T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEMEL ECZACILIK BİLİMLERİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Gülay ŞEREN

İSTANBUL BÖLGESİ ŞEHİR SUYU ÖRNEKLERİNDE BAZI ESER ELEMENTLERİN İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROMETRİ İLE İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Çiğdem OKURLAR DENKTAŞ

Referans no: 10269173

EDİRNE-2022

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEMEL ECZACILIK BİLİMLERİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Gülay ŞEREN

İSTANBUL BÖLGESİ ŞEHİR SUYU ÖRNEKLERİNDE BAZI ESER ELEMENTLERİN İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROMETRİ İLE İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Çiğdem OKURLAR DENKTAŞ

Destekleyen Kurum:

Tez no:

EDİRNE-2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisi ve tecrübesinden yararlandığım, insani değerlerini ve eğitimci kişiliğini örnek edindiğim, tez çalışmam boyunca öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Gülay ŞEREN'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VE AMAÇ 1

GENEL BİLGİLER 2

- **SU VE ÖNEMİ** 2
- **ESER ELEMENTLER** 4
- **ESER ELEMENTLERİN ANALİZ YÖNTEMLERİ** 8

GEREÇ VE YÖNTEMLER 20

BULGULAR 24

TARTIŞMA VE SONUÇ 38

ÖZET 41

SUMMARY 43

KAYNAKLAR 45

ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ 48

ÖZGEÇMİŞ 51

SİMGE VE KISALTMALAR

AAS: Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi

AES: Atomik Emisyon Spektroskopisi

EPA: The Environmental Protection Agency

ICP- OES: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi

ICP-MS: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri

LOD: Limit of Detection-Tayin Sınırı

LOQ: Limit of Quantification -Kantitatif Sınır

WHO: World Health Organization

DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ VE AMAÇ

Ağır metallerin vücut veya diğer organlar üzerinde önemli yan etkileri vardır ve nörolojik, nefrolojik, kanserojen, teratojenik ve immünolojik sorunlara neden olurlar. İnsanlar solunum, yeme ve içme yoluyla ağır metallere maruz kalmaktadır. Özellikle içme suyunun elde edildiği su kaynakları, insan vücudundaki ağır metal kirliliği kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle ağır metaller çok düşük seviyelerde dahi olsa tüm dünyada ve Türkiye'de büyük bir endişe kaynağıdır.

Su tüm canlıların yaşayabilmesi için vazgeçilmez temel maddelerden biri olup çevresel kirliliğin de en önemli belirteçlerindendir. Su kirliliğinin başlıca sebepleri arasında endüstriyel atıklar, evsel atıklar, tarımsal kirlenme yer almaktadır. Endüstriyel atıklar; arıtılmadan doğrudan su kaynaklarıyla karışarak veya dolaylı yoldan endüstriyel atığın topraklarda birikip yağmur suları ile birleşerek yer altı sularına karışması şeklinde olabilmekte ve birçok canlının ölümüne yol açabilmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında belirlenen istasyonlardan toplanan ve içme/kullanım amacıyla tüketilen şehir suyu örneklerindeki bazı eser element içeriklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada belirlenen istasyonlardan 50 adet şehir suyu numunesi alınarak örneklerindeki elementleri inorganik ortama almak amacıyla nitrik asit ilave edilmiş ve analiz öncesi uygun saklama koşullarında muhafaza edilmiştir. Su örneklerindeki eser elementler Environmental Protection Agency (EPA) 200.8 metoduna göre İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrofotometre (ICP-MS) cihazı ile tayin edilmiştir.

GENEL BİLGİLER

SU VE ÖNEMİ

İnsani Tüketim ve Kullanım Amaçlı Sular

17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan "İnsani Tüketim ve Kullanıma Yönelik Sular Hakkında Yönetmelik" ile beşeri tüketime ve kullanıma yönelik sular tanımlanmaktadır. Yemek pişirmek veya diğer evsel amaçlarla kullanılan suların tamamı olarak tanımlanmaktadır. Mavi Gezegen olarak adlandırılan gezegenimizin dörtte üçü sularla kaplıdır. Bu suyun %97'si tuzlu sudur ve denizlerde ve okyanuslarda bulunur. Tatlı suyun %3'ünün yalnızca üçte ikisi kutup buzunda bulunurken, kalan üçte biri yeraltı ve yüzey sularında bulunur. Ancak insan tüketimine ve kullanımına yönelik su, toplam suyun sadece %1'inden sorumludur (1).



Şekil 1. Dünyadaki suyun dağılımı (2)

Ülkemiz su kaynakları açısından; kişi başına düşen yaklaşık 1500 m^3 kullanılabilir su miktarı ile su kısıtı bulunan ülkeler kategorisinde yer almaktadır. Bu nedenle, mevcut su

kaynaklarının korunması, alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi, ekolojik çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması ve yaygınlaştırılması, sürdürülebilir su politikalarının oluşturulması ve dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmanın bir girdisi olarak ülke gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda Kalkınma Bakanlığının öncülüğünde hazırlanan yatırım planları ülkemizin geleceğine yön verecek politikaların geliştirilmesine ve süreklilik kazanmasına yardımcı olmaktadır. Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu, ülkemiz su kaynaklarının değişen iklim, nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin yaratacağı sorunlar gibi çeşitli baskıların olumsuz etkilerinin en aza indirecek yatırım planlarının ilke ve hedeflerinin tespit edilmesini amaçlamıştır (3).

Jeolojik araştırmalara göre Türkiye'nin jeotermal potansiyeli yılda 112 milyar m^3'tür. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve tarımda makine kullanımı sonucunda çevre ve su kaynakları giderek daha fazla kirlenmektedir. Plansız kentsel gelişimin bir sonucu olarak, kanalizasyon ve atık su sistemlerinden, düzenli depolama alanlarından ve diğer kaynaklardan gelen sızıntılar yeraltı suyu kirliliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye dünyanın su kısıtı olan ülkelerinden biridir. Şu anda kişi başına kullanılan su miktarı 1.555 m^3/yıl'dır ve 2030 yılına kadar 100 milyon nüfuslu kişi başına düşen su miktarının 1120 m^3/yıla düşmesi beklenmektedir.

Bakteriyolojik, kimyasal ve radyoaktif su kirliliği birçok tehlikeli hastalığa neden olmaktadır. Bakteriyolojik kirleticilerin neden olduğu ishal, tifo, kolera, paraziter hastalıklar, hepatit A, çocuk felci, cilt ve göz hastalıkları, kimyasal kirleticilerin neden olduğu zehirlenmeler, kronik hastalıklar ve kanser ve radyoaktif kirleticilerin neden olduğu diğer sağlık sorunları, akut enfeksiyon zamanına bağlıdır. Türkiye'de su kaynaklarının korunmasından, kullanılmasından ve ilgili yönetmeliklerin uygulanmasından sorumlu kurum Sağlık Bakanlığıdır (4).

İçme ve Kuyu Sularında Kalite Parametreler

İnsan kullanımı ve tüketimi için su yönetiminde su kalitesini belirleyen aşamalar mikrobiyolojik, kimyasal, indikatör ve radyoaktivite ile ilgili standartlardır. Bu tez kapsamında değerlendirilen insan kullanımına yönelik sularda B, Cr, Ni, Cu, As, Cd, Sb, Hg ve Pb'nin üst sınır seviyeleri Tablo 1'de sunulmuştur. Elementlerin toksik ve kanserojen etkilerinin yanı sıra canlılarda birikme eğilimi (biyobirikim) vardır. Bu yüzden düşük doz maruziyetlerinin izlenmesi canlılar açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1. Ülkemizdeki suların sınıflarına göre kalite kriterleri (5)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	1.Sınıf	2.Sınıf	3.Sınıf	4.Sınıf
		µg/L		
Arsenik	20	50	100	> 100
Bakır	20	50	200	> 200
Çinko	200	500	2000	> 2000
Kadmiyum	3	5	10	> 10
Kobalt	10	20	200	> 200
Krom (toplam)	20	50	200	> 200
Kurşun	10	20	50	> 50
Mangan	100	500	3000	> 3000
Nikel	20	50	200	> 200
Selenyum	10	10	20	> 20

ESER ELEMENTLER

Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha temiz malzemelere olan talebin artması, hava, su ve toprak kirliliği gibi çevre sorunlarının öneminin artması, bu kirliliğin canlı organizmalar üzerindeki etkisi ve sağlık bilgilerinin sonuçlarının anlaşılmasını sağlamıştır. Bu nedenle kalite kontrolünden çevre kirliliğine kadar birçok alanda bileşen kalıntılarının etkilerinin araştırılması ve bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Ağır metallerin hava, deniz ve toprak kirliliğine neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca, en son bileşenlerin insan vücudu ve metabolizması üzerindeki etkileri, eser elementler üzerindeki kararları daha önemli hale getirmiştir. Bu nedenle birçok alanda periyodik eser element analizleri gerçekleştirilmektir. Günümüzde bu alandaki çalışmalar hız kazanmaktadır (6).

İnsan vücudunda beş temel element (karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfor) ile kalsiyum, sodyum, potasyum, magnezyum, kükürt ve klor gibi bileşenler bulunmaktadır. 70 kg ağırlığındaki kişi başına toplam element ağırlığı sadece 10 gramdır. Son araştırmalar insan vücudunda 11 temel bileşene ek olarak 40-50 civarında elementin bulunduğunu göstermiştir. Eser elementlerin insan vücudu ve metabolizması üzerindeki etkilerinden yaklaşık 20'sinin önemi geçtiğimiz yüzyılda anlaşılmıştır. Diğerlerinin işlevleri, vücuda girme biçimleri, yararları ve riskleri henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak bazı bileşenlerin vücutta daha az toksik ve kanser yapıcı etkilerinin olduğu açıkça anlaşılmıştır (7).

Eser elementlerin sınıflandırılması için farklı çalışmalar geliştirilmiş ve üç kategoriye ayrılmıştır. Bunlar;

- Anahtar elementler: bakır, bor, çinko, demir, iyot, klor, kobalt, mangan, molibden.

- Potansiyel elementler: Flor, krom, nikel, selenyum, vanadyum
- Destekleyici elementler: Brom, lityum, silikon, kalay, titanyum (8).

Modern teknolojinin ilerlemesi ile daha temiz hava, su ve toprak kirliliğinin artması ve bu kirliliğin bir sonucu olarak çevre sorunlarının biyoçeşitlilik üzerindeki öneminin artması, veri analizini en önemli faktörlerden biri haline getirmiştir. Bu nedenle kalite yönetiminden çevre kirliliğine ve tanımlamaya kadar çok çeşitli alanlarda eser elementlerin etkilerinin araştırılması büyük önem arz etmektedir (9).

Bakır (Cu)

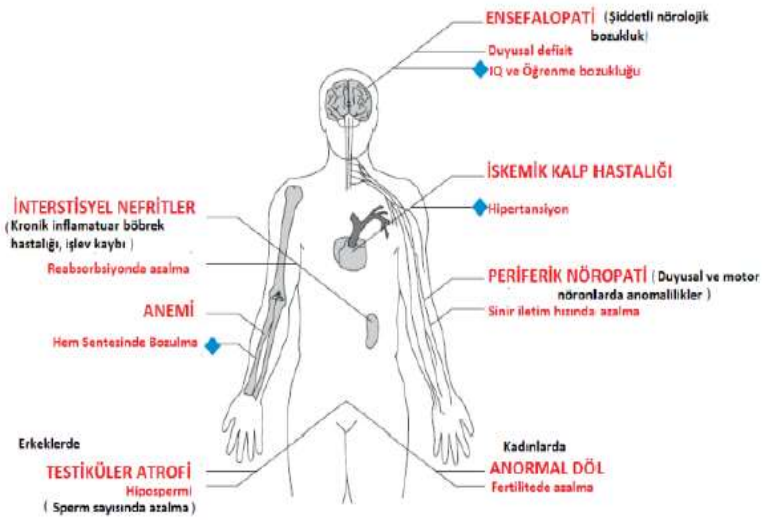
Bakır, bitkilerin, hayvanların ve insanlar için en önemli elementlerden biridir. Biyolojik uygulamalarda 1+ ve 2+ değerlikleri mevcuttur. Bu temel özelliğin bir sonucu olarak bakır içeren enzimler moleküler oksijene bağlanarak oksidasyonun azaltılmasında görev alırlar. Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal bileşimine ve organizmanın büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve yumuşak canlılar için toksik olmasına rağmen, büyük organizmaların temel bileşenidir (10).

Bakır eksikliği demir emilimini azaltır ve bakır eksikliği anemiye neden olur. Ayrıca bağ dokusunun zarar görmesi sonucu kemik erimesi, saç dökülmesi ve cilt kaybı meydana gelir. Bakırın güçlü toksisitesi nadiren gözlenir. Genel olarak zehirlenme, bakır içeren maddelerin yiyecek ve içeceklerle kazara karışması veya bakır tuzunun kasıtlı olarak yutulması sonucu meydana gelir. Şiddetli bakır zehirlenmesi belirtileri, artan tükürük, karın ağrısı, mide bulantısı ve ishal gibi sindirim sistemi mukozasının tahrişinden kaynaklanır. Yüksek miktarda bakır kusturucu olarak kabul edilirse, ölümcül olabilir. İçme sularında 0,05-1,5 mg/L WHO'nun da belirlendiği sınır değeri olup, bazı ülkelerde sınırlama yoktur (11).

Kurşun (Pb)

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920'lerde kurşun bileşikleri (kurşuntetraetil $Pb(C_2H_5)_4$) benzine ilave edilmeye başlanmış ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynamıştır (227.250 ton/yıl, ABD). Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere kurşun yayılımı azalmakla beraber kurşunsuz benzin bileşiminde bulunan kurşun, birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere kurşun içeren bileşiklerin yayılımını devam ettirmektedir (12).

Kurşunun insan vücuduna en önemli ve sık gözlemlenen giriş yolu, solunum ve sindirim sistemleridir. Bunun yanı sıra kurşun absorpiyonu deri yolu ile de gerçekleşebilir. Endüstriyel kurşun zehirlenmelerinde solunum sistemi ile olan etkilenmeler daha önemli olmakla birlikte genel nüfus için sindirim siteminin etkisi daha büyüktür. Kurşunun solunum ve sindirim sistemleriyle vücuda girmesinde parçacık büyüklüğü, maddenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kişinin yaşı, fizyolojik durumu, beslenme ve hijyen alışkanlıkları gibi özelliklerinin önemli etkileri vardır Dünya Sağlık Örgütü'ne göre kurşun ikinci sınıf kanserojenler kategorisinde yer almaktadır ve içme suyunda önerilen kurşun seviyesi 0,005 mg/L olarak belirlenmiştir (13).



Şekil 1. Kurşundan olumsuz etkilenen vücut yapıları (14)

Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, doğal olarak bulunan ve endüstride yaygın olarak kullanılan bir mineraldir. Sanayide elektro kaplama ve galvanizleme (antikorozif) işlemlerinde, boya pigmenti ve plastik, nikel-kadmiyum piller, mineraller ve cam yapımında kullanılır. Kadmiyumun birçok endüstride kullanılması sonucunda hava, su ve toprak yoluyla yüksek oranda gıda transferine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sudaki çözünürlüğü diğer ağır metaller arasında en yüksek olan elementtir. Bu nedenle su numuneleri ile kadmiyum testi çalışmaları oldukça önemlidir (15).

Kadmiyum oksidin dumanı solunduğunda öksürüğe, susuzluğa, mide bulantısına ve kusmaya neden olur. Havadaki 1 mg/m^3 kadmiyum, hayatı tehdit eden zehirlenmelere neden olur. Solunuma uzun süre maruz kalınması, kronik bronşit, fibroz ve amfizem gelişimine neden olur. Malign ve kronik süreçlerde, kadmiyum böbrek tübüllerinde metallotionein içeriğini

arttırır ve karmaşık bir şekilde birikir. Tıbbi kullanım için kabul edilebilir bir şelasyon tedavisi yoktur (16).

Nikel (Ni)

Nikel, doğada yaygın olarak sülfit, oksit ve silikat formunda bulunan beyaz, katı ve ferromanyetik bir maddedir. Yüksek oksidasyon direncinden dolayı paslanmaz çelik ve alaşımlarda sıklıkla kullanılır. Nikel doğal olarak yeraltı sularında bulunur. Öte yandan içme suyunda bulunmasının temel nedeni eski borulardır ve genellikle 0,02 ppm'den azdır (17).

Ağızdan alınan nikelin çoğu vücut tarafından emilmeden dışkıyla atılır. Kalan kısım ise akciğerlerde, bağırsaklarda ve deride birikir. Nikel, ribonükleik asit gibi molekülleri insan metabolizmasına bağlar, sistin, metionin ve histidin gibi amino asitler, fosfolipidler, asetil CoA ve sitrik asit döngüsünde yer alabilir (18).

Arsenik (As)

Arsenik, yerkabuğunda en bol bulunan minerallerden biridir. Tarım, eczacılık ve diğer endüstrilerde hammadde olarak kullanılmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde toksik etkileri olan 19 nolu makalede Antropojenik ajanlar arasında pestisit kullanımı ve zararlı pestisit kullanımı ve madencilik faaliyetleri ön plana çıkmaktadır (19).

Arsenik toksik ve kanserojen bir maddedir. Arseniğin zararlı etkilerini belirleyen en önemli faktör maruziyet süresidir. İnsan vücuduna giren arsenik cilt, solunum sistemi, kardiyovasküler sistem, sindirim sistemi ve sinir sisteminin hasarına yol açabilir (20).

Antimon (Sb)

Antimon, eski çağlardan beri bilinen bir elementtir. Başlıca kaynakları kentleşme, endüstriyel hizmetler, termik santraller, tarım ilaçlarıdır. Antimona kronik ve sık maruz kalınması durumunda insanlarda kalp damar sorunları, ishal, kusma ve mide ülseri, özellikle akciğer hastalıkları meydana geldiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Arseniğin toksik özelliklerine göre benzer olumsuz etkileri gösterir. Antimon toksisitesi suda çözünürlüğüne ve doğadaki temel yapısına göre değişir. Suda çözünen formları uzun süre maruz kalınmadığında sinirlerde hasara ve retinadan kanamaya neden olur (21).

Civa (Hg)

Civa, ağır metal zehirlenmeleri içinde en sık görülenlerden birisidir. Yaygın organ disfonksiyonu hatta geri dönüşümsüz beyin hasarı ve ölüme yol açabilir. Civa intoksikasyonu belirtilerinin sıklıkla civadan kaynaklandığı düşünülmediği için tedavi çoğu zaman gecikir. Mesleki olmayan civa zehirlenmesi en sık çocuklarda görülür ve fetus ve çocuklar bu ağır metalle zehirlenmeye diğer yaş gruplarından daha duyarlıdır.

Civanın elementel, organik ve civa tuzları olmak üzere üç formu mevcuttur. Her üç tipi de intoksikasyona yol açarken boya, ilaç ve kozmetik sanayinde kullanılan organik formu en toksik olanıdır. Elementel formu, tansiyon aleti, termometre, pil ve elektrikli ev aletlerinde bulunur. Açık bırakıldığında buharlaşarak inhalasyon yoluyla akciğerlere alınır. % 80-100'e yakını akciğerlerden emildikten sonra hızla kan-beyin bariyerini ve plasentayı geçer. Vücuttaki tüm enzimlerin proteinlerine bağlanıp fonksiyonlarını bozarak, toksik etkilerini gösterdiği tahmin edilmektedir. Gastrointestinal yoldan emilimi ise yok denecek kadar azdır.

Civa intoksikasyonu tanısı, klinik ve laboratuvar bulgularına ek olarak akut civa zehirlenmesinde kan civa düzeyi ölçümü, kronik zehirlenmede ise idrar ve saçta civa ölçümüne dayanır. Ancak, ölçülen kan ve idrar civa seviyesi dokuda birikmiş olan gerçek civa seviyesini her zaman tam olarak yansıtmayabilir. Bu yüzden kan ve idrar civa düzeyinden çok, klinik uyum ve civa kaynağı ile temas öyküsünün bulunması tanı koymada daha güvenilirdir. BAL, organik civa zehirlenmesinde kontraendikedir. Şelasyon tedavisi intermitan olarak semptomlar düzelinceye kadar verilmelidir (22).

ESER ELEMENTLERİN ANALİZ YÖNTEMLERİ

Su örneklerindeki element tayinleri genellikle İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri (ICP-MS), İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES), Atomik Absorpsiyon Spektrometri (AAS) gibi yöntemler kullanılarak yapılmaktadır.

Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS)

AAS, yüksek sıcaklıklarda gaz fazındaki element atomları tarafından ışının absorpsiyonu ilkesine dayanır. Atomik absorpsiyon spektrometrisi, numune atomlarının absorplayacağı dalga boylarında ışın yayan bir ışık kaynağı, analiti atomik buhara dönüştüren atomlaştırıcı, çalışılan dalga boyunu diğer dalga boylarından ayıran monokromatör ve bir detektörden oluşur. Analiz öncesi numunelere uygulanan mikrodalga çözünürleştirmelerden sonra; Na, Mg, Ca, K, Zn vb. gibi elementlerin analizinde genellikle alevli atomik absorpsiyon

spektrometrisi (FAAS), As, Cd, Pb, Ni gibi toksik/ağır metallerin analizinde, numunedeki derişimlere bağlı olarak grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometrisi (GFAAS) kullanılır. Uçucu ve toksik elementlerin analizi için (As, Se, Bi vb.) hidrür oluşturmalı atomik absorpsiyon spektrometri kullanılır (23).

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

ICP-OES ile düşük konsantrasyondaki elementlerin yüksek hassasiyetle tayini yapılmaktadır. ICP'de argon gibi inert gazların yüksek enerjili ve yüksek frekanslı iyonlaşmış plazması üretilir. Analizi yapılacak olan numune,10000 K sıcaklıktaki plazmaya gönderilir, plazma, numunedeki elementlerin ayrışması, atomlaşması ve uyarılma işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlar. Plazma içerisinde bulunan elementler kendilerine özgü dalga boyu ve frekansta ışık yayarlar. Yayılan bu ışığın şiddeti, numune içerisindeki elementlerin konsantrasyonları ile doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülebilir. Spektrometre özgün frekansları farklı dalga boylarına ayırabilme ve nicel sonuç alabilmeyi sağlar.

ICP- OES'de sıvı örnek genellikle peristaltik pompa ile cihaza taşınır. Cihazın içinde Ar gazı ile birlikte sıvı nebulizasyon ile aeresole çevrilir. Daha sonra aeresol plazmaya taşınarak desolvatasyona, buharlaşmaya, uyarılmaya ve iyonlaşmaya uğrar. Uyarılan atomlar ve iyonlar kendilerine özgü karakteristik ışımalarını dalga boyu seçici bir dedektör yardımı ile ayırır ve sınıflandırılırlar. Saptanan ışıma elektronik sinyallere çevrilerek derişim olarak bilgisayarda okunur (24).

İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi

İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) tekniği ile yapılan analizlerde örnekler yüksek sıcaklıktaki plazmaya maruz bırakılarak atomların iyonlaştırılması sağlanır. ICP-MS, örneklerin uygun bir forma dönüştürüldükten sonra yüksek sıcaklığa sahip Argon (Ar) plazmasına gönderilmesi sonrasında iyonlaşan atomların kütle analizöründe ayrılması ve dedektörde ölçülmesi prensibine dayanan bir analitik yöntemdir (23).

ICP-MS cihazında sıvı haldeki numune sisleştirici sayesinde taşıyıcı gaz ile karışım halinde plazma ortamına ulaşır. Plazma ortamında sıcaklık yaklaşık 6000-10000 K olmaktadır. Buradaki yüksek sıcaklık etkisiyle madde atomlaşmaya başlamaktadır. Son yörüngesinden elektron koparılması sonucunda genellikle tek pozitif yüklü atom haline dönüşmektedir. İyonlar örnekleme (sampler) ve ikinci aşama olarak süzme (skimmer) konları ve ara yüzeyden geçerek

yüksek vakum altında istenmeyen iyonlardan uzaklaştırılır ve burada bulunan birleştirilmiş mercek sistemi iyonları kuadrupol kütle spektrometresine odaklanmasını sağlar. Bu kısımda iyonlar kütlelerine ayrılıp taramalı elektron çoğaltıcısı ile analizi gerçekleşir ve ölçümler m/z oranına yani kütle/yük oranına dayanmaktadır. Örnek, cihaza genelde çözelti halinde ve sisleştirici aracılığıyla gönderilir.

ICP-MS çok hızlı bir şekilde farklı kütleleri ölçebilme kabiliyetine sahip olduğundan çoklu element ölçüm cihazıdır. ICP-MS yöntemi ICP-OES'e göre birçok element için daha duyarlıdır. Ayrıca AAS tekniğine göre daha maliyetli olmasına rağmen tek bir örnekte birçok metal düzeyinin belirlenebilmesi, düşük tayin limitleri, güvenilirliği ve daha düşük miktarda örnekle analiz yapılabilmesi gibi avantajları vardır (23).

ICP-MS, 1970'lerde geliştirilmiş ve 1980'lerden beri numunelerdeki elementlerin analizini gerçekleştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak içme suyu, atık su, jeoloji, jeokimya, petrokimya, gıda, hidrojeoloji gibi alanlarda ICP-MS ile element analizleri yapılmaktadır. ICP-MS, düşük tespit limiti, yüksek seçiciliği, doğruluğu ve kesinliği nedeniyle birçok analiz için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Şekil 3 ve Şekil 4'de İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi cihazı ve bileşenleri yer almaktadır.



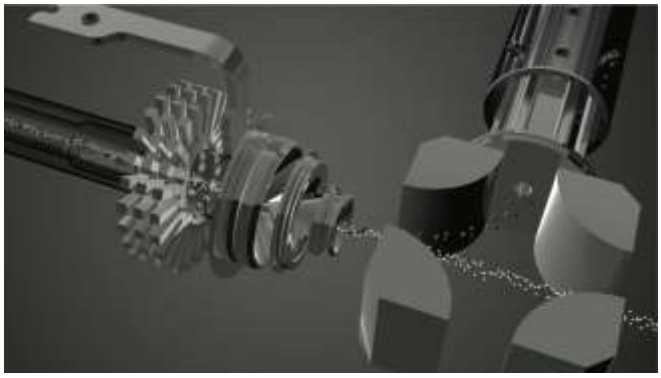
Şekil 3. ICP-MS cihazı (TÜTAGEM Agilent 7700 Model ICP-MS)

ICP-MS Cihazının Genel Bileşenleri

Örnek verme sistemi

ICP-MS cihazında numuneler cihaza genellikle çözelti halinde verilir. ICP-MS'te analizi yapılacak katı örnekler çözünürleştirme işlemi uygulanarak çözelti haline getirilir. Örnekleri çözünürleştirme işleminde matrikse göre farklı asitler kullanılması ve bu kullanılan asitlerde girişim riskinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çözünürleştirme işleminden sonra örnekte herhangi bir tortu ya da bulanıklık olmaması beklenir. Tam çözünmemiş olan örnek sisleştiricinin tıkanmasına ve/veya düşük geri kazanıma sebep olabilir.

Örnek verme sistemi yaygın olarak peristaltik pompa, nebulizör/sisleştirici ve sisleştirme odacığı kısımlarından oluşmaktadır ve örneklerin cihaza girişi bu sistemle olmaktadır. Peristaltik pompa sayesinde devamlı olarak örnek çekişi sağlanarak, sisleştirici aracılığı ile sisleştirme odacığına ulaşmaktadır. Sisleştirici/nebulizör sıvı örneği argon gazıyla aerosol haline getirir. Ayrıca, sisleştirme odacığında ortaya çıkan büyük damlacıkların da atığa gönderilmesi gerçekleşir. Sisleştirme odacığında aeresol formuna dönüşen örnek plazmanın oluştuğu hamlaç (torç) iç kısmındaki enjektör içinden plazmanın ortasına ulaştırılmaktadır (24).



Şekil 4. **ICP-MS cihazının bileşenleri, ara birim, Perkin Elmer (25)**

ICP torç ve Plazma

Torç, örnek çözeltisinde bulunan analit atomların iyonlara dönüştürülmesini sağlayan ve ICP-MS'in iyon kaynağı olan Ar plazmasının oluşumunu sağlamaktadır. Genellikle kuvars malzemeden yapılan torç, üç farklı akıştaki gazın plazma bölgesine ulaşmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Torçlar demonte şeklinde veya tek parça olarak bulunabilir. Demonte tasarımlarda en iç kısımdaki enjektör safir veya alumina gibi farklı malzemelerden yapılmış olabilir. Bu gazlar Ar, soğutucu (coolant) gaz ve zenginleştirici (auxiliary carrier) gazdır. Argon gazının plazma haline gelmesiyle sıcaklık 6000-10000 Kelvin seviyelerine ulaşabilmektedir. Bu yüzden yüksek sıcaklık etkisiyle numunede bulunan elementler iyonize olmakta ve pozitif yüklü iyonları oluşmaktadır (26).

Ara birim (Interface)

Atomlaşma ve iyonlaşma atmosferik koşullarda gerçekleştiğinden ICP ve MS parçaları arasındaki bağlantı ara birim, MS sisteminde vakum ortamı oluşturulması için hayati önemdedir.

İyonlar aşağı yukarı 1 mm genişliğinde küçük orifis plakadan geçerek vakum bölmesine doğru akar. Bu durumda süpersonik jet akımı oluşur ve örnek iyonları MS sistemine doğru yüksek hızda girer, vakum ortamında yayılır. Tüm MS sistemi vakum altında olmak zorunda olduğundan örnek iyonları hava moleküllerine çarpmadan serbestçe hareket edebilmektedir. ICP sisteminin atmosferik basınçlarda çalışmasından dolayı, pompa sistemi sürekli olarak spektrometrenin içini vakum altında tutmak zorundadır. İyon akımları quadropole ulaşmadan önce, basıncı verimli şekilde düşürmek için, çeşitli pompalar genellikle basıncı yavaş yavaş azaltmak amacıyla kullanılır (26).

Vakum Sistemi

İyon optiklerinin kuadrupol ve dedektör bileşenlerinin bulunduğu kısımda, iyonların daha etkin iletimi için yüksek vakum oluşturulmaktadır. Ortalama değer olarak 10.6-10.7 torr seviyelerinde olan bu vakum seviyesi turbo moleküler pompa ile sağlanır (26).

Lensler

İyonlara odaklanan lensler matriks kısmının kuadrupola ulaşmasına engel olmaktadır. Lenslere uygulanan gerilimle pozitif yüklü iyonlar yönlendirilerek kuadrupole ve ardından detektöre ulaşmaktadır (25).

DRC (Dinamik reaksiyon hücresi)

Perkin Elmer ICP-MS cihazı DRC (Dinamik Reaksiyon Hücresi) sayesinde plazmadan kaynaklanan poliatomik iyonları kimyasal tepkimelerle parçalayarak veya üzerindeki yükü alarak, sönümler veya bunların analit iyonları ile aynı kütle/yük oranında dedektöre ulaşmasını engeller. Girişimleri azaltmak için az miktarda reaksiyon gazı (metan, oksijen, amonyak, vb.) kullanılmaktadır (25).

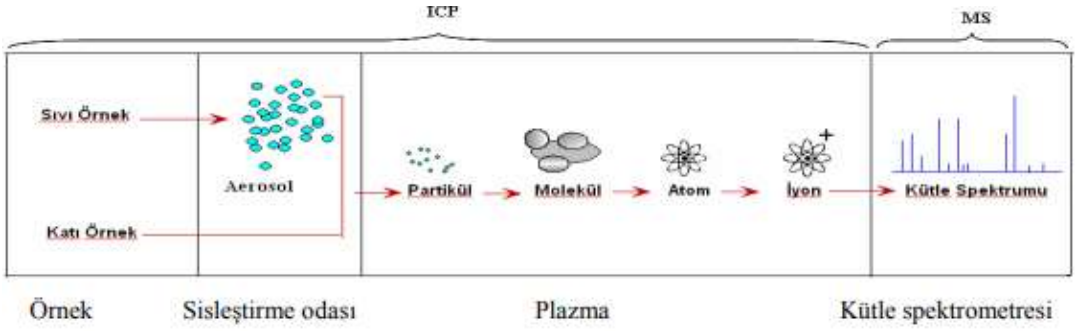
Kuadrupol

İyonları kütle/yük oranına göre ayırmak için kütle filtresi olarak işlev yapmaktadır. Yüksek iletkenlik amacıyla altın kaplamalı çelik çubuklar aynı zamanda sıcaklığın değişmemesini sağlar. Kuadropulde ayırma işlemi, uygun ayarlanmış voltaj ve radyo dalgaları frekansına göre olmaktadır (25).

Dedektör

ICP-MS sisteminde en sık kullanılan detektör tipi Channeltron elektron multiplier detektörüdür. Bu koni ya da boynuz şeklindeki tüpe belirlenmek istenen iyona zıt yüklenecek şekilde yüksek

voltaj uygulanmaktadır. Quadropolu terk eden iyonlar koni şeklindeki dedektörün iç yüzeyine doğru çekilirler. Bu iyonlar yüzeye çarptığında ikincil elektronlar yayımlanır ve tüpün içine doğru ilerledikçe yayımlanan ikincil elektronların sayısı artmaya devam eder. İyonun koninin girişine çarptıktan sonra işlem devam ettikçe tüpün diğer ucundan daha fazla elektron çıkacak kadar çok elektron yayımlanmaya devam eder (27).



Şekil 5. Numune girişinden analiz sonuna kadar gelişen basamaklar (28)

Analitik Performans ile İlgili Terimler

Gözlenebilme Sınırı (Limit of Detection, LOD)

Bir analitik yöntemin performansı genellikle gözlenebilme sınırı ile ölçülür. Analizi yapılan örneğin belirdiği fakat kantitatif sınırlar içerisine girmeyen en düşük derişimdir. Gözlenebilme sınırı derişim birimleri ile verilir. Bir analitik ölçümde derişim çok düşük ise şahit (blank) ile aynı değerde cevap alınır (29).

LOD = şahit derişimi + 3 (şahit standart sapması)

Tayin Sınırı (Limit of Quantitation, LOQ)

Gözlenebilme sınırında tekrarlanabilirlik çok düşük olduğundan, gerçek tayinler için sınır LOD değerinin bazen 5, bazen de 10 katı olarak alınır ki, bu değere tayin sınırı adlandırılır. Analizi yapılan örneğin kabul edilebilir düzeyde kesin ve doğru olarak miktarının tayin edilebileceği doğrusallık sınırları içerisine girmeyen veya doğrusallığın en alt derişimini oluşturan düzeyidir.

Bu sınır için önemli bir ölçüt, kabul edilebilir bir bağıl standart sapma değeridir. Sağlıklı tayinler için tayin sınırının 3 katı kadar bir derişim gereklidir (29).

LOQ = 3.LOD

Doğrusallık (Linearity)

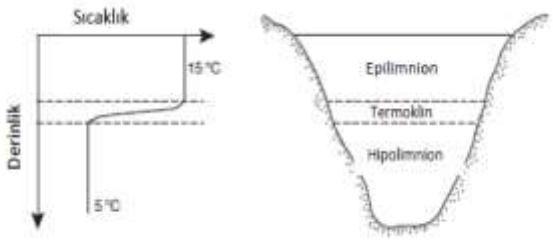
Analit derişime karşı dedektör cevabının doğru orantılı olarak artması ve çizilen grafikte noktaların doğru üzerinde veya yakın olarak yer almasıdır. Eğim, kesişim ve korrelasyon katsayısı (r^2) doğrusallığı veren parametrelerdir. r^2 = 0.999 ve üzerinde olmalı ve değerler çizilen doğrunun üzerinde yer almalıdır (29).

İçme Suyunda Karşılaşılan Kirleticiler ve Kaynakları

Kaynağa ulaşan ve oradan içme suyuna karışan tek madde içme suyundaki kirleticiler değildir. İçme sularının bu kirleticilerden arıtılması sırasında kimyasallar ilave edilmekte veya çeşitli maddelerle karıştırılmakta ve bu şekilde çeşitli kimyasallar ve ürünler ortaya çıkmakta bunlar da içme suyuna karıştırılmaktadır. Üçüncü bir kaynak olarak, içme suyu arıtma merkezinden nihai müşterilere kadar su prosesine dahil edilen kimyasallar ve temas ettikleri ürünler sayılabilir. İçme suyunun sağlıklı ve güvenilir bir şekilde tüketicilere ulaşabilmesi için tüm bu kaynaklardan doğru atık seçimi, elde edilen kirletici miktarı dikkate alınarak uygun arıtma veya saha yönetiminin sağlanması ile bu adımların atılması gerekmektedir (30).

Su Kaynağından Kaynaklanan Kirleticiler

Yüzey suyu kaynaklarının kalitesi ve miktarı, iklimsel ve jeolojik koşulların bileşimine bağlıdır. Yağmur yağdığında, katı maddelerin çoğu, toz, polen, kül (volkanik patlamalardan), bakteri ve bazen mantar patojenleri dahil olmak üzere içme suyu kaynaklarına aktarılır. Okyanuslardan gelen yüksek düzeyde tuzlar, evsel ve endüstriyel havadan gelen doğal ürünler veya asit yağmurlarına neden olan azot ve kükürt oksitler gibi birçok kimyasal reaksiyon da yılın belirli zamanlarında ve farklı yerlerde su kaynaklarını etkiler. Yüzey suyunun kalitesi ve miktarı havzanın jeolojisinden etkilenir. Su kalitesi koruma ile iyileştirilir, ancak bu aynı zamanda nehirlerdeki durgun sularda ve daha sıcak sularda alg seviyelerinin daha yüksek olması nedeniyle su kalitesini olumsuz etkileyebilir. Su hacmindeki dalgalanmalar nedeniyle termal tabakalaşma meydana gelir. Maksimum su sıcaklığı 4 °C'dir. Yaz aylarında güneş suyun yüzeyini ısıtır ve derinlik arttıkça soğuk, kalın su gölün alt kısmında kalır. Su ısındıkça yüzeyde sıcak epilimnion ve daha soğuk hipolimniyon olmak üzere iki farklı katman oluşur. Hızdaki farklılıklar nedeniyle, bu iki bileşen termoklin olarak bilinen statik sınır tabakası nedeniyle kesişmez ve birbirinden ayrı kalır (30).



Şekil 6. Derin göl ve barajlarda termal tabakalaşma (31)

Sularda Bulunan Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri

Ağır metaller, zihinsel, nörolojik ve hormonal faaliyetleri etkilemektedir; dolayısıyla insan davranışları üzerinde olumsuz etki yaratır. Ağır metallerin çalışmasını etkilediği sistemler, kan ve dolaşım sistemi, toksin atma sistemleri (bağırsaklar, karaciğer, böbrekler, cilt), hormonal sistem, enerji üretim sistemleri, enzimler, mide, bğışıklık, sinir ve üretim sistemleri ve boşaltım sistemidir. Ağır metaller ayrıca, alerjik reaksiyonlara, genlerin değişime uğramasına, zararlı bakterilerin yanı sıra faydalı bakterilerin de ölümüne ve doku hasarına neden olur (Tablo 4) (32).

Tablo 2. Ağır metallerin vücuttaki sistem ve organlar üzerindeki etkileri (33)

Ağır Metal	Sistem/Organ	Etki
Hg Pb^{+2}	Merkezi sinir sistemi	Beyinde tahribat Norolojik fonksiyonların azalması
Cd	Böbrek	Glomerular tahribat
Hg, As	Üretim sistemleri	Çocuk düşürme
Pb Cd As	Kan Dolaşımı	Kan hücresi üretimi azalması Hafif anemi (kan eksikliği) Anemi
Cd As Hg Se Zn Cu	Solunum Sistemi	Anfizem Hücre aralarında lifli bağ dokunun artması Bronşit etkileri solunum yolları iltihabı Akut zehirlenmeler
Hg Cu	Beyin	Deformasyon
As	Karaciğer	Siroz
Cd	Akciğer	Kanser
As	Cilt	Kanser
Cd Se Zn	İskelet	Osteomolozi Dişlerde çürüme Adele, eklem ağrıları
Cd, As	Kromozom	Kromozomal bozukluk

İstanbul İli Genelinde Yapılan Araştırmalar

İçme suları kaynağında standartlara uygun dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve klorlama uygulamalarının ardından son tüketiciye kadar ulaşmaktadır. Ancak bu süreç içerisinde şebekeyi oluşturan elemanlarda oluşabilen aksaklıklar, isale hattında ve daha sonra şebeke boruları üzerinde meydana gelebilecek kırılma ve çatlaklar, içme suyunun kalitesini büyük ölçüde tehlikeye sokmaktadır. Son yıllarda, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) yaklaşık 400 noktadan numune alarak ve eskimiş boruları içi özel katkılı beton, dışı epoksi kaplı duktilfont borularla değişerek, arıtımın sürekliliğini artırıcı yönde önemli adımlar atmıştır. İçme sularıyla ilgili sınır değerler Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen insani tüketim amaçlı suları kapsayan TS 266 (2005) nolu standart esas alınarak belirlenmektedir (34).

14 milyonu aşan nüfusu ile günlük ortalama üç milyon metreküp su tüketiminin gerçekleştiği İstanbul'da musluklardan akan suyun daima kaliteli, temiz, içilebilir ve sağlıklı olması gerekmektedir. İçme Suyu arıtma tesislerinde içilebilir özelliğine kavuşan suyun musluklardan aynı kalitede akmasını temin için gerekli altyapı çalışmalarının yanı sıra suyun kalitesini izlemek üzere uluslararası akreditasyona sahip laboratuvarlarda, standartlara uygun analizler yapılarak sürekli denetlenmesi gerekmektedir. Musluklardan akan suyun kalitesinin izlenmesinin yanında; hamsu kaynaklarındaki su kalitesinin ve sanayi tesislerinin ürettiği atık suların takibinin yapılması, İstanbul sahillerinin ve derelerinin su kalitesinin mikrobiyolojik açıdan izlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple kurulmuş olan İSKİ Laboratuvarları 7 gün 24 saat prensibiyle en kapsamlı analizlerin yapıldığı yeni teknolojilerin takip edildiği, ehliyetli personelle yönetilen ülkemizin en iyi laboratuvarlarından birisidir.

Kimya ve bakteriyoloji laboratuvarında ise anyon ve katyon analizleri dahil olmak üzere her türlü mikrobiyolojik analizler ile sulardaki koku ve tat testleri yapılabilmektedir.

Yılda yaklaşık 75 bin numunede 160 farklı parametrede 553 bin analizin yapıldığı İSKİ'nin laboratuvar ünitesi kalitesiyle uluslararası alanda akredite olmuş bir laboratuvar olma özelliği taşımaktadır. Sahip olduğu tam otomasyon sistemi ile 7 gün 24 saat analiz yapabilen İSKİ'nin laboratuvar ünitesi Avrupa Akreditasyon Birliği'ne (EA) üye olan Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite edilmiştir.

Temiz Su Laboratuvarı'nda su numunelerinden, abonelerin musluklarından, içme suyu arıtma tesislerinden, köy içme sularından, vakıf sularından, sanayi sularından, İSKİ depolarından, okul ve hastanelerden, kritik noktalardan ve deniz suyundan numune alınmakta

ve suyun kalitesi incelenmektedir. Şehir şebeke suyuna ait "Su Kalite Raporları" her ay düzenli olarak yayınlanmaktadır (35).

Tablo 3. İstanbul ilindeki ilçelerin analizlerinin yapıldığı laboratuvarlar

Laboratuvar Adı	İlçe sayısı	İlçe Adı
1 No'lu Halk Sağlığı Laboratuvarı	14	Bakırköy, Bayrampaşa, Eyüp, Şişli, Sarıyer, Esenler,Zeytinburnu, Gaziosmanpaşa, Beşiktaş, Bahçelievler, Kağıthane, Beyoğlu, Fatih, Güngören
2 No'lu Halk Sağlığı Laboratuvarı	11	Bağcılar,Beylikdüzü, Çatalca, Silivri, Küçükçekmece, Avcılar, Büyükçekmece, Arnavutköy, Başakşehir, Sultangazi, Esenyurt
3 No'lu Halk Sağlığı Laboratuvarı	14	Sultanbeyli, Pendik, Şile, Kartal, Çekmeköy, Ataşehir, Ümraniye, Tuzla, Maltepe, Sancaktepe, Beykoz, Kadıköy, Üsküdar, Adalar

Değerlendirmenin izlenmesinin amacı, belirtilen tüm parametrik değerlere uyulup uyulmadığını görmek için gerekli bilgileri sağlamaktır. Denetim İzlemede ele alınan aşamaların mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve radyoaktivite yönleri vardır. İzleme, ilçelerde bulunan izleme sitelerinin sayısına göre ve gerektiğinde düzenli aralıklarla yapılmaktadır. Kişisel Kullanım İçin Su Yasasının girişinde yer alan radyoaktivite, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal bileşikler ve standartların bir incelemesi aşağıdaki tablolarda verilmektedir (35).

Tablo 4. Denetim izlemesi yapılan mikrobiyolojik parametreler ve değerler birimleri

Parametre	Parametrik Değer
E.coli	0/250 ml
Enterokok	0/250 mL
Kaliform bakteri	0/250 mL
P.aeruginosa	0/250 mL
Anaerob sporlu sülfit redükte eden bakteriler	0/50 mL
Patojen Stafilokoklar	0/100 mL
Kaynaktan alınan numunede maksimum 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 20/mL 5/mL
İmlahanede ambalajlandıktan sonra alınan numunede; 22 °C'de koloni sayımı 137 °C'de koloni sayımı Piyasada satılan ambalajlı sularda alınan numunede maksimum; 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 100/mL 20/mL İmhale için belirlenen

Tablo 5. Temiz su numune alma, taşıma, saklama koşulları ve süreleri tablosu (35)

Alkalinite	Plastik, Cam	200	Soğukta	24 saat
Amonyak, Amonyum	Plastik, Cam	500	Hemen Analiz veya pH < 2 olana dek H_2SO_4; Soğukta	14 gün
Bromür ve Bromat	Plastik, Cam	100	Soğukta, Güneş ışığından koruma	1 ay
Bulanıklık	Plastik, Cam	100	Aynı gün analiz edilmeli; karanlıkta saklama;	24 saat
Florür	Plastik	100	Gerekli değil	1 ay
Ortofosfat	PE, PVC	100	Soğukta	1 ay
İletkenlik	Plastik, Cam	100	Soğukta	24 saat
Toplam Çözünmüş Madde	Plastik, Cam	100	Soğukta	24 saat
Permanganat İndeksi (Oksitlenebilirlik)	Plastik, Cam	100	Karanlıkta; soğukta	48 saat
Karbon, Toplam ve organik (TOK)	Plastik, Ca	100	pH<2 olana dek H_3PO_4 veya H_2SO_4 ilave edilmeli; soğukta	14 gün
Klorür	Plastik, Cam	50	Soğukta	1 ay
Nitrat	Plastik, Cam	100	Soğukta	48 saat
Nitrit	Plastik, Cam	100	Hemen analiz veya soğukta	24 saat
Renk	Plastik, Cam	500	Soğukta, karanlıkta	5 gün
Sertlik, Kalsiyum, Magnezyum	Plastik, Cam	100	PH<2 olana dek H_2SO_4 veya HNO3ilave edilmeli	1 ay
Siyanür, Toplam Siyanür	Plastik, Cam	1000	Hemen analiz veya NaOH ile pH>12 ayarlanır, soğukta ve karanlıkta	14 gün
Serbest/Toplam Klor	Plastik, Cam	100	Hemen analiz	-
Metaller[1] (Al, Sb, Ba, Be, Co, Fe, Mn, K, Se, Ag, Na, As, B, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, Li)	Plastik	250	pH<2 olana dek HNO_3 ilavesi	1 ay
Sülfat	Plastik, Cam		Soğukta	1 ay
pH	Plastik, Cam	50	Hemen analiz, Soğukta	24 saat
Bulanıklık	P, C	50	Aynı gün analiz edilmeli; karanlıkta saklama;	24 saat
Mikrobiyolojik Analiz (T.Koliform,E.Coli v.s)	Plastik, Cam (Steril)	500	Soğukta, Hemen analiz edilmeli, Klorlu sularda tiyosülfat ilaveli kaplar kullanılmalıdır.	8-12 saat saklama ve taşıma dahil
Trihalometanlar (THM)	Cam (Kahverengi), PTFE kaplı septumlu vialler	100	Tiyosülfat ilaveli numune kaplar kullanılmalı, Soğukta	7 gün
MIB ve Geosmin	Cam (Kahverengi)	250	Soğukta ve Hemen analiz edilmeli	-
Klorofil (a)	Cam (Kahverengi)	1000	Hemen analiz edilmelidir, filtre edilmemiş numune karanlıkta 4º C	24 -48 saat
			Filtre edilmiş numune karanlıkta -20ºC	28 gün
Fitoplankton Sayımı	Plastik,Cam (Kahverengi)	1000	200 ml ye 0,5- 1 mL Asit veya alkali lugol çözeltisi ilavesi ile (3±2) ºC soğutma. Tatlı sularda genellikle bazik lügol çözeltisi, asidik lügol çözeltisi deniz sularında hassas flagellat'larda uygun olur. Spesifik tespit için spesifik standarda bakınız. Eğer renksizleşme oluşmuşsa daha fazla lugol solusyonu gerekebilir. Aşırı doygunluk derecesinden yani koyu kahverengi oluşumundan sakınılmalıdır. Numune saman sarısı veya konyak rengine dönüşünceye kadar asit veya bazik lugol çözeltisi ilave edilir. Numune kabı homojenizasyona müsaade edecek şekilde baş kısmında ~90% boşluk bırakılarak doldurulur.	6 ay
Giardia ve Cryptosporidium	Özel	Özel	Hemen analiz edilmelidir 5±3 soğukta	24-96 saat
Microsistin LR-RR	Cam (Kahverengi)	1000	Hemen analiz edilmelidir	-

Tablo 6. Denetim izlemesi yapılan kimyasal parametreler ve değerler

Parametre	Parametrik Değer	Birim
Akrilamid	0,1	µg/L
Antimon	5,0	µg/L
Arsenik	10	µg/L
Benzen	1,0	µg/L
Benzo(a) piren	0,010	µg/L
Bor	1	mg/L
Bromat	10	µg/L
Kadmiyum	5,0	µg/L
Krom	50	µg/L
Bakır	2	mg/L
Siyanür	50	µg/L
1,2-dikloretan	3,0	µg/L
Epikloridin	0,10	µg/L
Florür	1,5	mg/L
Kurşun	10	µg/L
Civa	1,0	µg/L
Nikel	20	µg/L
Nitrat	50	mg/L
Nitrit	0,50	mg/L
Pestisitler	0,10	µg/L
Toplam Pestisitler	0,50	µg/L
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0,10	µg/L
Selenyum	10	µg/L
Tetrakloreten ve Trikloreten	10	µg/L

Tablo 7. Kontrol izlemesi parametreleri ve değerleri

İçme-Kullanma Suları	İçme Suları	Kaynak Suları
Renk	Renk	Renk
Bulanıklık	Bulanıklık	Bulanıklık
Koku	Koku	Koku
Tat	Tat	Tat
İletkenlik	İletkenlik	İletkenlik
Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)	Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)	Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)
Nitrit		
Amonyum	Amonyum	Amonyum
Alüminyum	Alüminyum	
Demir	Demir	
C. Perfringens (Sporlar dahil)	C. Perfringens (Sporlar dahil)	C. Perfringens (Sporlar dahil)
E. Coli	E. Coli	E. Coli
Koliform bakteri	Koliform bakteri	Koliform bakteri
	P. Aeruginosa	P. Aeruginosa
	22 ve 37 °C'de koloni sayımı	22 ve 37 °C'de koloni sayımı

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Örnekleme Alanı

Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında belirlenen istasyonlardan toplanan ve içme/kullanım amacıyla tüketilen şehir suyu örneklerindeki bazı eser element içeriklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, İstanbul Avrupa yakası bölgesinde bulunan; Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Kemerburgaz, Başakşehir yerleşim yerlerinden belirlenen istasyonlardan su örnekleri 5 bölgeden toplam 50 adet olarak toplanmıştır. Şehir suyu örnekleri, steril şişelere alınmadan önce musluklar borulardaki durgun suların dışarı akıtılması amaçlanarak 3-4 dakika boyunca açık bırakıldı sonra 500 mL'lik steril şişelere alındı. Şehir suyu örneklerinin toplandığı istasyonlar Tablo 9'da verilmektedir. Alınan örneklerin içerisine %65'lik nitrik asit ilave edildi. Eser element analizlerinin yapılacağı zamana kadar 4 ^{0}C'de buzdolabında saklandı.

Tablo 8. Şehir suyu örneklerinin alındığı istasyonlar ve alınan örnek sayısı

İLÇE		CAD./SOK./SAN.	ÖRNEK SAYISI
İSTASYON 1	BAYRAMPAŞA	Ali Fuat Başgil Caddesi	10
		İkizler Sokak	
		Millet Caddesi	
		Başak Sokak	
		Yengeç Sokak	
		Şehit Kamil Balkan Caddesi	
		Zonguldak Sokak	
		Uludağ Sokak	
		Sakarya Sokak	
		Koç Sokak	
İSTASYON 2	GAZİOSMANPAŞA	275. Sokak	10
		505. Sokak	
		Başarı Caddesi	
		311. Sokak	
		261. Sokak	
		Köşk Caddesi	
		Şehit Okan Güner Sokak	
		263. Sokak	
		265. Sokak	
		312. Sokak	
İSTASYON 3	KEMERBURGAZ	Yıldız Sokak	10
		Delen Sokak	
		Çınar Sokak	
		Zümrüt Sokak	
		Fethiye Sokak	
		Yakut Sokak	
		Reyhan Sokak	
		Kerem Sokak	
		Ata Sokak	
		Manolya Sokak	
İSTASYON 4	KAĞITHANE	Dostluk Sokak	10
		Yıldırım Sokak	
		Beşik Sokak	
		Duygu Sokak	
		Keklik Sokak	
		Yıldız Sokak	
		Çaykara Sokak	
		Cihangir Sokak	
		Çardak Sokak	
		Bozkır Sokak	
İSTASYON 5	BAŞAKŞEHİR	Çevre San. Sit.	10
		Aymakop San. Sit.	
		Demirciler San. Sit.	
		Metal İş San. Sit.	
		Aykosan San. Sit.	
		Pik Dökümcüler San. Sit.	
		Bağcılar Güngören San. Sit.	
		Dolap Dere San. Sit.	
		Saraçlar San. Sit.	
		Galvano Teknik San. Sit	

Şehir suyu örnekleri, Şekil 9'da verilen ve İstanbul Avrupa Yakasında bulunan 5 ilçe ve bu ilçelere bağlı cadde, sokak ve sanayi sitelerinden seçilen istasyonlardan toplanmıştır.



Şekil 7. İstanbul Havzasında yer alan il ve ilçeler

Gereç ve Yöntem

Kullanılan araç ve gereçler

- ICP-MS – Agilent Technologies – 7700 Model
- Ultra Saf Su Cihazı-Direct Q 3UV
- Numune Saklama Tüpü – Falcon – 15 mL – 188271
- Pipet uçları – Isolab

Kullanılan kimyasallar

- Nitrik Asit - % 65 – Merck – SM – 137 – 698
- Referance Material – 635902
- İnternal standart – 1826134

Tablo 9. Element analizi için kullanılan ICP-MS cihazının parametreleri

ICP-MS Cihaz parametreleri	
Güç: 1550 W	Eşleştirici gerilimi: 1.80 V
Derinlik: 8 mm	Taşıyıcı gaz akış hızı: 1.05 L/dk
Nebulizer pompa: 0.1 rps	S/C sıcaklık: 2℃
Omega lens: 10 V	Hücre girişi: -30 V
Hücre çıkışı: -50 V	Sapma: 13 V
Tabaka eğimi: -40 V	OctP eğimi: -8 V
OctP RF: 180 V	Enerji ayırıcı: 5 V
Stabilizasyon zamanı: 50 sn	Örnek alım süresi: 50 sn
Örnek alım hızı: 0.3 rps	Kalibrasyon eğrisi güven aralığı: 0.95
Blank konsantrasyonu max: % 100	Bağıl standart sapma: %5

Yöntem

Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında belirlenen istasyonlardan toplanan ve içme/kullanım amacıyla tüketilen şehir suyu örneklerindeki bazı eser elementlerin içeriklerinin analizi Environmental Protection Agency (EPA) 200.8 metoduna göre İndüktif Eşleşmiş Plazma-İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri (ICP-MS) cihazı ile gerçekleştirildi. EPA 200.8 yöntemi, yeraltı sularında, yüzey sularında ve içme suyunda çözünmüş elementlerin belirlenmesi için uygulanan standart bir metottur. Atıksu, çamur ve toprak numunelerinin yanı sıra bu sulardaki toplam geri kazanılabilir element derişimlerinin belirlenmesi için de kullanılabilir.

Alınan örneklere analizleri yapılmak üzere uygulanan deneysel basamaklar aşağıda verilmektedir:

- Alınan su örnekleri örneklemenin yapıldığı gün derişik nitrik asit ile asitlendirildi.
- Analiz öncesi tüm örnekler istasyonlarına göre kodlandırıldıktan sonra numune tüplerine 1'er mL örnek alındı.
- Analiz örneklerinin 100 kat seyreltilmesi yapıldı.
- Standart çözeltiler uygun şekilde hazırlandı ve numuneler ile birlikte ICP-MS cihazında ölçüldü
- Her bir örnek için, tüm metallerin cihazda dört okuma ile analizi yapıldı ve standart sapmaları hesaplandı.
- Numune matrisinden gelen girişimleri önlemek amacıyla standart ilave metodu uygulanarak analiz yönteminin doğruluğu ispatlandı.

BULGULAR

Özellikle sanayi faaliyetleri, hızlı büyüme ve plansız kentleşme, eski yakıt kullanımı, endüstriyel ve tarımsal atıklar, kanalizasyon ve madencilik gibi insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle çevre ve doğal kaynaklardaki ağır metal seviyeleri artmaktadır. Bu durum yıllardır bilinmesine rağmen, ağır metal kirliliği ve çeşitli şekillerde ağır metal maruziyeti günümüzde de devam etmekte ve tüm dünyada süregelmektedir. Ağır metallerin insan vücudunda veya diğer organlarda hastalığa neden olan ciddi yan etkileri vardır. Bu yan etkilere örnek olarak vücut yağ hücreleri ve bağırsak sistemlerinde biyobirikim, organ hasarı gelişimi, kanser, viral makro moleküller üzerinde oksidatif stres, sinir sistemi ve böbreklerde hasar, farklı bir tepki ve bağışıklık sistemi sorunları sayılabilir.

Bu çalışmada, özellikle insan sağlığı açısından büyük öneme sahip eser elementler arasında yer alan; alüminyum, baryum, lityum, bakır, bor, demir, kurşun, sodyum, magnezyum, mangan, krom, kalsiyum, potasyum, titanyum, vanadyum, kobalt, nikel, çinko, arsenik, selenyum, stronsiyum, kadmiyum, antimon, talyum, bizmut ağır metallerinin şehir suyu örneklerindeki içerikleri ICP-MS kullanılarak tayin edildi.

ICP-MS yöntemiyle; İstanbul şehir suyu örneklerinde tespit edilen değerler Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12 ve Tablo 13'de gösterilmiştir

Tablo 10. Su örneklerinde ICP-MS ile tespit edilen eser element miktarları

Şehir Suyu Örneklerinde Elementlerin Derişimleri, ppb													
Örnek No		Li	B	Na	Mg	Al	K	43 Ca	44 Ca	Ti	V	Cr	Mn
1	K-1	0,47	32,64	1,26E+04	6,29E+03	15,01	3,58E+03	1,34E+04	2,23E+04	0,18	0,30	11,13	1,19
2	K-2	0,76	20,42	1,10E+04	5,77E+03	9,94	3,19E+03	1,23E+04	2,02E+04	0,27	0,22	9,03	1,03
3	K-3	0,52	18,12	1,08E+04	4,65E+03	11,03	2,74E+03	1,12E+04	1,85E+04	0,21	0,24	8,44	4,19
4	K-4	0,38	13,62	9,89E+03	4,35E+03	15,66	2,59E+03	1,05E+04	1,76E+04	0,30	0,34	8,11	1,36
5	K-5	0,19	13,22	1,04E+04	4,06E+03	13,33	2,40E+03	9,94E+03	1,64E+04	0,27	0,27	7,41	0,97
6	K-6	0,52	13,32	8,39E+03	3,97E+03	11,20	2,34E+03	9,64E+03	1,61E+04	0,24	0,27	6,99	0,87
7	K-7	0,76	11,41	8,50E+03	3,41E+03	13,14	2,03E+03	8,62E+03	1,46E+04	0,33	0,29	6,54	0,74
8	K-8	0,09	11,11	7,82E+03	3,58E+03	9,51	2,07E+03	8,73E+03	1,48E+04	0,03	0,26	6,89	0,72
9	K-9	0,47	7,81	7,93E+03	3,15E+03	10,04	1,92E+03	8,28E+03	1,39E+04	0,21	0,21	6,41	0,63
10	K-10	0,61	11,21	7,25E+03	3,19E+03	8,96	1,90E+03	8,13E+03	1,37E+04	0,27	0,22	6,42	0,74
11	B-1	0,14	13,42	6,13E+03	3,43E+03	1,43	1,89E+03	7,54E+03	1,31E+04	0,24	0,06	2,05	0,45
12	B-2	0,28	14,62	6,39E+03	3,48E+03	4,10	2,00E+03	7,83E+03	1,34E+04	0,24	0,08	6,31	0,86
13	B-3	1,04	7,91	7,72E+03	2,80E+03	24,87	1,76E+03	7,32E+03	1,22E+04	0,94	0,43	6,00	2,71
14	B-4	0,52	10,31	6,00E+03	3,29E+03	1,85	1,88E+03	7,52E+03	1,27E+04	0,12	0,08	5,82	0,75
15	B-5	0,14	10,11	5,87E+03	3,25E+03	1,84	1,86E+03	7,46E+03	1,24E+04	0,24	0,06	6,15	0,70
16	B-6	0,66	11,91	5,87E+03	3,52E+03	2,05	1,83E+03	7,43E+03	1,24E+04	0,27	0,04	6,11	2,79
17	B-7	0,19	11,31	5,74E+03	3,20E+03	1,37	1,83E+03	7,37E+03	1,23E+04	0,24	0,06	5,75	0,83
18	B-8	0,52	9,31	6,35E+03	2,92E+03	19,73	1,59E+03	6,96E+03	1,18E+04	0,36	0,23	5,81	1,84
19	B-9	0,43	14,62	5,45E+03	3,06E+03	2,01	1,80E+03	7,03E+03	1,20E+04	0,09	0,07	6,78	0,67
20	B-10	0,33	9,21	5,44E+03	2,93E+03	1,55	1,68E+03	6,70E+03	1,14E+04	0,15	0,07	5,60	4,90
21	G-1	0,09	11,51	5,15E+03	2,83E+03	1,39	1,65E+03	6,55E+03	1,12E+04	0,21	0,04	2,87	1,06
22	G-2	0,24	12,41	5,14E+03	2,86E+03	1,27	1,69E+03	6,96E+03	1,16E+04	0,09	0,05	5,82	0,67
23	G-3	0,28	10,61	5,03E+03	2,80E+03	1,56	1,65E+03	6,57E+03	1,11E+04	0,06	0,07	5,57	0,90
24	G-4	0,24	10,61	4,95E+03	2,74E+03	1,52	1,63E+03	6,43E+03	1,10E+04	0,49	0,06	5,00	0,70
25	G-5	0,19	9,71	4,81E+03	2,68E+03	1,39	1,59E+03	6,41E+03	1,08E+04	0,33	0,07	5,46	0,74

Tablo 11. Su örneklerinde ICP-MS ile tespit edilen eser element miktarları (devamı)

Örnek No		Li	B	Na	Mg	Al	K	43 Ca	44 Ca	Ti	V	Cr	Mn
26	G-6	0,19	8,71	4,87E+03	2,70E+03	1,69	1,59E+03	6,30E+03	1,07E+04	0,21	0,06	5,61	1,30
27	G-7	0,24	4,71	5,71E+03	2,29E+03	2,81	1,42E+03	6,13E+03	1,05E+04	0,09	0,40	5,22	5,88
28	G-8	0,14	4,20	5,22E+03	2,05E+03	3,27	1,25E+03	5,67E+03	9,53E+03	0,09	0,15	4,75	3,01
29	G-9	0,33	9,31	4,30E+03	2,50E+03	0,80	1,50E+03	6,23E+03	1,06E+04	0,18	0,04	5,45	0,68
30	G-10	0,09	6,71	5,38E+03	2,17E+03	4,54	1,37E+03	5,77E+03	9,80E+03	0,18	0,14	4,81	0,65
31	KE-1	0,09	7,51	4,39E+03	2,36E+03	1,37	1,45E+03	5,64E+03	9,67E+03	0,24	0,11	5,34	0,70
32	KE-2	0,14	8,81	4,46E+03	2,37E+03	1,35	1,51E+03	5,81E+03	9,83E+03	0,42	0,11	5,44	0,63
33	KE-3	0,28	7,81	4,38E+03	2,40E+03	1,56	1,46E+03	5,76E+03	9,75E+03	0,18	0,12	5,44	0,64
34	KE-4	0,05	8,71	4,43E+03	2,43E+03	0,98	1,46E+03	5,91E+03	9,93E+03	0,06	0,08	5,63	0,66
35	KE-5	0,19	6,91	4,39E+03	2,43E+03	1,26	1,46E+03	5,82E+03	9,92E+03	0,09	0,11	5,38	0,61
36	KE-6	0,24	6,81	4,39E+03	2,43E+03	1,66	1,46E+03	5,92E+03	9,85E+03	0,30	0,15	4,83	0,55
37	KE-7	0,05	7,91	4,34E+03	2,41E+03	1,51	1,44E+03	5,77E+03	9,86E+03	0,24	0,10	5,63	0,60
38	KE-8	0,09	7,01	4,30E+03	2,40E+03	1,33	1,43E+03	5,75E+03	9,71E+03	0,12	0,12	4,61	0,55
39	KE-9	0,14	8,51	4,35E+03	2,41E+03	1,20	1,42E+03	5,85E+03	1,00E+04	0,33	0,10	4,99	0,73
40	KE-10	0,24	6,61	4,37E+03	2,39E+03	1,24	1,43E+03	5,83E+03	9,83E+03	0,06	0,13	5,25	0,63
41	BA-1	0,71	3,50	6,25E+03	1,62E+03	1,82	3,86E+02	1,35E+04	2,30E+04	0,18	0,32	4,62	0,64
42	BA-2	2,36	22,43	7,81E+04	1,07E+04	1,37	2,56E+03	2,17E+04	3,61E+04	0,52	0,26	5,57	0,66
43	BA-3	0,61	8,61	5,49E+03	2,15E+03	8,06	1,46E+03	5,83E+03	9,80E+03	0,09	0,21	5,35	1,17
44	BA-4	0,52	3,50	5,57E+03	1,58E+03	13,05	1,18E+03	5,16E+03	8,74E+03	0,15	0,21	5,06	2,36
45	BA-5	2,22	4,20	3,02E+04	7,66E+03	37,34	1,92E+03	1,21E+04	2,09E+04	2,49	1,18	5,60	3,54
46	BA-6	3,31	16,22	1,84E+04	9,76E+03	0,68	1,97E+03	9,25E+03	1,57E+04	0,03	0,04	4,55	0,84
47	BA-7	0,71	2,80	5,27E+03	1,32E+03	18,18	1,10E+03	4,85E+03	8,11E+03	0,06	0,39	4,47	0,85
48	BA-8	0,95	5,41	4,64E+03	1,39E+03	11,23	1,09E+03	4,80E+03	8,06E+03	0,03	0,22	4,62	0,69
49	BA-9	0,99	5,31	4,83E+03	1,77E+03	14,49	9,14E+02	8,30E+03	1,41E+04	0,91	0,31	4,65	1,13
50	BA-10	0,80	4,00	5,12E+03	1,35E+03	15,46	1,08E+03	4,79E+03	7,94E+03	0,09	0,24	4,52	0,65
ORT		**0,52**	**10,13**	**8,27E+03**	**3,27E+03**	**6,68**	**1,73E+03**	**7,71E+03**	**1,30E+04**	**0,28**	**0,19**	**5,72**	**1,27**
SS		**0,6**	**5,3**	**1,1E+04**	**1,9E+03**	**7,6**	**5,5E+02**	**3,0E+03**	**4,9E+03**	**0,4**	**0,2**	**1,4**	**1,2**

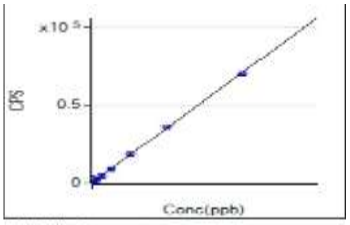
Tablo 12. Su örneklerinde ICP-MS ile tespit edilen eser element miktarları (devamı)

Örnek No		Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Bi
1	K-1	125,54	0,26	14,91	65,91	7,95E+02	0,80	303,40	6,84E+02	0,09	0,96	47,18	0,002	11,72	22,86
2	K-2	108,87	0,19	11,37	8,30	5,67E+02	0,61	<0.000	6,33E+02	0,03	0,47	40,51	0,001	4,43	3,51
3	K-3	253,90	0,24	9,55	7,17	1,16E+03	0,76	749,58	6,40E+02	0,01	0,38	38,98	0,001	3,47	2,25
4	K-4	106,55	0,19	10,72	22,25	5,51E+02	0,63	1487,38	6,26E+02	0,04	0,71	40,23	0,002	4,89	2,04
5	K-5	84,84	0,17	14,70	85,95	9,68E+02	0,51	<0.000	6,33E+02	0,08	0,31	37,88	0,003	8,79	1,77
6	K-6	82,53	0,18	9,89	21,78	6,47E+02	0,61	728,76	5,72E+02	0,05	0,27	36,90	0,001	3,95	1,36
7	K-7	68,51	0,14	8,63	55,44	6,85E+02	0,74	387,28	5,79E+02	0,04	0,29	36,09	0,001	5,86	1,33
8	K-8	75,28	0,16	7,93	36,22	5,16E+02	0,59	749,58	5,57E+02	0,03	0,28	35,89	0,001	5,45	1,26
9	K-9	67,25	0,17	9,90	45,72	5,98E+02	0,73	1270,12	5,64E+02	0,03	0,28	35,63	0,001	4,70	1,15
10	K-10	88,58	0,15	8,61	22,20	3,58E+02	0,53	806,05	5,36E+02	0,04	0,27	34,18	0,001	3,79	1,06
11	B-1	42,86	0,09	5,99	33,21	5,68E+02	0,47	1249,30	4,78E+02	0,02	0,26	33,31	0,001	5,03	0,51
12	B-2	82,98	0,19	10,47	184,27	8,68E+02	0,48	496,72	4,96E+02	0,10	0,28	33,30	0,001	16,96	1,09
13	B-3	122,68	0,32	6,65	35,52	3,31E+02	2,85	452,76	5,12E+02	0,18	0,56	32,96	0,086	11,75	4,85
14	B-4	72,99	0,15	6,99	38,61	5,13E+02	0,40	696,04	4,72E+02	0,06	0,38	32,85	0,001	10,42	1,03
15	B-5	75,31	0,13	7,81	61,44	6,45E+02	0,34	832,86	4,67E+02	0,07	0,35	32,03	0,001	13,99	0,92
16	B-6	73,20	1,42	9,89	80,92	9,08E+02	0,47	<0.000	4,59E+02	0,09	0,56	30,98	0,001	15,02	0,90
17	B-7	120,02	0,14	8,45	31,76	5,48E+02	0,52	574,68	4,60E+02	0,05	0,62	31,70	0,001	11,93	0,83
18	B-8	65,34	0,30	6,13	52,16	2,97E+02	0,67	<0.000	5,00E+02	0,13	0,29	34,15	0,001	15,06	0,91
19	B-9	69,48	0,14	8,71	151,34	7,09E+02	0,35	374,79	4,60E+02	0,46	0,71	31,15	0,001	95,94	1,53
20	B-10	458,19	0,19	13,54	223,29	9,86E+02	0,49	691,36	4,31E+02	0,10	0,34	27,31	0,001	19,89	0,73
21	G-1	90,43	0,10	5,08	14,12	4,41E+02	0,33	1632,40	4,31E+02	0,03	0,33	30,24	0,001	5,04	0,51
22	G-2	68,47	0,14	9,38	268,77	7,72E+02	0,26	499,72	4,45E+02	0,09	0,28	32,41	0,001	20,73	0,76
23	G-3	82,67	0,13	7,29	44,19	4,61E+02	0,28	824,54	4,27E+02	0,05	0,41	30,30	0,001	12,95	0,70
24	G-4	68,00	0,12	6,80	25,98	4,64E+02	0,33	99,94	4,25E+02	0,04	0,23	30,48	0,001	10,86	0,66
25	G-5	76,76	0,13	6,25	13,88	4,11E+02	0,32	410,19	4,17E+02	0,04	0,31	29,67	0,001	10,67	0,71

Tablo 13. Su örneklerinde ICP-MS ile tespit edilen eser element miktarları (devamı)

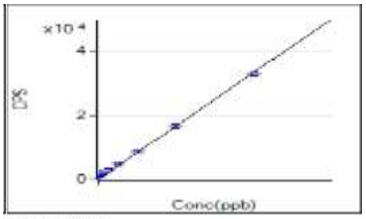
Örnek No		Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Bi
26	G-6	78,42	0,15	7,16	67,79	5,83E+02	0,40	930,02	4,18E+02	0,06	1,43	29,66	0,001	12,75	0,70
27	G-7	71,45	0,19	7,35	71,13	2,87E+02	0,77	<0.000	4,57E+02	0,05	0,25	34,89	0,003	12,08	0,64
28	G-8	210,83	0,12	5,68	37,39	3,48E+02	0,43	<0.000	4,33E+02	0,08	0,27	29,07	0,001	13,00	0,67
29	G-9	58,15	0,14	71,87	5,56	6,67E+02	0,33	333,15	4,19E+02	0,06	0,28	30,48	0,004	11,94	0,74
30	G-10	56,95	0,11	5,87	29,66	2,90E+02	0,55	2040,52	4,52E+02	0,06	0,23	31,28	0,001	11,76	0,64
31	KE-1	69,20	0,12	6,73	44,75	4,90E+02	0,41	366,46	3,84E+02	0,04	0,19	26,54	0,002	5,00	1,42
32	KE-2	69,11	0,12	6,13	16,00	4,03E+02	0,28	<0.000	3,92E+02	0,02	0,30	26,06	0,002	3,74	1,46
33	KE-3	70,52	0,12	6,17	15,08	3,99E+02	0,25	374,79	3,95E+02	0,02	0,19	25,81	0,002	3,89	1,41
34	KE-4	71,12	0,12	6,44	17,93	4,14E+02	0,28	416,43	3,99E+02	0,01	0,19	28,75	0,001	4,14	0,91
35	KE-5	70,38	0,13	6,11	11,63	4,01E+02	0,33	112,44	3,99E+02	0,02	0,18	29,00	0,001	3,90	0,67
36	KE-6	62,62	0,12	5,82	24,24	3,93E+02	0,31	1415,87	4,02E+02	0,02	0,25	30,73	0,001	4,03	0,82
37	KE-7	71,59	0,13	6,31	10,51	3,93E+02	0,33	62,46	3,99E+02	0,02	0,20	28,94	0,001	3,95	0,64
38	KE-8	61,22	0,12	5,46	12,68	3,99E+02	0,40	453,32	3,97E+02	0,02	0,18	29,26	0,001	3,49	0,58
39	KE-9	64,68	0,10	5,76	10,80	4,04E+02	0,37	<0.000	3,95E+02	0,01	0,19	29,42	0,001	3,58	0,65
40	KE-10	68,18	0,11	5,90	10,54	3,93E+02	0,23	133,26	3,96E+02	0,02	0,20	29,20	0,001	3,75	0,61
41	BA-1	47,11	0,14	4,01	5,02	3,69E+01	0,47	2,75	5,42E+02	0,04	0,22	118,74	0,014	4,12	1,55E+03
42	BA-2	69,84	0,30	8,26	69,28	6,61E+01	1,91	1,39	1,93E+03	0,04	0,36	214,65	0,161	8,20	1,60E+03
43	BA-3	73,75	0,12	5,67	3,60	3,10E+02	0,57	0,11	4,60E+02	0,04	0,32	31,97	0,002	4,10	1,38E+03
44	BA-4	70,97	0,61	5,85	37,74	1,61E+02	0,67	0,16	4,64E+02	0,03	0,33	31,10	0,002	4,93	1,65E+03
45	BA-5	182,37	0,44	10,39	3,86	1,87E+02	6,50	0,84	7,86E+02	0,13	0,68	75,94	0,005	4,63	1,51E+03
46	BA-6	44,34	0,12	4,95	3,23	2,37E+02	0,60	0,05	2,87E+03	0,03	0,11	116,01	0,001	4,03	1,51E+03
47	BA-7	44,69	0,10	4,21	12,80	1,96E+01	0,81	0,17	4,90E+02	0,03	0,33	31,45	0,002	4,51	1,53E+03
48	BA-8	48,34	0,11	6,35	35,54	1,24E+02	0,67	0,12	4,34E+02	0,03	0,21	28,41	0,001	4,18	1,56E+03
49	BA-9	74,19	0,14	3,89	4,94	2,05E+01	0,84	0,22	6,76E+02	0,04	0,29	59,55	0,003	4,25	1,51E+03
50	BA-10	42,64	0,10	4,43	55,26	6,02E+01	1,04	0,09	4,59E+02	0,03	0,29	29,76	0,002	4,28	1,53E+03
ORT		**89,68**	**0,19**	**8,85**	**44,95**	**4,65E+02**	**0,70**	**5,23E+02**	**5,63E+02**	**0,06**	**0,34**	**40,66**	**0,007**	**9,63**	**3,08E+02**
SS		**66,2**	**0,2**	**9,4**	**54,5**	**2,6E+02**	**0,9**	**5,1E+02**	**4,0E+02**	**0,1**	**0,2**	**31,2**	**0,025**	**13,3**	**6,20E+02**

İstanbul şehir suyu örneklerinde ICP-MS cihazı ile yapılan analizlerin kalibrasyon grafikleri aşağıda sunulmaktadır:



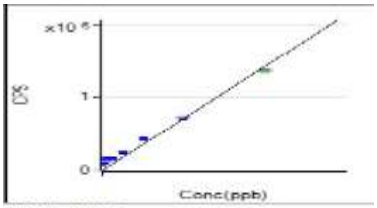
7 Li [He]
y = 7.007E1 x + 2.833E2
R 0.9992
DL 3.885
BEC 4.044

Şekil 8. Lityum kalibrasyon grafiği



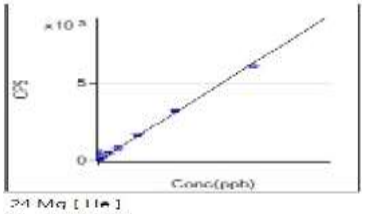
11 B [He]
y = 3.330E1 x
R 0.9999
DL
BEC 0

Şekil 9. Bor kalibrasyon grafiği



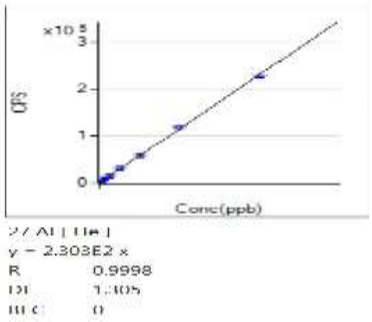
23 Na [He]
y 1.419E1 x
R 0.9990
DL 1.787
BEC 0

Şekil 10. Sodyum kalibrasyon grafiği

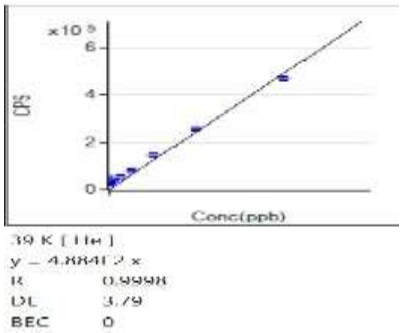


24 Mg [He]
y 6.258E2 x
R 0.9979
DL 3.037
BEC 0

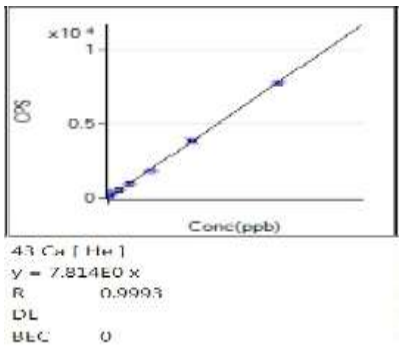
Şekil 11. Magnezyum kalibrasyon grafiği



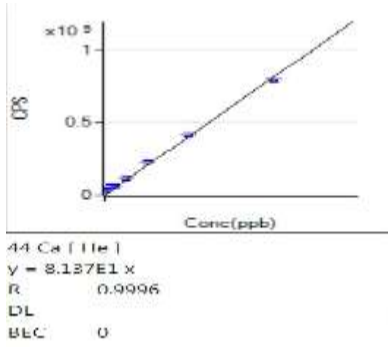
Şekil 12. Alüminyum kalibrasyon grafiği



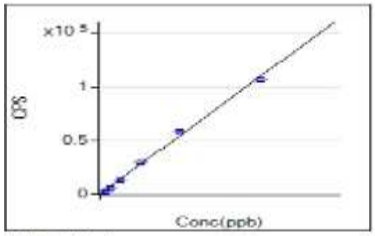
Şekil 13. Potasyum kalibrasyon grafiği



Şekil 14. Kalsiyum kalibrasyon grafiği

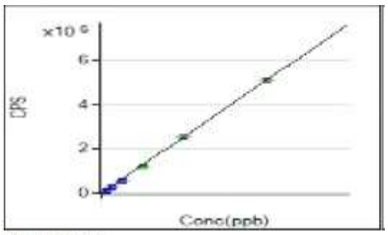


Şekil 15. Kalsiyum kalibrasyon grafiği



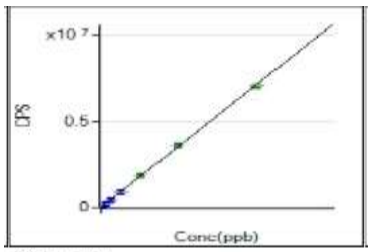
47 Ti [He]
y = 1.099E2 x
R 0.9985
DL 0.5459
BEC 0

Şekil 16. Titanyum kalibrasyon grafiği



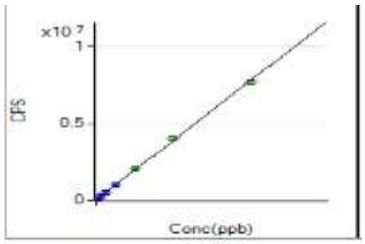
51 V [He]
y = 5.109E3 x
R 0.9999
DL 0.02445
BEC 0

Şekil 17. Vanadyum kalibrasyon grafiği



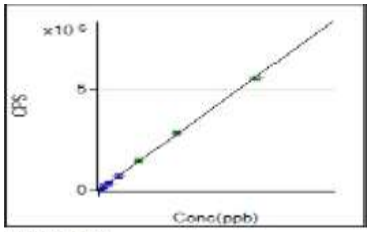
52 Cr [He]
y = 7.126E3 x
R 0.9998
DL 0.1433
BEC 0

Şekil 18. Krom kalibrasyon grafiği



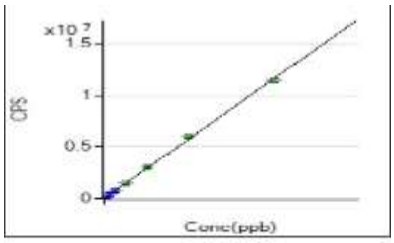
55 Mn [He]
y = 7.756E3 x
R 0.9998
DL 0.07406
BEC 0

Şekil 19. Mangan kalibrasyon grafiği



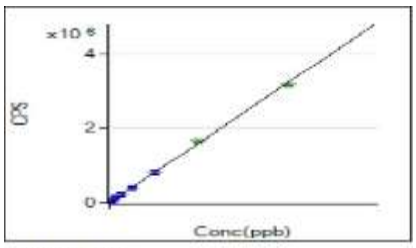
56 Fe [He]
y = 5.631E3 x
R 0.9998
DL 0.1158
BEC 0

Şekil 20. Demir kalibrasyon grafiği



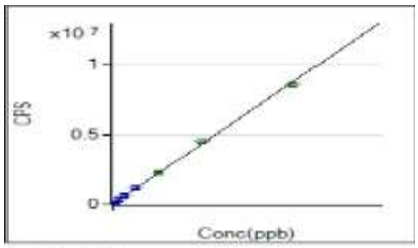
59 Co [He]
y = 1.159E4 x
R 0.9998
DL 0.05345
BEC 0

Şekil 21. Kobalt kalibrasyon grafiği



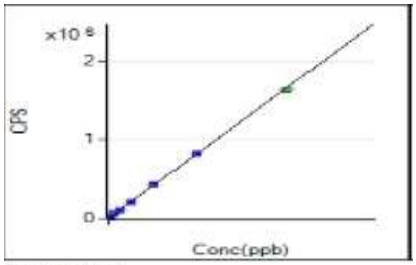
60 Ni [He]
y = 3.227E3 x
R 0.9998
DL 0.666
BEC 0

Şekil 22. Nikel kalibrasyon grafiği



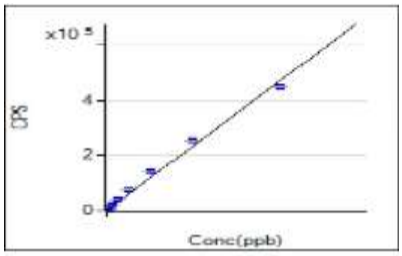
63 Cu [He]
y = 8.756E3 x
R 0.9998
DL 0.2613
BEC 0

Şekil 23. Bakır kalibrasyon grafiği



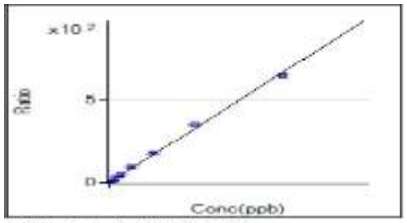
66 Zn [He]
y = 1.651E3 x
R 0.9999
DL 0.3273
BEC 0

Şekil 24. Çinko kalibrasyon grafiği



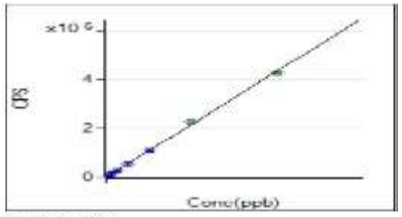
75 As [He]
y = 4.703E2 x
R 0.9968
DL 0.4615
BEC 0

Şekil 25. Arsenik kalibrasyon grafiği



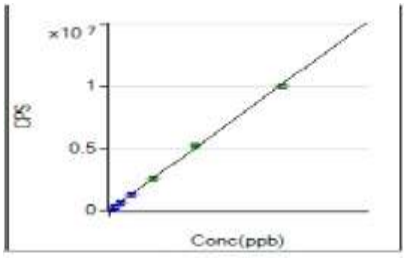
78 Se [He] / ISTD: 72 Ge
y = 6.670E-1 x
R 0.9992
DL 0.6446
BEC 0

Şekil 26. Selenyum kalibrasyon grafiği



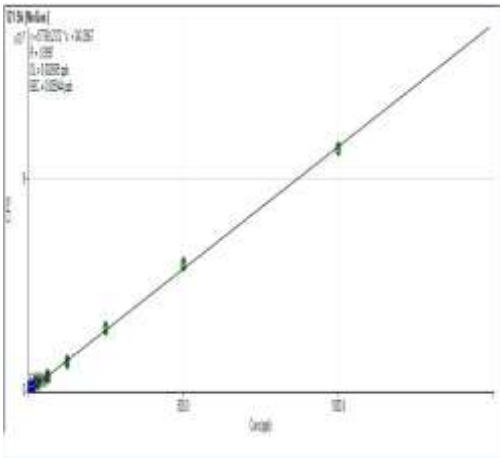
88 Sr [He]
y = 4.350E3 x
R 0.9997
DL 0.2752
BEC 0

Şekil 27. Stronsiyum kalibrasyon grafiği

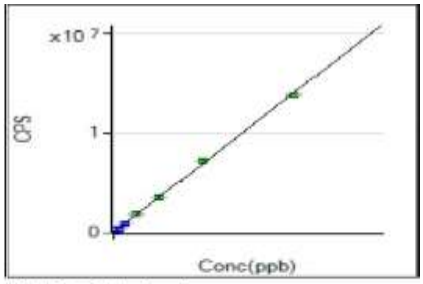


111 Cd [No Gas]
y = 1.017E4 x
R 0.9998
DL 0.03127
BEC 0

Şekil 28. Kadmiyum kalibrasyon grafiği

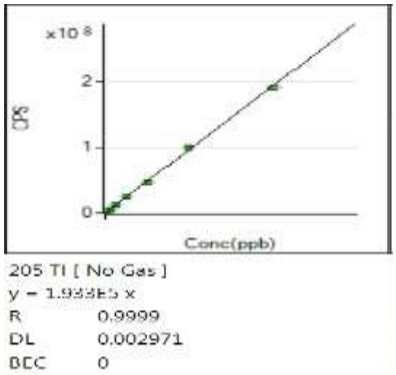


Şekil 29. Antimon kalibrasyon grafiği

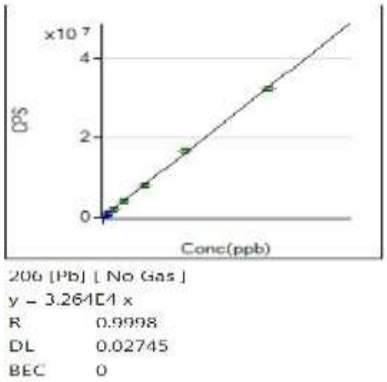


137 Ba [No Gas]
y = 1.400E4 x
R 0.9998
DL 0.04876
BEC 0

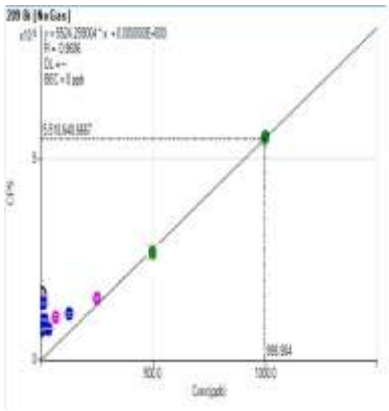
Şekil 30. Baryum kalibrasyon grafiği



Şekil 31. Talyum kalibrasyon grafiği



Şekil 32. Kurşun kalibrasyon grafiği



Şekil 33. Bizmut kalibrasyon grafiği

Tablo 14. Su örneklerinde elementlerin ortalama ve standart sapma değerleri (iç kontrol çalışması)

Element	100 ppb	100 ppb	100 ppb	100 ppb	Ortalama	Std. Sapma
7 Li	100,088	101,959	100,805	100,527	100,845	0,799
9 Be	101,411	99,473	100,297	99,776	100,239	0,852
11 B	101,077	102,655	99,863	101,266	101,215	1,143
23 Na	103,851	102,936	99,146	100,480	101,604	2,170
24 Mg	100,365	101,599	102,882	100,075	101,231	1,284
27 Al	101,116	101,102	102,319	101,623	101,540	0,573
39 K	100,130	99,548	99,136	98,821	99,409	0,566
43 Ca	98,604	99,031	99,803	99,523	99,240	0,531
44 Ca	101,615	102,014	101,522	102,983	102,033	0,668
47 Ti	101,335	103,929	102,958	101,426	102,412	1,256
51 V	101,620	100,877	99,730	98,771	100,249	1,256
52 Cr	102,304	100,005	100,964	99,381	100,663	1,273
55 Mn	102,877	100,709	102,322	101,015	101,731	1,036
56 Fe	100,630	100,143	100,854	102,765	101,098	1,150
59 Co	102,977	101,908	102,068	101,227	102,045	0,721
60 Ni	101,546	100,688	100,177	101,985	101,099	0,817
63 Cu	101,996	99,155	99,677	101,827	100,664	1,458
66 Zn	101,040	101,012	100,133	101,654	100,960	0,626
75 As	101,379	99,338	99,611	99,620	99,987	0,937
78 Se	98,739	100,075	100,736	100,305	99,964	0,861
88 Sr	102,497	100,856	101,717	100,659	101,432	0,845
111 Cd	101,546	101,932	100,047	98,662	100,547	1,497
121 Sb	100,850	100,038	99,840	101,223	100,488	0,657
137 Ba	101,087	101,385	103,948	101,954	102,094	1,287
205 Tl	100,926	101,045	101,653	98,859	100,621	1,217
208 Pb	101,034	101,801	100,327	99,018	100,545	1,183
209 Bi	102,469	100,293	98,183	98,601	99,887	1,948

Tablo 15. İçme sularında ağır metallerin sınır değerleri (36)

İÇME SUYU KALİTE PARAMETRE DEĞERLERİ Kabul Edilebilir Maksimum Değerler (ppb)			
STANDARTLAR	**TSE 266**	**Avrupa Birliği**	**WHO (45)**
Bor (B)	100		300
Nikel (Ni)	20	20	20
Arsenik (As)	10	10	10
Kadmiyum (Cd)	5	5	3
Krom Toplam (Cr)	50	50	50
Baryum	-	-	300
Kurşun (Pb)	10	10	10
Selenyum (Se)	10	10	10
Antimon (Sb)	5	5	5
Bakır (Cu)	2000	2000	2000
Demir (Fe)	200	200	300
Çinko (Zn)	5000	-	3000
Mangan (Mn)	50	50	100
Magnezyum (Mg)	50000	50000	-
Alüminyum (Al)	200	200	200
Sodyum (Na)	175000	200000	200000
Potasyum (K)	12000	-	-
Kalsiyum (Ca)	200000	-	100000

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, özellikle insan sağlığı açısından büyük öneme sahip eser elementler arasında yer alan; lityum, bor, sodyum, magnezyum, alüminyum, potasyum, kalsiyum, titanyum, vanadyum, krom, mangan, demir, kobalt, nikel, bakır, çinko, arsenik, selenyum, stronsiyum, kadmiyum, antimon, baryum, talyum, kurşun, bizmut elementlerinin İstanbul, Avrupa yakasından toplanan şehir suyu örneklerindeki içerikleri ICP-MS kullanılarak tayin edildi.

TSE 266 (2005) ve WHO (2011)' e göre içme sularında bulunması gereken maksimum ve tavsiye edilen ağır metal değerleri Tablo 36'da yer almaktadır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre;

İstanbul şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Lityum miktarı 0,51 ppb olarak bulunmuştur. Ohgami ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada içme suyu örneklerindeki lityum derişimleri 0.7-59 μg/l arağında tespit edilmiştir (37).

Bu çalışmada, şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Bor miktarı 10,13 ppb olarak bulunmuştur. TSE'ye göre maksimum değer 100 ppb, WHO'ya göre 300 pbb'dir. Araştırmamızda bulunan değer bu maksimum sınırların çok altındadır.

Çalışmamızda, su numunelerinde tespit edilen ortalama Sodyum miktarı 8,27 ppm olarak bulunmuştur. WHO verilerine göre içme sularındaki maksimum sodyum miktarı 200 ppm'dir.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Magnezyum miktarı 3,27 ppm olarak bulunmuştur. TSE'nin magnezyum için sınır değeri 50 ppm olup bulgularımız bu değerin oldukça altındadır.

Bu çalışmada su numunelerinde tespit edilen ortalama Aluminyum miktarı 6,68 ppb olarak bulunmuştur. TSE, WHO kriterlerine göre 200 ppb olarak sunulmaktadır. Çalışmamızın sonuçları izin verilen değerin altındadır.

İstanbul şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Potasyum miktarı 1.73 ppm olarak tespit edilmiştir. TSE tarafından belirlenen maksimum potasyum 12 ppm'dir.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Kalsiyum miktarı 7,71 ppm olarak bulunmuştur. TSE'ye göre 200 ppm ve WHO'ya göre 100 ppm olan maksimum değerin oldukça altındadır.

Bu çalışmada şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Titanyum miktarı 0,28 ppb bulunmuştur.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Vanadyum miktarı 0,19 ppb olarak bulunmuştur.

Şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Krom miktarı 5,72 ppb olarak bulunmuştur. TSE ve WHO içme sularında krom miktarını maksimum 50 ppb olarak belirlemiştir. Çalışmamızda su numunelerindeki krom bu değerin oldukça altında bulunmuştur.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Mangan miktarı 1,27 ppb olarak bulunmuştur. TSE maksimum Mn miktarını 50 ppb olarak belirlemişken WHO için bu element sınır değeri 100 ppb'dir. Çalışmamızda elde edilen derişimle bu sınırın oldukça altında kalmıştır.

Çalışmamızda, su numunelerinde tespit edilen ortalama Demir miktarı 89,68 ppb olarak bulunmuştur. Bu değer TSE'nin belirlediği maksimum değer olan 200 ppb'nin altında bulunmaktadır.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Kobalt miktarı 0,19 ppb olarak bulunmuştur.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Nikel miktarı 8,85 ppb olarak bulunmuştur. TSE ve WHO'nun nikel için belirlediği sınır 20 ppb olarak vermektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz nikel ortalama değeri belirlenen maksimum değerin altında kalmaktadır.

Bu çalışmada şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Bakır miktarı 44,95 ppb olarak bulunmuştur. TSE ve WHO tarafından belirlenen değer 2000 ppb olup ortalama sonucumuz bu değerin çok altındadır.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Çinko miktarı 465,03 ppb olarak bulunmuştur. TSE tarafından belirlenen sınır değer 5000 ppb ve WHO'nun belirlediği değer 3000 ppb'dir.

İstanbul şehir suyu numunelerinde yaptığımız çalışmada tespit edilen ortalama Arsenik miktarı 0,70 ppb olarak bulunmuştur. Ortalama arsenik miktarı, toksik bir element olan arsenik için TSE ve WHO'nun belirlediği 10 ppb'lik sınır değerin oldukça altında kalmaktadır.

Çalışmamızda İstanbul Avrupa yakasından topladığımız şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Selenyum miktarı 522,91 ppb olarak bulunmuştur. TSE'ye ve WHO'ya göre sınır değer 10 ppb olarak verilmekte ve çalışmamızda ortalama selenyum değeri oldukça yüksek bulunmuştur. İstasyon bazında baktığımızda bazı istasyonlarda çok yüksek değerler tespit edilmişken bazı istasyonlarda selenyum miktarlarının çok düşük olduğu görülmektedir.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Stronsiyum miktarı 563,11 ppb olarak bulunmuştur.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Kadmiyum miktarı 0,06 ppb olarak bulunmuştur. Analiz sonucunda elde edilen değer TSE ve WHO tarafından belirlenen maksimum değerlerin altında kalmaktadır.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Antimon miktarı 0,36 ppb olarak bulunmuştur. TSE ve Avrupa Birliği ve WHO standartlarına göre 5 ppb olan maksimum değerin oldukça altındadır.

Çalışmamızda şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Baryum miktarı 40,66 ppb olarak bulunmuştur. WHO tarafından belirlenen baryum maksimum değeri 300 ppb olup sonuçlarımız bu değerin oldukça altındadır.

Su numunelerinde tespit edilen ortalama Talyum miktarı 0,007 ppb olarak bulunmuştur.

İstanbul şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Kurşun miktarı 9,63 ppb olarak tespit eilmiş olup TSE ve WHO tarafından belirlenen sınır değere (10 ppb) oldukça yakın bulunmuştur. Toksik bir element olan kurşun için içme/kullanım amaçlı sularda bu sonuç düşündürücüdür.

Bu çalışmada, şehir suyu numunelerinde tespit edilen ortalama Bizmut miktarı 308,25 ppb olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak; dünyanın sayılı şehirleri arasında yer alan İstanbul'un şebeke suyunun, inorganik kirlilik parametreleri arasında yer alan ağır metaller ve makro elementler açısından değerlendirildiği çalışmamız, bu elementlere farkındalığın daha çok artması adına önemlidir. Eser elementlere düşük derişimlerde sürekli maruziyet insan sağlığı açısından oldukça önemli olup sürekli izlenmelidir.

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında belirlenen istasyonlardan toplanan ve içme/kullanım amacıyla tüketilen şehir suyu örneklerindeki bazı eser element içeriklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Su, insanın yaşamının her aşamasında doğru beslenme, kan dolaşımı, solunum, boşaltım ve üreme gibi hayati işlevleri yerine getirebilmesi için gereklidir. Suyun yaşam için gerekli olması nedeniyle konut ortamında kullanıma uygun olması ve kalitesi çok önemlidir. Yaşam için gerekli olan su, temiz ve sağlıklıysa faydalı olabilir. Aksi takdirde, su sağlığı tehlikeye atabilir. Elementlerin analizi amacıyla pek çok enstrümental yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan teknik, tayin kapasitesi yüksek ve ultra eser analizler için standart yöntem haline gelmiş olan İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri (ICP-MS) tekniğidir.

Araştırmamızda belirlenen istasyonlardan 50 adet şehir suyu numunesi alınarak örneklerindeki elementleri inorganik ortama almak amacıyla nitrik asit ilave edilmiş ve analiz öncesi uygun saklama koşullarında saklanmıştır. Su örneklerindeki eser elementler Environmental Protection Agency (EPA) 200.8 metoduna göre İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrofotometre (ICP-MS) cihazı ile tayin edilmiş ve sonuçlar; alüminyum (Al) için 6,68 ppb, Baryum (Ba) için 40,66 ppb, Lityum (Li) için 0,51 ppb, Bor (B) için 10,13 ppb, Sodyum (Na) için 8,27 ppm, Magnezyum (Mg) için 3,27 ppm, Potasyum (K) için 1,73 ppm, Titanyum (Ti) için 0,28 ppb, Vanadyum (V) için 0,19 ppb, Krom (Cr) için 5,72 ppb, Mangan (Mn) için 1,27 ppb, Demir (Fe) için 89,68 ppb, Kobalt (Co) için 0,19 ppb, Nikel (Ni) için 8,85 ppb, Bakır (Cu) için 44,95 ppb, Çinko (Zn) için 465,03 ppb, Arsenik (As) için 0,70 ppb, Selenyum (Se) için 522,91 ppb, Stronsiyum (Sr) için 563,11 ppb, Kadmiyum (Cd) için 0,06 ppb, Antimon (Sb) için 0,36 ppb, Talyum (Tl) için 0,007 ppb, Kurşun (Pb) için 9,63 ppb, Bizmut (Bi) için 308,25 ppb,

Kalsiyum (Ca) için 7,71 ppm değerleri tespit edilmiştir. İstanbul şehir suyu örneklerinde tespit edilen eser element içeriklerinin standart değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şehir Suyu, Ağır Metal, ICP-MS, Eser Element.

INVESTIGATION OF SOME TRACE ELEMENTS IN CITY WATER SAMPLES OF THE ISTANBUL REGION BY INDUCTIVE COUPLED PLASMA-MASS SPECTROMETRY

SUMMARY

In this study, it was aimed to investigate some trace element contents in the city water samples collected from the stations determined on the European side of Istanbul and consumed for drinking/usage purposes. Water is necessary for a person to perform vital functions such as proper nutrition, blood circulation, respiration, excretion and reproduction at every stage of his life. Since water is essential for life, its suitability for use in the residential environment and its quality are very important. Water, which is essential for life, can be beneficial if it is clean and healthy. Otherwise, the water may endanger health. Many instrumental techniques are used for the analysis of elements. The most widely used technique is the Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) technique, which has a high detection capacity and has become the standard method for ultra-trace analysis.

50 tap water samples were taken from the stations determined in our research, nitric acid was added in order to get the elements in the samples into the inorganic environment and stored under appropriate storage conditions before the analysis. Trace elements in water samples were determined by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrophotometer (ICP-MS) according to the Environmental Protection Agency (EPA) 200.8 method and the results were; 6,681 ppb for aluminum (Al), 40,659 ppb for Barium (Ba), 0.515 ppb for Lithium (Li), 10,134 ppb for Boron (B), 8274,648 ppb for Sodium (Na), 3265,726 for Magnesium (Mg) ppb, 1728,297 ppb for Potassium

(K), 0.276 ppb for Titanium (Ti), 0.188 ppb for Vanadium (V), 5,717 ppb for Chromium (Cr), 1,267 ppb for Manganese (Mn), 89,678 for Iron (Fe) ppb, 0.191 ppb for Cobalt (Co), 8,848 ppb for Nickel (Ni), 44,946 ppb for Copper (Cu), 465,032 ppb for Zinc (Zn), 0.697 ppb for Arsenic (As), 522,906 ppb for Selenium (Se), 563,115 ppb for Strontium (Sr), 0.057 ppb for Cadmium (Cd), 0.357 ppb for Antimony (Sb), 0.007 ppb for Thallium (Tl), 9,630 ppb for Lead (Pb), 308,252 ppb for Bismuth (Bi), Calcium (Ca) values of 7705, 617 ppb were determined. It is seen that trace element contents detected in Istanbul tap water samples are below the standard values.

Key Words: Tap Water, Heavy Metal, ICP-MS, Trace Element, AAS

KAYNAKLAR

1. T.C Sağlık Bakanlığı (TCSB). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Erişim: (http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7510&MevzuatIliski=0&sourceXmlS rch=insani%20t%C3%BCketim%20ama), (2016).

2. Erişim: (https://www.ankaradegillefkosa.org/ulkemizde-su-ve-yapmamiz-gerekenler-salih-ersangil/)

3. T.C. Kalkınma Bakanlığı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği, Onbirinci Kalkınma Planı (2019-2023), Ankara, (2018).

4. Öktem, A.U., Aksoy, A. "Türkiye'nin Su Riskleri Raporu". Ofset Yayınevi. WWF Türkiye,(2014). (http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri__raporu_web.pdf)

5. T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği, (2012) (https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16806&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5)

6. Duffus, J.H. Heavy metals a meaningless term? IUPAC Technical Report, Pure and Applied Chemistry, 74, (2002).

7. Narin, E." Bazı Eser Metal İyonlarının Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Tayinleri Öncesi Katı Faz Ekstraksiyonları". Niğde Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü,. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/0953-8984/27/1/013002 (2002).

8. Topçuoglu, S, Erentürk, N, Saygi, N, Kut, D, Esen, N, Bassari, A, Seddigh, E, Trace metal levels of fish from the Marmara and Black Sea. Toxicol. Environ. Chem. 29, (1990).

9. Hansen, M.B, Johansen, J.D, Menné, T, Chromium allergy: significance of both Cr (III) and Cr (VI). Contact Dermatitis, 46, (2003).

10. Tuncer, S, İzmir ve Çandarlı (Aliağa Limanı) Körfezlerinde Yasayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar. EgeÜniversitesi Hidrobiyoloji ve Su ürünleri Arastırma Uygulama Merkezi. Doktora Tezi, (1985).

11. Trace Elements in Human Nutrition and Health, World Health Organization, Geneva, (1996).

12. Baldwin DR, Marshall WJ. "Heavy Metal Poisoning and Its Laboratory Investigation" (Review Article), Annals of Clinical Biochemistry, (36) 267-300, (1999).

13. Tatar, Ç.P., Kurşun Maruziyetinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, (2014).

14. Özbolat, G., Tuli, A., Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri, Effects of Heavy Metal Toxicity on Human Health, Archives Medical Review Journal, 25(4), 502-521 (2016).

15. Kayhan, F.E. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23(1-2) (2006).

16. Conor, R. Pollutants in Food? Metals and Metalloids-Mineral Components in Foods, In Chemical & Functional Properties of Food Components, CRC Press, (2006).

17. WHO. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/ (2012).

18. Çağlarırmak, N., Hepçimen, A.Z.Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. Akademik Gıda, 8(2), (2010).

19. Başkan, M.B., Pala, Ayşegül. (2009): İçme sularında arsenik kirliliği: Ülkemiz açısından bir değerlendirme. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(1), (2009).

20. Abernathy, C. United Nations synthesis report on arsenic in drinking water, chapter 3: exposure and health effects. World Health Organization, Genova (2001).

21. Fu, H.Z., Wang, M.H., Ho, Y.S. Mapping of drinking water research: A bibliometric analysis of research output during. Sci Total Environ,, 443, 757-765, (2013).

22. Katıöz, Y.A., Erdoğan, S., Sağlam, N.Ö., Çakır, B., Ural, L., Özçay S., Civa İntoksikasyonu, Göztepe Tıp Dergisi 17: 127-128, (2002).

23. Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2002. Analitik Kimya Temel İlkeler Cilt 2, Bilim Yayınevi.

24. Dean, J.R. 2005. Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy. John Wiley & Sons Ltd., Sussex, 249.

25. Perkin Elmer, The 30-Minute Guide to ICP-MS, Technical Note, Erişim: (https://resources.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/TCH-30-Minute-Guide-to-ICP-MS-006355G_01.pdf)

26. Skoog, D. A., Holler, F.J., Nieman, T. A. Enstrümental Analiz İlkeleri (Principles of Instrumental Analysis) Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Esma Kılıç (1998).

27. Erişim: (http://icpms.kocaeli.edu.tr/calisma-prensibi.php,)

28. Thomas, R. 2004. Practical Guide to ICP-MS. Marcel Dekker Inc., USA, 339.

29. Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2002. Analitik Kimya Temel İlkeler Cilt 1, Bilim Yayınevi.

30. Oğuz, T.C., İçme Suyu Arıtımında Yaygın Olarak Karşılaşılan Su Kalite Problemleri ve Arıtımı için Çözüm Önerileri, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Ankara, (2015).

31. Gray, N.F., 2008. Drinking Water Quality – Problems and Solutions. (2nd edition). New York: Cambridge

32. Freedman, B., 1995. Environmental Ecology, The Ecological Effects of Pollution, Disturbance and Other Stresses, Academic Press.

33. Filiz, E., Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Adsorbanlarla Sulardan Ağır Metal Giderimi, İTÜ, Fen bilimleri Enstitüsü, (2007).

34. Süphandağ, Ş.A., Uyguner, Bekbölet, M., İstanbul'da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri, itüdergisi/e, Su Kirlenmesi Kontrolü Cilt:17, Sayı:2, 23-35, (2007).

35. Erişim: (https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/su-kalite-raporlari)

36. https://dobisu.marmara.edu.tr/orta-menu/yararli-bilgiler/icme-suyu-kabul-edilebilir-degerler Erişim Tarihi: 28.01.2022.

37. Ohgami H, Terao T., Shiotsuki I., Ishii N., and Iwata N. Lithium levels in drinking water and risk of suicide, The British Journal of Psychiatry , (5) 194, 464 – 465, (2009).

ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 1. Dünya'daki Suyun Dağılımı 2
Şekil 2. Kurşundan Olumsuz Etkilenen Vücut Yapıları 6
Şekil 3. ICP-MS cihazı 10
Şekil 4. ICP-MS cihazının bileşenleri 11
Şekil 5. Numune girişinden analiz sonuna kadar gelişen basamakları 13
Şekil 6. Derin Göl ve Barajlarda Termal Tabakalaşma 15
Şekil 7. İstanbul Havzasında Yer Alan İl ve İlçeler 22
Şekil 8. Lityum Kalibrasyon Grafiği 29
Şekil 9. Bor Kalibrasyon Grafiği 29
Şekil 10. Sodyum Kalibrasyon Grafiği 29
Şekil 11. Magnezyum Kalibrasyon Grafiği 29
Şekil 12. Alüminyum Kalibrasyon Grafiği 30
Şekil 13. Potasyum Kalibrasyon Grafiği 30
Şekil 14. Kalsiyum Kalibrasyon Grafiği 30
Şekil 15. Kalsiyum Kalibrasyon Grafiği 30
Şekil 16. Titanyum Kalibrasyon Grafiği 31
Şekil 17. Vanadyum Kalibrasyon Grafiği 31

Şekil 18. Krom Kalibrasyon Grafiği 31
Şekil 19. Mangan Kalibrasyon Grafiği 31
Şekil 20. Demir Kalibrasyon Grafiği 32
Şekil 21. Kobalt Kalibrasyon Grafiği 32
Şekil 22. Nikel Kalibrasyon Grafiği 32
Şekil 23. Bakır Kalibrasyon Grafiği 32
Şekil 24. Çinko Kalibrasyon Grafiği 33
Şekil 25. Arsenik Kalibrasyon Grafiği 32
Şekil 26. Selenyum Kalibrasyon Grafiği 33
Şekil 27. Stronsiyum Kalibrasyon Grafiği 33
Şekil 28. Kadmiyum Kalibrasyon Grafiği 34
Şekil 29. Antimon Kalibrasyon Grafiği 34
Şekil 30. Baryum Kalibrasyon Grafiği 34
Şekil 31. Talyum Kalibrasyon Grafiği 35
Şekil 32. Kurşun Kalibrasyon Grafiği 35
Şekil 33. Bizmut Kalibrasyon Grafiği 35

TABLOLAR

Tablo 1. B, Cr, Ni, Cu, As, Cd, Sb, Hg Ve Pb Üst Sınır Değerleri 4
Tablo 2. İçme Suyu Problemleri ve Kaynakları 15
Tablo 3. Ağır Metallerin Vücuttaki Sistem ve Organlar Üzerindeki Etkileri 17
Tablo 4. Temiz su numune alma, taşıma, saklama koşulları ve süreleri tablosu..... 17
Tablo 5. İstanbul İlindeki İlçelerin Analizlerinin Yapıldığı Laboratuvarlar 18
Tablo 6. Denetim İzlemesi Mikrobiyolojik Parametreler ve Değerler 19
Tablo 7. Kontrol İzlemesi Parametreleri ve Değerleri 19
Tablo 8. Şehir suyu örneklerinin alındığı istasyonlar ve alınan örnek sayısı 21
Tablo 9. Element analizi için kullanılan ICP-MS cihazının parametreleri..... 23
Tablo 10. Su Örneklerinde ICP-MS ile Tespit Edilen Eser Element Miktarları 25
Tablo 11. Su Örneklerinde ICP-MS ile Tespit Edilen Eser Element Miktarları (devamı)..... 26
Tablo 12. Su Örneklerinde ICP-MS ile Tespit Edilen Eser Element Miktarları (devamı)..... 27
Tablo 13. Su Örneklerinde ICP-MS ile Tespit Edilen Eser Element Miktarları (devamı)..... 28
Tablo 14. Su örneklerinde elementlerin ortalama ve standart sapma değerleri..... 36
Tablo 15. Ağır metal değerleri 37

ÖZGEÇMİŞ