ilk basamaktan son basamağa kadar aynı kapta olması ve hazırlanmasının az zaman almasıdır. Bunun yanında tayini yapılmak istenilen elementlerin buharlaştırmadan dolayı kaybı olmaktadır. Buna rağmen, on kat deriştirme ile su analizlerinin ICP/AES ' de analizleri önemli derecede yaygınlaşmıştır (Dağ, 2010).

2.9.2. Ortak çöktürme

En eski ayırma yöntemlerinden biri olan ortak çöktürme inorganik eser element analizlerinde zenginleştirme tekniği olarak günümüzde halen kullanılan çok faydalı bir yöntemdir. Bu yöntem iki sınıfta ele alınır. 1. Matriks elementlerin çöktürülmesi, 2. Eser elementlerin çöktürülmesi. Eser elementler doğal sularda çok düşük konsantrasyonlarda (ppm (1 mg/L) seviyesinden bile az) bulunduğundan önderiştirme yapılmalıdır. Bu metodun avantajı, analizleri yapılmak istenen elementlerin yüksek konsantrasyonda çöktürölüp ölçümün kolaylaştırılmasıdır. Bu yöntemin dezavantajları ise uygulanırken, kaptan gelen kirlenmeler, ayırmak istenilen elementin çökelekteki bileşimi ve işlemin uzun zaman almasıdır. Bu nedenlerden dolayı ortak çöktürme tekniği yalnızca sudaki eser element analizleriyle sınırlıdır.

2.9.3. Aktif karbon ile adsorpsiyon

İlk kez 1970'li yıllarda gündeme gelen ve ağır metallerin uzaklaştırılması için kullanılan aktif karbonla ayırma yönteminin adsorblama mekanizması tam olarak

bilinmemektedir. Aktif karbon yüzeyindeki fonksiyonel gruplar yardımıyla metalin önce indirgendiği sonra aktif karbonun onu mekanik olarak süzdüğü belirtilmiştir. Bunun yanında aromatik halkalı şelatlar da halkadaki pi orbitalleri ile aktif karbonun yüzeyindeki pi orbitallerinin sarılarak etkileşmeleri şeklinde açıklanmıştır.

Son zamanlarda aktif karbon yüzeyinde metal komplekslerinin adsorbsiyonu ile eser elementlerin deriştirilmesi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sudaki eser bakır metalinin bu yöntem ile zenginleştirilmesinden %70 geri kazanma sağlanmıştır. Aynı zamanda deniz ve tatlı sularda eser metaller zenginleştirilmiştir. Co, Cu, Hg iyonlarının tek başlarına aktif karbonda adsorblandığı fakat komplekslerinin daha yüksek oranda olduğu saptanmış. Alkali matrikslerdeki eser elementlerin tayininde matriks etkisini giderme ve zenginleştirme amacı ile kullanılan ağır metal komplekslerinin aktif karbonda adsorblanmaları ve geri kazanma verimlerinin incelenmesi yapılmıştır (Tezcan ve Özbay, 1989). Eser metaller, ditizon, hidroksikinin, antranilik asit, difenilkarbozot, ve dietildithiokarbamatla (DEDTC) kompleks haline getirildikten sonra aktif karbonda adsorblanabilirler (Tezcan ve Özbay, 1989).

2.9.4. Reçine kolonundan geçirme

AES (Atomik Emisyon Spektrometrisi) metodu, deniz suyu ve tatlı su içindeki ağır metallerin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden bir diğeridir. Zenginleştirme teknikleriyle ağır metaller matriks tuzlardan ayrılabilirler. Bu metodun bir takım değişik uygulama şekilleri vardır. Birincisi: Suyun içindeki Cd, As ve Zn' yi nötron aktivasyonu kullanarak tanımlamada bir konsantrasyon hazırlama düzeneği geliştirilmiş ve bu amaç için kullanılan deriştirme tekniği Cd, As ve Zn'nin pH=10' da reçine üzerinde tutturulma esasına dayalıdır. Bu deney düzeneğinin kullanılmasının nedeni zenginleştirme tekniklerindeki olumsuzlukları ve eser elementlerin oluşturdukları kirlenmeyi azaltmaktır. İkincisi ise: Şelat-100 reçinesi ile grup metal tayini yapılmış olup o metallerin zenginleştirilmeleri yapılarak AES ile ölçülmüştür. Zenginleştirme şartları (reçinenin ağırlığı, karıştırma süresi, amonyum asetat tampon çözeltisinin miktarı) test edilmiştir. Son olarak da: Dietil ditiyokarbonat şelatları olarak Cu, Fe, Pb, Ni, Cd ve Bi'nin zenginleştirilmesi için Amberlite XAD-4 reçinesi ile doldurulmuş bir kolonun kullanımı önerilmiştir. Reçinede kalan aranan elementler az bir miktar aseton ile toplanmış ve ölçümü yapılmak istenilen numunedeki metaller AAS ile ölçülmüştür (Uzun ve ark.; 2001).

2.9.5. Sıvı-sıvı-ekstraksiyonu

Bu yöntemde biri su diğeri ise organik çözücü olan ve birbiriyle karışmayan iki farklı faz kullanılır. Büyük hacimdeki bir çözeltide bulunan element (su fazı) daha küçük bir hacimdeki bir çözücüye (organik faz) ekstrakte edilerek konsantrasyonu artırılır. Ekstraksiyonun daha iyi olması amacıyla zenginleştirilecek olan element uygun bir ligand ile kompleksi oluşturulur ve daha küçük hacimdeki organik çözücüye alınır. Organik çözücü doğrudan aleve püskürtüldüğünde, bu şartlar altında metal selatinin organik çözeltisi, sulu çözeltiden daha çabuk yandığından metal alevde daha kolay atomik basamağa indirgenir. Girişim yapan elementler de maskelenerek çok iyi sonuçlar alınabilir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu aynı zamanda oksidasyon basamağındaki eser elementlerin tayininde de kullanılır. Örneğin, Cr(VI) APDC-MIBK ile seçici olarak ekstrakte edilir. Cr (III) çözeltide kalır.

2.10. Ağır Metal Tayininde Kullanılan Bazı Aletli Yöntemler

2.10.1. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS)

Analitik kimyacıların hedeflerinden biri de yaşamımızda önemli rolleri bulunması nedeniyle etrafımızdaki eser seviyedeki ağır metalleri tayin etmektir (Ghaedi ve ark., 2007).

Gaz halindeki atomların veya gaz halindeki tek atomlu iyonların absorpsiyon, emisyon ve floresans özellikleri üzerine kurulmuş olan spektroskopi dalına atomik spektroskopi denir. Atomik spektroskopisiyle gaz halindeki atomların ve iyonların ultraviyole, görünür alan ve X-ışınları spektrumları incelenir (Gündüz, 2012).

AAS cihazı, elementlerin yüksek sıcaklıktaki alevde yakılmaları sonunda gaz durumdaki atomlarının ışın absorbe etme özelliklerine dayanılarak geliştirilmiştir. Bu cihazlarla yapılan analizler Beer-Lambert yasasına uyar. AAS cihazları ışın kaynağı (lamba) devreye sokulmadan kullanılırsa fleymfotometre görevini de görür. Bunlara fleym (alev) emisyon spektrofotometreleri (FES) de denir. Spektrofotometrik analiz yöntemlerinde renkli çözeltilerin absorbe ettiği ışının fotometrik olarak belirlenmesine karşın AAS ve ICP-OES cihazlarında aleve püskürtülen çözeltilerin absorbe ettiği ya da yaydığı ışın fotometrik olarak belirlenmektedir. Bu yönüyle birçok açıdan spektrofotometrik yöntemlerle AAS ve ICP-OES yöntemleri birbirine benzerlik gösterir

(Kaçar ve Kütük, 2010). AAS metodu çok hassas bir metottur. Bugün için yaklaşık 60 kadar metal ve yarı metal bu metotla tayin edilebilmektedir. Ancak, metal olmayan elementlerin rezonans çizgilerinin dalga boyları 200 nm'nin altında olduğundan tayinleri bu metotla yapılamamaktadır. (Gündüz, 2012)

AAS yönteminde belirlenecek her elemente özgü bir ışık kaynağı olarak oyuk katod lambası, OKL (hollow cathode lamp, HCL), kullanılmaktadır. Lambadaki katod, belirlenmek istenen elementten yapılmıştır. Bu durum AAS yönteminde spektral ya da radyasyon interferensinin olabildiğince az olmasını sağlamaktadır. AAS'de alev için, hava-asetilen (A-Ac), azotoksit-asetilen (N-Ac) ve azot-hidrojen (N-H) gazlarından biri yakıt olarak kullanılmaktadır. Alev sıcaklığı bu yakıtların özelliğine bağlı olarak 1500-3000 0C arasında değişir. Bu sıcaklıktaki aleve püskürtülen çözelti içindeki elementler atomize olur. Miktarı belirlenecek elementi içeren çözeltinin aleve püskürtülmesi sonucu atomize olan element tarafından, katodu bu elementten yapılmış lambadan gelen bu elemente özgü ışınların bir bölümü absorbe edilmekte ve absorbe edilen ışın miktarı uygun bir dedektör yardımıyla ölçülmektedir. Alevde atomize olan belirlenecek element miktarı ile absorbe edilen ışın miktarı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır (Kaçar ve Kütük, 2010).

Alevde atomlaştırmada miktarı çok az olan bazı ağır metallerde tam atomlaşma sağlanamadığından elektrotermal atomlaştırma uygulanarak alevsiz (flameless) AAS yöntemi kullanılır. Elektrotermal atomlaştırıcılardan en yaygın kullanılanı grafit fırınıdır. Grafit fırını çok düşük düzeyde bulunan metallerin miktarını belirlemeye ve çok az miktarda örnekler üzerinde çalışmaya olanak vermektedir. Grafit fırınlar, örneğin konulacağı bir açıklığın bulunduğu 2-3 cm uzunluğunda ve 0.5-1.0 cm çapında karbondan (grafit) yapılmış tüplerdir. Grafit fırınlarında, örnek kabına 5-50 µl sıvı veya 1-10 mg katı (toz) örnek konulduktan sonra elektrikle ısıtılarak örnek içindeki element atomlaştırılır (Kaçar ve Kütük, 2010).

AAS yönteminde duyarlık ve belirleme sınırı kullanılan AAS'nin özelliğine, analiz edilen elementin çeşidine ve uygulanan tekniğe göre değişir. Analiz edilecek element konsantrasyonunun örnekte ve standart çözeltide uygun aralıkta tutulması durumunda en iyi sonuç alınabilmektedir (Kaçar ve Kütük, 2010).

Genellikle AAS ile her seferinde bir element belirlenmekte ve o elemente özgü ışık oluşturan lamba kullanılmaktadır. Birkaç elementin belirlenmesine olanak veren oyuk katod lambaları da bulunmakla birlikte aynı katod lambası ile çeşitli elementlerin

belirlenmesi durumunda analizlerde duyarlılık büyük ölçüde azalmaktadır (Kaçar ve Kütük, 2010).

AAS yöntemi çeşitli yönlerden diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır. Bunlar; a) Yöntem göreceli olarak daha duyarlıdır, b) Analiz için az miktarda örnekle çalışılabilir, c) Belirleme 1 saatte 100 örnek analiz edilebilecek kadar hızlıdır, d) AAS yönteminde interferens (parazit) göreceli olarak daha azdır (Kaçar ve Kütük, 2010).

Atomik absorpsiyon cihazı başlıca dört kısımdan oluşur, bunlar sırasıyla şunlardır (Dağ, 2010).

- 1- Işın kaynağı
- 2- Numune kabı
- 3- Monokromatör
- 4- Dedektör

Işın kaynağı

Atomik absorpsiyon cihazlarında ışın kaynağı olarak genellikle oyuk katotlu lambalar kullanılır. Lambanın katot ve anodu volframdan yapılmıştır. Katodun ucundaki çukur ya tayini yapılan maddeden yapılmıştır veya tayini yapılan maddeyle kaplanmıştır. Lambanın içinde 1-2 mm Hg de Helyum veya argon bulunur. Katodun tam karşısındaki kısım kuvarstan yapılmış bir penceredir (ultraviyole ve görünür alan ışınlarını geçirmesi için).

Oyuk katotlu lambalar uzun silindirik bir yapıda olduklarından, gaz haline geçmiş olan metal atomları genellikle tekrar katot üzerinde toplanırlar. Bunun sonucu lamba uzun süre (yaklaşık bin saat gibi) kullanılır. Lambalarda gereğinden yüksek potansiyel kullanılmamalıdır. Yüksek potansiyel gaz halinde çok metal atomu oluşturur, bunlardan pek çoğu uyarılmış atomdurlar. Atomların yaydığı ışınları absorbe ederler ve ışın demetinin şiddetini düşürürler. Bundan başka Doppler genişlemesini de arttırırlar.

Numune kabı

Çözelti için absorpsiyon spektrofotometrelerinde özel numune kapları kullanıldığı halde, atomik absorpsiyon spektrofotmetrelerinde alev veya yüksek sıcaklıktaki bir ortam (ark ortamı gibi) bu işi görür. Başka bir deyimle numune, yüksek sıcaklıktaki bir ortamda bulunur. Bu amaçla en çok kullanılan ortam asetilen/oksijen alevi ortamıdır.

Alev ortamında element atomları olduğundan ve bunlardan çok büyük bir kısmı uyarılmamış halde bulunduğundan, yukarıda tanımlanan lambadan alevin içine gönderilen tayini yapılacak elementin rezonans ışın demetinin önemli bir kısmını absorplar. Absorpsiyonun şiddeti, sis haline getirilen damlacıkların büyüklüğüne, alevin şekline, sıcaklığına ve söz konusu elementin oksitlenme derecesine bağlı olarak değişir (Dağ, 2010; Gündüz, 1999).

Monokromatör ve dedektör

Monokromatörün görevi, absorplanacak belli dalga boylarındaki ışını diğer ışınlardan ayırmaktır. Işın ayırıcı olarak prizma veya optik ağ kullanılır. Ayrılan ışın elektrik sinyaline dönüştürülmek üzere dedektöre gönderilir. Fotoalıcılar yardımı ile elektrik sinyalleri dijital, analog veya bir yazıcıdan absorpsiyon olarak verilir. Gerektiğinde bilgisayar bağlantısı ile doğrudan konsantrasyon olarak da okunabilir (Demir, 1986).

2.10.1.1. AAS' nin analitik performansı

2.10.1.1.1. Duyarlık

Standart çözeltilerin derişimlerine karşı ölçülen absorpsiyon değerlerinin grafiğinden elde edilen kalibrasyon eğrisinin eğimi duyarlık olarak ifade edilir. Atomik absorpsiyonda duyarlık özel olarak analiz elementinin net % 1'lik absorpsiyonuna karşılık gelen derişim olarak ifade edilmiştir (Oymak, 2003).

2.10.1.1.2. Doğruluk

Ölçülen bir değer bilinen gerçek değere yakınlığı şeklinde tanımlanır ve uygulamada analizin çok kez tekrarlanmasıyla bulunan ortalama değer gerçek değere yakınlığı olarak ifade edilir (Oymak, 2003).

2.10.1.1.3. Kesinlik

Kesinlik, tanım olarak elde edilen sonuçların tekrarlanabilir olmasının ölçüsüdür. Bir ölçümde sonuçlar birbirine yakınlığı ne kadar yüksekse ölçümün

kesinliği de o kadar yüksek olarak kabul edilir. Kesinliğin yüksek olmasının en yaygın ölçüsü standart sapmanın bir o kadar düşük olması şeklinde ifade edilir (Gündüz, 2002).

2.10.1.1.4. Gözlenebilme sınırı

Bir analitik yöntemin performansı genellikle gözlenebilme sınırı ile ölçülür. Alete ve metoda da bağılıdır. Gözlenebilme sınırı teorik olarak analitin tayin edilebilen en küçük derişimi olarak tanımlanır ve $x = \bar{x}_{k\ddot{o}r} + 3.s_{k\ddot{o}r}$ ile bulunan derişimdir. $x_{k\ddot{o}r}$, kör çözeltinin ortalama sinyali ve $s_{k\ddot{o}r}$ de standart sapmasıdır, bulunan x absorbans biriminde olup, kalibrasyon doğrusundan karşılık gelen derişim bulunur. Bu gözlenebilme sınırıdır. Bir yöntemin ya da cihazın duyarlılığı gözlenebilme sınırını etkileyen bir faktördür (Elçi ve ark., 1998).

2.10.1.1.5. Tayin sınırı

Normal olarak gözlenebilme sınırı yakınında tayin yapılamaz. Tayinin yapılabildiği derişim DL değerin bazen 5 bazen de 10 katı olarak alınır. Bu değere tayin sınırı denir (Hazer, 2003; Elçi ve ark., 1998; Gündüz, 2002).

2.10.1.2. AAS ile elementlerin kantitatif tayini

AAS ile yaygın olarak eser element özellikle de metallerin tayini yapılır. Bütün element atomları kendilerine özgü dalga boyundaki ışını absorplayıp uyarıldıkları zaman elektronların bulunduğu daha yüksek enerji seviyelerine bağılı olarak farklı şiddetlerde ve dalga boylarında absorpsiyon hatları oluşur. Spektroskopik analizlerde çalışılacak dalga boyu seçilirken en şiddetli absorpsiyonun olduğu dalga boyu belirlenir. Böylece seçilen dalga boyunda küçük derişimlerde bile absorbans değerleri okunabilir. AAS’de okunan absorbans değerleri çizgi spektrumuna girer. Çizgi kalınlığı 0,05 Å kadardır. AAS’de elementlerin kantitatif tayini için kalibrasyon grafiği ve standart ekleme yöntemleri kullanılır (Şahan, 2006).

2.10.1.2.1. Kalibrasyon grafiği yöntemi

AAS’de niceleyici analiz Lambert – Beer kanununa göre yapılır. Ölçüm için tüm koşullar sağlandıktan sonra derişimleri bilinen standart çözeltilerin ölçülen absorbans değerleri derişimlerine karşı grafiğe geçirilerek uygun bir kalibrasyon eğrisi elde edilir. Daha sonra örneğin absorbansı okunarak grafikte o değere karşılık gelen derişim değeri analiz edilen elementin derişimidir (Şahan, 2006).

2.10.1.2.2. Standart ekleme yöntemi

Örneğin bulunduğu matriksten kaynaklanan fiziksel ve kimyasal girişimler sonuçlara etki eder. Örnekteki matriks tam olarak bilinmiyorsa matriksin etkisini standart çözeltilerle tamamen gidermek mümkün olmaz. Yani örnekteki absorbans derişim ilişkisi standart çözeltilerinkinden farklıdır. Bu gibi durumlarda standart ekleme yöntemi kullanılır. Bunun için numune en az üçe ayrılır. Birinci kısım belli bir hacme kadar çözücü ile seyreltilir. İkinci ve üçüncü kısımlara artan miktarlarda standart çözeltiden ekleme yapılır ve çözücü ile birincinin hacmine getirilir. Her çözeltinin absorbansı ölçülür ve eklenen element derişimlerine karşı absorbanslar grafiğe geçirilir. Kalibrasyon doğrusunun yatay eksenini kestiği noktanın negatif işaretlisi çözeltideki bilinmeyen derişimini verir (Şahan, 2006).

2.10.1.3. AAS’de hat genişlikleri

Atomik absorpsiyon ve emisyon pikleri, moleküler emisyon ve absorpsiyon bandlarından çok dar ve çizgi şeklindedir. Bu yüzden hat denir. Atomik hatların doğal genişliği 10^{-4} Å’dir. Bu genişleme Heisenberg belirsizlik ilkesi nedeniyle, elektronun yerinin belirlenmesindeki hatadan ileri gelir. Ancak hatlar temelde iki etki nedeniyle, 10^{-4} Å’den daha geniştir (0.02 - 0.05 Å) (Şahan, 2006).

Doppler Etkisi: Atomların çok hızlı hareketleriyle ortaya çıkar. Monokromatöre (alıcıya) doğru ilerleyen atomlar düşük dalga boylarında, uzaklaşanlar ise yüksek dalga boylarında ışın yaymaları nedeniyle ortaya çıkar. Sesteki olayın benzeridir. Bu küçük dalga boyu kaymaları hattı genişletir. Doppler genişlemesi, absorpsiyonda da vardır. Gelen ışına doğru hareket eden atomlar, uzaklaşanlara göre daha uzun dalga boyunda ışın absorplarlar (Şahan, 2006).

Basınç Etkisi: Sıcaklığın etkisi ile basınç artar ve basınç çarpışmayı artırır. Çarpışma ile temel ve uyarılmış düzey enerjilerinin hafifçe değişmesi, hatların genişlemesine yol açar (Lorentz genişlemesi) (Şahan, 2006).

2.10.2. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spektrophotometer) =İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri

ICP-OES yönteminde analiz edilecek element, önce plazmada atomlaştırılır ve daha sonra uyarılır. Uyarılan atom, kararsız olduğu için temel enerji düzeyine döner ve bu dönüşüm sırasında kendine özgü ışın yayar. Yayılan bu ışın, uygun bir dedektörle ölçülerek elementin konsantrasyonu belirlenir. Belirlenecek element konsantrasyonu ile yayılan ışın miktarı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır (Kaçar ve Kütük, 2010).

ICP-OES yönteminin diğer yöntemlere göre en üstün yanını, bir defada birden fazla elementin (yaklaşık 70 element) analizini yapmaya uygun olması oluşturmaktadır. ICP-OES yönteminde duyarlılık ve belirleme sınırı kullanılan ICP-OES'in özelliğine, belirlenen elementin çeşidine ve uygulanan tekniğe göre değişir. Analiz edilecek element konsantrasyonunun örnekte ve standart çözeltide uygun aralıklarda tutulması halinde en iyi sonuç alınabilmektedir (Kaçar ve Kütük, 2010).

2.10.3. ICP-MS(Inductively Coupled Plasma – Mass pectrometer)=İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri

Yüksek konsantrasyonda katyon ve buna eşit konsantrasyonda elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesi işlemidir. ICP-MS'in en avantajlı yönlerinden biri, optik belirlemeye göre daha düşük gözlenebilme sınırları sağlamasıdır. Katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir (Dağ, 2010).

ICP-MS analiz basamakları:

- Atomlaşma,
- Atomlaştırmada oluşan atomların büyük bir kısmı, iyon akımlarına dönüşür.

- İkinci basamakta oluşan iyonların kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılması (m , iyonun kütlesi, z ise yüküdür).
- Her bir iyonun sayılarının belirlenmesi veya numunenin çarpışmasından oluşan iyonların ürettiği iyon akımının uygun bir dedektör ile ölçülmesi.

Atomik kütle spektrometrisinin atomik optik spektrometrik yöntemlere olan üstünlükleri:

- ✓ Birçok element için optik yöntemlere oranla daha iyi gözlenebilme sınırlarına sahiptir.
- ✓ Genellikle tayini yapılan elemente özgü önemli ölçüde basit spektrumlar elde edilir ve bunların yorumları kolayca yapılır.
- ✓ Atomların izotop oranları ölçülebilir.

Bu cihazların dezavantajı ise optik atomik cihazlara göre iki-üç kat daha pahalı olmasıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Ölçmelerde kullanılan alet ve ekipmanlar

- | | |
|---|--|
| 1. FAAS (Thermo Solaar Marka)Spektrofotometre) | 11. Pipetler |
| 2. Elektronik terazi | 12. Plastik kap |
| 3. Etüv | 13. Puar |
| 4. Hot-plate ısıtıcı | 14. Piset |
| 5.Süzme Kolonu | 15. Mavi band süzgeç kağıdı (125 mm) |
| 6. Peristaltik pompa | 16. Distile su cihazı |
| 6. Mikropipetler (0-50 μ L, 50-200 μ L, 200-1000 μ L) | 17. Saat camı (80 mm) |
| 7. pH metre | 18. Numune kabı |
| 8. Analitik huni | 20. Kaba süzgeç kağıdı |
| 9. Beherler (10 ml, 25ml, 50 ml, 100 ml) | 21. Alüminyum folyo |
| 10. Balon jojeler (10 ml, 25 ml, 50 ml, 100 ml, 500 ml, 1000 ml) | 29. ICP-MS cihazı (Perkin-Elmer) marka |
| | 30. Orion benchtop pH metre |

3.1.2 Ölçmelerde kullanılan kimyasal maddeler

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Aktif karbon | 7. Sülfirik asit |
| 2. Dietildithiocarbamat | 8. Sodyum klorür (NaCl) |
| 3. Phatalat tamponu | 9. CDTA (1.2 siklo hegzan daimin tetra asetikasit) |
| 4. Sodyum florür (NaF) | |
| 5. Glasiyel asetik asit | |
| 6. Nitrik asit | |

3.2. Numune toplama ve hazırlama

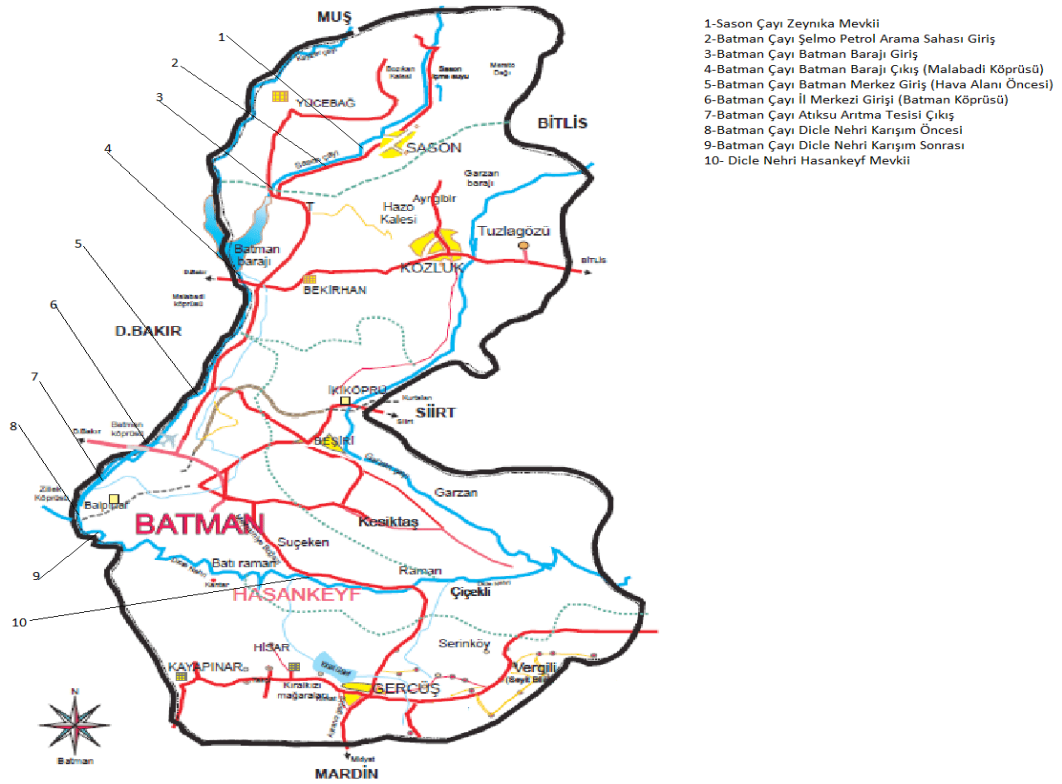
3.2.1. Numune toplama

Analizi yapılacak suyun alınacağı yer, zaman ve şekli önemlidir. Bu faktörlerde meydana gelebilecek değişimler analizi yapılan suyun konsantrasyonunu doğrudan etkileyecek ve hatalara sebep olacaktır. Bu yüzden numune toplarken aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır.

1. Analizi yapılacak olan yüzey ve atıksuların suları Batman çevresinde bulunan ve batman çayını kirleten numuneler olmasına özen gösterilmiştir.
2. Su numuneleri alınırken numune alma zamanının mevsimlerin tam ortasına gelmesine özen gösterilmiştir.
3. Su numuneleri 1 takvim yılını kapsayacak şekilde 4 farklı mevsimde alınmıştır.
4. Numune alınırken polietilen tereftalat (PET) kablar kullanılmıştır.
5. Numune almadan önce numune kapları 2 M HNO₃ ile yıkanmıştır.
6. Numune alma esnasında numune kapları numune suyu ile en az iki kez çalkalanmıştır.
7. Numune kapları hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuştur.
8. Numune kabının ağzı hava almayacak şekilde kapatılmıştır.
9. Numune kabının üzeri etiketlenerek işlem tamamlanmıştır.
10. Numuneler Batman ve çevresini kapsayacak şekilde Sasondan başlayarak Batman çayı üzerinde bulunan 10 farklı merkezden alınmış ve kodlanmıştır.

3.2.2. Numunelerin alındığı lokasyonlar

1. Sason çayı Zeynıka mevkii
2. Batman çayı Şelmo petrol arama sahası giriş
3. Batman çayı Batman barajı giriş
4. Batman çayı Batman barajı çıkış (Malabadi köprüsü)
5. Batman çayı Batman girişi (havaalanı öncesi)
6. Batman çayı il merkezi (Batman köprüsü)
7. Batman çayı atıksu arıtma tesisi çıkış
8. Batman çayı Dicle nehri karışım öncesi
9. Batman çayı Dicle nehri karışım sonrası
10. Dicle nehri Hasakeyf mevkii



Şekil 3.1. Numunelerin alındığı lokasyonlar

3.2.2. Toksik ağır metal analizi için numune hazırlama

Tüm su örnekleri işleme başlamadan önce mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. 3 gram aktif karbon süzme kolonuna dolduruldu. Kolon %10'luk (v/v) nitrik asit(HNO_3) ve su karışımı ile yıkandı, bu işlem her süzmeden sonra tekrarlandı. 1 L su örneğine 35 ml %5'lik dietildithiokarbamat (DEDTC) ilave edilerek ölçümü yapılacak ağır metallerin kompleksleşmesi sağlandı ve phtalat tamponu ve 5-6 ml saf HNO_3 kullanılarak çözeltinin pH'ı $3,0 \pm 2$ 'ye ayarlandı. İki saat bekledikten sonra kolondan süzme işlemi yapıldı. Süzme işleminden sonra kolonda bulunan ağır metaller 20 ml 1 M HNO_3 çözeltisi ile alındı. Bu çözelti ölçüme hazır hale geldi ve AAS ve ICP-MS cihazlarında okundu.

3.2.3. Tampon çözelti (TİSAB)

1L'lik behere 500 ml saf su, 57 ml glasiyel asetik asit, 58 g NaCl ve 2 g CDTA (1,2 siklo hegzan diamin tetra asetik asit) eklenerek çözümleri sağlandı. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutularak üzerine 5N 150 ml NaOH eklenmek suretiyle pH'sı 5,0-

5,5 arasına getirildi. Çözelti 1L'lik balon jojeye alınarak üzeri saf su ile 1L'ye tamamlandı (Kayar ve Çelik, 2001). 25 ml'lik bir behere uygun büyüklükte bir magnet konduktan sonra üzerine 5 ml su örneği veya standart çözelti ilave edildi. Bunların üzerine 5 ml tampon (TİSAB) çözeltisi eklendi. Çözelti karıştırılırken elektrot daldırıldı ve dengeye gelinceye kadar beklendi. Denge anında en az üç paralel okuma yapılarak ortalamaları alındı.

3.2.4. Standart çözeltilerin hazırlanması

Tayini yapılacak herbir elementin optimum çalışma aralığında olacak şekilde 2 M HNO₃ ortamında 10 farklı elementi içeren 100 ml'lik 5 standart çözelti hazırlandı. Karışımın içerdiği elementler ve konsantrasyonları Çizelge 3.1'de verilmiştir (Demir, 1986; Baucells ve ark., 1985; Ure ve Mitchell, 1976; Ure ve ark., 1978).

Çizelge 3.1. Kalibrasyon grafiği için hazırlanan standart karışım çözelti konsantrasyonları (ppm), 2 M HNO₃ ortamında

Standart No					
Element	1	2	3	4	5
Pb	2.0	4.0	8.0	12.0	16.0
Cd	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
Cu	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Ni	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Mn	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Zn	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
Co	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Se	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
Cr	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
As	0.1	0.4	0.8	1.2	1.6

3.3. Ölçme Metodu

Eser element analizleri son zamanlarda çevre ve canlı sağlığı açısından çok büyük önem kazandığından, hızla yeni analiz teknikleri geliştirilmekte ve uygulamaya konulmaktadır. Ancak her metodun kendine has belirli özellikleri, avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Her bir metotta numunenin analize hazırlanması veya

metodun o numuneye duyarlılığı farklıdır. Eser element analizleri, numune matriksinin anorganik veya organik oluşuna göre farklı şekillerde yapılır. Bu iki grup numune arasındaki en önemli fark, numune maddesinin analize hazırlanması aşamasındadır. Analitik kimyada eser element tayini için klasik ve aletli metotlar kullanılır. Genellikle kalitatif analiz için klasik, kantitatif analiz için de aletli analiz metotları kullanılmaktadır (Demir, 1986). Aletli metotlar ile element analizi, elementin çeşitli özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. Eser element tayininde genellikle Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) kullanılır (Baucells ve ark., 1985; Kartal ve ark., 1992; Berrow ve Stein, 1983; Baucells ve Kelipo, 1985; Jackson ve ark., 1991; Hinds ve Jackson, 1991). AAS ölçme süresinin kısa ve hassasiyetinin yüksek olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Toprağın, bitkinin ve gübrenin analizinde en iyi metot Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisidir (FAAS). Daha sonra da Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi gelir (GFAAS) (Baucells ve Kelipo, 1985).

3.3.1. Ölçmelerle ilgili deneysel parametreler

Bu çalışmada incelenen eser elementlerin (Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Se, Mn, Cu, As) konsantrasyonları Thermo Solaar marka spektrofotometre (FAAS) ile ölçülmüştür. FAAS'de ışın kaynağı olarak oyuk katot lambaları kullanılmıştır. Her element için çalışma şartları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Thermo Solaar AAS aleti ile ilgili parametreler

Element	Dalga Boyu (nm)	Slit Aralığı (nm)	Akım Şiddeti (A)
Zn	213.6	0.7	10
Pb	217.0	0.7	15
Cd	228.8	0.7	8
Cr	357.9	0.5	10
Ni	232.0	0.2	30
Cu	324.8	0.7	15
Co	240.7	0.2	30
Se	196.0	0.5	40
Mn	280.1	0.2	20

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Numunelerin Analizleri

Batman'ın Sason ilçesinden başlamak üzere Batman il sınırları içerisinde geçen Batman yöresine ait ve aynı zamanda Batman çayını besleyen ve çeşitli sanayi ve evsel atıklar tarafından kirlenen 10 farklı noktadan seçilen yüzey ve atıksu merkezleri tespit edilerek bu suların ağır metal değerlerinin ölçülmesine karar verildi. Belirlenen noktalar Batman İl Çevre müdürlüğü tarafından kontrol altında bulundurulmuş ve takip edilen noktalar olması açısından önemli bulunmaktadır. Ölçümlerin sağlıklı ve güvenilir olması için bir takvim yılına ait dört farklı mevsimde numunelerinin alınmasına özen gösterildi. Numuneler alınırken ve korunurken hassas davranılarak TS-266'ya uygun şekilde alınması sağlandı. Su numuneleri 2015 yılı sonbaharından 2016 yazına olmak üzere dört mevsime yayılarak alınmasına özen gösterildi. Numuneler alınırken mevsimin ortası olmasına özen gösterildi. Alınan su numunelerinin materyal ve yöntem bölümünde izah edildiği şekilde aktif karbonun zenginleştirme metodu uygulanarak ölçümlere hazır hale getirildi. Bu metotla ağır metallerin (As, Cu, Zn, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se) konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı ile ölçüldü. Elde edilen ölçümler $\mu\text{g/L}$ (ppb) konsantrasyon cinsinden hesaplanarak tablo haline getirildi. Sonuçlar Çizelge (4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7-4.8-4.9-4.10) de tablo halinde ve numune alım zamanları belirtilelerek gösterilmiş olup ve Şekil (4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7-4.8-4.9-4.10) de de ölçülen ağır metal değerleri yine $\mu\text{g/L}$ (ppb) konsantrasyon olarak sütun grafiği şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.1. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Arsenik(As)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	4,14	3,63	5,00	4,24	4,25 $\pm$ 0,49
2	3,35	3,58	4,21	4,58	3,91 $\pm$ 0,04
3	5,12	4,68	6,31	8,00	6,03 $\pm$ 0,03
4	8,70	9,60	7,62	6,96	8,24 $\pm$ 0,72
5	6,0	6,4	7,6	5,00	6,25 $\pm$ 0,29
6	8,51	10,00	6,61	8,00	8,28 $\pm$ 0,12
7	10,02	12,31	9,96	10,51	10,44 $\pm$ 0,41
8	13,05	13,82	12,96	13,24	13,27 $\pm$ 0,33
9	10,00	10,62	11,26	10,92	10,71 $\pm$ 0,23
10	10,63	10,40	10,56	10,78	10,59 $\pm$ 0,14

Çizelge 4.2. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Bakır(Cu)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	4,42	4,64	3,61	4,26	4,12 $\pm$ 1,36
2	4,16	4,48	3,28	4,20	4,08 $\pm$ 0,61
3	5,08	8,00	4,25	3,43	5,19 $\pm$ 1,24
4	4,98	5,16	6,25	6,21	5,65 $\pm$ 0,65
5	5,68	5,12	5,72	6,52	5,56 $\pm$ 0,32
6	3,50	4,06	4,70	4,81	4,28 $\pm$ 0,54
7	4,03	4,68	6,53	6,10	5,56 $\pm$ 1,06
8	7,25	5,55	5,36	5,42	6,65 $\pm$ 1,60
9	4,02	4,73	5,06	10,26	6,27 $\pm$ 1,33
10	7,63	7,08	9,88	12,26	9,21 $\pm$ 0,98

Çizelge 4.3. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Çinko(Zn)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	9,82	12,76	14,12	14,42	12,68 $\pm$ 0,63
2	10,40	5,30	8,62	11,26	8,76 $\pm$ 2,28
3	12,12	13,92	13,62	12,44	13,04 $\pm$ 0,76
4	9,15	7,65	5,20	9,68	7,92 $\pm$ 1,74
5	9,06	23,90	11,56	5,18	12,43 $\pm$ 2,61
6	11,65	16,07	10,86	11,28	12,47 $\pm$ 2,10
7	10,60	14,20	6,10	11,16	10,52 $\pm$ 10,9
8	13,65	14,88	12,03	8,23	12,19 $\pm$ 1,25
9	12,8	11,8	14,20	12,46	12,81 $\pm$ 3,02
10	15,28	17,95	12,42	20,55	16,55 $\pm$ 2,72

Çizelge 4.4. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Kadmiyum(Cd)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	4,12	11,0	8,5	10,21	8,45 $\pm$ 2,43
2	7,8	7,20	6,0	8,30	7,31 $\pm$ 0,62
3	16,32	7,90	14,3	21,0	14,88 $\pm$ 3,12
4	13,21	8,92	8,28	6,38	9,19 $\pm$ 2,11
5	8,02	4,96	12,24	6,42	7,91 $\pm$ 1,03
6	3,96	6,24	5,54	13,58	7,33 $\pm$ 2,95
7	4,00	7,80	11,30	14,0	9,27 $\pm$ 2,51
8	8,14	9,26	20,21	25,54	15,78 $\pm$ 3,24
9	10,2	5,11	8,56	16,34	10,05 $\pm$ 1,58
10	9,60	8,42	6,66	6,96	7,91 $\pm$ 1,01

Çizelge 4.5. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Kobalt(Co)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	6,6	7,5	5,00	4,8	5,97 $\pm$ 1,19
2	5,3	6,0	5,60	5,92	5,70 $\pm$ 0,21
3	3,0	5,0	8,0	8,50	6,12 $\pm$ 1,22
4	3,5	6,0	11,0	8,20	7,17 $\pm$ 1,29
5	10,00	7,50	11,25	10,10	9,71 $\pm$ 0,74
6	6,53	5,00	3,00	8,00	5,63 $\pm$ 1,27
7	3,0	6,0	8,0	8,0	6,25 $\pm$ 1,23
8	4,0	10,0	11,45	8,95	8,61 $\pm$ 1,53
9	4,2	10,0	8,6	4,3	6,77 $\pm$ 1,26
10	10,0	4,0	20,0	8,6	10,65 $\pm$ 1,21

Çizelge 4.6. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Krom(Cr)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	11,96	11,83	12,54	12,32	12,16 $\pm$ 0,28
2	10,92	10,60	10,54	10,65	10,67 $\pm$ 0,15
3	14,12	13,96	14,83	15,00	14,47 $\pm$ 0,45
4	10,42	8,64	7,92	9,50	9,12 $\pm$ 0,94
5	13,06	12,28	12,79	12,52	12,66 $\pm$ 0,29
6	11,28	11,88	12,62	11,90	11,92 $\pm$ 0,47
7	10,82	10,98	10,38	10,65	10,70 $\pm$ 0,22
8	10,90	10,72	10,68	10,80	10,77 $\pm$ 0,08
9	14,20	9,32	11,38	12,00	11,72 $\pm$ 1,74
10	18,12	15,98	15,62	15,10	16,20 $\pm$ 1,15

Çizelge 4.7. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Kurşun(Pb)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	11,75	11,25	11,46	11,12	11,40 $\pm$ 0,24
2	12,01	11,32	11,72	10,80	11,46 $\pm$ 0,75
3	12,20	11,60	11,82	11,02	11,66 $\pm$ 0,43
4	11,75	10,40	11,33	10,53	11,00 $\pm$ 0,56
5	12,83	11,23	13,12	11,20	12,09 $\pm$ 0,88
6	12,16	11,13	10,85	10,46	11,15 $\pm$ 0,63
7	12,33	11,92	10,95	10,95	11,54 $\pm$ 0,61
8	12,16	11,00	11,36	10,55	11,27 $\pm$ 0,59
9	13,05	10,80	11,82	10,68	11,59 $\pm$ 0,95
10	12,66	11,15	10,80	10,70	11,33 $\pm$ 0,79

Çizelge 4.8. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Mangan(Mn)** derişimi (ppb)

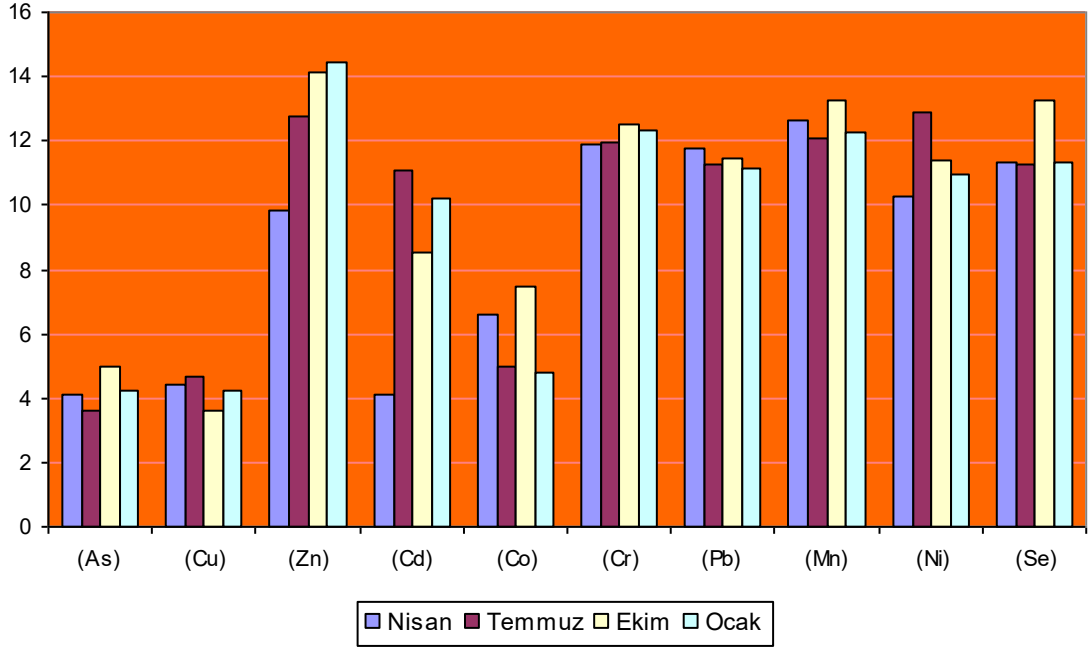
Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	12,62	12,10	13,25	11,0	12,24 $\pm$ 0,44
2	12,10	11,85	12,19	12,52	12,16 $\pm$ 0,24
3	10,33	10,88	10,69	13,13	11,26 $\pm$ 1,10
4	13,83	12,92	11,52	11,65	12,48 $\pm$ 0,95
5	10,86	11,98	16,88	11,38	12,78 $\pm$ 2,40
6	10,20	10,53	10,36	10,85	10,49 $\pm$ 0,24
7	14,94	13,18	11,11	11,50	12,68 $\pm$ 1,52
8	18,51	23,7	43,2	15,8	25,30 $\pm$ 12,9
9	12,92	13,12	12,28	13,48	12,95 $\pm$ 0,44
10	5,68	2,26	2,90	4,06	3,72 $\pm$ 1,30

Çizelge 4.9. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Nikel(Ni)** derişimi (ppb)

Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	10,26	12,90	11,38	10,96	11,38 $\pm$ 0,97
2	11,70	11,16	10,96	13,58	11,85 $\pm$ 1,03
3	12,66	12,33	12,20	12,26	12,36 $\pm$ 0,18
4	10,88	10,42	12,28	12,48	11,52 $\pm$ 0,88
5	12,56	10,93	11,30	12,66	11,86 $\pm$ 0,76
6	10,75	13,36	11,83	13,66	12,40 $\pm$ 1,18
7	11,75	11,05	12,50	12,30	11,90 $\pm$ 0,56
8	11,50	11,56	10,50	11,45	11,25 $\pm$ 0,44
9	13,46	11,88	12,35	13,36	12,76 $\pm$ 0,67
10	12,16	11,20	12,25	13,23	12,21 $\pm$ 0,72

Çizelge 4.10. Batman çayı üzerindeki on farklı lokasyondan alınan yüzey ve atıksulardaki **Selenyum(Se)** derişimi (ppb)

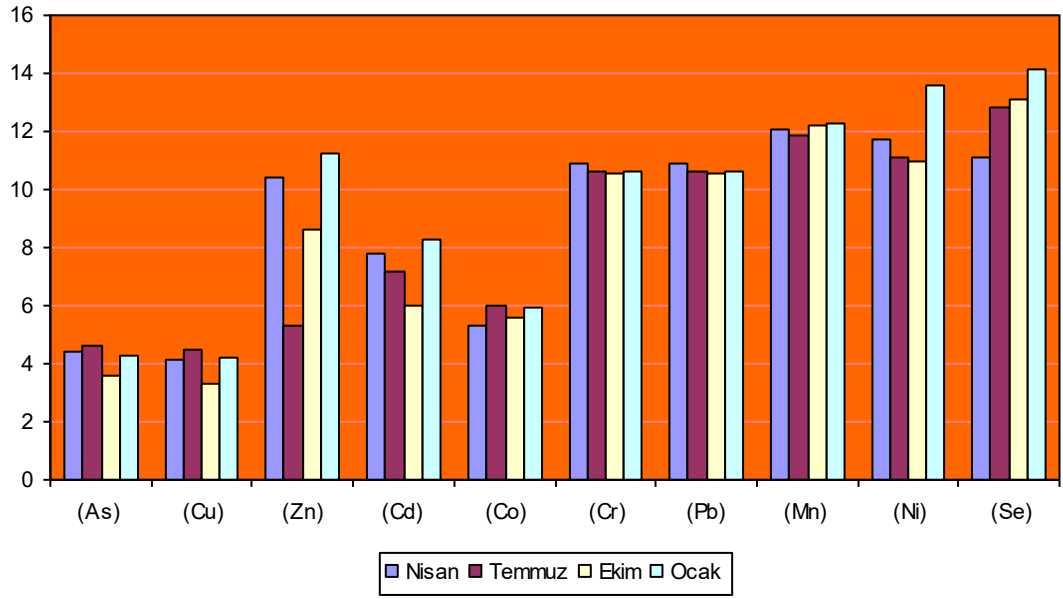
Numune Sırası	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak	Ortalama $\pm$ SS
1	11,35	11,28	13,26	11,32	11,80 $\pm$ 0,28
2	11,13	12,18	13,10	14,15	12,64 $\pm$ 0,38
3	10,74	9,96	11,63	12,69	11,26 $\pm$ 0,12
4	8,50	11,72	11,60	14,60	11,60 $\pm$ 0,79
5	11,03	10,10	10,08	8,09	9,82 $\pm$ 0,27
6	11,04	14,05	15,04	17,04	14,30 $\pm$ 0,69
7	10,13	12,12	10,12	9,16	10,38 $\pm$ 0,42
8	18,96	12,12	18,81	17,80	16,92 $\pm$ 0,32
9	12,19	10,20	15,42	12,22	12,50 $\pm$ 0,16
10	11,03	10,06	9,05	12,05	10,55 $\pm$ 0,13



Şekil 4.1. Batman Çayı Üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.11. Batman çayı üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

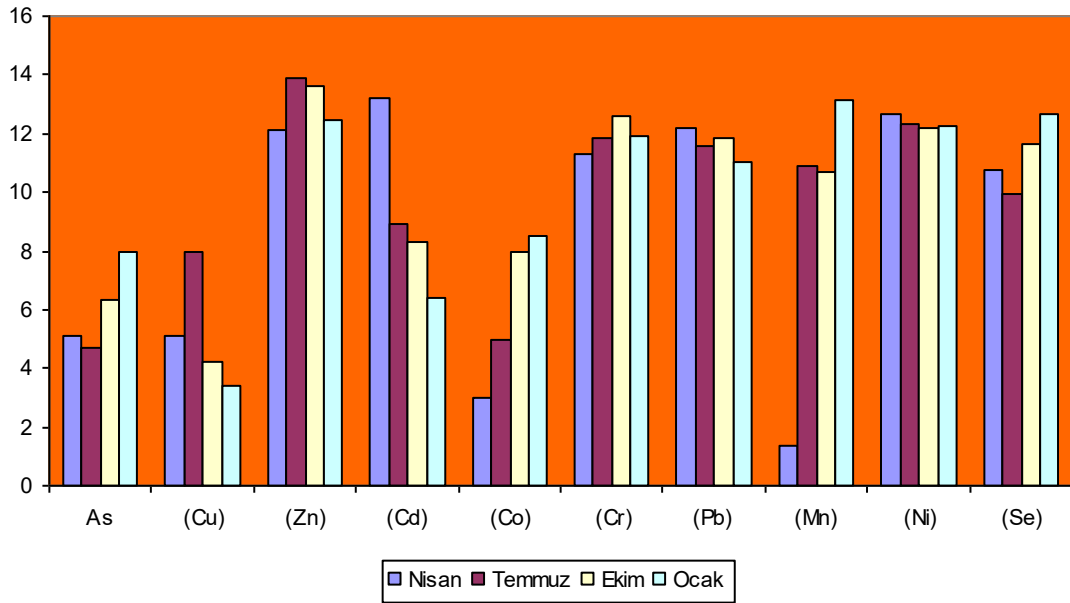
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	4,14	3,63	5,00	4,24
Bakır (Cu)	4.42	4,64	3,61	4,26
Çinko (Zn)	9,82	12,76	14,12	14,42
Kadmiyum (Cd)	4,12	11,10	8,50	10,21
Kobalt (Co)	6,60	5,00	7,50	4,80
Krom (Cr)	11,86	11,93	12,54	12,32
Kurşun (Pb)	11.75	11.25	11.46	11.12
Mangan (Mn)	12.62	12.10	13.25	12.28
Nikel (Ni)	10.26	12.90	11.38	10.96
Selenyum (Se)	11,35	11,28	13,26	11,32



Şekil 4.2. Batman çayı üzerinde 1. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.12. Batman çayı üzerinde 2. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

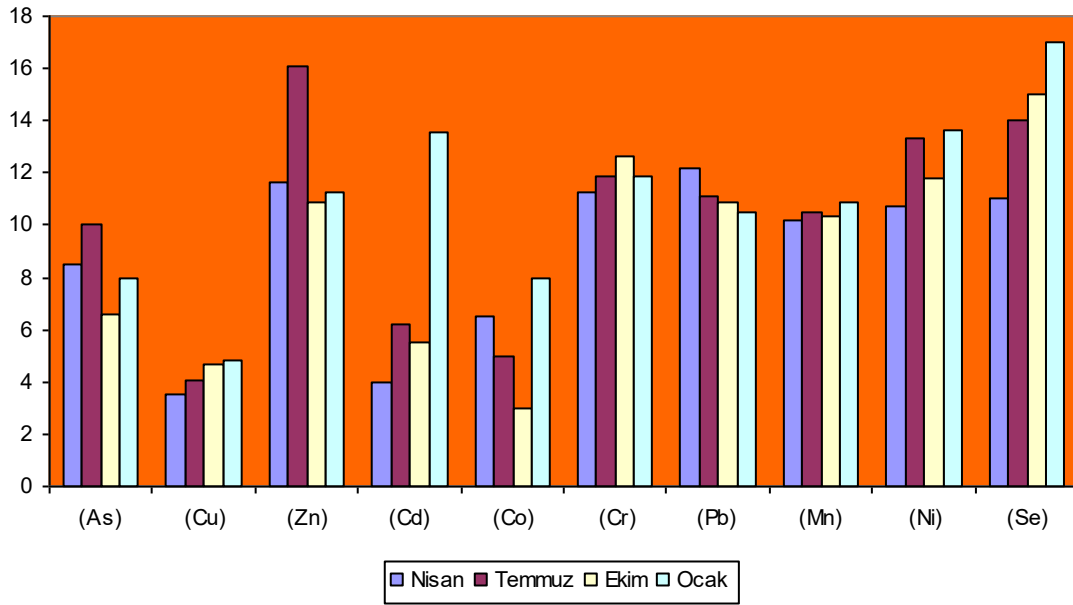
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	4,42	4,64	3,61	4,26
Bakır (Cu)	4,16	4,48	3,28	4,20
Çinko (Zn)	10,40	5,30	8,62	11,26
Kadmiyum (Cd)	7,80	7,20	6,00	8,30
Kobalt (Co)	5,30	6,0	5,60	5,92
Krom (Cr)	10,92	10,60	10,54	10,65
Kurşun (Pb)	10,92	10,60	10,54	10,65
Mangan (Mn)	12,10	11,85	12,19	12,52
Nikel (Ni)	11,70	11,16	10,96	13,58
Selenyum (Se)	11,13	12,18	13,10	14,15



Şekil 4.3. Batman çayı üzerinde 3. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.13. Batman çayı üzerinde 3. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

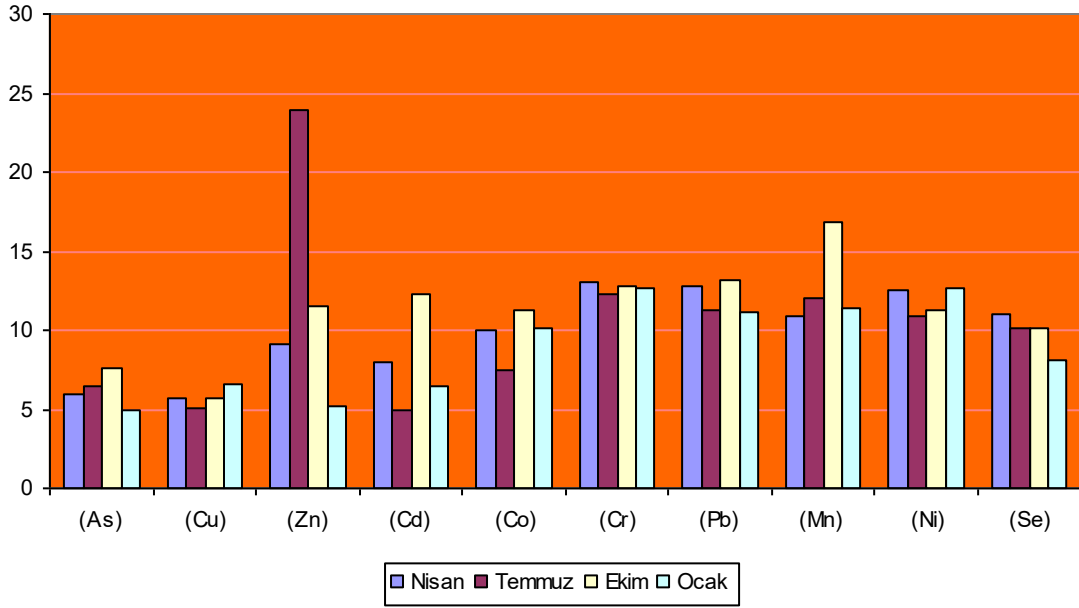
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	5,12	4,68	6,31	8,00
Bakır (Cu)	5,08	8,00	4,25	3,43
Çinko (Zn)	12,12	13,92	13,62	12,44
Kadmiyum (Cd)	13,21	8,92	8,28	6,38
Kobalt (Co)	3,0	5,0	8,0	8,50
Krom (Cr)	11,28	11,88	12,62	11,90
Kurşun (Pb)	12,20	11,60	11,82	11,02
Mangan (Mn)	10,33	10,88	10,69	13,13
Nikel (Ni)	12,66	12,33	12,20	12,26
Selenyum (Se)	10,74	9,96	11,63	12,69



Şekil 4.4. Batman çayı üzerinde 4. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimlerdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.14. Batman çayı üzerinde 4. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

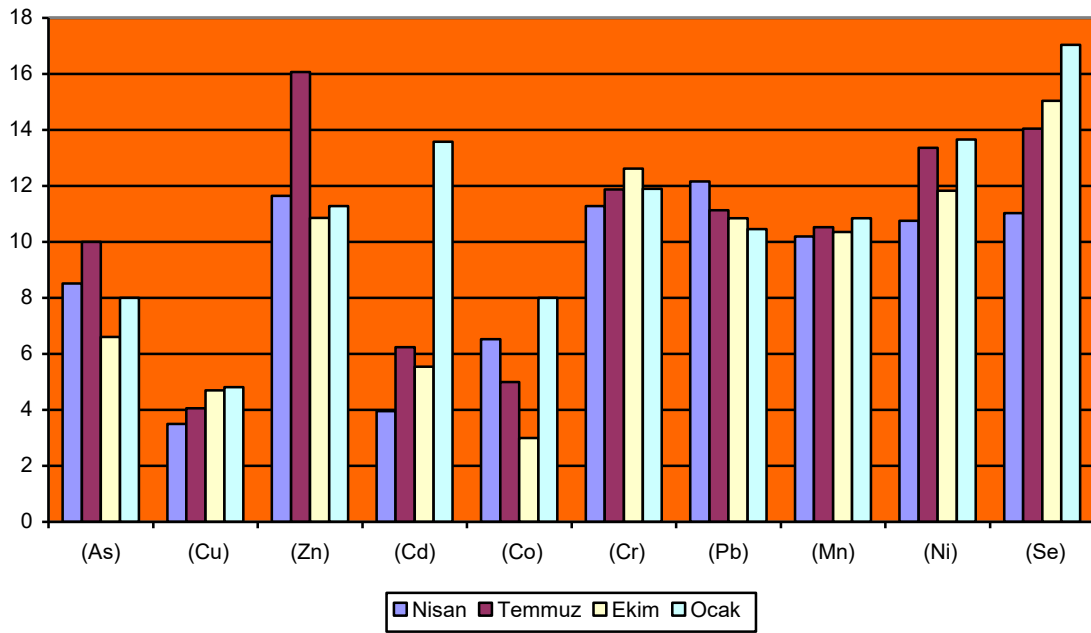
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	8,70	9,60	7,62	6,96
Bakır (Cu)	4,16	4,48	3,28	4,20
Çinko (Zn)	9,15	7,65	5,20	9,68
Kadmiyum (Cd)	13,21	8,92	8,28	6,38
Kobalt (Co)	3,5	6,0	11,0	8,20
Krom (Cr)	10,42	8,64	7,92	9,50
Kurşun (Pb)	12,33	11,92	10,95	10,53
Mangan (Mn)	13,83	12,92	11,52	11,65
Nikel (Ni)	10,88	10,42	12,28	12,48
Selenyum (Se)	8,50	11,72	11,60	14,60



Şekil 4.5. Batman çayı üzerinde 5. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.15. Batman çayı üzerinde 5. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

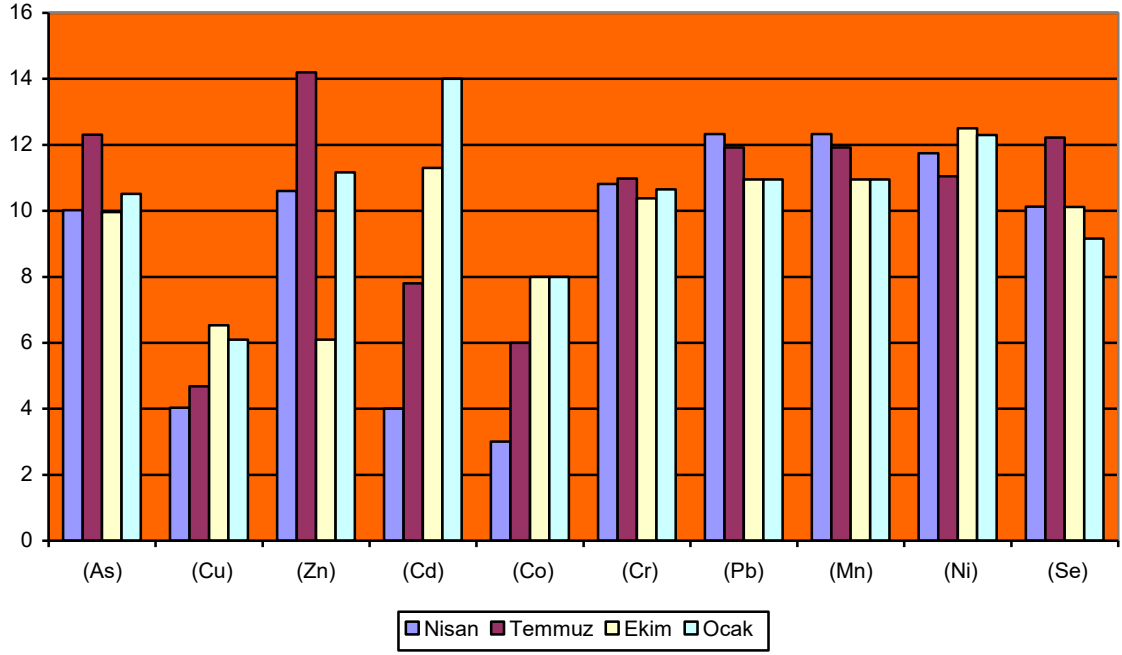
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	6,0	6,4	7,6	5,00
Bakır (Cu)	5,68	5,12	5,72	6,52
Çinko (Zn)	9,06	23,90	11,56	5,18
Kadmiyum (Cd)	8,02	4,96	12,24	6,42
Kobalt (Co)	10,00	7,50	11,25	10,10
Krom (Cr)	13,06	12,28	12,79	12,52
Kurşun (Pb)	12,83	11,23	13,12	11,20
Mangan (Mn)	10,86	11,98	16,88	11,38
Nikel (Ni)	12,56	10,93	11,30	12,66
Selenyum (Se)	11,03	10,10	10,08	8,09



Şekil 4.6. Batman çayı üzerinde 6. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.16. Batman çayı üzerinde 6. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

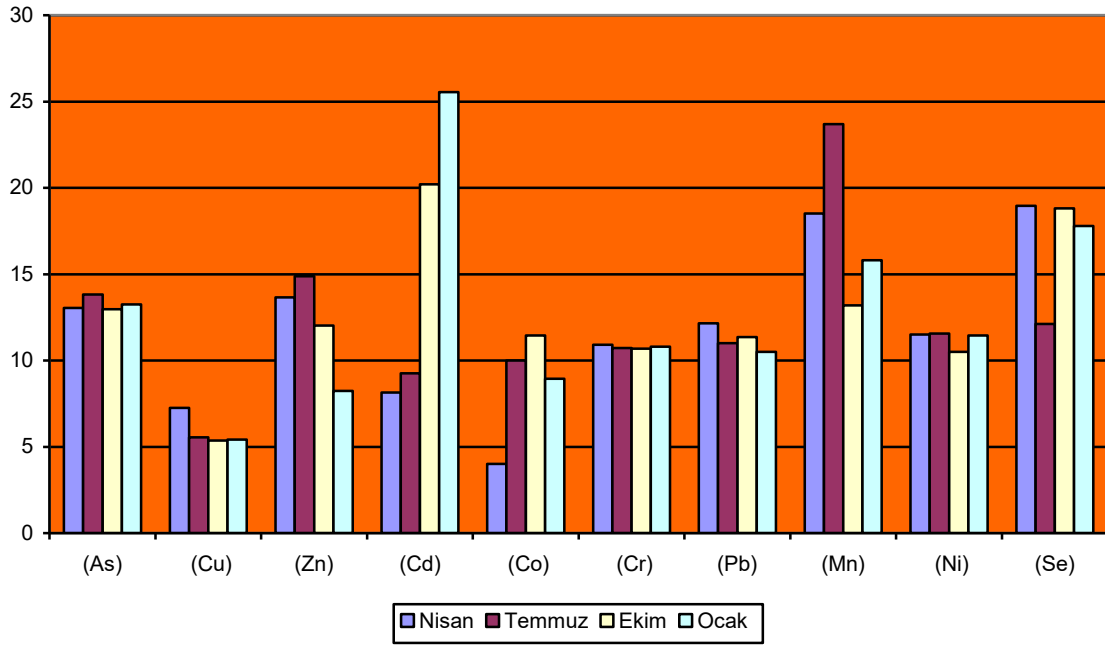
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	8,51	10,00	6,61	8,00
Bakır (Cu)	3,50	4,06	4,70	4,81
Çinko (Zn)	11,65	16,07	10,86	11,28
Kadmiyum (Cd)	3,96	6,24	5,54	13,58
Kobalt (Co)	6,53	5,00	3,00	8,00
Krom (Cr)	11,28	11,88	12,62	11,90
Kurşun (Pb)	12,16	11,13	10,85	10,46
Mangan (Mn)	10,20	10,53	10,36	10,85
Nikel (Ni)	10,75	13,36	11,83	13,66
Selenyum (Se)	11,04	14,05	15,04	17,04



Şekil 4.7. Batman çayı üzerinde 7. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.17. Batman çayı üzerinde 7. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

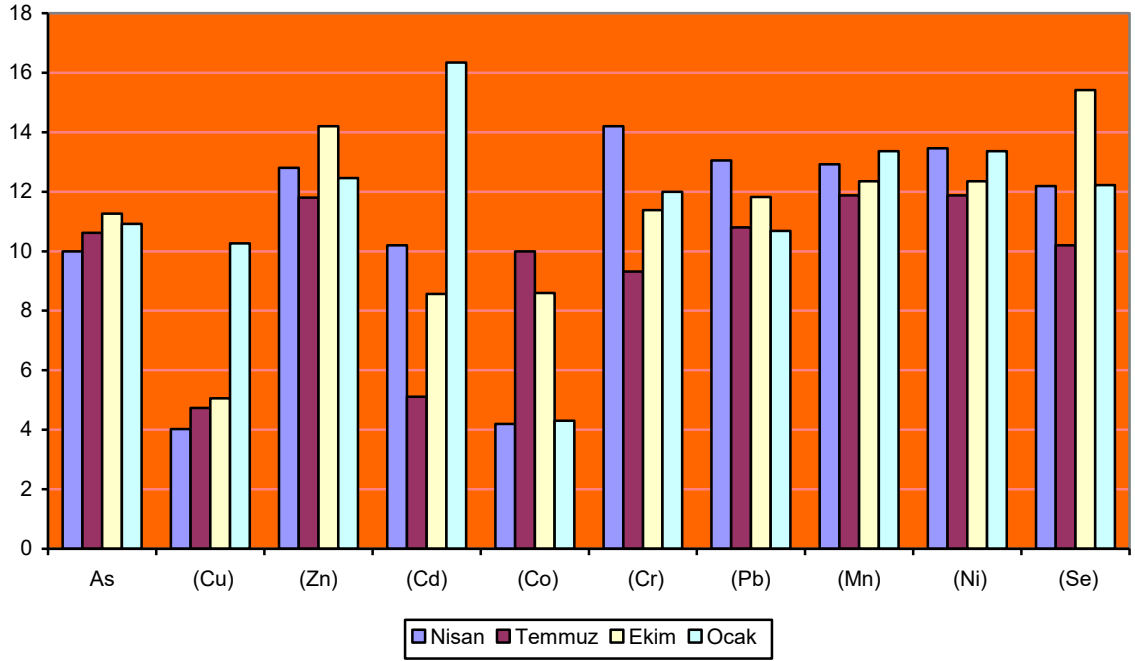
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	10,02	12,31	9,96	10,51
Bakır (Cu)	4,03	4,68	6,53	6,10
Çinko (Zn)	10,60	14,20	6,10	11,16
Kadmiyum (Cd)	4,00	7,80	11,30	14,0
Kobalt (Co)	3,0	6,0	8,0	8,0
Krom (Cr)	10,82	10,98	10,38	10,65
Kurşun (Pb)	12,33	11,92	10,95	10,95
Mangan (Mn)	12,33	11,92	10,95	10,95
Nikel (Ni)	11,75	11,05	12,50	12,30
Selenyum (Se)	10,13	12,12	10,12	9,16



Şekil 4.8. Batman çayı üzerinde 8. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.18. Batman çayı üzerinde 8. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

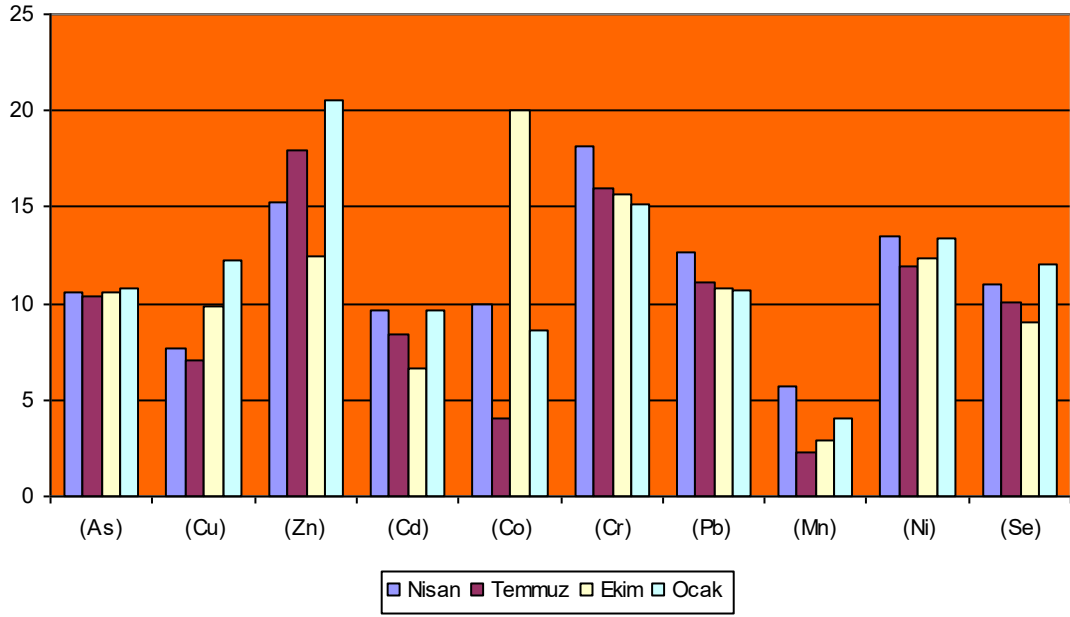
Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	13,05	13,82	12,96	13,24
Bakır (Cu)	7,25	5,55	5,36	5,42
Çinko (Zn)	13,65	14,88	12,03	8,23
Kadmiyum (Cd)	8,14	9,26	20,21	25,54
Kobalt (Co)	4,0	10,0	11,45	8,95
Krom (Cr)	10,90	10,72	10,68	10,80
Kurşun (Pb)	12,16	11,00	11,36	10,55
Mangan (Mn)	18,51	23,7	13,2	15,8
Nikel (Ni)	11,50	11,56	10,50	11,45
Selenyum (Se)	18,96	12,12	18,81	17,80



Şekil 4.9. Batman çayı üzerinde 9. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.19. Batman çayı üzerinde 9. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	10,00	10,62	11,26	10,92
Bakır (Cu)	4,02	4,73	5,06	10,26
Çinko (Zn)	12,8	11,8	14,20	12,46
Kadmiyum (Cd)	10,2	5,11	8,56	16,34
Kobalt (Co)	4,2	10,0	8,6	4,3
Krom (Cr)	14,20	9,32	11,38	12,00
Kurşun (Pb)	13,05	10,80	11,82	10,68
Mangan (Mn)	12,92	13,12	12,28	13,48
Nikel (Ni)	13,46	11,88	12,35	13,36
Selenyum (Se)	12,19	10,20	15,42	12,22



Şekil 4.10. Batman çayı üzerinde 10. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin farklı mevsimdeki derişim grafiğı (ppb)

Çizelge 4.20. Batman çayı üzerinde 10. lokasyondaki yüzey ve atıksulardaki ağır metallerin mevsimlere göre derişim tablosu (ppb)

Elementler	Nisan	Temmuz	Ekim	Ocak
Arsenik (As)	10,63	10,40	10,56	10,78
Bakır (Cu)	7,63	7,08	9,88	12,26
Çinko (Zn)	15,28	17,95	12,42	20,55
Kadmiyum (Cd)	9,60	8,42	6,66	9,60
Kobalt (Co)	10,0	4,0	20,0	8,6
Krom (Cr)	18,12	15,98	15,62	15,10
Kurşun (Pb)	12,66	11,15	10,80	10,70
Mangan (Mn)	5,68	2,26	2,90	4,06
Nikel (Ni)	13,46	11,88	12,35	13,36
Selenyum (Se)	11,03	10,06	9,05	12,05

4.2. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bir yıl boyunca 4 farklı mevsimde ve Batman çayı üzerinde ve bu çayı besleyen on farklı noktadan alınan yüzey ve atıksuların ağır metal tayinleri yapılarak elde edilen sonuçlar ağır metal değişimleri bazında değerlendirilmiştir. Atıksu ve yüzey suları numune seçim noktaları belirlenirken Batman çevre ve şehircilik il müdürlüğü tarafından belirlenen özellikle çevre kirliliği açısından önem arz eden noktalardan numune alınmasına özen gösterilmiştir. bazı numunelerin bazı değerleri dikkat çekmiştir. Alınan atıksu ve yüzey sularının içerdikleri bazı eser elementlerin ölçülen derişimleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

4.2.1. Arsenik(As)

Arsenik(As) için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel sonuçların paralellik gösterdiği ve ortalama konsantrasyonla mevsimsel ölçümlerin uyumlu seyrettiği gözlenmiştir. Ölçümü yapılan atıksu ve yüzey su örneklerinden As konsantrasyonu As için üst limit olan 10 ppb'nin genelde altında olduğu saptanmıştır. Sadece 7. ve kısmen 8. lokasyonda limit değerlerini biraz geçtiği gözlemlenmiştir. As konsantrasyonu kabul edilebilir değerle arasında olduğu söylenebilir. Bu nedenle yukarıda zikredilen iki lokasyon haricinde bu su rahatlıkla kullanılabilir ve çevre ve canlı açısından bir sakıncası olmadığı kanaatine varılmıştır. Ayrıca su yönetmeliği kriterlerine göre kalite sınıfı olarak I ve II. kalite su sınıfında yer almaktadır.

4.2.2. Bakır(Cu)

Bakır(Cu) için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel bazda farklılıklar gözlenmesine rağmen yıllık bazda değerlerin ortalamaya yakın olduğu gözlenmiştir. Ortalama değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu dikkati çekmiştir. Bakır(Cu) konsantrasyonları bakımından tüm mevsimler ve merkezler incelendiğinde değerlerin son derece makul ve standart değerlerin altında olduğu dikkati çekmiştir. ayrıca lokasyon bazlı inceleme yapıldığında değerlerin bir birine yakınlığı dikkat çekmektedir bazı lokasyonlar diğerlerine göre %40 daha yüksek ölçülmesine rağmen tüm değerler standart değerlerin altında olduğu gözlenmiştir. Ölçümü yapılan numunelerin su kalite

parametreleriyle uyumlu olduğu ve Bakır(Cu) açısından I. Kalite sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir.

4.2.3. Çinko(Zn)

Çinko (Zn) için yapılan ölçümler neticesinde mevsimsel bazda çok önemli farklılıklar gözlenmemekle birlikte bazı lokasyonların bazı mevsimlerinde Çinko(Zn) bakımından kirlilik tespit edilmiştir.yaklaşık olarak on lokasyonun Çinko derişimi normal kabul edilebilir değerler arasında olsa da geriye kalan yarısı Çinko bakımından kirlilik taşımaktadır.Ancak kirlilik taşıyan Çinko derişimleri insan sağlığını ve çevreyi tehdit edecek boyutta olmaması önemlidir ayrıca Zn toksik özelliğinin yanı sıra besleyici ağır metal olarak öne çıkmaktadır.Su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde 2 ve 4 nolu lokasyondaki atıksu ve yüzey suları 10 ppb nin altında olduğu ve kabul edilebilir değerler içerisinde olduğu ve su kalite yönetmeliğine göre I. kalite sınıfında yer almaktadır.Diğer lokasyondan alınan numuneler 10 ppb nin üzerinde oldukları için kirlilik taşımakta ve II.kalite sınıfında yer almaktadır.

4.2.4. Kadmiyum(Cd)

Kadmiyum(Cd) için yapılan ölçümler neticesinde hem mevsimsel hemde yıllık ortalama bakımından sonuçların birbirine çok yakın olması ve paralellik göstermesi dikkat çekmektedir. Tüm atıksu numunelerinin sonuçları incelendiğinde değerlerin düşük seyrettiği ve mevsimsel bazda çok fazla farklılık göstermediği anlaşılmaktadır. KadmiyumCd bakımından minimum konsantrasyona sahip olan numune 6 ppb düzeyi ile 3 no'lu numune olarak dikkati çekmiştir. Cd bakımından maksimum konsantrasyona sahip numune ise 16 ppb düzeyi olarak tespit edilmiştir.3,8ve 9 no'lu numuneler in limit değer olan 10ppb nin üzerinde olduğu gözlenmiştir.diğer numuneler ise Cd düzeyi bakımından 10 ppb nin altında olduğu için ağır metal kirliliği taşımadığı ve su kalite yönetmeliğine göre I.ve II. Kalite sınıfında yer almışlardır.

4.2.5.Kobalt(Co)

Kobalt(Co) için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel ölçümler paralellik oluşturmaktadır. Sonuçların birbiriyle son derece uyumlu olduğu gözlenmiştir.bir iki numunede mevsimsel bazda farklılık gözlenmede genel yıllık ortalama dikkate alındığında çok önemli bir değişim gözlenmemiştir. Özellikle Kobalt(Co) derişimleri tüm numunelerde düşük seviyede seyrettiği gözlenmiştir. Toksik etki yapan elementlerin minimum düzeyleri dikkate alındığında genel olarak 10 ppb den düşük değerler olarak dikkat çekmektedir.sadece 5 nolu numunenin ortalamanın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. diğer numuneler ise Kobalt(Co) düzeyi bakımından 10 ppb nin altında olduğu için ağır metal kirliliği taşımadığı ve su kalite yönetmeliğine göre I. Kalite sınıfında yer almışlardır.

4.2.6. Krom(Cr)

Krom(Cr) için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel sonuçların birbirleriyle paralellik gösterdiği ve ortalama konsantrasyonla mevsimsel konsantrasyon sonuçlarının uyumlu seyrettiği gözlenmiştir. Cr için yapılan ölçümlerde genel itibariyle değerlerin standartların biraz üzerinde seyrettiği ve oldukça makul seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm yaptığımız hemen tüm lokasyonlarda Krom derişimi üst limit değer olan 10 ppb civarında olması dikkati çekmiştir.Bir iki lokasyon ortalamanın biraz üstünde seytettiği bu da kabul edilebilir değere yakın olması hasebiyle çok sakıncalı olmadığı sadece 10 nolu numune ortalama değerinin %60 fazlasına sahip olduğu tespit edilmiş olup dikkat çekmiştir yine su kalite sınıfına göre Krom derişimleri açısından I. Kalite sınıfında yer almaktadır.

4.2.7. Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb) için yapılan ölçümler neticesinde su numuneleri hem mevsimsel hem yıllık ortalama bakımından son derece makul birbirine yakın ve ortalama kabul edilebilir değere çok yakın biraz bu ortalama değeri üzerinde olduğu dikkat çekmiştir. On farklı nokta ve dört farklı mevsim değerlendirildiğinde sonuçların son derece uyumlu ve değerlerin birbirine çok yakın düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Kurşun(Cu) düzeyi bakımından 10 ppb nin altında olan numuneler için ağır metal

kirliliği taşımadığı ve su kalite yönetmeliğine göre I.Kalite sınıfında yer almışlardır. 10 ppb nin üzerinde olanlar ise II. kalite olarak değerlendirilse bile genel itibarıyla 10 ppb ye yakın oldukları için ağır metal kirliliği açısından önemli bir risk taşımamaktadırlar.

4.2.8. Mangan(Mn)

Mangan(Mn) için yapılan ölçümler neticesinde hem mevsimsel hemde yıllık bazdaki değişiklikler dikkati çekmektedir.ancak yıllık ortalamanın nispeten daha istikrarlı olduğu gözlenmiştir. Bir numunenin ortalamanın çok altında olması dikkat çektiği gibi bir diğer numunenin değerinin diğerlerine göre çok yüksek olması özellikle dikkati çekmektedir.bu iki numune haricindekiler ortalama kabul edilen 10 ppb nin üzerinde olması mangan kirliliğine dikkat çekmiştir. Bazı suların Mn değerlerinin oldukça düşük bazılarının ise çok yüksek düzeyde olduğu gözlenmektedir. Su kalite yönetmeliğine göre değerlendirecek olursak10 nolu numune hariç diğerleri II. kalite su sınıfında yer almaktadır. 10 nolu numune ise I. kalite su sınıfında olup herhangi bir mangan kirliliği taşımamaktadır.

4.2.9. Nikel(Ni)

Nikel(Ni) Ni için yapılan ölçümler neticesinde su numuneleri genelde mevsimsel paralellik göstermesine rağmen bazı mevsimlerde kısmi sapmalar gözlenmiştir. On farklı lokasyon ve dört mevsim dikkate alındığında genel itibarıyla değerlerin birbirine çok yakın olduğu dikkati çekmektedir. Nikel(Ni) konsantrasyonların derişimi tümü itibarıyla 10 ppb nin biraz üzerinde olduğu ve birbirleriyle uyumlu oldukları dikkati çekmektedir. Genel olarak nikel açısından ağır metal kirliliği görülmüş olsa dahi önemli bir risk oluşturduğu söylenemez. Ayrıca su kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde nikel kirliliği bakımından tüm değerler II. Kalite su olduğunu ortaya koymaktadır ve bu sudan istifade edilmesinde herhangi bir sakınca olmadığı gözlemlenmiştir.

4.2.10. Selenyum(Se)

Selenyum(Se) için yapılan ölçümler neticesinde yıllık ve mevsimsel sonuçların paralellik gösterdiği ve ortalama konsantrasyonla mevsimsel ölçümlerin uyumlu

seyrettiği gözlenmiştir. Bazı noktalar mevsimsel bazda değışkenlik gösterse de ortalama değeri olarak normal sınır değeri altında olduğu gözlenmiştir. Diğer noktalar sınır değeri biraz üstünde olmasına rağmen selenyum kirliliği açısından önemli bir risk taşımadığı tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra özellikle 6 ve 8 nolu numuneler hem mevsimsel hemde genel ortalama derişimleri bakımından risk taşıdıkları ve bölgelerdeki atıksular dikkatle takip edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağır metal kirliliği sanayi ve teknolojinin de gelişmesiyle artan bir ivme kazanmış olup insan, canlı ve çevre sağlığını ciddi boyutlarda etkilemektedir. Bu kirliliklerin tayini analitik kimyanın çok önemle üzerinde çalıştığı konulardan biri haline gelmiştir. Bu kirlilikleri tayin etmenin birçok yolu vardır ancak Atomik absorpsiyon spektrofotometre kolay, hızlı, basit ve güvenilirliği yüksek olduğundan en çok kabul gören ve uygulanan yöntemlerin başında gelmektedir. Biz de bu çalışmada, Batman yöresinde, Batman çayını besleyen on farklı lokasyonda alınan yüzey ve atıksuların Batman çayına karıştığı noktalarından su numunelerini dört farklı mevsimde ve bir takvim yılını kapsayacak biçimde mevsim ortalarına tekabül eden zamanlarda alınarak bu numunelerin ağır metal kirliliği araştırıldı. seçilen numune merkezleri daha önce Batman Çevre ve şehircilik il müdürlüğü tarafından belirlenen noktalarla aynı olmasına özen gösterildi. Üzerinde çalışma yaptığımız yüzey ve atık su numunelerinin özellikle toksik etki yapan ağır metaller (As, Cu, Zn, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se) bakımından araştırılmasına özen gösterilmiştir. Bu elementlerin analizleri yapılırken konsantrasyon değerlerinin mikro düzeyde olmasından dolayı ölçümünün direk yapılmasının mümkün olamayacağı ve bu yüzden bir zenginleştirme yönteminin uygun olacağına karar verildi. Zenginleştirme yöntemleri materyal metot kısmında belirtildiği üzere beş farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar sırasıyla buharlaştırma, aktif karbon ile adsorpsiyon, ortak çöktürme, reçine kolonundan geçirme ve sıvı-sıvı ekstraksiyonudur. Biz bu çalışmamızda aktif karbonun zenginleştirme yöntemini kullanarak önderiştirme işlemlerini yaptık. Bunun en önemli nedeni ise son yıllarda aktif karbon yüzeyinde metal komplekslerinin adsorbsiyonu ile eser elementlerin deriştirilmesi yapılmış olması ve iyi sonuçların alınmış olması ve geri kazanım ın yükek olması, bu metodu seçmemizde önemli rol oynamıştır. Özellikle son yıllarda deniz ve tatlı sularda eser metaller zenginleştirilirken bu yöntem dikkat çekmektedir.

Ayrıca uyguladığımız metodun geçerliliğini ispatlamak amacıyla bazı suların herhangi bir işleme tabi tutulmadan sadece pH'sını düşürerek ölçüm yaptığımızda ağır metal derişimlerinin ölçüm alt sınırının altında kalması ve sonuç alınamamasıdır. Sulardaki ağır metal kirliliği hem insan sağlığını hemde diğer canlıları ve en önemliside tüm canlıları ilgilendirmesi nedeniyle yaşadığımız çevreyi tabiatı doğrudan ve dolaylı olarak kirlettiğinden dolayı sulardaki toksik ağır metal ölçümü son zamanlarda artarak önem kazanmıştır. Toksik ağır metal kirliliği özellikle canlı vücudundaki birikimi uzun

vadede önemli sağlık sorunlarına yol açtığı gözlenmiştir. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği su kriterleri ve ülkemizde de TS (Türk Standartları) ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmalar yaparak her bir element için alt ve üst limit olarak ağır metal düzeylerini $\mu\text{g/L}$ (ppb) cinsinden yeniden güncelleyerek adı geçen uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmiştir. Bu kriterler göz önüne alınarak bir suyun sağlıklı olup olmadığı, içildiğinde veya kullanıldığında direk yada dolaylı olarak herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet verip vermeyeceğini rahatlıkla söylemek mümkün olacaktır. Bu bakımdan bizde Batman yöresinde bulunan ve Batman ayı üzerinde on farklı merkezden alınan yüzeysel ve atıksu su örneklerinin ağır metal kirliliğinin derişim bazında ayrı ayrı ele aldığımızda řu sonuçlara ulaşılmıştır.

Sonuç olarak: Batman ve çevresinde Batman ayını besleyen on ölçüm merkezlerinin bazılarında kısmen de olsa bazı ağır metal kirliliği taşıdığı yapılan çalışma sonucu ortaya çıkmıştır. Ağır metal kirliliği olduğu tespit edilmiş olup, bu merkez sularının genellikle içme suyu yada kulanma suyu olarak kullanılmasının sakıncalı olduğu kanaatine varılmıştır., diğer ölçüm merkezi sularının ağır metal bakımından içme ve kulanma suyu olarak kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır, bununla birlikte

Öneriler; bizim çalışmamız sadece ağır metal tayini esas kabul edilmiş olup bu suların kullanılabilmesi için ayrıca kimyasal ve bakteriyolojik analizlerinin yapılması nı da gerekli kılmaktadır. Bu hususta yöre halkının bilinçlendirilmesi ve ilgili resmi kurumlara bilgi verilmesi önerilmektedir.

Ayrıca uyguladığımız zenginleştirme yöntemi diğer su örneklerinde de kolaylıkla uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, N., Yusof, N., Lau, W., Jaafar, J., Ismail, A., 2019, Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane Technologies, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 76, 17–38.
- Ahluwalia, S. S., and Goyal, D., 2007, Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater, *Bioresource Technology*, 98(12), 2243–2257.
- Akar, S.T., Akar, T., Kaynak, Z., Anilan, B., Cabuk, A., Tabak, A., Demir, T.A., Gedikbey, T., 2009, Removal of copper(II) ions from synthetic solution and realwastewater by the combined action of dried *Trametes versicolor* cells andmontmorillonite, *Hydrometallurgy*, 97, 98–104.
- Akın, G., Güleç, E., Sağır, M., Gültekin, T., Bektaş Y., 2005, “Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler”, *III. Ulusal Yaşlılık Kongresi*, İzmir, 127-137.
- Akın, M. ve Akın, G., 2007, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
- Alfassi, Z.B., Lan, C.R., Sun, Y.C., Chao, J.H., Chung, C., Yang, Lavi, M.H., 1990, Preconcentration of Trace Elements from Natural Water for Analysis by Neutron Activation, *Radiochimica Acta*, 50, 225-229.
- Alyüz, B., and Veli, S., 2009, Kinetics and equilibrium studies for the removal of nickel and zinc from aqueous solutions by ion exchange resins, *Journal of Hazardous Materials*, 167(1-3), 482–488.
- Andreini, C., Bertini, I., Cavallaro, G., Holliday, G.L., Thornton, J.M., 2008, Metal ions in biological catalysis: from enzyme databases to general principles, *J.Biol. Inorg. Chem.*, 13, 1205–1218.
- Anonim, 2004, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&Mevzatlilski=0>
- Atabey, E.. 2005, Tıbbi Jeoloji, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 88, Ankara, 124.
- Atıcı, A. A., Gültekin, A., Şen, F., Elp, M., 2016, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 517-528.
- Barakat, M., 2011, New trends in removing heavy metals from industrial wastewater, *Arabian Journal of Chemistry*, 4(4), 361–377.
- Barakat, M., and Schmidt, E., 2010, Polymer-enhanced ultrafiltration process for heavy metals removal from industrial wastewater, *Desalination*, 256(1-3), 90–93.
- Baroni, L., Cenci, L., Tettamanti, M., Berati, M., 2006, Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems, *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), 279–286.

- Baucells, M. and Kelipo, M.T., 1985, Determination of Soil Extracts by Furnace AAS, *Anal. Chem.*, 22, 61-70.
- Baucells, M., Lazort, G., Ratura, M., 1985, Determination of Cadmium and Molybdenum in soil extracts by Graphite Furnace AAS and Introductively Coupled Plasma Spectrometry, *Analyst*, 110, 1423-1429.
- Baydar, S.N., 2006, Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi, 1 (405), *Anakara*, 19-28.
- Baysal, A., 1989, Genel Beslenme Bilgisi, *Hatipoğlu Yayınevi*, Ankara, 9.
- Benjamin, C.L., Garman, G.R., Funston, J.H., 1997, Human Biology, *WCB/Mc Graw-Hill Companies*, New York, 192.
- Berrow, M.L., Winnie, M., Stein, 1983, Extraction of Metals from Soils and Swage Sludges by Refluxing with AQUA REGIA, *Analyst*, 198, 277-284.
- Bilal, M., Shah, J. A., Ashfaq, T., Gardazi, S. M. H., Tahir, A. A., Pervez, A., Mahmood, Q., 2013, Waste biomass adsorbents for copper removal from industrial wastewater—A review, *Journal of Hazardous Materials*, 263, 322–333.
- Cavaco, S. A., Fernandes, S., Quina, M. M., & Ferreira, L. M., 2007, Removal of chromium from electroplating industry effluents by ion exchange resins, *Journal of Hazardous Materials*, 144(3), 634–638.
- Chakraborty, S., Dutta, A.R., Sural, S., Gupta, D., Sen, S., 2013, Ailing bones and failing kidneys: a case of chronic cadmium toxicity, *Ann. Clin. Biochem*, 50, 492-495.
- Chowdhury, S., Mazumder, M.A., Al-Attas, O., Husain, T., 2016, Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries, *Sci. Total Environ*, 569-570, 476-488.
- Çetinkaya, O., 2003, Su Kalitesi Ders Notları, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü*, Van, 76.
- Dağ, B., 2010, Van yöresindeki bazı kaynak ve maden sularındaki ağır metal düzeylerinin aktif karbon zenginleştirme yöntemi kullanılarak AAS ve ICP-MS ile tayini ve florür seviyesinin araştırılması, Doktora Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 1-28.
- De Kwaadsteniet, M., Dobrowsky, P., Van Deventer, A., Khan, W., Cloete, T., 2013, Domestic rainwater harvesting: microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems, *Water Air Soil Polluti*, 224, 1629-1647.
- De Rosa, G., Keen, C.L., Leach, R.M., Hurley, L.S., 1980, Regulation of superoxide dismutase activity by dietary manganese, *J. Nutr.*, 110, 795–804.
- Demir, M., 1986, Toprak Örneklerinde Bazı Eser Elementlerin AAS ile Tayininde Halka Tekniğinin Yeri, Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bil. Enst.*

- Demirbas, A., 2008, Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review, *Journal of Hazardous Materials*, 157(2-3), 220–229.
- Dereli, M. E., Ertürk, A., Çakmakçı, M., 2017, Yüzeysel Sularda Ağır Metallerin Etkileri Ve Ötrofikasyon İle İlişkisi, *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, 214-230.
- Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., Egwurugwu, J. N., 2007, Heavy metal pollution and human biotoxic effects, *International Journal of Physical Sciences*, 2(5), 112-118.
- Duvnjak, Z. and Al-Asheh, S., 1997, Sorption of cadmium and other heavy metals by pine bark, *Adv. Environ. Res.*, 1, 194.
- Elçi, L., Kartal,Ş., Ülgen, A., 1998, Ensrümantal Analiz Ders Notları, *Kayseri*.
- Eriksson, P., 1988, Nanofiltration extends the range of membrane filtration, *Environmental Progress*, 7(1), 58–62.
- Fang, T.-H., Hong, E., 1999, Mechanisms influencing the spatial distribution of trace metals in surficial sediments off the southwestern Taiwan, *Marine Pollution Bulletin*, 38 (11), 1026–1037.
- Ferner, D.J., 2001, Toxicity, heavy metals, *eMed. J.* 2(5), 1.
- Fu, F. and Wang, Q., 2011, Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, *Journal of Environmental Management*, 92 (3), 407-418.
- Ghaedi, M., Ahmadi, F. ve Soylak, M., 2007, Preconcentration and separation of nickel, copper and cobalt using solid phase extraction and their determination in some real samples, *Journal of Hazardous Materials*, 147 (2007), 226–231.
- Gleason, K.M., Valeri, L., Shankar, A.H., Hasan, M., Quamruzzaman, Q., Rodrigues, E.G., Christiani, D.C., Wright, R.O., Bellinger, D.C., Mazumdar, M., 2016, Stunting is associated with blood lead concentration among Bangladeshi children aged 2-3 years, *Environ. Health*, 15, 103-111.
- Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., Moulin, P., 2009, Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and todays challenges, *Water Research*, 43(9), 2317–2348.
- Gündüz, T., 1999, Enstrümental Analiz, AÜ. Fen Fak., *Ankara*, 607.
- Gündüz, T., 2002, İnrümental Analiz, Altıncı Baskı, Gazi Kitabevi, *Ankara*, 25-27.
- Gündüz, T., 2012, İnrümental Analiz, 11, *Ankara*, 533-581.
- Hazer, O., 2003, Çevre Örneklerinde Bazı Eser Ağır Metallerin AAS İle Tayini, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri*, 26-35.

- Himes, J.H., 1991, *Anthropometrics Assessment of Nutritional Status*, A John Wiley and Sons. Inc. Publication, New York, 198.
- Hinds, M. W., Jackson, K. W., Newman, A. P., 1985, Electrothermal atomisation atomic-absorption spectrometry with the direct introduction of slurries, Determination of trace metals in soil, *The Analyst*, 110(8), 947-960.
- Holdren C, Harte J, Schneider R, Shirley C., 1991, A guides to commonly encountered toxics”, In: Harte J, Holdren C, Schneider R, Shirley C, Toxics A to Z – a guide to everyday pollution hazards, *University of California Press*, Berkeley, 244–247, 436–438.
- Holum, J. R., 1983, *Elements of General and Biological Chemistry*, 6th Edition, John Wiley and Sons, N.Y., 324, 326, 353, 469.
- Hua, M., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W., Lv, L., Zhang, Q., 2012, Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review, *Journal of Hazardous Materials*, 211-212, 317–331.
- Igwe, J. C., and Abia A.A., 2006, A bioseparation process for removing heavy metals from waste water using biosorbents, *African Journal of Biotechnology*, 5 (12), 1167-1179.
- Jackson, L., Fries, T., Grossman, J., 1991, Geological and Inorganic Material, *Anal. Chem.*, 63, 33-35.
- Jarup, L., 2003, Hazards of heavy metal contamination, *Br. Med. Bull.*, 68, 167-182.
- Joseph, L., Jun, B.-M., Flora, J. R., Park, C. M., Yoon, Y., 2019, Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review, *Chemosphere*, 229, 142–159.
- Kaçar, B. ve Kütük, C., 2010, Gübre Analizleri, 1 (1497), *Ankara*, 40-42.
- Kamran, S., Shafaqat, A., Samra, H., Sana, A., Samar, F., Muhammad, B. S., Hafiz, M. T., 2013, Heavy Metals Contamination and what are the Impacts on Living Organisms, *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*, 2(4), 172–179.
- Kanamarlapudi, S. L. R. K., Chintalpudi, V. K., Muddada, S., 2018, Application of Biosorption for Removal of Heavy Metals from Wastewater, *Biosorption*, 68-116.
- Kartal, S., Elçi, L., Doğan, M., 1992, Investigation of Lead, Nickel, Cadmium and Zinc Pollution of Traffic in Kayseri, *Fresenius Environment Bul.*, 1, 28-33.
- Kayar, N. ve Çelik, A., 2001, Manisa İli İçme Sularında Florür Düzeylerinin İyon Seçici Elektrot ile Saptanması, 40.
- Klavins, M., Briede, A., Rodinov, V., Kokorite, I., Parele, E., Klavina, I., 2000, Heavy metals in Rivers of Latvia, *Science of the Total Environment*, 262, 175–183.

- Kurniawan, T. A., Chan, G. Y., Lo, W. H., Babel, S., 2006, Physico–chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals, *Chemical Engineering Journal*, 118(1-2), 83–98.
- Lall, S.P., 2002, The minerals, In: Halver, J.E., Hardy, R.W., Fish Nutrition, *Academic Press Inc.*, San Diego, CA, 259–308.
- Lenntech, R., 2004, Water Treatment and Air Purification, Netherlands (www.excelwater.com/thp/filters/Water-Purification.htm).
- Liang, J.J., Wang, S., Han, B., Tian, L.X., Yang, H.J., Liu, Y.J., 2015, Dietary manganese requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) based on growth and tissue manganese concentration, *Aquac. Res.*, 46, 2991–2998.
- Libes, S.M., 1992, An Introduction to Marine Biogeochemistry, *John Wiley and Sons*, New York, 752.
- Liu, K., Ai, Q.H., Mai, K.S., Zhang, W.B., Zhang, L., Zheng, S.X., 2013, Dietary manganese requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, *L. Aquac. Nutr.*, 19, 461–467.
- Lundh, M., Jönsson, L., Dahlquist, J., 2000, Experimental studies of the fluid dynamics in the separation zone in dissolved air flotation, *Water Research*, 34(1), 21–30.
- McCluggage, D., 1991, Heavy Metal Poisoning, NCS Magazine, Published by The Bird Hospital, CO, U.S.A. (www.cockatiels.org/articles/Diseases/metals.html).
- Meena, A. K., Mishra, G., Rai, P., Rajagopal, C., Nagar, P., 2005, Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using carbon aerogel as an adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 122(1-2), 161–170.
- MEGEP, 2011, Suların Analiz Parametreleri, Çevre Sağlığı, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi Yayınları*, Ankara, 6-12.
- Milly, P.C., Wetherald, R.T., Dunne, K.A., Delworth, T.L., 2002, Increasing risk of great floods in a changing climate, *Nature*, 415(6871), 514-517.
- Murthy, Z., and Chaudhari, L. B., 2008, Application of nanofiltration for the rejection of nickel ions from aqueous solutions and estimation of membrane transport parameters, *Journal of Hazardous Materials*, 160(1), 70–77.
- Nasernejad B., Zadeh, T.E., Pour, B.B., Bygi, M.E., Zamani, A., 2005, Comparison for biosorption modeling of heavy metals (Cr(III), Cu(II), Zn(II)) adsorption from wastewater by carrot residues, *Process Biochem.*, 40, 1319–1322.

- National Research Council (NRC), 1993, Nutrient Requirements of Fish. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, *National Academic Press*, Washington, DC, 116.
- Nolan, K., 2003, Copper Toxicity Syndrome, *J. Orthomol. Psychiatry*, 12(4): 270 – 282.
- Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C., Erwin, K.N., Levin, E.D., 2009, The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world, *Environ. Int.*, 35 (6), 971-986.
- O’Connell, D. W., Birkinshaw, C., O’Dwyer, T. F., 2008, Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review, *Bioresource Technology*, 99(15), 6709–6724.
- Ogwuegbu, M.O., Ijioma M.A., 2003, Effects Of Certain Heavy Metals On The Population Due To Mineral Exploitation. In: *International Conference on Scientific and Environmental Issues In The Population, Environment and Sustainable Development in Nigeria*, University of Ado Ekiti, Ekiti State, Nigerian, 8-10.
- Ogwuegbu, M.O.C., Muhanga, W., 2005, Investigation of Lead Concentration in the Blood of People in the Copperbelt Province of Zambia, *J. Environ.*, (1): 66 – 75.
- Oymak, T., Silikajel- Dimetilgloksim Katı Faz Ekstraksiyonu İle Çeşitli Örneklerdeki Palladyumun Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Yöntemle Tayini, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 2003.
- Ouyang, Y., Higman, J., Thompson, J., OToole, T., Campbell, D., 2002, Characterization and spatial distribution of heavy metals in sediment from Cedar and Ortega Rivers subbasin, *Journal of Contaminant Hydrology*, 54, 19–35.
- Özdeş, D., 2012, Taşıyıcı Element İlavesiz Birlikte Çöktürme Yöntemiyle Bazı Eser Elementlerin Zenginleştirilmesi Ve Uygulamalar, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 25-29.
- Pandit, A.B., Kumar, J.K., 2015, Clean water for developing countries, *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.*, 6, 217-246.
- Parmar M. and Thakur, L. S., 2013, Heavy Metal Cu, Ni And Zn: Toxicity, Health Hazards And Their Removal Techniques By Low Cost Adsorbents: A Short Overview, *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 3(3), 143-157.
- Patil. P.N, Sawant. D.V, Deshmukh. R. N., 2012, Physico-chemical parameters for testing of water – A review, *International Journal Of Environmental Sciences*, 3(3), 1194-1207.
- Pekey, H., Karakaş, D., Bakoğlu, M., 2004, Source apportionment of trace metals in surface waters of a polluted stream using multivariate statistical analyses, *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10), 809–818.

- Polat, H., and Erdogan, D., 2007, Heavy metal removal from waste waters by ion flotation, *Journal of Hazardous Materials*, 148(1-2), 267–273.
- Rivail Da Silva, M., Lamotte, M., Donard, O.F.X., Soriano-Sierra, E.J., Robert, M., 1996, Metal contamination in surface sediments of mangroves, lagoons and Southern Bay in Florianopolis Island, *Environmental Technology*, 17, 1035–1046.
- Schwartzbord, J.R., Emmanuel, E., Brown, D.L., 2013, Haiti's food and drinking water: a review of toxicological health risks, *Clin. Toxicol.*, 51 (9), 828-833.
- Schwarzenbach, R.P., Egli, T., Hofstetter, T.B., Gunten, U., Wehrli, B., 2010, Global water pollution and human health, *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 35, 109-136.
- Soffioti U. and Wagoner J.K., 1976, Occupational Carcenogenesis, *New York Academy of Science*, 271.
- Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M., 2008, Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review, *Bioresource Technology*, 99(14), 6017–6027.
- Sudilovskiy, P., Kagramanov, G., Kolesnikov, V., 2008, Use of RO and NF for treatment of copper containing wastewaters in combination with flotation, *Desalination*, 221(1-3), 192–201.
- Şahan, S., 2006, Amberlite XAD-1180 Reçinesinin Yeni Bir Şelat Yapıcı Reaktif İle Doyurularak Eser Düzeydeki Ağır Metallerin Sorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi ve FAAS İle Tayinleri, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 17-26.
- Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., 2000, Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong Mangrove Swamps, *Environmental Pollution*, 110, 195–205.
- Tan, X.Y., Xie, P., Luo, Z., Lin, H.Z., Zhao, Y.H., Xi, W.Q., 2012, Dietary manganese requirement of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*, and effects on whole body mineral composition and hepatic intermediary metabolism, *Aquaculture*, 326- 329, 68–73.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., Stensel, H., 2003, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, *McGraw-Hill*, New York, NY.
- Tezcan, R. ve H., 2007, Metaller Kimyası, 1 (1080), *Ankara-Yenişehir*, 118-286.
- Tezcan, R. ve Özbay, Y., 1989, Tohma Çayında Ağır Metal Tayinleri, *Doğa TU Kim*.
- Udedi, S.S., 2003, From Guinea Worm Scourge to Metal Toxicity in Ebonyi State, *Chemistry in Nigeria as the New Millennium Unfolds*, 2(2), 13–14.
- UIET SH., 2002, Environmentally sound technologies for wastewater and stormwater management: An international source book, *International Water Association: Osaka*. 15:1-617.

- UN-Water, 2018, The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water, *UNESCO*, Paris, France.
- Ure, A.M., Hernandez-Artiga, M.P., Mitchell, M.C., 1978, A Carbon-Rod Atomizer for the Determination of Cadmium and Lead in Plant Materials and Soil Extracts, *Anal. Acta*, 96, 37-43.
- Ure, A.M., Mitchell, M.C., 1976, Determination of Cadmium in Plant Material and Soil Extracts by Solvent Extraction and AAS with a Carbon-Rod, *Analytica Chimica Acta*, 87, 283-290.
- USEPA, 2019, National Primary Drinking Water Regulations, *United States Environmental Protection Agency*, Washington, DC.
- Uzun, A., Soylak, M., Elçi, L., 2001, Preconcentration and Separation with Amberlite XAD-4 Resin; Determination of Cu, Fe, Pb, Ni, Cd and Bi at Trace Levels in Waste Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry, *Talanta*, 54, 197-202.
- Wang, X., Hua, T., Zhang, C., Lang, L., Wang, H., 2012, Aeolian salts in Gobi deserts of the western region of Inner Mongolia: Gone with the dust aerosols, *Atmospheric Research*, 118, 1–9.
- Watson, P.D, Brown J, Johnson, M.A., Jefcoat, I.A., 2002, Peanut hull pellets as a single use sorbent for the capture of Cu (II) from wastewater, *Waste Manage*, 22, 471–480.
- WHO, 2017a, Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, *World Health Organization*, Geneva.
- WHO, 2017b. In: Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines, (UNICEF), *United Nations Children's Fund*.
- Xi, J., Duan, Q., Luo, Y., Xie, Z., Liu, Z., Mo, X., 2017, Climate change and water resources: case study of eastern monsoon region of China, *Adv. Clim. Change Res.*, 8 (2), 63-67.
- Yılmaz, L., Peker, S., 2013, Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: Su savaşları, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 57-74.
- Young, R.A., 2005, Toxicity Profiles: Toxicity Summary for Cadmium, Risk Assessment Information System, RAIS, *University of Tennessee* (rais.ornl.gov/tox/profiles/cadmium.shtml).
- Zafar, N., and Khan, M. A., 2019, Growth, feed utilization, mineralization and antioxidant response of stinging catfish *Heteropneustes fossilis* fed diets with different levels of manganese, *Aquaculture*, 509, 120–128.

- Žak, S., 2012, Treatment of the Processing Wastewaters Containing Heavy Metals with the Method Based on Flotation, *Ecological Chemistry and Engineering S*, 19(3), 433–438.
- Zhang, H.L., Sun, R.J., Xu, W., Zhou, H.H., Zhang, W.B., Mai, K.S., 2016, Dietary manganese requirement of juvenile large yellow croaker *Larimichthys crocea* (Richardson, 1846), *Aquaculture*, 450, 74–79.
- Zhao, D., Mao, Z., Lin, Q., Qin, C., Hong, Y., 2017, Effect of supplementary manganese on growth performance, tissue manganese content, antioxidant activities, and cytosolic manganese superoxide dismutase gene mRNA expression in juvenile Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*), *Aquac. Int.*, 25, 893–903.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	Ekrem KAYA
Uyruğu	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	01/08/1979
Telefon	5065041270
e-mail	Ekrem.kaya@csb.gov.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Batman Lisesi Batman Merkez	1995
Üniversite Lisans	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü	2000
Yüksek Lisans	Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2006-2019	Batman İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü	Çevre Mühendisi
2019-	İstanbul İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü	Çevre Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce