

**T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RİZE İLİNDE YAŞAYAN FARKLI YAŞ GRUPLARINDAKİ  
İNSANLARDAN TOPLANAN DIŞ ÖRNEKLERİNDE AĞIR  
METAL KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ**

**FATİH DEVRAN**

**TEZ DANIŞMANI**

**PROF. DR. HASAN BALTAŞ**

**TEZ JÜRİLERİ**

**PROF. DR. GÖKHAN APAYDIN**

**DOÇ. DR. VAGİF NEVRUZOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI**

**RİZE-2018**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RİZE İLİNDE YAŞAYAN FARKLI YAŞ GRUPLARINDAKİ İNSANLARDAN  
TOPLANAN DİŞ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL  
KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ**

Prof. Dr. Hasan BALTAŞ danışmanlığında Fatih DEVRAN tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/07/2018 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Unvanı Adı Soyadı**

**İmzası**

Başkan : Doç. Dr. Vagif NEVRUZOĞLU

Üye : Prof. Dr. Gökhan APAYDIN

Üye : Prof. Dr. Hasan BALTAŞ



Doç. Dr. Ferhat KALAYCI  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## ÖNSÖZ

Rize İlinde Yaşayan Farklı Yaş Gruplarındaki İnsanlardan Toplanan Dış Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tespiti için yapılan bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisansa başladığım günden beri değerli bilgileri ile bana yön veren ve gerek maddi gerek manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan BALTAŞ’a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Dış örneklerimin toplanmasında yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Firdevs ŞENEL’e teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisansta geçirdiğim zaman zarfı içerisinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve her türlü manevi desteğini benden esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erkan KIRIŞ’a, bu tezin hazırlanmasına destek veren ve numunelerin ölçümünde mesleki bilgisinden faydalandığım değerli abim Sayın Öğr. Gör. Murat ŞİRİN’e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarından faydalandığım maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan Sayın Esra YILMAZ BAYRAK’a, Ömer ÇORUH’a, Emre GÖKBAYRAK’a, Gülnare İMİNOVA’ya teşekkürü bir borç bilirim.

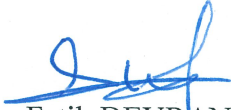
Bu zamana kadar her türlü desteğini esirgemeyen AİLEME büyük bir sevgiyle şükranlarımı sunuyorum.

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2015.53001.102.01.02 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Fatih DEVRAN**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Rize İlinde Yaşayan Farklı Yaş Gruplarındaki İnsanlardan Toplanan Diş Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tespiti” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 10/07/2018

  
Fatih DEVRAN

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### RİZE İLİNDE YAŞAYAN FARKLI YAŞ GRUPLARINDAKİ İNSANLARDAN TOPLANAN DIŞ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ

**Fatih DEVRAN**

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışman: Prof. Dr. Hasan BALTAŞ**

Bu çalışmada, Rize ilinde farklı yaş ve cinsiyet grubundan çürük, periodontal, protetik ve ortodontik nedenlerle çekimi yapılan 42 adet dolgusuz insan dişi örneği elde edilmiştir. Diş örneklerinde Fe, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metal konsantrasyonları ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) spektrometresi ile ölçülmüştür. Bayan diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları Fe için: (17,17-147,83)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Ni için: (0,17-6)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için: (0,33-15,17)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn için: (75,66-383,17)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cd için: (0,17-4)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Pb için: (0,33-42,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Erkek diş örneklerinde ağır metal konsantrasyonları Fe için: (18,30-78,33)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Ni için: (0,5-8,5)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için (0,67-15,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn için: (115,34-363,67)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cd için: (0,33-5,67)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Pb için: (0,17-57,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$  tespit edilmiştir. Bayan diş örneklerinde Fe ve Ni konsantrasyon değerleri ile yaş grupları arasında istatistiksel açıdan fark olmasına rağmen ( $p<0,05$ ), Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Erkek diş örneklerinde ise Zn konsantrasyonu değerleri ile yaş grupları arasında istatistiksel açıdan fark olmasına rağmen ( $p<0,05$ ), Fe, Ni, Cu, Cd ve Pb konsantrasyonları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ).

**2018, 43 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, ICP-OES, İnsan dişi.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN TOOTH SAMPLES COLLECTED FROM PEOPLE OF DIFFERENT AGE GROUPS LIVING IN RİZE PROVINCE

**Fatih DEVRAN**

**Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics  
Master Thesis  
Supervisor: Prof. Dr. Hasan BALTAŞ**

In this study, 42 unfilled permanent human tooth samples were taken from different age and sex groups for rotten, periodontal, prosthetic and orthodontic reasons. The content of some heavy metals in tooth samples were determined by ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) spectrometry. Heavy metal concentrations in female tooth samples for Fe: (17,17-147,83)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Ni: (0,17-6)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Cu: (0,33-15,17)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Zn: (75,66-383,17)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Cd: (0,17-4)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Pb: (0,33-42,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Heavy metal concentrations in male tooth samples for Fe: (18,30-78,33)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Ni: (0,5-8,5)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Cu: (0,67-15,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Zn: (115,34-363,67)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Cd: (0,33-5,67)  $\mu\text{g g}^{-1}$ , for Pb: (0,17-57,66)  $\mu\text{g g}^{-1}$  have been detected. Although there is a statistical difference between Fe and Ni concentration values and age groups in female teeth samples ( $p < 0,05$ ), There was no statistically significant difference between Cu, Zn, Cd and Pb concentrations and age groups ( $p > 0,05$ ). Although there was a statistically significant difference between Zn concentration values and age groups in male tooth samples ( $p < 0,05$ ), There was no statistically significant between Fe, Ni, Cu, Cd and Pb concentrations and age groups ( $p > 0,05$ ).

**2018, 43 pages**

**Keywords:** Heavy Metal, ICP-OES, Human tooth

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Dişin Yapısı .....	3
1.3. Literatür Özeti.....	5
1.4. Başlıca Ağır Metaller.....	7
1.4.1. Bakır (Cu) .....	7
1.4.2. Çinko (Zn).....	8
1.4.3. Demir (Fe).....	9
1.4.4. Kadmiyum (Cd) .....	10
1.4.5. Kurşun (Pb).....	12
1.4.6. Nikel (Ni).....	13
1.5. Mikrodalga Yöntemiyle Çözünürleştirme .....	13
1.6. Plazma Kaynaklı Emisyon Spektroskopisi .....	15
1.7. ICP-OES cihazı.....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1. Diş Örneklerinin Toplanması.....	20
2.2. Örneklerin Ağır Metal Analizi İçin Mikrodalga Yakma Sistemi İle Hazırlanması.....	20
2.3. Diş Örneklerinin ICP-OES Spektrometresi İle Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi.....	22
2.4. Verilen İstatiksel Değerlendirilmesi .....	23
3. BULGULAR.....	24
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	29
4.1. Bayan Diş Örnekleri .....	29

4.1.1. Bayan Diş Örneklerinde Fe.....	29
4.1.2. Bayan Diş Örneklerinde Ni.....	29
4.1.3. Bayan Diş Örneklerinde Cu.....	30
4.1.4. Bayan Diş Örneklerinde Zn .....	30
4.1.5. Bayan Diş Örneklerinde Cd.....	31
4.1.6. Bayan Diş Örneklerinde Pb .....	31
4.2. Erkek Diş Örnekleri.....	32
4.2.1. Erkek Diş Örneklerinde Fe .....	32
4.2.2. Erkek Diş Örneklerinde Ni .....	32
4.2.3. Erkek Diş Örneklerinde Cu.....	33
4.2.4. Erkek Diş Örneklerinde Zn.....	33
4.2.5. Erkek Diş Örneklerinde Cd.....	34
4.2.6. Erkek Diş Örneklerinde Pb .....	35
4.2.7. Diş Örneklerinin Korelasyon Analiz Sonuçları .....	35
4.3. Sonuçların Diğer Çalışmalarla Karşılaştırılması .....	37
5. ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR .....	40
ÖZGEÇMİŞ .....	43



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.</b> Kesici dişin yapısı .....	3
<b>Şekil 2.</b> ICP-OES cihazının temel bileşenleri.....	16
<b>Şekil 3.</b> Tipik indüktif eşleşmiş plazma kaynağı (Araz, 2014) .....	18
<b>Şekil 4.</b> Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi (Araz, 2014) .....	18
<b>Şekil 5.</b> ICP-OES tekniğinin uygulanabilir element numaralarına göre diğer tekniklerle karşılaştırması .....	19
<b>Şekil 6.</b> ICP-OES tekniğinin bağıl hassasiyet ve dinamik aralıklarına göre diğer tekniklerle karşılaştırılması .....	19
<b>Şekil 7.</b> Mikrodalga yakma sistemi .....	21
<b>Şekil 8.</b> Bozundurma işleminden sonra 15 ml lik volumetrik kaplara alınan solüsyonlar .....	21
<b>Şekil 9.</b> Solüsyonların süzülmesi.....	22
<b>Şekil 10.</b> ICP-OES spektrometresi .....	23
<b>Şekil 11.</b> Farklı yaş aralığında erkek ve bayan diş örneklerde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri .....	28

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Farklı yaş aralığından toplanan diş örneklerinin cinsiyete göre numune sayılarının dağılımı .....	20
<b>Tablo 2.</b> Mikrodalga Yakma Cihazı Çalışma Programı .....	22
<b>Tablo 3.</b> 10-19 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	24
<b>Tablo 4.</b> 20-29 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	25
<b>Tablo 5.</b> 30-39 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	26
<b>Tablo 6.</b> 40-49 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	27
<b>Tablo 7.</b> Bayan ve erkeklerin yaş gruplarına göre tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	27
<b>Tablo 8.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	29
<b>Tablo 9.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	30
<b>Tablo 10.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	30
<b>Tablo 11.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	31
<b>Tablo 12.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	31
<b>Tablo 13.</b> Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	32
<b>Tablo 14.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	32
<b>Tablo 15.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	33
<b>Tablo 16.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	33
<b>Tablo 17.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	34
<b>Tablo 18.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	34
<b>Tablo 19.</b> Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	35

<b>Tablo 20.</b> Bayan diş örneklerinin elementler arası yaş gruplarına göre korelasyon katsayıları.....	36
<b>Tablo 21.</b> Erkek diş örneklerinin elementler arası yaş gruplarına göre korelasyon katsayıları.....	36
<b>Tablo 22.</b> Diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının literatürle karşılaştırılması ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).....	39



## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

g	Gram
mg	Mili Gram
$\mu$ g	Mikro Gram
cm	Santimetre
ms	Mili Saniye
K	Kelvin
$^{\circ}$ C	Santigrat
L	Litre
ml	Mili Litre
rf	Radyo Frekans
XRF	X-Işını Floresans Spektrometresi
DCP	Doğru Akım Oluşturan Plazmalar
MIP	Mikrodalga İle Güçlendirilen Plazmalar
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
EDXRF	Enerji Dağılımlı X-Işını Spektrometresi
WDXRF	Dalga Dağılımlı X-Işını Spektrometresi

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

1900'lerden sonra, biyosferdeki ağır metal kirliliği önemli derecede artmıştır. Ağır metallerin atmosferde uzun dönemde bariz bir şekilde artması, çevre ve insan sağlığında önemli tehlikelere neden olmaktadır. Günümüzde artan nüfus, kentleşme ve endüstrileşme tüm canlıların ağır metal ile temasını artırmıştır. Ağır metaller çok yaygın kullanıldıklarından dolayı çevresel kirleticiler içerisinde en zararlı olanlarındandır. Günümüzde çevre kirliliği ve özellikle de ağır metal kirliliği üzerinde çok fazla çalışmalar yapılmaktadır (Yaşar, 2009)

Su, hava, yiyecek ve çevresel etkenler ile insanlar toksik maddelere maruz kalırlar. Bu şekilde vücuda giren ağır metaller kan tarafından absorbe edilerek beyin dahil tüm dokularda birikmeye başlar. Endüstriyel üretimler sırasında atmosfere bırakılan kurşun, civa, arsenik, kadmiyum doğrudan toksik etki göstermektedir. Eser miktarları vücut için gerekli olan çinko, bakır, krom, demir ve mangan gibi elementlerin fazla miktarda alınması ve organlarda birikmesi de insan sağlığı açısından zararlıdır (Çelik vd., 2009).

Kursun (Pb), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı (Agency for Toxic Substances and Disease Registry: ATSDR)'nin en son 2007'de bildirdiği öncelikli tehlikeli maddeler içerisinde ilk 10'a giren toksik ağır metallerdir. Çoğu canlıların yaşadığı çevrede ki ağır metal seviyesinin artması dokusunda ki ağır metal seviyesinin de artmasına yol açmıştır. Besin zincirinin en tepesinde yer alan insan ve yavrusu giderek artan düzeylerde ağır metallere temas etmektedir. Bunun sonucunda son 30 yıldır ağır metallerin zararlı ve istenmeyen etkilerini inceleyen çalışmalara daha fazla ağırlık verilmiştir. Hızlı büyüme ve gelişim sürecinde olan fetus ve bebekler ağır metallerin toksik etkilerine karşı erişkinlerden daha hassastır. Günümüzde ağır metaller vücuttaki toksikokinetiğine göre tam kan (plazma, tam kan), tükürük, dis, tırnak, kemik, gaita, idrar, kord kanı ve anne sütü gibi birçok biyolojik materyalde analiz edilmektedir (Örün ve Yalçın, 2011).

Ağır metaller, 5 g/cm<sup>3</sup> ten daha yüksek olan metaller olarak tanımlanmaktadır. Bilinçsizce doğaya bırakılan ağır metaller, suya, toprağa ve havaya karışmaktadır (Yaşar, 2009).

Bu ağır metallerin yaşama alanlarında karşılařtırılmalđ 5lçm, izlenmesi, çevre ve insan sağlığı açısından çok 5nemlidir. İnsan vücuduna alınış miktarına ve doğasına bağlı olarak, ağır metallere maruz kalan kişilerde, mide bulantısı, kusma, ishal, mide sancısı, baş ağrısı şikayetleri, ağızda metalik tat duygusu, kavrama ve konuşma becerilerinde zayıflama g5zlenmektedir. Serum, idrar, saç, tırnak, diş ve doku 5rnekleri, ağır metallere maruz kalan bireylerin dokularındaki metal seviyelerinin 5lm ve izlenmesi için kullanılmaktadır (elik vd., 2009).

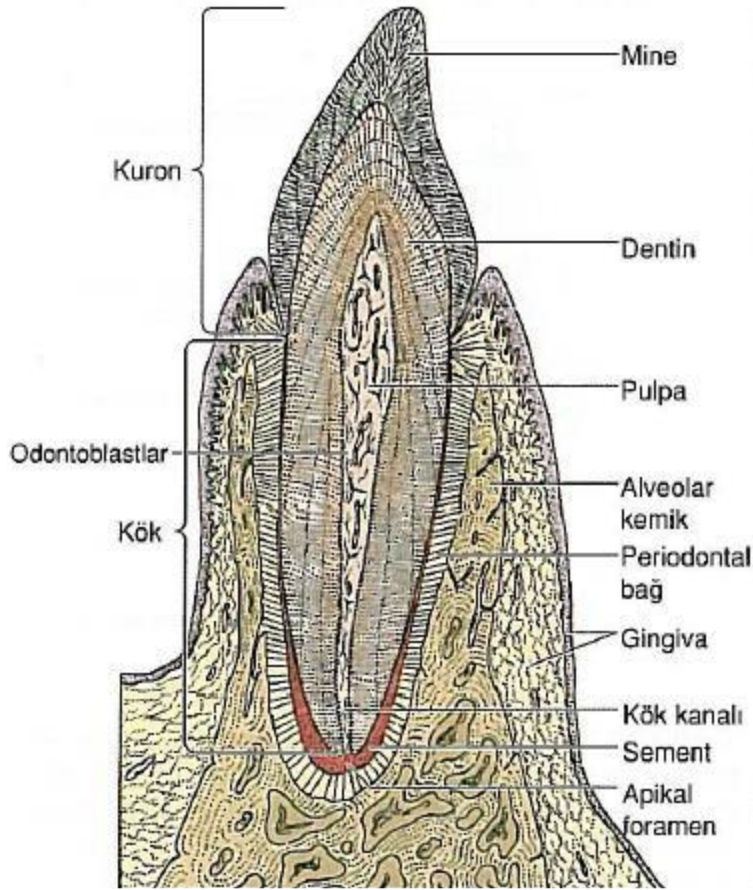
Dişlerdeki iz elementler, sadece yaşayan oğrafya ve insanların yeme alışkanlıkları hakkında bilgi sağlamakla kalmaz aynı zamanda ağız sağlığı değerlendirmesi için temel oluşturur. Dişlerin kolay saklanabilir olması ve nadiren kirlenmesi nedeni ile dişlerdeki iz elementlerin seviyesi genellikle, bilimsel arkeoloji, adli kimlik, paleokoloji ve diğer disiplinlerde 5llr (He vd., 2016).

Araştırmacılar Mg, Al, Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Sr, Cd, Pb ve diğer eser elementlerin içeriğinin diş çürüğü ile yakından ilişkili olduğunu g5stermiştir. Bu iz elementler arasından Zn, Fe, Cu ve Sr'nin diş çürüklerini 5nleme etkisi vardır, ancak Mg, Al, Ni, Mn, Cd ve Pb'nin diş çürüklerinin oluşmasında ve çürümenin gelişimini hızlandırılmasında etkili rol oynarlar. Dişlerdeki eser elementlerin içeriğinin saptanması, diş rmesinden şikyeti olan bir hastanın vücudunda eser element içeriğinin belirlenmesine yardımcı olabilir. Bu veriler, çürükleri ve gelişimini 5nlemek amaçlı y5ntemler için bir temel sağlayabilir (He vd., 2016).

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı gibi çevresel ve beslenme alışkanlığı ile insanlığın varoluşundan beri süre gelen ağır metal kirliliğinin insan dokuları üzerinde araştırılması kaçınılmazdır. Bu alışmada Rize ilinde farklı yaş ve cinsiyet grubundan niversitemiz Diş Hekimliği Fakültesince ekimi gerçekleştirilecek insan dişi 5rneklerinin bazı ağır metal içeriği (Fe, Ni,Cu, Zn, Cd ve Pb) belirlenmesine gidilmiştir.

## 1.2. Dişin Yapısı

Her bir diş, diş etinden yukarı doğru uzanan bir taç (kuron) ile diş etinin altındaki bir ya da daha fazla kökten meydana gelir. Kökler, her diş için bir tane bulunan ve alveol adı verilen kemiksi cepler içinde dişlerin tutunmasını sağlar. Kuron; oldukça sert bir yapı olan mine ile kaplıyken kökler sement ile örtülüdür. Bu iki örtünün birleştiği yere serviks denir. Diğer bir kalsifiye doku olan dentin, pulpa kavitesi olarak bilinen, yumuşak bağ dokusuyla dolu bir boşluğu çevreler. Pulpa kavitesinde bir koroner bölüm ve bir kök kanalı bulunur. Kök kanalı kökün ucuna kadar uzanır ve uçta kan damarları, lenfatikler ve sinirlerin giriş çıkışına imkân veren apikal forameni oluşturur. Şekil 1’de ise kesici bir dişin yapısı şematik olarak verilmiştir (Güven, 2015).



Şekil 1. Kesici dişin yapısı

**Dentin:** Dentin, daha çok kalsiyum tuzu içermesi (kuru ağırlığın %70'i) nedeniyle kemikten daha sert bir kalsifiye dokudur. Başlıca tip 1 kolajen lifler, glikozaminoglikanlar, fosfoproteinler, fosfolipitler ve hidroksiapatit kristalleri şeklindeki

kalsiyum tuzlarından oluşur. Dentinin organik matriksini odontoblastlar yapar. Odontoblastlar tarafından ilk başta oluşturulan mineralize olmamış matrikse preentin denir. Dentin; travma, soğuk, sıcak ve asidik pH gibi uyarılara duyarlıdır ve bu uyarıların hepsi ağrı oluşturur (Güven, 2015).

**Mine:** İnsan vücudunun en sert dokusu olan minenin, yaklaşık olarak %96'sı mineral, %1'e varan bölümü organik madde ve geri kalanı da sudur. Diğer mineralize dokuları olduğu gibi mineyi de hidroksiapatit kristalleri oluşturur. Dişin diğer yapılarının çoğu mezodermden veya nöral kristadan köken alırken mine ektodermal kökenlidir. Organik mine matriksi kolajen lifler yerine amelogenin ve enamelin adı verilen en az iki farklı proteinden oluşur. Mine matriksi ameloblastlar tarafından salgılanır (Güven, 2015).

**Pulpa:** Gevşek bağ dokusundan oluşur. Damar ve sinirden zengindir. Pulpa lifleri dişte algılanabilen tek duyu tipi olan ağrıya karşı duyarlıdır (Güven, 2015).

**Periyodontiyum:** Periyodontiyum dişin maksiler ve mandibular kemik içinde tutunmasını sağlayan yapıları içerir. Bunlar; sement, periyodontal bağ, alveolar kemik ve diş eti (gingiva)'dir (Güven, 2015).



### 1.3. Literatür Özeti

Nowak ve Chmielnicka (2000), Katowice bölgesinde yaşayanların 1990-1997 yılları arasında yüksekçe çevresel olarak maruz kaldıkları kurşun ve kadmiyum gibi ağır metallerin yanı sıra, başlıca elementler Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Ca, Na ve K konsantrasyonlarını saç, diş ve tırnak örneklerinde atomik absorpsiyon spektrometresi ile araştırdılar. Yaş ve cinsiyeti dikkate alarak 624 saç, 785 diş (kesici, kanın, ve azı dişleri) ve 388 tırnak örneğini topladılar. Araştırma sonucunda saç örneklerinde kurşun konsantrasyonu artarken Fe ve Ca konsantrasyonunun azaldığını gözlemlediler. Pb miktarının sadece kanda değil aynı zamanda saç örneklerindeki Fe ve Ca miktarını etkilediğini ileri sürdüler. Tırnak örneklerinde Pb konsantrasyonu azalırken Cu ve Zn konsantrasyonlarının arttığını tespit ettiler. Bu bölge halkından alınan diş örneklerinde Ni, Mn, Cr gibi elementlerin artan birikimini buldular.

Amr ve Helal (2010), ana ve kalıcı dişlerdeki iz metal içeriklerini karşılaştırmak için indüktif eşleşmiş plazma- kütle spektrometresini (ICP-MS) kullandılar. Bunun için 64 ana diş çocuklardan, 112 adet kalıcı diş örneğini de 40-60 arası yaş yetişkinlerden Mısır'ın El-Kanayat şehrinde topladılar. Ana dişe kıyasla kalıcı dişlerde önemli ölçüde daha yüksek konsantrasyonlarda Na, Mg, Al, Fe, Ni, Cu, Sr, Cd, Ba, Pb ve U konsantrasyonunun olduğunu tespit ettiler. Çürük diş örneklerinde Na, Al, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Mo, Ag, Bi ve U'un ortalama konsantrasyonlarının çok daha düşük olduğunu belirlediler. Ancak, çürük dişli bireylerden alınan pulpların, sağlıklı dişli bireylerdeki pulplardan daha yüksek Mg, Cd ve Pb içerdiğini tespit ettiler.

Asaduzzaman vd. (2017) Malaya Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesinin yardımıyla farklı; yaş, cinsiyet, meslek, beslenme alışkanlığı, uyruk vb. diş hastalarından topladıkları 50 ayrı insan dişi örneklerinde indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ile Mn, Ba, Cu, Cr, Pb, Zn, Hg, Sb, Al, Sr, Sn metallerinin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Metal konsantrasyonlarının yaşla birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Çinli insanlardan alınan diş örneklerinde metal konsantrasyonlarını, Hintliler ve Malezyalı'lardan çok daha fazla tespit etmişlerdir. Bayanların diş örneklerindeki metal konsantrasyonlarını genellikle erkeklere göre daha yüksek bulmuşlardır. Hg, Cu ve Sn

konsantrasyonlarını molar dişlerde, Pb, Sr, Sb ve Zn konsantrasyonlarını ise kesici dişlerde daha yüksek konsantrasyonlarda tespit etmişlerdir.

Tvinnereim vd. (2000), insan ana dişindeki metal konsantrasyonlarını etkileyen bazı faktörleri araştırdılar. 1200 'ün üzerinde Norveçliden çekilen ana dişleri toz halinde aldılar. Pb, Cd ve Zn ağır metallerini atomik absorpsiyon spektrometresi ile analiz ettiler. Bu örneklerden 554 tanesinde Hg analizi yaptılar. Topladıkları örnekler bütün diş gruplarını temsil ediyordu (Bunlar; köklü, köksüz, çürük, sağlıklı, kesici, kanın ve azı dişleri). Çürük dişlerde çürük olmayanlara göre daha yüksek metal konsantrasyonları tespit ettiler. Pb, Hg ve Zn için önemli ölçüde istatistiksel farklılıklar buldular. Köklü dişlerin köksüz olanlara göre daha yüksek oranda Pb ve Zn içerdiğini tespit ettiler. Kurşun, Cıva ve çinko konsantrasyonları için diş grupları arasında farklılıklar buldular.

He vd. (2016), Çin'den iki etnik gruptan topladıkları diş örneklerinde Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Sr, Cd ve Pb ağır metallerini indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz etmişlerdir. Elde edilen verileri istatistiksel olarak t testi kullanılarak değerlendirdiler. Elde edilen sonuçlara göre Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Ni, Sr, Cd ve Pb konsantrasyonları arasında önemli derecede farklılıklar gözlemlenildi (  $P < 0.05$ ). Han etnik grubundaki insanların ağır metal konsantrasyonları Hui etnik grubundaki insanlara göre daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir.

Baez vd. (2004), Mexico city büyükşehir bölgesinde yaşayan çocukların süt dişlerinde Cd ve Pb seviyelerini grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresi ile araştırdılar. 5-13 yaş aralığındaki çocuklardan toplam 79 adet süt dişi topladılar. Diş türü, pozisyonu, sosyoekonomik seviye, renkli pastel boya kullanımı ve kullanılmaması arasında Cd ve Pb konsantrasyonları için istatistiksel farklılıklar bulamadılar. Çocukların yaşı ile birlikte Cd değerleri azalırken, Pb değerleri açık bir eğilim göstermediğini tespit ettiler. Yaşa göre Cd için istatistiksel farklılıklar gözlemlenildi.

Baranowska vd. (2004), 62 saç ve 38 diş örneğinde metal konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla X-ışını floresans spektrometresi (XRF) kullandılar. Örnekleri Polonya'nın Katowice, Gliwice, Pyskowice ve Tychy bölgelerinden topladılar. Erkek ve kadın dişlerinde Al, Pb ve Fe konsantrasyonları arasında farklılıklar buldular. Zn, S ve Pb

içeriğinin çevresel örneklerden gelen kirlilik seviyesine bağlı olduğunu belirttiler. Sigara içen kişilerden alınan diş örneklerinde çok yüksek konsantrasyonda Pb ve Zn tespit ettiler.

Kern vd. (2012), değişen yaşlardaki insan dişi örneklerinde Cu, Pb ve Zn içeriğini araştırdılar. Kurşun konsantrasyonlarının yaşla birlikte arttığını gözlemlediler. Zn ve Cu için açık bir şekilde artış ya da azalma eğilimi tespit edemediler. Erkekler ve dişiler arasında önemli farklılıklar tespit edemediler.

Alomary vd. (2013), Jordan'ın Irbid bölgesinde yaşayan çocukların süt dişleri örneklerinde Pb, Cd, Cu, Fe ve Zn çinko konsantrasyonlarını ve bu metallerin seviyelerini etkileyen bazı faktörleri indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi ile araştırdılar. Elde ettikleri sonuçlarda analiz edilen metallerin konsantrasyonları ile diş türü, ağız içindeki diş konumu, çürük durumu, amalgam dolguların varlığı ve içme suyunun türü arasında açık bir ilişki olduğunu gözlemlediler. Cinsiyetten ötürü analiz edilen 5 metalin konsantrasyonları arasında önemli bir fark gözlemleyemediler. 5-6, 7-8, 9-10 ve 11-12 yaşları arasındaki yaşlardaki örneklerde Pb, Cd, Cu, Fe ve Zn konsantrasyonları için anlamlı bir fark görmediler. Sadece Pb seviyesinin 11-12 yaşında azalma gösterdiğini tespit ettiler.

## **1.4. Başlıca Ağır Metaller**

### **1.4.1. Bakır (Cu)**

Bakır canlı organizmada farklı kimyasal fonksiyonlarda rol almaktadır. Vücuttaki bakır miktarı 100–150 mg seviyesindedir. İnsanlar besinlerdeki bakır miktarının ancak % 5'ini vücuduna alabilmektedir (Tosun, 2009).

Bakır, insan sağlığı için temel elementlerdendir. Kemik yapısının sağlamlığı için ve vücut dokusunun yenilenmesinde görev alan enzimler için gereklidir. Protein sentezlenmesinde ve enerji üretiminde görev almakla beraber alyuvarların oluşumuna da katkı sağlar. Deri, saç ve gözlerin pigmentasyonundaki (Renk verici maddenin birikimi) rolü nedeniyle önem taşır. Bakır, demir asimilasyonu ve hemoglobin sentezi için gereklidir ve karaciğerde birikim yapar (Rico vd., 2007; Tosun, 2009).

Eksikliği; vücutta yeterli miktarda Cu metalinin bulunmaması 60 – 70 kadar enzimin etkinliğinin azalmasına, kansızlığa, vücut direncinin azalmasına, güçsüzlüğe, deride yara ve egzama gibi sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, saç dökülmesine, iştahsızlığa, ishal ve çarpıntıya, bağışıklık sisteminin zayıflamasına, kemik ve dokuların yapısında bozukluklara neden olur. Bakır eksikliği, fazla çinko alımı nedeniyle de görülebilir (Tosun, 2009).

Fazlalığı; bakırın fazla alınması, vücut için zehirlidir ve vücuttaki bazı enzimlerin görevlerini yerine getirmesini engeller. Vücutta bulunan yüksek seviyede bakır; depresyon, şizofreni, bunaklık, hipertansiyon gibi ciddi zihinsel ve bedensel rahatsızlıklara yol açmakla beraber kanser riskini de artırır. Belirtileri; bulantı, kusma ve diyare 'dir. (Biego vd., 1998; Tosun, 2009).

Kaynakları; Zeytin, badem, fındık, ceviz, taze ve kuru üzüm, arpa, ekmek, bal, kuzu ciğeri, sarımsak, portakal, pancar, pekmez, brokoli, fasulye ve bezelyedir (Tosun, 2009).

Günlük Bakır İhtiyacı; Bir kişinin sağlıklı bir şekilde hayatını sürdürebilmesi için günde 0,2–1,3 mg bakır'a ihtiyacı vardır. Bu oranlar bebekler için 2–0,22 mg, çocuklar için 0,34–0,44 mg ve yetişkinler için ise ortalama 0,9 mg'dır (Tosun, 2009).

#### **1.4.2. Çinko (Zn)**

Çinko, enzimatik aktiviteler için gerekli bir iz elementtir (Rico vd., 2007). Yetişkin insanların vücudunda çinko miktarı ortalama 2–3 g kadardır. İnsan vücudunda önemli bir kısmı karaciğer, kemikler, epitel dokular, pankreas ve böbreklerde birikim yapar. Kandaki çinkonun % 75'i kan hücrelerinden kaynaklanır (Rico vd., 2007; Tosun, 2009).

Büyüme ve cinsel gelişimin yanı sıra daha çok bağışıklık sistemi için gereklidir. Vücudun kendi kendini iyileştirmesi ve yenilemesi gereken durumlarda ve zihinsel fonksiyonlarda önemli roller üstlenir. Cildin ve kasların erken yaşlanmasını önler. Hücre

yenilenmesini destekleyerek cildi güzelleştirir, tırnakları güçlendirir ve saç dökülmesini önler (Tosun, 2009).

Eksikliğinde; bağışıklık sistemi zayıflar; halsizlik, yaraların geç iyileşmesi, tat ve koku duyularının bozulması, cücelik, karaciğer ve dalak büyümesi, saçlarda zayıflama ve dökülme, gelişme geriliği, iştahsızlık, öğrenme ve dikkat eksikliği, tırnaklarda beyazlama gibi belirtilere neden olur ayrıca sindirim, solunum ve iskelet sistemleri etkilenir. Vücuda yeteri kadar alınmadığında bazı enzimlerin değişik organlarda azaldığı saptanmıştır (Tosun, 2009).

Fazlalığı; Yüksek oranda alınması vücutta toksik etki yaratır. Bulantı, kusma ve ishal, huzursuzluk, terleme ve titreme gibi problemlere ve kolesterol dengesizliğine neden olabilir. Ayrıca, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve aşırı kullanımlarda tümör oluşumuna sebep olmaktadır. (Tosun, 2009).

Kaynakları; Et, deniz ürünleri, baklagiller, tahıllar, yumurta, fındık, süt ve süt ürünleri ile lifli besinlerdir. (Tosun, 2009).

Günlük Çinko İhtiyacı; Yetişkinlerde ortalama 8–13 mg kadardır. Gebelikte ve sporcularda bu oran daha fazladır ama günde 50 mg'dan fazla çinko almak yan etkilere neden olabilmektedir (Tosun, 2009).

### **1.4.3. Demir (Fe)**

Demir, vücudumuzda sentez edilemeyen ve besinlerle alınması zorunlu bir besin unsurudur. İnsan vücudu için önemli ve faydaları bakımından gerekli bir mineraldir. Vücuttaki miktarı 4–5 g olup vücuttaki yoğunluğu bakımından sadece bir eser mineraldir. B vitaminlerinin kullanımı, bakır ve kalsiyum emilimi, hemoglobin, miyoglobin (hemoglobinin kaslarda bulunan eşdeğeri) ve enzim üretimi için gerekli olan mineraldir. Emilimini, mide salgıları ve C vitamini kolaylaştırır. Vücuttaki başlıca işlevi, oksijen taşınması ile ilgili olup akciğerlerden hücrelere oksijen, hücrelerden akciğere ise karbondioksitin taşınmasını sağlamaktır. Demir minerali, bağışıklık sistemini güçlendirerek hastalıklardan korunmamıza yardımcı olmaktadır. Vücudun büyümesine

yardımcıdır. Bu sebeple, özellikle gelişme dönemindeki çocuklar için vücut ve beyin gelişimi bakımından çok önemli bir elementtir. Karaciğer, dalak ve kemik iliğinde birikimi sağlanır. (Tosun, 2009).

Eksikliği; kansızlık, konsantrasyon bozukluğu, halsizlik, kalp çarpıntısı, yorgunluk, solgunluk, sinirlilik, bağışıklık sisteminde zayıflık, saçlarda ve kemiklerde kırılabilirlik gibi problemlere sebep olur. Ayrıca, saç dökülmesine, saçlarda ve tırnaklarda çatlama, dudak kenarlarında yaralara ve yutma güçlüğü gibi şikâyetlere de sebep olmaktadır (Tosun, 2009).

Fazlalığı; Demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir. Yüksek oranda demir; damar sertliğine, hücrelerin erken yaşlanmasına ve yağlanmasına neden olur ve bunun sonucunda da doku parçalanmasına, koroner kalp rahatsızlığı ve kansere neden olur. Ayrıca, siroz, şeker hastalığı, kalp büyümesi, halsizlik, iştahsızlık, kilo kaybı, bulantı, kusma ve nefes darlığı gibi sorunlara sebep olabilmektedir (Tosun, 2009).

Kaynakları; Kuru kayısı ve kuru üzüm gibi kurutulmuş meyveler, kırmızı et ve karaciğer, pekmez, tahıllar, yumurta, lahana, fasulye, pancar, patates, fındık, badem, seftali, armut, hurma, kabak ve balık bol miktarda demir içeren besinlerdir.

Günlük Demir İhtiyacı; Yetişkin bir kadın da ortalama 15 mg, yetişkin erkekte ise ortalama 8 – 10 mg' dır. (Tosun, 2009).

#### **1.4.4. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metaldir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Fakat günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır (Tezcan, 2009).

Kadmiyum ve çinko yerkürede bir arada ve benzer yapılarda bulunurlar. Bu iki metal insan vücudunda da benzer yapısal ve fonksiyonel özellikler göstermektedirler. Kadmiyum, önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve

bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Zn ve Cd'nin vücut içindeki oranları Cd zehirlenmesi Zn yetersizliğiyle arttığından çok önemlidir. Tahılların rafinasyon işlemi bu oranı düşürmekte ve dolayısıyla Zn eksikliği ve Cd zehirlenmesi fazla rafine edilmiş tahıl ve unların tüketimiyle artış göstermektedir (Tezcan, 2009).

Kadmiyum suda çözünme özelliği bakımından diğer ağır metallere göre en yüksek olan elementtir. Bu sebeple doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. İnsan vücudundaki Cd seviyesi insanlarda yaşın ilerlemesi ile artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Yeni doğmuş bebeklerin vücudu kadmiyum içermez. Kurşun ve cıva elementlerinin aksine kadmiyum anne karnındaki bebeğe plasenta ya da kan yoluyla geçmemektedir. Normal' de insan vücudunda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmekte ve günlük olarak da 40 µg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilmektedir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması sebebi ile bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikirler. Eksikliğinde herhangi bir problem görülmemektedir (Tezcan, 2009).

Fazlalığı; kadmiyum zehirlenmesinde sırasıyla, halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrıyla birlikte kusmayla 24 saat içinde ortaya çıkar ve 3. gün boyunca en şiddetli belirtileri göstererek 1 hafta içinde vücuda yeni bir alım olmaz ise bu belirtiler kaybolmaya başlar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir. Kronik zehirlenme böbrek hasarı ile ortaya çıkar ve idrarda düşük moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alınımı böbrekler üzerinde tahrip edici etkinin ortaya çıkmasına yol açar ve etkisi kuşlar da dahil olmak üzere tüm canlılarda görülmektedir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklarda görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesi de önemli etkilerdir (Tezcan, 2009).

Kaynakları; sigarı dumanı (1 adet sigara 1-2 µg Cd içerir), rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, gübre kullanımı ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazları (Bakır, 2016).

Günlük Alım Miktarı; Yetişkinler için 68 µg dır (Biego vd., 1998; Tosun, 2009).

#### **1.4.5. Kurşun (Pb)**

Canlı organizmalar için çok gerekli bir element olmasına rağmen yüksek toksik etkisi ve birikme özelliği ile dikkat çekmektedir (Bakır, 2016).

Sulu ortamlarda ve besin maddelerinde az miktarda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra kurşun kullanan işletmelerde hava ve suya karışarak bitki, hayvan veya insan vücudunda birikim edilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurmaktadır. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da, kurşunun suya karışmasına sebep olmaktadır (Bakır, 2016).

Organizmaya giren kurşun karaciğer, dalak, kemik iliği, böbrekler, kas ve deri gibi çeşitli organ ve dokularda birikir. Daha sonra buralarda serbest hale geçen kurşun molekülleri kalsiyum bağımlı olarak kemik dokusunda birikim yapar (Bakır, 2016).

Fazlalığında, kan basıncında artış, yetişkinlerde kardiovasküler hastalığında artış, böbrek tümörleri, çocukların öğrenme kabiliyetlerinde azalma, idrak güçlüğü, düşük yapma, kas sisteminde zorlanma, beyin hasarı, sperm hasarları, saldırganlık, dürtülerle hareket ve çocuklarda davranış bozukluğu, enzimatik aktivitelerin düşüşü, yorgunluk, halsizlik, uyuşukluk ve uykusuzluk görülür. (Tosun, 2009).

Kaynakları; Ispanak, brokoli, brüksel lahanası, salatalık, etler, tahıllar, deniz mahsulleri, alkolsüz içecekler ve şarap gibi gıdalar önemli miktarlarda kurşun içerirler. Sigara dumanı da az miktarda olsa kurşun içerir. Günlük Alım Miktarı; Yetişkinler için günlük alınabilecek maksimum doz kişi başına 240 µg'dır (Tosun, 2009).



#### 1.4.6. Nikel (Ni)

Nikel atom numarası 28 olan ve simgesi Ni olan kimyasal bir elementtir. Nikel oldukça sert olup periyodik cetvelde geçiş metalleri arasında yer alır. Genelde pentlandit içinde demir ve kükürt ile, milerit içinde kükürt ile, nikelin içinde arsenik ile birlikte bulunur. Nikelin havaya karşı gösterdiği oksitlenme direnci sayesinde; bozuk para üretiminde, kimyasal araç ve gereçlerin üretiminde ve alman gümüşü gibi birçok alaşımının üretiminde kullanılır (Bakır, 2016).

Nikel, pillerin ve akülerin yapımında, madeni parada, elektronik, çelik ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca bitkisel yağların hidrojenizasyonunda katalizör olarak kullanılan nikel, en önemli kontaminasyon kaynaklarından biridir. Ağız yoluyla alınan nikelin büyük kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır. Canlı organizmalar için gerekli bir element olan nikel, insan vücudundaki miktarı ortalama olarak 10 mg'ın altındadır. Nikel insanlara en fazla hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır (Bakır, 2016).

#### 1.5. Mikrodalga Yöntemiyle Çözünürleştirme

Açık tüplerde atmosferik basınçta çözünürleştirme: Bu yöntemde mikrodalga ısıtma amacıyla kullanılır. Burada asit ve örnek tüplere konur ve mikrodalga uygulanarak çözünürleştirme işlemi yapılır. Bu yöntemde sistematik hatalar; çözücü ve kap materyalinden kaynaklı kontaminasyon, kap materyali ile reaksiyon veya kap yüzeyinde adsorpsiyonun neden olduğu element kaybı ve uçucu madde kaybıdır ( Tosun, 2009).

Kapalı tüplerde yüksek basınçta çözünürleştirme: Bu yöntem örneklerin ve asitlerin teflon tüplere konularak mikrodalga ile ısıtılması şeklinde uygulanır. Bu yöntemde numune miktarı çok önemlidir. Bu miktar parçalama esnasında oluşacak aşırı basıncı önlemek için dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Genelde 0,5 – 1,0 g arası miktarlarla

çalışılır. Örneklere asit veya asit karışımları eklenmesinden sonra uygun mikrodalga basınç ve sıcaklık koşulları uygulanarak çözünürleştirilmeleri sağlanır (Tosun, 2009).

Mikrodalga sistemlerinde çoğunlukla kapalı tüpler kullanılmaktadır. Çözünürleştirme süresince asit karışımının buharından ve ayrışma reaksiyonunda oluşan gazlardan dolayı basınç artar ve atmosfer basıncının üzerinde bir basınç oluşur. Yüksek basınç sebebiyle de sıcaklık çarpıcı olarak yükselir. Bu nedenle mikrodalga çözünürleştirme sisteminin çok dikkatli programlanması gerekmektedir. Mikrodalga çözünürleştirme, özel yapılmış kaplarda asitlendirilmiş örnek belirli bir basınç ve sıcaklıkta kontrollü olarak çözünürleştirilir. Yüksek basınçlı işlemler biyolojik ve organik örneklerle uygulanmakta, daha düşük basınçlı işlemler ise yağ analizlerinde, çevresel analizlerde ve katalizör analizlerinde kullanılmaktadır (Araz, 2014).

Mikrodalğanın ısıtma mekanizmasının üstünlüğü hedef kütledeki bütün molekülleri aynı anda etkileyerek klasik tekniklerin ısıtmasına göre çok daha kısa bir sürede işlemi tamamlamasından kaynaklanmaktadır. Mikrodalga işleminde enerji aktarımı çok güçlü ve verimlidir. Oluşturulan bu mikrodalga ortamında organik moleküller üzerinde kimyasal bir etki oluşmamaktadır. Mikrodalga enerji teflon kaplar tarafından absorbe edilmediğinden enerji kaybı olmaz, sadece enerji örnek ve çözünürleştiriciler tarafından absorbe edilir (Araz, 2014).

Mikrodalğanın gücü, örneklerin türüne göre uygun bir şekilde seçilebilir ve çözünürleştiricilerin konsantrasyonu ve eklenecek miktar kolaylıkla kontrol edilebilir. Mikrodalga ısınması dıştan ve içten olduğu için enerji moleküler çarpışmadan ziyade polarizasyon yolu ile transfer olur. İç ısınma, örneği mekanik olarak uyarır ve dış tabakasını bozar, bu nedenle asit ile örnek arasında daha iyi bir temas sağlanır. Kapalı basınç tüpleri örneğin ısınısını arttırarak çözünürlüğe yardımcı olur. Böylelikle ihtiyaç duyulan kaynama noktasına daha çabuk ulaşmasını sağlar (Araz, 2014).

Biyolojik örneklerin erlenmayer içinde asitle parçalandığı konvensiyonel yöntemle 1-2 saat süren parçalama süresi mikrodalga ısıtma ile 5-15 dakikaya indiği belirlendikten sonra mikrodalga ile yeni örnek hazırlama teknikleri hızla gelişmeye başlamıştır. Başlangıçta bu işlemler cam kaplarda ve açık teflon kaplarda yapılıyordu fakat şimdi bu

işlem için kapalı kaplar tercih edilmektedir. Çözünürleştirme için kapalı kapların kullanılması zararlı buharların yayılmasını ve örnek kirlenmesini engellerken, Hg ve Se gibi kolay uçucu minerallerin de örnekten uzaklaşmasını önler. Bu sistemde basınç ve sıcaklık programı yardımıyla çözünürleştirme yapılır. Bu sebeple mikrodalga ile çözünürleştirmede basınç, sıcaklık, süre ve çözünürleştirme için kullanılan reaktif seçimi önemlidir. Mikrodalga ile çözünürleştirme yönteminde HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HClO<sub>4</sub>, HF ve bunların değişik kombinasyonları kullanılmaktadır (Tokman 2007).

### **1.6. Plazma Kaynaklı Emisyon Spektroskopisi**

Plazma, önemli konsantrasyonda katyon ve elektron (bu ikisinin konsantrasyonu net elektrik yükü sıfır olacak şekildedir) içeren elektriksel olarak iletken gaz karışımıdır. Plazma, genellikle gaz olarak argonun kullanıldığı, bileşiklerin yada moleküllerin uyarılmış atom veya iyonlara dönüşmesini sağlayan yüksek enerjili bir gazdır (Araz, 2014).

Plazma, elektromanyetik olarak argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans (rf) jeneratörü ile uyarılmasıyla elde edilir. Bu olay sıcak plazmanın gelen gazı iyonlaştırması ve işlemin sürekli olarak devam etmesiyle gerçekleşmektedir. Bir radyo frekansı yayıcısına bağlanan su soğutmalı indüksiyon bobini, argon bulunan oldukça küçük bir hacim içerisinde güçlü ve yüksek frekanslı bir manyetik alan oluşturur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak argon atomlarıyla çarpışırlar ve argon iyonları ile daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlarlar. 10000 K sıcaklık değerine ulaşılan hücrede, iç çeperlerin soğutulması için argon gaz akısı girdaplı olarak geçirilir. Bu akış ayrıca plazmanın merkezi ve sabit çalışmasını sağlar. Yüksek sıcaklık ve numunenin uzun süreli muamelesi, numune çözücüsünün tamamen buharlaşmasını ve analitin tamamen serbest atomlara dönüşmesini sağlar ve serbest atomlar uyarılır. Bu işlem kimyasal olarak inert bir çevrede gerçekleşir (Araz, 2014).

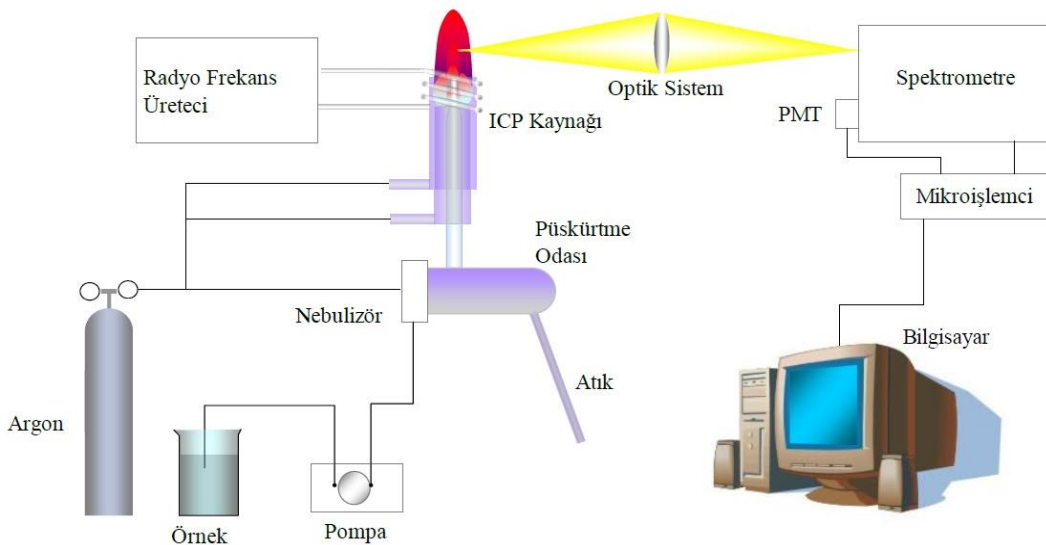
Argon plazması elde etmek için çeşitli güç kaynakları kullanılır. Bunlar şöyledir:

- Doğru akımla oluşturulan plazmalar (DCP) : Argon gazı, elektrotlar arasından birkaç amperlik doğru akım uygulanan bir sistemden geçirilir.
- Mikrodalga ile güçlendirilen plazmalar (MIP) : Argon gazı güçlü bir mikrodalga frekansı ortamından geçirilir
- İndüktif eşleşmeli yüksek frekans plazmaları (ICP) : Argon gazı, güçlü bir radyo frekansı ortamından geçirilir.

Bunların arasında radyo frekansı veya ICP kaynağı duyarlılık ve girişimlerin azlığı açılarından diğerlerinden üstündür. Öte yandan, DCP ise basitlik ve daha düşük cihaz fiyatı gibi üstünlüklere sahiptir. ICP plazma ortamında sıcaklık, diğer atomlaştırma ortamlarına göre daha üniformdur. Ayrıca atomların bu ortamda kalmasüreleri daha uzundur (ms seviyesinde). Mikrodalga ile güçlendirilen plazma kaynağı (MIP) çok az kullanılır. Her şeyden önce cihazı nadiren imal edilir (Araz, 2014).

### 1.7. ICP-OES cihazı

Cihazın çalışma prensibi, çözelti durumundaki örneğin yüksek sıcaklıktaki plazmaya püskürtülmesiyle gaz fazına geçen ve atomlaşan elementlerin plazmada uyarılmış duruma geçmesinden sonra yaydıkları ışını uygun bir detektör ile ölçerek çözeltideki elementlerin miktarını belirlenmesine dayanmaktadır. ICP-OES cihazına ait şematik gösterim Şekil 2’de verilmiştir (Araz, 2014).

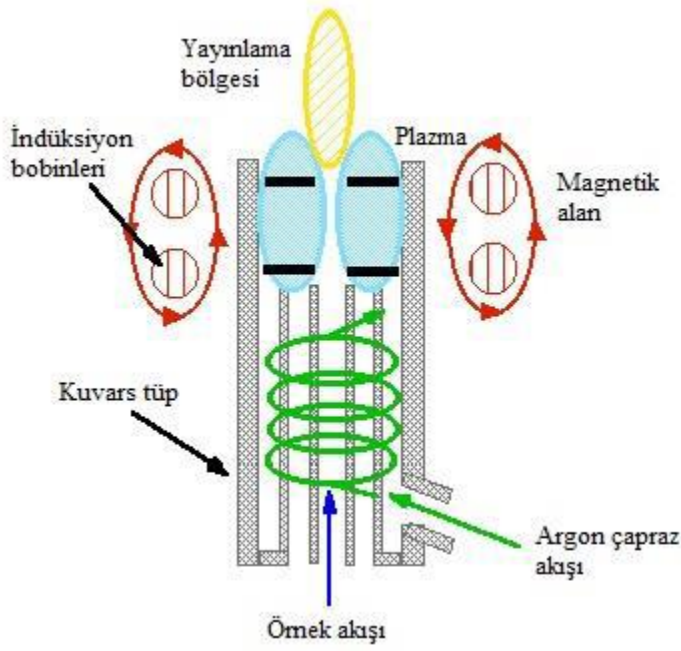


Şekil 2. ICP-OES cihazının temel bileşenleri

ICP-OES cihazı, atomik emisyon spektrometresinin yüksek sıcaklıktaki plazma ile donatılmasıyla geliştirilmiştir. Plazma, katyon ve elektronları içeren ve elektrik akımını ileten gaz karışımı olarak tanımlanır. ICP-OES cihazında plazmayı çoğunlukla inert bir gaz olan argon gazı oluşturur (Şekil 3) (Daş, 2013).

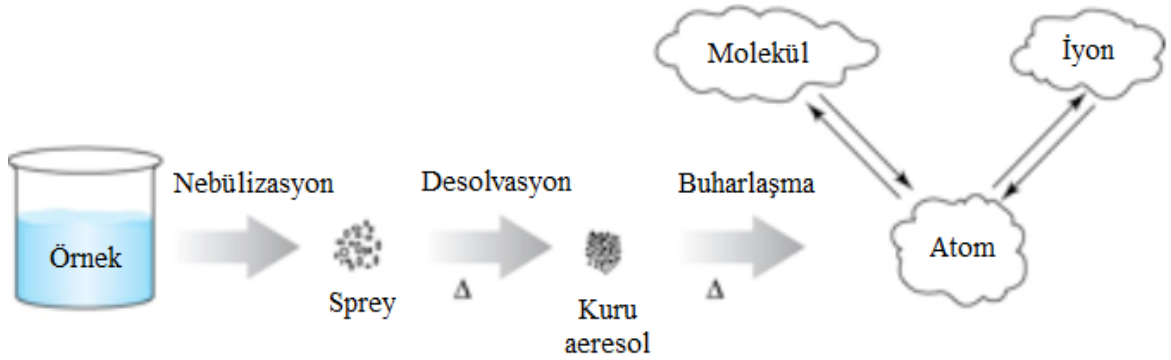
ICP-OES cihazı birçok üstünlüğü olan bir cihazdır. Elde edilebilen yüksek sıcaklık nedeniyle, çok kararlı bileşikler bile plazma sıcaklığında atomlarına ayrışır. Ayrıca alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı sebebiyle toprak alkali elementleri nadir toprak elementleri ve bor, silisyum gibi bozunmayan oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada bu elementlerin atomlaştırılmasında böyle bir sorun yoktur. ICP-OES cihazının diğer bir üstünlüğü ise plazmadaki yüksek elektron yoğunluğudur. Plazmadaki yüksek elektron yoğunluğu analit atomlarının iyonlaşmasını büyük ölçüde engeller ve de ark, kıvılcım ve alevli kaynakların aksine plazmada sıcaklığın atomlaşma bölgesinin her yerinde aynıdır (Araz, 2014).

İndüktif olarak eşleşmiş plazma, iç içe geçmiş üç kuartz borudan (torch) yapılmıştır ve en geniş boru çapı 2,5 cm' dir. En dıştaki boru, 15 L/min hızla argon gazı taşır ve böylelikle plazmayı besler, korur ve soğumasını sağlayarak kuartz tüpünün erimesini önler. Ortadaki boru, organik numunelerle çalışırken yardımcı gaz olarak plazmaya 1L/min argon gazı taşır. En içteki boru ise 0,3-1,5 L/min aralığında numuneyi plazmaya taşır (Daş, 2013).



Şekil 3. Tipik indüktif eşleşmiş plazma kaynağı (Araz, 2014)

Cihaza genellikle sıvı fazda verilen numune aerosol tanecikleri halinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya (10000K) gönderilir. Plazmada aerosol tanecikleri sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve uyarılır (Şekil 4). Bunun sonucunda elementler kendilerine özgü ışın yayarlar. Bu ışın şiddeti elementlerin derişimleriyle doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür (Daş, 2013).

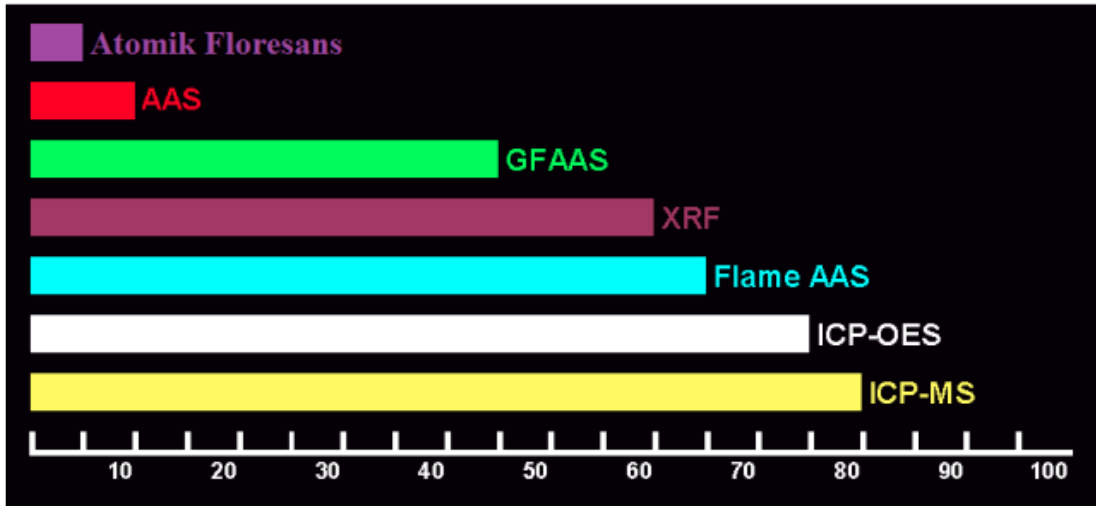


Şekil 4. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi (Araz, 2014)

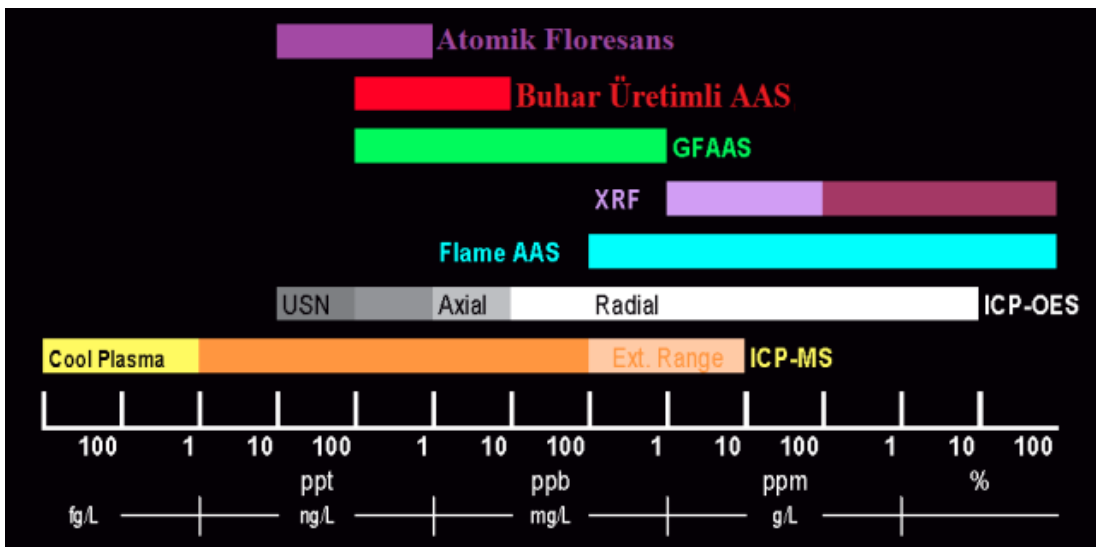
ICP-OES cihazının; analiz sonuçlarının doğruluğunun, kesinliğinin ve duyarlılığının yüksek olması, düşük konsantrasyonlarda çalışma imkanı sağlaması, girişimlerin çok az olması gibi avantajları vardır (Daş, 2013).

ICP-OES cihazlarında; numune çözeltisinin ve gazın plazmaya akışındaki düzensizlikler, optik aksamda kaymalar ve elektronik aksamlardaki düzensizlikler veya sistemin kilitlemesi gibi problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca kullanılan argon gazının kalitesi de çok önemlidir. Düşük kalitedeki argon gazının kullanımında plazma oluşumu zor olur veya hiç oluşmaz (Daş 2013).

ICP-OES tekniği diğer tekniklerle karşılaştırıldığında uygulanabilir element numaraları Şekil 5'te, bağıl hassasiyetleri ve dinamik aralıkları ise Şekil 6'da verilmiştir (Araz, 2014)



Şekil 5. ICP-OES tekniğinin uygulanabilir element numaralarına göre diğer tekniklerle karşılaştırması



Şekil 6. ICP-OES tekniğinin bağıl hassasiyet ve dinamik aralıklarına göre diğer tekniklerle karşılaştırılması

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Diş Örneklerinin Toplanması

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde farklı yaş ve cinsiyet grubundan çürük, periodontal ve ortodontik nedenlerle çekilmesi gereken dolgusuz daimi dişlerden rastgele çekimi gerçekleştirilen diş örneklerinden toplam 42 adet örnek ağız kapalı vida kapaklı plastik kaplara alınmıştır. Toplanan bu diş örnekleri daha sonra cinsiyet ve yaş gruplarına ayrılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Farklı yaş aralığından toplanan diş örneklerinin cinsiyete göre numune sayılarının dağılımı

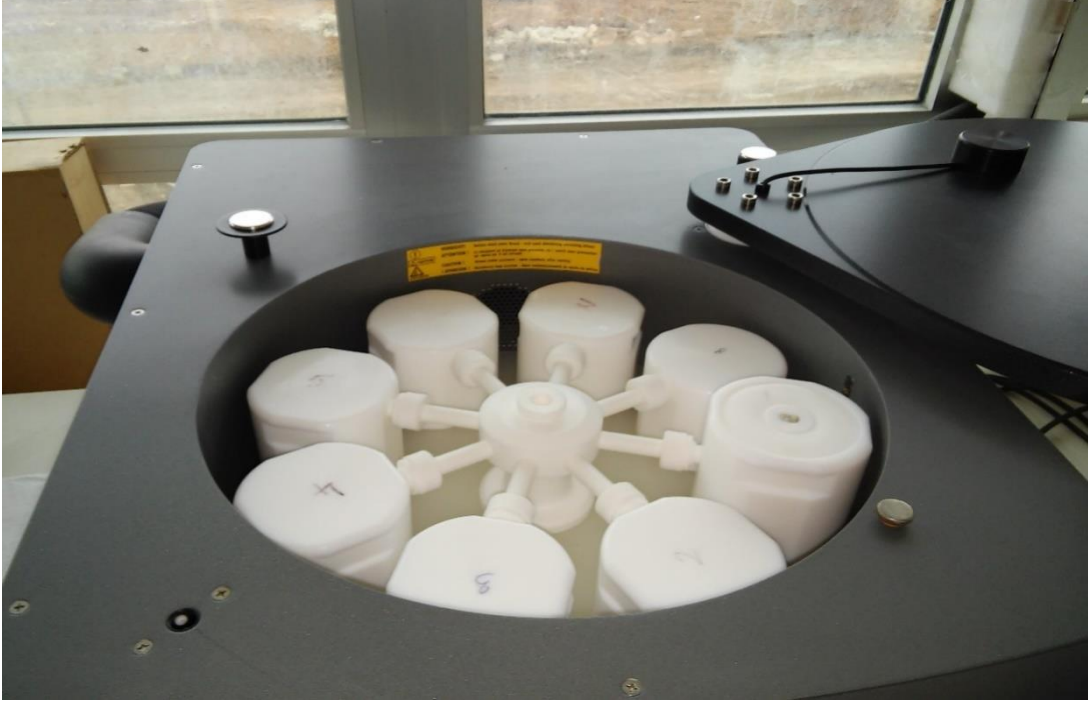
Yaş Aralığı	Bayan	Erkek
10-19	4	4
20-29	7	7
30-39	6	6
40-49	4	4

### 2.2. Örneklerin Ağır Metal Analizi İçin Mikrodalga Yakma Sistemi İle Hazırlanması

Mikro dalga bozundurma işleminden önce, bütün cam ve plastik kaplar 24 saat boyunca %20 lik nitrik asit solüsyonunda bekletilip daha sonra saf su ile durulandı. Analizden önce diş örneklerinde bulunan organik maddeler ve yüzey kirlenmesi diş fırçası yardımı ile temizlendi. Dişteki organik maddeleri çıkarmak için hipoklorik asit çözeltisi kullanıldı. Her bir diş örneği, % 10 (v/v)'luk 25 ml hipoklorik asit çözeltisinde 24 saat bekletilip daha sonra saf su ile durulandı. Durulama işleminden sonra bütün diş örnekleri etüvde 103 °C de 1 saat boyunca kurumaya bırakıldı (Beaz vd, 2004). Daha sonra diş örnekleri havanda toz haline getirilip kütleyi sabit tutmak için 85 °C de kurutuldu (Nowak vd., 2000). Toz halinde kurutulmuş diş örneklerinden 0,3 g tartılıp mikrodalga yakma sistemi kaplarına konuldu. Örneklerin üzerine 8 ml HNO<sub>3</sub> (nitrik asit) ve 2 ml HCl (hidroklorik asit) eklenerek mikro dalga bozundurma işlemi Tablo 2'deki şartlara göre Şekil 7'de gösterilen mikro dalga yakma cihazı ile gerçekleştirildi.



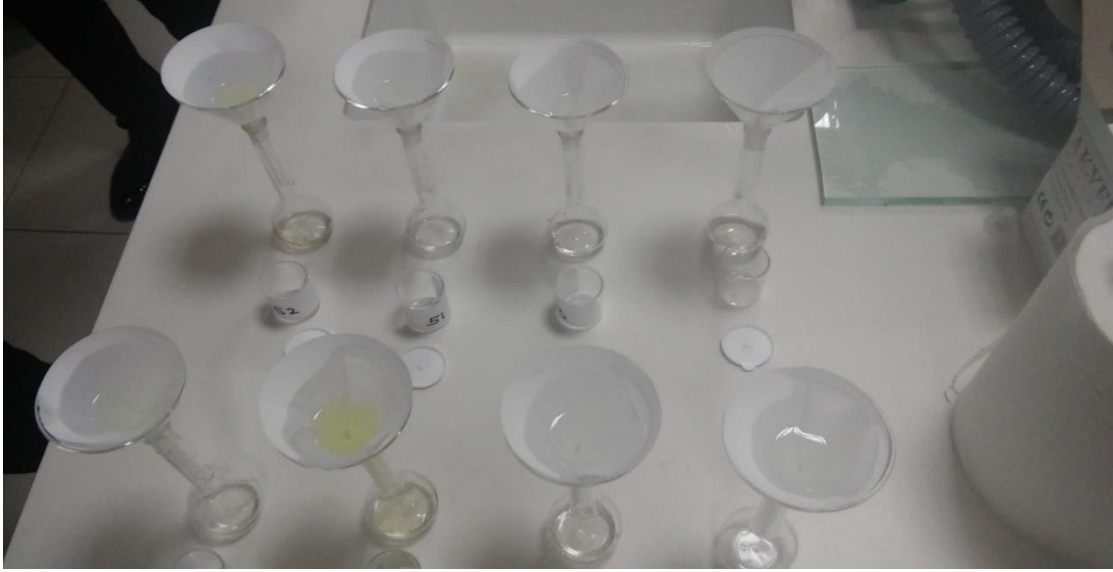
Bozundurma işleminden sonra solüsyonlar soğutulup 15 ml lik volumetrik şişelere döküldü (Şekil 8). Daha sonra elde edilen solüsyonlar mavi bant süzgeç kâğıdından süzüldü (Şekil 9). Süzme işleminden sonra solüsyonlar ultra saf su ile 25 ml'lik hacme tamamlandı.



Şekil 7. Mikrodalga yakma sistemi



Şekil 8. Bozundurma işleminden sonra 15 ml lik volumetrik kaplara alınan solüsyonlar



**Şekil 9.** Sölüsyonların süzülmesi

**Tablo 2.** Mikrodalga Yakma Cihazı Çalışma Programı

Adım	1	2	3
Sıcaklık (°C)	160	180	190
Basınç (bar)	40	40	40
Güç (%)	80	80	90
Zaman (dakika)	10	10	10

### 2.3. Diş Örneklerinin ICP-OES Spektrometresi İle Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi

Mikrodalga yakma sisteminde bozundurulmuş toplam 42 adet örnekte bulunan bazı ağır metal konsantrasyonlarını (Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb) ölçmek amacıyla Şekil 10'da gösterilen Perkin Elmer Optima 7000 DV markalı ICP-OES Cihazı kullanıldı. Bu yöntem metallerin plazmada atomlaşması ve plazma ışığının emisyonunun ölçülmesine dayanır. Argon gazı bir radyo frekans halkasının içerisinden geçirilerek plazma oluşturur. Plazma sıcaklığı 6000 K ile 8000 K arasında değişir. Numuneler bir ebulayzerde aerosolleştirilerek plazmaya verilir. Örneklerin ölçümü yapılmadan önce, analizi yapılacak metalleri içeren multi element standartları uygun aralıklarla hazırlanarak bir kalibrasyon eğrisi çizildi. Ölçülecek metallerin analizlerinde metal hidrürleri oluşturarak analizler yapıldı (Bedir, 2010).



Şekil 10. ICP-OES spektrometresi

#### 2.4. Verilen İstatiksel Değerlendirilmesi

Diş örneklerinin metal konsantrasyon sonuçları  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak verilmiştir. Elde edilen veriler diş örnekleri için yaşlara göre gruplandırılmıştır. Gruplandırılan bu veriler SPSS (IBM SPSS Statistics 21) ortamına aktarılmıştır. Belirlenen metal konsantrasyon değerlerinin normal dağılışa uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile test edilmiştir. Yaş gruplarına göre normallik sağlayan grupların önemlilik testi tek yönlü varyans analizini (ANOVA) izleyen Duncan testi ile değerlendirilmiştir. Normallik sağlamayan grupların önemlilik testi ise Kruskal-Wallis testini izleyen Mann-Whitney U testi ile değerlendirilmiştir. Diş örneklerinde yaş gruplarına göre ölçülen ağır metal analiz sonuçlarında farklılıklar test edilmiştir.

Buna ilaveten örnekler için bütün yaş grupları metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişkinin yönünü, derecesini ve önemini istatistiksel olarak ortaya koyan Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Bütün istatistiksel analizler bilgisayar ortamında SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

Perkin Elmer Optima 7000 DV markalı ICP-OES Spektrometresinde analizi yapılan diş örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları yaş aralığı ve cinsiyete göre ayrılarak sırasıyla Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6'de ve ortalamaları da Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 3.** 10-19 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Bayan	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
B1	95,83±0,45	3,83±0,10	2,33±0,13	214,34±2,30	0,83±0,03	6,33±1,60
B2	62,66±4,33	1,17±0,13	3,17±0,30	135±8,50	4±0,033	42,66±4,10
B3	147,83±4,50	6±0,08	13,33±0,37	152±1,40	1,33±0,08	36,84±3,83
B4	60,66±3,12	4,5±0,20	T.E.	263,34±3,40	0,83±0,01	24,33±2,64
<b>Maksimum</b>	<b>147,83±4,50</b>	<b>6±0,08</b>	<b>13,33±0,37</b>	<b>263,34±3,40</b>	<b>4±0,033</b>	<b>42,66±4,10</b>
<b>Minimum</b>	<b>60,66±3,12</b>	<b>1,17±0,13</b>	<b>2,33±0,13</b>	<b>135±8,50</b>	<b>0,83±0,03</b>	<b>6,33±1,60</b>
<b>Ortalama</b>	<b>91,75</b>	<b>3,88</b>	<b>6,28</b>	<b>191,17</b>	<b>1,75</b>	<b>27,54</b>
Erkek	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
E1	42,66±0,20	3±0,16	1,33±0,15	133,34±1,37	1±0,08	15,83±2,95
E2	54,16±0,57	2,34±0,05	4±0,10	158,16±1,65	1,67±0,03	17,85±1,46
E3	78,33±1,35	2±0,30	6,33±0,03	148,67±3,22	1,17±0,07	19,50±0,40
E4	21,67±0,71	8,5±1,63	15,17±0,30	138,17±13,53	3,83±0,77	33,34±2,52
<b>Maksimum</b>	<b>78,33±1,35</b>	<b>8,5±1,63</b>	<b>15,17±0,30</b>	<b>158,16±1,65</b>	<b>3,83±0,77</b>	<b>33,34±2,52</b>
<b>Minimum</b>	<b>21,67±0,71</b>	<b>2±0,30</b>	<b>1,33±0,15</b>	<b>133,34±1,37</b>	<b>1±0,08</b>	<b>15,83±2,95</b>
<b>Ortalama</b>	<b>49,21</b>	<b>3,96</b>	<b>6,71</b>	<b>144,59</b>	<b>1,92±0,24</b>	<b>21,63</b>

B1: 10 Yaş, B2: 18 Yaş, B3: 18 Yaş, B4: 18 Yaş  
E1: 10 Yaş, E2: 11 Yaş, E3: 11 Yaş, E4: 15 Yaş

**Tablo 4.** 20-29 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Bayan	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
B1	17,17±1,02	1,50±0,07	12,67±2,60	75,66±2,28	2±1,28	16,6±2,52
B2	20,34±1,72	1,17±0,18	15±0,83	78,50±5,07	3,17±0,55	39±2,72
B3	36,5±0,52	3,50±0,20	T.E.	248,83±1,07	0,67±0,03	7±0,30
B4	28,34±0,15	4,17±0,17	0,33±0,02	241,67±2,42	0,67±0,08	8,5±0,17
B5	42,83±1,03	3,33±0,33	0,83±0,17	223,67±4,87	0,33±0,07	2±0,17
B6	27,33±0,43	3,33±0,38	T.E.	200±1,70	0,33±0,05	6,67±0,22
B7	40,5±0,35	4,50±0,30	2±0,25	329,18±2,50	0,67±0,05	4,5±0,37
<b>Maksimum</b>	<b>42,83±1,03</b>	<b>4,50±0,30</b>	<b>12,67±2,60</b>	<b>329,18±2,50</b>	<b>3,17±0,55</b>	<b>39±2,72</b>
<b>Minimum</b>	<b>17,17±1,02</b>	<b>1,17±0,18</b>	<b>0,33±0,02</b>	<b>75,66±2,28</b>	<b>0,33±0,07</b>	<b>2±0,17</b>
<b>Ortalama</b>	<b>30,43</b>	<b>3,07</b>	<b>6,17</b>	<b>199,64</b>	<b>1,12</b>	<b>12,04</b>
Erkek	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
E1	28,83±0,60	2±0,15	4,33±0,37	115,34±3,15	5,67±0,65	57,66±1,12
E2	36,17±0,12	4,67±0,07	2±0,28	313,33±2,60	0,67±0,05	9,83±1,57
E3	29±0,47	2,5±0,02	T.E.	180,83±13,97	0,33±0,03	1,17±0,76
E4	27,5±0,78	1,83±0,25	0,83±0,07	146±8,25	T.E.	0,17±0,02
E5	26,17±1,27	1,67±0,10	1,67±0,77	150,67±11,82	T.E.	12,83±0,48
E6	18,83±0,32	0,50±0,17	T.E.	123,33±2,05	T.E.	8,33±1,87
E7	18,30±0,10	T.E.	T.E.	167±2,80	T.E.	T.E.
<b>Maksimum</b>	<b>36,17±0,12</b>	<b>4,67±0,07</b>	<b>4,33±0,37</b>	<b>313,33±2,60</b>	<b>5,67±0,65</b>	<b>57,66±1,12</b>
<b>Minimum</b>	<b>18,30±0,10</b>	<b>0,50±0,17</b>	<b>0,83±0,07</b>	<b>115,34±3,15</b>	<b>0,33±0,03</b>	<b>0,17±0,02</b>
<b>Ortalama</b>	<b>26,40</b>	<b>2,20</b>	<b>2,21</b>	<b>170,93</b>	<b>2,22</b>	<b>15</b>

B1: 20 Yaş, B2: 22 Yaş, B3: 21 Yaş, B4: 23 Yaş, B5: 25 Yaş, B6: 29 Yaş, B7: 29 Yaş  
E1: 22 Yaş, E2: 23 Yaş, E3: 23 Yaş, E4: 25 Yaş, E5: 25 Yaş, E6: 28 Yaş, E7: 29 Yaş

**Tablo 5.** 30-39 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

<b>Bayan</b>	<b>Fe</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
<b>B1</b>	39,16±0,53	3,17±0,18	2,17±0,28	227,84±0,57	0,67±0,04	10,33±1,18
<b>B2</b>	27,33±1,60	0,17±0,01	0,5±0,01	91,67±4,31	T.E.	0,33±0,06
<b>B3</b>	18,30±0,05	0,83±0,03	T.E.	133±2,50	T.E.	T.E.
<b>B4</b>	20±2,02	0,5±0,03	T.E.	128±1,75	0,33±0,08	19,33±2,22
<b>B5</b>	25±0,35	0,83±0,02	10,83±0,54	105,18±3,50	T.E.	41,20±4,56
<b>B6</b>	28,66±0,72	1,67±0,05	T.E.	197±7,32	T.E.	3,17±1,52
<b>Maksimum</b>	<b>39,16±0,53</b>	<b>3,17±0,18</b>	<b>10,83±0,54</b>	<b>227,84±0,57</b>	<b>0,67±0,04</b>	<b>41,20±4,56</b>
<b>Minimum</b>	<b>18,30±0,05</b>	<b>0,17±0,01</b>	<b>0,5±0,01</b>	<b>91,67±4,31</b>	<b>0,33±0,08</b>	<b>0,33±0,06</b>
<b>Ortalama</b>	<b>26,41</b>	<b>1,20</b>	<b>4,50</b>	<b>147,12</b>	<b>0,5</b>	<b>14,87</b>
<b>Erkek</b>	<b>Fe</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
<b>E1</b>	25±0,45	1±0,20	T.E.	156±8,12	T.E.	1,17±0,68
<b>E2</b>	28,34±0,83	T.E.	T.E.	166±1,70	T.E.	0,17±0,01
<b>E3</b>	67,16±0,95	4±0,03	T.E.	333,34±2,52	0,83±0,03	9,17±0,42
<b>E4</b>	42,17±0,55	1,83±0,07	0,83±0,03	305,06±8,40	1±0,06	16,16±1,87
<b>E5</b>	29,17±0,55	3,33±0,10	2,16±0,13	363,67±8,60	0,33±0,10	6,7±0,95
<b>E6</b>	37,83±0,57	3±0,17	T.E.	271,5±3,55	0,33±0,02	3±0,83
<b>Maksimum</b>	<b>67,16±0,95</b>	<b>4±0,03</b>	<b>2,16±0,13</b>	<b>363,67±8,60</b>	<b>1±0,06</b>	<b>16,16±1,87</b>
<b>Minimum</b>	<b>25±0,45</b>	<b>1±0,20</b>	<b>0,83±0,03</b>	<b>156±8,12</b>	<b>0,33±0,10</b>	<b>0,17±0,01</b>
<b>Ortalama</b>	<b>38,28</b>	<b>2,63</b>	<b>1,50</b>	<b>265,93</b>	<b>0,62</b>	<b>6,06</b>

B1: 30 Yaş, B2: 30 Yaş, B3: 31 Yaş, B4: 35 Yaş, B5: 36 Yaş, B6: 36 Yaş  
E1: 30 Yaş, E2: 33 Yaş, E3: 32 Yaş, E4: 35 Yaş, E5: 37 Yaş, E6: 37 Yaş

**Tablo 6.** 40-49 yaşları arasındaki bayan ve erkeklerden çekilen diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

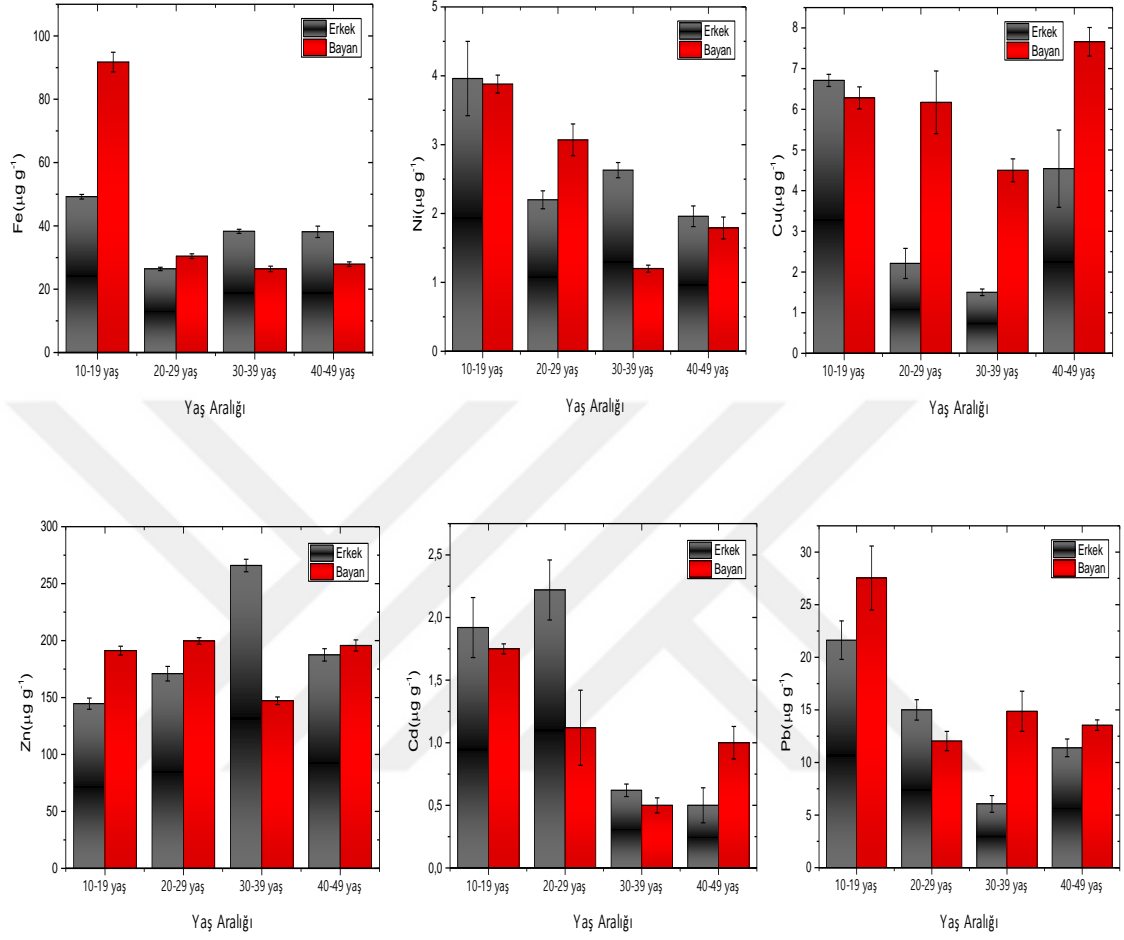
Bayan	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
B1	30,33±0,78	2,67±0,23	8,83±0,06	84,34±1,25	1,67±0,03	33,5±0,55
B2	26,67±0,60	2,50±0,10	1,17±0,08	204,83±3,00	0,17±0,07	4,33±0,43
B3	21,50±1,07	0,33±0,02	T.E.	110,5±6,50	T.E.	2,83±0,53
B4	33,16±0,43	1,67±0,30	12,97±0,90	383,17±8,70	1,16±0,28	T.E.
<b>Maksimum</b>	<b>33,16±0,43</b>	<b>2,67±0,23</b>	<b>12,97±0,90</b>	<b>383,17±8,70</b>	<b>1,67±0,03</b>	<b>33,5±0,55</b>
<b>Minimum</b>	<b>21,50±1,07</b>	<b>0,33±0,02</b>	<b>1,17±0,08</b>	<b>84,34±1,25</b>	<b>0,17±0,07</b>	<b>2,83±0,53</b>
<b>Ortalama</b>	<b>27,92</b>	<b>1,79</b>	<b>7,66</b>	<b>195,71</b>	<b>1</b>	<b>13,55</b>
Erkek	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
E1	23,50±0,33	2±0,12	1±0,10	198,67±6,03	0,66±0,22	10,17±1,40
E2	25,83±1,42	1±0,10	0,67±0,05	133,67±1,87	T.E.	5±0,05
E3	49,5±1,30	1,33±0,15	15,66±3,50	167,33±6,03	T.E.	T.E.
E4	53,67±4,17	3,5±0,22	0,83±0,13	250±7,87	0,33±0,05	19±1,08
<b>Maksimum</b>	<b>53,67±4,17</b>	<b>3,5±0,22</b>	<b>15,66±3,50</b>	<b>250±7,87</b>	<b>0,66±0,22</b>	<b>19±1,08</b>
<b>Minimum</b>	<b>23,5±0,33</b>	<b>1±0,10</b>	<b>0,67±0,05</b>	<b>133,67±1,87</b>	<b>0,33±0,05</b>	<b>5±0,05</b>
<b>Ortalama</b>	<b>38,13</b>	<b>1,96</b>	<b>4,54</b>	<b>187,42</b>	<b>0,50</b>	<b>11,39</b>

B1: 41 Yaş, B2: 44 Yaş, B3: 46 Yaş, B4: 47 Yaş  
E1: 44 Yaş, E2: 47 Yaş, E3: 49 Yaş, E4: 49 Yaş  
\*T.E. (Tespit Edilemedi)

**Tablo 7.** Bayan ve erkeklerin yaş gruplarına göre tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Bayan						
Yaş Grupları	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
10-19	91,75	3,88	6,28	191,17	1,75	27,54
20-29	30,43	3,07	6,17	199,64	1,12	12,04
30-39	26,41	1,20	4,50	147,12	0,5	14,87
40-49	27,92	1,79	7,66	195,71	1	13,55
Erkek						
Yaş Grupları	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
10-19	49,21	3,96	6,71	144,59	1,92	21,63
20-29	26,40	2,20	2,21	170,93	2,22	15
30-39	38,28	2,63	1,50	265,93	0,62	6,06
40-49	38,13	1,96	4,54	187,42	0,50	11,39

Farklı yaş aralığındaki erkek ve bayan diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalamalarının bar grafik değerlendirilmesi Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Farklı yaş aralığında erkek ve bayan diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri



## 4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

### 4.1. Bayan Diş Örnekleri

#### 4.1.1. Bayan Diş Örneklerinde Fe

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Fe konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun 91,75  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise 26,41  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş grupları (Tablo 8) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ( $p<0,05$ )

**Tablo 8.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Fe Konsantrasyonları
10-19	91,75 <sup>b</sup>
20-29	30,43 <sup>a</sup>
30-39	26,41 <sup>a</sup>
40-49	27,92 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p< 0,05$  düzeyinde önemlidir.

#### 4.1.2. Bayan Diş Örneklerinde Ni

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Ni konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun 3,88  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise 1,20  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Ni konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 9) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ )

**Tablo 9.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Ni Konsantrasyonları
10-19	3,88 <sup>a</sup>
20-29	3,07 <sup>ab</sup>
30-39	1,20 <sup>b</sup>
40-49	1,79 <sup>ab</sup>

<sup>a, b</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

#### 4.1.3. Bayan Diş Örneklerinde Cu

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Cu konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $7,66 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 40-49 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $4,50 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş grubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 10) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 10.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Cu Konsantrasyonları
10-19	6,28 <sup>a</sup>
20-29	6,17 <sup>a</sup>
30-39	4,50 <sup>a</sup>
40-49	7,66 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.1.4. Bayan Diş Örneklerinde Zn

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Zn konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 9), en yüksek konsantrasyonun  $199,64 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 20-29 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $147,12 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Zn konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 11) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 11.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Zn Konsantrasyonları
10-19	191,17 <sup>a</sup>
20-29	199,64 <sup>a</sup>
30-39	147,12 <sup>a</sup>
40-49	195,71 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.1.5. Bayan Diş Örneklerinde Cd

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Cd konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $1,75 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $0,5 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş grubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Cd konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş grupları (Tablo 12) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 12.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Cd Konsantrasyonları
10-19	1,75 <sup>a</sup>
20-29	1,12 <sup>a</sup>
30-39	0,5 <sup>a</sup>
40-49	1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.1.6. Bayan Diş Örneklerinde Pb

Bayan diş örneklerinde yaş gruplarına göre Pb konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $27,54 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $12,04 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 20-29 yaş grubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Pb konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş grupları (Tablo 13) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 13.** Bayan diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Cd Konsantrasyonları
10-19	27,54 <sup>a</sup>
20-29	12,04 <sup>a</sup>
30-39	14,87 <sup>a</sup>
40-49	13,55 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

## 4.2. Erkek Diş Örnekleri

### 4.2.1. Erkek Diş Örneklerinde Fe

Erkek diş örneklerinde yaş gruplarına göre Fe konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $49,21 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $26,40 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 20-29 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Fe konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 14) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 14.** Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Fe Konsantrasyonları
10-19	49,21 <sup>a</sup>
20-29	26,40 <sup>a</sup>
30-39	38,28 <sup>a</sup>
40-49	38,13 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

### 4.2.2. Erkek Diş Örneklerinde Ni

Erkek diş örneklerinde yaş gruplarına göre Ni konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $3,96 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $1,96 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 40-49 yaş gurubuna ait olduğu

görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Ni konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 15) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p>0,05$ )

**Tablo 15.** Erkek diş örneklerinin yaş guruplarına göre ortalama Ni konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Gurupları	Ni Konsantrasyonları
10-19	3,96 <sup>a</sup>
20-29	2,20 <sup>a</sup>
30-39	2,63 <sup>a</sup>
40-49	1,96 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş gurupları arasındaki verilerde  $p> 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.2.3. Erkek Diş Örneklerinde Cu

Erkek diş örneklerinde yaş guruplarına göre Cu konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $6,71 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise  $1,50 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. KRUSKAL-WALLIS testinin sonucuna göre Cu konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 16) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p>0,05$ )

**Tablo 16.** Erkek diş örneklerinin yaş guruplarına göre ortalama Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Gurupları	Cu Konsantrasyonları
10-19	6,71 <sup>a</sup>
20-29	2,21 <sup>a</sup>
30-39	1,50 <sup>a</sup>
40-49	4,54 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş gurupları arasındaki verilerde  $p> 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.2.4. Erkek Diş Örneklerinde Zn

Erkek diş örneklerinde yaş guruplarına göre Zn konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun  $265,93 \mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39

yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise 144,59  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Zn konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 17) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ( $p < 0,05$ )

**Tablo 17.** Erkek diş örneklerinin yaş guruplarına göre ortalama Zn konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Gurupları	Zn Konsantrasyonları
10-19	144,59 <sup>a</sup>
20-29	170,93 <sup>ab</sup>
30-39	265,93 <sup>b</sup>
40-49	187,42 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> harfleri yaş gurupları arasındaki verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemlidir.

#### 4.2.5. Erkek Diş Örneklerinde Cd

Erkek diş örneklerinde yaş guruplarına göre Cd konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo79), en yüksek konsantrasyonun 2,22  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 20-29 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise 0,50  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 40-49 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Cd konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 18) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p > 0,05$ )

**Tablo 18.** Erkek diş örneklerinin yaş guruplarına göre ortalama Cd konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Gurupları	Cd Konsantrasyonları
10-19	1,92 <sup>a</sup>
20-29	2,22 <sup>a</sup>
30-39	0,62 <sup>a</sup>
40-49	0,50 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş gurupları arasındaki verilerde  $p > 0,05$  düzeyinde önemlidir.

#### 4.2.6. Erkek Diş Örneklerinde Pb

Erkek diş örneklerinde yaş gruplarına göre Pb konsantrasyonu ortalamalarının değişimine bakıldığında (Tablo 7), en yüksek konsantrasyonun 21,63  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 10-19 yaş grubuna, en düşük konsantrasyonun ise 6,06  $\mu\text{g g}^{-1}$  ile 30-39 yaş gurubuna ait olduğu görülmüştür. ANOVA testinin sonucuna göre Pb konsantrasyonlarındaki farklılıklar yaş gurupları (Tablo 19) arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. ( $p>0,05$ )

**Tablo 19.** Erkek diş örneklerinin yaş gruplarına göre ortalama Pb konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Yaş Grupları	Pb Konsantrasyonları
10-19	21,63 <sup>a</sup>
20-29	15 <sup>a</sup>
30-39	6,06 <sup>a</sup>
40-49	11,39 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> harfleri yaş grupları arasındaki verilerde  $p> 0,05$  düzeyinde önemli değildir.

#### 4.2.7. Diş Örneklerinin Korelasyon Analiz Sonuçları

Bayan ve Erkek diş örneklerinin elementler arası yaş gruplarına göre korelasyon katsayılarının sonuçları Tablo 20-21’de verilmiştir.

Tablo 20’ye bakıldığında bayanlardan toplanan diş örneklerinde elementler arasında korelasyon katsayıları istatistiksel olarak, Cd-Cu ( $r=0,526$ ) ve Ni-Zn ( $r=0,523$ ) arasında pozitif yönde bir ilişki, Cd-Pb ( $r=0,655$ ), Fe-Ni ( $r=0,663$ ), Cu-Pb ( $r=0,574$ ) arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki, Zn-Pb ( $r=-0,474$ ) arasında negatif yönde bir ilişki gözlemlenmiştir.

Tablo 21’e göre erkeklerden toplanan diş örneklerinde elementler arası mevsimsel korelasyon katsayıları istatistiksel olarak incelendiğinde, Ni-Cu ( $r=0,454$ ) ve Ni-Cd( $r=0,463$ ) arasında pozitif yönde bir ilişki, Cd-Pb ( $r=0,959$ ) arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki görülmüştür.

**Tablo 20.** Bayan diş örneklerinin elementler arası yaş gruplarına göre korelasyon katsayıları

	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Fe	1					
Ni	<b>0,663**</b>	1				
Cu	0,194	-0,023	1			
Zn	0,145	<b>0,523*</b>	-0,222	1		
Cd	-237	-0,008	<b>0,526*</b>	-0,217	1	
Pb	0,302	0,022	<b>0,574**</b>	<b>-0,474*</b>	<b>0,655**</b>	1

\*\* Korelasyon 0,01 değerinde önemli.

\* Korelasyon 0,05 değerinde önemli.

**Tablo 21.** Erkek diş örneklerinin elementler arası yaş gruplarına göre korelasyon katsayıları

	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Fe	1					
Ni	0,147	1				
Cu	0,173	<b>0,454*</b>	1			
Zn	0,276	0,301	-0,237	1		
Cd	0,022	<b>0,463*</b>	0,418	-0,216	1	
Pb	0,083	0,392	0,340	-0,227	<b>0,959**</b>	1

\*\* Korelasyon 0,01 değerinde önemli.

\* Korelasyon 0,05 değerinde önemli.

Rize ilinde farklı yaş ve cinsiyet grubundan, insan diş örneklerinde ağır metal konsantrasyon değerleri belirlenerek yorumlandı.

Bu çalışmada Tablo 7'ye göre, ortalama konsantrasyon değerleri bayan diş örnekleri için Zn>Fe>Pb>Cu>Ni>Cd erkek diş örnekleri için Zn>Fe>Pb>Cu>Ni>Cd olduğu tespit edilmiştir.

Bayan ve erkek diş örneklerinde Fe, Ni ve Pb için, ortalama konsantrasyon değerleri yaş gruplarına göre 10-19 yaş grubunda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cu için, bayan diş örneklerinde en yüksek 40-49 yaş grubunda olduğu gözlemlenirken erkek diş örneklerinde ise 10-19 yaş grubunda olduğu tespit edilmiştir. Zn için, bayan diş örneklerinde en yüksek 20-29 yaş grubunda olduğu gözlemlenirken erkek diş örneklerinde ise 30-39 yaş grubunda olduğu tespit edilmiştir. Cd için, bayan diş örneklerinde en yüksek 10-19 yaş grubunda olduğu gözlemlenirken erkek diş örneklerinde ise 20-29 yaş grubunda olduğu gözlemlenmiştir.



Bayan diş örneklerinde Fe ve Ni konsantrasyon değerleri ile yaş grupları arasında istatistiksel açıdan fark olmasına rağmen ( $p<0,05$ ), Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Erkek diş örneklerinde ise Zn konsantrasyonu değerleri ile yaş grupları arasında istatistiksel açıdan fark olmasına rağmen ( $p<0,05$ ), Fe, Ni, Cu, Cd ve Pb konsantrasyonları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). İncelenen tüm yaş gruplarında bulunan metal konsantrasyonlarına bakıldığında yaşa, cinsiyete göre düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir.

#### **4.3. Sonuçların Diğer Çalışmalarla Karşılaştırılması**

Tablo 22’de, belirlenen metal konsantrasyonları daha önceki yapılan çalışmalarla kıyaslandığında;

Fe için; insan dişi örneklerindeki konsantrasyon sonuçları Polonya, Polonya’nın Silezya Bölgesi ve Mısır’da yapılan çalışmalardan düşük diğer çalışmalardan yüksek çıkmıştır.

Ni ve Cu metalleri diğer yapılan bütün çalışmalardan daha düşük olduğu, Zn için İstanbul’da yapılan çalışma hariç diğer çalışmalardan daha düşük olduğu, Cd ve Pb ise Mısır’da yapılan çalışma hariç diğer çalışmalardan daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 22.** Diş örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının literatürle karşılaştırılması ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Referans	Yöntem	Çalışma Alanı	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Taşkin vd., 2018	WDXRF	İstanbul	0,48-11,50	-	-	1,95-48,1	-	-
Fischer vd., 2013	AAS	Polonya'nın Silezya Bölgesi	14-108	-	2,33-8,26	-	0,18-1,7	4-29,2
Tvinnereim vd., 2000	AAS	Norveç	-	-	-	83-3476	0,004-6,29	0,12-18,76
Baranowska vd., 2004	EDXRF	Polonya	4,40-364	0,70-2,90	0,90-9,90	83-4387,10	-	4,60-44,10
Amr ve Helal, 2010	ICP-MS	Mısır	28,90-135	-	1,40-26,10	85-235,70	0,00007-0,016	0,34-9,23
Nowak ve Chmielnicka, 2000	AAS	Polonya'nın Katowice Bölgesi	40,70	6,1	6,20	328	3,1	36,50
Nowak ve Chmielnicka, 2000	AAS	Polonya'nın Beskid Bölgesi	29,90	4,90	5,60	287	2,50	36,30
Bu çalışma	ICP-OS	Rize İli	41,06	2,59	4,95	187,81	1,20	15,26

## 5. ÖNERİLER

- 1- Diş örneklerinin alındığı kişilerin beslenme ve sigara kullanımı alışkanlığı gibi etkenleri göz önüne alınarak bu tür çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.
- 2- İnsanlardaki metal birikimini değerlendirmek için iyi bir araç olan idrar, saç ve tırnak örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının araştırılması ve sonuçların karşılaştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- Alomary, A., Al-Momani, I.F., Obeidat, S.M. and Massadeh, A.M., 2013.** Levels of lead, cadmium, copper, iron, and zinc in deciduous teeth of children living in ırbid, jordan by ICP-OES: some factors affecting their concentrations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 3283-3295. DOI: 10.1007/s10661-012-2790-y.
- Amr, M.A., and Helal, A.F.I., 2010.** Analysis of trace elements in teeth by ICP-MS: implications for caries. *Journal of Physical Science*, 21(2), 1-12.
- Araz, A., 2014.** Farklı Tipte Kanserli ve Sağlıklı Akciğer Dokularının ICP-OES Tekniği İle Eser Element Konsantrasyonlarının Tayini: Evre, Cinsiyet ve Yaş Bağlılık. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 100 s., 66.
- Asaduzzaman, K., Khandaker, M.U., Baharudin, N.A.B., Amin, Y.B.M., Farook, M.S., Bradley, D.A. and Mahmoud, O., 2017.** Heavy metals in human teeth dentine: a bio-indicator of metalsexposure and environmental pollution. *Chemosphere*, 176, 221-230. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.02.114.
- Baez, A., Belmont, R., Garcia, R. and Hernandez, C., 2004.** Cadmium and lead levels in deciduous teeth of children living in Mexico City. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20, 109-115.
- Bakır, A., 2016.** Van Gölü'ne Dökülen Akarsuların Geçtiği Alanlardaki Su ve Çamur Örneklerinde, Ağır Metal Miktarlarının Farklı İklim Koşullarındaki Değişimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye, 77 s., 30.
- Baranowska, I., Barchanski, L., Smolec, B. and Mzyk, Z., 2004.** X-ray fluorescence spectrometry in multielemental analysis of hair and teeth. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13, 639-646.
- Bedir, N., 2010.** Açık ve Paket Çaylarda Bulunan Ağır metallerin ICP-OES ile Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 56s., 34.
- Biego, G.H., Joyeux, M., Hartemann, P. and Debry, G., 1998.** Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France. *The Science of The Total Environment*, 217, 27 – 36.
- Çelik, A., Abalı Y., Edgünlü, G., Uzunoğlu S. ve Tirtom, V.N., 2009.** İnsan saçında bulunan (Manisa ilinin üç farklı yerleşim bölgesinde) bazı ağır metallerin ICP-OES yöntemi ile tayini, *Ekoloji*, 73, 71-75.

- Daş, O.B., 2013.** ICP-OES Kullanılarak Bitkilerdeki Makro ve Mikro Elementlerin Birlikte Tayininde Çok Değişkenli Kalibrasyon Tekniklerinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 65 s., 31.
- Fischer, A., Wiechula, D. and Przybyła-Misztela, C., 2013.** Changes of concentrations of elements in deciduous teeth with age. *Biological trace element research*, 154(3), 427-432.
- Güven, S., 2015.** 3.-4. Servikal Vertebra ve 2. Molar Dişten 12-15 Yaş Arası Çocuklarda Mukayeseli Yaş Tayini. Uzmanlık Tezi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 81 s., 26-28.
- He, M., Lu, H., Luo, C. and Ren, T., 2016.** Determining trace metal elements in the tooth enamel from hui and han ethnic groups in China using microwave digestion and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Microchemical Journal*, 127, 142-144. DOI: 10.1016/j.microc.2016.02.009.
- Kern J. and Mathiason L., 2012.** The determination of copper, zinc, and lead in human teeth using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). *Concordia College Journal of Analytical Chemistry*, 3, 33-39.
- Nowak, B. and Chmielnicka J., 2000.** Relationship of lead and cadmium to essential elements in hair, teeth, and nails of environmentally exposed people, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 265-274.
- Örün, E. ve Yalçın, S.S., 2011.** Kurşun, cıva, kadmiyum: çocuk sağlığına etkileri ve temasın belirlenmesinde saç örneklerinin kullanımı, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3, 73-81.
- Rico, L.G., Perez, J.L. and Marini, M.E.J., 2007.** Content and daily intake of copper, zinc, lead, cadmium and mercury from dietary supplements in Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1599 – 1605.
- Taşkin, H., Kobya, Y., Tokgöz, M., Başsarı, A. and Yeşilkanat, C.M., 2018.** Biomonitoring of trace elements and gross alpha/beta radioactivity levels in human teeth: a case study from Istanbul, Turkey. *Microchemical Journal*, 141, 458-465.
- Tezcan, N., 2009.** Trakya Bölgesinde Üretimi Yapılan Buğday ve Arpanın Ağır Metal Bulaşanlarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye, 56 s., 17-19.
- Tosun, E., 2009.** Hastalık Tedavisinde Kullanılan Bazı Meyve ve Sebzelerin Dokularında Eser Element ve Mineral Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye, 128 s., 23-29, 44.
- Tvinnereim, H.M., Eide, R. and Riise, T., 2000.** Heavy metals in human primary teeth: some factors influencing the metal concentrations. *Science of The Total Environment*, 255, 21-27. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00436-8.

**Yaşar, Ü., 2009.** *Cersis Siliquastrum* L. Subsp. *Siliquasturum* (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitor Olarak Kullanımı, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye. 153 s., 1.



## ÖZGEÇMİŞ

Fatih DEVRAN, 19/11/1991 tarihinde Rize’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Rize’de tamamladı. 2010 tarihinde başladığı lisans eğitimini 2014 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nde tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir.

