T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hemogram Tetkiki Atıklarında Mikrokirleticilerin İncelenmesi

İlhan ÇİFTCİ

DOKTORA TEZİ

HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Fatih KARA

Prof. Dr. Hüsamettin VATANSEV

KONYA-2021

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hemogram Tetkiki Atıklarında Mikrokirleticilerin İncelenmesi

İlhan ÇİFTCİ

DOKTORA TEZİ

HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Fatih KARA

Prof. Dr. Hüsamettin VATANSEV

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 20112007 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA-2021

ÖNSÖZ

Ülkemizin ve tüm dünyanın önemli sorunlarından birisi çevre kirlenmesidir. Bu kirlilik çok şekillerde ve boyutlarda olabilir. Bulunduğumuz çağda çevre açısından kirlilik oluşturabilecek etkenler fazla ve çeşitlidir. Son dönemlerde bilinen çevre kirleticilerine mikrokirleticiler ya da mikro çevrekirleticileri de eklenmiştir. Mikrokirleticiler çok az miktarlarda bile canlı organizmaları etkileyebilen ve birikim yapabilme özelliği olan maddelerdir. Bu çalışmada mikroçevre kirleticilerinden bir grup, hastanelerde tetkik için kullanılan tam kan sayımı(Hemogram) cihazı atıklarında incelenerek çevre ve canlılar açısından bir farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır. Gelinen aşamada gerek bu atıkların engellenmesi gerekse atıkların bertafının önemi ortaya konulmuştur. Sorun ortaya konulmuş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Tez konusu seçimimde ve çalışma esnasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanlarım Doç. Dr. Fatih KARA ve Prof. Dr. Hüsamettin VATANSEV'e, yazım esnasında ve tetkiklerin takibinde yardım eden Fadime OVALI'ya, her daim desteğini yanımda hissettiğim çok kıymetli eşim Hülya ÇİFTCİ ve tüm aileme teşekkür ederim.

İlhan ÇİFTCİ

KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR v
TABLOLAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER VE GRAFİKLER DİZİNİ ix
ÖZET xi
SUMMARY xii
1.GİRİŞ 1
1.1. Mikrokirleticiler 2
1.1.1.Mikrokirleticilerin Sınıflandırılması 3
Farmasötikler ve Kişisel Bakım Ürünleri 4
Radyoaktif Maddeler ve AOX'ler 7
Dezenfektanlar 8
Endokrin Bozucular 9
Metaller ve Ağır Metaller 10
1.1.2.Mikrokirleticilerin Bertarafı 10
1.2. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri 12
1.2.1.Alüminyum 13
1.2.2.Arsenik 14
1.2.3.Kadmiyum 15
1.2.4.Krom 15
1.2.5.Bakır 16
1.2.6.Manganez 16
1.2.7.Nikel 17
1.2.8.Kurşun 18
1.2.9.Vanadyum 19
1.2.10.Çinko 19
1.3.Hemogram Cihazı Çalışma Prensibi 20

2.GEREÇ VE YÖNTEM 23
2.1.Gereçler 23
2.1.1.ICP-MS Çalışmalarında Kullanılan Kimyasallar 23
2.1.2.Cihaz ve Laboratuvar Gereçleri 23
2.2.Yöntem 23
2.2.1.Hemogram Cihazı Atık Suyunun Toplanması 23
2.2.2.ICP-MS Analizi 24
2.2.3.İstatistiksel Analiz 25
3.BULGULAR 26
3.1. ICP-MS Sonuçları 26
3.2. Hastane Bilgi Sisteminden Alınan Veriler 31
3.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları 33
4.TARTIŞMA 43
5.SONUÇ VE ÖNERİLER 52
6.KAYNAKLAR 53
7.EKLER 59
EK A. Etik Kurul Raporu 59
EK B. Turnitin Raporu 61
8.ÖZGEÇMİŞ 62

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAT : Atık Su Arıtma Tesisi

AOX :Adsorbe Olabilen Organik Halojenler

AB : Avrupa Birliği

Ag : Gümüş

Cd : Kadmiyum

Ce : Seryum

Co : Kobalt

Cr : Krom

Cu : Bakır

DNA : Deoksiribo Nükleik Asit

EDC : Endokrin Bozucu Kimyasallar

Fe : Demir

Hg :Civa

ICP-MS : Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi

Li : Lityum

MF : Mikrofiltrasyon

Mg : Miligram

Min : Dakika

MKS : Mikrokirletici Seviyesi

mL : Mililitre

MSS **:** Merkezi Sinir Sistemi

NF **:** Nanofiltrasyon

Ng **:** Nanogram

Ni **:**Nikel

OECD **:** Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü

Pb **:** Kurşun

Pl **:**Platin

Ppb **:** Milyarda bir

PPCP **:** Farmasötikler ve Kişisel Bakım Ürünleri

Rb **:** Rubidyum

RO **:**Ters Ozmos

SGK **:** Sosyal Güvenlik Kurumu

Sr **:** Stronsiyum

TİTCK **:**Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu

Tl **:** Talyum

UF **:** Ultrafiltrasyon

Y **:** İtriyum

Zn **:** Çinko

µg **:** Mikrogram

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1 Ülkelere göre ilaç tüketim miktarları (1000 kişi başına günlük dozaj).

Tablo 1.2. Türkiye'de en fazla toplam satılan, elden satılan, SGK ve özel sigortanın karşıladığı ilk 3 ilaç listesi.

Tablo 1.3. En önemli Tehlikeli Ağır Metaller İçin Maksimum Kirletici Seviyeleri (MKS).

Tablo 1.4. Hemogram Cihazı Parametreleri ve Referans Aralıkları

Tablo 2.1. Perkin Elmer ELAN DRC-e ICP-MS çalışma ve optimizasyon parametreleri.

Tablo 3.1. ICP-MS ile tayin edilen her bir ölçüm günü için yapılan 4 analizin ppb (µg/L) cinsinden ortalama miktarları.

Tablo 3.2. Hemogram Tetkileri Yapılan Hastaların Muayene Oldukları Poliklinikler ve Hasta Sayıları.

Tablo 3.3. Al elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.4. Cr elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.5. Mn elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.6. Ni elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.7. Cu elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.8. Zn elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.9. As elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.10. Cd elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.11. Pb elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 3.12. Tüm ölçümler için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Tablo 4.1. HWW ve UWW'lerdeki farklı bileşik sınıfları için ortalama konsantrasyonlar.

Tablo 4.2. İncelenen şehirlerdeki ağır metal konsantrasyonu sıralaması.

ŞEKİLLER VE GRAFİKLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çevredeki mikro kirleticilerin temsili kaynakları ve yolları.

Şekil 1.2. Farmasötiklerin çevrede dağılımı.

Şekil 1.3. Ni^{2+} indüklenmiş mitokondri-apoptoz ve kaspaz bağımlı apoptoz.

Şekil 1.4. Coulter Yöntemi.

Şekil 1.5. Hemogram Cihazı.

Şekil 2.1. Atık su numunelerinin ICP-MS ile tayin şeması.

Grafik 3.1. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Al değerleri.

Grafik 3.2. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cr değerleri.

Grafik 3.3. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Mn değerleri.

Grafik 3.4. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Ni değerleri.

Grafik 3.5. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cu değerleri.

Grafik 3.6. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Zn değerleri.

Grafik 3.7. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden As değerleri.

Grafik 3.8. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cd değerleri.

Grafik 3.9. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Pb değerleri.

Grafik 3.10. Al elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.11. Cr elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.12. Mn elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.13. Ni elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.14. Cu elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.15. Zn elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.16. As elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.17. Cd elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Grafik 3.18. Pb elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

ÖZET

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hemogram Tetkiki Atıklarında Mikrokirleticilerin İncelenmesi

İlhan ÇİFTCİ

DOKTORA TEZİ

HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

Doç. Dr. Fatih KARA

Prof. Dr. Hüsamettin VATANSEV

KONYA-2021

Tarımsal/endüstriyel faaliyetler ve tatlı suyun evsel kullanımı, uygun arıtma yapılmadan su ortamına deşarj edildiğinde mikro kirleticiler içeren atık su üretir ve bu da ciddi çevre ve insan sağlığı sorunlarına yol açar. Mikro kirleticiler, çevrede çok düşük konsantrasyonlarda (ngL^{-1}) bulunan geniş bir kimyasal madde grubudur. Kanserojen, teratojenik ve ciddi sağlık sorunları oluşturan ağır metaller, besin zinciri kanalıyla insan vücudunda birikebilir. Bu nedenle ağır metallerle kirlenmiş atık suların arıtılması gerekmektedir. Bu çalışmada amacımız, hemogram cihazı atık sularından, 7 farklı günde alınan örneklerin bazı ağır metal miktarlarını ICP-MS ile tayin etmektir. Toplanan 28 numune 0,45 µm gözenekli selüloz membran filtreler kullanılarak ayrı ayrı süzülmüştür. ICP-MS ile 10 farklı ağır metalin (Al, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V,Zn) miktar analizi yapılmış ve sonuçlar ppb cinsinden elde edilmiştir. Al (135,9 µg/L), Cr (29,5 µg/L), Mn (41,8 µg/L), Ni (103,4 µg/L), Cu (2776,1 µg/L), Zn (9662,9 µg/L), As (1,3 µg/L), Cd (0,2 µg/L) ve Pb (202 µg/L) olarak tespit edilmiştir. Ölçümlerin hiçbirinde Vanadyum'a rastlanmamıştır. Al, As, Cr ve Cd elementleri mikrokirletici seviyelerinin altında iken Mn ve Ni elementlerinin miktarı mikrokirletici seviyelerinin üzerinde tespit edilmiştir. İnsan ve çevre sağlığına ciddi toksik etkileri olan Cu, Zn ve Pb elementlerinin miktarları mikrokirletici seviyelerinin çok çok üzerinde bulunmuştur. Sonuç olarak hemogram cihazı atık sularının direkt yeraltı sularına deşarj edilmemesi, öncesinde uygun arıtım sistemlerinden geçirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikrokirletici; Ağır metal; Hemogram; Element

SUMMARY

T. C.

SELCUK UNIVERSITY

HEALTH SCIENCES INSTITUTE

Investigation of Micropollutants in Hemogram Inspection Wastes

İlhan ÇİFTCİ

DOCTORAL THESIS

DEPARTMENT OF PUBLİC HEALTH

Assoc. Prof. Dr. Fatih KARA

Prof. Dr. Hüsamettin VATANSEV

KONYA-2021

Agricultural/industrial activities and domestic use of fresh water produce wastewater containing micro-pollutants when discharged into the aquatic environment without proper treatment, which causes serious environmental and human health problems. Micropollutants are a large group of chemicals found in the environment at very low concentrations (ngL-1). Heavy metals, which are carcinogenic, teratogenic and cause serious health problems, can accumulate in the human body through the food chain. Therefore, wastewater contaminated with heavy metals must be treated. In this study, our aim is to determine some heavy metal amounts of samples taken on 7 different days from hemogram device wastewater by ICP-MS. The collected 28 samples were filtered separately using 0.45 µm porous cellulose membrane filters. Quantitative analysis of 10 different heavy metals (Al, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn) was performed with ICP-MS and the results were obtained in ppb. It was determined as Al (135.9 µg/L), Cr (29.5 µg/L), Mn (41.8 µg/L), Ni (103.4 µg/L), Cu (2776.1 µg/L), Zn (9662.9 µg/L), As (1.3 µg/L), Cd (0.2 µg/L) and Pb (202 µg/L). Vanadium was not found in any of the measurements. While Al, As, Cr and Cd elements were below the micropollutant levels, the amount of Mn and Ni elements were above the micropollutant levels. The amounts of Cu, Zn and Pb elements, which have serious toxic effects on human and environmental health, were found to be much higher than the micropollutant levels. As a result, it is thought that it would be appropriate not to discharge the waste water of the hemogram device directly into the groundwater, and to pass it through appropriate treatment systems before hand.

Keywords: Micropollutant; Heavy metal; hemogram; Element

1.GİRİŞ

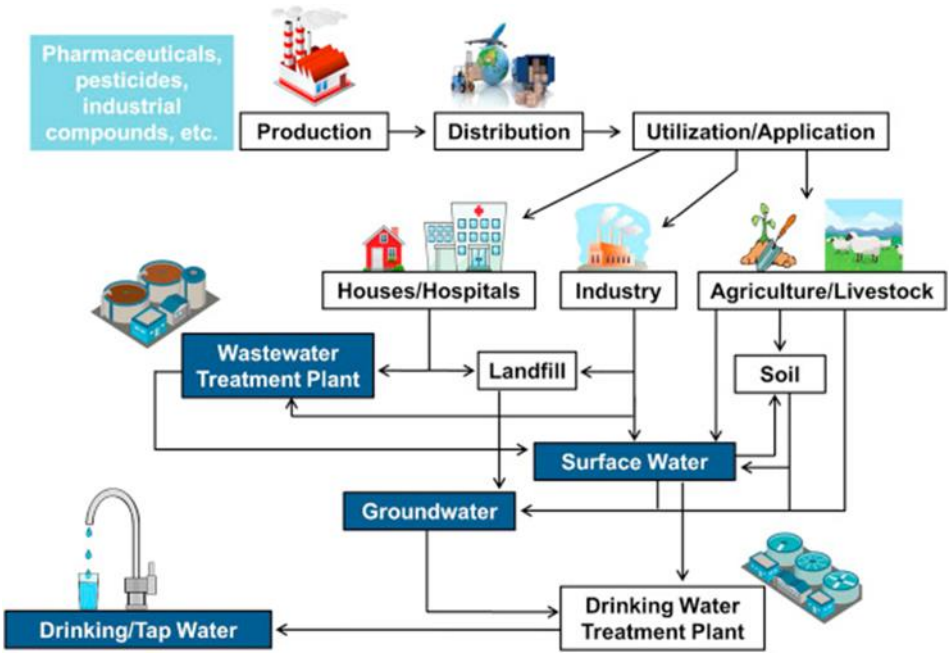
Son yıllarda, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler, kentleşme, iklim değişikliği, nüfus artışı ve sürekli su tüketimi gibi sayısız faktör nedeniyle mevcut su kaynakları dünya çapında tükenmektedir (Goswami ve ark 2018). Su miktarı, insanlar için mevcut olan tatlı su kaynaklarının bir ölçüsüdür. Taze yüzey ve yeraltı suyu kaynakları, gıda üretimi, enerji üretimi, endüstriyel uygulamalar ve kamu gibi pek çok alanda kullanılması nedeniyle giderek daha az hale gelmektedir. Su kalitesi, insan kullanımı için gerekli olan özelliklere göre suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir ölçüsüdür (Benner ve ark 2013). Tarımsal/endüstriyel faaliyetler ve tatlı suyun evsel kullanımı, uygun arıtma yapılmadan su ortamına deşarj edildiğinde mikro kirleticiler içeren atık su üretir ve ciddi çevre ve insan sağlığı sorunlarına yol açar (Grandclément ve ark 2017, Goswami ve ark 2018). Mikro kirleticiler, çevrede çok düşük konsantrasyonlarda (ngL^{-1}) bulunan geniş bir kimyasal madde grubudur (Goswami ve ark 2018). Bu kirleticiler arasında farmasötikler, kişisel bakım ürünleri, endüstriyel kimyasallar, pestisitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), gıda katkı maddeleri, deterjanlar gibi sentetik organik bileşikler, östrojenler gibi doğal olarak oluşan bazı maddeler ve metalik eser elementler bulunur (Grandclément ve ark 2017, Goswami ve ark 2018). Mikro kirleticiler, insan faaliyetlerinden kaynaklanan inorganik ve organik bileşiklerdir. Bu maddelerin çoğu endokrin bozucu olup insanlar ve çevre için toksiktir. Mikro kirleticilerin çevreye girişinin azaltılması, kaynakların korunması halk sağlığı için önemli bir konu haline gelmiştir. Atık su arıtma tesislerinde geleneksel makro kirliliği ortadan kaldırma mekanizmaları anlaşılmış ve etkili olsa bile, çoğu mikro kirletici için durum böyle değildir (El Hammoudani ve Dimane 2020).

Avrupa Birliği (AB) tarafından 100.000'den fazla kimyasal, mikro kirletici olarak etiketlenmiştir ve bunların 30.000-70.000'i günlük olarak çeşitli faaliyetler için kullanılmaktadır. AB ve Kanada dahil olmak üzere bazı bölgeler/ülkeler, mikro kirleticiler içeren su/atık suyun çevreye deşarjı için bazı düzenlemeler uygulamış olsa da, şimdiye kadar belirlenmiş katı standartlar bulunmamaktadır (Goswami ve ark 2018).

1.1. Mikrokirleticiler

Su, tüm canlı organizmalarda, evsel kullanımlar, tarım ve sanayi gibi çok sayıda insan faaliyeti için çok önemli olan değerli bir kaynaktır (Barbosa ve ark 2016). Son yıllarda atık sularda, yüzey sularında ve yeraltı sularında ortaya çıkan endişe verici bazı kirleticiler, yüzey suyu, yeraltı suyu ve hatta içme suyu gibi hayati su kompartımanlarında, birkaç ng L^{-1} - µg L^{-1} arasındaki konsantrasyonlarda bulunur ve su kalitesi üzerinde olumsuz etkisi vardır (Verlicchi ve ark 2010, Barbosa ve ark 2016). Ortaya çıkan kirleticiler olarak da adlandırılan mikro kirleticiler, geniş ve genişleyen bir dizi antropojenik ve aynı zamanda doğal maddelerden oluşur (Luo ve ark 2014). Binlerce organik mikro kirletici ve bunların dönüşüm ürünleri suda oluşur (Escher ve ark 2014). Çevrede organik mikro kirleticilerin oluşumu, potansiyel ekolojik riskleri nedeniyle küresel bir endişe kaynağı haline gelmiştir (Ben ve ark 2018).

Mikrokirleticiler kentsel kanalizasyon sistemlerine Şekil 1.1.'de de gösterildiği gibi insan atılımı sonucu idrar ve dışkıyla, uygunsuz bertaraf yoluyla veya yağmur olayları sırasında kentsel alanlardan pestisit ve biyositlerin sızması gibi birçok yolla girebilirler (Margot ve ark 2013).



Şekil 1.1. Çevredeki mikro kirleticilerin temsili kaynakları ve yolları (Barbosa ve ark 2016).

Bu mikrokirleticiler arasında yüzey aktif maddeler, farmasötikler ve kişisel bakım ürünleri, pestisitler, endokrin bozucular, yasadışı ilaçlar, benzin katkı maddeleri ve diğer birçok bileşik grubu bulunur (Verlicchi ve ark 2010, Luo ve ark 2014, Barbosa ve ark 2016).

Temel özellikleri, yüksek dönüşüm/uzaklaştırma oranları çevreye sürekli girişleri ile telafi edilebildiğinden, olumsuz etkilere neden olmak için çevrede kalmalarına gerek olmamasıdır (Verlicchi ve ark 2010).

Hastaneler mikrokirleticilerin önemli kaynaklarıdır: çok çeşitli mikro bulaşanlar bir yandan teşhis, laboratuvar ve araştırma faaliyetlerinden, diğer yandan hastalar tarafından ilaç atılımından kaynaklanır. İlaçların aktif prensiplerini ve metabolitlerini, kimyasalları, ağır metalleri, dezenfektanları, sterilizatörleri, endoskoplar ve diğer aletler için özel deterjanları, radyoaktif belirteçleri ve iyotlu kontrast maddeleri içerir. Ancak hastaneler tek kaynak değildir: geleneksel sistemler tarafından verimsiz bir şekilde uzaklaştırılmaları nedeniyle tüm atık su arıtma tesisi atıklarında ilaç kalıntıları bulunabilir (Verlicchi ve ark 2010).

Geleneksel atık su arıtma tesislerinde (AAT), mikro kirleticilerin çoğu yetersiz bir şekilde uzaklaştırılır ve bu nedenle düşük konsantrasyonlarda (ng /l ila µg/l) su ortamına salınır. Bu maddelerin çoğu biyolojik olarak aktif olacak şekilde tasarlandığından, çok düşük konsantrasyonlarda bile hassas suda yaşayan organizmaları etkileyebilirler bu nedenle "mikro kirletici" adı verilmiştir (Margot ve ark 2013, Barbosa ve ark 2016).

Ek olarak, çoğu AAT'de mikro kirleticilere yönelik önlemler ve izleme eylemleri iyi bir şekilde oluşturulmamıştır. Sonuç olarak, bu bileşiklerin birçoğu su ortamına karışabilir, vahşi yaşam için tehdit oluşturabilir ve içme suyu endüstrisi için sorun oluşturabilir. Su ortamında mikro kirleticilerin oluşumu sıklıkla kısa ve uzun vadeli toksisite, endokrin bozucu etkiler ve mikroorganizmaların antibiyotik direnci gibi bir dizi olumsuz etki ile ilişkilendirilmiştir (Luo ve ark 2014).

1.1.1. Mikrokirleticilerin Sınıflandırılması

Farmasötikler ve kişisel bakım ürünleri, radyoaktif maddeler ve Adsorbe Olabilen Organik Halojenler (AOX)'ler, dezenfektanlar, endokrin bozucular,

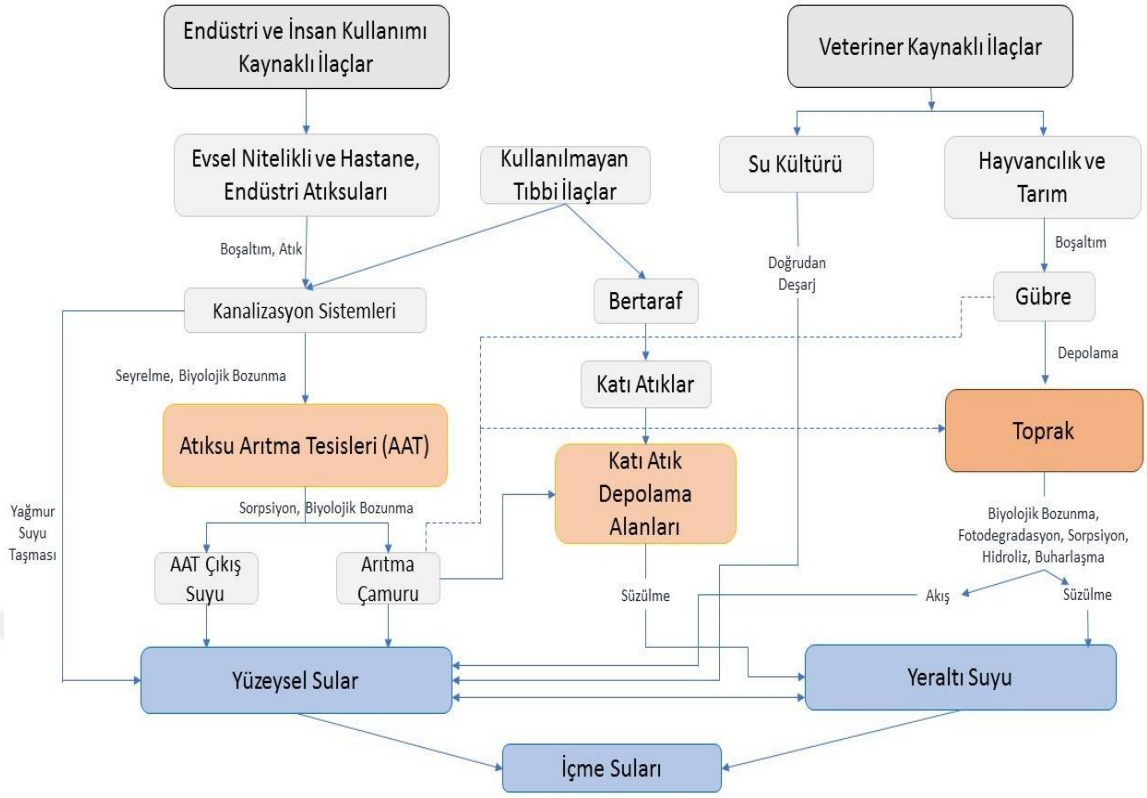
metaller ve ağır metaller mikrokirleticilerin genel kaynakları arasında yer almaktadır. Buna göre mikrokirleticiler 5 grupta sınıflandırılabilir.

Farmasötikler ve Kişisel Bakım Ürünleri

1980'lerden bu yana, farmasötiklerin ve kişisel bakım ürünlerinin (PPCP), üretici atıklarından ziyade öncelikle tüketici kullanımı ve eylemlerinden kaynaklanan eser çevresel kirleticiler olarak ortaya çıkması, daha sağlam bir şekilde yerleşmeye devam etmektedir. PPCP'ler tipik olarak yüzey ve yeraltı sularında tanımlansa da bazıları, su için nispeten yüksek afiniteye sahip asılı partiküller, tortular ve kanalizasyon çamurları gibi katı fazlar ile de ilişkilidir. Genellikle bozulmaya müsait olan bu suların, atık alıcı sulara sürekli girişi, bireyler ve evcil hayvanlar tarafından yaygın ve sürekli kullanımlarından kaynaklanır ve PPCP'lere çevrede "sürekli kalıcılık" verir (Daughton 2003).

Farmasötikler, insan ve veterinerlik tıbbında yaygın olarak ve giderek artan bir şekilde kullanılan yeni ortaya çıkan çevresel kirleticilerin bir sınıfıdır. Bu kimyasallar belirli bir etki şekline sahip olacak şekilde tasarlanmıştır ve birçoğu vücutta bir miktar kalıcılık sağlamak için tasarlanmıştır. Diğerlerinin yanı sıra bu özellikler, farmasötiklerin su florası ve faunası üzerindeki potansiyel etkiler açısından değerlendirilmesini sağlar (Fent ve ark 2006).

Farmasötiklerin alıcı ortamlara hangi yollarla ulaştığı Şekil 1.2'de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Farmasötiklerin çevrede dağılımı (Halling-Sørensen ve ark 1998, Khetan ve Collins 2007, La Farre ve ark 2008, Mompelat ve ark 2009).

İlaç tüketiminin, artan nüfus, uzun yaşam beklentisi ve dünyanın birçok yerinde ilacın daha fazla bulunabilirliği nedeniyle artması öngörülmektedir (Daughton 2003). Yılda kişi başına düşen ilaç tüketiminin dünya çapında ortalama 15 g olduğu tahmin edilmektedir. Sanayileşmiş ülkelerde ise bu kullanım 50-150 g'a kadar çıkabilmektedir (Ternes ve Joss 2007).

Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'den alınan verilerle oluşturulan Tablo 1.1'de 2017, 2018 ve 2019 yılları için ülkelere göre ilaç tüketim miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Ülkelere göre ilaç tüketim miktarları (1000 kişi başına günlük dozaj) (OECD).

Avustralya	1724,9	1731,6	-
Avusturya	1432,4	1432,3	-
Belçika	2184	2197,8	-
Kanada	2175,3	2211,6	2271
Şili	1575,4	1604,3	1972,1
Çek Cumhuriyeti	2845,4	2832,7	-
Danimarka	2602,5	190,5	191,4
Estonya	1871,4	1928,7	1939,5
Finlandiya	2960,3	3042,3	-
Almanya	2624,5	2629,1	-
Yunanistan	2035,1	2083,8	2071,4
Macaristan	2427,8	2453	2472,2
İzlanda	2390,9	2377,7	2375,2
İsrail	1593,1	1592,4	1530,6
İtalya	1899,7	1906,2	1922,6
İrlanda	65,4	54	35,2
Kore	1361,8	1411,2	-
Letonya	1505,8	1548,1	1549,9
Litvanya	1837,2	1856,8	-
Lüksemburg	2259,9	2222,8	2175,2
Hollanda	2168,8	2181,3	39
Norveç	2543,3	2547,6	2599,4
Portekiz	2302,1	2342,3	2390,9
Slovakya	2439,8	2425,4	-
Slovenya	2266	2262	-
İspanya	2441,9	2574,5	-
İsveç	2908,8	2919,6	3004,6
Türkiye	1667,5	1776,8	-
Birleşik Krallık	2652,6	-	-

Farmasötikler pek çok alt gruba ayrılır. Bunların arasında; antibiyotikler, anestezikler, analjezikler ve antienflamatuvarlar, sitostatik (hücre gelişimini durduran ilaçlar), ß-blokerlar, anti kanser ilaçları, antiepileptik ilaçlar, kandaki yağı düzenleyici ilaçlar, endokrin sistem ilaçları, uyarıcılar vb. bulunur. Türkiye'de en fazla satılan ilk 3 ilaç, elden, SGK ya da özel sigortanın karşılamasına göre Tablo 1.2 'de gösterilmiştir. Tablo 1.2'ye göre 2017 yılında toplam en çok satılan ilaç grubu olarak antienflamatuvarlar ve antiromatizmal ürünler olduğu görülmektedir. Artan ilaç kullanımına bağlı olarak düşük miktarda da olsa atık sulara karışan farmasötiklerin oranı da artmaktadır.

Tablo 1.2. Türkiye'de en fazla toplam satılan, elden satılan, SGK ve özel sigortanın karşıladığı ilk 3 ilaç listesi (TİTCK).

TOPLAM SATILAN, 2017	
Antienflamatuvarlar ve Antiromatik Ürünler	%30,48
Analjezikler	%19,12
Antitrombotik İlaçlar	%13,82
ELDEN SATILAN, 2017	
Analjezikler	%37,28
Antienflamatuvarlar ve Antiromatik Ürünler	%35,33
Öksürük ve Soğuk Algınlığı Preparatları	%13,17
SGK TARAFINDAN KARŞILANAN, 2017	
Antienflamatuvarlar ve Antiromatik Ürünler	%22,34
Beta Blokör İlaçlar	%14,80
Antitrombotik İlaçlar	%13,62
ÖZEL SİGORTALAR TARAFINDAN KARŞILANAN, 2017	
Vitaminler	%21,20
Antienflamatuvarlar ve Antiromatik Ürünler	%21,02
Sistemik Kullanılan Antibakteriyeller	%20,30

Radyoaktif Maddeler ve AOX'ler

Hastanelerde röntgen filmi çekimlerinde ve kanser, guatr gibi bazı özel hastalıkların tedavilerinde radyoaktif maddeler kullanılmaktadır. Sterilizasyon için

kullanılan dezenfektanlar ile teşhis ve tedavi amacıyla hastalara verilen birçok ilaç hastane içinde veya hastane dışında idrar yoluyla atık sulara karışabilir (Kümmerer ve Al-Ahmad 1997, Kümmerer ve ark 1998, Kümmerer ve ark 2000, Kümmerer 2001).

Su ve atık sularda birden fazla kirleticinin belirlenebildiği özet parametrelerden birisi AOX'dir. AOX, su ve atık su içerisinde adsorblanabilir organik halojen bileşiklerinin toplamını göstermektedir (Sütçü ve Karagözoğlu 2013). Organohalojenler flor, klor, brom veya iyot gibi 7A grubu elementlerinden birini içeren organik bileşiklerdir (Çoban ve ark 2010).

Suya ve atık suya NaOCl (Sodyum hipoklorit) eklendiğinde, çözelti biyolojik malzemelerle (proteinler ve nükleotid bazlar dahil) kolaylıkla reaksiyona girerek, çoğunlukla lipofilik, kalıcı olan AOX adlı çeşitli organik halojenli bileşikler üretir ve bu bileşikler su ortamlarında toksiktir. Hastane atık suları, yüksek konsantrasyonlarda organoklor bileşiklerinin varlığını ortaya koymaktadır. Bir üniversite hastane merkezinin hastaneye yatış hizmetlerinin atık sularında 10 mg/L'ye kadar AOX bulunmuştur (Emmanuel ve ark 2004, Emmanuel ve ark 2009).

AOX, insan sağlığına olan mutajenik ve kanserojenik etkileri bulunan kimyasallar içerebilmesi ve önemli mikrokirleticiler arasında olması nedeniyle aslında üzerinde önemle durulması gereken bir parametredir (Sütçü ve Karagözoğlu 2013).

Dezenfektanlar

Hastanelerde ve son dönemlerde COVID-19 pandemisi nedeni ile tüm yaşam mekanlarında yüzey, alet ve cilt dezenfeksiyonu, tutkal ve ebat üretimi ve kullanımı, gıda işleme ve diğerlerinde büyük miktarlarda dezenfektan kullanılmaktadır (Kümmerer 2001, Gajadhar ve ark 2003). Yüzey dezenfeksiyonu için kullanılırsa, ürün bileşenleri neredeyse kaçınılmaz olarak atık sulara ulaşır. Aktif bileşenler olarak alkoller ve aldehitlerin yanı sıra inatçı klorofenoller gibi klor içeren bileşikler kullanılır. Diğerleri klor salgılar, örneğin daha düşük AOX oluşturma potansiyeli sergileyen kloramin T. Kuaterner amonyum bileşikleri, yüzeylerin dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılan dezenfektanların önemli bileşenleri olan katyonik

mikrobisidal bileşiklerdir. Alkol ve aldehitlerin yanında en önemli etken maddelerden biridir (Kümmerer 2001).

Birçok çalışma, farklı dezenfektanların, yüzey sularında bulunan doğal organik maddelerle (hümik ve fulvik asitler) reaksiyona girerek mutajenik ve/veya kanserojen aktiviteye sahip çok sayıda yan ürüne yol açabileceğini göstermiştir (Monarca ve ark 2000).

Endokrin Bozucular

Endokrin sistemin çalışmasını etkileyerek, yaşam alanında canlılarda hormonal yapımını ve dengesini bozan, sağlıklı bir organizmada ve onun neslinin sağlığında istenmeyen etkilere yol açan organik ya da yapay madde ya da kimyasallara endokrin bozucular denir. Mikro kirleticilerin önemli bir grubu, insan salgılarından östrojenler ve androjenler gibi doğal olarak oluşan veya doğum kontrol maddesi 17 a-etinilestradiol gibi antropojenik kökenli endokrin bozucu kimyasallardır (EDC). Ayrıca, ftalatlar gibi endokrin bozucu olarak işlev görmek üzere özel olarak tasarlanmayan çeşitli bileşikler Fosforlu alev geciktiriciler, biyositler, endüstriyel kirleticiler, anti-inflamatuar ve ayrıca nonsteroidal anti-inflamatuar ilaçlar ve antiaritmik ajanların insan östrojen veya androjen reseptörüne müdahale edebildiği bulunmuştur (Itzel ve ark 2018).

Neredeyse yirmi yıldır, su ortamında meydana gelen endokrin bozucu kimyasallar, çevre araştırmalarının odak noktası olmuştur. EDC'lerin doğurganlığı azalttığı, insanlarda ve vahşi hayvanlarda interseks ve cinsel malformasyonlara yol açtığı bulunmuştur. Bununla birlikte, endokrin bozulmasının diğer bileşik gruplarından da kaynaklanabileceğine dair kanıtlar birikmektedir (Ammann ve ark 2014). EDC'lerin ve PPCP'lerin çoğu, geleneksel kirleticilerden daha polardır ve birçoğunun asidik veya bazik fonksiyonel grupları vardır. Bu özellikler, eser seviyelerde meydana gelme ile birleştiğinde (yani, <1 μg/L), hem arıtma süreçleri hem de analitik tespit için benzersiz zorluklar yaratır (Snyder ve ark 2003, Grassi ve ark 2013, Cesaro ve Belgiorno 2016).

Metaller ve Ağır Metaller

Günümüzde, büyük ölçekli ağır metal içeren atıksuları çevreye deşarj edilmektedir. Ağır metallerin atılmasından kaynaklanan su kirliliği, dünya çapında büyük bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Ağır metal, atom ağırlıkları 63,5 ile 200,6 arasında olan bir grup elementi içermektedir. Rb, Li, Sr gibi metaller, godalinyum, indiyum ve osmiyum gibi doğada nadir bulunan elementler, Zn, Co, Pb, Fe, Cr, Ni, Ag, Cd, Pl, Cu ve Hg gibi ağır metaller bu grupta yer alır. Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni) ve bakır (Cu) vb. gibi tatlı su rezervlerinin en tehlikeli kirleticileridir. Ayrıca kanserojen, teratojenik ve ciddi sağlık sorunları oluşturan ağır metaller, besin zinciri kanalıyla insan vücuduna girer ve birikebilir. Bu nedenle ağır metallerle kirlenmiş atık suların arıtılması gerekmektedir (Salam ve ark 2011, Zhao ve ark 2016).

Ağır metal kirliliği, metal kaplama tesisleri, madencilik faaliyetleri, pil üretim süreçleri, boya ve pigment üretimi, seramik ve cam endüstrileri tarafından üretilenler gibi endüstriyel atık suların çoğunda meydana gelir. Endüstriel ortamlar haricinde özellikle sağlık sektöründe ağır metaller ile ilgili doğaya salınım konusunda ciddi bir çalışma yapılmamıştır. Su sistemlerinden toksik ağır metalleri uzaklaştırmak için kimyasal çöktürme, pıhtılaşma, iyon değişimi, solvent ekstraksiyonu ve filtrasyonu, buharlaştırma ve membran yöntemleri kullanılmaktadır. Aktif karbon gibi geleneksel adsorbanlar üzerinde ağır metallerin adsorpsiyonu, birçok uygulamada etkili bir adsorban olarak yaygın kullanılmaktadır ve organik maddelerin karbonlaştırılmasıyla üretilen aktif karbon en yaygın kullanılan adsorbandır. Ancak aktivasyon işleminin yüksek maliyeti, atık su arıtma uygulamalarında kullanımını sınırlamaktadır (Salam ve ark 2011).

1.1.2. Mikrokirleticilerin Bertarafı

Atık su arıtma tesislerinden (AAT) arıtılmış atık suyun deşarjı, mikro kirleticilerin yüzey suyuna girişi için önemli bir yoldur. AAT'ler, mikro kirleticilerin yayılmasına karşı birincil engeller olarak hareket eder. 14 ülkede/bölgede seçilen mikro kirleticilerin AAT temizleme verimliliği, 12.5 ila %100 arasında değişen, bileşiğe özgü uzaklaştırma varyasyonunu göstermektedir. Aktif karbon adsorpsiyonu, gelişmiş oksidasyon süreçleri, nanofiltrasyon, ters ozmoz ve membran biyoreaktörler

gibi gelişmiş arıtma süreçleri, daha yüksek ve daha tutarlı mikro kirletici giderimi sağlayabilir. Ancak hangi teknoloji kullanılırsa kullanılsın, mikro kirleticilerin uzaklaştırılması, mikro kirleticilerin fiziko-kimyasal özelliklerine ve arıtma koşullarına bağlıdır. Belediye atık sularından mikro kirleticilerin uzaklaştırılmasının değerlendirilmesi, kaynaklardan son kullanımlara kadar bir dizi yönü kapsamalıdır. Mikro kirleticilerin serbest bırakılmasından sonra, alıcı ortam üzerindeki etkilerini etkili bir şekilde tahmin etmek için yüzey sularındaki akıbetlerinin daha iyi anlaşılması ve modellenmesi esastır (Luo ve ark 2014, Wang ve ark 2019).

Atık su arıtma tesisleri genellikle birincil, ikincil ve isteğe bağlı bir üçüncül arıtma işlemini kullanır. Üçüncül arıtma prosesleri, belirli amaçlar için (örneğin suyun yeniden kullanımı) daha yüksek kalitede tahliye suyu üretmek için yaygın olarak kullanılır ve her zaman yüksek arıtma maliyeti ile ilişkilendirilir. Bu nedenle, üçüncül arıtma süreçleri için gereklilik, genellikle halk ve çevre sağlığı hedeflerine dayanmaktadır. Birincil arıtma prosesleri, AAT'lere giren ve çoğu mikro kirleticinin giderilmesinde etkisiz olan askıda katı maddelerin uzaklaştırılmasını amaçlar. İkincil arıtmada, mikro kirleticiler, dağılım, seyreltme, bölme, biyolojik bozunma ve abiyotik dönüşüm dahil olmak üzere bir dizi işleme tabi tutulur. İkincil arıtma sırasında toplam uzaklaştırma, genellikle, farklı kimyasal ve fiziksel dönüşüm, biyolojik bozunma ve katılara sorpsiyon mekanizmalarının katkıda bulunduğu bir ana bileşiğin kayıplarını ifade eder. Biyobozunma/biyotransformasyon ve sorpsiyon, biyolojik arıtma sırasında iki ana uzaklaştırma mekanizması iken, buharlaşma küçük bir derecede gerçekleşir (Luo ve ark 2014).

Ters ozmoz (RO), nanofiltrasyon (NF), ultrafiltrasyon (UF) ve mikrofiltrasyon (MF) gibi membran teknolojileri bu kirleticilerin giderilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Ancak bu teknolojiler, çevresel etkilerinin en aza indirilmesine özellikle dikkat edilerek bertaraf edilmesi gereken büyük hacimli atık akışları üretir. Sıfır sıvı deşarjını hedefleyen atık akışlarının hacmini azaltmak, çevresel etkiyi en aza indirmek ve daha kaliteli ürün suyu üretmek için çekici bir seçenektir. Ters ozmoz, deniz suyunu ve atık suyu tatlı suya dönüştürmek için dünya çapında kullanılan popüler bir yöntemdir. Bununla birlikte, bu işlemin en büyük dezavantajı, istenmeyen bir yan ürün olarak büyük miktarlarda yüksek

konsantrasyonlu tuzlu suların üretilmesidir ve bu, arıtılmadan boşaltılırsa çevre sorununa neden olabilir (Jamil ve ark 2015).

1.2. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri

Bazı ağır metaller eser elementler olarak biyolojik öneme sahiptir ancak birçoğunun insan biyokimyasındaki biyotoksik etkileri büyük endişe kaynağıdır. Bu nedenle, onları zararlı yapan konsantrasyonlar ve oksidasyon durumları gibi ilgili mekanizmanın doğru anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Bunların kaynaklarını, süzme işlemlerini, kimyasal dönüşümlerini ve esas olarak yaşamı destekleyen çevreyi kirletmedeki birikim biçimlerini bilmek de önemlidir. Literatür kaynakları, bu metallerin hem doğal hem de antropojenik yollarla, özellikle madencilik ve endüstriyel faaliyetlerle ve otomobil egzozlarıyla çevreye salındığına işaret etmektedir. Yeraltı sularına sızar, su yolları boyunca hareket eder ve sonunda akiferde birikir veya yüzey sularına akıp yıkanarak suya ve ardından toprak kirliliğine neden olur (Liu ve ark 2013, Mahurpawar 2015). Bakır ve demir gibi bazı metaller yaşam için gereklidir ve örneğin kritik enzim sistemlerinin işleyişinde yeri doldurulamaz roller oynar. Çoğu metaller ksenobiyotiklerdir, yani insan fizyolojisinde (ve diğer canlı organizmaların çoğunda) yararlı bir rolleri yoktur ve daha da kötüsü, kurşun ve cıva durumunda olduğu gibi, eser düzeyde maruziyette bile toksik olabilir. Metallere maruz kalma çeşitli yollarla gerçekleşebilir. Metaller toz veya duman olarak solunabilir (kurşunlu benzinin yanması ile üretilen kurşun oksit parçacıkları gibi küçük parçacıklı maddeler). Bazı metaller buharlaştırılabilir (örneğin, flüoresan lambaların üretimindeki cıva buharı) ve solunabilir. Metaller ayrıca yiyecek ve içecek yoluyla istemsiz olarak da alınabilir. Sindirim sisteminden gerçekten emilen miktar, metalin kimyasal formuna ve bireyin yaşına ve beslenme durumuna bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Bir metal emildikten sonra dokulara ve organlara dağılır. Boşaltım tipik olarak öncelikle böbrekler ve sindirim sistemi yoluyla gerçekleşir, ancak metaller karaciğer, kemikler ve böbrekler gibi bazı depolama alanlarında yıllarca veya on yıllar boyunca kalma eğilimindedir (Hu 2002, Singh ve Kalamdhad 2011).

Ağır metallerin atık sularda bulunabilen ve insanlar tarafından tolere edilebilen maksimum mikrokirletici seviyeleri Tablo 1.3'de gösterilmiştir.

Tablo 1.3. En önemli Tehlikeli Ağır Metaller İçin Maksimum Kirletici Seviyeleri (MKS) (Babel ve Kurniawan 2003).

Ağır Metal	MKS (µg/L) Çevre	WHO (mg/Kg) İçme Suyu
Al	200	5
Cr	50	0.05
Mn	20	1.8
Ni	20	0.1
Cu	25	1.5
Zn	800	5
As	50	0.05
Cd	5	0.5
Pb	6	0.3

1.2.1. Alüminyum

Ağır metaller tarafından doğal çevrenin kirlenmesi dünya çapında bir sorundur çünkü bu metaller yok edilemezler ve belli bir konsantrasyonun üzerine çıktıklarında pek çoğu canlı organizmalar üzerinde toksik etkilere sahiptir. Bu nedenle bu metallerin izlenmesi çevre ve özellikle insan sağlığının güvenlik açısından değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ağır metaller biyolojik veya kimyasal olarak bozunamazlar ve bu nedenle yerel olarak birikebilir veya uzun mesafelerde taşınabilirler. Sudaki metallerin varlığı iki bağımsız faktörden kaynaklanır. Birincisi, hava ve su yoluyla taşınan ürünleriyle birlikte toprak ve kayaların aşınmasını, ikincisi ise insan sağlığı üzerinde potansiyel etkisi olan çeşitli antropojenik faaliyetleri (yeraltı suyu akiferlerinin ve depolarının kirlenmesi, bitki örtüsü tarafından alınması ve gıda zincirine girişi) içerir (Batayneh 2012). Alüminyum, çevrede en yaygın olarak bulunan metaldir ve modern günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum vücuda çevreden, diyet ve ilaçlardan girer. Ancak alüminyumun vücutta bilinen bir fizyolojik rolü yoktur ve bu nedenle bu metal olumsuz fizyolojik etkiler yaratabilir. Alüminyumun nöral dokular üzerindeki etkisi iyi rapor edilmiştir ancak ekstranöral dokular üzerine yapılan çalışmalar iyi özetlenmemiştir (Nayak 2002). Hem alüminyum hem de tuzları insanlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum tuzları ilaçların

bileşenleridir. Alüminyumun bu kadar yaygın kullanımı, toksik olmadığı ve idrarla vücuttan hızla atıldığı inancıyla daha da artmıştır. Ancak bu unsurun insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu ortaya çıktı. Böbrek fonksiyon bozukluğu olan hastaların diyaliz sonrası ensefalopatisi, diyaliz sıvısında alüminyum varlığına bağlandı. Beyin dokusunda biriken alüminyumun nörolojik bozuklukların gelişiminde rol oynadığı iddia edilmektedir. Bu element, kemikleri etkilediği gibi, esas olarak osteomalati ile gösterilen fosfor ve kalsiyum seviyelerinde de bozulmalara neden olur. Karaciğerde alüminyum birikimi kolestaz'a yol açar. Bu element periferik kanda ve hemojenik sistemde çok sayıda değişikliğe neden olur. Ayrıca eritroblastik seri hücrelerin olgunlaşmasını ve hem biyosentezini bozduğu için normo- veya mikrositer anemiye neden olur; kırmızı kan hücrelerinin ozmotik direncini azaltır. Alüminyum, beyaz kan hücreleri ve makrofajlarla bağlantılı savunma mekanizmalarını engeller. Hematolojik değişikliklerden alüminyumun hemolitik aktivitesi, kan hücrelerinin daha kısa ömrü veya bozulmuş eritropoez süreci gibi bir dizi süreç sorumludur (Osińska ve ark 2004).

1.2.2. Arsenik

Arsenik, dünya çevresinde her yerde bulunan ve küresel bir sağlık risk faktörü olarak kabul edilen bir metaloiddir. Esasen arsenik yerkabuğunda, ana kayalarda yoğunlaşır ve yavaş yavaş içme suyuna karışır. Bir metaloid olan arsenik, elemental, sülfür ve karbonat formu gibi çeşitli allotropik formlarda bulunur. Kirlenmiş gıda, su, hava tüketimi ve mesleki maruziyet yoluyla inorganik arseniğe maruz kalmak, ancak organik arsenik (çoğunlukla balık, istiridye, karides, midye vb. gibi deniz ürünleri) değil, insan sağlığı üzerinde ciddi etkilere yol açar. Düşük dozlarda ve uzun süreli arsenik maruziyeti, “Arsenikoz” olarak adlandırılan bir dizi tıbbi komplikasyona yol açar. Arsenik maruziyeti, doğal veya antropojenik kaynakların bir sonucudur. Arseniğin insan vücuduna girmesi için yutma, soluma ve cilt emilimi çok önemli yollardan bazılarıdır. Hem beş değerlikli hem de üç değerlikli arsenik bileşikleri, gastrointestinal sistemden hızla ve geniş ölçüde emilir. Ayrıca, sodyum arsenat emilimi daha yüksektir ve inorganik dört değerlikli arsenik zayıf bir şekilde emilir. Bununla birlikte, arsenik trisülfid ve kurşun arsenat, en düşük oral absorpsiyon oranına sahip arsenik bileşiklerinden bazılarıdır. Arsenik kokusuz ve tatsızdır. İnorganik arsenik bilinen bir kanserojendir ve cilt, akciğer, karaciğer ve

mesane kanserine neden olabilir. Daha düşük düzeyde maruz kalma, bulantı ve kusmaya, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretiminde azalmaya, anormal kalp ritmine, kan damarlarında hasara ve ellerde ve ayaklarda "iğnelenme" hissine neden olabilir. Çok yüksek seviyelerin yutulması muhtemelen ölümle sonuçlanabilir. Uzun süreli düşük seviyede maruz kalma, cildin koyulaşmasına ve avuç içi, taban ve gövdede küçük "mısır" veya "siğil" görünümüne neden olabilir. İçme suyu yoluyla düşük ila orta düzeyde arsenik maruziyeti (10-300 μg/L), cilt lezyonları, dolaşım bozuklukları, nörolojik komplikasyonlar, diyabet, solunum komplikasyonları, kronik hastalıklara bağlı ölümler dahil karaciğer ve böbrek fonksiyon bozukluğu gibi olumsuz etkilere sahiptir (Singh ve ark 2007, Mazumder 2008, Martin ve Griswold 2009, Abdul ve ark 2015).

1.2.3. Kadmiyum

Kadmiyum (periyodik element tablosunun IIB grubu), insan sağlığı için ciddi riskler oluşturan bir ağır metaldir. Kadmiyumun insan vücudunda herhangi bir fizyolojik işlevi olduğu bugüne kadar gösterilememiştir. Bu nedenle biyolojik olarak tehlikeli potansiyeline ilgi artmıştır. İlk kez 1817'de Friedrich Stromeyer (Göttingen, Almanya) tarafından tanımlandığı gibi, kadmiyum intoksikasyonu böbrek, kemik ve akciğer hasarına yol açabilir (Godt ve ark 2006, Han ve ark 2009).

Kadmiyum, düşük konsantrasyonlarda doğal olarak bulunan, genellikle çinko ve sülfür cevherleri olarak kurşun ile birleştirilen metalik bir elementtir. Çevreye yayılma, kadmiyum içeren fosfatlı gübreler ve elektronik atıkların uygun olmayan şekilde imha edilmesi dahil olmak üzere birçok kaynaktan meydana gelir. Hava, su ve toprakta yüksek konsantrasyonlar, endüstriyel emisyon kaynaklarına, özellikle demir dışı madencilik ve metal arıtma endüstrilerine yakın yerlerde meydana gelebilir. Kadmiyum bileşikleri pillerde ve pigment olarak kullanılır. Kadmiyum bileşiklerinden türetilen nanopartiküller, güneş panellerinde ve diğer elektronik uygulamalarda kullanılmaktadır (Hu 2002, Nordberg ve ark 2018).

1.2.4. Krom

Krom kayalarda, hayvanlarda, bitkilerde ve toprakta bulunur. Sıvı, katı veya gaz olabilir. Krom bileşikleri toprağa bağlanır ve yer altı sularına göç etme olasılıkları yoktur. Ancak sudaki tortularda çok kalıcıdırlar. Krom paslanmaz çelik

gibi metal alaşımlarında kullanılır; metal üzerinde koruyucu kaplamalar (galvanik); manyetik bantlar, boyalar, çimento, kağıt, kauçuk, bileşim zemin kaplaması ve diğer malzemeler için pigmentler. Çözünür formları ahşap koruyucularda kullanılır. Krom bileşikleri toksinler ve bilinen insan kanserojenleridir. Yüksek düzeyde nefes yoluyla kroma maruziyet, burun mukozasında tahrişe neden olabilir. Mukozal ülserler, burun akması, astım, öksürük, nefes darlığı veya hırıltı gibi solunum problemlerine yol açar. Cilt ile teması cilt ülserlerine neden olabilir. Deride şiddetli kızarıklık ve şişmeden oluşan alerjik reaksiyonlar kaydedilmiştir. Uzun süreli maruz kalma karaciğer, böbrek dolaşım ve sinir dokularında hasara ve ayrıca cilt tahrişine neden olabilir (Almahmoudy 2005, Demir ve Arisoy 2007, Martin ve Griswold 2009, Wachtman 2009).

1.2.5. Bakır

Bakır (Cu), önemli bir eser elementtir. Bakır ve alaşımları, evsel ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem bakır eksikliği hem de bakır fazlalığı olumsuz sağlık etkileri üretir (Stern ve ark 2007, Karim 2018).

Bakır, kemik sağlığı, bağışıklık fonksiyonu ve artan enfeksiyon sıklığı, kardiyovasküler risk ve kolesterol metabolizmasındaki değişiklikler ile ilişkilidir. Metabolizması diğer mikro minerallerle sıkı bir şekilde iç içedir ve eksikliğinin demir mobilizasyonunu bozduğu ve ikincil demir eksikliğine neden olduğu bilinmektedir (Araya ve ark 2007). Bakır aşırı biriktiğinde hücre zarları, DNA ve proteinler için toksik olabilir (Araya ve ark 2006). Akut Cu toksisitesi bir dizi patolojiye ve ciddi vakalarda ölüme neden olabilir. Kronik Cu toksisitesi, karaciğer hastalığına ve ciddi nörolojik kusurlara neden olabilir. Yüksek seruloplazminin belirli hastalıklar için bir risk faktörü olduğu kavramı tartışılmaktadır (Uriu-Adams ve Keen 2005).

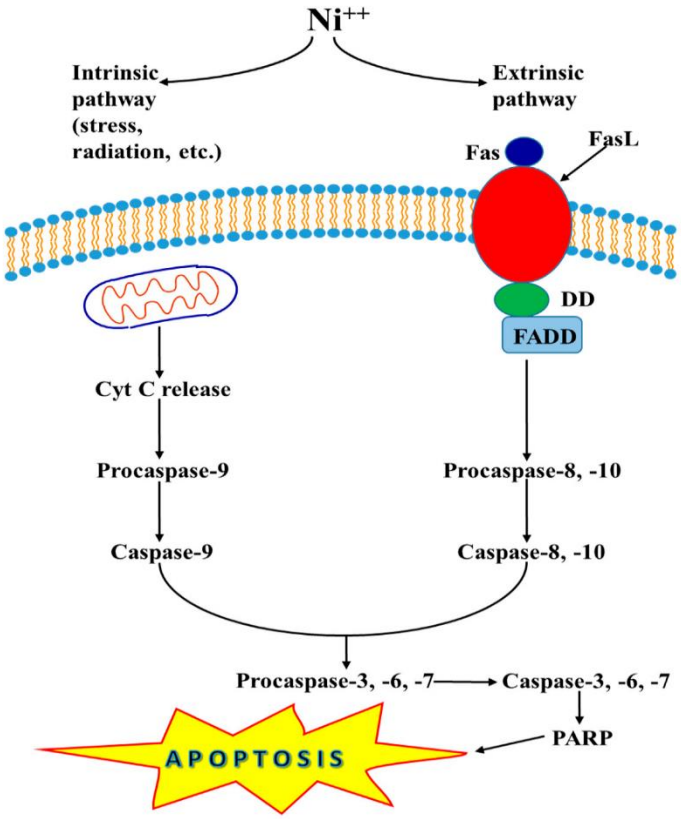
1.2.6. Manganez

Manganez (Mn), yeryüzünde en bol bulunan on ikinci elementtir ve insan sağlığı için gerekli bir metaldir. Mn, insan vücudundaki çeşitli fizyolojik süreçleri desteklemek için yeterli Mn içeriği sağlayan çeşitli diyet kaynaklarında düşük konsantrasyonlarda bulunur. Bununla birlikte, çeşitli endüstrilerde Mn kullanımının artmasıyla, bu geçiş metaline aşırı maruz kalma riski artar ve bu da nörotoksik

sonuçlara yol açabilir (Avila ve ark 2013, Williams ve ark 2013, Miah ve ark 2020). Manganez insan sağlığı için önemli bir metaldir, gelişme, metabolizma ve antioksidan sistem için kesinlikle gereklidir. Bununla birlikte, aşırı maruz kalma veya alım, dopaminerjik nöronal ölüme ve parkinson benzeri semptomlara neden olan bir nörodejeneratif bozukluk olan manganizm olarak bilinen bir duruma yol açabilir (Santos-Burgoa ve ark 2001, Dobson ve ark 2004, Avila ve ark 2013).

1.2.7. Nikel

Nikel (Ni), çevre, hava, su ve toprakta yaygın olarak bulunan bir geçiş elementidir. Doğal kaynaklardan ve antropojenik aktiviteden kaynaklanabilir (Yeganeh ve ark 2013, Genchi ve ark 2020). Ni ve Ni bileşikleri, paslanmaz çelik, alaşımlar ve piller gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Nikel, su, toprak, hava ve canlı organizmalarda doğal olarak bulunan bir elementtir ve mikroorganizmalar ve bitkiler için gereklidir (Buxton ve ark 2019). Nikelin çevrede her yerde bulunmasına rağmen, hayvanlar ve insanlar için eser element olarak fonksiyonel rolü henüz anlaşılamamıştır. Nikelden kaynaklanan çevre kirliliği endüstri, sıvı ve katı yakıtların yanı sıra belediye ve endüstriyel atıklardan kaynaklanabilir. Nikel teması, alerji, kardiyovasküler ve böbrek hastalıkları, akciğer fibrozu, akciğer ve burun kanseri gibi insan sağlığı üzerinde çeşitli yan etkilere neden olabilir. Nikel kaynaklı toksisitenin moleküler mekanizmaları henüz netleşmemiş olsa da mitokondriyal disfonksiyonlar ve oksidatif stresin bu metalin toksisitesinde birincil ve çok önemli bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Son zamanlarda, araştırmacılar, nikelin kanseri indükleme kabiliyetini karakterize etmeye çalışırken **(Şekil 1.3)**, nikel maruziyetinin neden olduğu epigenetik değişikliklerin genomu bozabileceğini keşfetmişlerdir (Zambelli ve Ciurli 2013, Buxton ve ark 2019, Genchi ve ark 2020).



Şekil 1.3. Ni^{2+} indüklenmiş mitokondri-apoptoz ve kaspaz bağımlı apoptoz (Genchi ve ark 2020).

1.2.8. Kurşun

Kurşun (Pb), düşük erime noktasına sahip mavimsi gri renkli bir ağır metaldir. Herhangi bir şekle kolayca kalıplanabilir ve diğer metallerle alaşımlar oluşturur. Kurşun toksisitesi, gelişmekte olan ülkelerde çevresel kaynak nedeniyle çocuklukta birincil endişe kaynağıdır. Bu tür zehirlenmeler, evin boyanması, sigarayla ilgili faaliyetler, kurşunlu benzin, kontamine yiyecekler ve içme suyu gibi insanla ilgili farklı faaliyetlerden meydana gelir. İnsan sütünde de bulunur. İnsan vücudunun kurşuna aşırı maruz kalması, nörolojik, kardiyovasküler, hematolojik ve üremeyle ilgili olabilen vücut işlevinin bozulmasına neden olur. Yüksek düzeyde kurşun içeren kan, merkezi sinir sisteminin (MSS) yetersiz çalışmasına ve sonuç olarak esas olarak beyinciği etkileyen ensefalopati ve ödeme yol açar. Hamile kadınlarda vücuttaki yüksek miktarda kurşun düşüğe neden olabilir. Uzun süreli kurşun maruziyetinin erkeklerin gücünü azalttığı bulunmuştur (Almeida ve ark 2013, Debnath ve ark 2019).

1.2.9. Vanadyum

Vanadyum (V), hafif uyumsuz, refrakter, litofilik bir element olarak tortul ve magmatik kayaçlarda ve minerallerde yaygın olarak dağılmıştır. Doğal koşullar altında, topraktaki vanadyum mobilizasyonu genellikle diğer metallerden ve metaloidlerden ayrıştırılır ve ayrışma ve redoks süreçleri tarafından yönetilir. Toprak vanadyum konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde, vanadyumun bitkiler tarafından asimilasyonu, topraktan biyotaya ana vanadyum akışı olarak kabul edilir çünkü bitkiler toprağa en yüksek doğrudan maruziyete sahiptir. Bununla birlikte, vanadyum daha yüksek konsantrasyonlarda/dozlarda karasal organizmalar, örneğin bitkiler, mikroorganizmalar için toksik hale gelir ve aynı sınıftaki insanlar için potansiyel tehlikeli bir kirletici olarak kabul edilmiştir. Vanadyum canlı organizmalar için temel bir eser element olmasına rağmen, insan vücudundaki aşırı miktarlar astım, rinit ve genel anemiye neden olabilir ve hatta üremi ve akciğer kanseri oluşma olasılığını artırabilir (Yang ve ark 2017).

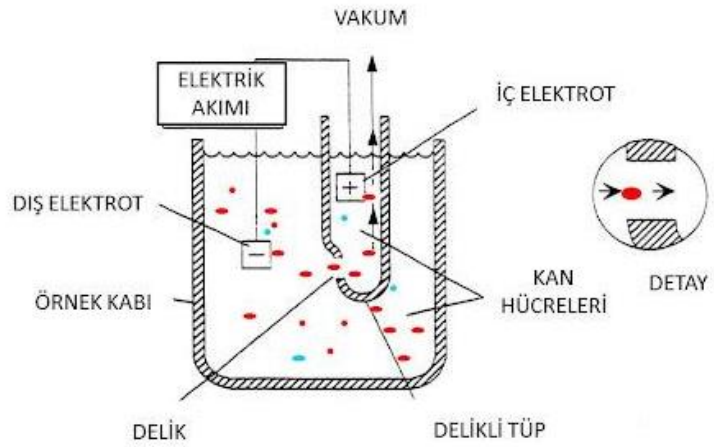
1.2.10. Çinko

Benzer kimyasal özelliklere sahip diğer birçok metal iyonu ile karşılaştırıldığında çinko (Zn) nispeten zararsızdır. Sadece yüksek dozlara maruz kalmanın toksik etkileri vardır, bu da akut çinko zehirlenmesini nadir görülen bir olay haline getirir. Akut zehirlenmeye ek olarak, uzun süreli, yüksek doz çinko takviyesi bakır alımını engeller. Bu nedenle, toksik etkilerinin çoğu aslında bakır eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Hücresel düzeyde sistemik homeostaz ve etkin düzenleyici mekanizmalar genellikle ekzojen çinkonun sitotoksik dozlarının alımını engellerken, endojen çinko tek hücrelerde sitotoksik olaylarda önemli bir rol oynar. Burada çinko, Bcl ve Bax ailelerinden kaspazlar ve proteinler dahil olmak üzere programlanmış hücre ölümünün çeşitli moleküler düzenleyicileri üzerinde hareket ederek apoptozu etkiler. Çinkonun hücre ölümünde belirgin bir rol oynadığı önemli bir organ beyindir ve iskemi veya travma sonucu sitotoksisite, serbest çinko birikimini içerir. Toksik bir metal iyonu olmaktan ziyade çinko, temel bir eser elementtir. Aşırı maruz kalma ile zehirlenme nadir olmakla birlikte, çinko eksikliği yaygındır ve büyüme, nöronal gelişim ve bağışıklık üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir. Ciddi vakalarda sonuçları ölümcüldür. Yetersiz beslenme ve düşük biyoyararlanım, yaşlanma, belirli hastalıklar veya düzensiz homeostazlı yiyeceklerin

neden olduğu çinko eksikliği, insan sağlığı için zehirlenmeden çok daha yaygın bir risktir (Nriagu 2007, Plum ve ark 2010, Agnew ve Slesinger 2020).

1.3. Hemogram Cihazı Çalışma Prensibi

Coulter yöntemi ile iletken bir sıvıdaki bir partikül (örneğin bir hücre), küçük bir açıklıktan geçtiği sıradaki elektriksel direnç değişikliklerini belirleyerek ve ölçerek, hücreleri doğru şekilde sayar ve boyutlarını belirler. Bakınız; Şekil 1.4, coulter yöntemi, Şekil 1.5, hemogram cihazı.



Şekil 1.4. Coulter Yöntemi.



Şekil 1.5. Hemogram Cihazı.

İletken bir sıvıda (seyreltici) asılı kalan her bir hücre, yalıtıcı görevi görür. Her hücre açıklıktan geçerken, açıklığın her iki tarafındaki daldırılmış elektrotlar arasında bulunan elektriksel yolun direncini anlık olarak artırır. Bu, ölçülebilir bir elektrik atımı oluşturur. Sayım için, seyreltilen hücre süspansiyonunu apertürden çekmek için kullanılan vakum, düzenlenmiş bir hacimde olmalıdır (Beckman Coulter DXH800, Hematology Analyzer).

Hemogram cihazında genel olarak çalışılan parametreler ve referans aralıkları Tablo 1.4'de gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Hemogram Cihazı Parametreleri ve Referans Aralıkları

WBC	3,6 - 10,2
NEU	1,7 - 7,6
NEU %	43,5 - 73,5
LYM	1 - 3,2
LYM %	15,2 - 43,4
MONO	0,3 - 1,1
MONO %	5,5 - 13,7
EOS	0 - 0,5
EOS %	0,8 - 8,1
BASO	0 - 0,1
BASO %	02 - 1,5
NRBC	0 - 0,03
NR/W	0 - 0,6
RBC	4,06 - 5,63
HGB	12,5 - 16,3
HCT	36,7 - 47,1
MCV	73 - 96,2
MCH	23,8 - 33,4
MCHC	32,5 - 36,3
PLT	152 - 348
MPV	7,4 - 11,4
RDW	12,1 - 16,2
RDW-SD	36,5 - 45,9

Yaptığımız bu çalışmada amacımız; hemogram cihazı atık sularında bulunan bazı ağır metallerin miktarını ICP-MS ile analiz etmektir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereçler

2.1.1. ICP-MS Çalışmalarında Kullanılan Kimyasallar

- Suprapur Nitrik Asit (Merck, Germany, Lot: Z0510541824)

2.1.2. Cihaz ve Laboratuvar Gereçleri

- ICP-MS cihazında ağır metal içeriği ölçümü öncesi hemogram cihazı atık suyu örneklerinin geçirildiği 0.45 µm'lik Steril Filtre (ISOLAB)
- Steril Enjektör 50 cc 0.90 x 38 mm 20G (Beybi)
- 50 mL'lik Falkon Tüp (FALCON, Ref352070, Mexico)
- ICP-MS Spektrometre Cihazı (Perkin Elmer SCIEX ELAN DRC-e, Seri No: AH15490907)
- 15 mL'lik Metalfree Santrifüj Tüpü (VWR, Cat. No. 10026-322, China)
- 500 L'lik Atık Su Toplama Tankı
- Hemogram Cihazı (Beckman Coulter DXH800, Hematology Analyzer)
- Buzdolabı (+4 ˚C ve -20˚C): ALTUS AL 302)

2.2. Yöntem

Çalışma 21.06.2019 tarihinde yapılan S. Ü. Tıp Fakültesi Dekanlığı Yerel Etik Kurul'unda alınan 2019/194 numaralı karar ile kabul edilerek, 15 Mart – 28 Nisan tarihleri arasında 7 farklı günde araştırma planlanmıştır.

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 20112007 proje numarası ile desteklenmiştir.

2.2.1. Hemogram Cihazı Atık Suyunun Toplanması

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Laboratuvarında bulunan Beckman Coulter DHX850 marka hemogram cihazından 15 Mart – 28 Nisan tarihleri arasında 7 farklı günde, atık su tankında biriken atık su örnekleri, 15 mL'lik metalfree tüplere 4 tekrarlı (4 tüp) olacak şekilde alındı. Örnekler analiz gününe

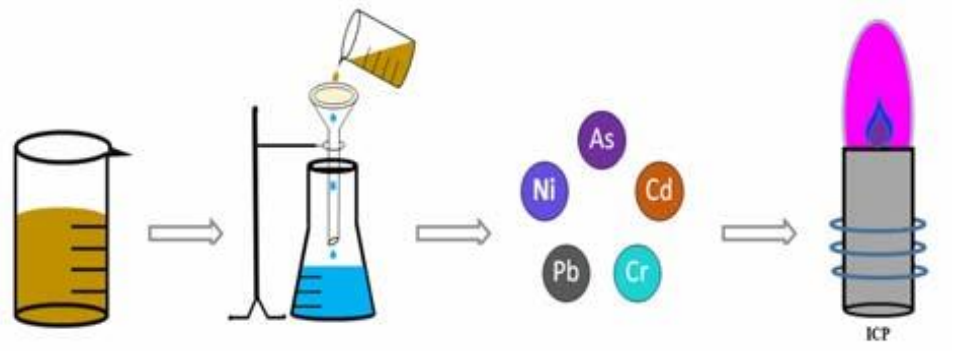
kadar +4 ^{o}C'de saklandı. Hemogram tetkiki tüm hastanelerde kolayca yapılabilen ve en çok yapılan tetkik olarak karşımıza çıktığı için bu cihaz çalışmaya dahil edilmiştir.

2.2.2. ICP-MS Analizi

Tüm atık su örnekleri toplandıktan sonra Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi'ne getirilerek 0,45 µm gözenekli selüloz membran filtreler kullanılarak ayrı ayrı süzülmüştür. Herhangi bir metal çökmesini engellemek amacı ile süzülen örnekler, nitrik asit konsantrasyonu 0,1 mol L^{-1} olacak şekilde asitlendirilmiş ve ağır metal içerikleri ICP-MS cihazı ile tayin edilmiştir. Atık su numunelerinin tayin akım şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Tabiatta ve insan vücudunda en yaygın bilinen ve bulunan 10 ağır metal tespiti yapılmıştır.

ICP-MS'in ölçüm öncesi kalibrasyonu için gerekli çözünürlük, kütle kalibrasyonu ve hassasiyet verilerinin optimizasyonu için 10 µg L^{-1} lityum (Li), kobalt (Co), itriyum (Y), seryum (Ce) ve talyum (Tl) içeren tuning çözeltisi kullanılmıştır. ICP-MS cihazı için gerekli çalışma ve optimizasyon parametreleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Atık su numunelerinin ICP-MS ile tayin şeması.

Tablo 2.1. Perkin Elmer ELAN DRC-e ICP-MS çalışma ve optimizasyon parametreleri.

ICP RF Güç	1300 Watt (W)
Plazma Gaz Akışı	18.0 L/min
Nebulizatör Gaz Akışı	0.76 L/min
Omega Lens	10.75 V
Auxiliary Gaz Akışı	1.40 L/min

2.2.3. İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS 21.0 paket programı yardımıyla gerçekleştirildi. Sayısal değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler medyan ve minimum-maksimum ile sunuldu. Ayrıca ölçüm ortalamaları, ortalama ve standart sapma grafikleri ile verildi. Anlamlılık seviyesi 0.05 alındı (Akküçük 2011).

3. BULGULAR

3.1. ICP-MS Sonuçları

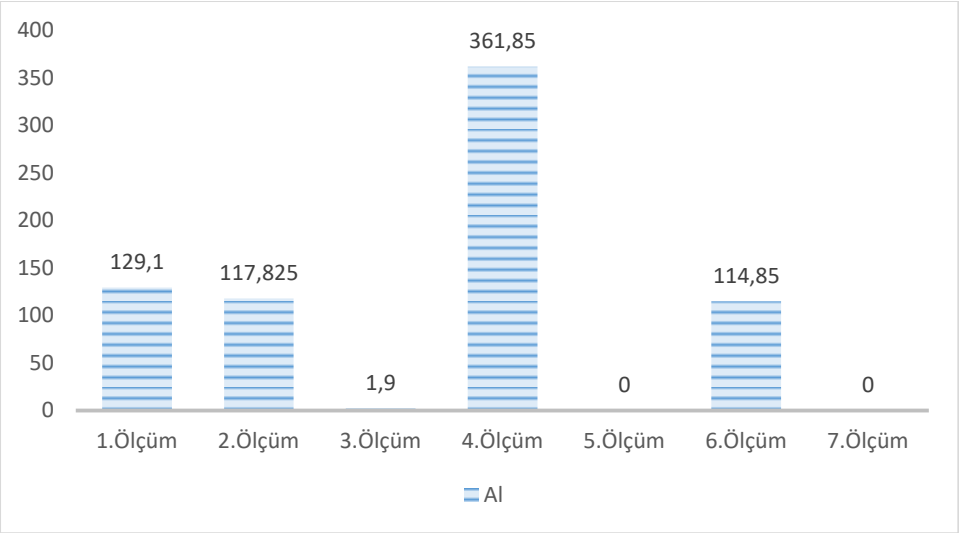
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı'nda bulunan hemogram cihazı atık su örneklerinde, ICP-MS ile ağır metal analizi Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi'nde yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.1'de ppb cinsinden gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Alüminyum, 4. ölçümde maksimum kirletici seviyesinin (MKS) üzerinde bulunmuştur. Vanadyuma ölçümlerin hiçbirinde rastlanmamıştır. Krom tüm ölçümlerde MKS'nin altında tespit edilmiştir. Tüm ölçümlerde Manganez, Nikel, Bakır ve Çinko seviyeleri MKS'nin üzerinde bulunmuştur. Arsenik, Kadmiyum ve Kurşun seviyeleri tüm ölçümlerde maksimum kirletici seviyelerinin altında tespit edilmiştir.

Tablo 3.1. ICP-MS ile tayin edilen her bir ölçüm günü için yapılan 4 analizin ppb (µg/L) cinsinden ortalama miktarları.

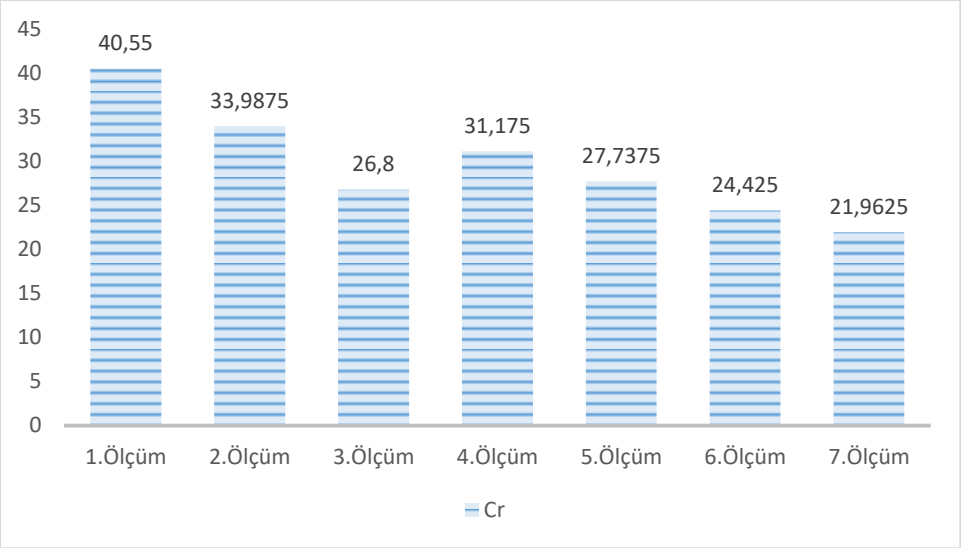
Element	Birim	MKS	1.Ölçüm Günü	2.Ölçüm Günü	3.Ölçüm Günü	4.Ölçüm Günü	5.Ölçüm Günü	6.Ölçüm Günü	7.Ölçüm Günü
Al	ppb	**200**	129,1	117,825	1,9	361,85	0	114,85	0
V	ppb	-	0	0	0	0	0	0	0
Cr	ppb	**50**	40,55	33,9875	26,8	31,175	27,7375	24,425	21,9625
Mn	ppb	**20**	42,975	36,7625	51,3375	42,1875	30,5875	42,5125	46,5375
Ni	ppb	**20**	141,475	102,363	106,038	101,45	96,9125	89,85	85,5625
Cu	ppb	**25**	3205,26	2853,5	2684,01	2816,11	2628,66	2655,58	2589,75
Zn	ppb	**800**	12900,8	12511,5	10815,4	9215,99	8438,45	7002,25	6755,93
As	ppb	**50**	2,425	0,875	0,15	0,95	0	0	0
Cd	ppb	**5**	0,2	0	0	0	0	0	0
Pb	ppb	**6**	223,25	205,163	197,938	209,013	195,3	194,225	189,3

Her bir ölçüm günü için tüm elementlere ait sonuçlar Grafik 3.1. – Grafik 3.9'da gösterilmiştir. Bu grafiklere göre 5. ve 7. ölçümde alüminyum tespit edilememiş ve 4. ölçümde diğer ölçümlere kıyasla daha yüksek seviyede sonuç elde edilmiştir. Arsenik ilk 4 ölçümde tespit edilmişken 5, 6 ve 7. ölçümlerde tespit

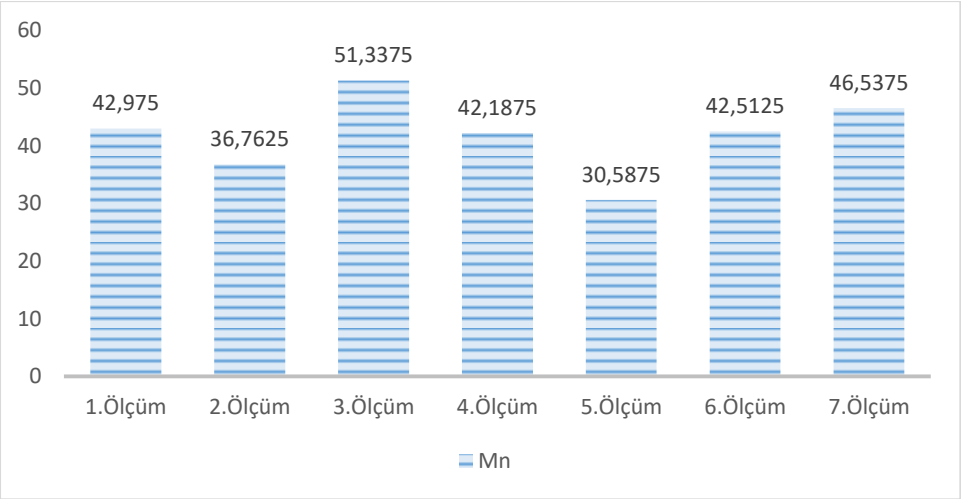
edilememiştir. Kadmiyum sadece ilk ölçümde tespit edilmiş fakat mikrokirletici seviyelerini aşmamaktadır. Krom, bakır, manganez, nikel, kurşun ve çinko seviyeleri kendi içinde her ölçümde ortalama değere yakın olarak bulunmuştur.



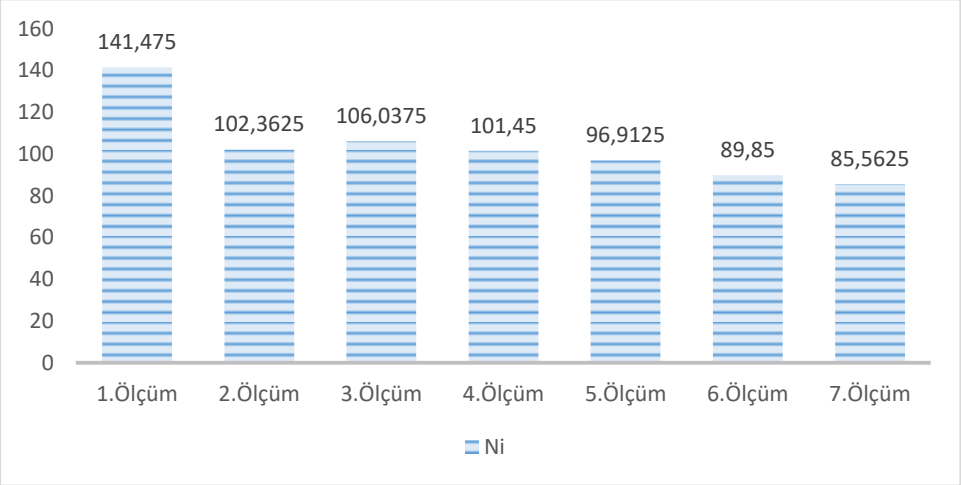
Grafik 3.1. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Al değerleri.



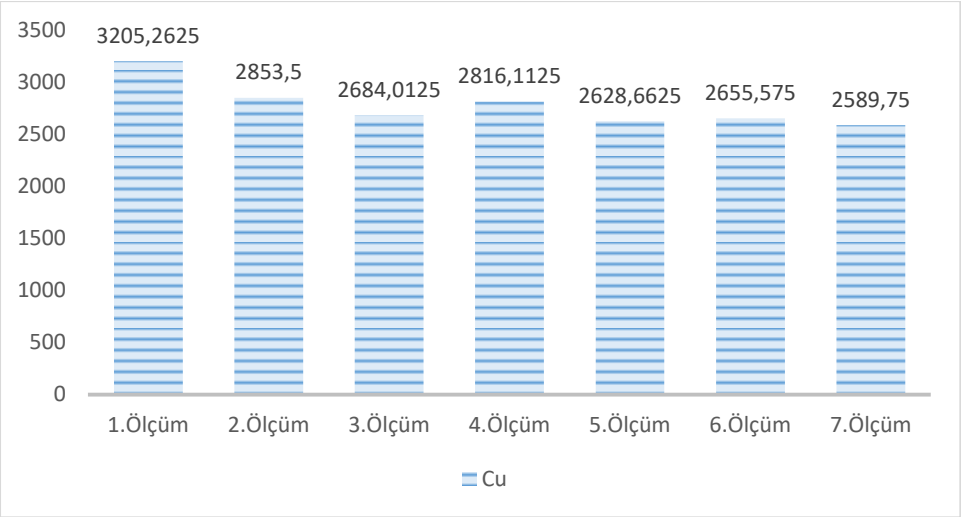
Grafik 3.2. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cr değerleri.



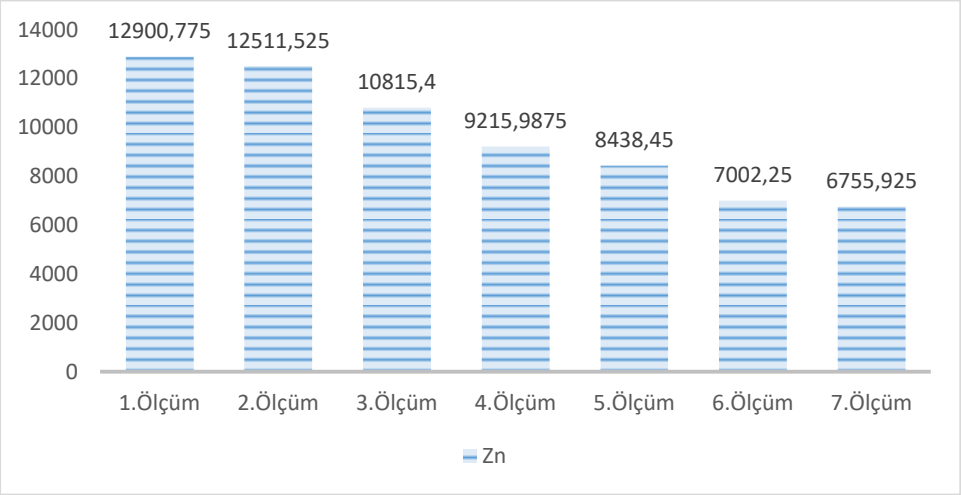
Grafik 3.3. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Mn değerleri.



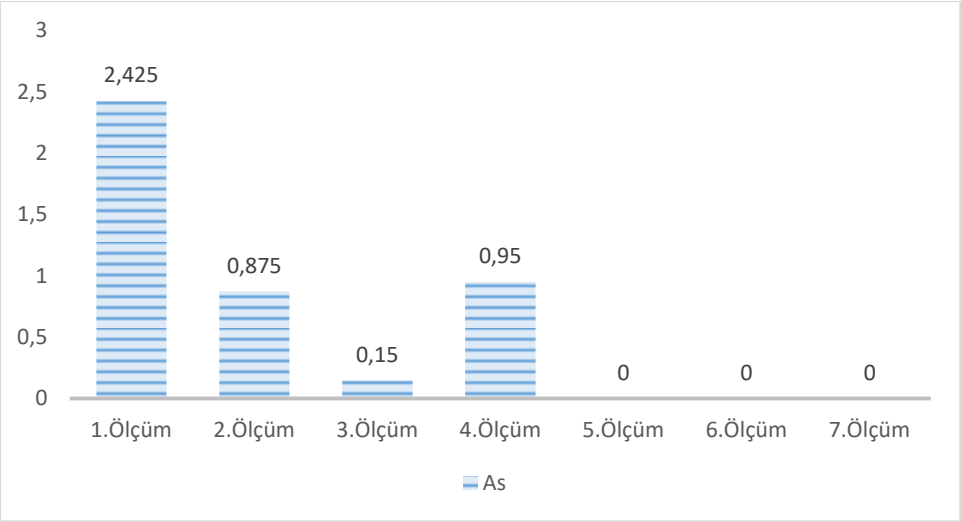
Grafik 3.4. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Ni değerleri.



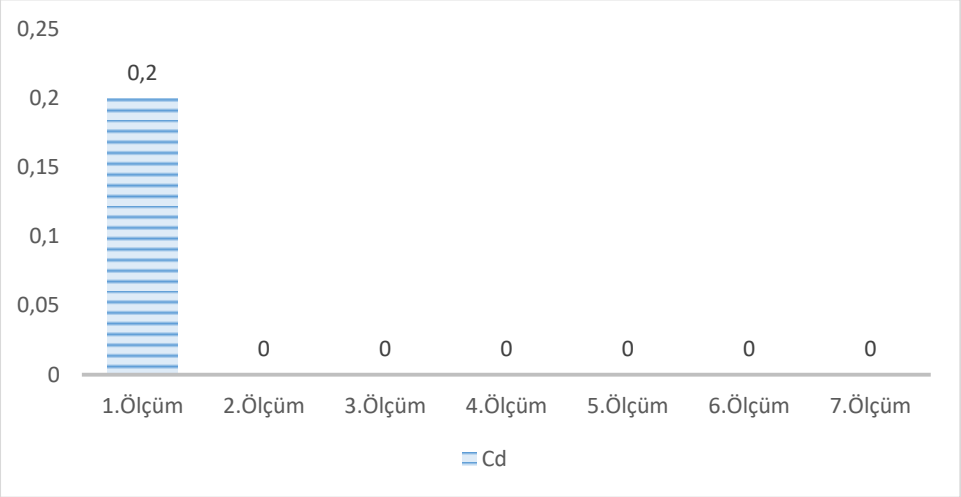
Grafik 3.5. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cu değerleri.



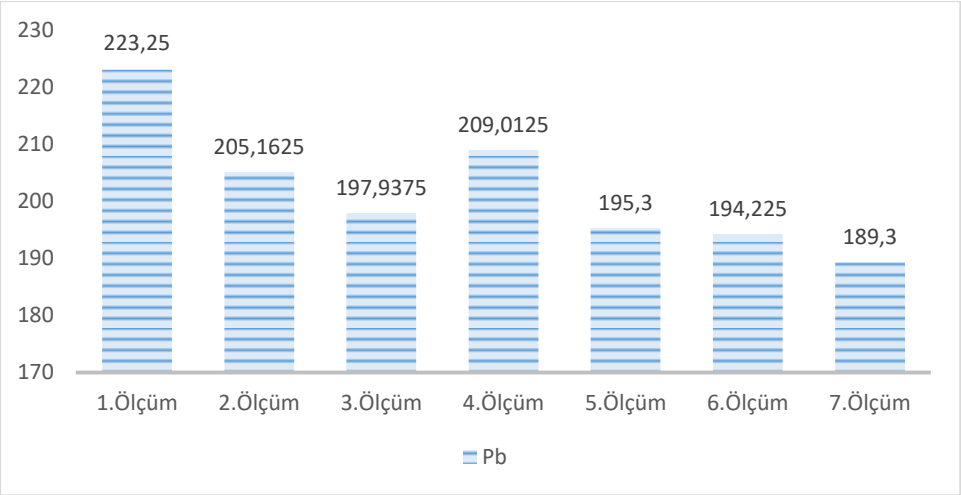
Grafik 3.6. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Zn değerleri.



Grafik 3.7. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden As değerleri.



Grafik 3.8. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Cd değerleri.



Grafik 3.9. ICP-MS ile her bir ölçüm günü için ppb (µg/L) cinsinden Pb değerleri.

3.2. Hastane Bilgi Sisteminden Alınan Veriler

Örneklerin toplandığı gün ve saatte hemogram tetkileri yapılan hastaların muayene oldukları poliklinikler ve hasta sayıları Tablo 3.2'de gösterilmiştir. 7 farklı zamanda hemogram cihazı atık su örneği 4 tekrarlı toplandı. Her ölçümde ağır metal içeriklerinin farklı olmasının, ölçümün yapıldığı gün, hemogram analizi yapılan hastaların kan numunelerindeki farklılıklar tespit edildi. 1. ölçümde dermatoloji polikliniğinden gelen hasta sayısı 26 iken, 4. ölçümde dermataloji polikliniğinden gelen hasta sayısı 2'dir.

Tablo 3.2. Hemogram Tetkileri Yapılan Hastaların Muayene Oldukları Poliklinikler ve Hasta Sayıları.

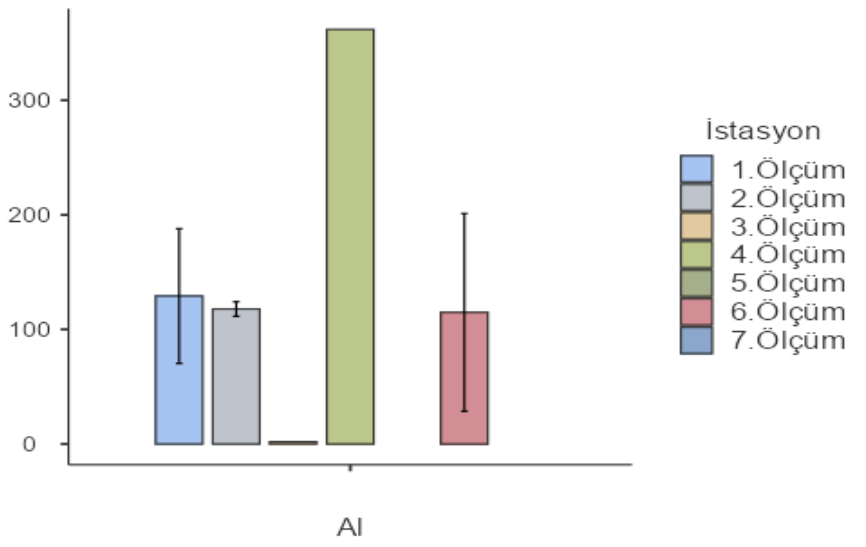
Poliklinik	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	6. Ölçüm	7. Ölçüm
Acil Tıp Polikliniği	6	9	11	13	7	10	9
Aile Hekimliği	4	7	5	1	7	2	3
Anesteziyoloji	2	1	3	4	5	2	0
Beyin ve Sinir Cerrahisi	5	6	5	5	5	15	5
Çocuk Acil	2	3	4	5	1	3	6
Çocuk Alerjisi	2	1	3	4	5	0	2
Çocuk Cerrahisi	3	0	3	2	3	0	2
Çocuk Endokrinolojisi	1	1	1	2	1	1	2
Çocuk Enfeksiyon	4	2	5	4	4	2	0
Çocuk Gastroenteroloji	13	11	5	10	15	7	16
Çocuk Kardiyoloji	7	2	8	0	6	4	3
Çocuk Nefrolojisi	12	10	13	11	9	7	5
Çocuk Nöroloji	6	3	5	1	5	3	2
Çocuk Onkolojisi	9	2	2	3	4	5	1
Çocuk Romatolojisi	4	9	6	8	17	10	7
Dermatoloji	26	16	5	2	8	6	13
Endokrinoloji ve Metabolizma	19	21	11	11	17	16	15
Enfeksiyon Hast.	7	11	12	25	30	10	8
Fizik Tedavi	13	10	4	6	11	7	7
Gastroentereloji	13	15	13	18	5	10	6
Genel Cerrahi	21	5	7	11	11	15	6
Göğüs Hast.	10	15	7	25	9	26	10
Göz Hast.	6	3	1	2	4	4	5
Hematoloji	14	9	18	10	10	14	9
İç Hastalıkları	19	6	4	12	3	9	10
Jineokoloji ve Onkoloji	2	2	1	0	1	1	0
Kadın Hast.	28	25	28	34	26	25	21
Kardiyoloji	16	16	11	13	11	11	6
Nefroloji	10	12	10	9	9	5	7
Nöroloji	12	10	11	14	9	10	8
Ortopedi	13	19	15	9	10	7	11
Plastik Cerrahi	3	2	7	2	2	2	1
Romatoloji	30	21	21	22	34	23	20
Tıbbi Onkoloji	17	14	20	17	13	14	12
Üroloji	9	6	8	3	7	7	6

3.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı'nda bulunan hemogram cihazı atık suyu örneklerinde ağır metal analizleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi'nde ICP-MS cihazı ile yapılmış ve sonuçlar ppb olarak elde edilmiştir. Her bir element için her ölçüm gününe ait medyan, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmış ve **Tablo 3.3 – 3.11**'de verilmiştir. Ayrıca her bir element için her ölçüm gününe ait ortalama standart sapma grafikleri **Grafik 3.10 – 3.18**'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Al elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

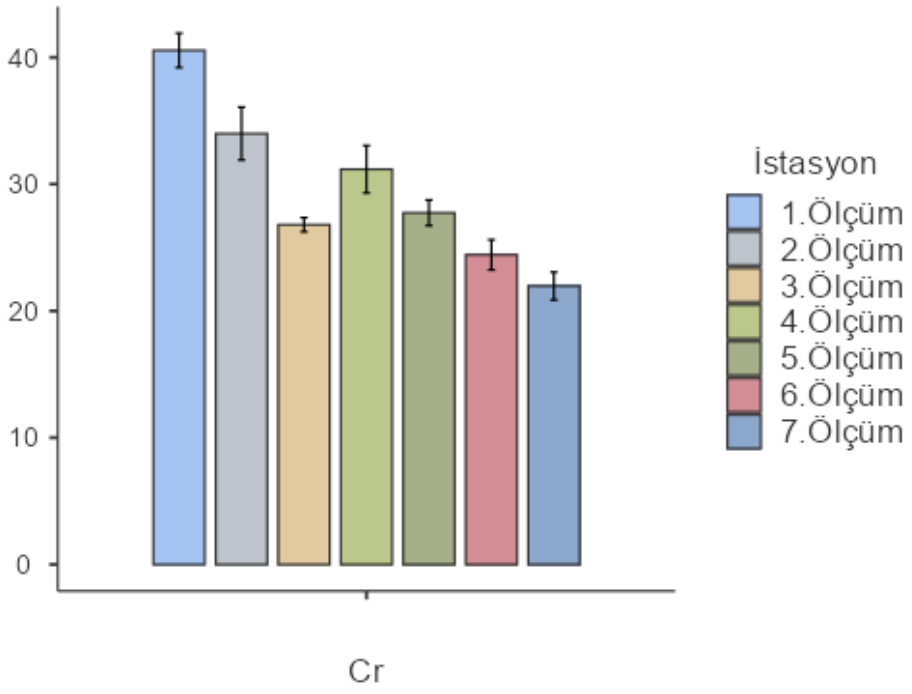
	129,1	70,3	187,9
	117,83	111,5	124,15
	1,9	1,9	1,9
	361,85	361,85	361,85
	NaN	NaN	NaN
	114, 85	28,6	201,1
	NaN	NaN	NaN



Grafik 3.10. Al elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.4. Cr elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

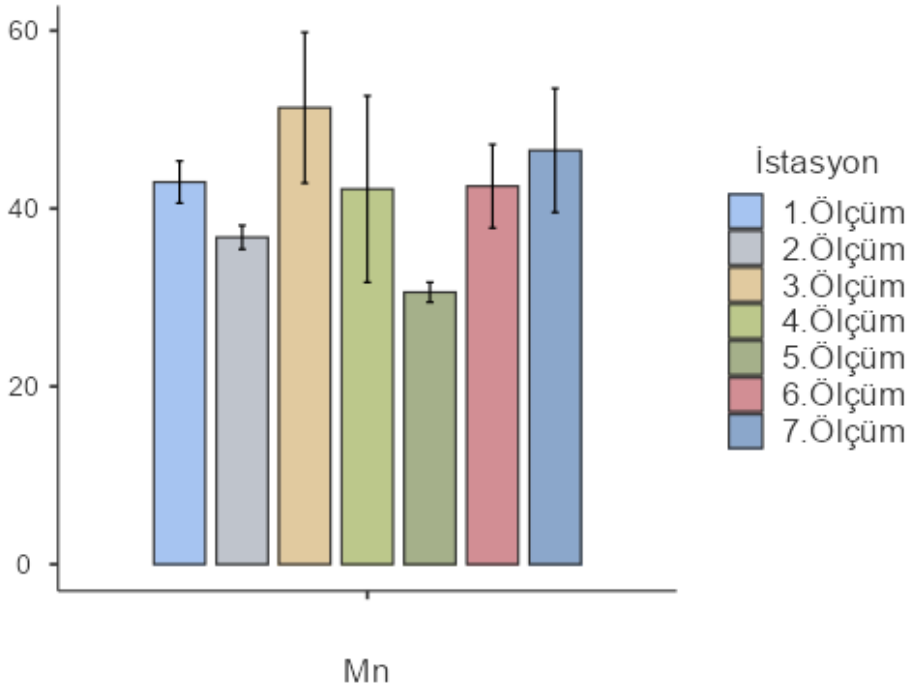
	41,05	37	43,1
	34,1	29,7	38,05
	27,13	25,2	27,75
	30,55	27,5	36,1
	27,8	25,2	30,15
	25,2	21	26,3
	22,73	18,85	23,55



Grafik 3.11. Cr elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.5. Mn elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

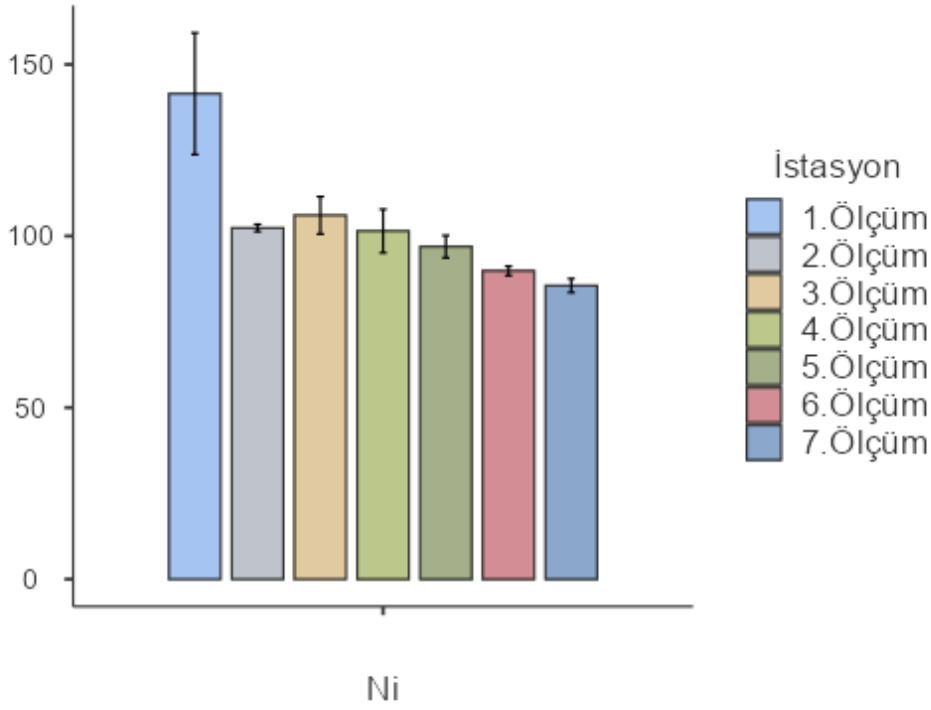
	42,88	37,65	48,5
	36,92	33,4	39,8
	52,08	32,15	69,05
	32,83	29,55	73,55
	31,58	27,25	31,95
	39,02	36	56
	51,65	26,05	56,8



Grafik 3.12. Mn elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.6. Ni elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

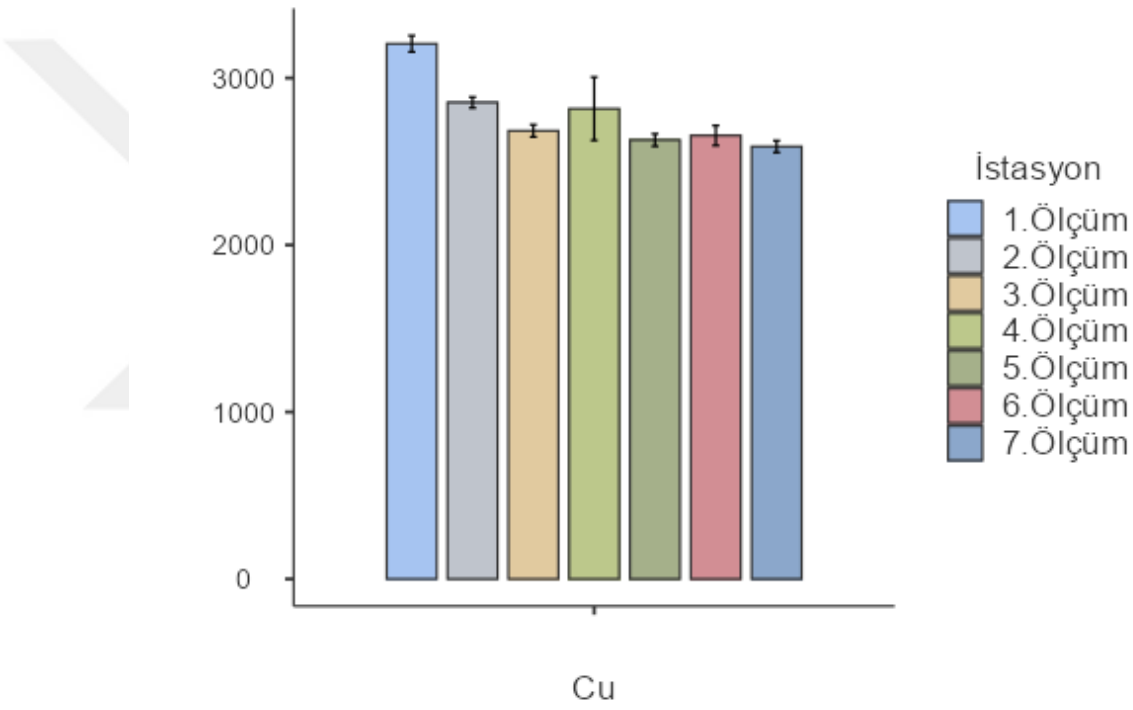
	138,15	109,25	180,35
	102,88	99,6	104,1
	101,9	98,4	121,95
	98,35	89,7	119,4
	96,8	89,05	105
	90,1	86,65	92,55
	84,58	82,15	90,95



Grafik 3.13. Ni elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.7. Cu elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

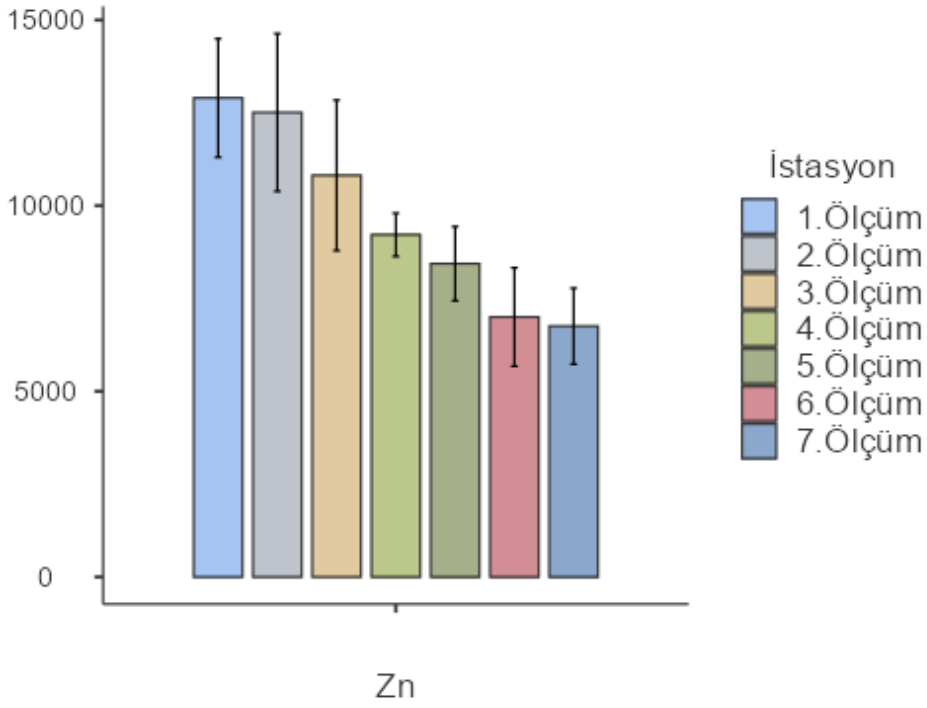
	3174,48	3127,6	3344,5
	2868,4	2765,25	2911,95
	2689,4	2607,55	2749,7
	2679,18	2540,5	3365,6
	2599,7	2577,2	2738,05
	2665,58	2519,9	2771,25
	2561,35	2541,7	2694,6



Grafik 3.14. Cu elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.8. Zn elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

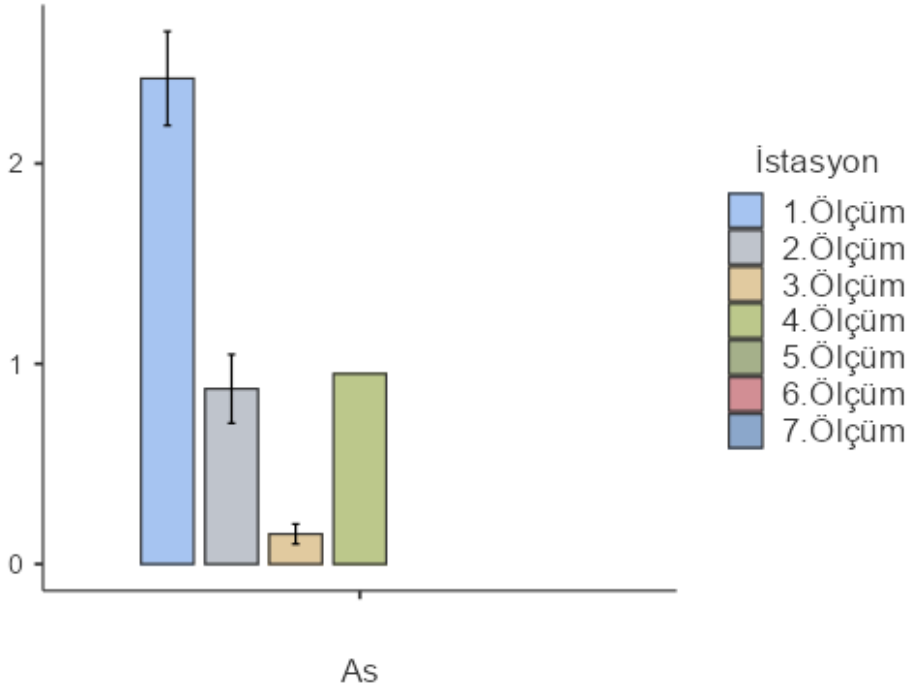
	13270,73	8663,95	16397,7
	12391,65	7439,65	17823,15
	10619,23	6880,05	15143,1
	9478,52	7582,45	10324,45
	9345	5449,45	9614,35
	5931,15	5212,55	10934,15
	6698,05	4852,7	8774,9



Grafik 3.15. Zn elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.9. As elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

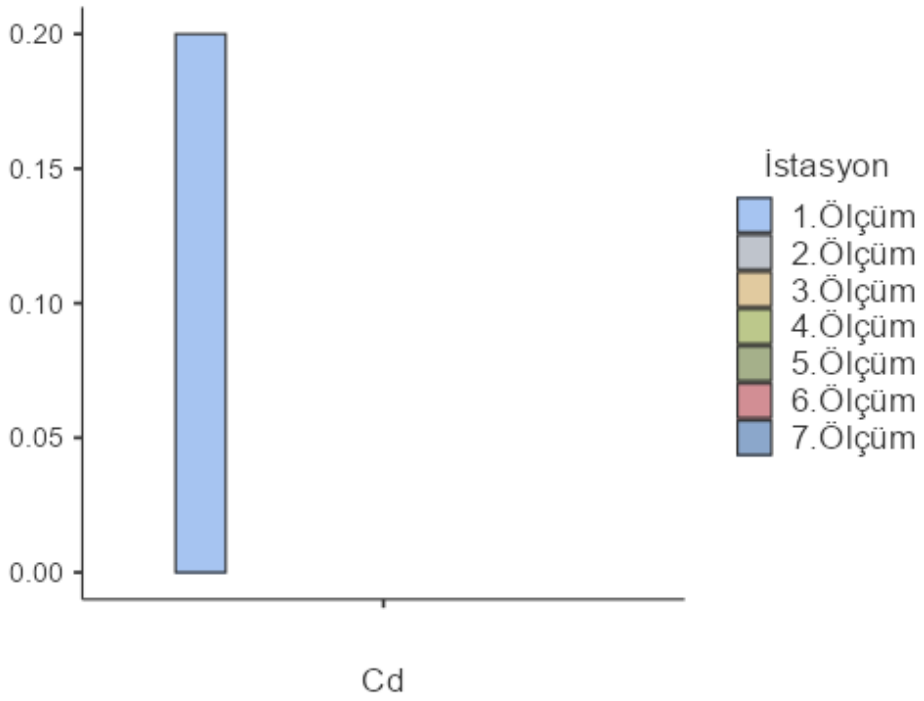
	2,48	1,85	2,9
	0,97	0,4	1,15
	0,15	0,1	0,2
	0,95	0,95	0,95
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN



Grafik 3.16. As elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.10. Cd elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

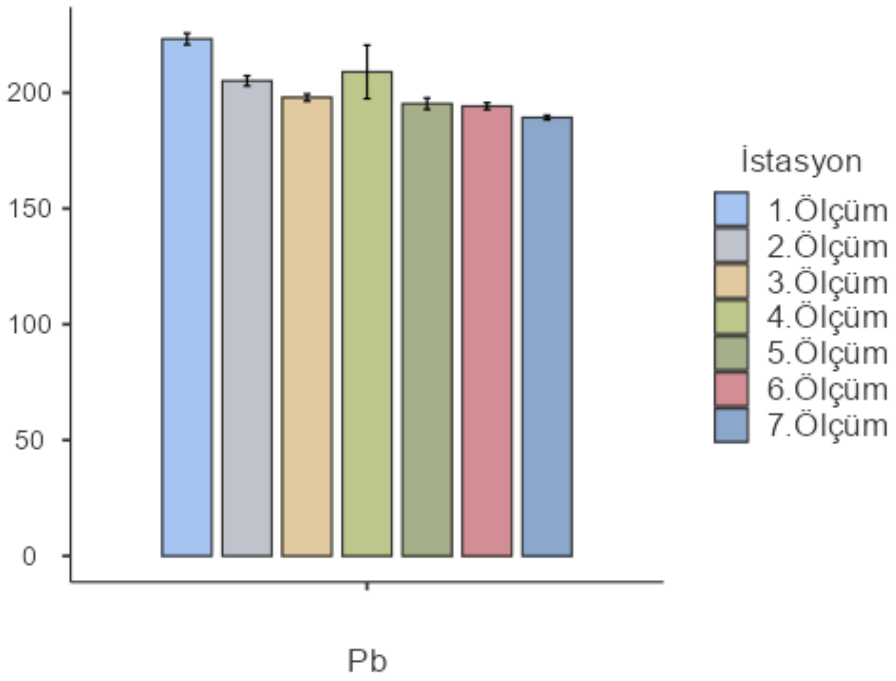
	0,2	0,2	0,2
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN
	NaN	NaN	NaN



Grafik 3.17. Cd elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Tablo 3.11. Pb elementinin her bir ölçüm günü için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

	223,05	217,55	229,35
	203,6	201,9	211,55
	198,13	194,25	201,25
	199,65	193,7	243,05
	196,18	188,6	200,25
	193,97	191,1	197,85
	189,18	187,45	191,4



Grafik 3.18. Pb elementinin 7 ölçüme ait ortalama standart sapma değerleri.

Her bir element için 7 ölçüm gününün ortalaması alınarak medyan, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak MKS değerleri ve MKS'den % sapma değerleri de Tablo 3.12'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre Al, As, Cr ve Cd elementlerinin MKS seviyelerinin altında kaldığı görülmüştür. Mn ve Ni elementleri MKS'nin üzerinde tespit edilirken, özellikle Cu, Zn, ve Pb elementleri MKS'nin çok çok üzerinde değerlerde tespit edilmiştir.

Tablo 3.12. Tüm ölçümler için Medyan, Minimum ve Maksimum değerleri.

Element					
	117,825	1,9	361,85	200	%32
	27,725	18,85	43,1	50	%41
	37,6	26,05	73,55	20	%109
Ni	98,9	82,15	180,35	20	%417
	2738,75	2519,9	3365,6	25	%11000
	9319,375	4852,7	17823,15	800	%1108
	1,1	0,1	2,9	50	%2528
	0,2	0,2	0,2	5	%96
	197,35	187,45	243,05	6	%3267

4. TARTIŞMA

Hastaneler mikro kirleticilerin önemli kaynaklarıdır: çok çeşitli mikro bulaşanlar bir yandan teşhis, laboratuvar ve araştırma faaliyetlerinden, diğer yandan hastalar tarafından ilaç atılımından kaynaklanır. İlaçların aktif prensiplerini ve metabolitlerini, kimyasalları, ağır metalleri, dezenfektanları, sterilizatörleri, endoskoplar ve diğer aletler için özel deterjanları, radyoaktif belirteçleri ve iyotlu kontrast maddeleri içerir. Ancak hastaneler tek kaynak değildir: geleneksel sistemler tarafından verimsiz bir şekilde uzaklaştırılmaları nedeniyle tüm atık su arıtma tesisi atıklarında ilaç kalıntıları bulunabilir. Ek olarak, çoğu AAT'de mikro kirleticilere yönelik önlemler ve izleme eylemleri iyi bir şekilde oluşturulmamıştır. Sonuç olarak, bu bileşiklerin birçoğu su ortamına karışabilir, vahşi yaşam için tehdit oluşturabilir ve içme suyu endüstrisi için sorun oluşturabilir. Su ortamında mikro kirleticilerin oluşumu sıklıkla kısa ve uzun vadeli toksisite, endokrin bozucu etkiler ve mikroorganizmaların antibiyotik direnci gibi bir dizi olumsuz etki ile ilişkilendirilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada amacımız; hemogram cihazı atık sularında bulunan bazı mikro kirleticilerin miktarını ICP-MS ile analiz etmektir.

2012 yılında yapılan bir çalışmada Lagos Nijerya'nın oldukça sanayileşmiş bir bölümünden alınan 50 sondaj suyu numunesi, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak ağır metal içeriği (Fe, Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, Al, Zn) açısından taranmıştır. Elde edilen sonuçlar, metallerin EPA ve WHO maksimum kirletici seviyesi (MCL) ile karşılaştırılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre, toplam numunenin %50'sini temsil eden 25 numunenin 24'ünde (%48), WHO ve EPA (%38) standartının üzerinde demir içerdiğini gözlemlemişlerdir. Numunelerin hiçbiri saptanabilir miktarlarda kadmiyum içermemiştir. 29 numunenin (%58) tümünde WHO ve EPA MCL'nin üzerindeki konsantrasyonlarda kurşun içerdiği gözlemlenmiştir. 5 numunenin (%10) tümünde WHO ve EPA MCL standartlarının altında alüminyum tespit edilmiştir. 49 numunede (%98) çinko tespit edilmiş ancak sadece iki numune (%4) MCL'nin üzerinde ve sadece %2'si EPA'nın üzerinde tespit edilmiştir. Bu çalışmada tespit edilen ağır metal seviyesine göre, su kaynaklarının birincil kaynağı yeraltı suyu olduğundan bu bölgede yaşayanlar için büyük bir sağlık sorunu oluşturduğu sonucuna varılmıştır (Ifegwu ve Anyakora 2012).

Hastane atık suları üzerinde analitik araştırmalar yapmak için izin almanın oldukça zor olması sebebiyle literatür verisi de azdır. Yapılan bir derlemede Verlicchi ve ark. daha önce yapılan çalışmalardaki hastane atık sularına (HWW) ve kentsel atık sulara (UWW) ait tüm verileri kullanarak, farklı bileşik sınıfları için ortalama konsantrasyonları rapor etmişlerdir. Veriler Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Bu verilere göre HWW'lerdeki ortalama konsantrasyonlar, UWW'lerdeki karşılık gelen ortalama konsantrasyonların yaklaşık 2-150 katıdır (Verlicchi ve ark 2010).

Tablo 4.1. HWW ve UWW'lerdeki farklı bileşik sınıfları için ortalama konsantrasyonlar (Verlicchi ve ark 2010).

Analjezikler, µg L $^{-1}$	100	11,9
Antibiyotikler, µg L $^{-1}$	11	1,17
Sitostatik, µg L $^{-1}$	24	2,97
ß -blokerler, µg L $^{-1}$	5.9	3,21
Hormonlar, µg L $^{-1}$	0.16	0,1
ICM, µg L $^{-1}$	1008	6,99
AOX, µg L $^{-1}$	1371	150
Gadolinyum, µg L $^{-1}$	32	0,7
Platin, µg L $^{-1}$	13	0,155
Cıva, µg L $^{-1}$	1.65	0,54

2010 yılında yapılan bir diğer çalışmada; Lagos'un orta sınıf mahallesindeki yeraltı sularının ağır metal kirliliği değerlendirilmiştir. Yaklaşık 49 kuyu ve sondaj suyu numunesi, Alüminyum, Kadmiyum ve Kurşun içerikleri için Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak analiz edilmiş ve seviyeleri WHO tarafından belirlenen maksimum kirletici seviyesi ile karşılaştırılmıştır. WHO'ya göre, Alüminyum, Kadmiyum ve Kurşun için Maksimum Kirletici Seviyesi (MCL) sırasıyla 0,2, 0,003 ve 0,01 mg/L'dir. Elde edilen sonuçlara göre analiz edilen numunelerin hiçbirinde MCL'nin üzerindeki konsantrasyonlarda Alüminyum bulunmadığı ancak analiz edilen numunelerin %93,88'inde metalin bulunduğu tespit edilmiştir. Numunelerin %38'inden fazlasında Kadmiyum tespit edilmiş ve numunelerin %32,65'inde MCL'nin üzerinde Kadmiyum konsantrasyonları gözlemlenmiştir. Numunelerin yaklaşık %60'ı saptanabilir Kurşun seviyesine sahipken, numunenin %36,73'ü MCL'nin üzerinde Kurşun konsantrasyonu

içermektedir. Genel olarak, analiz edilen tüm numunelerde (%97,96), her biri değişen konsantrasyonlarda incelenen üç ağır metalden bir veya daha fazlasını içerdiği görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu metallerin toksisitesi ve birçokları için bu ortamdaki su kaynaklarının tek kaynağının elle kazılmış kuyular ve sondajlar olduğu gerçeği göz önüne alındığında, bu popülasyon için önemli bir risk olduğunu göstermektedir (Momodu ve Anyakora 2010).

Yapılan araştırmalarda, Konya ilinden kaynaklanan atık suların, D.S.İ. sulama kanalı ile Tuz Gölü'ne kadar ulaştığı, sudaki ağır metal konsantrasyonlarının Tuz Gölünde ağır metal kirliliğine neden olduğu belirtilmiştir. Kalıpçı ve ark. yaptığı çalışmada; Konya Ana Tahliye Kanalı boyunca ağır metal parametrelerinin analizi yapılarak sonuçlar mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 2014 yılında 7 adet ölçüm istasyonundan; ilkbahar, yaz, sonbahar, kış olmak üzere alınan toplam 28 adet numunede 20 adet ağır metal (Ag, Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sn, Zn, B, Hg, P) parametresi araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre özellikle As, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn ve B parametrelerinin sonbahar döneminde, diğer mevsimlerden farklı olarak daha yüksek değerde olduğu gözlemlenmiştir. İlkbahar, yaz ve kış dönemlerindeki ağır metal konsantrasyonlarının ise genel olarak birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Kalıpçı ve Ceylan 2017).

Dikinya ve ark. yaptıkları bir çalışmada Botsvana, Gaborone Şehri yakınlarındaki Glen Valley'de zeytin, mısır, ıspanak ve domates gibi farklı mahsuller için yetiştirilen ikincil atık su ile sulanan topraklardaki ağır metal konsantrasyonunu analiz etmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışılan ekin arazileri, en az 3 yıl boyunca arıtılmış atık su sulama altında sürekli olarak ekilmiştir. Gıda ve tarım organizasyonuna dayalı olarak, bitkisel üretim için ağır metal eşik değerleri incelenmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre Glen Vadisi'ndeki atık su ile sulanan toprakların istenen seviyelerden daha yüksek miktarda Cd, Ni ve Cu'a sahip olduğunu, Pb, Zn ve Hg seviyelerinin ise bitkisel üretim için önerilen maksimum eşik değerlerinden daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Kontrol sahaları, topraklarda bu ağır metallerin bazılarının (örneğin Cu, Zn, Ni) doğal olarak yüksek olduğunu ve atık su sulama altında mahsul yetiştirmenin aslında ağır metal içeriğini düşürdüğünü göstermektedir. Mahsuller arasında karşılaştırma yapıldığında, Hg ve Cd seviyeleri mısırın altındaki topraklarda en yüksektir ve mısırdan ıspanağa,

zeytinden domatese ve kontrol bölgesine doğrusal olarak düşmektedir. Buna karşılık, diğer metallerin konsantrasyonları mısırda en düşük seviyededir ve daha sonra mısırdan ıspanağa, zeytinden domatese ve kontrol bölgesine doğru artar (Dikinya ve Areola 2010).

Yapılan bir diğer çalışmada, 5 belediye (Abarkuh, Ardakan, Meybod, Baf, Behabad) aktif çamur tesisinin her bir çamur arıtma adımından toplanan çamur örneklerine sıralı bir ekstraksiyon şeması uygulanmıştır. Al, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Ti ve Zn, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma atomik emisyon spektrometrisi ile çamur ekstraktlarında belirlenmiştir. Çamurun tarımsal amaçlarla kullanımına ilişkin mevcut uluslararası mevzuatla ilgili olarak, metal konsantrasyonlarının hiçbiri izin verilen maksimum seviyeleri aşmamıştır (Alvarez ve ark 2002).

2010 yılında Reza ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, ağır metal kirliliğine bağlı olarak nehir suyu kalitesindeki mevsimsel değişiklikleri ortaya çıkarmışlardır. Eser metal kontaminasyonunun kapsamını elde etmek için nehir ve kolları boyunca yaz ve kış mevsimlerinde 12 farklı yerden su örnekleri toplanmıştır. Cd, Cr, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb, Hg ve Zn gibi eser metallerin konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin çoğu Hindistan içme suyu standardı (IS: 10500) sınırları içinde bulunmuştur. Çalışma alanındaki örneklerin hiçbirinde cıva ve krom izlenememiştir (Reza ve Singh 2010).

Başka bir çalışmada 5 farklı şehirde 39 su kuyusundan alınan örneklerde As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin konsantrasyonu ppb cinsinden ölçülmüş, USEPA (2012), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2011) ve Kirlilik Kontrol Departmanı (PCD) (2000) kılavuzları ile karşılaştırılmıştır. 5 ilin 39 kuyu suyunda çalışılan metallerden As, Cd ve Hg metallerine hiçbir örnekte rastlanmamıştır. Ni, Ardakan kuyularında tanımlanamazken, Abarkuh, Meibod ve Bafgh yeraltı sularında Pb görülmemiştir. Toplamda As, Cd ve Hg, örneklerin hiçbirinde bulunmamıştır. Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn örneklerin %100'ünde görülmüştür. Numunelerin sırasıyla %58,92'sinde ve %10,25'inde Ni ve Pb bulunmuştur. İncelenen şehirlerdeki ağır metal konsantrasyonu sıralaması Tablo 4.2'de gösterilmiştir (Fallahzadeh ve ark 2017).

Tablo 4.2. İncelenen şehirlerdeki ağır metal konsantrasyonu sıralaması (Fallahzadeh ve ark 2017).

Abarkuh	Fe> Zn> Cu> Cr> Ni> Mn> Hg
Ardakan	Fe> Zn> Mn> Cu> Cr> Pb> Ni> Hg
Meybod	Fe> Zn> Cu> Cr> Ni> Mn> Hg
Baf	Fe> Zn> Mn> Cu> Cr> Ni> Hg
Behabad	Fe> Zn> Cu> Cr> Ni> Mn> Pb> Hg

Oluyemi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, Osun Eyaleti Yerel Yönetiminde su kalitesi incelemesi, 40 numunenin fiziko-kimyasal parametreleri belirlenerek yapılmıştır. Yerel Yönetim Bölgesi'ndeki büyük şehirlerden yüzey suyu, sondaj kuyuları, kuyular ve boru kaynaklı su örnekleri toplanmış ve analiz edilmiştir. Çözünmüş eser metaller (Cd, Pb, Mn, Zn, Cu, Cr ve Fe) için numunelerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik analizinin sonuçları, su numunesinin kaynağına bağlı olarak ortalama metal konsantrasyonunun aşağıdaki gibi büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir: Pb (0,29 ± 0,05 ila 6,69 ± 0,53 mg/L), Cd (0,77 ± 0,06 ila 2,24 ± 0,08 mg/L), Zn (0,03 ± 2,15 ila 0,22 ± 4,64 mg/L), Cu (0,18 ± 16,34 ila 0,41 ± 5,00 mg/L), Fe (6,00 ± 0,21 ila 31,75 ± 0,80 mg) /L) ve Mn (0,14 ± 6,12 ila 0,23 ± 99,11 mg/L). Fiziksel parametreler için elde edilen sonuçlar, birkaç istisna dışında hem ulusal hem de uluslararası kuruluşlar tarafından içme ve kullanma suyu için belirlenen limitleri aşmamıştır (Oluyemi ve ark 2010).

Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Fe ve Ni konsantrasyonları, Bangladeş'in bir sanayi bölgesinde ve çevresinde yetişen toprak ve sebzelerde yapılan bir çalışmada tahmin edilmiştir. Kirli sulama suyunda metal içerik sırası Fe> Cu> Zn> Cr> Pb> Ni> Cd olarak bulunurken, benzer bir desen Fe> Zn> Ni> Cr> Pb> Cu> Cd tarıma elverişli topraklarda da gözlenmiştir. Farklı kaynaklarda gözlenen metal seviyeleri WHO,

SEPA ile karşılaştırılmıştır. Sulama suyundaki ortalama Cu, Fe ve Cd konsantrasyonu ve topraktaki Cd içeriği önerilen seviyenin çok üzerinde tespit edilmiştir. İncelenen sebzelerde ağır metallerin birikimi (yüksek içerik sergileyen Cd hariç), önerilen maksimum tolere edilebilir seviyelerden daha düşük bulunmuştur. İncelenen hemen hemen tüm elementler için topraktan sebzelerin yenilebilir kısımlarına metal alımının ve translokasyon paterninin oldukça belirgin olduğu rapor edilmiştir (Ahmad ve Goni 2010).

Antalya'da yapılan bir çalışma ile ağır metallerin neden olduğu potansiyel kirlilik riskini değerlendirmek için Boğaçayı Nehri'nden toplanan 25 nehir suyu örneği analiz edilmiştir. As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr ve V konsantrasyonları, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS) ile belirlenmiştir. Örneklerde As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Sr konsantrasyonları bulunmasına rağmen Hg, V, Co ve Se konsantrasyonlarına rastlanmamıştır (Cengiz ve ark 2017).

Yapılan başka bir çalışmada mineralli bir bölge olan Dereli (Giresun) çevresindeki doğal sulardaki ağır metal konsantrasyonu belirlenmiştir. Ayrıca sulardaki çözünmüş metallerin konsantrasyonunu etkileyen fizikokimyasal parametreler (pH, Eh ve HCO 3 −) değerlendirilmiştir. Bazıları yerel halk tarafından içme, balık yetiştiriciliği ve hayvancılık için kullanılan dere, kaynak ve ana nehir sularından örnekler toplanmıştır. Mevcut veriler, su-kaya etkileşiminin bölgedeki suların kimyasal bileşimini kontrol eden ana süreç olduğunu göstermektedir. Sular ağırlıklı olarak $CaMgHCO^{-}_{3}$ alkali pH değerine sahiptir. Sulardaki ağır metal konsantrasyonları (Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, U, Cd, As, Hg, Sb, Ni, Co ve Ba) genel olarak düşük tespit edilmiştir. Dereli'nin Kotana ve Kurtulmuş mevkilerinin sularında bazı metallerin nispeten yüksek değerleri tespit edilmiştir. Bu sahalardaki nehir, akarsu ve kaynak suyu örneklerindeki Pb seviyeleri, doğal sular için literatürde bildirilen Pb değerlerinden biraz daha yüksekti. Ancak bu değerler, USEPA ve WHO tarafından önerilen Pb su sınır değerlerini çok az aşmıştır. Ayrıca, Pb dışındaki diğer ağır metallerin konsantrasyonları diğer doğal sularınkine oldukça benzerdi ve bu değerlerin de WHO ve USEPA tarafından belirlenen içme suyu limitlerinin altında olduğu gözlemlenmiştir (Kacmaz 2020).

Yapılan bir diğer çalışmada, yeraltı suyu örnekleri, maden arazisi içerisinden ve sahadan yarım kilometre uzaklıkta, uçucu kül dolgulu bir açık maden ocağının çevresinden toplanmıştır. Cu, Zn, Cd, Pb ve Cr gibi metallerin konsantrasyonlarının sürekli olarak içme suyu için izin verilen sınırın altında ancak Fe ve Mn konsantrasyonlarının izin verilen sınırın üzerinde olduğu gözlemlenmiştir (Prasad ve Sangita 2008).

Angelovičová ve ark. yaptıkları bir çalışmada eski bir maden sahasında toprak ve su ortamının ağır metallerle kirlenmesini ve toprak özelliklerine etkilerini belirlemişlerdir. Toprak örnekleri, çevresel bölgeselleşmeye göre çevresel olarak yüklü ve sağlıksız bir alan olarak sınıflandırılan Rudňany köyünden toplanmıştır. Kirlilik kaynağından farklı uzaklıkta bulunan sekiz sahada 2011 yılında toprak örnekleri toplanmıştır. Toprakta toplam ağır metal (Cu, Pb, Zn, Hg) içerikleri belirlenmiştir. Köyün içinden akan Rudniansky deresinden su örnekleri alınmıştır. Su numunelerinde ağır metallerin (Cu, Pb, Zn, Hg) içerikleri belirlenmiştir. Toprak ve sudaki yüksek ağır metal içeriği, ağırlıklı olarak Cu ve Hg üretimine odaklanan uzun vadeli madencilik ve eritme faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Çok sayıda atık malzeme yığını ve atık havuzları, bu kirleticiler bitkilerde birikip besin zincirine girebildikleri için çevre için büyük bir tehdit oluşturan ana kirletici kaynaklarıdır. Örneklenen topraklarda Cu ve Hg son derece yüksek ve limitlerin üzerinde değerler tespit edilmiştir. Jeobirikim indeksine göre, aşırı derecede kontamine olduğu belirlenen bazı toprak örnekleme alanlarında Cu ciddi bir kirletici olarak gösterilmiştir. Jeobirikim indeksi açısından, tüm örnekleme alanları Hg tarafından çok güçlü bir şekilde kirlenmiş olarak değerlendirilmiştir. Aynı kirlilik kaynağının muhtemel bir işareti olan, topraklardaki Zn, Pb ve Cu içerikleri arasında önemli bir pozitif korelasyon bulunmuştur. Topraklardaki ağır metal içeriğinin artmasıyla toprak enzimlerinin aktivitesi önemli ölçüde azalmıştır. Rudniansky deresinin sadece Cu ve Hg ile kirlendiği gözlemlenmiştir (Angelovičová ve Fazekašová 2014).

Giresun'da yapılan bir çalışmada farklı oto yıkama merkezlerinin atık su içeriğindeki Cd, As, Pb, Ni ve Cr metalleri indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile tayin edilmiştir. Analiz edilen atık su numuneleri için en yüksek metal konsantrasyonları; As (15,2 ±0,3 μg L^{-1}), Pb (26,9 ±0,4 μg L^{-1}), Ni (31,5 ±1,1 μg L^{-1}) ve Cr (9,8 ±0,4 μg L^{-1}) olarak tespit edilmiştir (Bahadır 2020).

Yaptığımız bu çalışmada amacımız, hemogram cihazı atık suyunda bazı ağır metallerin miktarını tayin etmekti. Bunun için 7 ayrı günde her güne ait 4 numune metalfree tüplere alındı ve ICP-MS cihazı ile ağır metal analizleri yapıldı. Elde ettiğimiz sonuçlara göre her element miktarının ölçüm günlerinde farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bunun da sebebi olarak ölçüm günlerinde, hemogram tahlili yapılan hastaların muayene oldukları polikliniklerin dağılımının, her ölçüm gününde farklı olması düşünülmektedir. Verlicchi ve ark.'larının yaptığı çalışmada da görüldüğü gibi hastane atık sularında bulunan ilaç kalıntıları kentsel atık sularda bulunan ilaç kalıntılarının 2-150 katıdır. Farklı hastalık sebebiyle farklı polikliniklere başvuran hastaların kullandıkları ilaçlar ve aldıkları tedaviler farklı olacağından vücut metabolitleri ve dolayısıyla kan örneklerinde bulunan mikro elementler de farklılık gösterecektir. Hastalıklara göre kullanılan ilaç grubu ve vücut tepkisi farklı olduğu için farklı polikliniklerden gelip hemogram tetkiki yapılan hastaların kan numuneleri, atık suda bulunan ağır metal içeriğini etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu sebeptendir ki farklı ölçüm günlerinde, analiz ettiğimiz ağır metallerin de miktarları farklı tespit edilmiştir. Genel tabloya bakacak olursak 7 ölçüm gününe ait ortalama değerlerde, literatür taraması sonucu elde ettiğimiz MKS değerlerine göre, Al, Cr ve Cd, As elementi bu seviyelerin altında tespit edilmiş ve toksik etki göstermeyeceği tahmin edilmektedir. Mn ve Ni elementleri MKS'nin üzerinde tespit edilirken, özellikle Cu, Zn, ve Pb elementleri MKS'nin çok çok üzerinde değerlerde tespit edilmiştir. MKS değerlerinin çok çok üzerinde tespit edilmesi ciddi tehlike arz etmektedir. Bakır aşırı biriktiğinde hücre zarları, DNA ve proteinler için toksik olabilmektedir. Akut Cu toksisitesi bir dizi patolojiye ve ciddi vakalarda ölüme neden olabilir. Kronik Cu toksisitesi, karaciğer hastalığına ve ciddi nörolojik kusurlara neden olabilir. Yüksek seruloplazminin belirli hastalıklar için bir risk faktörü olduğu kavramı ise tartışılmaktadır. Çinkonun hücre ölümünde belirgin bir rol oynadığı önemli bir organ beyindir. Serbest çinko birikimi ile iskemi veya travma sonucu sitotoksisite gelişebilir. Toksik bir metal iyonu olmaktan ziyade çinko, temel bir eser elementtir. Aşırı maruz kalma ile zehirlenme nadir olmakla birlikte, çinko eksikliği yaygındır ve büyüme, nöronal gelişim ve bağışıklık üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir. Fakat elde ettiğimiz sonuçlarda Zn seviyeleri MKS değerlerinin çok çok üzerinde tespit edilmiştir. Bu da Zn toksisitesine sebep olabilir. İnsan vücudunun kurşuna aşırı maruz kalması, nörolojik, kardiyovasküler, hematolojik ve üremeyle ilgili olabilen vücut işlevinin bozulmasına neden olur. Yüksek düzeyde kurşun içeren

kan, merkezi sinir sisteminin (MSS) yetersiz çalışmasına ve sonuçta esas olarak beyinciği etkileyen ensefalopati ve ödeme yol açar. Hamile kadınlarda vücuttaki yüksek miktarda kurşun düşüğe neden olabilir. Bu derece ciddi toksisiteye sahip bir ağır metalin atık suda MKS değerinin çok çok üzerinde tespit edilmesi endişe vericidir.

Hastanelerde bu tür bir çalışma yapılmadığı için karşılaştırma ve yorum yapma konusunda problem yaşamakla beraber, tespit edebildiğimiz kadarıyla çalışmalarda da bazı ağır metaller izin verilen konsantrasyonların üzerinde bulunmuştur. İnsanların evsel, sanayi ve tarım faaliyetleri atık sularda ağır metal konsantrasyonunu arttırmaktadır. Ciddi toksik etkileri olan bu ağır metallerin öncelikle atık hale dönüşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Konu ile ilgili farkındalık oluşturularak söz konusu tetkik, labaratuvar uygulamları vs gibi atık oluşumunu sağlayacak etmenlerin azaltılması için gerekli olmadıkça fazla tetkik yapmanın önüne geçilmelidir. Diğer aşama cihaz kaynaklı problemler mevcut ise cihaz fitrelenmeli veya hastane atık sularında uygun arıtma sistemleri ile arıtılıp daha sonra deşarj edilmelidir. Son aşamada AAT ne gelen atıklar içindeki Mikrokirleticilerin bertarafı için en uygun olan proses seçilmelidir. Aktif karbon adsorpsiyonu, gelişmiş oksidasyon süreçleri, nanofiltrasyon, ters ozmoz ve membran biyoreaktörler gibi gelişmiş arıtma süreçleri, daha yüksek ve daha tutarlı mikro kirletici giderimi sağlayabilir. Ancak hangi teknoloji kullanılırsa kullanılsın, mikro kirleticilerin uzaklaştırılması, mikro kirleticilerin fiziko-kimyasal özelliklerine ve arıtma koşullarına bağlıdır. Atık sulardan mikro kirleticilerin uzaklaştırılmasının değerlendirilmesi, kaynaklardan son kullanımlara kadar bir dizi yönü kapsamalıdır. Mikro kirleticilerin serbest bırakılmasından sonra, alıcı ortam üzerindeki etkilerini etkili bir şekilde tahmin etmek için yüzey sularındaki akıbetlerinin daha iyi anlaşılması ve modellenmesi esastır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda atık sularda, yüzey sularında ve yeraltı sularında ortaya çıkan endişe verici bazı kirleticiler, yüzey suyu, yeraltı suyu ve hatta içme suyu gibi hayati su kompartımanlarında, birkaç ng L^{-1} - µg L^{-1} arasındaki konsantrasyonlarda bulunur ve su kalitesi üzerinde olumsuz etkisi vardır. Ortaya çıkan kirleticiler olarak da adlandırılan mikro kirleticiler, geniş ve genişleyen bir dizi antropojenik ve aynı zamanda doğal maddelerden oluşur. Binlerce organik mikro kirletici ve bunların dönüşüm ürünleri suda oluşur. Çevrede organik mikro kirleticilerin oluşumu, potansiyel ekolojik riskleri nedeniyle küresel bir endişe kaynağı haline gelmiştir.

Yapılan çalışmalarda çeşitli bölgelerin çeşitli noktalarından alınan atık su örneklerinde bazı ağır metallerin izin verilen konsantrasyonların üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ağır metallerin çevreye ve insan sağlığına ciddi toksik etkileri olduğu bilinmektedir. Yaptığımız çalışmada da 10 farklı ağır metalin miktar analizi ICP-MS ile yapılmış ve sonuçlar ppb cinsinden elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ölçümlerin hiçbirinde Vanadyum'a rastlanmamıştır. Al, Cr, As ve Cd elementlerinin miktarları MKS'nin altında tespit edilmiştir. Buna rağmen Mn, Ni elementleri MKS'nin üzerinde, Pb, Zn ve Cu elementleri ise MKS'nin çok çok üzerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak hemogram cihazı atık sularında bulunan, ciddi toksik etkileri olan bu ağır metallerin öncelikle atık hale dönüşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Konu ile ilgili farkındalık oluşturularak söz konusu tetkik, labaratuvar uygulamları vs gibi atık oluşumunu sağlayacak etmenlerin azaltılması için gerekli olmadıkça fazla tetkik yapmanın önüne geçilmelidir. Diğer aşamada cihaz kaynaklı problemler mevcut ise cihaz fitrelenmeli veya hastane atık sularında uygun arıtma sistemleri ile arıtılıp daha sonra deşarj edilmelidir. Son aşamada AAT'ne gelen atıklar içindeki Mikrokirleticilerin bertarafı için en uygun olan proses seçilmelidir. Deşarj edilmeden önce aktif karbon adsorpsiyonu, gelişmiş oksidasyon süreçleri, nanofiltrasyon, ters ozmoz ve membran biyoreaktörler gibi gelişmiş arıtma süreçlerini izlemesi gerektiği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abdul KSM, Jayasinghe SS, Chandana EP, Jayasumana C, De Silva PMC, 2015. Arsenic and human health effects: A review. Environmental toxicology and pharmacology, 40, 3, 828-46.

Agnew UM, Slesinger TL, 2020. Zinc toxicity.

Ahmad JU, Goni MA, 2010. Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh. Environmental monitoring and assessment, 166, 1, 347-57.

Akküçük U. 2011. VERİ Madenciliği Kümeleme Ve Siniflama Algoritmalari, Yalin Yayincilik, İstanbul.

Almahmoudy A, 2005. Determination of chrome in drinking water.

Almeida C, Madureira M, Bonilla S, Giannetti B, 2013. Assessing the replacement of lead in solders: effects on resource use and human health. Journal of Cleaner Production, 47, 457-64.

Alvarez EA, Mochón MC, Sánchez JJ, Rodríguez MT, 2002. Heavy metal extractable forms in sludge from wastewater treatment plants. Chemosphere, 47, 7, 765-75.

Ammann AA, Macikova P, Groh KJ, Schirmer K, Suter MJ, 2014. LC-MS/MS determination of potential endocrine disruptors of cortico signalling in rivers and wastewaters. Analytical and bioanalytical chemistry, 406, 29, 7653-65.

Angelovičová L, Fazekašová D, 2014. Contamination of the soil and water environment by heavy metals in the former mining area of Rudňany (Slovakia). Soil and water research, 9, 1, 18-24.

Araya M, Olivares M, Pizarro F, 2007. Copper in human health. International Journal of Environment and Health, 1, 4, 608-20.

Araya M, Pizarro F, Olivares M, Arredondo M, Gonzalez M, Méndez M, 2006. Understanding copper homeostasis in humans and copper effects on health. Biological research, 39, 1, 183-7.

Avila DS, Puntel RL, Aschner M, 2013. Manganese in health and disease. Interrelations between essential metal ions and human diseases, 199-227.

Babel S, Kurniawan TA, 2003. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. Journal of hazardous materials, 97, 1-3, 219-43.

Bahadır Z, 2020. Atık Su Örneklerinde Bazı Ağır Metallerin İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi ile (ICP-MS) Tayini. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 5, 1, 56-60.

Barbosa MO, Moreira NF, Ribeiro AR, Pereira MF, Silva AM, 2016. Occurrence and removal of organic micropollutants: An overview of the watch list of EU Decision 2015/495. Water research, 94, 257-79.

Batayneh A, 2012. Toxic (aluminum, beryllium, boron, chromium and zinc) in groundwater: health risk assessment. International journal of environmental science and technology, 9, 1, 153-62.

Ben W, Zhu B, Yuan X, Zhang Y, Yang M, Qiang Z, 2018. Occurrence, removal and risk of organic micropollutants in wastewater treatment plants across China: Comparison of wastewater treatment processes. Water research, 130, 38-46.

Benner J, Helbling DE, Kohler H-PE, Wittebol J, Kaiser E, Prasse C, Ternes TA, Albers CN, Aamand J, Horemans B, 2013. Is biological treatment a viable alternative for micropollutant removal in drinking water treatment processes? Water research, 47, 16, 5955-76.

Buxton S, Garman E, Heim KE, Lyons-Darden T, Schlekat CE, Taylor MD, Oller AR, 2019. Concise review of nickel human health toxicology and ecotoxicology. Inorganics, 7, 7, 89.
Cengiz MF, Kilic S, Yalcin F, Kilic M, Yalcin MG, 2017. Evaluation of heavy metal risk potential in Bogacayi River water (Antalya, Turkey). Environmental monitoring and assessment, 189, 6, 248.
Cesaro A, Belgiorno V, 2016. Removal of endocrine disruptors from urban wastewater by advanced oxidation processes (AOPs): a review. The Open Biotechnology Journal, 10, 1.
Çoban A, Türkdoğan F, Demir G, 2010. Organohalojenlerin Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi ve Giderim Yöntemleri.
Daughton CG, 2003. Cradle-to-cradle stewardship of drugs for minimizing their environmental disposition while promoting human health. I. Rationale for and avenues toward a green pharmacy. Environmental Health Perspectives, 111, 5, 757-74.
Debnath B, Singh WS, Manna K, 2019. Sources and toxicological effects of lead on human health. Indian Journal of Medical Specialities, 10, 2, 66.
Demir A, Arisoy M, 2007. Biological and chemical removal of Cr (VI) from waste water: cost and benefit analysis. Journal of Hazardous Materials, 147, 1-2, 275-80.
Dikinya O, Areola O, 2010. Comparative analysis of heavy metal concentration in secondary treated wastewater irrigated soils cultivated by different crops. International Journal of Environmental Science & Technology, 7, 2, 337-46.
Dobson AW, Erikson KM, Aschner M, 2004. Manganese neurotoxicity. ANNALS-NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES, 115-28.
El Hammoudani Y, Dimane F, 2020. Assessing behavior and fate of micropollutants during wastewater treatment: Statistical analysis. Environmental Engineering Research, 26, 5.
Emmanuel E, Keck G, Blanchard J-M, Vermande P, Perrodin Y, 2004. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. Environment international, 30, 7, 891-900.
Emmanuel E, Pierre MG, Perrodin Y, 2009. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers. Environment international, 35, 4, 718-26.
Escher BI, Allinson M, Altenburger R, Bain PA, Balaguer P, Busch W, Crago J, Denslow ND, Dopp E, Hilscherova K, 2014. Benchmarking organic micropollutants in wastewater, recycled water and drinking water with in vitro bioassays. Environmental science & technology, 48, 3, 1940-56.
Fallahzadeh RA, Ghaneian MT, Miri M, Dashti MM, 2017. Spatial analysis and health risk assessment of heavy metals concentration in drinking water resources. Environmental Science and Pollution Research, 24, 32, 24790-802.
Fent K, Weston AA, Caminada D, 2006. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. Aquatic toxicology, 76, 2, 122-59.
Gajadhar T, Lara A, Sealy P, Adesiyun AA, 2003. Microbial contamination of disinfectants and antiseptics in four major hospitals in Trinidad. Revista Panamericana de Salud Publica, 14, 193-9.

Genchi G, Carocci A, Lauria G, Sinicropi MS, Catalano A, 2020. Nickel: Human health and environmental toxicology. International journal of environmental research and public health, 17, 3, 679.

Godt J, Scheidig F, Grosse-Siestrup C, Esche V, Brandenburg P, Reich A, Groneberg DA, 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of occupational medicine and toxicology, 1, 1, 1-6.

Goswami L, Kumar RV, Borah SN, Manikandan NA, Pakshirajan K, Pugazhenthi G, 2018. Membrane bioreactor and integrated membrane bioreactor systems for micropollutant removal from wastewater: a review. Journal of water process engineering, 26, 314-28.

Grandclément C, Seyssiecq I, Piram A, Wong-Wah-Chung P, Vanot G, Tiliacos N, Roche N, Doumenq P, 2017. From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: a review. Water research, 111, 297-317.

Grassi M, Rizzo L, Farina A, 2013. Endocrine disruptors compounds, pharmaceuticals and personal care products in urban wastewater: implications for agricultural reuse and their removal by adsorption process. Environmental Science and Pollution Research, 20, 6, 3616-28.

Halling-Sørensen B, Nielsen SN, Lanzky P, Ingerslev F, Lützhøft HH, Jørgensen S, 1998. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment-A review. Chemosphere, 36, 2, 357-93.

Han J-X, Shang Q, Du Y, 2009. Effect of environmental cadmium pollution on human health. Health, 1, 03, 159.

Hu H, 2002. Human health and heavy metals exposure. Life support: the environment and human health. MIT Press, Cambridge, 65-82.

Ifegwu C, Anyakora C, 2012. Screen for eight heavy metals from groundwater samples from a highly industrialized area in Lagos, Nigeria. African Journal of Pharmaceutical Sciences and Pharmacy, 3, 1.

Itzel F, Jewell KS, Leonhardt J, Gehrmann L, Nielsen U, Ternes TA, Schmidt TC, Tuerk J, 2018. Comprehensive analysis of antagonistic endocrine activity during ozone treatment of hospital wastewater. Science of the total environment, 624, 1443-54.

Jamil S, Loganathan P, Kazner C, Vigneswaran S, 2015. Forward osmosis treatment for volume minimisation of reverse osmosis concentrate from a water reclamation plant and removal of organic micropollutants. Desalination, 372, 32-8.

Kacmaz H, 2020. Assessment of heavy metal contamination in natural waters of Dereli, Giresun: an area containing mineral deposits in northeastern Turkey. Environmental monitoring and assessment, 192, 2, 1-12.

Kalıpçı E, Ceylan Z, 2017. Konya ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin izlenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 8, 3, 649-58.

Karim N, 2018. Copper and human health-a review. Journal of Bahria University Medical and Dental College, 8, 2, 117-22.

Khetan SK, Collins TJ, 2007. Human pharmaceuticals in the aquatic environment: a challenge to green chemistry. Chemical reviews, 107, 6, 2319-64.

Kümmerer K, 2001. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources–a review. Chemosphere, 45, 6-7, 957-69.

Kümmerer K, Al-Ahmad A, Mersch-Sundermann V, 2000. Biodegradability of some antibiotics, elimination of the genotoxicity and affection of wastewater bacteria in a simple test. Chemosphere, 40, 7, 701-10.

Kümmerer K, Al-Ahmad A, 1997. Biodegradability of the anti-tumour agents 5-fluorouracil, cytarabine, and gemcitabine: Impact of the chemical structure and synergistic toxicity with hospital effluent. Acta hydrochimica et hydrobiologica, 25, 4, 166-72.

Kümmerer K, Erbe T, Gartiser S, Brinker L, 1998. AOX—Emiissions from hospitals into municipal waste water. Chemosphere, 36, 11, 2437-45.

La Farre M, Pérez S, Kantiani L, Barceló D, 2008. Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 27, 11, 991-1007.

Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J, Wang F, Brookes PC, 2013. Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: a multi-medium analysis. Science of the Total Environment, 463, 530-40.

Luo Y, Guo W, Ngo HH, Nghiem LD, Hai FI, Zhang J, Liang S, Wang XC, 2014. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. Science of the total environment, 473, 619-41.

Mahurpawar M, 2015. Effects of heavy metals on human health. International Journal of Research-Granthaalayah, 3, 9SE, 1-7.

Margot J, Kienle C, Magnet A, Weil M, Rossi L, De Alencastro LF, Abegglen C, Thonney D, Chèvre N, Schärer M, 2013. Treatment of micropollutants in municipal wastewater: ozone or powdered activated carbon? Science of the total environment, 461, 480-98.

Martin S, Griswold W, 2009. Human health effects of heavy metals. Environmental Science and Technology briefs for citizens, 15, 1-6.

Mazumder DG, 2008. Chronic arsenic toxicity & human health. Indian J Med Res, 128, 4, 436-47.

Miah MR, Ijomone OM, Okoh CO, Ijomone OK, Akingbade GT, Ke T, Krum B, da Cunha Martins Jr A, Akinyemi A, Aranoff N, 2020. The effects of manganese overexposure on brain health. Neurochemistry international, 135, 104688.

Momodu M, Anyakora C, 2010. Heavy metal contamination of ground water: The Surulere case study. Res J Environ Earth Sci, 2, 1, 39-43.

Mompelat S, Le Bot B, Thomas O, 2009. Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. Environment international, 35, 5, 803-14.

Monarca S, Feretti D, Collivignarelli C, Guzzella L, Zerbini I, Bertanza G, Pedrazzani R, 2000. The influence of different disinfectants on mutagenicity and toxicity of urban wastewater. Water Research, 34, 17, 4261-9.

Nayak P, 2002. Aluminum: impacts and disease. Environmental research, 89, 2, 101-15.

Nordberg GF, Bernard A, Diamond GL, Duffus JH, Illing P, Nordberg M, Bergdahl IA, Jin T, Skerfving S, 2018. Risk assessment of effects of cadmium on human health (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 90, 4, 755-808.

Nriagu J, 2007. Zinc toxicity in humans. School of Public Health, University of Michigan, 1-7.

Oluyemi E, Adekunle A, Adenuga A, Makinde W, 2010. Physico-chemical properties and heavy metal content of water sources in Ife North Local Government Area of Osun State, Nigeria. African Journal of Environmental Science and Technology, 4, 10, 691-7.

Osińska E, Kanoniuk D, Kusiak A. Aluminum hemotoxicity mechanisms. Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Sectio D: Medicina, 411-6.

Plum LM, Rink L, Haase H, 2010. The essential toxin: impact of zinc on human health. International journal of environmental research and public health, 7, 4, 1342-65.

Prasad B, Sangita K, 2008. Heavy metal pollution index of ground water of an abandoned open cast mine filled with fly ash: a case study. Mine water and the Environment, 27, 4, 265-7.

Reza R, Singh G, 2010. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. International journal of environmental science & technology, 7, 4, 785-92.

Salam OEA, Reiad NA, ElShafei MM, 2011. A study of the removal characteristics of heavy metals from wastewater by low-cost adsorbents. Journal of Advanced Research, 2, 4, 297-303.

Santos-Burgoa C, Rios C, Mercado LA, Arechiga-Serrano R, Cano-Valle F, Eden-Wynter RA, Texcalac-Sangrador JL, Villa-Barragan JP, Rodriguez-Agudelo Y, Montes S, 2001. Exposure to manganese: health effects on the general population, a pilot study in central Mexico. Environmental research, 85, 2, 90-104.

Singh J, Kalamdhad AS, 2011. Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life. International journal of Research in Chemistry and Environment, 1, 2, 15-21.

Singh N, Kumar D, Sahu AP, 2007. Arsenic in the environment: effects on human health and possible prevention. Journal of environmental biology, 28, 2, 359.

Snyder SA, Westerhoff P, Yoon Y, Sedlak DL, 2003. Pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disruptors in water: implications for the water industry. Environmental engineering science, 20, 5, 449-69.

Stern BR, Solioz M, Krewski D, Aggett P, Aw T-C, Baker S, Crump K, Dourson M, Haber L, Hertzberg R, 2007. Copper and human health: biochemistry, genetics, and strategies for modeling dose-response relationships. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 10, 3, 157-222.

Sütçü F, Karagözoğlu B, 2013. "Elektrokimyasal Yöntemlerle Sızıntı Sularında Aox (Adsorblanabilir Organik Halojenler) Ve Koi" Giderimi.

Ternes T, Joss A, 2007. Human pharmaceuticals, hormones and fragrances, IWA publishing, p.

Uriu-Adams JY, Keen CL, 2005. Copper, oxidative stress, and human health. Molecular aspects of medicine, 26, 4-5, 268-98.

Verlicchi P, Galletti A, Petrovic M, Barceló D, 2010. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. Journal of hydrology, 389, 3-4, 416-28.

Wachtman JB, 2009. Materials and Equipment-Whitewares Manufacturing, John Wiley & Sons, p.

Wang Y, Gao W, Wang Y, Jiang G, 2019. Suspect screening analysis of the occurrence and removal of micropollutants by GC-QTOF MS during wastewater treatment processes. Journal of hazardous materials, 376, 153-9.

Williams M, Todd GD, Roney N, Crawford J, Coles C, McClure PR, Garey JD, Zaccaria K, Citra M, 2013. Toxicological profile for manganese.

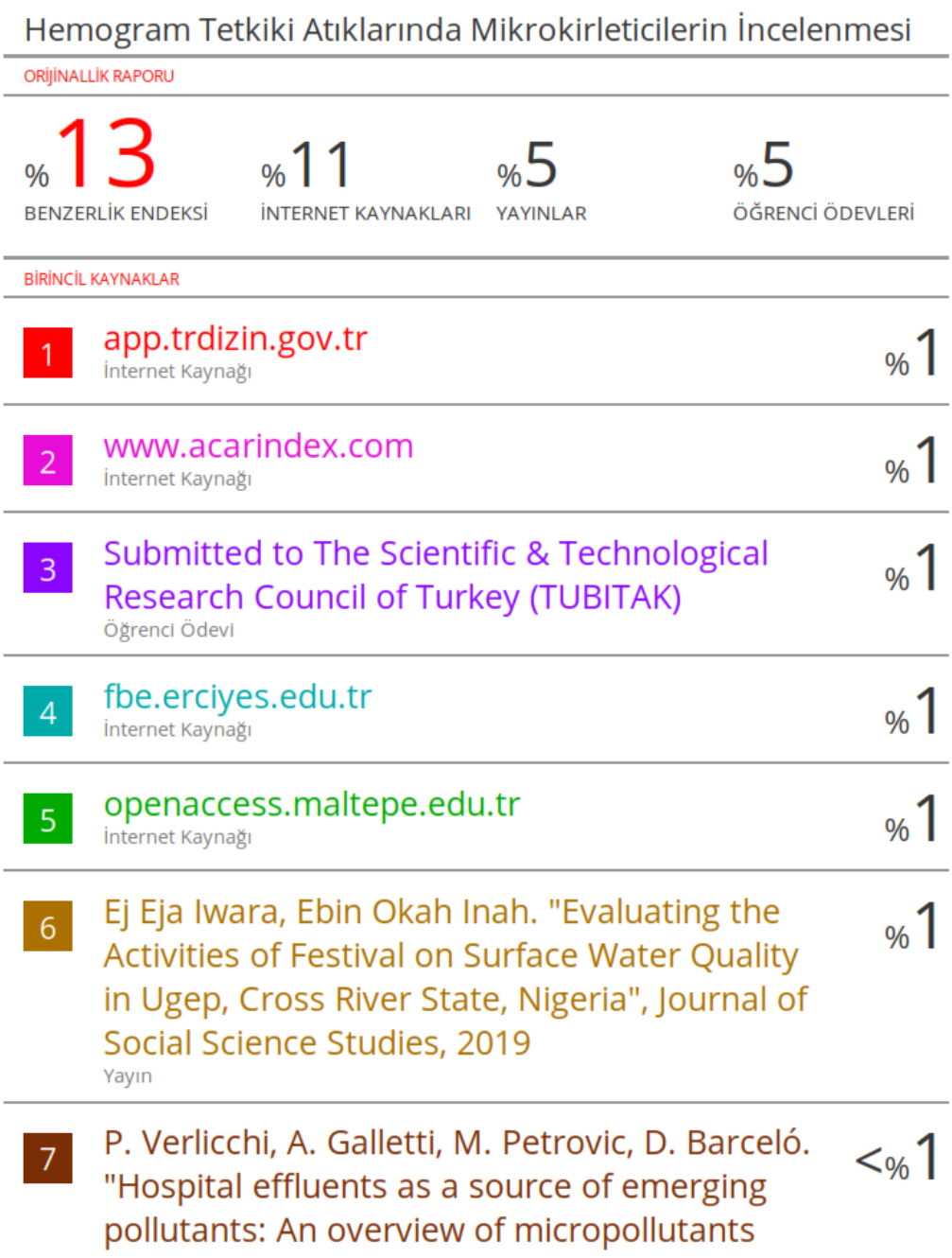
Yang J, Teng Y, Wu J, Chen H, Wang G, Song L, Yue W, Zuo R, Zhai Y, 2017. Current status and associated human health risk of vanadium in soil in China. Chemosphere, 171, 635-43.

Yeganeh M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh A-H, Khodakarami L, Amini M, Soffyanian A-R, Schulin R, 2013. Mapping of human health risks arising from soil nickel and mercury contamination. Journal of hazardous materials, 244, 225-39.

Zambelli B, Ciurli S, 2013. Nickel and human health. Interrelations between essential metal ions and human diseases, 321-57.

Zhao M, Xu Y, Zhang C, Rong H, Zeng G, 2016. New trends in removing heavy metals from wastewater. Applied microbiology and biotechnology, 100, 15, 6509-18.

EK B. Turnitin Raporu



Hemogram Tetkiki Atıklarında Mikrokirleticilerin İncelenmesi

ORİJİNALLİK RAPORU

%13	%11	%5	%5
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	app.trdizin.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
2	www.acarindex.com İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%1
4	fbe.erciyes.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
5	openaccess.maltepe.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
6	Ej Eja Iwara, Ebin Okah Inah. "Evaluating the Activities of Festival on Surface Water Quality in Ugep, Cross River State, Nigeria", Journal of Social Science Studies, 2019 Yayın	%1
7	P. Verlicchi, A. Galletti, M. Petrovic, D. Barceló. "Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants	<%1