

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN GEÇTİĞİ ALANLARDAKİ SU
VE ÇAMUR ÖRNEKLERİNDE, AĞIR METAL MİKTARLARININ FARKLI
İKLİM KOŞULLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Ahmet BAKIR
DANIŞMAN : Yrd. Doç. Dr. Sema KAPTANOĞLU

VAN-2016

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**VAN GÖLÜ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN GEÇTİĞİ ALANLARDAKİ SU
VE ÇAMUR ÖRNEKLERİNDE, AĞIR METAL MİKTARLARININ FARKLI
İKLİM KOŞULLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: AHMET BAKIR

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **2014-FBE-YLO99**
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu'nda Yrd. Doç. Dr. Sema KAPTANOĞLU danışmanlığında, Ahmet BAKIR tarafından hazırlanan “ *Van Gölü'ne dökülen akarsuların geçtiği alanlardaki su ve çamur örneklerinde, ağır metal miktarlarının farklı iklim koşullarındaki değişimlerinin incelenmesi.*” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 22/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Sema KAPTANOĞLU

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza KUL

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. İhsan ALACABEY

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/....../2016 gün ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet BAKIR

ÖZET

VAN GÖLÜ'NE DÖKÜLEN AKARSULARIN GEÇTİĞİ ALANLARDAKİ SU VE ÇAMUR ÖRNEKLERİNDE, AĞIR METAL MİKTARLARININ FARKLI İKLİM KOŞULLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

BAKIR, Ahmet

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sema KAPTANOĞLU

Ocak 2016, 77 sayfa

Bu tez çalışmasında, Van Bölgesi'nde bulunan Bendimahi Çayı, Karasu Çayı, Değirmendere Çayı ve Engil Çayının göle dökülen noktasındaki su ve toprak numunelerinin, özellikle ağır metalce kirliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda dört kritik noktadan belirli periyotlarla numuneler alınmış ve numuneler için çeşitli parametreler tayin edilmiştir.

Deneysel çalışmalar Mart 2014 – Şubat 2015 dönemlerini kapsamaktadır. Araştırma için numuneler Van Gölü'ne ulaşan Bendimahi Çayı, Karasu Çayı, Değirmendere Çayı ve Engil Çayı'nın göle döküldüğü yerlerden, ağır metal içeriklerinin tayini için seçilen merkezlerden, su ve toprak örnekleri toplandı. Su numuneleri 12 ay boyunca toprak numuneleri ise mevsimsel olarak alınmıştır. Bu süre boyunca alınan numune örnekleri çeşitli kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) cihazında ağır metal analizi yapılmış ve zaman içindeki değişim gözlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda su ve toprak numunelerinde ağır metal kirliliği tespit edilmiş olup bir an önce kirlletici kaynaklara gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durumda, insan ve çevre sağlığı açısından tehlike arz etmediği fakat gelecekte tehlike arz edeceği göz önüne alınarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Van Gölü, Ağır metal, Su ve toprak kirliliği, Çevre.

ABSTRACT

THE ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE AMOUNTS OF HEAVY METALS IN DIFFERENT CLIMATE CONDITIONS IN WATER AND MUD EXAMPLES FOUND IN THE AREAS WHERE THE STREAM FLOWS TO THE LAKE OF VAN

BAKIR, Ahmet

M.Sc. Thesis, Department of Chemistry

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sema KAPTANOĞLU

January 2016, 77 pages

In this thesis study, determining pollution especially by heavy metals of water and soil samples taken the areas where Bendimahi stream, Karasu stream, Değirmendere stream and Engil stream in Van region flow into lake has been aimed. With this aim, samples were taken from four critical points in certain periods and some parameters were appointed for samples.

The experimental studies have included the period between March 2014- and February 2015. Water and soil samples were taken from the areas Bendimahi stream, Karasu stream, Değirmendere stream and Engil streams flow into lake Van and flow the centers chosen to determine heavy metal ingredients. Water samples have been taken during 12 months but soil samples have been taken seasonally. During this period; after the samples were processed chemically, heavy metal analysis was done by ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- atomic emission spectroscopy) and the variation was observed in due time. After the measures were done, heavy metal pollution in the samples was detected, and that necessary precautions should be taken immediately against to pollutants was concluded. It doesn't pose a danger in respect to human and environment health but in future as if it can pose a danger, same suggestions have been proposed.

Key words: Lake Van, Heavy metal, Water and soil pollution, Environment.

ÖN SÖZ

Bu çalışma, Van Gölü'ne dökülen Bendimahi Çayı, Karasu Çayı, Değirmendere Çayı ve Engil (Dönemeç) Çayı'nın göle döküldüğü alanlardaki ağır metal miktarlarının farklı iklim koşullarındaki değişimlerinin incelenmesini amaçlanmıştır.

Tez konumun belirlenmesinden son cümleye kadar bana zaman ayırıp destek sunan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Sema KAPTANOĞLU'na, çalışmamın planlanmasında ve yürütülmesinde hiç bir yardımını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza KUL'a ayrıca Prof. Dr. Suat EKİN'e, Prof. Dr. Füsün GÜLSER'e, Araş. Gör. Tuğba Hasibe GÖKKAYA'ya teşekkür ederim. Numunelerin toplanması sürecinde zaman ayırıp desteğini sunan eşim Sosyolog Mehtap BAKIR ve yeğenim Okul Öncesi Öğretmeni Erdal YÜKSEL'de ayrıca teşekkür ederim.

Tezimi, 2014-FBE-YLO99 proje numarası ile destekleyen Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Projeleri Birimi'ne ayrıca teşekkür ederim.

Ocak 2016
Ahmet BAKIR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
EKLER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	4
2.1. Van ilinin coğrafi konumu ve doğal yapısı	7
2.2. Van ilinin iklimsel özellikleri	8
2.3. Van ilinin sanayi yapısı ve sınır ticareti	10
2.4. Van ilinde tarım ve hayvancılık.....	12
2.4.1. Gübre kullanımı.....	15
2.4.2. Pestisit kullanımı	16
2.5. Van ilinin toprak yapısı	16
2.6. Van gölü	18
2.7. Su kirliliği.....	18
2.7.1. Su kirlenme türleri	22
2.7.1.1. Mikrobiyolojik kirlenme	23
2.7.1.2. Organik kirlenme.....	23
2.7.1.3. İnorganik kirlenme	23
2.7.1.4. Petrol ve petrol ürünlerinde kirlenme.....	23
2.7.1.5. Isısal kirlenme.....	24
2.8. Toprak kirliliği.....	24
2.8.1. Toprak kirliliği türleri	25
2.8.1.1. Pozitif toprak kirliliği	25
2.8.1.2. Negatif toprak kirliliği	25
2.9. Ağır metaller	28
2.9.1. Canlı organizmalardaki eser elementler	29

2.9.2. Çalışılan bazı ağır metaller hakkında temel bilgiler	30
2.9.2.1. Kurşun elementi ve toksik etkisi	30
2.9.2.2. Bakır elementi ve toksik etkisi	31
2.9.2.3. Çinko elementi ve toksik etkisi	32
2.9.2.4. Krom elementi ve toksik etkisi	33
2.9.2.5. Nikel elementi ve toksik etkisi	34
2.9.2.6. Kadmiyum elementi ve toksik etkisi	36
3. MATERTAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. ICP-OES cihazı	38
3.1.1. Kaynak	40
3.1.2. Optik kısım	41
3.1.3. ICP ile işlem	42
3.1.4. Numune girişi	43
3.1.4.1. Sıvı numune girişi.....	44
3.1.5. Girişimler	47
3.2. Çalışma yerinin tanımı.....	48
3.3. Van ili sınırları içerisinde göle akan bazı akarsular ve bu akarsuların özellikleri	49
3.4. Numune alınan yerler ve özellikleri	50
3.5. Araştırma süresi	55
3.6. Su numunelerinin alınması ve su numunelerinin analizinde kullanılan metotlar	55
3.6. Toprak numunelerinin alınması ve toprak numunelerinin analizinde kullanılan metotlar	55
4. BULGULAR	57
4.1. Toprak numune örnek bulguları.....	57
4.2. Su numune örnek bulguları	61
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	67
KAYNAKLAR	70
EKLER	75
ÖZ GEÇMİŞ.....	77

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri	2
Çizelge 2.1. Van ilinin son on yılına ait aylık yağış miktarları(mm) (2004-2014 yılları arası)	10
Çizelge 2.2. Van ilinde sanayi kollarında çalışan kişi sayısı ve oranları	11
Çizelge 2.3. Van ili organize sanayi bölgesi arsa tahsis durumu	12
Çizelge 2.4. Van ili tarım alanlarının dağılım ve üretim miktarı	13
Çizelge 2.5. Van ili arazi sulama durumu	14
Çizelge 2.6. Van ili ve çevresindeki arazi varlığı.....	14
Çizelge 2.7. Van ili arazide kullanılan gübre durumu	15
Çizelge 2.8. Van ilinde kullanılan pestisit.....	16
Çizelge 2.9. Dünya su rezervlerinin dağılımı	19
Çizelge 2.10. Kirli topraklarda bulunabilecek element ve kaynakları	26
Çizelge 2.11. Topraktaki ağır metal sınır değerleri	27
Çizelge 2.12. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması.....	28
Çizelge 2.13. İnsan organizmasının element bileşimi	29
Çizelge 2.14. İnsan organizmasının günlük element gereksinimi	30
Çizelge 2.15. Bazı gıda maddelerinde saptanan bulaşıcı nikel miktarları.....	35
Çizelge 4.1. Bendimahı Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.....	57
Çizelge 4.2. Karasu Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri	58
Çizelge 4.3. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.....	59

Çizelge 4.4.Engil Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.....	60
Çizelge 4.5. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri	61
Çizelge 4.6. Karasu Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri	62
Çizelge 4.7. Değirmendere Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.....	64
Çizelge 4.8. Engil Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.....	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Van ili arazi kullanım durumu	15
Şekil 2.2. Arıtılmamış suyun insan vücudundaki zararları.....	21
Şekil 3.1. ICP-OES cihazına ait şematik görüntü.....	39
Şekil 3.2. ICP-OES cihazının kapalı ve yandan görüntüsü	39
Şekil 3.3. Plazma kaynağı	41
Şekil 3.4. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi.....	42
Şekil 3.5. Numune girişi.....	43
Şekil 3.6. Çapraz akış sisleştirciler.....	45
Şekil 3.7. Babington sisleştirci	45
Şekil 3.8. Ultrasonik sisleştirciler.....	46
Şekil 3.9. Numune alınan yerleri gösterir harita.....	51
Şekil 3.10. Karasu Çayı örnekleme noktası.....	53
Şekil 3.11. Bendimahi Çayı örnekleme noktası	53
Şekil 3.12. Değirmendere Çayı Örnekleme noktası	54
Şekil 3.13. Engil Çayı örnekleme noktası	54
Şekil 3.14. Numunelerin analizi sırasında çekilmiş laboratuar resimleri	56
Şekil 4.1. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.....	57
Şekil 4.2. Karasu Çayı/ Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.3. Değirmendere Çayı/ Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.4. Engil Çayı/ Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması	60

Şekil 4.5. Bendimahi Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması	61
Şekil 4.6. Bendimahi Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması	62
Şekil 4.7. Karasu Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması	63
Şekil 4.8. Karasu Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması	63
Şekil 4.9. Değirmendere Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması	64
Şekil 4.10. Değirmendere Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması	65
Şekil 4.11. Engil Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması	66
Şekil 4.12. Engil Çayı/ Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Cu	Bakır
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Ni	Ni
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
mm	Millimetre
ha	Hektar
µg	Mikrogram
°C	Derece
'	Dakika
"	Saniye
°K	Kelvin
g/t	Gram/ton
mg	Milligram
mg/L	Milligram/Litre
g/cm³	Yoğunluk birimi
mg/kg	Milligram/kilogram
mg/m³	Milligram/metreküp
Mhz	Frekans birimi
m³/sn	Metreküp/saniye

Kısaltmalar**Açıklama**

OSB	Organize Sanayi Bölgesi
GSYİH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
DAP	Diamonyum Fosfat
H₂O	Su
PbS	Galen
PbCO₃	Serüsit
PbSO₄	Anglezit
ZnS	Sfalerit
FeS₂	Pirit
NaCl	Sodyum Klorür
NaCO₃	Sodyum Karbonat
K₂SO₄	Potasyum Sülfat
Na₂SO₄	Sodyum Sülfat
MgCO₃	Magnezyum Karbonat
HCl	Hidroklorik Asit
HNO₃	Nitrik Asit
HNO₃+3HCl	Kral Suyu (Nitrit Asit + Hidroklorik Asit 1:3)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
UN	Birleşmiş Milletler
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometre

EKLER DİZİNİ

Ek	Sayfa
Ek-1 Su kirliliği kontrol yönetmeliği'ne göre ağır metallerin kalite kriterlerine etkileme sınır değerleri	75
Ek-2 Topraktaki ağır metal sınır değerleri	76
Ek-3 Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları	76

1. GİRİŞ

21. yy'da ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli sorunların başında çevre sorunları gelmektedir. Özellikle endüstriyel üretim sürecinde ortaya çıkan hava, su ve toprak kirliliği günümüzde yaşanan çevresel sorunların temel kaynağını oluşturmaktadır. İnsan toplumları ilk olarak ortaya çıktığından itibaren sürekli çevre ile iç içe yaşamışlardır. İnsanın hayatını devam etmesi çevrenin daha yaşanılır olmasına bağlıdır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren nüfus artışına paralel olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve ekosistemin bozulması giderek daha hayati bir sorun haline gelmiştir (Çalışkan, 2005).

Endüstrileşmenin hızlanması ve yaygınlaşması ile birlikte, endüstride çeşitli fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılması süreci de yaygınlaşmış ve bunun sonucunda fark edilen çevre sorunları başında asit yağmurları, hava, su ve toprak kirliliği olmuştur. Çevre ve toprak kirliliğine neden olan faktörlerden en önemlisi ağır metallerdir (Asri ve ark., 2006). Ağır metallerin çevreye yayılımında en önemli etkenlerden biri endüstriyel faaliyetlerdir. Çizelge 1.1'de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmektedir. Havaya atılan ağır metaller, karaya ve buradan da bitki ve sulara ulaşarak insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etki yaparlar. Ayrıca ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine girerek insanlara zarar verirler (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Günümüzde toprak kirliliğinin küresel bir sorun haline geldiği bir gerçektir (Çağlarırnak ve ark., 2010). Toprak kirliliğine neden olan inorganik maddelerin başında ağır metalleri verebiliriz. Ağır metaller biyolojik süreçlerde birikme eğilimi ve yüksek birikme düzeylerinde kanserojen-öldürücü özellik sergileyen elementlerdir. Gübreler ve tarım ilaçları belirli düzeylerde ağır metal içerirler. Diğer yandan endüstriyel faaliyetler sırasında gerçekleştirilen atmosferik deşarjlar ve elde edilen atık maddeler de ağır metal içerirler. Dolayısıyla yüksek gübre ve tarımsal mücadele (ilaçlama) gibi girdilere dayanan geleneksel tarım modeline ve ivmesi giderek artan endüstriyel faaliyetlere sahip ülkelerin toprak kaynaklarında ağır metal birikimine bağlı

toprak kirliliği sorunları görülebilmektedir (Karaca ve ark., 2012). Özellikle tarım alanlarında uygulanan pestisitler; hava, su ve toprağa oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadırlar (Altıkat ve ark., 2009).

Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Endüstri	Kadmiyum	Krom	Bakır	Civa	Kurşun	Nikel	Kalay	Çinko
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+
(Termik)								

Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir konsantrasyonun üzerinde sağlık için zararlıdır. Toksik maddeler, sularda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar verebilecek hastalıklara ve hatta ölüme neden olabilirler. Düşük miktarlarda bile sakıncalı olabilen maddeler arasında en önemli grubu ağır metaller diye adlandırılan Pb, Cu, Cd, Zn gibi bazı elementler oluşturur (Ekin ve ark., 1997). Bu açıdan bakıldığında kirleticilerin son durak olarak özellikle akuatik ortamlara verilmesi suların kalitesini bozarak suda yaşayan canlıların ve insanoğlunun yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle dünyada bu konuya karşı ilgi ve endişe giderek artmaktadır (Ciminli, 2005). Ayrıca evsel ve sanayi atıkların belir bir alanda depolanması, atık suların foseptik çukurlarında biriktirilmesi ve tarımda verimin arttırılması amacı ile gübre ve ilaçların yoğun bir şekilde kullanılması o bölgede bulunan yer altı sularını kimyasal olarak kirlettiği bilinmektedir (Şahin ve ark., 2011).

Su kaynaklarının ağır metaller tarafından kirlenmesi, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşmasıyla olur. Sulara taşınan

ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Endüstriyel ve evsel atıkların arıtılmadan veya gerektiği gibi arıtım yapılmadan nehir ve göl sularına karışması ve birikmesi nedeniyle, nehirlerde yaşayan birçok canlı yok olma tehlikesiyle karşılaşmaktadır. Bu gibi olaylarda nehirlerin ve göllerin kirlilik düzeylerinin araştırılması gerekçesini açıkça göstermektedir (Zengin, 2008). Ayrıca bazı atıklar içinde ve çeşitli yollarla denizlere gelen iz elementler, ortamda belirli miktarlarda bulunduklarından organizmaların fizyolojik aktivitelerinde önemli rol oynamakta, ancak doğal konsantrasyon düzeylerinin dışına çıktığında ekosistem bireylerinin biyolojik aktivitelerini etkileyerek, gıda zinciri organizmaları arasında dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Uzunoğlu, 1999). Bu çalışmada Van Gölü civarında Erciş, Gevaş, Bardakçı Köyü ve İskele tarafında bulunan dört noktadan mevsimsel periyotlar halinde alınan su ve çamur numunelerinin içerdiği bazı ağır metal düzeyleri ICP-OES cihazı ile tespit edilmiştir. Elde edilen veriler mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Mısır'ın Manzala Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sediment örneklerinde ağır metal seviyelerini ve bazı kimyasal parametreleri incelenmiştir. Sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Su ve Sedimentte ağır metal konsantrasyon düzeyini sırasıyla $Zn > Pb > Cu > Cd$ şeklinde sıralamışlardır. Çalışılan metal konsantrasyonlarının istasyonlar arası önemli bir değişikliği olmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir (Abdel – Baky ve ark., 1998).

Arjantin'de yapılan çalışmada Parana Deltası'nın aşağısında dört bölgeden toplanan su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Metal analizlerinde AAS (Perkin Emler 3110) kullanılmıştır. Suda; Cr için 3,16 – 4,97, Zn için 72,7 – 146, Cu için 3,48 – 3,87, Ni için $< 5,50$, Pb için $< 6,50$, Cd için $< 1,40 \mu g\ g^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır (Cataldo ve ark., 2001).

Büyük Menderes nehrindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymuşlardır. 13 noktadan her ay alınan su örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler ile iz element ve ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Nehrin sularında Fe, Cu, Pb, Cr ve Al ölçüt verilerin altında analiz edilirken Zn, Mn ve Co elementlerinin is kirlilik düzeyine aştığı saptanmıştır. Ayrıca Büyük Menderes nehrinde yoğun bir amonyak ve nitrik kirliliği olduğu tespit edilmiştir (Okur ve ark., 2001).

Mısır'ın Nasser Gölü'nde yaptığı çalışmada su bitkileri, su, sediment ve *Tilapia nolitica*'da ağır metal birikimleri incelenmiştir. Metal analizleri için AAS cihazı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanmıştır; Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr ve Zn konsantrasyonlarının sırasıyla 185, 240, 220, 1420, 186, 145, 1852, 230 $Zn \mu g\ g^{-1}$ sedimentte 89,5; 79; 109; 51500; 1000; 122; 455; 143 $\mu g\ g^{-1}$, (yaş ağırlık) ve balıkta 0,25; 0,29; 0,27; 6,45; 0,5; 0,19; 1,92; 1,55 $\mu g\ g^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak bulmuştur. Balık dokuları arasında en yüksek birikimi Cr, Fe ve Sr konsantrasyonlarını en yüksek solungaçta bulmuştur (Rashed, 2001).

Ağır metallerin akustik ortamlarda her geçen gün arttığını ve insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit ettiğini, ağır metal kirleticilerinin kaynağı, dağılımı ve elde edilebilir bilgilerle bu kirliliğin kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koyulan ve Yanktze Nehri'nden aldığı su örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0,080;

7,91; 15,7 ve 18,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak belirlemiştir. Ağır metallerin sucul ortamlara ulaşmasında en büyük etkenin insan aktiviteleri, endüstriyel ve katı atıklar olduğunu bildirmiştir (Cheng, 2003).

Küçük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada yüzey sularında pestisit ve ağır metal kirliliğini incelenmiş ve analizlerde AAS kullanılmıştır. 2002 yılı ağır metal sonuçları incelendiğinde Cd, 0,81; Pb, 0,59; Cr, 0,093; Ni, 2,27; Cu, 13,1 ve Zn, 249,17 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunduğu görülmüştür (Turgut, 2003).

Fransa'nın Lot Nehri Havzasının üç farklı bölgesinden aldıkları sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Metal analizleri için ICP –MS (Elan 5000) kullanılmış ve ortalama sonuçlar Cu için 97,7-26,9 Zn için 134-4430, Cd için 0,81 – 125, Pb için 43,6- 523 $\mu\text{g g}^{-1}$ kuru ağırlık olarak bulmuşlardır (Audry ve ark., 2004).

Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin birikiminin incelenmiştir. Örnekler ICP-OES cihazı ile okunmuştur. Kovada Gölü'nün suyunda yapılan ağır metal analizinde Fe her mevsimde, Zn İlkbahar -2005 ve kış-2006'da, Al sadece yaz-2005'de ve Ni sadece ilkbahar-2005'de belirlenmiştir. Buna karşın Mn kış-2006'da, Cd, Cr, Cu ve Pb tüm mevsimlerde ICP-OES'nin analiz limitinin altında çıktığını tespit etmişlerdir. Suda en fazla bulunan metalin Fe olduğunu ve suda tespit edilen metallerin ise yaz ve ilkbahar aylarında arttıklarını saptamışlardır. Kovada Gölü'nün sedimentinde yapılan ağır metal analizlerinde ise Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni tüm mevsimlerde belirlenirken Cd yaz- 2005 ve sonbahar-2005'de ICP-OES'nin analiz limitinin altında kaldığını tespit etmişlerdir (Kır ve ark., 2007).

Van merkez ve ilçelerinde (Erciş, Özalp, Saray, Muradiye, Çaldıran, Gürpınar, Gevaş ve Edremit) bulunan kuyu, dere, kaynak/çeşme, musluk ve depo sularında ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni ve Co) düzeyleri araştırılmıştır. Farklı mevsimlerde inceledikleri su kaynaklarının tamamında Mn ve Cd değerleri, merkez ve ilçelerdeki kuyu ve kaynak/çeşme sularında Fe, merkezdeki kuyu sularında ise Zn düzeyinin İçme ve Kullanma Suları Standardı'nda bildirilen kriterlere uygun bulunmadığını ayrıca, merkez ve ilçelerdeki kaynak/çeşme sularında Fe, Mn, Cd ve Ni ; musluk sularında Mn, Cd ve Ni ; depo sularında Mn ve Cd, ilçelerde depo sularında ise Ni düzeyi ilgili yönetmelikte bildirilen değerlere uygunluk göstermediğini tespit etmişlerdir (Dede ve ark., 2007).

Van Gölü'ne ulaşan akarsuların ve bu akarsuların geçtiği yerlerde bıraktıkları çamurların bazı ağır metal içeriklerinin tayini için seçilen merkezlerden su ve toprak örnekleri toplanmış ve bu örnekler FAAS metodu ile ölçülmüştür. Örnek toplama yerlerine göre bulunan değerler fazla değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Su örneklerinin ortalama değerlerine göre Pb, Co ve Cu konsantrasyonları yüksek; Cd, Zn, Mn, Cr, Ni ve Fe konsantrasyonları ise normal değerlerde veya normal değerlerin altında bulunduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin ortalama değerlerine göre ise Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni konsantrasyonları yüksek; Co, Zn ve Mn konsantrasyonları normal değerler içerisinde bulunmuştur. Sularda ve toprakta araştırılan elementlerin bir kısmının toksik etki gösterebilecek seviyeye ulaştığı saptanmıştır (Kılıçel ve ark., 2008).

Belli mevsimlerde Van Gölü'ne dökülen nehirlerin 16 noktasından periyodik olarak numuneler alınmıştır. Alınan numuneler ICP-OES cihazı kullanılarak numunelerdeki Cu, Pb, Fe, Cr, Cd Zn ve Mn miktarları belirlenmiştir. Bakır miktarının su kontrol yönetmeliğinde belirtilen değerin altında, kadmiyum, çinko ve mangan miktarları ise su kontrol yönetmeliğine göre I. ve II. kalitede olduğu, demir, mangan ve kurşun miktarlarının ise kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğunu saptamıştır. Sonuç olarak kurşun içeren nehirlerin bazılarının madenlerin içerisinde veya üzerinden geçtikleri, ayrıca yaz mevsimine ait ağır metal miktarları diğer mevsimlerinkinden daha fazla olduğu bunun nedeninin ise yazın nehirlerdeki suyun buharlaşmasının daha fazla olmasını ileri sürmüştür. Sonuç olarak ağır metal miktarları $Fe > Mn > Pb > Cr > Zn > Cd$ şeklinde sıralandığını tespit etmiştir (Zengin, 2008).

Karasu ırmağından seçilen beş istasyondan 12 ay boyunca alınan su örnekleri Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe elementleri incelenmiştir. Elde edilen ağır metal verilere göre istasyonlar arasında tüm ağır metallerin değişimlerinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir ($p < 0,01$). Aylara göre ağır metallerin değişimleri incelendiğinde örnekleme noktalarından elde edilen verilerin istatistiki olarak önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ayrıca karasu ırmağının önemli ölçüde kirliliğe maruz kaldığı saptanmıştır (Sönmez ve ark., 2012).

2009 ve 2010 yıllarında üç istasyondan örnekleme yapılmış ve sudaki bazı limnolojik parametreler, su, sediment ve gastropoda örneklerinde iz elementlerden Fe, Zn, As, B, Cd, Cr, Cu, Pb seviyeleri tespit edilmiştir. Suda, sedimentte ve gastropoda

örneklerinde tespit edilen Cd, As, Zn, Fe ve B değerlerinin çalışılan bir yıllık süre boyunca tüm istasyonlarda artış gösterildiği saptanmıştır (Tokatlı ve ark., 2012).

İznik Gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla yörede artezyen, akarsu ve göl suyu ile sulanan ve sulanmayan toplam kırk bahçeden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin, toplam ve ekstrakte edilebilir ağır metal içerikleri yanında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de belirlenmiştir. Toprak ağır metal içeriklerine göre, toprakların 22 sinde izin verilebilir sınırların üzerinde Ni belirlenmiştir. Ayrıca 8 toprakta Fe ve 1 toprakta Cu fazlalığı belirlenmiştir. Ayrıca değişik su kaynakları ile yapılan sulamaların toprakların ağır metal içerikleri üzerinde etkili olmadığı düşünülmüştür (Başar ve ark., 2004).

2.1. Van İlinin Coğrafi Konumu Ve Doğal Yapısı

Van 42 ° 40' ve 44 ° 30' Doğu boylamlarıyla 37 ° 43' ve 39 ° 26' Kuzey enlemleri arasında Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alır. Van İli 31.03.2014 tarihinde büyükşehir olmuş ve 13 ilçesi İpekyolu, Tuşba, Edremit, Erciş, Çaldıran, Muradiye, Özalp, Saray, Gevaş, Bahçesaray, Çatak, Gürpınar ve Başkale olarak belirlenmiştir. 19.069 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %2,5'lik kısmını oluşturan Van, yüzölçümü bakımından Türkiye'nin 6. büyük ilidir. Van merkez ilçesinin yüzölçümü 2.289 km²'dir. Doğusunda İran Devlet sınırı, güneyinde Hakkari ve Siirt, batısında Bitlis ve kuzeyinde Ağrı İli ile çevrilidir. Van ilinin deniz seviyesindeki yüksekliği 1.725 m'dir. Van İl topraklarının %53,4'lük kısmını dağlar, %32,9'unu platolar ve %13,7 'sini ovalar oluşturmaktadır (Anonim, 2014).

Doğu Anadolu Bölgesi, farklı coğrafi özellikleri dikkate alınarak 1. Türk Coğrafya Kongresi tarafından Yukarı Fırat, Yukarı Murat, Erzurum, Kars, Hakkari ve Van Şeklinde 5 coğrafi bölüme ayrılmıştır. Van bölümünün diğerlerinden ayrı olarak değerlendirilmesinde en başta gelen etmen, Van Gölü'nün burada yer alması olmuştur. Van coğrafi bölümü bir kenarını yüksek Güneydoğu Toroslar'a, diğer kenarını Nemrut'tan başlayarak Ağrı'ya kadar uzanan heybetli yanardağlar dizisine üçüncü kenarını da Türkiye-İran sınır dağlarına dayamış geniş tabanlı bir üçgensel bölgeyi

andırır. Başkale ve Yüksekova çevresindeki dar bir saha istisna edilirse, Van bölümünün sınırlarıyla Van Gölü Kapalı Havzasının (16,000 km²) sınırları aynıdır.

Van Ovası ve yakın çevresi Doğu Anadolu Bölgesi'nin Van Bölümü'nde, tektonik ünite olarak ise Toros Orojenik Kuşağının Doğu Bölümünde yer almaktadır. Van Gölü kapalı havzasının güneyini birçok yerinde 2500- 3000, bazı yerlerde ise 3500 metreye yakın yükseklikteki dik yamaçlı dağ sıraları çevirir. Temeli 1. Jeolojik zamana ait şist ve kalker gibi kayalardan meydana gelmiş bulunan ve yer yer 2. ve 3. Jeolojik zamana ait türlü kayaları da (özellikle serpatin, kalker ve marn) içine alan bu dağların Van Gölü çanağına doğru değişik uzantılar halinde sokulması, gölün güney kıyısının çok girintili ve çıkıntılı olmasına ve birçok yerlerinde de yüksek kıyıların ve falezlerin oluşmasına sebep olmuştur.

2.2. Van İlinin İklimsel Özellikleri

Doğu Anadolu'nun iklimi, şiddetli karasal olmasıyla dikkati çeker. Bu özelliği, bölgenin merkezi boyunca, doğuya doğru gidildikçe, yani çevre denizlerin etki alanlarından uzaklaşıldıkça daha da belirginleşir. Bölgede kışlar özellikle çok uzun, şiddetli ve karlıdır. Buna karşılık yaz mevsimi çok kısa olmakla birlikte, bölgenin en kuzeyindeki yüksek platolarda bile oldukça sıcak geçer. Ancak Van Gölü çevresi, bölgenin diğer birçok kısmında rastlanılmayacak derecede düşük karasallık değerleri gösterir. Geç ısınıp geç soğuduğu ve bünyesinde daha fazla ısı depo edebileceği için kışın çevresine göre ılık kalan Van Gölü, bu mevsimde kıyısındaki sahaların sıcaklıklarının fazla düşmesini önlediği gibi, yazın da fazla yükselmesine engel olarak karasallığı bir dereceye kadar azaltmış olur. Süresi ve miktarı yıldan yıla değişen donlu günler, Van Gölü kıyılarında batıdan doğuya doğru hafifçe artar. Bu süre esnasında yaşamın çeşitli yönleri, özellikle tarım faaliyetleri kısıtlandığı gibi, erken ve geç olanlar, ürünlere büyük zararlar verebilmektedir (Anonim, 2011).

Sahada rüzgarlar, Van Gölü'nün uzanış doğrultusuna uymak zorunda kalır. Havzanın batısında batı yönlü rüzgarlar egemen olduğu halde, doğu kesimde ilkbahar ve yaz mevsiminde batı yönlü, sonbahar ve kış mevsiminde ise doğu yönlü rüzgarlar etkindir. Göl ile çevresindeki yüksek plato ve dağlar arasındaki termik zıtlıklar, basınç farklılıklarına yol açmak suretiyle, rüzgar yönleri üzerinde de etken olmuşlardır. Farklı

ısınma koşulları gündüzün gölden karalara, geceleyin de kara alanlarından göle doğru meltem rüzgarlarının doğmasını sağlamıştır.

Sıcaklıktaki homojenliğe karşılık, yağış şartları yönünden havzada önemli farklılıklar görülür. Kutbi cephe boyunca batıdan doğuya doğru hareket eden gezici siklonlar (alçak basınç merkezleri) yöreye, Batı ve özellikle Güneydoğu Toroslar engelini aşan en önemli gedik olan Bitlis Vadisi boyunca güneybatıdan girerler. Bu nedenle havzada yağışlar, hava kütlelerinin nem bakımından fakirleşmesine bağlı olarak batıdan doğuya gidildiği oranda azalır. Nitekim Bitlis'te 1000, Tatvan'da 800, Ahlat'ta 600 mm.'ye yakın olan yıllık ortalama yağış, Adilcevaz'da 440, Erciş'te 490, Muradiye'de 450, Van'da 380 ve Özalp'ta 370 mm.'ye düşer. Van Gölü'nün doğu kıyıları, özellikle Van ve Gürpınar Ovalarıyla Özalp çevresi, tüm havzanın olduğu gibi, aynı zamanda Iğdır Ovası'yla birlikte Doğu Anadolu Bölgesi'nin de en az yağış alan sahaları arasında yer alır.

Van Bölümü'nde Akdeniz ve Karasal yağış rejimleri arasında geçiş tipi bir yağış rejimi görülür. Çizelge 2.1'de Van ilinin son on yılına ait aylık yağış miktarlarını gösterir veriler sunulmuştur. Son on yıllık veriler incelendiğinde yağışın en fazla olduğu mevsimin kış mevsimi (%36,52) olduğu, bunu ilkbahar (%31,78) ve sonbahar (%25,42) mevsimlerinin izlediği görülmektedir. Yağışın en az olduğu mevsim ise yazdır. (%6,25) Yağışın büyük bir kısmının kışa yığıldığı, fakat yaz mevsiminin yok denecek kadar az yağış aldığı Akdeniz yağış rejiminden, en yağışlı mevsimin kıştan ilkbahara kaymasıyla ayrılır (karasal tesir). En az yağış alan mevsimin kışa rastladığı, en fazla yağışın ise yazın düştüğü karasal rejimden ise, kışın en yağışlı ikinci mevsim olması ve yaz kuraklığıyla farklılaşır. Yağışlı geçen 85 günün 35'inde kar yağar. Kar yağışlarının görüldüğü devre kasım başından nisan sonuna kadar devam eder ve yağın kar 3 aya yakın yerde kalır.

Çizelge 2.1. Van ilinin son on yılına ait aylık yağış miktarları (mm) (Anonim, 2015).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ocak	25.0	34.4	90.4	18.1	12.5	42.9	51.6	14.2	54.5	64.9	27.5
Şubat	39.6	27.2	47.7	10.6	31.0	49.2	71.1	26.6	43.6	40.5	123.5
Mart	69.9	59.1	45.7	35.0	31.5	74.8	38.3	30.7	Y**	39.3	42.3
Nisan	26.9	55.9	39.6	86.8	24.8	47.1	46.3	133.7	41.6	36.0	66.9
Mayıs	68.7	35.8	35.4	27.3	39.9	31.9	69.8	62.8	38.3	48.8	21.1
Haziran	3.1	13.0	0.1	9.1	2.1	27.1	41.0	28.1	8.7	8.6	23.4
Temmuz	2.0	0.3	22.4	28.6	11.1	21.2	0.0	11.0	3.0	Y*	11.1
Ağustos	Y*	4.0	2.4	7.2	6.8	2.5	1.0	Y*	1.5	Y**	5.1
Eylül	Y*	9.2	3.7	Y*	44.7	46.0	3.8	53.0	10.7	8.7	25.8
Ekim	48.1	35.4	46.9	7.6	56.6	15.9	45.8	125.9	40.0	21.4	76.0
Kasım	102.4	29.3	49.2	75.2	21.0	91.1	Y*	18.8	26.0	35.9	67.0
Aralık	41.0	34.3	44.2	43.9	36.7	34.8	8.7	12.1	60.3	33.6	50.3

Y* : Yağış yoktur.

Y** : Yağış ölçümü yapılmamıştır.

Van, yılın 120 günü açık, 200 günü bulutlu ve 45 günü ise kapalı gün özelliği ile Türkiye' nin en fazla güneş alan illerinden biridir. Tarihte Urartulara başkentlik yapmış Van'ın, "Tuşba" adını alması, Tuşba'nın "Güneşi bol olan" anlamına gelmesindendir.

2.3. Van İlinin Sanayi Yapısı Ve Sınır Ticareti

Van ilinde Tuşba Belediyesi sınırları içerisinde bir adet ve Erciş ilçesinde bir adet olmak üzere toplam iki adet Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Van ilinde toplam 1,943 işyeri kapasiteli 7 adet küçük sanayi sitesi ile 140 parselin yer aldığı Van Sanayi Bölgesi faaliyet göstermektedir. Altyapı çalışmalarına 1998 yılında başlanılan Organize Sanayi Bölgesi iki etap halinde planlanmış ve 1995 yılında tüzel kişiliği kazanmıştır. Ancak bölgenin hammadde kaynaklarına olan uzaklığı ve uygulanan teşvik yasalarında bölgeye yatırımı cazip kılacak tedbirlerin alınmaması nedeniyle başta OSB olmak üzere kentsel sanayinin gelişiminde istenen seviyeye ulaşılamamıştır. İlk kez

1987 yılında Van- Kapıköy sınır kapısından İran ile sınır ticareti gerçekleştirilerek 2002 yılı başlarına kadar kentte gözle görülür bir ekonomik canlılık yaşanmıştır. Bu çerçevede 1500 şirket ve 1000 civarında gerçek kişi, sınır ticareti yapmaya yetkili belge sahibi olarak minimum 10'ar kişilik istihdam sağlayarak toplam 25.000 kişilik ek istihdam yaratmışlardır. Keza 1999 yılında sınır ticaretinden sağlanan vergi geliri 17.5 trilyon TL olarak gerçekleşmiştir. Fakat sınır ticareti uygulamasına bu tarihten sonra getirilen yasaklar kenti içe dönük ve karamsar bir ekonomik tablonun işlevsiz figüranı haline dönüştürmüştür. Bu tarihten sonra kent ülkemizin gelişmişlik sıralamasında 75. Sıraya gerilemiş ve GSYİH payından kişi başına düşen gelir 900 dolar'ın altına düşmüş, işsizlik %20'lerin üzerine çıkmıştır (Anonim, 2014).

2014 yılı faaliyet konusuna göre dağılımına bakıldığında ilk üç sırayı yapı sanayi, gıda ve maden taş ve toprak ürünleri almaktadır. Bu sonuçlara göre faaliyet konusuna paralel bir değişim söz konusu olup yapı sanayisinde 1513 kişi, gıda sanayisinde 1213 kişi, maden, taş ve toprak sanayinde 609 kişi istihdam edilmektedir. İldeki tüm sanayi kollarında ise toplam 4624 kişi istihdam edilmektedir.

Çizelge 2.2. Van İlinde sanayi kollarında çalışan kişi sayısı ve oranları (Anonim, 2014).

Sanayi Kolu	Çalışan Sayısı	% oranı
Ağaç ve Mobilya Sanayi	233	5,04
Elektrik-Elektronik	41	0,89
Enerji	135	2,92
Gemi İnşaat	4	0,09
Gıda	1213	26,23
Kimya	202	4,37
Maden, Taş ve Toprak Ür.	609	13,17
Metal	94	2,03
Otomotiv	16	0,35
Paketleme	36	0,78
Plastik	141	3,05
Tarım Hayvancılık	45	0,97
Tekstil	342	7,4
Yapı Sanayi	1513	32,72
TOPLAM	4624	100

Organize Sanayi Bölgesine ait arsa tahsis durumu Çizelge 2.3’de gösterilmiştir. Bölgede 140 parsel 130 firmaya tahsis edilmiş bulunmaktadır. Ayrıca Van İlinde 2014 yılı sonu itibariyle sanayi siciline kayıtlı işletme sayısı 222’dir (Anonim, 2014).

Çizelge 2.3. Van İli Organize Sanayi Bölgesi arsa tahsis durumu (Anonim, 2014).

	Sayı	Parsel Sayısı
Faal üretimde olan firmalar	92	100
Üretime ara veren firmalar	3	3
Deneme üretimi yapan firmalar	4	4
Bina inşaatı biten firmalar	15	15
Kaba inşaatı devam eden firmalar	4	5
Temel aşamasında olan firmalar	3	3
Başvuru aşamasında olan firmalar	9	10

İlk kez 1987 yılında uygulanan sınır ticareti, kısıtlama getirilmediği dönemlerde Van İlinin en büyük ekonomik ve istihdam kaynağı olarak göze çarpmaktadır. Ortalama 25 bin kişiye iş imkanı sağlayan sınır ticareti, yıllık 300 milyon dolar işlem hacmi yaratmıştır. Ancak ürün kotalarına getirilen sınırlamalar ve nihayetinde sınır ticareti uygulamasının tümünden kaldırılması, kent ekonomisinde ciddi bir daralmaya neden olmuştur. Gümrük mevzuatı kapsamında 2014 yılında ithalatın 217.770,10 USD, ihracatın ise 485.082,15 USD olduğu görülmüştür (Anonim, 2014).

2.4. Van İlinde Tarım Ve Hayvancılık

Van ilinin yerleşik bulunduğu Doğu Anadolu platosunun elverişli doğa koşulları, hayvancılık sektörünün yeniden değerlendirilip geliştirilmesi için ülkemizin başka yörelerinde rastlanmayan uygun olanaklar sağlamaktadır. Halen kent nüfusunun %72’si tarım ve hayvancılık ile geçimini sağlamaktadır. 1980’li yıllara kadar tarımsal ve hayvansal üretim kapasitesi kentsel ihtiyacın tümünü karşılamakta, bununla birlikte büyük ölçüde Ortadoğu ülkelerine canlı hayvan ihracatı yapılarak ülke ekonomisine katkı sunulmakta idi. Ancak aynı yıllara denk gelen mera yasağı uygulamaları ve 1984 yılında et ithalatının serbest bırakılması, sektörde ciddi bir daralmaya neden olmuştur.

Van İlinde toplam tarım alanı 3.278,631 da olup çifti sayısı 32,326 kişidir. Çizelge 2.4’de gösterildiği gibi bu tarım alanının 2.086,214 da tarla bitkileri, 45.145 da meyve üretimi ve 17,619 dasın da sebze üretimi yapılmış olup 2013 yılı içerisinde 932,003 ton tarla bitkisi, 15,991 ton meyve ve 36,017 ton sebze üretilmiştir.

Çizelge 2.4. Van ili tarım alanlarının dağılım ve üretim miktarı (Anonim, 2014).

	Alan (da)	2013 üretim/ton
Tarla bitkileri	2.086,214	932,003
Meyve	45,145	15,991
Sebze	17,619	36,017

Ülkemizde 2013 yılı itibariyle 14.898,533 adet büyükbaş hayvan mevcuttur. Bunun %1,3’üne karşılık gelen kısmını (194,856) ilimiz karşılamaktadır. Van ilinde büyükbaş hayvan ve küçükbaş hayvanlardan (koyun/keçi) toplam 264,718 ton süt üretilmektedir. Bu miktar Türkiye toplam süt üretiminin %1,45’ine karşılık gelmekte olup ilin süt üretiminin %61’i büyükbaş hayvanlardan sağlanmaktadır. Ayrıca 2013 yılı itibariyle Türkiye toplam küçükbaş hayvan sayısı 38.509,795 adet iken bunun 2.483,657 adeti ilimizde bulunmaktadır. Dolayısıyla ülkemiz küçükbaş hayvan varlığının %6,45’i Van’da bulunmaktadır. İlimizde bulunan küçükbaş hayvan sayısının %90’nı koyun oluşturmaktadır.

Sulanabilen tarım alanları toplam tarımsal alanların %33’ünü oluşturmakta olup, bu alan 123.173.3 ha’dır. Sulanamayan araziler ise tarımsal alanların %8,7’sini oluşturmakta olup bu alan 32.641 ha ‘dır.

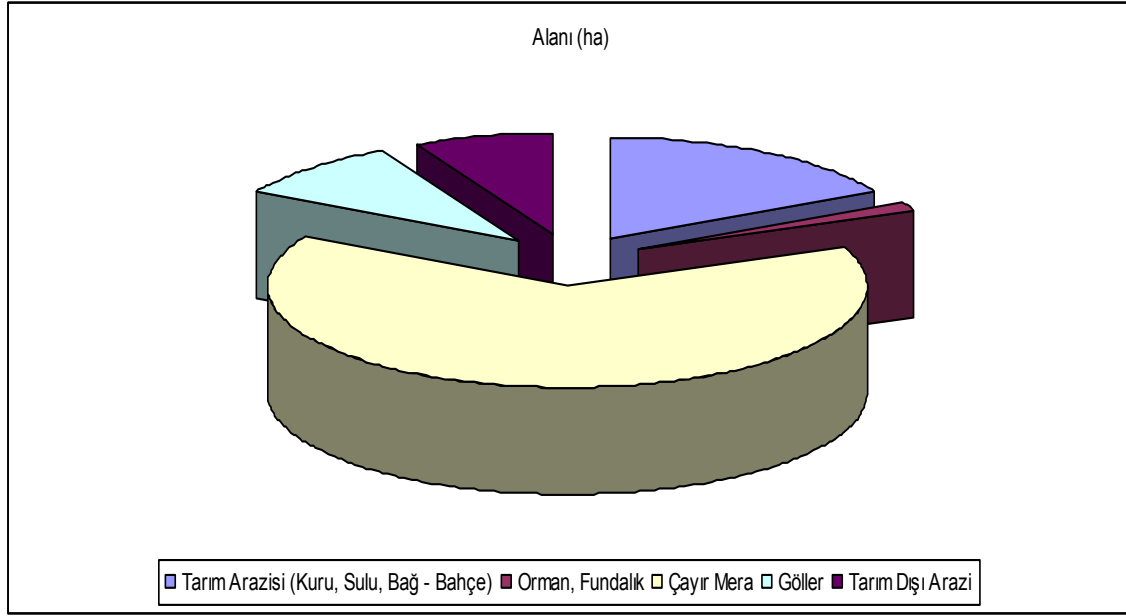
Çizelge 2.5. Van ili arazi sulama durumu (Anonim, 2013).

Arazi Sınıfı	Alanı (ha)	Arazi Oranı (%)
Toplam kültür arazisi	372.196,3	-
Sulanamayan arazi	32.641,0	8,7
Sulanabilir arazi	339.555,3	91
Sulanabilir araziden sulanan arazi	123.173,3	33
Devletçe sulanan	69.945,0	19
Çiftçi imkanları ile sulanan	53.228,3	14

Aşağıdaki çizelge-2.6’da ve şekil-2.1 de Van İlindeki toplam arazi dağılımı verilmiştir. Toplam 2.100,300 ha olan Van İli arazisinin %17,72’sini tarım arazisi, %64,71’ini çayır mera, %1,25’ini orman fundalık, %9,32’ini göller ve %7’sini tarım dışı arazi oluşturmaktadır. Bu verilere göre, ilin geniş mera varlığına sahip olması dolayısıyla öncelikle büyükbaş ve küçükbaş hayvan besiciliği sonrasında ise tarımsal ürünler il için önemli potansiyel taşımaktadır.

Çizelge 2.6. Van ili ve çevresindeki arazi varlığı (Anonim, 2013).

Arazi Dağılımı	Alanı (ha)	Arazi Dağılımı (%)
Tarım Arazisi (kuru, sulu, bağ- bahçe)	372.196,3	17,72
Orman, Fundalık	26.294,0	1,25
Çayır , Mera	1.359,022	64,71
Göller	193.400,0	9,32
Tarım Dışı Arazi	149.387,7	7
TOPLAM	2.100,300	100



Şekil 2.1. Van ili arazi kullanım durumu (Anonim, 2013).

2.4.1. Gübre kullanımı

Van Gölü çevresinde mevcut tarımsal alanlarda kullanılan gübre miktarlarının dağılımı aşağıdaki çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Van ili arazide kullanılan gübre durumu (Anonim, 2013).

Gübre Cinsi	Tüketim Miktarı (ton)
A.Sülfat (%21)	172,35
Ca. A. Nitrat (%26)	378
A.Nitrat (%33)	1.319,75
Üre (%46)	879,34
Kompoze (12-30-12)	803,2
DAP 18.0.48	782,65
TOPLAM	4.335,29

2.4.2. Pestisit kullanımı

Tarımsal alanlara uygulanan pestisitler; hava, su ve toprağa oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır (Altıkat ve ark., 2009). Van İli genelinde hastalık ve zararlılarla mücadele amacıyla il sınırları içinde kullanılan zirai ilaçlarının 2010- 2014 yılları arasında tüketim miktarları aşağıda çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Van ilinde kullanılan pestisit (Anonim, 2013).

	İNSEKTİSİT		FUNGİSİT		HERBİSİT		AKARİSİT		RODENTİSİT		DİĞER		TOPLAM		TOPLAM
	KG	LT	KG	LT	KG	LT	KG	LT	KG	LT	KG	LT	KG	LT	Kg/Lt
2010															
Yılı	0	5.624	11,614	0	0	100	0	442	16	0	0	0	11,63	6.166	17.796
2011															
Yılı	0	6.693	8.624	11	0	80	0	135	16	0	0	0	8.640	6.919	15.559
2012															
Yılı	0	6.842	9.853	12	0	90	0	248	11	0	0	0	9,348	6.190	16.297
2013															
Yılı	144	5.207	7.630	23	0	90	0	165	2	0	0	0	7.776	5.485	13.261
2014															
Yılı	0	5.095	8.430	12	0	90	0	248	11	0	0	0	8,348	6,190	14.212

2.5. Van İlinin Toprak Yapısı

Van’da çeşitli toprak türlerine rastlanır. İlin doğusunda kestane rengi ve kahverengi topraklar, kuzeyinde kireçsiz kahverengi topraklar geniş alanlar kaplar. Bu topraklar il topraklarının %60’ından çoğunu oluşturmaktadır. Kireçsiz kahverengi topraklar ilin kuzeyinde dış püskürük ana kaya üzerinde gelişmiştir. Bu topraklarda fosfor oranı orta ve yüksek düzeydedir. Kireçsiz kahverengi topraklar çayır ve orman kuşakları arasında kalmaktadır. Bu topraklar 670 mm ve daha çok yağış düşen alanlarda oluşmuştur.

Alüvyal Topraklar: Çoğu kireç bakımında zengin, akarsu havzalarının özelliklerine göre değişmekle beraber ince bünyeli, organik madde oranı fazla, taban

suyu yüksek olduğu yerlerde tuzluluk, sodiklik problemi gösteren akarsular tarafından taşınarak yeni tortul depozitler üzerinde oluşmuş (A) C profilli topraklardır. Van ilinde toplam 68.653 ha'lık alanı kaplamaktadır.

Kolüvyal Topraklar: Genelde tuzluluk, sodiklik, drenaj problemleri bulunmayan, oluştukları ana materyal özelliklerini gösteren dik eğimlerin eteklerinde vadi ağızlarında biriktirilmiş (A) C profilli topraklardır. Bu topraklar Van ilinde toplam 22.965 ha'lık alanı kaplamaktadır.

Kestane Rengi Topraklar kalsifikasyon ihtivaları sonucu profilleri kalsiyumca zengin, baz satürasyonları yüksek yapısı prizmatik, üst bünyede kil alt bünyede jips ihtiva eden zonal yapıda ABC profillerine sahip topraklardır. Van ili genelinde en büyük toprak grubunu oluşturmakta ve 973.350 ha'lık alanı kaplamaktadır.

Kahverengi Topraklar, orta derecede organik maddeye sahip, kireçli, çok miktarda kalsiyum ihtiva eden ABC profilli zonal topraklardır. Aşınmış topraklarda yüksek baz satürasyonunu ve sadece AC horizonunlu yerlerde görülür. pH nötr durumundadır ve alt katmanlarında jips birikimi görülür. Van ilinde toplam 292.652 ha'lık alan bu topraklar kaplıdır.

Regosel Topraklar, bu topraklar kalkerli veya kalkersiz kayalardan oluşan kaba bünyeli ve sertleşmiş depozitlerden oluşmuş, yüksek geçirgen ve düşük su tutma kapasitelerinden dolayı genelde her mevsim kuru görünen AC profilli topraklardır. Van ilinde toplam 18.701 ha'lık alan bu topraklarla kaplıdır.

Kahverengi Orman Toprakları, kireççe zengin ana madde üzerinde ABC profilleri genelde birbirine girmiş reaksiyonu genelde kalevi baz ortamında nötrdür, yapıları granüler gözenekli olup, kalsifikasyon, podzollaşma ve az miktarda kil içeren genellikle geniş yapraklı orman örtüsü altında oluşan topraklardır. Van İlinde toplam 207 ha'lık alanı kaplamaktadır.

Diğer Topraklar alüvyal sahil bataklıkları, gri kahverengi podzolik topraklar, sahil kumulları, ırmak taşkın yatakları, çıplak kaya ve molozlardan olup toplam 13.018 ha'lık alana tekabül etmektedirler (Anonim, 2011).

2.6. Van Gölü

Van Gölü, sularını çevre denizlere dökmeyen Van Gölü Kapalı Havzası, 16.096 km²'lik alanıyla İç Anadolu Kapalı Havzası'ndan sonra Türkiye'nin ikinci büyük içe akışlı havzasıdır. Marmara Denizi'nin 1/3 kadar olan Van Gölü, dünyadaki göller içerisinde 13. Sırada yer alır. Buna karşılık derinliğinin fazla olması nedeniyle 607 km³ toplam suya sahiptir ve bu özelliğiyle dünyada 4. sırada yer alır. Ayrıca dünyanın en büyük sodalı gölü (pH 9.5-9.8)'dür. Gölün yüzey alanı 3.764 km², uzunluğu 125 km, genişliği 65 km'dir. Bölge halkı tarafından "Van Denizi" olarak adlandırılan göl üzerinde dört tane ada mevcuttur. Bunlar; Akdamar Adası, Çarpanak Adası, Kuşadası ve Adır Adası'dır.

Van Gölü'nün kuzeybatı ve özellikle güneyinde büyük akarsular oluşmamıştır. Buna karşılık gölü besleyen Ilıca (Zilan), Deliçay, Bend-i Mahi, Karasu ve Güzelsu (Hoşap) gibi nispeten büyük akarsulardır. Bu akarsular Van bölümünün doğusundan kaynaklanır. Akarsular içerisinde en fazla su taşıyanı, yıllık toplam 328 milyon m³'lük akımıyla Bend-i Mahi çayıdır. Bunu yakın değerleriyle Ilıca çayı izler. Diğer üç akarsu ise 150 milyon m³'lük akımıyla önem taşımaktadırlar. Akarsuların akımları, yağışların kar şeklinde düşmesi ve sıcaklıklarının 0°'nin altında seyretmesi nedeniyle eriyerek göle ulaşamamaları yüzünden kış ayları boyunca düşmüştür. İlkbaharla birlikte artan yağışlar ve kar erimeleri nedeniyle akarsuların akımları yükselir ve nisan – mayıs aylarında en yüksek seviyeye ulaşır. Akımlardaki yükseliş temmuz ayına kadar devam eder. Yaz sonu ve sonbahar ayları boyunca bir yandan yağışların iyice azalması, diğer taraftan kar erimelerinin de tamamlanması nedeniyle akımlar düşük kalır ve bu durum kış ayları boyunca devam eder (Anonim, 2012).

2.7. Su Kirliliği

Su dünyada bol miktarda bulunan ve canlı hayatı için vazgeçilmez olan, kokusuz ve tatsız bir bileşiktir. Dünya yüzeyinin dörtte üçü sularla kaplıdır. Yalnız bu suyun büyük bir kısmı tuzlu su halinde denizlerde bulunur. Dünya su rezervinin ancak %2,6'sı

tatlı sulardan oluşur. Bunun büyük bir kısmı da kutup bölgelerinde buzullar halindedir. Tatlı suların az bir bölümü ise atmosferde buhar, yerkabuğunda yüzey ve yer altı suyu şeklindedir. Dünyamızda mevcut suların yaklaşık miktarı ve dağılımı Çizelge 2.9’de verilmiştir (Bahadır, 2004).

Çizelge 2.9. Dünya su rezervlerinin dağılımı.

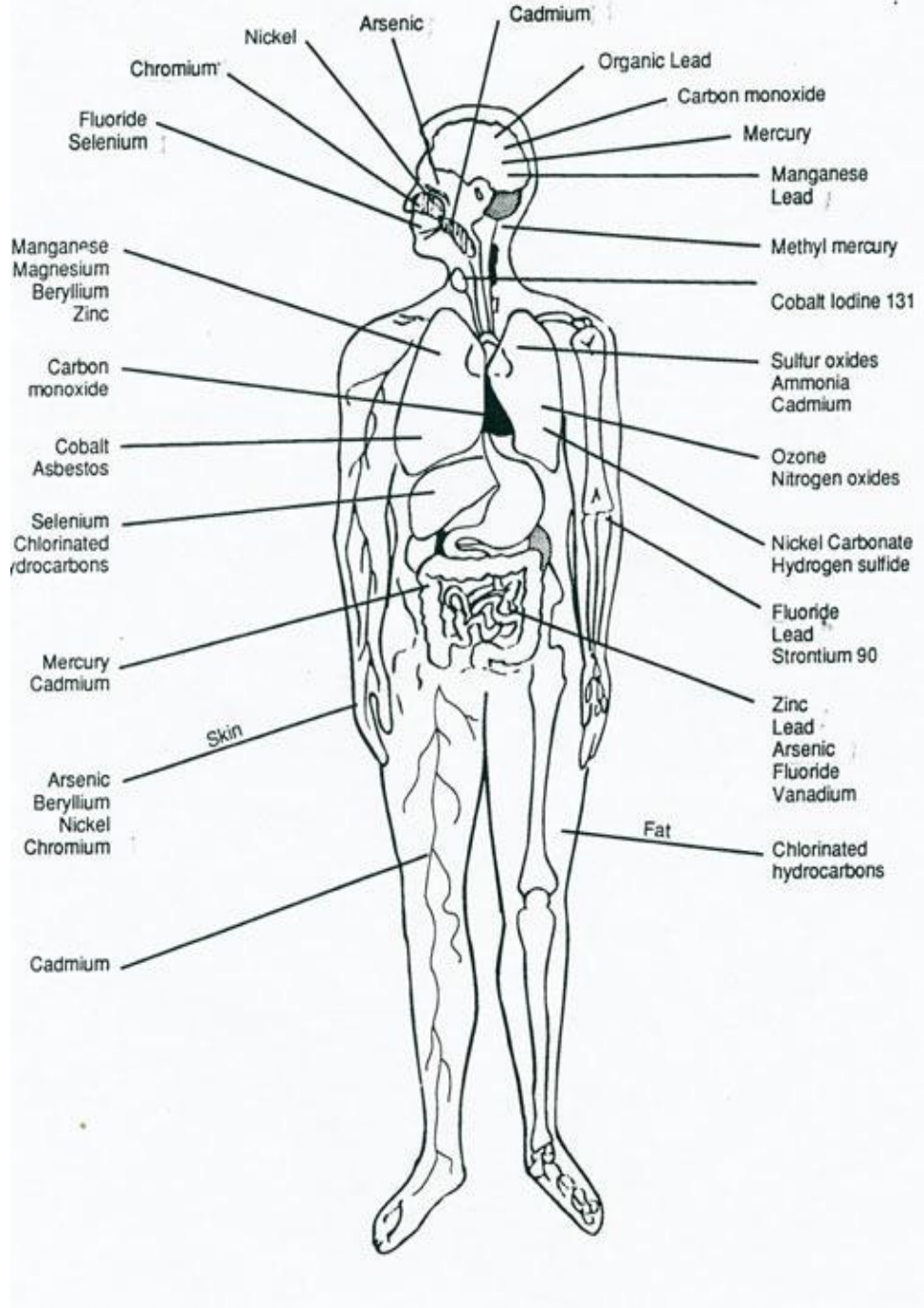
Su kaynağı	Miktar (km³)	%
Denizler	1.348,000,000	97,39
Tatlı Sular		
Kutuplardaki buzullar	27.820,000	2,01
Yer altı suları	8.062,000	0,58
Göller ve nehirler	225.000	0,02
Atmosferdeki buhar	13.000	0,0001
TOPLAM	1.384,120,000	100

Su yalnız yaşamın değil atmosferde meydana gelen bütün meteorolojik olayların da temelini oluşturur. Atmosferde bulunan diğer bütün gazlar homojen olarak dağılırken su buharı homojen dağılmaz. Bu farklılık ve enerji alışverişi ile birlikte yürüyen faz değişimleri ekolojik dengenin kurulmasında önemli rol oynar. Su yeryüzünde sürekli hareket halindedir. Su kullanılır fakat tüketilmez. Tüketilen su genellikle aynı miktarda kirlenmiş olarak çevreye verilir.

Su bir oksijen atomu ve iki hidrojen atomunun birleşmesinden meydana gelir ve kimyasal formülü H₂O’dur. İnsan/doğa ilişkisi bağlamında suyun tarihi oldukça eskilere dayanmakta, insanın kendi yaşamı için suyu yararlı kılma uğraşı ise bu ilişkinin temel belirleyeni olmaktadır. Doğanın kendi döngüsü içerisinde belli bir akışkanlığa sahip olan su birçoğumuzun yaşamı için sadece H₂O’dan ibaret bir sıvı değildir. Su geçtiği ve değdiği her yere hayat veren, başka bir deyişle yeni yaşamlar yaratan bir element, yaşamın temel bileşeni denilebilir. Bu açıdan bakıldığında canlılık için ya da insan/doğa bağlamında temel belirleyici konumda olduğu tartışmasızdır.

Saf su renksizdir; çünkü suyun rengi, inorganik ve organik kökenli maddeler nedeni ile oluşmaktadır. Sularda renk oluşumu ortamdaki demir, mangan gibi doğal metal iyonlardan, humustan, çürümüş bitki kalıntılarından ve endüstriyel atıklardan ileri gelmektedir. Sularda sarı rengi veren demir ve demir sülfat bulunması, mavi'den yeşil renge değişen renkleri çürümüş bitkilerden kaynaklanan hülmük maddelerin bulunması değişken renkler sudaki karbon ve mangan bulunabileceğini kahverengi ortamda su bitkisi ve demir miktarından kaynaklandığını gösterebilir (Gökdemir, 2006).

Yetişkin bir insan vücut ağırlığının %60-70'i (2/3'si) sudur. Bu oran yaşa, cinsiyete, kiloya bağlı olarak farklılık gösterir. Örneğin yeni doğan bebeklerin vücudundaki su oranı %75'dir. Yaşamın ilk 5 gününde %70'e inen su oranı, sonradan yavaş yavaş azalarak bir yaşın sonunda yetişkindeki su oranına yaklaşır. Erkeklerdeki su oranı kadınlara, şişmanlar zayıflara oranla daha fazladır. Yaş ilerledikçe de vücut suyunda azalma görülür. Yetişkin bir insanın günde yaklaşık olarak 2-2,5 litre su içmesi gerekir. Günlük olarak en az kaybedilen su miktarı kadar su içilmelidir. İçilen ve kullanılan su renksiz, kokusuz ve su tadında olmalıdır. İyi bir çözücü olarak suyun doğal kimyasal içeriği vücudun ihtiyaç duyduğu bazı temel elementleri (kalsiyum, magnezyum ve sodyum vb) içermelidir. Sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturur. Ağır metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde sucul ortama karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgar ve yağışlarla suya geçmekte ve sucul sistem üzerinde etkili olmaktadır (Kır ve ark., 2007).



Şekil 2.2. Arıtılmamış suyun insan vücudundaki zararları (Anonim, 2015a).

Şekil 2.2 de temiz olmayan arıtılmamış suyun insan vücuduna zarar verebilecek bileşenleri ve bölgeleri gösterilmiştir. Buna karşılık nitrit, nitrat, organik madde, kimyasal madde, ağır metal ve mikroplar insan sağlığına zararlı maddelerdir ve belli sınır değerler dahilinde bulunmalı veya hiç bulunmamalıdır.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde Su kirliliğinin tanımı olarak, “Su kaynaklarının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması” şeklinde belirtmiştir. Çevre kirlenmesinden en çabuk, en kolay ve en çok etkilenen sudur. Çünkü her çeşit kirlilik suyla yıkanarak temizlenir (Dündar ve ark., 2012). Ülkemiz hızla büyüyen bir süreci yaşamakta olup, hızlı nüfus artışının, endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetlerin yol açtığı çevre sorunları ile sınırlı su kaynaklarının kirlenmesine ve erişilebilir suyun stratejik ve ekonomik bir meta haline gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının korunması ve atık suların geri kullanımı çok önem arz etmektedir (Şahin. ve ark., 2011).

Su kaynaklarının gelecekte kullanım yöntemi, suyun daha verimli kullanımı ve genel anlamda su kalitesinin korunması yönündeki bugünkü çabalara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Çevredeki kirleticiler güvenli içme suyu sağlamak, sağlığı korumak için gerekli olan kaynakların kullanılamaz duruma gelmesine yol açmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2006) tarafından yayınlanan bir deklarasyona göre su kaynaklarının kirliliği;

- i- Endüstriyel atık sular,
- ii- Suda biriken mikroplar,
- iii- Gübreler, tarım ilaçları,
- iv- Sıcak musluğunda biriken kirlilik,
- v- Düzenlenmemiş (sağlıksız) içme suyu şeklinde sıralanmıştır.

2.7.1. Su kirlenme türleri

Kirlenmenin akarsu, göl ve denizlerdeki etkisini sistematik bir şekilde inceleyebilmek için alıcı ortam kirlenmesi aşağıdaki şekilde sınıflara ayrılabilir.

2.7.1.1. Mikrobiyolojik kirlenme

Halk sağlığı açısından en önemli kirlenme sayılabilecek olan bu sınıf alıcı ortama atılan atıkların içinde patojen mikroorganizmaların bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu tip mikroorganizmalar yok oluncaya kadar alıcı ortam halk sağlığı açısından tehlikeli olmaktadır.

2.7.1.2. Organik kirlenme

Bu tür kirlenme alıcı ortamdaki organik madde konsantrasyonunun artmasından doğmaktadır. Alıcı ortamın kirlenmesi ile ilgili çalışmalarda genellikle akıtılan organik kirleticiler ayrı ayrı tayin edilememektedirler. Alıcı sular bir alıcı ortama boşaltıldığı zaman bünyelerinin ve alıcı ortam hidrodinamiğin zorunlu kıldığı biçimde hareket ederler. okebilen maddeler oker, yzebilenler ise su yüzeyine çıkarlar, askıdaki katı maddeler difüzyon ve dispersiyon tesiri ile seyrelirler ve suyun içinde bulunan bakterilerin faaliyetleriyle biyokimyasal ayrışımaya tabi olurlar.

Doğa organik kirlenmeyi biyokimyasal reaksiyonlar ve seyrelme yolu ile kendi kendine bertaraf edebilir. Ancak bu kirleticilerin çevreye zarar vermemesi için alıcı ortamın aşırı derecede organik kirleticilerle yüklenmemesi lazımdır (Gökdemir, 2006).

2.7.1.3. İnorganik kirlenme

Suya eklenen birçok madde inorganik kirlenmeye neden olmaktadır. Bunların arasında demir, manganez, klorürler, ağır metaller, azot, fosfor ve diğer birçok madde sayılabilir. Bu parametrelerin çevreye etkisi farklıdır. Doğanın bu kirleticileri zararsız hale getirme yolu ise eltme ve seyrelmedir (Gökdemir, 2006).

2.7.1.4. Petrol ve petrol ürünlerinde kirlenme

Petrol ve petrol ürünlerinden meydana gelen kirlenme daha önce anlatılan sınıflara girebilmesine rağmen deniz bilimi açısından ayrı incelenmesi gerekir. UNESCO, FAO, WHO ve UN gibi kuruluşlara bağlı uzmanlardan oluşan bir

komisyonun bildirdiğine göre her yıl denize değişik yollarla akıtılan petrol ve petrol ürünleri 2-20 milyon ton arasında değişmektedir.

Petrol ürünleri kıyıya yakın noktalardan denize akıtıldığı zaman reaksiyonlarının tamamlanması için yeterli zaman olmadığından kıyıya sürüklendiklerinde değdikleri yüzeylerin üstünde yapışkan bir tabaka oluştururlar. Petrol ürünlerinin toksik etkileri olduğu biline bir gerçektir. Deniz ve göl yüzeyinde meydana gelen petrol ve petrol ürünleri tabakası atmosferden alıcı ortama oksijen transferini ayarlar ve böylece alt tabakalardaki çözünmüş oksijen miktarı azalır. Petrol ürünlerinin deniz dibine çöken parçacıkları tabanda yaşayan canlıları belli bir süre için etkilerler (Gökdemir, 2006).

2.7.1.5. Isısal kirlenme

Isısal kirlenme alıcı ortamdaki doğal sıcaklığı değiştirerek doğal dengeyi bozan kirlenmedir. Alıcı ortamın sıcaklığını değiştirebilecek ısı kaynaklarının varoluşu ekolojik dengeyi ve su kalitesini önemli bir şekilde etkiler. Isısal kirlenmenin ana kaynağı termal santrallerdir. Fakat birçok kez değişik endüstrilerin soğutma suları da termal kirlenmeye sebebiyet verebilir. Su sıcaklığının artması ile suyun içinde bulunan katı parçacıkların çökme hızı da artmaktadır. Böylece dip kompozisyonu etkilenmektedir.

2.8. Toprak Kirliliği

Toprak, minerallerin ve organik artıkların parçalanarak ayrışması sonucu oluşan, yerküremizi oluşturan hava, su ve kara bileşenleri arasında yer alan ve insan ve diğer canlıların yaşamında önem teşkil eden bir kaynaktır (Karaca ve ark., 2012). Toprak, canlılığının sürdürülmesi açısından hava ve su kadar önemlidir. Çünkü canlıların yaşaması ve hayatta kalması için bir barınağa/mekana ihtiyaç vardır. Bu ise toprağa bağlıdır ve geçmişte olduğu gibi gelecekte de bu böyle devam edecektir.

Toprak kirliliği, toprağın insan etkinlikleri sonucu oluşan çeşitli bileşikler tarafından bulaştırılmasını takiben, toprakta yaşayan canlılar ile yetişen bitkilere veya bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide bulunacak ve zarar verecek düzeyde anormal fonksiyonda bulunmasını, toprağa eklenen kimyasal materyalin toprağın

özümleme kapasitesinin üzerine çıkması, toprağın verim kapasitesinin düşmesidir (Anonim, 2005).

2.8.1. Toprak kirliliği türleri

Toprak kirliliği, genel bir tanımla insan etkinlikleri sonucunda, toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının bozulmasıdır. Toprak Kirliliği, yanlış tarım tekniklerinin uygulanması, yanlış ve fazla gübre ile tarımsal mücadele ilaçlarının kullanımı atık ve artıkları, zehirli ve tehlikeli maddelerin toprakta birikmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Karaca ve ark., 2012). Toprak kirliliğini iki şekilde sıralanabilir.

2.8.1.1 Pozitif toprak kirliliği

İstenmeyen maddeler tarafından toprak verimliliğinin azalması pozitif toprak kirliliği olarak tanımlanır. Örneğin; çözünebilir tuzların topraktaki konsantrasyonunun artması veya fosforlu gübrelerle gübrelenen toprakların Cd konsantrasyonunun artması vb.

2.8.1.2. Negatif toprak kirliliği

Toprakların verimliliği içermiş olduğu minerallere bağlıdır. Mineraller toprağın üst kısmında bağlıdır ve üst katmanı tahrip eden maddeler toprak verimliliğini azaltırlar. Mineral kapsamının azalması: toprağın mineral kapsamını azaltan faktörler yoğun tarım, yanlış sulama, aşırı otlatmadır. Toprak erozyonu neden olan faktörler; ormansızlaşma, rüzgar ve su erozyonuna karşı zayıf koruma. Ağaçsız ve bitki örtüsü tepelik alanlarda yağışlı mevsimlerde yağmur suyu yüzey toprağının taşınmasına yol açar. Kumul taşınımı; Kuvvetli rüzgar kumulları çöllerden verimli topraklara taşır ve buraları çölleştirir (Karaca ve ark., 2011).

Toprak en önemli doğal kaynaklardan birisi olup, tarım dışı amaçlarla kullanılması, ağır metallerle kirlenilmesi ve erozyon sonucu etkilerle kayıplara uğramakta ve toprak verimi düşmektedir. Özellikle 20. yy ortalarına doğru dünyadaki

hızlı nüfus artışına bağlı olarak tarım ve diğer alanlardaki sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak toprak kirliliği de artmıştır. Topraktaki ağır metallerin antropojenik kaynakları ya birincil kaynaklar (gübreleme gibi toprak işlemenin bir sonucu olarak toprağa eklenen ağır metaller) ya da ikincil kaynaklar (maden eritme veya aerosol birikimi) gibi faaliyetlerin bir sonucudur. Kaynaklardan bazıları ve toprakta biriken elementler Çizelge 2. 10 'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Kirli topraklarda bulunabilecek element ve kaynakları (Zincirlioğlu, 2013).

Kaynak	Belirli Element
Birincil Kaynaklar	
Gübreler (fosfatlı)	Cd, Pb, As
Kireç	As, Pb
Pestisitler	Pb, As, Hg
Atık Çamur	Cd, Pb, As
Sulama	Cd, Pb, Se
Gübre	As, Se
İkincil Kaynaklar	
Otomobil aerosolleri	Pb
Maden eritme alanları	Pb, Cd, Sb, As, Sc, İn, Hg
İnsineralörler	Pb, Cd
Maden sahaları	Pb, Cd, As, Hg
Dış lastik	Cd
Boya	Pb, Cd
Deniz	Se
Çöp döküm alanları	Pb, Cd, As
Uzun yayılanı olan aerosol	Pb, As, Cd, Se
Kömürün yanması	As, Se, Sb, Pb
Kloralkali piller	Hg

Topraklar kirli hava ve suyun taşımış oldukları unsurlar tarafından kirlendiği gibi, tarımsal uygulamalar ve endüstriyel aktivitelerle de yaygın veya yerel ölçeklerde

nitelik değiştirmektedir. Besin zincirinin en önemli halkası olan insana kadar ulaşan Hg, Cd, Pb, As gibi metallerle birçok toplu akut ve kronik zehirlenme olaylarına rastlanmaktadır. Diğer yandan, alıcı sulardaki anorganik kirlilik arttığı zaman su ürünleri, bitkiler, balıklar için ve sulama suyu olarak kullanıldıklarında da çevre, bitki ve hayvanlar için zararlı olmaktadır (Kılıçel ve ark., 2008).

Çizelge 2.11. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Anonim, 2005).

Ağır metal (toplam)	Ph 5-6 mg/kg fırın kuru toprak	Ph>6 mg/kg fırın kuru toprak
Kurşun	50 **	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel*	30**	75**
Çinko*	150**	300**
Civa	1**	1,5**

*Ph değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

2.9. Ağır Metaller

Yoğunluğu 5 g/cm³ den büyük olan metaller “ ağır metaller” olarak adlandırılır. 60’ tan fazla element örnek olarak verilse de Cu, Cd, Fe, Co, Ni, Mn, Hg, Se, Zn ve Pb en sık rastlanan ve en çok tanınan ağır metallerdir. (Markert, 1993; Kahvecioğlu ve ark., 2004; Azevedo ve Lea, 2005).

Ağır metaller, çoğunlukla bulundukları ortamda biyodegradasyona uğramadıklarından kolaylıkla birikebilmekte ve çok kompleks yapılar oluşturarak zehirlilik etkilerini de arttırabilmektedirler (Sümer ve ark., 2013). Ağır metaller genellikle toprakta toksik düzeylerde bulunduklarında bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su absorpsiyonu, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır (Asri ve Sönmez, 2006). Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşmasıyla geçerler. Çizelge 2.12’ de önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması verilmiştir.

Çizelge 2.12. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması (Okcu ve ark., 2009).

Element	Özgül ağırlık (g/cm ³)	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Gümüş (Ag)	10,5	-	K
Kadmiyum (Cd)	8,5	-	K
Krom (Cr)	7,2	G	K
Kobalt (Co)	8,9	G	K
Bakır (Cu)	8,9	G	K
Demir (Fe)	7,9	G	K
Civa (Hg)	13,6	-	K
Mangan (Mn)	7,4	G	-
Kurşun (Pb)	11,3	-	K
Molibden (Mo)	10,2	G	K
Nikel (Ni)	8,9	G	K
Platin (Pt)	21,5	-	-
Talyum (Tl)	11,9	-	K
Kalay (Sn)	7,3	-	K
Uranyum (U)	19,1	G	K
Vanadyum (V)	6,1	G	K
Tungsten (W)	19,3	G	K
Çinko (Zn)	7,1	G	K
Zirkon (Zr)	6,5	-	-

G: Gerekli K: Kirletici

2.9.1. Canlı organizmalardaki eser elementler

Elementlerin birçoğu canlılar için gereklidir. Canlı organizmada organik yapıya katılan C, H, O ve N ile birlikte Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S, Fe, Cu, Co, Zn, Mn, Cr, Mo, F, Se, I, B, As, Br, Si, Ni ve Al gibi elementlerin bulunduğu değişik araştırmalar tarafından bildirilmiştir (Ası, 1995). İlk yedi element Ca, P, Mg, K, Na, Cl ve S diğerlerine göre canlı dokuda daha büyük miktarda bulunur. Bu elementlerin dışında kalan ve canlı dokuda enzim, hormon ve vitaminlere bağlı olarak görev yapan, organizmada μg düzeyinde bulunan elementlere mikro (iz) ya da eser elementler denilir. Cd, Cr, Hg ve Pb gibi elementler ise esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösteren elementlerdir (Çalışkan, 2005).

Eser elementler canlı vücuduna başta besin olmak üzere su, hava v.b. yollarla alınmakta ve alınan eser elementlerden bazıları canlı vücudunda birikmektedirler. Eser elementin birikim düzeyi ise o elementin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişim arz etmektedir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir (Zengin, 2008). İnsan organizmasındaki element bileşimi ve günlük element gereksinimi Çizelge 2.13 ve Çizelge 2.14’de verilmiştir.

Çizelge 2.13. İnsan organizmasının element bileşimi.

Element (Bol bulunanlar)	Miktarı (g/kg)	Element (Az bulunanlar)	Miktarı (mg/kg)
Oksijen	400-630	Demir	60-100
Karbon	170-200	Çinko	20-25
Hidrojen	90-110	Bakır	1,5-2,5
Kalsiyum	10-20	Mangan	0,15-0,3
Fosfor	6-12	İyot	0,1-0,2
Potasyum	2-2,5	Kalay	0,1-0,2
Sodyum	1-1,5	Molibden	0,1
Klor	1-1,2	Selenyum	0,2
Magnezyum	0,4-0,5	Krom	0,02

Çizelge 2.14. İnsan organizmasının günlük element gereksinimi.

Element	Miktarı (mg/gün)
Selenyum	0.05-0.2
Demir	10-15
Bakır	1-3
Krom	0.2-0.5
Çinko	15-20
Mangan	4-5
Kobalt	0.05-0.01
Magnezyum	400
Potasyum	800
Kalsiyum	800-900
Fosfor	800-1200

2.9.2. Çalışılan bazı ağır metallerin özellikleri ve toksik etkileri

2.9.2.1.Kurşun elementi ve toksik etkisi

Kurşun (Pb) atom numarası 82 ve atom kütlesi 207,19 olan mavi-gümüş rengi karışımı bir elementtir. 327,5°C de erir ve 1740°C de kaynar. Kurşun, periyodik cetvelin 4A grubunun en metalik elementidir. Doğada, kütle numaraları 208, 206, 207 ve 204 olmak üzere 4 izotopu vardır. Yer kabuğunda bulunma sıklığı 12,5 g/t dur. Nabit (doğal) olarak bulunabilen metaller arasında yer alır. Kurşunun en çok rastlanılan cevherleri, sülfür minerali galen (PbS) ve onun oksitlenmiş ürünleri olan serüsit (PbCO₃) ve anglezittir (PbSO₄). Bu mineraller arasında en önemli olanı galendir. Genel olarak sfalerit (ZnS), gümüş ve pirit (FeS₂) ile birleşik halde bulunur.

Kurşun ve bileşikleri 8000 yılı aşkın bir süredir boru, oluk, tabak, para ve boya, dekoratif nesnelerin süslenmesi, kaselerin parlatılması ve kozmetik gibi birçok alanda kullanılmış, çeşitli gıda maddelerine, onları daha tatlı hale getirmek için katılmıştır (Dündar ve ark., 2005). Mavimsi veya gümüş grisi rengine yumuşak bir metaldir.

Canlı organizmalar için esansiyel bir element olmamakla beraber yüksek toksik etkisi ve birikme özelliği nedeniyle dikkat çekmektedir.

Sulu ortamlarda ve besin maddelerinde eser miktarda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra kurşun kullanan işletmelerde hava ve suya karışarak bitki, hayvan veya insan vücudunda absorbe edilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kurşun zehirlenmesinin yarattığı sağlık sorunları, özellikle çocuklar açısından oldukça yıkıcıdır (Anonim, 2006). Çocuklarda kurşun, beyin de dahil olmak üzere, gelişmekte olan sinir sistemine zarar verebilmekte ve buna bağlı olarak IQ da etkilenmektedir. Yüksek kurşuna maruz kalma geri dönüşü olmayan hasara neden olabilir. Organizmaya giren kurşun karaciğer, dalak, kemik iliği, böbrekler, kas ve deri gibi çeşitli organ ve dokularda birikir. Daha sonra buralarda serbest hale geçen kurşun molekülleri kalsiyum bağımlı olarak kemik dokusunda birikim yapar (Seven, 2010). Bunları temizlemek bazı durumlarda neredeyse imkansız hale gelmektedir. Temizlense bile yarattığı harabiyet çoğu zaman kalıcı olabilmektedir (Anonim, 2006).

Dünya sağlık örgütü musluk sularında izin verilebilen kurşun miktarını 10 µg/L olarak belirlemiştir. Kurşunun insan sağlığına olan toksik etkileri kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye neden olurlar. Önemli bir enzim inhibitörü olarak hücrelere geçen kurşun, selenyum ve sülfür içeren enzimlerin antioksidan etkinlik göstermesini engellemektedir (Dündar ve ark., 2005). Diğer taraftan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır.

2.9.2.2. Bakır elementi ve toksik etkisi

Bakır, 1B geçiş grubu elementidir ve atom numarası 292'dir. Doğada 200'den fazla bakır minareli bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg civarında bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel ögesidir. Besinler yardımı ile günde ortalama 3,7 mg Cu özümlemeye girer (Gökdemir, 2006). Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunur. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenir (Deveci, 2012).

Bakır çok yaygın bir maddedir ve doğada doğal olarak bulunur ve doğal olaylar yoluyla ile doğada yayılır. Bakır birçok çeşit gıdada, içme suyunda ve havada bulunabilir. Bundan dolayı her gün yiyerek, içerek ve soluyarak önemli bir miktar bakırı vücudumuza alırız. Bakır doğada canlılar için gerekli bir element olmakla beraber belirli miktarların üzerinde toksik etki yapmaktadır. Tatlı sularda canlıların korunması açısından maksimum kabul edilebilir derişim 0,005 mg/L önerilmiştir (Zengin, 2008). İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2 mg/L'dir.

Bakırın sulu ortamlardaki zehir etkisi suyun fiziksel ve kimyasal parametrelerine (pH, sertlik, sıcaklık v.b.) göre değişim göstermektedir. Bakır miktarı belirli seviyenin üzerine çıktığında sindirim sistemi, böbrek ve karaciğer gibi organlara zarar vermekte ve fonksiyonlarında zayıflamalara neden olmaktadır. Tedbir alınmadığı takdirde ölüme de neden olabilmektedir.

Bakırın önemi, şu nedenlerden kaynaklanmaktadır; Dünya'nın hemen hemen tüm bölgelerinde bulunması nedeniyle geniş ölçüde üretiminin yapılabilmesi, elektriği diğer bütün metaller içinde gümüşten sonra en iyi ileten metal olması, endüstriyel önemi yüksek, pirinç, bronz gibi alaşımlar yapmasıdır.

2.9.2.3. Çinko elementi ve toksik etkisi

Çinko mavimsi gri renkte, kırılgan bir metaldir. Atom numarası 30, yoğunluğu 7,14 g/cm³ olan periyodik tabloda geçiş elementleri grubunda yer alır. Düşük kaynama sıcaklığı dikkat çekici özelliklerinden bir tanesidir (907°C). Bu belirgin özelliğiyle pirometalurjik metal üretiminde çok belirleyici bir etmendir. Dökülmüş halde sert ve kırılgandır. 120°C de şekillendirilebilir. Elektrokimyasal potansiyel dizisinde demirden

daha negatif değerdedir. Böylece inko anot olarak katodik korozyon korumada önemli bir kullanım bulur. Galvanizleme bu tür uygulamalardan biridir.

Çinko temel iz elementlerden biridir. Çevrede ve canlı organizmalarda yaygın bir şekilde bulunur. Deniz ve göllerdeki çinko miktarı insan aktiviteleri ve şehirleşme ile bağlantılı olup madencilik, elektro kaplama ve sentetik fiber üretiminden kaynaklanmaktadır (Brayn, 1971). Çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg) (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çinko; toprakta, sulu ortamlarda ve canlı organizmalarda birikim yapmaktadır. Toprakta bulunan çinko bitkilerin büyümesi için gereklidir. İnsan vücudunda ise kaslar, karaciğer, prostat ve böbrekte birikim yapar. Birçok enzim sisteminde bulunduğundan dolayı eksikliği bu enzimleri olumsuz etkilemektedir. Ayrıca hamile kadınlarda bebeklerin gelişimi yavaşlar, gençlerde büyüme olumsuz etkilenir ve bağışıklık sistemi zayıflar (alışkan, 2005). Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

2.9.2.4. Krom elementi ve toksik etkisi

Atom numarası 24, yoğunluğu $7,19 \text{ g/cm}^3$ olan krom, çok sert olması ve erime noktasının 1857°C olması nedeniyle, metallere sertlik sağlanması ve zırhlı araç yapımı için kullanılır. En önemli kullanım alanı Ni ile beraber paslanmaz eliklerdedir. Oluşturdugu kromoksit tabakası elik yüzeyini film tabakası gibi kaplar ve kimyasal korozyona karşı dayanıklılık sağlar. Krom doğada +3 yüklüdür, indirgenme reaksiyonuyla +6 değerlik alır. Toz formdaki krom, deri tabaklamada uzun yıllardır kullanılmaktadır. Deriye uzun süre dayanma özelliği kazandırır.

Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada $> 01 \mu\text{g/m}^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu\text{g/L}$ bulunur. Pek çok toprakta az miktarda krom (2- 60 mg/kg) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer 4 g/kg 'a kadar çıkmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Canlı organizmalarda, bitkilerde, yer altı ve

yerüstü sularında, toprakta ve havada doğal olarak bulunan krom elementi birkaç farklı formda bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olan iki oksidasyon basamağı; Cr^{+3} ve Cr^{+6} 'dır. Krom içeren minarelerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada (hekzavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal ve dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanına çöker (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Günde ortalama krom alımı ortalama 30-200 μg 'dır bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur ve yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Krom, çoğu biyolojik materyalde proteinlerde, nükleik asitlerde ve çok çeşitli düşük molekül tartılı ligandlarda $+3$ şeklinde bulunur. $+6$ değerlikli şekli oksidasyon potansiyeli ve biyolojik membranlardan kolaylıkla geçebilmesi nedenleri ile $+3$ değerlikli şeklinden çok daha zehirlidir (Gökdemir, 2006). Hekzavalent krom (Cr^{+6}) trivalent kroma (Cr^{+3}) göre daha toksiktir (world health org., 1996). Yüksek dozlarda Hekzavalent krom (Cr^{+6}) alımı insanlarda mide, akciğer, prostat kanserlerine neden olmaktadır. Kromun sularda toksik etkisi fiziksel ve kimyasal parametrelere göre değişiklik gösterir (pH, sıcaklık, oksidasyon basamağı v.b.) Sulu ortamlarda yaşayan canlıların korunması için maksimum derişim olarak 0,05 mg/L önerilmiştir (Zengin, 2008).

2.9.2.5. Nikel elementi ve toksik etkisi

Nikel atom numarası 28 olan ve simgesi Ni olan kimyasal bir elementtir. Nikel oldukça sert olup periyodik cetvelde geçiş metalleri arasında yer alır. Genelde pentlandit içinde demir ve kükürt ile, milerit içinde kükürt ile, nikelin içinde arsenik ile birlikte bulunur. Nikelin havaya karşı gösterdiği oksitlenme direnci sayesinde; bozuk para üretiminde, kimyasal araç ve gereçlerin üretiminde ve alman gümüşü gibi birçok alaşımının üretiminde kullanılır.

Nikel, pillerin ve akülerin yapımında, madeni para, elektronik, çelik ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca bitkisel yağların hidrojenizasyonunda katalizör olarak kullanılan nikel, en önemli kontaminasyon kaynaklarından biridir. Ağız yoluyla alınan nikelin büyük kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır (Dağhan, 2011). Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Canlı organizmalar için gerekli bir element olan nikel, insan vücudundaki miktarı ortalama olarak 10 mg'ın altındadır. Nikel insanlara en fazla hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır (Zengin, 2008). Çizelge 2.15'de bazı gıda maddelerinde saptanan bulaşıcı nikel miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.15. Bazı gıda maddelerinde saptanan bulaşıcı nikel miktarları (Vural, 1993).

Gıda	Nikel Miktarı (ppm)
Çavdar	2.7
Çavdar Unu	0.23
Çavdar Ekmeği	0.23
Buğday	0.16
Buğday Unu	0.30-0.54
Buğday Ekmeği	1.33
Elma (taze)	0.08
Muz (taze)	0.34
Armut (taze)	0.20
Kayısı (kurutulmuş)	0.64
Portakal (kurutulmuş)	0.16
Armut (kurutulmuş)	0.90
Erik (kurutulmuş)	0.90
İncir (kurutulmuş)	1.20

Kadınlar tarafından sık ve sürekli olarak kullanılan takıların nikel veya alaşımları içermesi nedeniyle özellikle kadınlar nikel alerjisi tehlikesi altındadır. İlk kez 1923 yılında tanımlanan ve 1930 yıllarında araştırılmaya başlanan nikel alerjisi özellikle 1970'li yılların sonlarında itibaren bu alerjinin yaygınlaşarak artmakta olduğunu ve günümüzde bazı araştırmacılara göre kadınlarda %40, erkeklerde %5-10 seviyelerine ulaştığını ileri sürmektedir. Bir diğer ilginç bulgu ise kulağı delinmiş kişilerde nikel alerjisi görülme sıklığının, kulağını deldirmemiş kişilere nazaran kesinlikle daha yüksek olmasıdır. Aynı etki kulağını deldiren erkeklerde de söz konusudur. Bu nedenle küpe, kolye, bilezik, saat kayışı gibi deriyle sürekli ve yakın teması olan eşyalarla ilgili olarak Avrupa'da bir takım yasal düzenlemeler yapılmıştır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

2.9.2.6. Kadmiyum elementi ve toksik etkisi

Kadmiyum atom numarası 48, atom ağırlığı 112,4 g/mol, 20°C deki yoğunluğu 8,7 g/cm³, erime noktası 321°C, kaynama noktası 767°C olan parlak, gümüşü, yumuşak ve şekil verilmesi kolay bir elementtir. Kadmiyum elektrik, seramik, pil ve akü sanayisinde kullanılan yumuşakça, kanserojen, toksik bir ağır metaldir.

Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minareli yoktur. Yer kabuğunda ortalama olarak 0,1-0,5 mg/kg olarak bulunan kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarda bulunmaktadır (Zengin, 2008). Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 g'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir (Kahvecioğlu ve ark., 2003, Şener, 2010). Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. İnsan vücudundaki kadmiyum seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyum kirliliğinin olduğu topraklarda yetişen bitkiler, bu bitkilerle beslenen hayvanlardan üretilen hayvansal gıdalar ve içme sularına karışan sanayi artıkları aracılığıyla insan bünyesine ulaşır. İnsan yaşamını etkileyen en önemli Cd kaynakları sigarı dumanı (1 adet sigara 1-2 µg Cd içerir), rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, gübre kullanımı ve

endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır. Kadmiyumun biyolojik yarılanma ömrünün insanlarda uzun olması sonucunda (19-38 yıl) ciğer ve böbreklerdeki kadmiyum miktarı yaşa bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle yüksek kadmiyumdan kaynaklanan böbrek rahatsızlıkları genellikle elli yaşın üzerindeki insanlarda görülmektedir (Asri ve ark., 2006). Kadmiyum vücutta %20 gibi çok iyi olmayan bir oranda absorbe ediliyor olsa bile bu diğer birçok metale göre oldukça yüksektir. Kadmiyum içeriği 0,01 mg/m³ olan hava 14 günden fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliklerine neden olabilir. Çünkü kadmiyum bileşikler genellikle böbrek ve akciğerlerde birikirler ve ilerleyen yaşlarda böbreklerde meydana gelen bu birikim yüksek tansiyona da sebep olabilir. Kısa süreli 0,05 mg/kg düzeyindeki kadmiyum alımı mide rahatsızlığına neden olurken, aynı düzeyde kadmiyumun 14 günden fazla alımında böbrek ve kemiklerde problemlere yol açar (Alacabey, 2014).

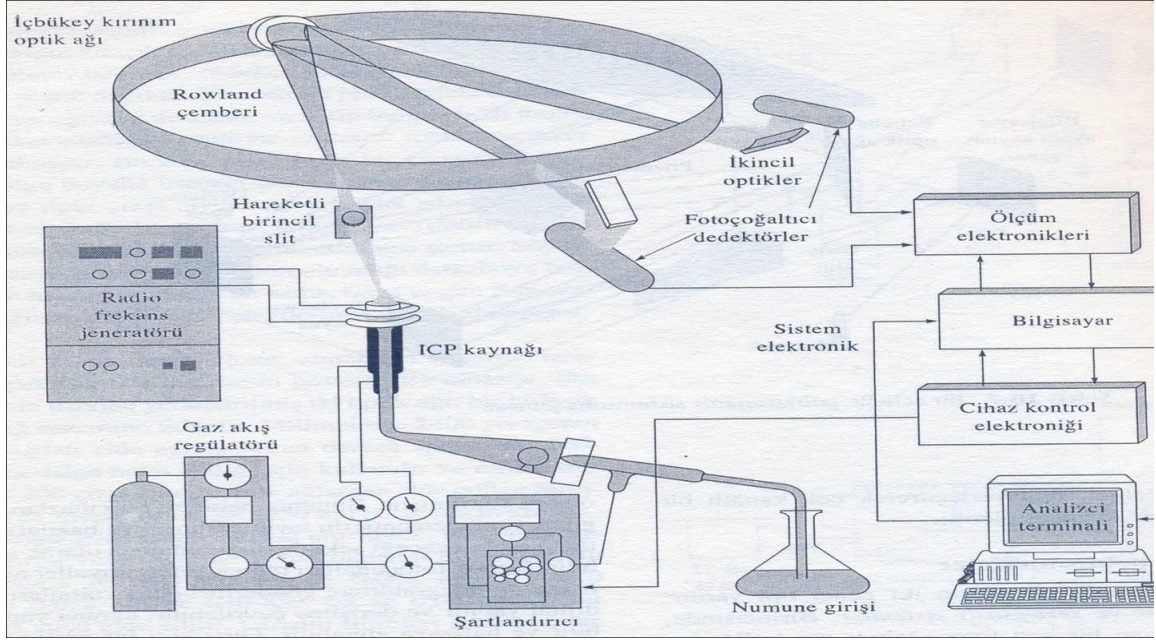
Ağır metallere biri olan kadmiyum tarım topraklarında bulunması ana materyal kaynaklı olabileceği gibi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, lağım atıkları ve atmosferik depozitler gibi insan faaliyetleri sonucunda da olabilmektedir. Günümüzde kadmiyum zehirlenmesinin en bariz örneği olarak; Japonya'nın Toyama kentinde 1950'de karşılaşılmıştır. Dünya literatürüne popüler olarak İtai-itai (ah! ah! tokikasyona maruz kalan bireyin bu şekilde ızdırap çekip inlemesinden esinlenerek) hastalığı olarak geçmiştir. Kadmiyum elementinin sulara karışması ve oradan da pirinçlere karışması nedeniyle 200 kişide ağır kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kalıcı kemik ve böbrek rahatsızlıklarının ortaya çıkması gösterilmektedir (Asri ve ark., 2006).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)

ICP (Inductively Coupled Plasma) yani türkçesi indüktif eşleşmiş plazma olan birçok elementin aynı anda nicel tayininde kullanılan analitik metotlardan birisidir. ICP yüksek düzeyde enerji söz konusudur ve Alev Emisyon Spektroskopisinde yapılamayan tayinler ICP ile kolaylıkla yapılabilir. Düşük derişim seviyelerinin tayininde güçlü bir analitik metottur. ICP kaynağı, argon gibi inert gazlardan yüksek enerjili ve yüksek frekanslı iyonlaşmış bir plazmayı üretir. Bir numune plazmanın merkezine enjekte edildiğinde, 10,000°K sıcaklıkta plazma, numunedeki elementlerin ayrışma, atomlaşma ve uyarılma işlemlerinin gerçekleşmesini sağlar. Bu olaylar çalışılan elementlerin kendilerine özgü frekansta ışığı yayması ile sonuçlanır. Bu ışık şiddeti, numune içerisindeki elementlerin derişimi ile doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür. Spektrometre özgün frekansları farklı dalga boylarına ayırabilme ve nicel sonuç alabilmeyi sağlar. ICP-OES cihazına ait açık şematik gösterim, Şekil 3.1’de kapalı/yandan şematik gösterim ise Şekil 3.2’de yer almaktadır.

ICP-OES cihazının bazı temel özellikleri şunlardır; Atomik Emisyon Spektrometresi ana elementlerin ve belli başlı iz elementlerin analizinde kullanılan bir yöntemdir. Yüksek sıcaklık (6000-10000°K) ortamında uyarılan atomların doğal hallerine dönerken yaydıkları ışınların saptanmasına dayanan metottur. ICP kimyasal analizlerde oldukça hassas ve başarılı bir tekniktir. Yüksek elektron yoğunluğu (birkaç iyonlaşma girişimi) vardır. Kimyasal olarak inert bir ortamda serbest atomlar oluşur. Alt seviyelerde moleküler türler yok veya çok azdır. Optik olarak incedir. Patlayıcı gaz yoktur. Elektrotsuzdur (Anonim, 2015b).



Şekil 3.1. ICP-OES cihazına ait şematik görüntü.



Şekil 3.2. ICP-OES cihazının kapalı ve yandan görüntüsü.

3.1.1. Kaynak

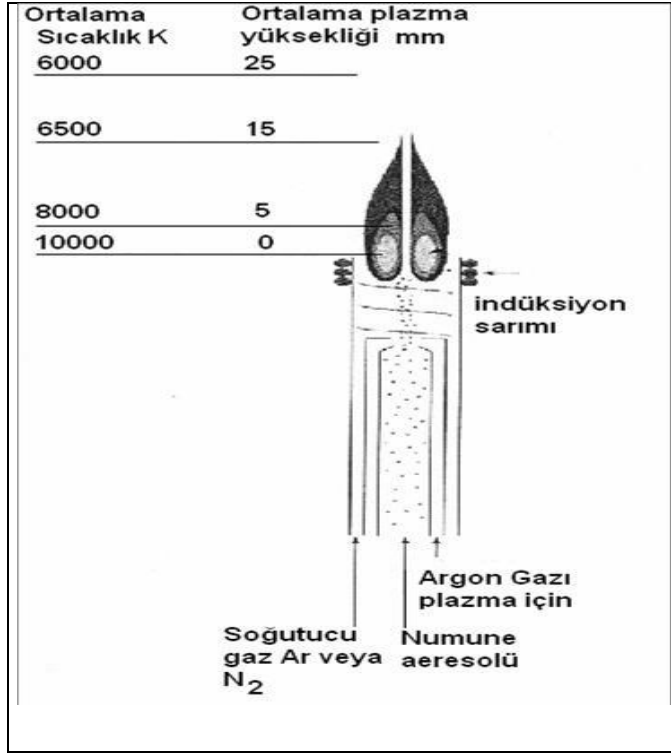
Kaynak; numunede mevcut olan elementlere özgü dalga boyunda ışın yayar. Uyarılmayı sağlayacak ideal bir kaynağın özellikleri;

- i- Çalışılan elementlerin hepsinin hatlarını uyarabilmeli
- ii- Numuneden numuneye geçildiğinde tekrar edilebilir uyarılma koşulları sağlayabilmeli
- iii- İstenilen tayin sınırlarına ulaşabilmek için yeterli hat hassasiyetini sağlayabilmeli
- iv- Spektral zemin değeri düşük olmalı
- v- Numuneyi tekrar buharlaştırılmalı ve yeterli atomlaşmayı sağlayabilmelidir.

Analizi yapılacak olan örnek öncelikle toz haline getirilir ve uygun çözücülerde çözülür. Çözünmüş numune, plazma adı verilen elektronların ve iyonların dengede bulunduğu gaz içerisinde buharlaştırılır.

Plazma, içinde iyonlaşan atomların oluşturduğu iletken bir gazdır (Ar plazma Ar^+ ve e^- içerir). Plazma genellikle gaz olarak argonun kullanıldığı, bileşiklerin veya moleküllerin uyarılmış atom veya iyonlara dönüşmesini sağlayan yüksek enerjili bir gazdır. Plazma elektromanyetik olarak argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans (rf) jeneratörü ile uyarılmasıyla elde edilir. Sıcak plazmanın gelen gazı iyonlaştırması ve işlemin sürekli olarak devam etmesiyle bu olay gerçekleşir.

Bir radyo frekansı yayıcısına bağlanan su soğutmalı indüksiyon bobini argon bulunan oldukça küçük bir hacim içerisinde güçlü ve yüksek frekanslı bir manyetik alan açığa çıkarır. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak argon atomlarıyla çarpışırlar ve argon iyonları ile daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlarlar. Kullanılan argon gazının üç temel görevi vardır. (plazmayı oluşturmak, numuneyi sürüklemek, dışarıdan geçirilerek tüplerin soğumasını sağlamaktır.) 10,000°K sıcaklık değerine ulaşılan hücrede, iç çeperlerin soğutulması için argon gaz akısı girdaplı olarak geçirilir. Bu akış ayrıca plazmanın merkezi ve sabit çalışmasını sağlar. Yüksek sıcaklık ve numunenin uzun süreli muamelesi, numune çözücüsünün tamamen buharlaşmasını ve analitin tamamen serbest atomlara dönüşmesini sağlar ve serbest atomlar uyarılır. Bu işlem kimyasal olarak inert bir çevrede gerçekleşir.



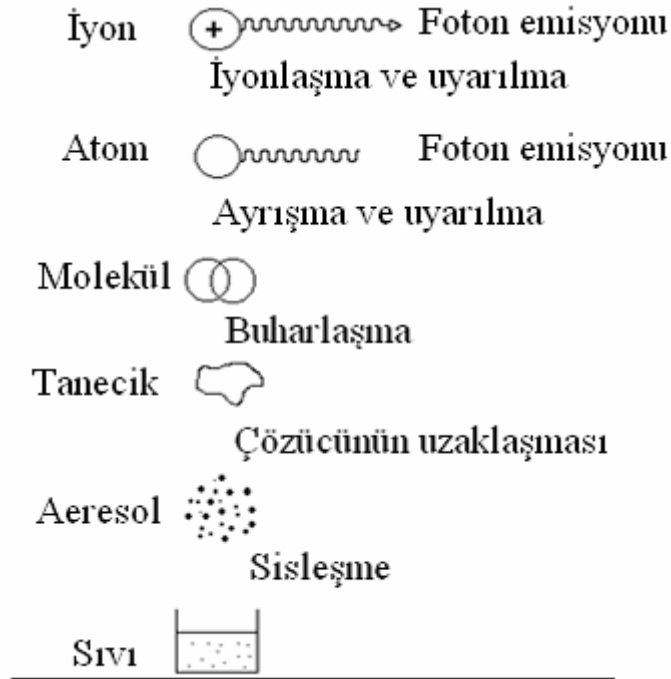
Şekil 3.3. Plazma kaynağı

3.1.2. Optik kısım

Bir spektrometre; analitin emisyon hatlarından kaynaklanan ışığı, numunedeki diğer türlerin dalga boylarından ve plazmanın zemin değer emisyonundan ayırır. Bir spektrometre iyi bir hassasiyet sağlamak için optik ağ, ince bir yarık ve bir görüntüleme sistemi içerir. Birbirine oldukça yakın hatların üst üste çakışmasını engellemek için iyi düzeyde ayırma gücüne ihtiyaç vardır. ICP’de kullanılan başlıca iki temel spektrometre vardır. Birincisi, monokromatördür ve sadece bir tane ikincil yarığa sahiptir, böylece belirli bir sürede sadece bir dalga boyu ölçümü yapılabilir. Monokromatör kullanıldığında birçok element tayini ardışık olarak yapılır. İkinci spektrometre türü polikromatördür ve seçilen her bir analiz hattı için sabitlenen ikincil bir yarığa sahiptir. Eğer her bir yarığın kendine ait foto çoğaltıcı tüpü varsa, bir numunedeki elementlerin tamamı aynı anda tayin edilebilir.

3.1.3. ICP ile işlem

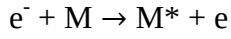
Sisleştirme sonunda numune sulu bir aerosol olarak plazma içerisine gelir. Aerosol plazma içerisinde yukarıya doğru hareket ettikçe birçok olay meydana gelir. Bu olaylar şekil 3.4 'de özetlenmiş ve aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır. İlk olarak; aerosol damlacıklarındaki çözücü buharlaşır ve katı bir tuz oluşur. Daha sonra, gaz fazındaki moleküler türlerin oluşumu için bu parçacıklar buharlaştırılır. Moleküler türler iyonlaşma için yeterli enerji ile atom veya iyonları oluştururlar. Atomlar ve iyonlar kararlı moleküler türlerin oluşumu için diğer serbest atomlarla bir araya gelebilirler.



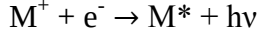
Şekil 3.4. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi.

Enerjinin korunumu yasasına göre; bir atom ışıma yapacaksa, öncelikle bu atomun plazma gibi yüksek enerjili bir harici kaynak tarafından yayılan yüksek enerjiyi absorplaması gereklidir. Sonra atomlara sağlanacak daha fazla enerji ile elektronlar uyarılmış seviyeye geçerler. Analitin temel uyarılma işlemi aşağıdaki gibidir.

Elektron çarpmasıyla uyarılma



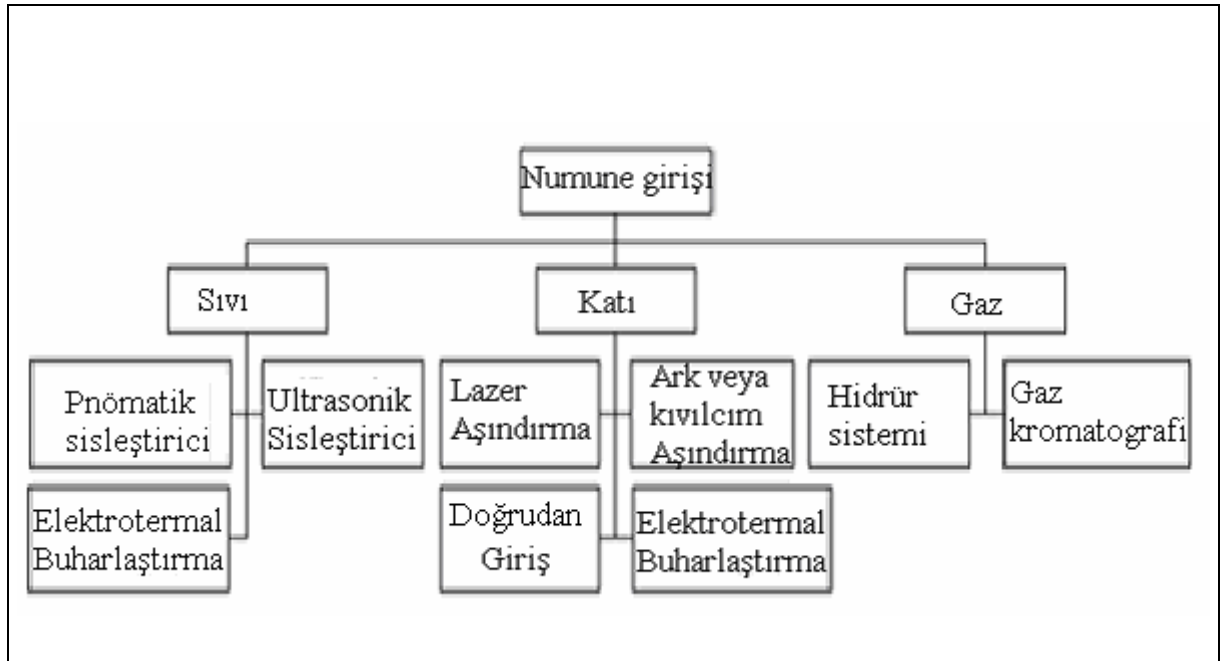
İyon-elektron birleşimi



Analitin hat emisyonu, uyarılmış atom veya iyonun daha düşük enerji seviyesine dönerken ışık yayması ile oluşur.

3.1.4. Numune girişi

ICP-OES cihazı; sıvı, gaz ve katı numunelerin cihaza girişi için gerekli olan birçok değişik aletle kullanılabilir bir cihazdır. ICP-OES için mevcut numune girişi teknikleri Şekil 3.5 'de gösterilmiş olup, bu tekniklerden sıvı numune girişi aşağıda anlatılmaktadır.



Şekil 3.5. Numune girişi.

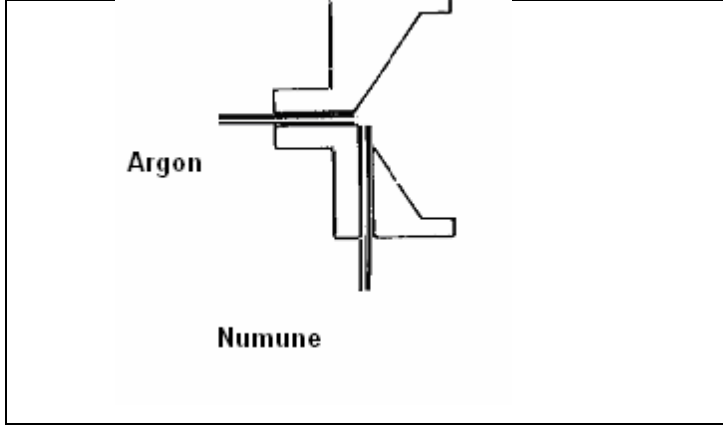
3.1.4.1. Sıvı numune girişi

Sıvı örneklerin kullanımında çoğunlukla sisleştirme metodu kullanılır. Metotta sıvının girişi, uyarılma kaynağına aerosol halinde gönderilmesiyle sağlanır. Sisleştirme teknikleri basittir, güvenilir ve bağıl olarak ucuzdur. Dezavantajı ise yavaş oluşu, girişimlerin oluşması ve %99,5 oranına kadar numunenin atık olmasıdır. Sisleştirme seçimi aşağıda anlatılmıştır.

Pnömatik Sisleştiriciler, ICP-OES için birçok tipte pnömatik sisleştirici kullanılır. Bunlardan bazıları; Eş merkezli sisleştirici, çapraz akışlı sisleştirici ve babington sisleştiricisidir. Numuneler sisleştirici içerisine bir pompa ya da aspirasyon ile beslenir. Sonrasında aerosol taşınmasını da sağlayan yüksek hızlı gaz akışı ile numune çözeltisi damlacıklar haline dönüştürülür. Girişi sağlanan numunenin sadece bir kesiti sisleştirilir, geri kalan kısmı atık kısmına gider. Aerosol içerisinde damlacık büyüklükleri farklı olan damlalar vardır ve büyük damlacıkların giderilmesi için aerosol için bir sprej çemberi içerisine gönderilir.

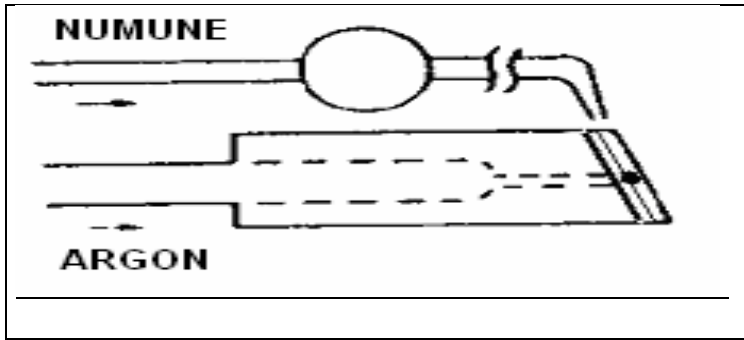
Eş Merkezli Sisleştiriciler, bir eş merkezli sisleştirici içerisine numune çözeltisi bir kapiler vasıtasıyla beslenir ki bu kapiler de sisleştirici gaz akışının gerçekleştiği ikinci bir kapiler ile çevrelenmiştir. Eş merkezli sisleştiriciler kendi kendilerine girişi sağlarlar ve dolayısıyla peristaltik pompaya gerek yoktur. Buna rağmen en iyi analitik sonuçlar numunenin serbest numune alımı hızından biraz az değerindeki hızla pompalandığı durumlarda elde edilmiştir. Eş merkezli sisleştiriciler çalışma kararlılığına sahiptir ancak tıkanma meydana gelebilir.

Çapraz Akış Sisleştiriciler, burada analitik çözeltisi dikey bir kapilerden beslenir ve numune kapilerinin bittiği noktada yatay olarak uygulanan gaz ile sisleştirilir (Şekil 3.6). Birçok çapraz akış sisleştirici numune çözeltisinin peristaltik pompa yardımıyla iletilmesini gerektirir. Ayrıca bu tip sisleştiriciler kararlıdır ancak tıkanma riski vardır.

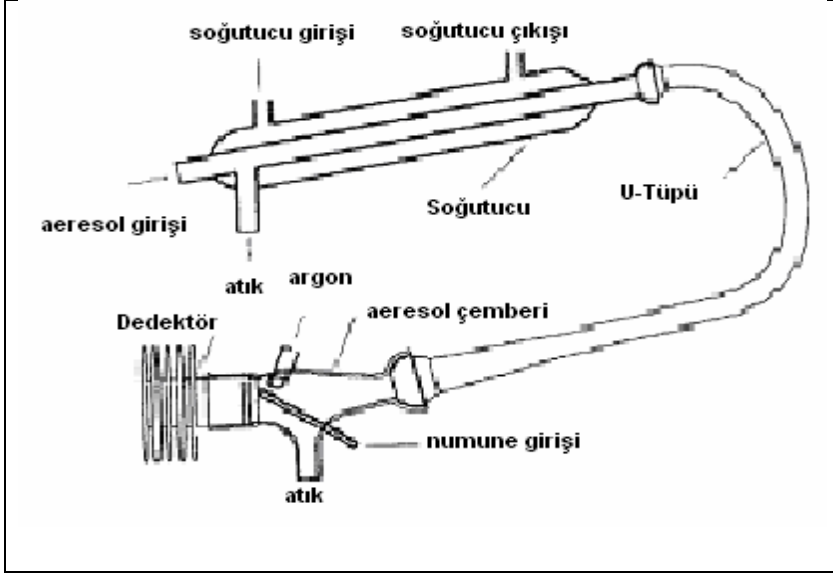


Şekil 3.6. Çapraz akış sisleştiriciler.

Babington Sisleştiriciler aerosol oluşumu sıvı bir filmin duvara karşı püskürtülmesi ile sağlanır (Şekil 3.7). Bu metodun faydası numune ince bir kapiler içerisinde geçmediği için olası tıkanmalar önlenmiş olur. ICP-OES için Babington sisleştiricinin geliştirilmiş bir türü kullanılır. Bu tipte çözelti V-şekilli tüp içerisinde geçer ve numune deliğinin altından sürekli olarak geçen bir gaz yardımıyla darbe uygulayıcıya gönderilir.



Şekil 3.7. Babington sisleştirici.



Şekil 3.8. Ultrasonik sisleştiriciler

Ultrasonik sisleştiricilerde numune çözeltileri dedektör bir tabaka üzerine gönderilir (şekil 3.8) Piezoelektrik bir membran dedektör tabaka olarak görev yapar ve 1 MHz'lık RF enerjisi uygulamasıyla yüksek enerjide titreşim yapar. Numune çözeltisi hızlıca titreşen dedektör üzerine geldiğinde parçacık büyüklüğü iyi olan damlacıklar haline geçer. Damlacıklar ICP'ye gitmeden önce bir gaz buharı ile muamele edilir ve ısıtıcı/yoğunlaştırıcı yardımıyla çözücüsü uzaklaştırılır. Ultrasonik sisleştiriciler oldukça başarılı tayin edebilme gücüne sahiptir, fakat özellikle yüksek tuz içeriği olan çözeltilerde gösterdikleri kararsızlıkları ve çözücünün uzaklaştırılma mecburiyeti dezavantajlarındandır.

Elektrotermal buharlaşmada katı ya da sıvı haldeki numunenin küçük bir miktarı bir iletken üzerine yerleştirilir (örneğin: karbon çubuk ya da tantal tel). İletken buhar elde edebilmek için sürekli olarak ısıtılır, oluşan buhar ise ICP'ye enjektör gazı ile taşınır. Yeterli düzeyde ısıtma sağlanırsa çözücü, ortam ve analitin ayrılması başarı ile sağlanmaktadır.

3.1.5. Girişimler

Mevcut analitik tekniklerin hiçbiri için girişim tamamen yoktur denilemez. Belirli bir analiz için tercih edilen cihaz, o analize ait gerekliliklere sahip olmalıdır. ICP-OES tekniğine ait bazı temel girişimler aşağıda anlatılmaktadır.

Numune giriş sisteminin etkinliği, yüzey gerilimi, vizkozite ve numunedeki çözünmüş katı madde miktarı ile ilgilidir. Numune ve standart çözeltiler arasındaki bu farklılıklar sisleştirci alım hızı ve plazmaya transfer olan maddenin etkinliğinde farklılıklar meydana getirebilir. Bu etkiler analiz sonuçlarında dalgalanmalar meydana getirir. ICP analizlerinde en iyi sonuçlar için, numune içerisindeki toplam çözünmüş katı madde içeriği en fazla %0,5 seviyesinde olmalıdır. Bu seviyeden yüksek düzeylerde sisleştircide tıkanma meydana gelir ve düzenli temizlik gereklidir. Ortam girişimleri, ortam benzetilmesi ya da iç standart veya standart ekleme metotlarının kullanımı ile giderilebilir.

Argon plazmanın sahip olduğu yüksek sıcaklık nedeniyle ($10,000^{\circ}\text{K}$) ICP'deki kimyasal girişimler engellenmiş olur. Bu sıcaklık birçok kimyasal bağın parçalanması ve bileşiklerin atomlara ayrışması için oldukça yeterlidir. Plazma oksijen içermemektedir. Fiziksel girişimler; numune tüketimi, numune taşınma hızında değişimler ve damlacık oluşum işlemi nedeniyle oluşur. Tüketim hızı oldukça küçük olduğundan, bu işlemlerin ICP üzerinde belirgin bir etkileri yoktur. ICP'de numune akış hızı peristaltik pompa ile kontrol edilir. Bu sayede fiziksel girişimler en aza düşürülür ve numune alım hızı numune viskozitesinden bağımsız hale gelir.

İyonlaşma girişimleri, numune içerisinde analit haricindeki türlerin elektron alışverişinden ve bu yolla tayin edilecek türlerin atom ya da iyon derişimlerinin değişmesinden kaynaklanır. İyonlaşmış argon gazının sahip olduğu zengin elektron doğası, yüksek sıcaklık ortamının iyonlaştırma etkisini tamponlar. Böylece ICP'de oluşan iyonlaşma oranı sabit kalır.

Zemin değer girişimleri, uyarma kaynağının analitin dalga boyunda ışık yayması ile oluşur. Spektral girişimler ise, bir numunedeki herhangi bir elementin analitin dalga boyuna yakın seviyede emisyon hattına sahip olduğu durumlarda oluşur. Üç tip spektral girişimi vardır; ışığın dağılması, kısmi üst üste binme, hat genişlemesi veya doğrudan üst üste binmedir. Girişimler; ortam, çözücü, hava ve diğer gazlardan kaynaklanan istenmeyen emisyonlarından oluşabilir. Spektral girişimler, doğru dalga boyu seçimi,

zemin değeri düzeltilmesi ve girişim yapan elementin uzaklaştırılması ile en aza düşürülebilir.

3.2. Çalışma Yerin Tanımı

Van Gölü, 3.712 km² lik alanı ile Türkiye'nin en büyük gölüdür. Doğu kesimi, Van İli topraklarının içinde kalmaktadır. Van Gölü, aynı zamanda yeryüzündeki en büyük sodalı gölü (pH 9.5-9.8)'dür. Kapalı göller arasında hacim bakımından (607 km³) dördüncü sırayı alır. En derin yeri 451 m olan gölün ortalama derinliği 171 m ve denizden yüksekliği 1650 m'dir. Van Gölünün güneybatısındaki Tatvan koyu ile kuzeydoğusundaki Erciş körfezi arasındaki ekseni 130 km, kuzeybatısındaki Ahlat koyu ile güneydoğusundaki Gevaş koyu arasındaki ekseni ise 80 km kadardır. Gölün etrafı dağlarla çevrilidir. Gölün kenarındaki en alçak yer Reşadiye'nin doğusunda olup 1800 m yüksekliğindedir. Doğu kesimi batı kesimine göre daha sığ olan gölün en sığ kesimi Van koyu ile Erciş körfezidir. Derinlik bu kesimlerde 50 m civarındadır. Ahlat ile Adilcevaz arasında ise 450 m derinlik ölçülmüştür (Anonim, 2011).

Van Gölü'nün suyu acı, tuzlu ve sodalıdır. Bunun başlıca sebebi, akarsuların taşıdığı tuzlu suların gölde birikmesi ve buharlaşma nedeniyle yoğunlaşmasıdır. Tuz tenorunun yüksek olması, bor ve sodyum karbonatın varlığı, volkanik taşların etkisinden meydana gelmiştir. Tuzluluk oranı %0,224'dür. Sudaki kimyasal bileşimlerin kendi aralarındaki oranları ise; %42 NaCl, %34 NaCO₃, %16 Na₂SO₄, %3 K₂SO₄ ve %2,5 MgCO₃. Bu özelliği nedeniyle Van gölü, soda üretim kaynağı olarak büyük bir rezerve sahiptir.

Gölün doğu bölümünde 4 küçük ada vardır: Bunlar, Akdamar, Çarpanak, Adır (Yaka) ve Kuş adalarıdır. Van Gölü çanağında yer yer su kaynakları olduğu saptanmıştır. Ayrıca göle çok sayıda dere ve küçük çay ulaşmaktadır. Göl seviyesinde yaz ayları ile kış ayları arasında 50-60 cm' lik seviye oynamaları görülmektedir. Ancak son yıllarda bu oynamalar metrelerle ifade edilmektedir.

Van Gölü'nün kıyılarında yer alan koy, körfez ve yarımadaslar şunlardır;

- i- Güney kıyısında Deveboynu (Reşadiye) Yarımadası,
- ii- Van İli kuzeydoğusunda Çarpanak Yarımadası,
- iii- Erciş İlçesi kuzeybatısında Erciş Yarımadası bulunur.

Denizden yüksekliği 1725 metre olan ve etrafı dağlarla çevrili olan Van'ın iklim özellikleri karasal iklim tipi gösterse de ortasında küçük bir deniz karakteri gösteren Van Gölü'nün bulunması iklimin yumuşak geçmesine sebep olmaktadır. Kış döneminde gölün ılık olması hava sıcaklığını arttırmasına, yazın ise hava sıcaklığını azaltmasına neden olmaktadır.

3.3. Van İli Sınırları İçerisinde Göle Akan Bazı Akarsular ve Bu Akarsuların Özellikleri

Bendimahi Çayı:

Van Gölü havzasının en önemli akarsularındandır. İlin kuzeyinde Aladağ ve Tendürek Dağı arasında doğar ve Van Gölü'ne dökülür. Bendimahi Çayı çok sayıda kola sahiptir ve bu yüzden Çaldıran Ovasını sular. Çaldıran Ovasını takiben çeşitli vadilerden geçerek Muradiye Ovasına gelir, çeşitli büyüklükte şelaleler oluşturarak Van Gölü'ne bağlanır. Uzunluğu yaklaşık 90 km, debisi ise 10,637 m³/sn'dir.

Karasu Çayı:

Özalp İlçesinin kuzeyindeki Pirreşit, Ahta dağlarının sularını toplayarak doğar. Erçek Gölü yakınından geçerek Van Gölü'ne dökülür. Uzunluğu yaklaşık 130 km, debisi ise 2,754 m³/sn'dir.

Engil (Dönemeç) Çayı:

İlin güneydoğusunda, Başkale civarındaki ispiriz dağlarıyla, Norduz Yaylasından kaynağını alır. Doğu- batı uzanımlı olan bu çay, Zerneke baraj sahasını geçerek Havasor Ovasına girer. Gevaş ilçesinin kuzeyinden Van Gölü'ne ulaşır. Uzunluğu 130 km'dir.

Deliçay:

Erciş ilçesi civarında yer alan bu akarsu, kuzey- güney yönlü akış sunmaktadır. Aladağlardan doğar. Erciş ovasından geçen akarsu, Van Gölü'ne dökülür.

Değirmendere:

Van ilinin kuzeyinde bulunan Turna Göl'den doğan Değirmendere iskele semtinden Van Gölü'ne dökülür.

Memedik Çayı:

Saray İlçesinin doğusunda, İran sınırından başlayıp batıya doğru akar. Özalp ilçesinden geçip, doğu- batı yönlü akış sunar. Çay, Memedik Vadisini aşarak Erçek Gölü'ne ulaşır. Uzunluğu yaklaşık 60 km'dir.

Şamran Suyu:

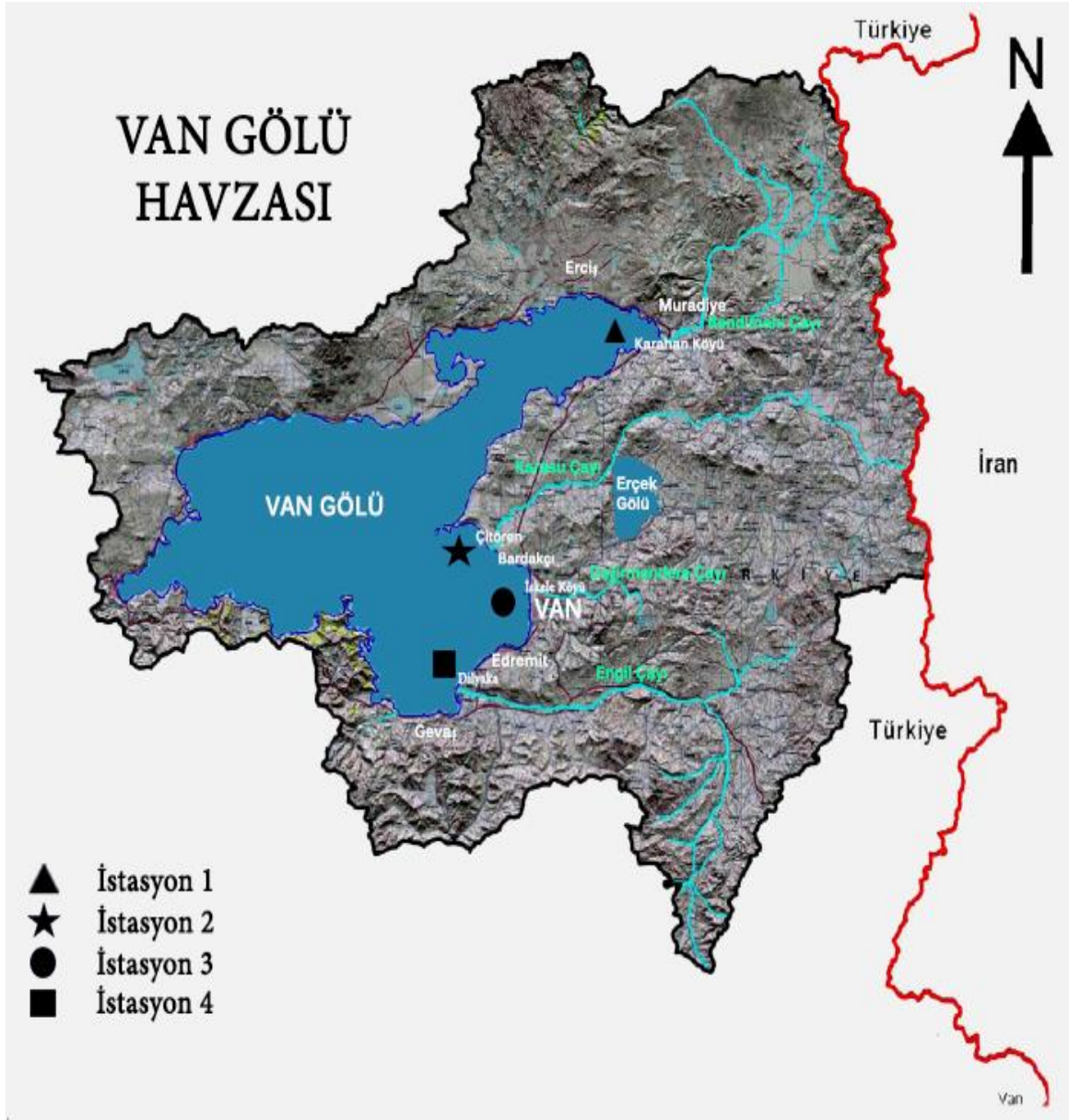
Edremit ilçesinde doğan bu akarsu ilin içinden geçerek İskele semtinden Van Gölü'ne dökülür.

Zilan Deresi:

Bendimahi suyunun batısında yer alan zilan deresi aladağdan inen kollarla beslenir. Kuzey-güney yönünde akan zilan deresi, doğudan sert akışlı hacıdiri deresini alır. Derin, ama sarp ve kayalık olmayan bir dereden akar. Vadi, hacıdiri deresini akarsuya katıldığı kesimden başlayarak yavaş yavaş genişler. Erciş ovasından geçen akarsu Van Gölü'ne dökülür.

3.4. Numune Alınan Yerler Ve Özellikleri

Van Gölü'ne dökülen bazı çaylardan alınan su ve çamur örneklerinin laboratuvar ortamında analizlerini yapabilmek, çayların genel özellikleri hakkında bazı bilgiler verebilmek, içerdikleri bazı ağır metallerin farklı mevsimlerde değişimlerinin incelemek ve nispeten ulaşımının kolay olması da göz önüne alınarak Van Gölü'ne dökülen dört çay belirlenmiştir. Şekil 3.9'da numune alınan yerleri gösterir harita ve numune alınan 4 istasyon haritada gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Numune alınan yerleri gösterir harita.

İstasyon noktaları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

İstasyon 1 :

Karasu Çayı Doğu Anadolu Bölgesi'nin doğusunda, Van Gölü kapalı havzasında yer almaktadır. Doğu- batı yönünde havza eğimine uygun olarak akarak, Van İl merkezinin kuzey batısından Zeve Şehitliği yakınlarında menderesler çizerek Van Gölü'ne dökülür. Çay üzerinde Karasu Projesi dahilinde sulama amaçlı olarak 1991

yılında inşa edilmiş Sarıme Mehmet Barajı ve Satıbey Regülatörü bulunmaktadır (Şekerci, 2011) Karasu çayının gölle birleştiği bölgede delta sulak alan oluşturmuştur Van Gölü'ne döküldüğü yer ($38^{\circ} 35' 30,9''$ K ve $43^{\circ} 13' 20,6''$ D enlemleri) numune alım bölgesidir (Şekil 3.10).

İstasyon 2:

Van Gölü'nün kuzeydoğu kısmında bulunan Bendimahi Çayının ($38^{\circ} 56' 32,7''$ K ve $43^{\circ} 39' 8,6''$ D enlemleri) Karahan köyünün içinden geçerek gölle birleşen yeri, numune alım yeridir (Şekil 3.11). O bölgede nehir üzerinde kurulmuş bir baraj bulunmamaktadır. Bendimahi Çayı gölle birleştiği bölgede delta oluşturmuştur.

İstasyon 3:

Van İlinin doğu tarafından doğup Van Gölüne dökülen Şamran Çayı ilin içinden geçerek iskele tarafında bulunan Değirmendere Çayı ile birleşir. İskele boyunca akan çay Van gölü'ne döküldüğü yer ($38^{\circ} 30' 55,7''$ K ve $43^{\circ} 18' 58,6''$ D enlemleri) numune alım bölgesidir. Çaya dökülen herhangi bir sanayi atığı olmamakla beraber insan ve hayvan atıkları atılmaktadır (Şekil 3.12).

İstasyon 4:

Edremit- Gevaş yolu üzerinde göle dökülen nehrin gölle birleşen yeri ($38^{\circ} 20' 20,1''$ K ve $43^{\circ} 09' 16,1''$ D enlemleri) numune alım bölgesidir. Nehre katılan herhangi bir atık bulunmamaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.10. Karasu çayı örnekleme noktası.



Şekil 3.11. Bendimahi çayı örnekleme noktası noktası (Karahana Köyü).



Şekil 3.12. Değirmendere çayı örnekleme noktası.



Şekil 13. Engil (Dönemeç) Çayı örnekleme noktası.

3.5. Araştırma Süresi

Van Gölü'ne dökülen akarsuların geçtiği alanlardaki su ve çamur örneklerinde, ağır metal miktarlarının farklı iklim koşullarındaki değişimlerini incelemek amacıyla alınan su örnekleri Mart 2014 tarihinde başlanılmış, Şubat 2015 tarihinde son bulmuştur. Çamur örnekleri ise bu periyotlar arası baz alınarak mevsimsel olarak nisan 2014, Temmuz 2014, Eylül 2014 ve Ocak 2015 tarihlerini kapsamıştır. Araştırma bir yıllık süreyi kapsamaktadır. Su örnekleri için her ayın 3. haftası, çamur örnekleri ise ilgili ayların 3. haftalarında alınmıştır. Su ve çamur örnekleri araştırma alanını temsil edecek şekilde üç farklı noktadan alınmıştır.

3.6. Su Örneklerinin Alınması Ve Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Metotlar

Su örnekleri belirlenen örnekleme noktalarından 100 ml'lik plastik numune kaplarında ağzına kadar dolacak şekilde alınmış olup, su örneklerinin sağlıklı ve hava almayacak şekilde korumak için ağızları alüminyum folyo ile sarılıp bantlanmıştır. Ayrıca örneklerin üzerine örnekleme yeri ve tarihi yazılmıştır. Su örnekleri için toplam 144 adet alınmış, bu örneklerin laboratuvarında analiz edilene kadar +4°C de muhafaza edilerek analizi yapılmıştır.

Örnekleme noktalarından plastik kaplara konularak laboratuvara getirilen su numuneleri mavi bantlı süzgeç kağıdı ile süzülüp falkon tüplerine doldurulmuştur. Örnekleme; Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) gibi bulunabilecek bazı ağır metal miktarları Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde bulunan Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan ICP-OES cihazı ile okunmuştur.

3.7. Toprak Örneklerinin Alınması Ve Toprak Örneklerinin Analizinde Kullanılan Metotlar

Toprak örneklerini mevsimsel olarak incelemek için yağışların en yoğun olduğu nisan, temmuz, eylül, ocak aylarında, örnekleme noktalarından 100 ml'lik plastik numune kaplarına 10-15 cm derinlikten alınmıştır. Su örneklerinde olduğu gibi toprak

örneklerinin de hava almayacak şekilde korumak için ağızları alüminyum folyo ile sarılıp bantlanmıştır. Toprak numuneleri için 48 adet örnekleme alınmış, bu örneklerin laboratuarda analiz edilene kadar +4°C de muhafaza edilerek analizi yapılmıştır. Şekil 3.14’de numunelerin analizi sırasında çekilmiş laboratuvar resimleri görülmektedir.

Toprak örnekleri numune kaplarından çıkartılıp 3-4 gün gibi bir zamanda kurumaya bırakıldı. Kuruyan toprak numune örneklerini 2 mm lik elekten geçirmek için havan ve tokmak yardımıyla ufaltıldı. Hassas elektronik tartıda 1 gr numune örnekleri tartıldıktan sonra ayrı ayrı erlenlere bırakıldı. Erlen içerisine alınan numune örneklerinin üzerine 5 ml kral suyu ($\text{HNO}_3 + 3\text{HCL}$) ilave edildi. Daha sonra yakma bloklarda yakıldı, numuneler turuncu renge gelene kadar bekletildi ve soğumaya bırakıldı. Soğutulan çözelti deiyonize su ile 100 ml olana kadar seyreltmeye devam edildi. (seyreltik çözelti için 0,1 N HNO_3 kullanıldı.) Son olarak seyreltilip süzülen numune örnekleri falkon tüplerine dolduruldu. Hazırlanan numune örneklerinde bulunabilecek Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) gibi bazı ağır metal içerikleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi’nde bulunan Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan ICP-OES cihazı ile okunmuştur.



Şekil 3.14. Numunelerin analizi sırasında çekilmiş laboratuvar resimleri.

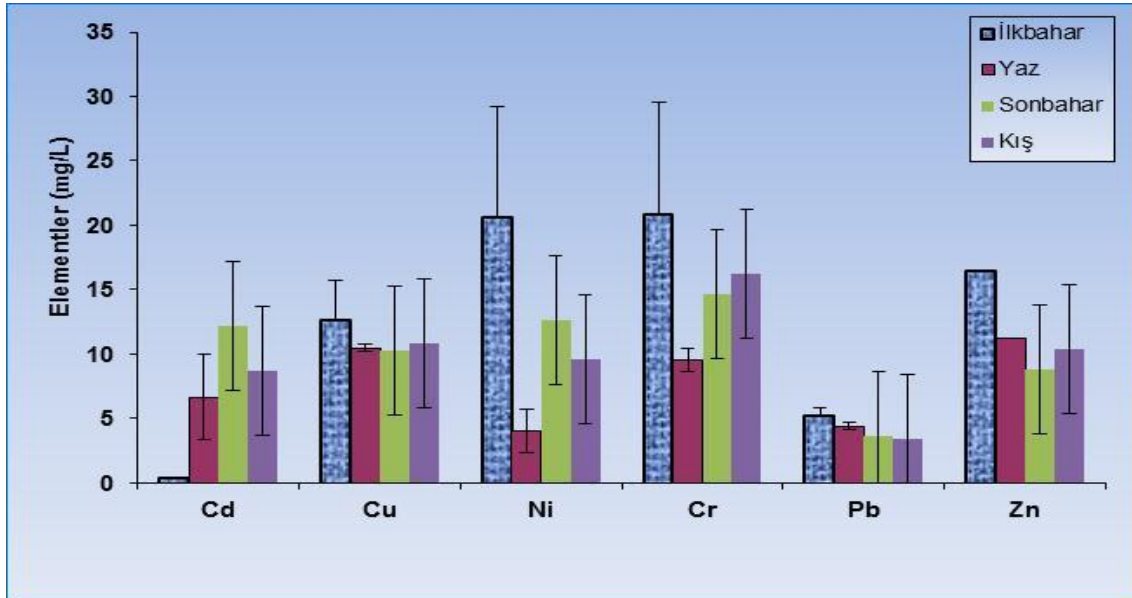
4. BULGULAR

4.1. Toprak Numune Örnek Bulguları

Van Gölü'ne dökülen bazı çaylardan alınan toprak numunelerini gösterir veriler aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

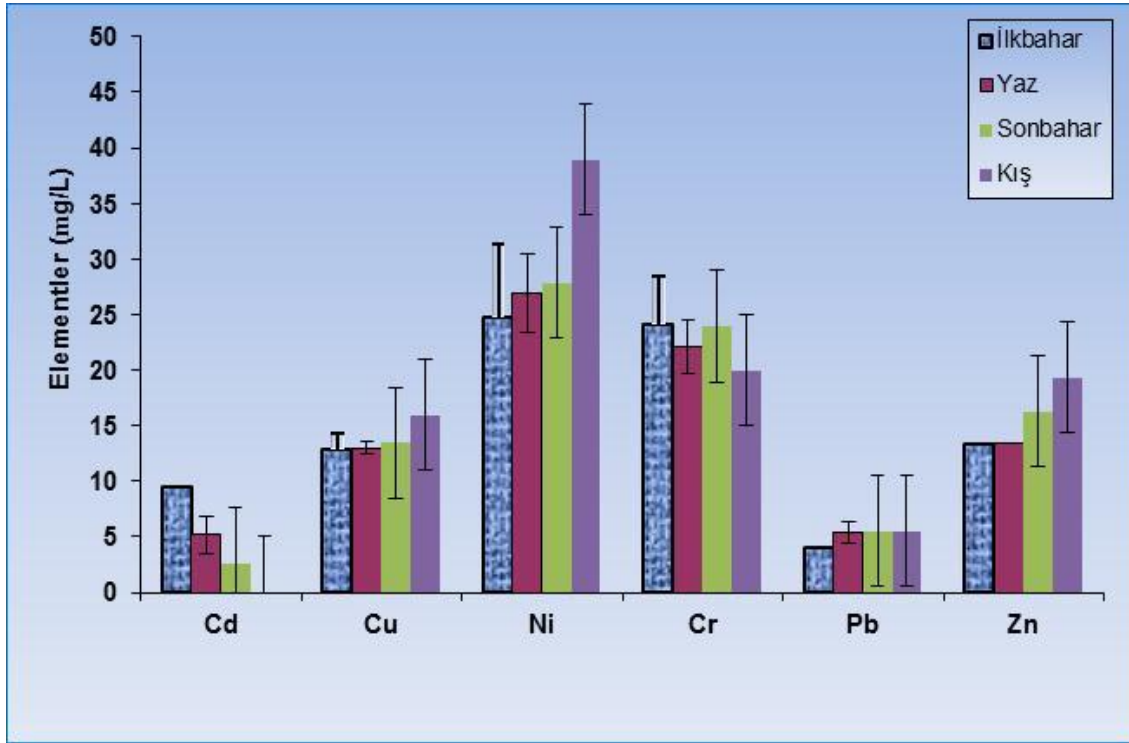
Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	0,42 ± 0,00	6,62 ± 3,32	12,16 ± 0,00	8,73 ± 0,00
Cu	12,70 ± 3,03	10,50 ± 0,28	10,20 ± 0,55	10,80 ± 0,55
Ni	20,60 ± 8,57	3,98 ± 1,68	12,60 ± 2,88	9,61 ± 3,80
Cr	20,90 ± 8,67	9,55 ± 0,89	14,70 ± 2,38	16,20 ± 1,96
Pb	5,23 ± 0,64	4,40 ± 0,24	3,63 ± 0,09	3,42 ± 0,31
Zn	16,50 ± 6,70	11,20 ± 1,02	8,85 ± 1,05	10,40 ± 0,74



Şekil 4.1. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.2. Karasu Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

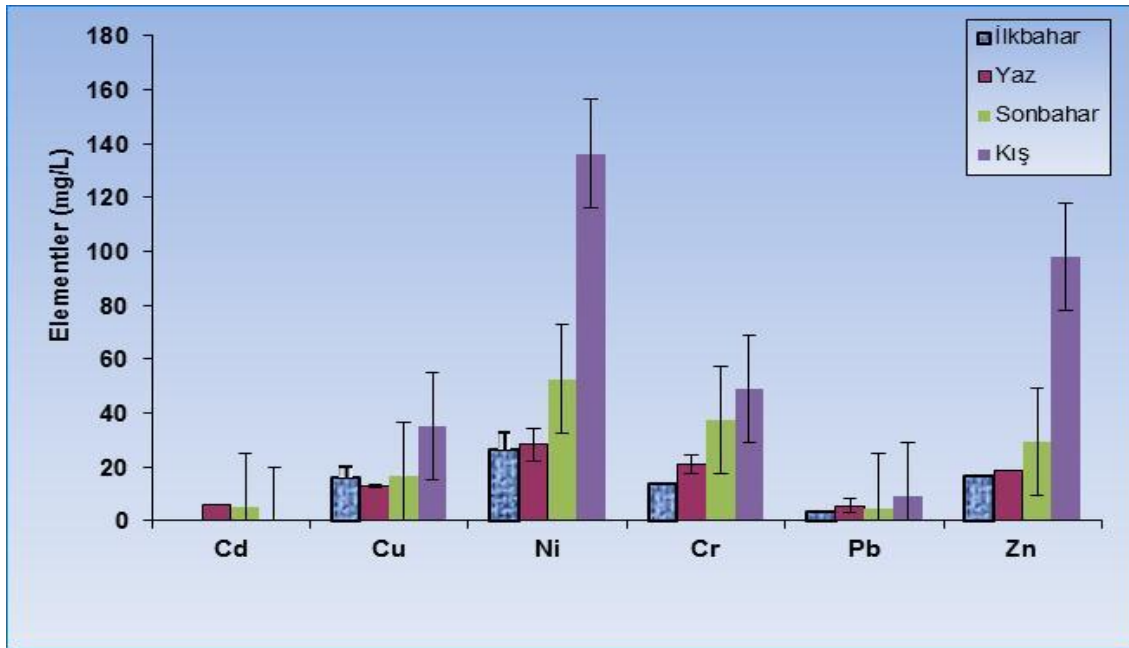
Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	9,50 ± 0,00	5,19 ± 1,67	2,64 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cu	12,90 ± 1,41	13,00 ± 0,58	13,50 ± 0,51	16,00 ± 0,93
Ni	24,80 ± 6,59	26,90 ± 3,50	27,90 ± 2,36	38,90 ± 4,13
Cr	24,20 ± 4,30	22,06 ± 2,42	23,94 ± 2,73	19,95 ± 1,92
Pb	4,09 ± 0,33	5,40 ± 0,92	5,52 ± 1,32	5,52 ± 0,32
Zn	13,34 ± 1,62	13,42 ± 0,86	16,28 ± 2,14	19,33 ± 2,32



Şekil 4.2. Karasu Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.3. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

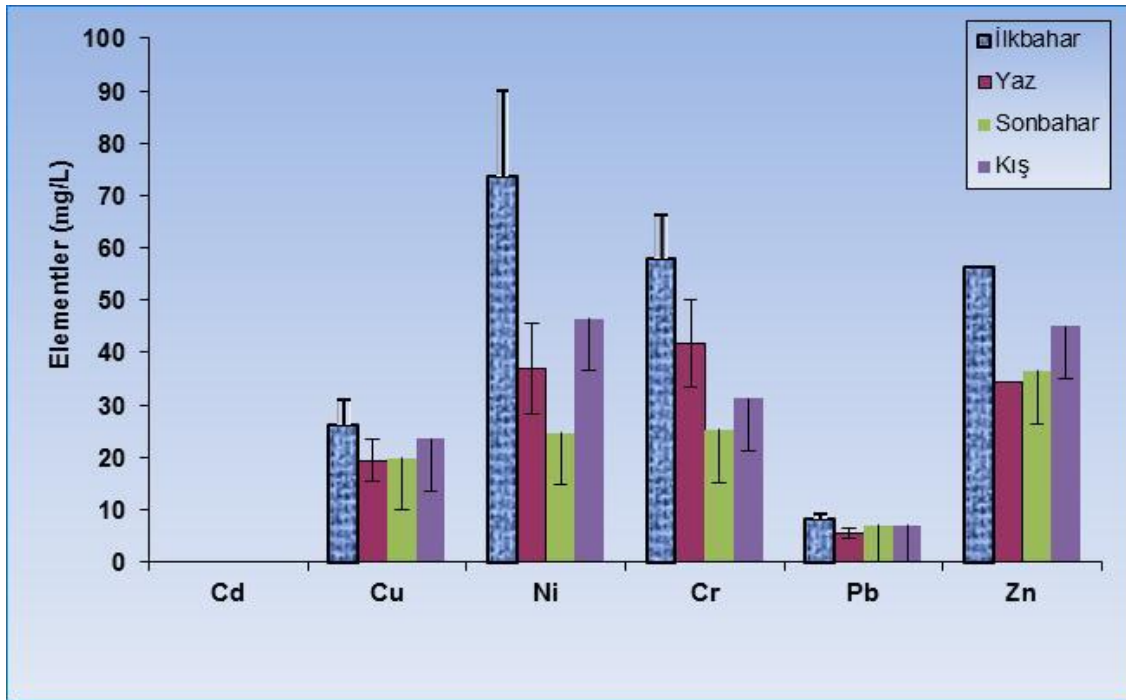
Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	0,00 ± 0,00	6,07 ± 0,00	4,96 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cu	16,30 ± 3,69	12,80 ± 0,82	16,30 ± 2,18	34,90 ± 7,94
Ni	26,60 ± 6,52	28,20 ± 6,29	52,60 ± 14,10	136,00 ± 53,10
Cr	13,61 ± 0,61	20,27 ± 3,46	37,39 ± 9,95	49,11 ± 4,57
Pb	3,55 ± 0,76	5,43 ± 2,61	4,71 ± 0,95	9,29 ± 1,36
Zn	16,80 ± 3,68	18,70 ± 1,21	29,50 ± 7,48	97,90 ± 26,83



Şekil 4.3. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.4. Engil Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cu	26,10 ± 4,90	19,40 ± 4,01	19,90 ± 3,44	23,50 ± 2,28
Ni	73,90 ± 16,20	37,00 ± 8,73	24,70 ± 4,58	46,60 ± 4,67
Cr	57,88 ± 8,39	41,82 ± 8,36	25,29 ± 6,25	31,30 ± 8,30
Pb	8,22 ± 0,98	5,51 ± 0,88	7,07 ± 1,28	6,98 ± 0,43
Zn	56,46 ± 12,90	34,38 ± 7,75	36,50 ± 6,90	45,08 ± 3,96



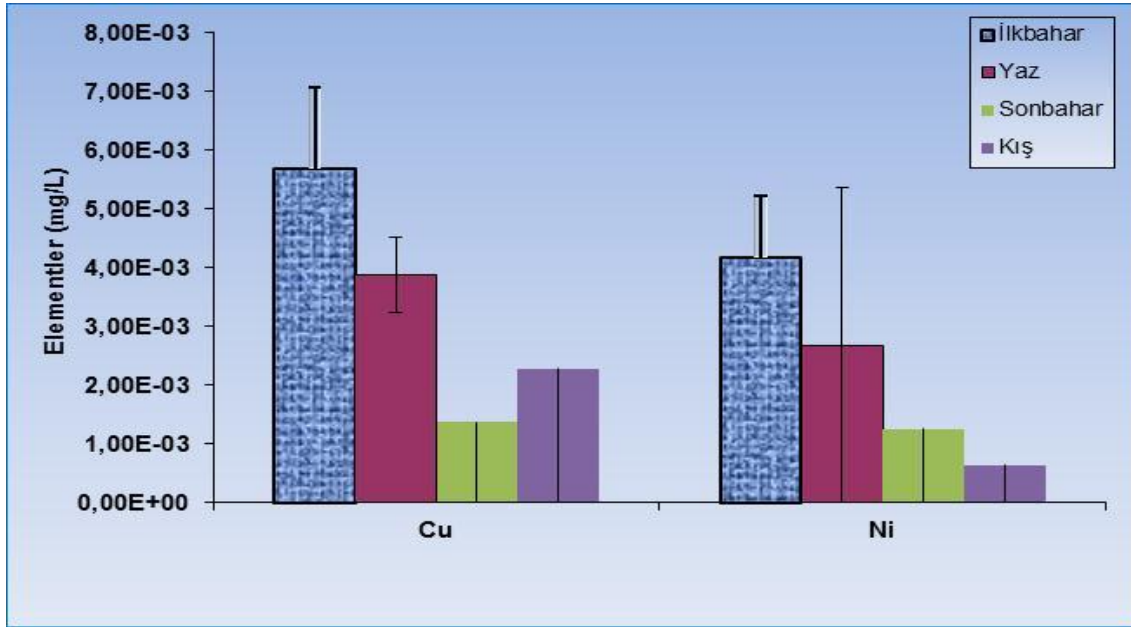
Şekil 4.4. Engil Çayı/Van noktasından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması.

4.2. Su Numune Örnek Bulguları

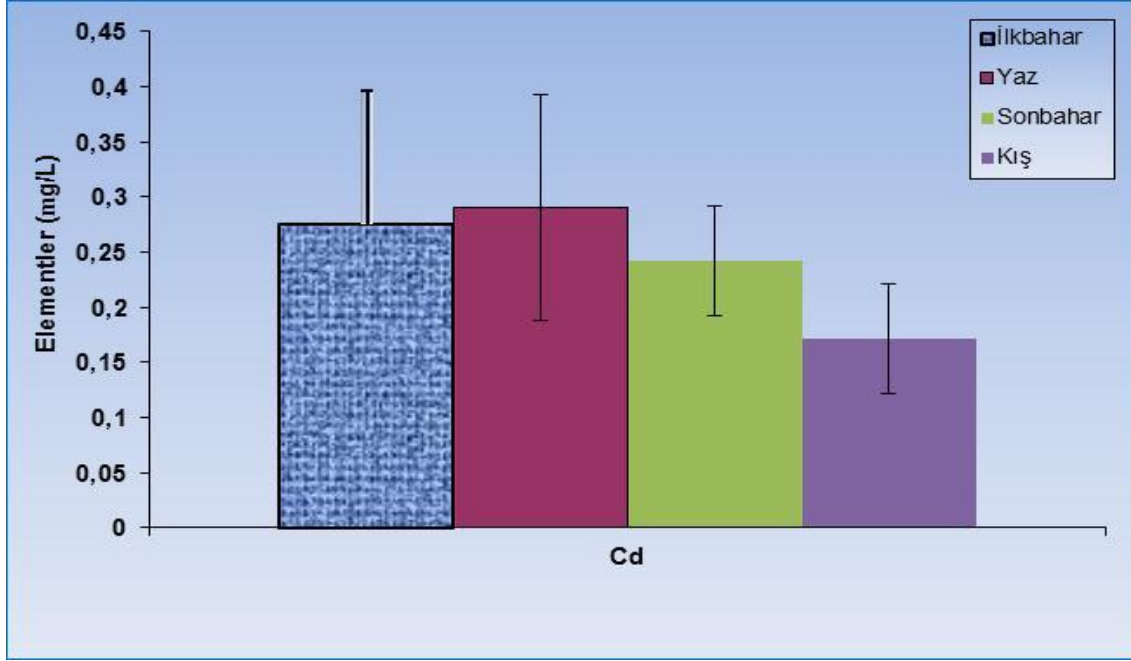
Van Gölü'ne dökülen bazı çaylardan alınan su örneklerini gösterir veriler aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	$0,2752 \pm 0,1216$	$0,2902 \pm 0,1024$	$0,2418 \pm 0,0569$	$0,1713 \pm 0,0533$
Cu	$0,0057 \pm 0,0014$	$0,0039 \pm 0,0006$	$0,0014 \pm 0,0004$	$0,0029 \pm 0,0009$
Ni	$0,0042 \pm 0,0011$	$0,0027 \pm 0,0004$	$0,0013 \pm 0,0001$	$0,0006 \pm 0,0001$
Cr	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$
Pb	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$
Zn	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$



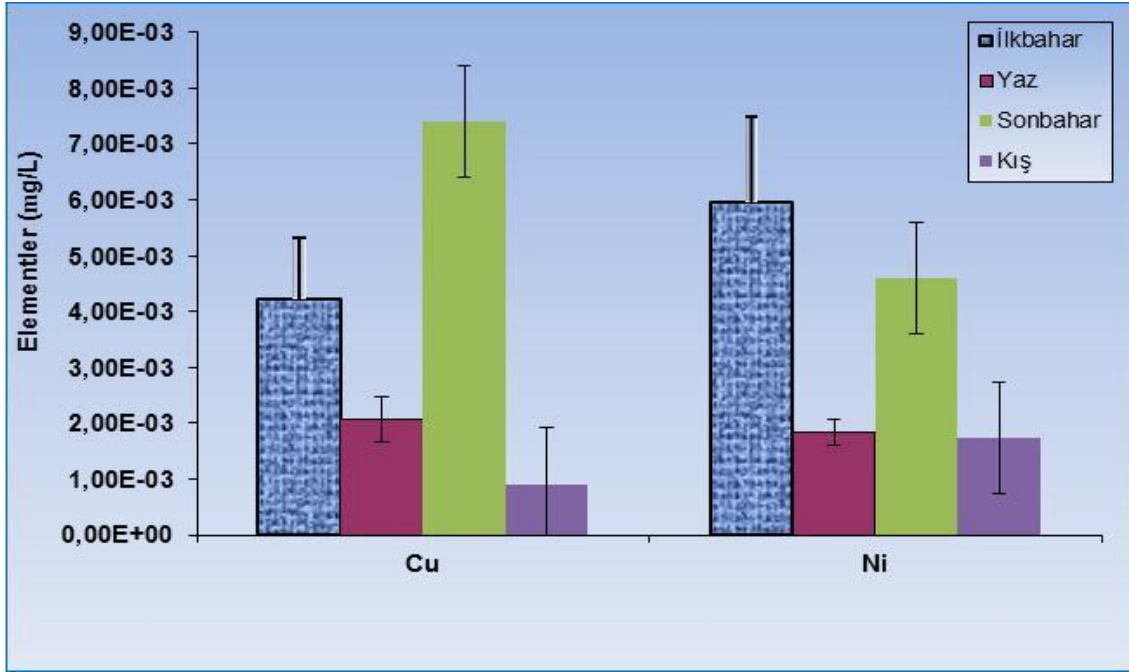
Şekil 4.5. Bendimahi Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması.



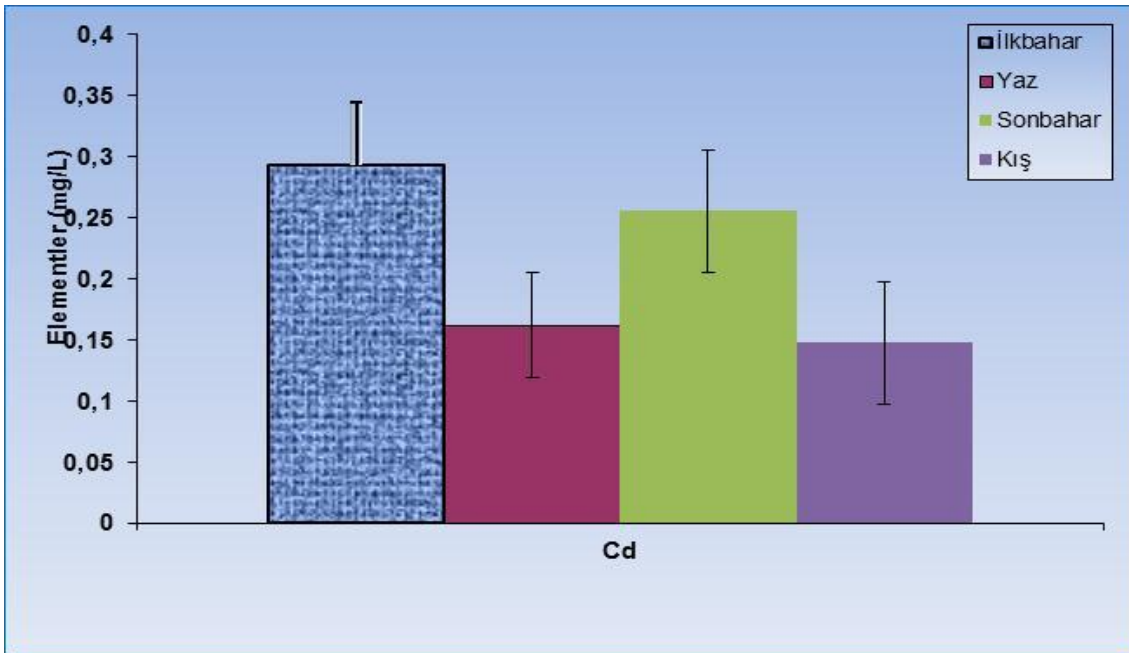
Şekil 4.6. Bendimahı Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.6. Karasu Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	0,2934 ± 0,0518	0,1617 ± 0,0428	0,2552 ± 0,0773	0,1474 ± 0,0545
Cu	0,0042 ± 0,0011	0,0021 ± 0,0004	0,0074 ± 0,0031	0,0009 ± 0,0002
Ni	0,0060 ± 0,0015	0,0018 ± 0,0002	0,0046 ± 0,0016	0,0017 ± 0,0001
Cr	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
Pb	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
Zn	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000



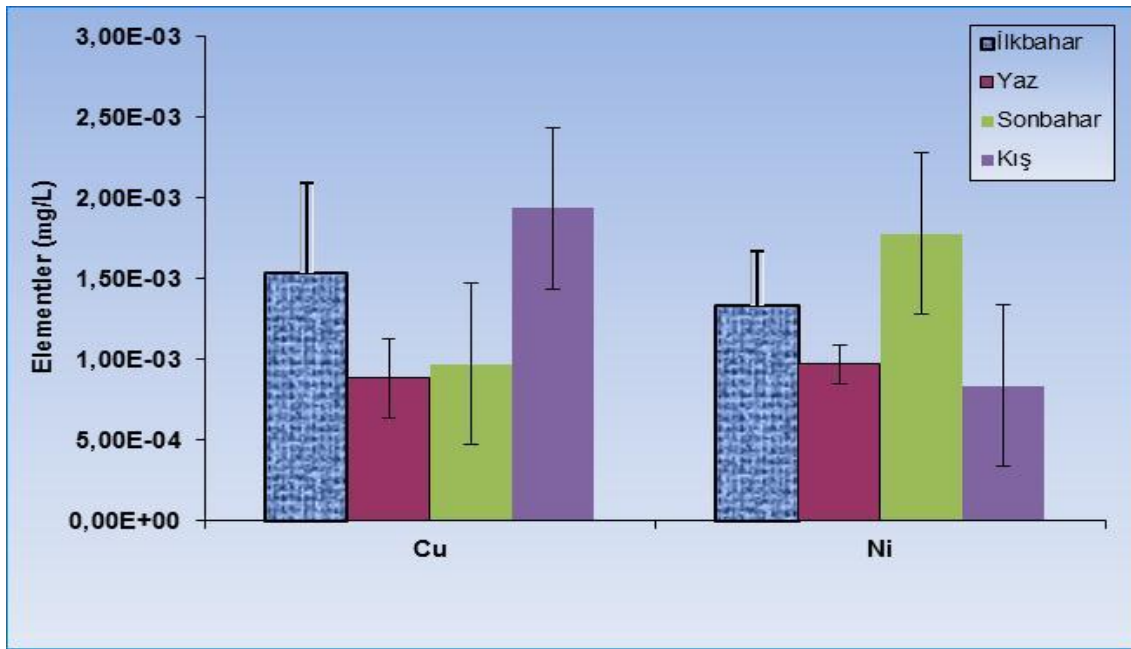
Şekil 4.7. Karasu Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması.



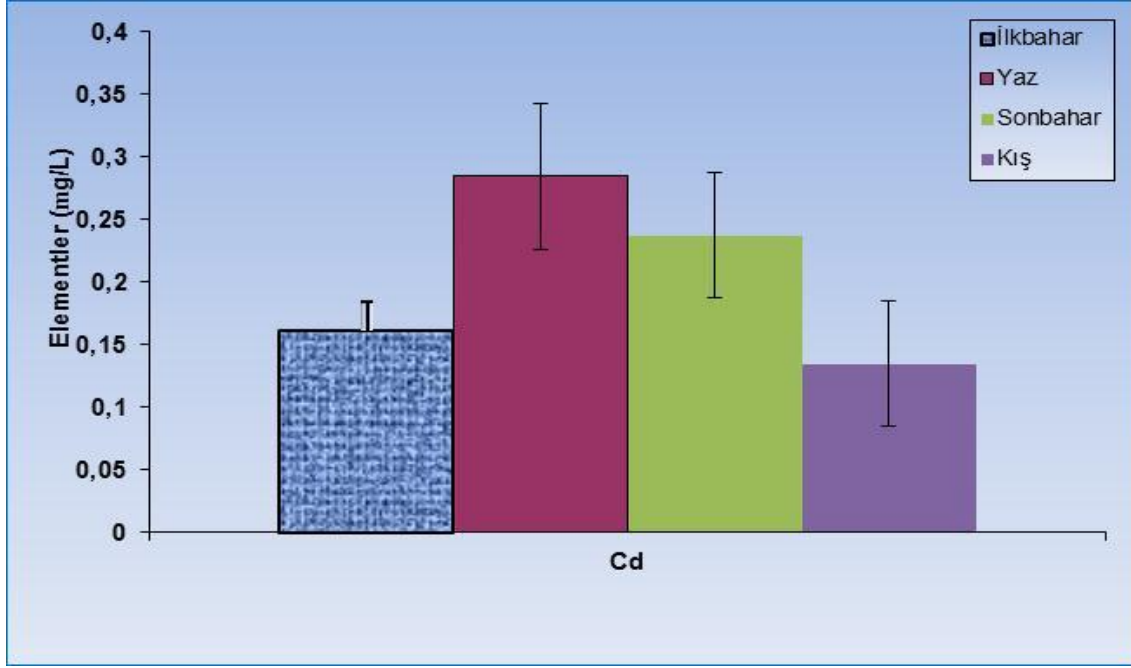
Şekil 4.8. Karasu Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.7. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	$0,1618 \pm 0,0230$	$0,2848 \pm 0,0582$	$0,2373 \pm 0,0475$	$0,1345 \pm 0,0386$
Cu	$0,0015 \pm 0,0005$	$0,0008 \pm 0,0002$	$0,0010 \pm 0,003$	$0,0019 \pm 0,0002$
Ni	$0,0013 \pm 0,0003$	$0,0009 \pm 0,0001$	$0,0018 \pm 0,0003$	$0,0008 \pm 0,0005$
Cr	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$
Pb	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$
Zn	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$	$0,000 \pm 0,000$



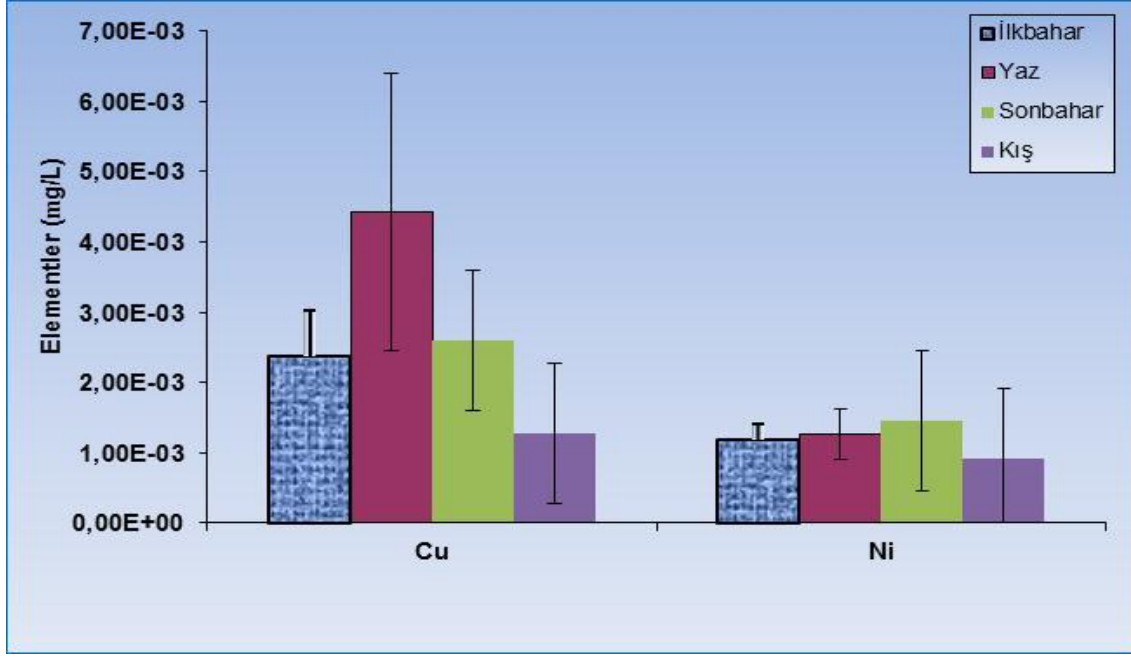
Şekil 4.9. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementlerinin mevsimsel karşılaştırılması.



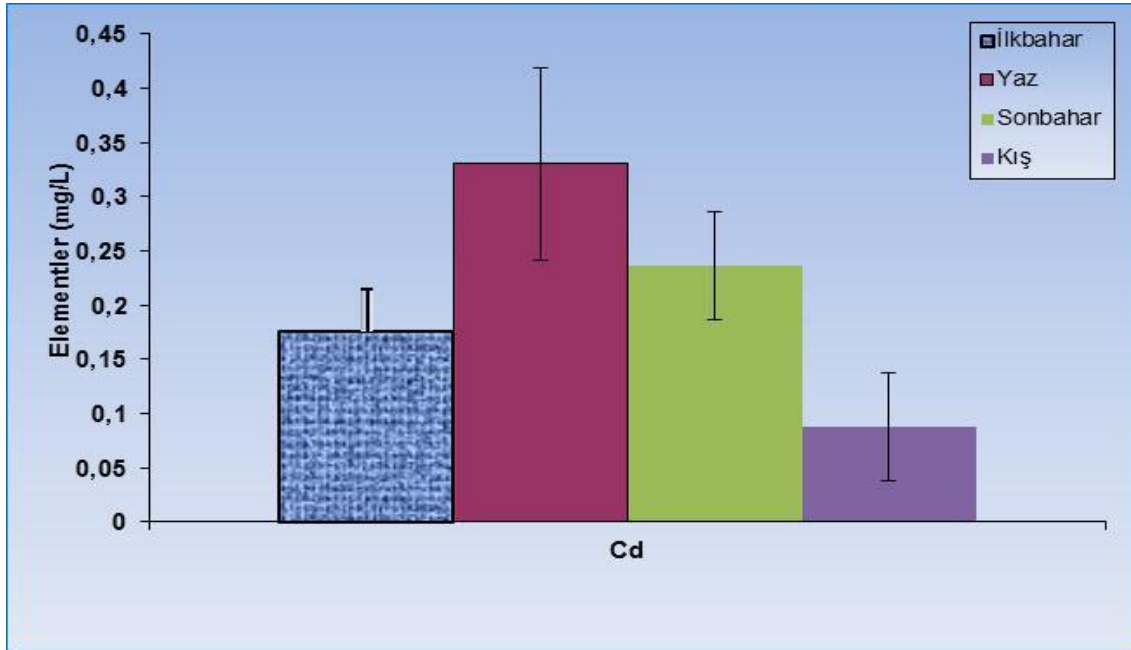
Şekil 4.10. Değirmendere Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması.

Çizelge 4.8. Engil Çayı/Van noktasından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri.

Element Adı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd	0,1758 ± 0,0391	0,3305 ± 0,0889	0,2364 ± 0,0397	0,0876 ± 0,0319
Cu	0,0024 ± 0,0007	0,0044 ± 0,0019	0,0026 ± 0,0006	0,0013 ± 0,0004
Ni	0,0012 ± 0,0002	0,0013 ± 0,0004	0,0015 ± 0,0003	0,0009 ± 0,0000
Cr	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
Pb	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
Zn	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000



Şekil 4.11. Engil Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementinin mevsimsel karşılaştırılması.



Şekil 4.12. Engil Çayı/Van noktasından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

2872 sayılı Çevre Kanuna ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna göre 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “ Su Kirliliği Yönetmeliğin” de yer alan ağır metallerin kirletici ögesi olan sınır değerlerine göre;

Bendimahı Çayı/Van Cd^{+2} (su), Cu^{+2} (su), Ni^{+2} (su), Cr^{+3} (su) Pb^{+} (su) ve Zn^{+2} (su) konsantrasyonlarına bakıldığında Cd^{+2} (su) iyonlarının konsantrasyonunun kış ayında azaldığı fakat yaz aylarında bu konsantrasyonun arttığı gözlenmektedir. Ni^{+2} (su) ve Cu^{+2} (su) iyonlarının konsantrasyonunun ilkbahar ayında maksimum değere ulaşırken Cr^{+3} (su), Pb^{+} (su) ve Zn^{+2} (su) iyonlarına ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimsel dönüşümlerinde konsantrasyon değerleri bulunamamıştır. Bu değerlere bakıldığında Cd^{+2} (su) iyonları yönünde az kirlenmiş sayılabilir; fakat diğer iyonlara bakımından (Cr^{+3} , Pb^{+} ve Zn^{+2}) yüksek kaliteli su olarak değerlendirilebilir (Ek-1).

Kılıçel ve ark.,(2008) Van Gölü’ne dökülen akarsuların ve bu akarsuların geçtiği yerlerde bıraktıkları çamurların bazı ağır metal içeriklerinin tayini için seçilen merkezlerden su ve toprak numunelerinde su örneklerinde ortalama değerlerine göre Pb, Co ve Cu konsantrasyonlarının yüksek Cd, Zn, Mn, Cr, Ni ve Fe konsantrasyonlarının ise normal değerlere veya normal değerlerin altında bulmuşlardır. Aynı şekilde toprak örneklerinde ise Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni konsantrasyonlarının yüksek Co, Zn ve Mn konsantrasyonlarının ise normal değerler içerisinde bulmuşlardır. Sönmez ve Ark., (2012) ise karasu ırmağında seçtikleri istasyonlardan 12 ay boyunca aldıkları su örneklerinde elde edilen Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe ağır metal verilerine göre istasyonlar arasında tüm ağır metallerin değişimlerinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmamıza paralel olarak Okur ve Ark., (2001) Büyük menderes nehrindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymuşlardır. Nehrin suyunda Fe, Cu, Pb, Cr ve Al ölçüt verilerin altında analiz edilirken Zn, Mn ve Co kirlilik düzeyine ulaşmışlardır.

Karasu Çayı/Van, Değirmendere Çayı/Van ve Engil Çayı/Van sularında alınan örneklerin analizinde de yukarıdaki değerlendirmelere yakın sonuçlar söylenebilir. Cd^{+2} (su) iyonlarının yüksek çıkması (diğer iyonlara göre) toprağın yapısından kaynaklandığı söylenebilir. Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir

konsantrasyonun üzerinde ise sağlık için zararlıdır. Canlı hayatının devamını sağlamada temel unsur olan su, doğal kaynakların en önemlilerinden biridir. Suyun kalitesinin ve bulunduğu ortamdaki doğal dengesinin bozulması su kirliliği olarak kabul edilmektedir. Suyun başlıca kullanım alanları tarım ve endüstri alanlarıyla evsel gereksinimler olan suyun potansiyel kullanımını kalitesi belirlemektedir.

Evlerde kullanılan su, sağlığa zararlı maddeleri, ağır metal gibi toksik özellik gösterebilecek maddeleri içermemeli ve ayrıca tadı ve kokusu olmamalıdır. Endüstri ve tarımsal alanlarda da kullanılan suyun özelliği kullanım amacına göre farklılık gösterebilir. Tarımda kullanılan azotlu, fosfatlı ve nitratlı gübreler ile benzine katılan kurşun türevleri, endüstri tesisler tarafından sulara boşaltılan bakır, çinko, krom, nikel ve kadmiyum gibi zehirli ağır metaller akarsular için ciddi kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlarda Cd^{+2} (su), Ni^{+2} (su) ve Cu^{+2} (su) iyonlarının varlığı ve artan seyirde sonuçlanması suyun kirlenme aşamasında olduğunu kanıttır. Özellikle Cd^{+2} iyonlarının diğer iyonlara göre daha çok çıkması üzerinde durulması gereken önemli bir veridir.

Akarsu kaynaklarındaki doğal olan ağır metal kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri toprak erozyonu sonucu sulara karışan katı madde ve organik maddelerdir. Ağır metaller bitkilerin büyümesi için gerekli ise de bir konsantrasyondan sonra hem bitkiler hem de mikroorganizmalar için zehirli olmaktadır. Ağır metallerle ilgili bir başka önemli risk olarak, bu maddelerin uzun vade de toprak içinde birikiminin artmasıdır.

Ağır metaller, toprağın adsorpsiyonu veya kimyasal reaksiyonu ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulur. Özellikle yağışların yoğun olduğu aylarda sulara karışan sediment (katı madde), organik ve anorganik maddeler ağır metal miktarının artışında önemli rol oynadığı söylenebilir. Topraktaki ve sudaki canlıların hastalanmasına ve ölümlerine sebep olan, yiyecek ve içeceklerimize karışan ağır metaller, insan sağlığı açısından büyük tehlike oluşturduğu söylenebilir. Bendimahı, Karasu, Değirmendere ve Engil Çayı su numunelerinde Cr, Pb ve Zn iyonlarına rastlanmadığı halde toprak numunelerinde bu iyonların oldukça fazla (özellikle Cr^{+3} , Zn^{+2}) bulunduğu söylenebilir. Killi ve mineral topraklardaki kadmiyum ve nikel miktarı, peat (turba) ve organik topraklara oranla daha fazladır. Günümüzde toprakların ağır metal kapsamı kirlenmeye bağlı olarak çevre ve insan sağlığını tehdit edebilecek seviyelere

ulaşabilmektedir. Alınan toprak numunelerinde kadmiyum, krom, nikel ve kurşun kirliliğine rastlanmaktadır. Topraklarda krom, nikel ve kurşun miktarları 10-100 ppm aralığında, kadmiyum ise 1 ppm'in altında bulunuyorsa normal kabul edildiğine göre yaptığımız çalışmalarda topraktaki ağır metallerin düzeyleri standart ölçülerde olduğu söylenebilir (Ek-2 ve Ek-3).

Gerek su gerekse toprak analizleri göstermiştir ki Van yöresindeki bazı çayların ve aylardaki toprak numuneleri kirlilik boyutuna gelmediğini fakat bunun ileride gelmeyeceği anlamını çıkarmaz. evre ve insan ilişkisini vurgulayarak ağır metal kirliliğini artırma eğilimini gösterecek Endüstriyel ve Evsel kirliliklerden arıtma tesislerine önem verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarır. Yaptığımız bu çalışmanın rutin olarak yapılması önerilir. Dahası bu Van Gölü'ne dökülen aylarda yaşayan su canlılarında da ağır metal birikim düzeyleri bu verilere paralel olarak yürütülmelidir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Baky, T.E., Hagra, A.E., Hassan, S.H., Zyadah, M.A., 1998. Enviromental impact assessment of pollution in Lake Manzala. I-Distribution of some heavy metals in water and sediment. *J.Egypt. Ger. Soc. Zool.*, 26 (B) : 25-38.
- Alacabey, İ., 2014. *Doğal ve Aktive Edilmiş Van Gölü Sediment (Dip Çukuru) Örneklerinin Bazı Ağır Metallerle Adsorpsiyonun İzoterm ve Termodinamik Analizi* (doktora tezi, basılmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Van.
- Alemdar, S., Ağaoğlu, S., Alişarlı, M., Dede, S., 2007. Van bölgesi su kaynaklarında ağır metal kirlilik düzeyleri. *Veteriner Bilimler Dergisi* 23 (1) : 19-29.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., 2009. Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2) : 87-92.
- Anonim, 2005. *Toprak Kirliliği Yönetmeliği*.
- Anonim, 2006. *Dünya Sağlık Örgütü’nün istatistiki verileri*.
- Anonim, 2011. *Van Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü İl Sanayi Envanteri*.
- Anonim, 2012. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Durum Raporu*.
- Anonim, 2013. *Van İli Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Verileri*.
- Anonim, 2014. *Van’ın Sanayi Envanterinin Oluşturulması Fizibilite Çalışması*. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Van İl Müdürlüğü, Van.130.
- Anonim, 2015. *Van Meteoroloji Genel Müdürlüğü 14. Bölge Müdürlüğü 2004-2014 yılları arası yıllık yağış verileri*.
- Anonim, 2015a. <http://www.aquasu.com/su1.htm> (Erişim tarihi : 01.10.2015).
- Anonim, 2015b. <http://www.edu.tr/dosyalar/DersMateryal/icpoes> (Erişim tarihi: 12.10.2015)
- Ası, T., 1995. Minareller 3. *Tablolarla Biyokimya Kitabı* İstanbul. 37.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23 (2) : 36-45.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., Çıtak, S., 2007. *Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri*. 24 (1) : 32-39.

- Audry, S., Scafer, J., Blanc, G. Jouannfau, J. M., 2004. Fifty- year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River Reservoirs (France). **Enviromental Pollution**, **132**: 413-426.
- Azevedo, R.A., Lea, P.J, 2005. Toxic metals in plants. **Brasil Journal Plant Physiology**. **17** (1):
- Bahadır, E., 2004. **Sularda Demir Kirliliğinin Katalitik Hava Oksidasyonu İle Giderilmesi** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Gazi Üniversitesi.
- Başar, H., 2004. İznik gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan toprakların ağır metal içerikleri. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **18** (1) : 93-104.
- Brayn, G.W., 1971. The effects of heavy metals on marine and estuarine organisms. **Proc. R. Soc. Cond**: 389-410.
- Cataldo, D., Colombo, J. C., Boltovskoy, D., Bilos, C., Landoni, P., 2001. Enviromental toxicity assessment in the parana river delta (Argentina): Simultaneous evaluation of pollutants and mortality rates of corbicula fluminea (Bivalvia) early juveniles. **Enviromental Pollution**, **112**: 379-389.
- Cheng, S., 2003. Heavy metal pollution in China: Origin, pattern and control. **Environmental Science and Pollution Research**, **10** (3): 192-198.
- Ciminli, C.S.,2005. **Gölbaşı Gölü'n'de Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi** (yüksek lisans tezi, basılmamış), Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Hatay.
- Çağlaırnak, N., Hepçimen, A. Z., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. **Akademik Gıda**, **8** (2) : 31-35.
- Çalışkan, E., 2005, **Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (Clarias gariepinus BURCHELL, 1822) 'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması** (yüksek lisans tezi, basılmamış), Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Hatay.
- Dağhan, H., 2011. Doğal kaynaklarda ağır metal kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkileri. **Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi**, **16** (2) : 15-25.
- Deveci, T., 2012. **Gaziantep'te Atık Sularda Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP- MS ile Tayini** (yüksek lisans tezi, basılmamış), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kilis.

- Dündar, Ş, M., 2012. Çeşitli endüstriyel atık sularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **16** (1): 6-12.
- Dündar, Y., Aslan, R., 2005. Yaşamı kuşatan ağır metal kurşununun etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, **6** (2) : 1-6
- Ekin, S., Bildik, A., 1997. Van merkez ve çevresindeki sularda bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Dergisi*, **3** (1): 58-63.
- Gökdemir, Y., 2006. *Ergene Nehrindeki Ağır Metallerin Ekstraksiyon Metodu ile Tayini* (yüksek lisans tezi, basılmamış), Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Edirne.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I. *İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji Dergisi*, **136**: 47-53.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. *İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji Dergisi*, **137**: 46-51.
- Karaca, A. Turgay, O.C., Ferasat, S.Karabağ, S.Tümer, A.R., Karacaoğlu, E. 2011. Parçalanma üzerine farklı toprak tiplerinin etkileri, *Ulusal Nuri Munsuz Toprak ve Su Sempozyum Bildiri Kitabı*, Ankara.
- Karaca, A., Turgay, O.C., 2012. Toprak Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. **1** (1): 13-19.
- Kılıçel, F., Durak, H., Aralık, A., 2008. Van katı atık depolama alanındaki toprakların bazı ağır metal içeriklerinin tespiti ve Van Gölü kirliliğine etkilerinin araştırılması. *Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı*, 21-22 Ağustos, DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, Van.
- Kır, İ., Özcan, T. S., Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **24** (1-2) : 155-158.
- Markert, B. 1993. Plants as biomonitors: *Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*, VCH Publishers Ltd.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, M. A., Pehlivan, M., 2009. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alın Teri Ziraat Bilimsel Dergisi, Erzurum*. **17** (1) : 14-26.

- Okur, B., Yener, H., Okur, N., İrget, E., 2001. Büyük menderes nehrindeki bazı kirletici parametrelerin aylık ve mevsimsel olarak değişimi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7 (2) : 243-250.
- Rashed, M. N., 2001. Monitoring of Environmental Heavy Metals in Fish From Nasser Lake. **Enviroment International**, 27: 27-33.
- Seven, G., 2010. **Meme, Baş Boyun ve Mide Kanserli Hastalarda Radyoterapi Öncesi ve Sonrası İz Elementler ve Ağır Metal Düzeylerinin (Zn, Cu, Pb, Cd, Mn, Fe, Mg ve Co) ve Bazı Biyokimyasal (Katalaz ve Karbonik Anhidraz) Parametrelerin İncelenmesi** (yüksek lisans tezi, basılmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Van.
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., Yanık, T., 2012. Karasu ırmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 43 (1) : 69-77.
- Sümer, A., Adiloğlu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A., Sungur, A., Akbulak, C., 2013. Karamenderes havzası topraklarında bazı ağır metallerin (Cr, Ni, Pb) kirliliğinin araştırılması. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 10 (1) : 83-89.
- Şahin, Ü., Tunç, T., Örs, S., 2011. Yer altı suyu kirliliği açısından atık su kullanımı. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi (TABAD) Erzurum**, 4 (1) : 33-39.
- Şener, Ş., 2010. Ağır metallerin çevresel etkileri. **Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Müh Derg.**, 3: 33-36.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., 2012. Evaluations of water quality and the determination of trace elements on biotic and abiotic components of felent stream (Kütahya, Sakarya River Basin/ Turkey). **Biological Diversity and Conservation**, 5 (2) : 73-80.
- Turgut, C., 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey. **Environ. Int**, 29: 29-32.
- Uzunoglu, O., 1999. **Gediz Nehrinde Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi** (yüksek lisans tezi, basılmamış), Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Manisa.
- Vural, H., 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. **Çevre Dergisi**. 8: 3-8.

- Zengin, O., 2008. *Van Gölü ve Gölü Besleyen Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara.
- Zincirlioğlu, N., 2013. Manisa- Akhisar yöresinde bulunan kimi tarım arazilerinin ağır metal içeriklerinin araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (3): 333-339.

EKLER

EK-1 Su Kirliliği kontrolü Yönetmeliği'ne göre ağır metallerin kalite kriterlerine etkileme sınır değerleri.

Ağır metal parametreleri	1.Yüksek Kaliteli Su	2.Az Kirlenmiş Su	3. Kirli Su	4.Çok Kirli Su	5.Deniz genel kalite kriteri	suyunun
Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	>10	0,01	
Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	>50	0,1	
Civa (µg Hg/l)	0,1	0,5	2	>2	0,004	
Arsenik (µg As/l)	20	50	100	>100	0,1	
Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	>200	0,01	
Krom (toplam (µg Cr/l)	20	50	200	>200	0,1	
Krom (µg Cr ⁺⁶ /l)	Eseri	20	50	>50	-	
Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	>200	-	
Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	>200	0,1	
Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	>2000	0,1	
Demir (µg Mn/l)	300	1000	5000	>5000	-	
Mangan (µg Cd/l)	100	500	3000	>3000	-	
Alüminyum (µg Al/l)	0,3	0,5	1	>1	-	

EK-2

Topraktaki ağır metal sınır değerleri.

Ağır metal (toplam)	$6 \leq \text{pH} < 7$	$\text{pH} \geq 7$
	mg.kg^{-1} fırın kuru toprak	mg/kg^{-1} fırın kuru toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1,5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0,5	1

EK-3

Toprakta bulunabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilebilecek maksimum ağır metal muhtevaları.

Ağır metal (toplam)	Sınır Değerler (mg.kg^{-1} kuru madde)
Kurşun	750
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10

ÖZ GEÇMİŞ

1979'da K.Maraş/Elbistan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Elbistan ilçesinde tamamladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği'nden mezun oldu. 2009 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi'ne memur olarak atandı ve halen aynı üniversitede Genel Sekreterlik İdari İşler Müdürlüğünde Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni kadrosunda görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.