

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

**RADYOLOJİDE ÇALIŞAN BİREYLERDE BAZI ESER ELEMENT VE  
AĞIR METAL (ÇİNKO, BAKIR, MAGNEZYUM, MANGAN, KOBALT,  
DEMİR, KURŞUN VE KADMIYUM) DÜZEYLERİN SAPTANMASI VE İŞ  
SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Resul Fırat KAHRAMANER  
DANIŞMAN: Dr. Öğr.Üyesi Hasan ERGE

VAN-2019

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

**RADYOLOJİDE ÇALIŞAN BİREYLERDE BAZI ESER ELEMENT VE  
AĞIR METAL (ÇİNKO, BAKIR, MAGNEZYUM, MANGAN, KOBALT,  
DEMİR, KURŞUN VE KADMİYUM) DÜZEYLERİN SAPTANMASI VE İŞ  
SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Resul Fırat KAHRAMANER

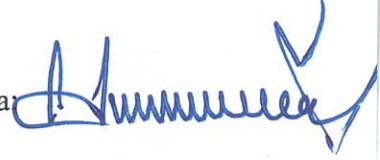
VAN-2019

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr.Üyesi Hasan ERGE danışmanlığında, Resul Fırat KAHRAMANER tarafından hazırlanan '**Radyolojide Çalışan Bireylerde Bazı Eser Element ve Ağır Metal (Çinko, Bakır, Magnezyum, Mangan, Kobalt, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Düzeylerin Saptanması ve İş Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi**' isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 05/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/~~oy~~ ~~çokluğu~~ ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans/~~doktora tezi~~ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Halit DEMİR

İmza:



Üye: Doç. Dr. Fatih Çağlar ÇELİKEZEN

İmza:



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hasan ERGE

İmza:



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03.07.2019 tarih ve 2019/43-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.



## TEZ BİLDİRİMİ

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

İmza

Resul Fırat KAHRAMANER

## ÖZET

### **RADYOLOJİDE ÇALIŞAN BİREYLERDE BAZI ESER ELEMENT VE AĞIR METAL (ÇİNKO, BAKIR, MAGNEZYUM, MANGAN, KOBALT, DEMİR, KURŞUN VE KADMIYUM) DÜZEYLERİN SAPTANMASI VE İŞ SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Resul Fırat KAHRAMANER

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Hasan ERGE

Ağustos 2019, 69 sayfa

Bu çalışmada radyolojide X ışını ile çalışan personellerin kanlarında bulunan ağır metal ve eser element miktarlarındaki (Zn, Fe, Mn, Mg, Cu, Cd, Co ve Pb) artış veya azalışın sağlıklı bireylerin kanlarındaki değerlere göre değişimi kıyaslanmış ve bu durum radyoloji çalışanlarının iş sağlığı açısından değerlendirilmiştir. Çalışma 2019 döneminde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dursun Odabaş Eğitim ve Araştırma Hastahanesi Radyoloji Anabilim Dalı personeli olan bireyler ile yapılmıştır. Yapılan çalışma radyoloji biriminde çalışan 31 personel ile radyasyona maruz kalmamış herhangi bir hastalığı olmayan 32 sağlıklı bireyden alınan kan örneklerinin karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. On iki saatlik açlık periyodunun ardından sabah saatlerinde kan örnekleri toplanmış 10 dakikalık 3000 rpm ile santrifüj edilip serum kanlardan ayrıştırılmıştır. Daha sonra -80°C' de depo edilmiştir. Çalışma yapılacağı zaman zarfında serumlar - 80°C' den çıkartılıp oda sıcaklığına getirilmiştir. Elementler, Merkezi Laboratuvarda Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre yardımı ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda radyolojide çalışan personellerin Zn, Fe, Cu, Mg düzeyleri kontrol grubuna göre daha düşük, Cd ve Pb düzeylerinin ise kontrol grubundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Mn ve Co düzeyleri gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Cd, Co, Cu, Fe, İş güvenliği., Mg, Mn, Pb, Radyasyon, Zn.



## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SOME TRACE ELEMENT AND HEAVY METAL (ZINC, COPPER, MAGNESIUM, MANGANESE, COBALT, IRON, LEAD AND CADMIUM) LEVELS IN INDIVIDUALS WORKING IN RADIOLOGY AND EVALUATION OF OCCUPATIONAL SAFETY

Resul Fırat KAHRAMANER

M. Sc. Thesis, Department of Chemistry

Thesis supervisor: Assist Prof. Hasan ERGE

August 2019, 69 pages

In this study, the increase or decrease in the amount of heavy metals and trace elements (Zn, Fe, Mn, Mg, Cu, Cd, Co and Pb) found in the blood of X-ray personnel in radiology were compared with the values in the blood of healthy individuals. Evaluated in terms of occupational safety. The study was conducted in 2019 with the staff of Radiology Department of Van Yüzüncü Yıl University Dursun Odabaş Training and Research Hospital. The study was carried out by comparing blood samples taken from 31 staff working in radiology unit and 32 healthy individuals. After a fasting period of twelve hours, blood samples were collected in the morning and centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes and separated from serum cells. -80 warehouses stored. During the study, serum was taken from -80 and brought to room temperature. The elements were determined by Atomic Absorption Spectrophotometer in Van Yüzüncü Yıl University Central Research Laboratory. At the end of the study, Zn, Fe, Cu, Mg levels were low and Cd and Pb levels were higher than the control group. In addition, Mn and Co levels did not make a statistically significant difference between the groups. Informing and raising awareness of radiology employees about radiation safety is very important for employee safety. In this context, protection and security methods should be developed.

**Keywords:** Cd, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Occupational safety, Pb, Radiation, Zn.





## ÖNSÖZ

Bu çalışma X-ışını ile çalışan radyoloji çalışanlarının uzun bir süre içinde aralıklı olarak düşük dozlarda radyasyona maruz kalmasının kan değerlerindeki bazı eser element ve ağır metal düzeyleri (Zn, Fe, Mn, Mg, Cu, Cd, Co ve Pb) incelenerek radyasyonun, radyasyon da çalışanların kan değerleri üzerindeki etkisi incelenecek ve elde edilen sonuçlar iş güvenliği açısından değerlendirilecektir. Çalışmalarım sırasında yakın ilgi, anlayış gördüğüm ve beni destekleyip motive eden danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hasan ERGE'ye ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Ali Mahir GÜNDÜZ'e, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Prof. Dr. Halit DEMİR'e, istatistiki olarak bana yardım eden analizleri yapan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Canan DEMİR'e ve tezimin her aşamasında sabırla kontrolünü sağlayıp destek veren ablam Dr. Öğr. Üyesi Rezzan UÇAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Büyük destek gördüğüm Yüzüncü Yıl Üniversitesi Radyoloji Bölümü Tomografi Biriminde çalışan mesai arkadaşlarıma, çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen sevgili eşime ve çalışma sürecimde çalışmama müsaade eden sevgili kızıma ayrıca manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

2019

Resul Fırat KAHRAMANER



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	İ
ABSTRACT .....	İİİ
ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VII
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	XV
EKLER DİZİNİ .....	XVII
1. GİRİŞ VE KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....	1
1.1. RADYASYON .....	2
1.1.1. Radyasyon çeşitleri.....	2
1.1.1.1. Alfa parçacıkları .....	3
1.1.1.2. Beta parçacıkları .....	4
1.1.1.3. Gama ışınları .....	5
1.1.1.4. Nötronlar.....	6
1.1.1.5. X Işını .....	6
1.1.1.5.1. X Işınının bulunuşu .....	6
1.1.1.5.2. X Işınları ve özellikleri.....	8
1.1.1.5.3. X Işınlarının oluşumu .....	8
1.1.1.5.4. X Işını tüpü.....	9
1.1.1.5.5. X Işınının tıp alanında kullanımı .....	10
1.1.1.5.6. X Işını kullanılarak elde edilen görüntüleme yöntemleri .....	10
1.1.1.5.6.1. Radyografi. ....	10
1.1.1.5.6.2. Bilgisayarlı tomografi.....	12
1.1.1.5.7. Radyasyonun biyolojik etkileri.....	14

	<b>Sayfa</b>
1.2. İZ ELEMENTLER VE AĞIR METALLER.....	15
1.2.1. İz elementler .....	15
1.2.1.1. Çinko .....	17
1.2.1.2. Bakır .....	18
1.2.1.3. Demir .....	18
1.2.1.4. Mangan .....	19
1.2.1.5. Magnezyum .....	20
1.2.2. Toksik iz elementler veya ağır metaller .....	21
1.2.2.1. Kadmiyum .....	21
1.2.2.2. Kobalt .....	21
1.2.2.3. Kurşun .....	22
1.3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	23
1.3.1. Radyasyondan korunmada iş güvenliği.....	24
1.3.2. Radyasyondan korunmada temel güvenlik standartları.....	25
1.3.3. Müsaade edilen yıllık doz sınırları .....	25
1.3.4. Personel doz ölçümü ve güvenliği.....	25
1.3.4.1. Kişisel dozimetre zorunluluğu.....	25
1.3.4.2. Koruyucu giysi ve teçhizat .....	26
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
2.1. CİHAZ VE MALZEMELER .....	29
2.2. ANALİZ METOTLARI .....	30
2.2.1. Ağır metal, eser element ve iz element tayini .....	30
2.2.2. İstatistiksel analizler .....	30
3. BULGULAR .....	31
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	41
EKLER .....	47

ÖZ GEÇMİŞ..... 51





## ÇİZELGELER LİSTESİ

**Çizelge**

**Sayfa**

Çizelge 2. 1 Radyolojide çalışan personel ve sağlıklı kontrol grubu iz element düzeyleri.. 31







## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1. 1 Alfa ışını görünümü. ....	4
Şekil 1. 2 Beta ışını görünümü. ....	5
Şekil 1. 3 Gama ışını görünümü. ....	5
Şekil 1. 4 Nötron yayını. ....	6
Şekil 1. 5 (a)- 1896 Yılında Kullanılan İlk Röntgen Cihazlarından Biri (Sağ Üste).....	7
Şekil 1. 6 X ışını tüpü. ....	9
Şekil 1. 7 Akciğer Röntgen Görüntüsü. ....	11
Şekil 1. 8 X ışınının tüpten çıktıktan sonra yelpaze şeklinde gönderilmesi. ....	12
Şekil 1. 9 X ışınının vücuttan geçerek dedektöre iletilmesi ..... 12	12
Şekil 1. 10 Sayısal değerlerin görüntüye çevrilmesi ..... 13	13
Şekil 2. 1 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Zn düzeyi.....32	32
Şekil 2. 2 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Fe düzeyi..... 32	32
Şekil 2. 3 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Mn düzeyi. .... 33	33
Şekil 2. 4 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Cu düzeyi. .... 33	33
Şekil 2. 5 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Mg düzeyi. .... 34	34
Şekil 2. 6 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Co düzeyi. .... 34	34
Şekil 2. 7 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Cd düzeyi. .... 35	35
Şekil 2. 8 Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Pb düzeyi. .... 35	35



## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>cm</b>	Santimetre
<b>°C</b>	Santigrad derece sıcaklığı
<b>dk</b>	Dakika
<b>g</b>	Gram
<b>h</b>	Saat
<b>mL</b>	Mililitre
<b>ml</b>	Mikrolitre
<b>mg</b>	Miligram
<b>TAEK</b>	Türkiye atom enerjisi kurumu
<b>M</b>	Molar
<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>rpm/dk</b>	Devir/dakika
<b>Zn</b>	Çinko
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Cd</b>	Kadmiyum
<b>Co</b>	Kobalt
<b>Fe</b>	Demir
<b>AAS</b>	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi



## **EKLER DİZİNİ**

Ek 1. 1 Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu. ....	48
Ek 1. 2 Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu (Devamı). ....	49





## 1. GİRİŞ VE KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Günümüzde çeşitli radyasyon alanlarında çalışan birçok birey bulunmaktadır. Bu bireyler arasında düşük dozda radyasyona maruz kalan sağlık personeli ve bu sağlık personelinin daha fazla maruz kalan ve radyasyonla çalışan radyoloji teknisyen ve teknikerleri bulunmaktadır. Sağlık birimlerinde çalışan bireyler iyonize radyasyon kaynakları ile çalışmaktadır. İyonize radyasyon kaynakları ile çalışan bireyler için çeşitli olumsuz sağlık etkileri bilinmektedir. Bu sebeple radyasyon ile çalışan bireyler için söz sahibi uluslararası kuruluşlarca uygulanması gereken minimum doz miktarı belirlenmiştir (NATO, 1996).

Radyasyona maruz kalan bireylerin aldıkları doz miktarının minimuma indirilmesi için üç yöntem bulunmaktadır.

*Uzaklık;* kaynaktan yayılan radyasyon şiddeti kaynağa olan uzaklığın karesi ile azalır. Bu nedenle kaynaktan uzaklaşmak iyi bir korunma yöntemidir (Avcı, 2016). *Zaman;* radyasyon doz miktarı çalışılan kaynaktan geçen süre ile orantılıdır. Ne kadar çok zaman geçirilirse o kadar çok miktarda radyasyon alınır (Avcı, 2016). Bu yüzden verilen doz süresinde hızlı olunmalı ve fazlasıyla ortamda bulunulmamalıdır. *Zırhlanma;* kaynaktan çıkan radyasyondan korunmak için çalışan kişi ile kaynak arasında uygun ve koruyucu özelliklerde ekipmanlar yerleştirilmelidir. Bu ekipmanlar uygun kalınlıkta; kurşun, beton, toprak ve çelik olabilmektedir (Avcı, 2016).

Bu özellikler çerçevesinde gerekli önlemler alınmalıdır. Radyasyona maruz kalan çalışanları korumak amacıyla, radyasyon ile çalışılan kurumlarda TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu)'nun yönetmeliklerine bağlı kalınarak çalışılan birimde ki bireylerin sağlığı açısından gerekli önlemleri almak zorundadırlar.

## **1.1. Radyasyon**

Radyasyon kelimesi ışık ve radyo dalgaları dahil çok geniş ve kapsamlı bir kelimedir fakat çoğunlukla ‘iyonlaştırıcı’ radyasyon anlamında kullanılır. İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı madde de yüklü parçacıklar ileten ve maddeden elektron koparan radyasyon çeşididir. Alfa, gama, beta, X-ışınları ve nötronlar gibi çeşitli iyonlaştırıcı radyasyonlar mevcuttur. Bu radyasyonların her biri farklı özelliklere sahiptir.

Bazı radyasyon türleri insan vücuduna nüfuz ederek hücreleri oluşturan madde içerisinde yüksek orandan etkinliği bulunan, moleküller, serbest elektronlar ve elektrikle yüklü atomlar oluşturabilirler. Bu radyasyonlar küçük miktarlarda alındığı zaman ‘düşük seviyeli radyasyon’ olarak adlandırılır (Şeker ve Çerezci, 2000; Algüneş, 2002).

Doğal radyasyonlara her insan maruz kalmaktadır. İnsanlar güneş ve uzaydan gelen radyasyonlarla beraber yer kabuğunda, yiyeceklerde ve suda doğal olarak mevcut olan radyasyonlardan ışın almaktadır. Solunum yaptığımızda bile havada bulunan radyoaktif gazlar vücuda nüfuz eder.

Doğal radyasyonların dışında ek olarak insanlar el yapımı radyasyon kaynaklarında maruz kalmaktadır. Örneğin; tıbbi amaçla kullanılan X- ışınları, nükleer patlama sonucu maruz kalınan nükleer yağışlar ve nükleer güç üretiminde ortama yayılan radyoaktif maddeler bunlara örnektir. 1890 yılı sonlarında X- ışını kullanılmaya başladıktan sonra bu radyasyon örneklerinin kullanışı sırasında ki radyasyonun hem faydalı hemde zararlı olabileceği anlaşılmıştır. Korunma yöntemleri zorunlu hale getirilmiştir (Göksel, 1973; Güngör, 1991).

### **1.1.1. Radyasyon çeşitleri**

Radyasyon ortamda ilerleyen enerji olarak tanımlanabilir. Bu tanım çerçevesinde kararlı yapıya geçmek isteyen doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin açığa çıkardıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde iletilen fazla enerjileri de ‘radyasyon’ olarak tanımlanır.



Radyasyon esas olarak iki şekilde sınıflandırılır. Bunlar ‘parçacık’ ve ‘dalga’ radyasyonlardır. Parçacık radyasyonu; belli bir kütlesi ve enerjisi olan aşırı hızlı hareket eden çok küçük parçacıklardır. Bu parçacıklar çok küçük olduklarından gözle görünmezler. Dalga radyasyonu; belli bir enerjisi olan fakat kütlesi olmayan radyasyon türüdür. Bu radyasyon titreşim yaparak ilerler.

Gözle görünebilen en yüksek enerjili ışık mor ışıktır ve radyasyon ilerledikçe ışık mor ötesine doğru gider. Mor ötesi ışıklar görünmez ve hissedilmez.

Parçacık ve dalga radyasyonları da ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar ‘iyonlaştırıcı’ ve ‘iyonlaştırıcı olmayan’ radyasyonlardır.

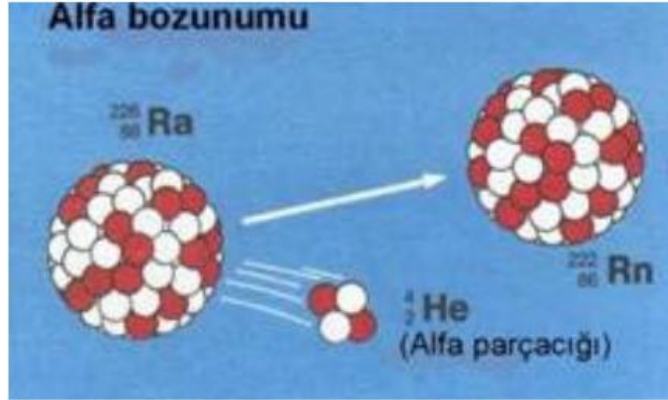
Bu aşamaya kadar radyasyon kavramını açıklamaya çalıştık. Ancak bu aşamadan sonra kullanacağımız her radyasyon kelimesinin anlamı ‘iyonlaştırıcı radyasyon’ dur. İyonlaştırıcı radyasyon; çarptığı madde de iyonlar (yükü parçacıklar) oluşturabilen radyasyon demektir. Bu tanımdan yola çıkarak iyonlaştırıcı radyasyonlar gerekli önlem ve tedbirler alınmadığı durumda tüm canlılar için zararlı olabilecek radyasyon çeşididir. İyonlaştırıcı radyasyonun beş çeşidi vardır. Bunlar; Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları, X-ışınları, Gama ışınları ve nötronlardır (Göksel, 1973; Güngör, 1991).

#### **1.1.1.1. Alfa parçacıkları**

Alfa parçacığı pozitif yüklü iki proton ve iki nötrondan oluşan Helyum ( ${}^4_2\text{He}$ ) çekirdeğidir. Sembölü  $\alpha$ ’dır.

Alfa parçacıklarını durdurmak için çok büyük kalınlıkta maddelere gerek yoktur. Çok ince bir kâğıt bile durdurmak için yeterlidir. Bunun sebebi, öteki radyasyonlara göre nispeten daha büyük elektrik yüklerine sahip olmasıdır.

Alfa parçacıklarının elektrik yükleri herhangi bir maddeden geçerken madde de yoğun bir iyonlaşmaya sebep olur ve bu yüzden enerjisini hızlı bir şekilde kaybeder. Enerjisini hızlı bir şekilde kaybeden alfa parçacıklarının erişim uzaklıkları bu yüzden oldukça kısadır. Bu sebepten dolayı dış radyasyon tehlikesi yoktur. Ancak solunum veya açık yara ile vücuda alfa parçacıkları girdiği takdirde tehlikeli olabilirler (Oyar, 1998).

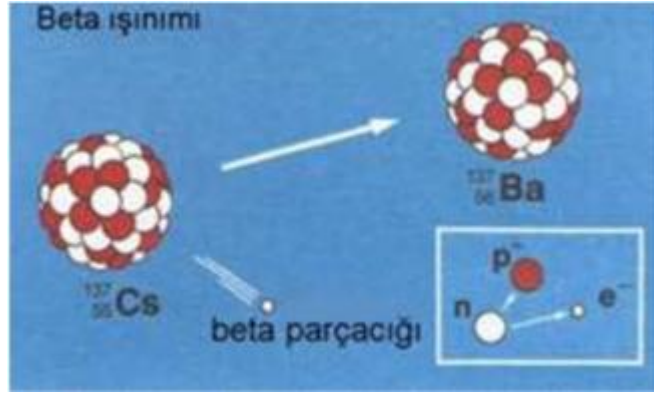


Şekil 1. 1. Alfa ışını görünümü.

### 1.1.1.2. Beta parçacıkları

Atom çekirdeği, etrafında  $E = mc^2$  formülü ile ifade edilen bir kütle oluşturmaktadırlar. Oluşan kütle çekirdekte bulunan fazla yükü dışarıya beta ışını şeklinde çıkarmaktadır. Bunlar negatif ya da pozitif yükteki iyonlardır. Negatif yüklü iyonlar  $\beta^-$  ile pozitif yüklü iyonlar  $\beta^+$  sembolleri ile ifade edilmektedir. Çekirdekte oluşan enerji fazlalığının sebebi nötron fazlalığı ise  $\beta^-$  proton fazlalığı ise  $\beta^+$  ile ifade edilir.

Beta parçacıkları tıpkı alfa parçacıklarında olduğu gibi belirli bir kütle ve yüke sahiptirler bu yüzden madde içerisinde geçtikleri yerlerde iyonlaşmaya neden olurlar. Fakat beta parçacıklarında olan iyonlaşma, alfa parçacıklarının sebep olduğu iyonlaşmadan daha azdır. Çünkü beta parçacıkları alfa parçacıklarından daha hafif ve yüz kat fazla giricidirler. Ama beta ışınlarının yaymış olduğu radyasyondan korunmak için ince bir alüminyum levha ile yapılan zırh malzemesi yeterli olacaktır (Oyar, 1998).

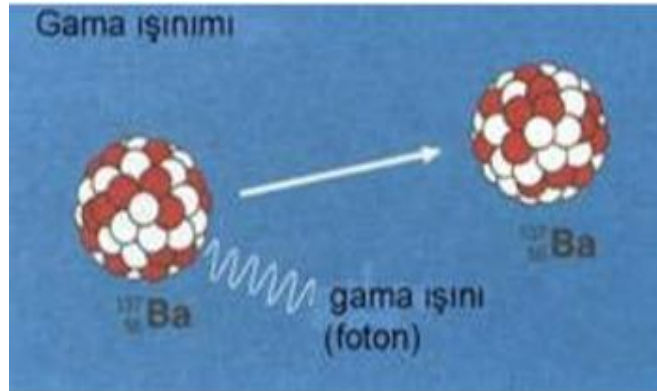


Şekil 1. 2. Beta ışını görünümü.

### 1.1.1.3. Gama ışınları

Dalga boyu en kısa ve enerjisi en yüksek olan elektromanyetik radyasyonlardır. Enerjileri daha yüksek olduğu için madde içine giricilikleri daha yüksektir. Maddeyi ve geçtikleri ortamları iyonize ederler,  $\gamma$  sembolü ile ifade edilirler.

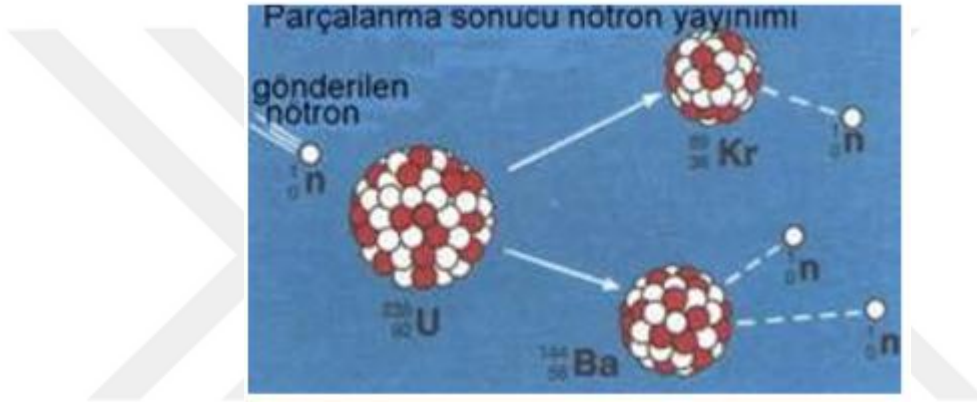
X ve gama ışınları, beta ve alfa parçacıklarına göre maddeye giriş kabiliyetleri daha fazla olmasına rağmen iyonlaştırma etkileri daha azdır. Birkaç santimetrelük kurşun plaklarla belirli bir miktarları durdurulabilmektedir. Yüksüzdürler ve bu sebeple manyetik ve elektrik alanlarında sapmaya uğramazlar (Mısır, 2001; Oyar, 1998).



Şekil 1. 3. Gama ışını görünümü.

#### 1.1.1.4. Nötronlar

Yüksüz olan nötron parçacıkları madde içine çok kolay bir şekilde nüfuz edebilirler. Direk iyonlaşmaya neden olmazlar. Fakat atomlarla etkileşmeleri iyonlaşmaya sebep olan alfa, gama, beta veya X-ışınlarını meydana getirirler. Nötronlar su parafin kütleleri veya kalın beton bloklarla durdurulabilirler (Oyar, 1998; Mısır, 2001).



Şekil 1. 4. Nötron yayını.

#### 1.1.1.5. X Işını

Bu başlık altında X-ışınının bulunuşu, X-ışınlarının özellikleri, X-ışınlarının oluşumu, X-ışını tüpü, X-ışınının tıp alanında kullanımı ve X-ışını kullanılarak elde edilen görüntüleme yöntemleri alt başlıklar altında incelenmiştir.

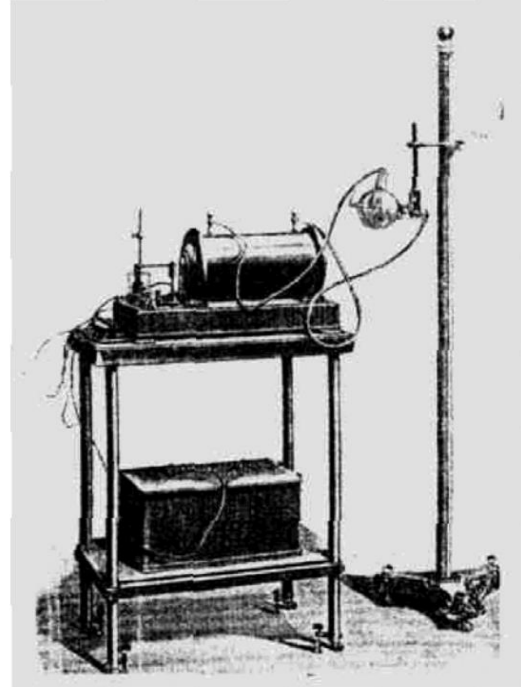
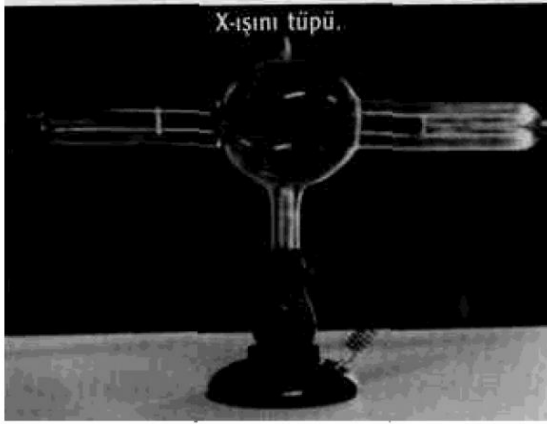
##### 1.1.1.5.1. X Işınının bulunuşu

Günümüzde görüntüleme tekniğinin yapı taşlarını oluşturan ve bilime çığır açan X-ışını 1895 yılında W. C. Röntgen tarafından bulunmuştur (Uyanık, 2011).

Röntgen, crooks tüpünü indüksiyon bobine bağlamış ve tüpten yüksek gerilimli elektrik akımı geçirmiştir. Geçirdiği akımı tüpün uzağında bulunan cam kavanoz içinde ki baryumlu platinsiyanür'e yollamış ve baryumlu platinsiyanür kristallerinde pırıltı

oluşturduğunu gözlemlemiştir. Bu gelişme üzerine ilk kez görülen bu ışınların adına ‘X-ışınları’ demiştir. Daha sonra bu ışınların değişik cisimlerde değişik derecelerde geçebildiği ve kurşun plaklar tarafından ise tutulduğunu keşfetmiştir. Bu keşiften sonra W. Röntgen kurşun levhaların ekranda ki gölgesini incelerken parmaklarının ve kemiklerinin de yansıdığını fark etmiştir. Bu olay üzerine fotoğraf plağı bulunan bir cisim üzerine karısının elini bırakıp X-ışını yollamış ve karısının parmağında ki yüzük ve el kemiklerinin görüntüsünü elde etmiştir (Uyanık, 2011).

Bunun üzerine röntgen 28 Aralık 1895 yılında Würzburg Fiziksel Tıp Derneğine başvurmuş, buluşunu sunmuştur. Bu gelişmelerden sonra aynı yıl içinde hemen ilk basit röntgen cihazı üretilmiştir (Uyanık, 2011).



Şekil 1. 5. (a)- 1896 Yılında Kullanılan İlk Röntgen Cihazlarından Biri (Sağ Üste).  
(b)- X- Işını Tüpü (Sol Üste). (c)- İlk Görüntüleme Örneği (Sol Alta).

#### 1.1.1.5.2. X Işınları ve özellikleri

Dalga şeklinde olan X-ışınlarının bir diğer adı da röntgen ışınlarıdır. Bir atoma dışarıdan gönderilen yüksek enerjili elektronlar ilk halkadan elektron kopartırlar. Kopan elektronun yerine bir üst halkadan daha yüksek seviyede elektron gelip yerini doldurmak ister. Bu sırada açığa çıkan enerji fazlalığı X- ışını olarak dışarı salınır.

Çekirdeğin içinde bulunan protonlardan bir tanesi hareket sırasında atomun birinci halkasında bulunan elektronu yakalar ve nötrleşir. Elektronun yakalanıp nötrleşmesinden sonra halkada bir boşluk meydana gelir ve bu boşluğu doldurmak için diğer bir halkadan yüksek enerjili bir elektron geçer geçiş sırasında X- ışını meydana gelebilir (Oyar, 1998).

Bunların haricinde röntgen ışınları yapay olarak röntgen tüplerinden de elde edilir. Tüp içinde ısıtılmış katottan açığa çıkan elektronlar çok yüksek voltluk gerilimle hızlandırılır ve karşı tarafında ki hedef anota çarptırılır. Çarpışma esnasında elektronlar durdurulurken elektronların kaybettiği enerji X- ışını olarak yayılır. Bu olaya frenleme olayı denir (Oyar, 1998).

#### 1.1.1.5.3. X Işınlınının oluşumu

Doğal X-ışını ve yapay X- ışını olmak üzere iki şekilde meydana gelir.

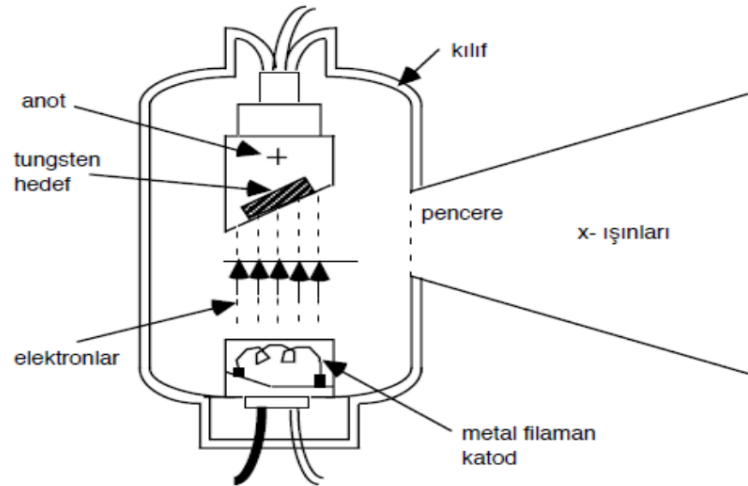
*1.1.1.5.3.1. Doğal X ışınları.* Dışarıdan gönderilen yüksek enerjili elektronlar atomun ilk yörüngesinden elektron koparırlar. Atomun ilk halkasından koparılan elektronun yerine üst halkadan elektronlar atlarlar ve kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu olay sırasında açığa çıkan enerji fazlalığı X- ışını olarak dışarı salınır. Diğer bir deyişle protonlardan bir tanesi hareketi sırasında ilk halkada bulunan elektron ile nötrleşir. Bu nötrleşme sırasında yakalanan elektronun boşalan yerine üst halkadan elektron atlar ve bu atlama sonucunda X- ışını oluşabilir (Uyanık, 2011).

1.1.1.5.3.2. *Yapay X ışınları.* İnsan uğraşları sonucu çevreye dahil olan radyoaktif maddeler sebebi ile oluşur. X- ışınları, X- ışını tüpünden veya uygun radyoaktif kaynaktan çıkan fotonların etkilenmesi sonucu oluşabilir (Uyanık, 2011).

#### 1.1.1.5.4. *X Işını tüpü*

X- ışını içinde katot ışını bulunduran yüksek voltajlı bir katot ışını tüpüdür. Cam kaplamadan oluşan tüp yüksek vakum da havası alınmış, anot (pozitif) ve katot (negatif) olmak üzere iki ucu bulunmaktadır. Bu uçlar içerisi hava almayacak şekilde mühürlenmiştir. Tungstan materyalinden yapılmış bir Flaman olan katot ısıtıldığında elektron salar. Anot, kalın bir çubuk ve bu çubuğun ucunda ki metal hedeften oluşur (Uyanık, 2011).

Katot flamanın elektron yayılması için yüksek voltajın anot ve katot arasına uygulanması gerekir. Yüksek hıza ulaştırılan elektronlar yüksek gerilim altında anota doğru hızla hareket eder. Bu yüksek hıza ulaşan elektronlar metal levhaya çarptıkları an foton yayımlayarak enerjilerini iletir. Bu olaydan sonra ortaya çıkan X- ışını demeti cam zarfın içinde ki ince cam pencereden geçer. Filtre kullanılan tüplerde ki amaç tek dalga boylu X- ışını elde etmektir (Uyanık, 2011).



Şekil 1. 6. X ışını tüpü.

Elektronun hareketli olması kinetik enerjinin olduğunun bir göstergesidir. Hızı aşırı yüksek olan bir elektron tungsten de bulunan bir tungsten atomu ile çarpışır. Birçok atomla çarpışan elektron durdurulana kadar kinetik enerji kaybı meydana gelir. Kayıba uğrayan kinetik enerjinin yüzde biri veya daha az kısmı X- ışınına dönüşür yüzde doksan dokuz veya daha fazlası ise ısı enerjisine dönüşür (Uyanık, 2011).

#### *1.1.1.5.5. X Işınının tıp alanında kullanımı*

W. Röntgen tarafından keşfedilmiş olan X- ışınları yüksek enerji ve kısa dalga boyları ile yaşamamız içinde önemli ve geniş alanlarda kullanılmıştır. Bu kullanım alanlarından biri tıp alanıdır. X- ışınları tıp alanında teşhis ve tedavi amacı ile kullanılmaktadır. Radyografi ve radyoskopi alanlarında kullanılan X- ışınları 500- 200 KV'luk gerilim ile yürütülen tüpten çıkan kısa dalga boylu ve yüksek enerjili güçlü ışıklardan faydalanılır. Bu X- ışınları tıpta bazı kanser tedavileri, görüntüleme ve cerrahi operasyonlarda kullanılır (Uyanık, 2011).

#### *1.1.1.5.6. X Işını kullanılarak elde edilen görüntüleme yöntemleri*

Radyografi incelemelerinde yani röntgen filmleri çekimlerinde, bilgisayarlı tomografi çekimlerinde, anjiyografi ve mamografi görüntülemelerinde X- ışınından faydalanılır (Anonim, 2019).

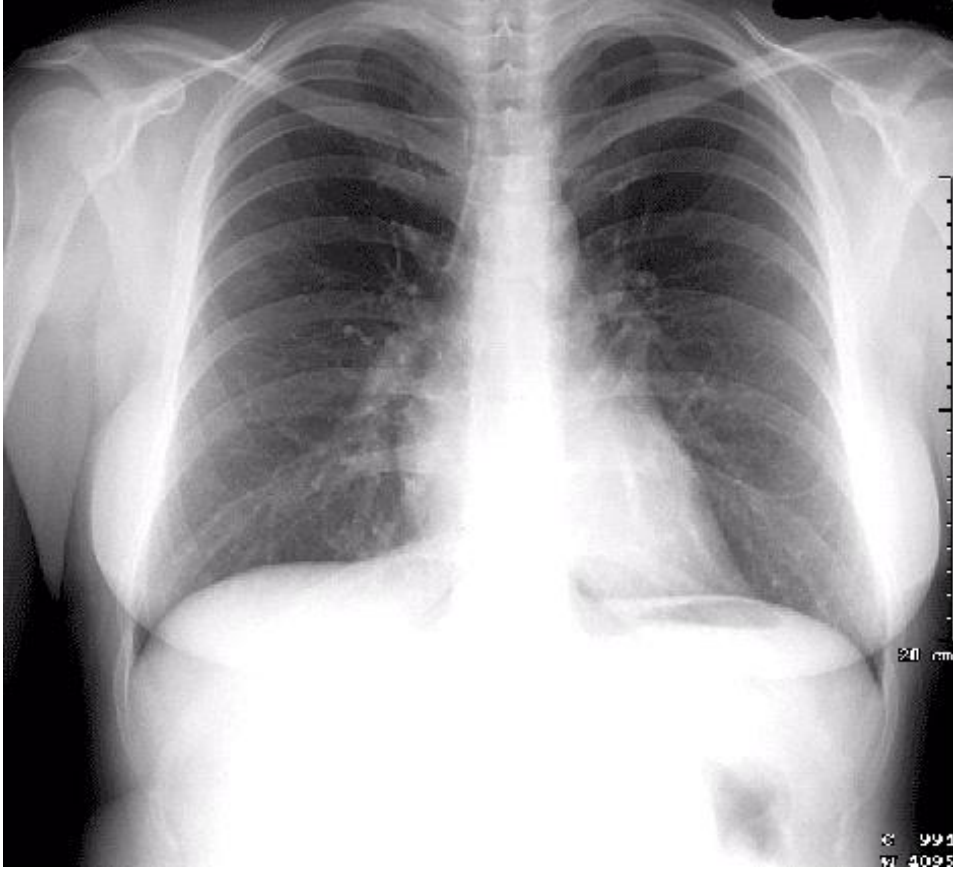
*1.1.1.5.6.1. Radyografi.* Bu yöntem en eski görüntüleme yöntemlerindedir. X- ışınının radyolojide kullanılmasının sebebi dokuları geçebilmesidir. X- ışınının insan vücudunda ki absorpsiyonu, bölgelere göre farklılık gösterebilir. Bunun sebebi vücudun farklı bölgelerinde ki kalınlık ve dokularda ki yoğunluğudur.

Bu görüntüleme yöntemi, X- ışınlarının hastayı geçmesinden sonra bir röntgen filmi üzerine görüntü düşmesi yöntemidir. Bu sebeple röntgen filmi üzerine düşen ışınlar değişik



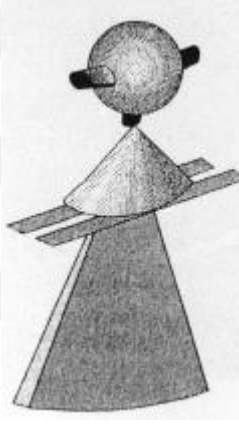
oranlarda olduğundan dolayı vücudun ışın alan kısmının görüntülerini siyahtan beyaza doğru değişen gri tonlarında gösterir.

Röntgen filmi üzerinde görüntü oluşumu; X- ışınları, vücudu geçtikten sonra üzerine AgBr (gümüş bromür) emülsiyonu sürülmüş yaprak gibi ince ve plastik olan röntgen filmi üzerine doğrudan gönderilir. X- ışınına maruz kalan AgBr molekülleri bağlarını gevşetir. Gevşeyen bağlar kimyasal bir solüsyon ile karşılaştırılırsa gümüş ve brom kolay bir şekilde birbirinden ayrılır. Yalnız kalan Ag oksitlenerek röntgen filminin siyah kısmını oluşturur. X- ışını almamış AgBr' lü kısımlar ise film üzerinden alınır. Bu işleme film banyosu adı verilir. Kısaca okside olmuş Ag görüntüyü oluşturmaktadır (MEB, 2011; Uyanık, 2011).



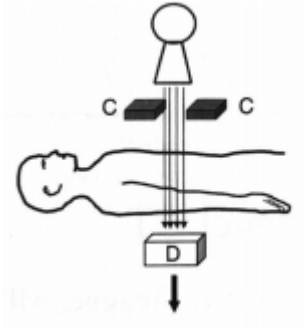
Şekil 1. 7. Akciğer Röntgen Görüntüsü.

1.1.1.5.6.2. *Bilgisayarlı tomografi.* Bilgisayarlı tomografi cihazı bilgisayar, gantri ve hasta masası olmak üzere üç bölümden oluşur. Tüp ve dedektör gantri içinde bulunur. Hasta masası hareketlidir ve gantri boşluğuna girip çıkabilir. Kesit alma işlemlerinde her kesitten sonra masa az miktarda hareket ettirilir. Bu şekilde incelenen alan üzerinde ard arda kesitler alınır. Kesit alma prensibine dayanan görüntüleme yöntemi olan tomografi istenilen kesit alanına eşit miktarda yeteri kadar bir X- ışın demeti gönderir. Bu sebeple X- ışınları tüpten çıktıktan sonra kolime edilerek istenilen alana yelpaze şeklinde gönderilir. Yelpaze şeklinde gönderilen ışının kalınlığını teknisyen belirler.



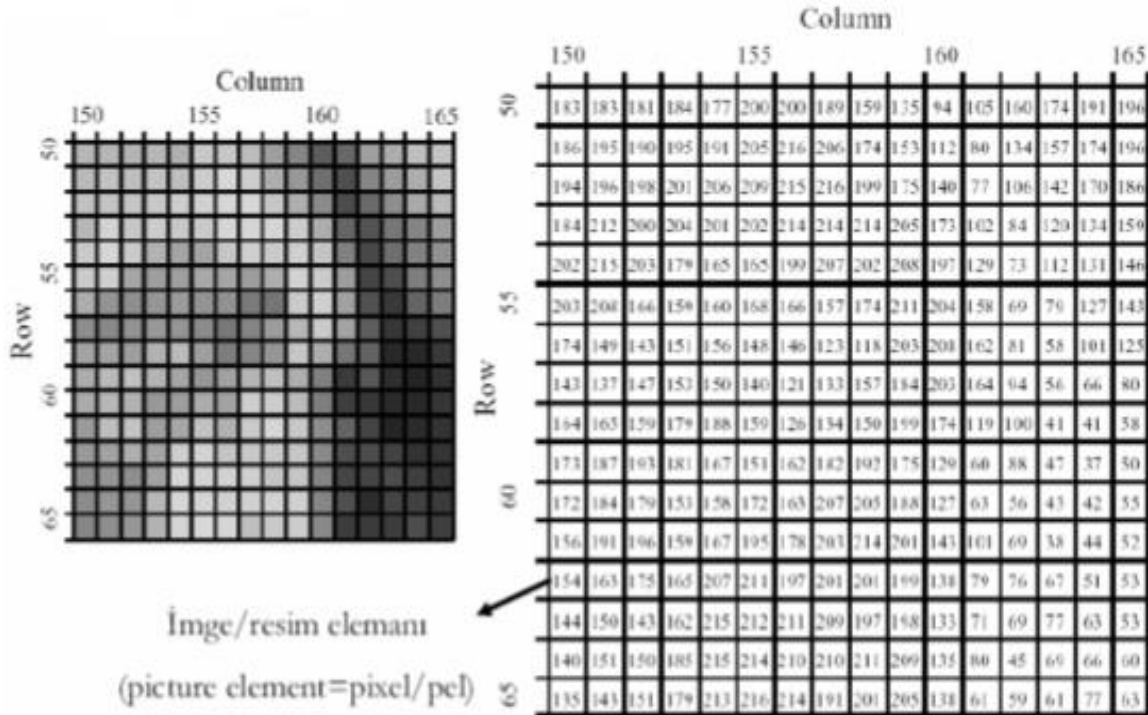
Şekil 1. 8. X ışınının tüpten çıktıktan sonra yelpaze şeklinde gönderilmesi.

Vücuttan geçen X- ışın demeti diğer uçta bulunan X- ışınlarına karşı hassas olan detektör zincirine iletilir.



Şekil 1. 9. X ışınının vücuttan geçerek dedektöre iletilmesi.

X- ışını vücudun farklı dokularından geçerken vücut kalınlığına göre zayıflamaya uğrar ve sonrasında detektöre ulaşır. Dedektörde incelenen zayıflama miktarı bilgisayarlarla değerlendirilir. X- ışınının taradığı alan dedektöre aktarılır gerekli hesaplamalar yapılır. Bu hesaplamalardan sonra görüntü bilgisayara düşer. Rekonstrüksiyon adı verilen işlem ile detektöre iletilen ışınlar üzerinde farklı algoritmalar kullanılarak taranılan alan sayılardan oluşan bir grafiğe dönüştürülür. Belirlenen grafikler cihaz ayarlarına göre ölçeklenir. Örneğin; 520x520 piksel değerini ifade eder. Piksel içlerinde 0 ve 255 değerleri arasında beyazdan siyaha geçişi gösteren gri tonlamalı görüntü değerleri bulunur. Gri tonlama renk tonlarını ifade eden sayısal değerlerden 0 siyah rengi 255 ise beyaz rengi temsil etmektedir. Elde edilen haritadaki sayısal değerler 0-255 gri tonlama arasındaki değer ile karşılaştırılarak sayısal veriler yerine beyaz-siyah arasındaki gri tonları bırakılarak görüntü elde edilir (Gonzalez ve Woods 2002).



Şekil 1. 10. Sayısal değerlerin görüntüye çevrilmesi.

#### *1.1.1.5.7. Radyasyonun biyolojik etkileri*

Radyasyon hücreler, canlı organizmalar ve dokular üzerinde çok büyük olumsuz biyolojik etkenlere neden olur. Bu sebep olunan etkiler maruz kalınan radyasyon miktarına, radyasyona maruz kalınan süreye ve kaynak ile arasında bulunan mesafeye göre değişir. Ancak doz miktarı ve bu dozun absorblanma süresi de biyolojik hasara sebep olur (Arslan, 1992; Tuncel, 1994).

Radyasyon, madde içine nüfuz edip cismi oluşturan atom ya da moleküllerden elektron koparabilme özelliklerine göre iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ve iyonlaştırıcı radyasyon şeklinde sınıflanabilir (Şeker ve Çerezci, 2000).

İyonizan karakter taşıyan radyasyonlar organizmada biyolojik hasara neden olabilirler. İyonizan radyasyonun hücre tarafından soğurulması sonucu, canlı üzerinde biyolojik hasara sebep olur. Hücrelerde ki bu soğurulma sonucu uyarılmalar ve iyonlaşmalar meydana gelir. İyonlaşmalar sonucu DNA zincirinde kırılmalar oluşur. Kırılmaların sonucunda DNA da onarım çalışmaları başlar. Hasar onarılabilir düzeyde ise DNA zincirinde oluşan zararların onarılması sağlanır. Hasarın yanlış onarılması neticesinde, gen mutasyonları ve kromozomal bozukluklar oluşabilir. Hasarın tamir edilemeyecek kadar büyük olması durumunda hücre ölümü gerçekleşir (Öksüz, 2012).

Radyasyonun biyolojik etkileri ikiye ayrılır. Somatik etki (kısırlık, katarakt, ölüm, cilt yanıkları) ve genetik etkilerdir (kanser). İnsan vücudundaki molekül ve atomların radyasyonla etkileşmesi esnasında, organizma tarafından soğrulan enerji miktarında, ışınlanan kişide biyolojik etkileri meydana gelir. Bu etkilere somatik etkiler denir.

Somatik etkiler, ışına maruz kalan kişilerin vücudunda radyasyon miktarının absorpsiyonu ile ortaya çıkar. Somatik etkilere ek olarak vücuda verilen radyasyon dozu, üreme hücrelerinin de etkileyebilir. Dolayısıyla radyasyonla etkileşen kişilerin, nesillerinde de genetik bozulma görülebilir. Buna da genetik etkiler denir (Tubiana ve Dutreix, 1990; Özalpan, 2001; Kekilli, 2001).

## 1.2. İz Elementler ve Ağır Metaller

Vücut için büyük öneme sahip olan iz element ve ağır metal maddelerin en ufak miktarları bile vücuttaki organizmaların ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidirler. Bu elementler bütün canlılar için çok önemlidir. Ağır metal grubunda bulunan metalik özellikteki elementlerden oluşan grup için bilinen net bir tanımlama yapılamamıştır (John, 2002). Biyolojik olarak canlılar için önemli olan bu elementler makro iz elementleri ve ultra iz elementleri olarak ikiye ayrılır.

Makro iz elementler; kalsiyum (Ca), fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), magnezyum (Mg) ve klor (Cl)'dan oluşur. Yetişkin bir insan günlük 100 mg'dan daha fazla miktara ihtiyaç duyar. İz elementleri Demir (Fe), Bakır (Cu) ve Çinko (Zn)' dan oluşmaktadır.

Ultra iz elementler; iyot (I), selenyum (Se), manganez (Mn), kobalt (Co), krom (Cr), alüminyum (Al), vanadyum (V), molibden (Mo), arsenik (As), flor (F), silikon (Si), bor (B), nikel (Ni), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve lityum (Li)'dan oluşur. Yetişkin bir birey için günlük miktarı 1mg'dan daha azdır. Aslında buldukları dokularda her biri çok az yer tutsa bile vücut için gerekli olan elementler olarak tanımlanır (Dutta ve Mukta, 2012).

### 1.2.1. İz elementler

İz element vücuda çok az miktarda gereken elementler olmasına rağmen kimyada çok büyük öneme sahiptirler. Toplam vücut ağırlığının %0.02' sinden ve organizmanın %0,01' inden daha az yer kaplamaktadırlar (Kathariya ve ark., 2014). Vücut ağırlığının ve organizmanın küçük bir kısmını kaplamasına rağmen biyolojik açıdan çok önemli rol oynamaktadırlar. WHO tarafından kabul gören ve insan vücudu için büyük öneme sahip olan 19 tane iz element vardır. Bunlardan en önemlileri; bakır (Cu), selenyum (Se) ve çinko (Zn)' dir (Mehri ve Marjan, 2013).

İz elementleri enzimatik fonksiyonlar ve biyolojik yapılarda gerekli olmasına rağmen vücutta fazla miktarda bulunmaları biyolojik fonksiyonlara zarar vererek zehirli olabilmektedirler. Proteinlerin, hormonların ve enzimlerin bileşeni olan bakır, çinko, selenyum birçok süreci yönetir. Bu besinsel elementler bağışıklık tepkisini, redoks reaksiyonlarını ve kişinin gelişimi boyunca bağlayıcı dokuların yapımını dengelemektedir (Fraga, 2005).

İz elementlerin vücutta fazla veya eksik bulunması enfeksiyona, kansere, nörolojik hastalıklara ve kemik hastalıklarına sebep olabilirler. Bazı iz elementlerin insan vücudunda ve deney hayvanlarında takibi sonucu kanserojen etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu elementlerden bazıları kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Co)' tır (Boffetta, 1993; Morais ve Garcia, 2010; Koedrith ve Seo, 2011).

İnsan vücuduna gerekli olan elementlerin negatif yetersizliğinin olmaması gerektiğine inanılmaktadır. İz elementinin günlük 15 mg ile 80 mg arası alınması yeterlidir. Günlük dozun altında iz elementi alınması zehirlenme gibi olumsuz etkilere sebep olur.

İz elementlerinin bir başka görevi ise vücudumuzdaki küçük elektriksel dürtülerin gün içinde üretimine ve bazı dokuların birbiri ile etkileşiminde büyük rol oynamasıdır. Örneğin bu küçük elektriksel dürtüler olmadan kalp kası hareket etmemekte, beyin sinir hücreleri fonksiyonlarını yerine getirmemekte, hücre zarında meydana gelen besin ve su geçişlerinde basıncı dengelemekte zorlanarak vücudun temel fonksiyonlarına zarar vermektedir.

Yapılan araştırmalar sonucu iz elementlerin, karaciğer kanseri ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu araştırmalardan yola çıkarak karaciğer kanseri olan hastalarda çinko (Zn), bakır (Cu) ve demir (Fe) seviyelerinin düşük olduğu görülmektedir. Bazı hastalıklarda çinko ve bakır seviyelerine bakılarak hastalığın gelişimi izlenmekte ve bu elementlerin hastalığın gelişiminde büyük rol oynadığı görülmektedir. Hastalarda enzim aktivite düşüklüğü çinko ve bakır seviyelerinin düşük olmasıyla bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir (Sadat ve ark., 2008; Emre ve ark., 2013).

Rahim kanseri olup kemoterapi alan hastalarda E vitamini ve selenyum eksikliği görülmektedir. Selenyum ve E-vitamini takviyesi yapıldıktan sonra hastalığın iyiye gittiği

görülmüştür. Kanama kaynaklı olan felç durumlarında kalsiyum, kurşun ve demir seviyelerinde artış gözlemlenmiştir (Karadas ve ark., 2014; Bilici ve ark., 2015).

### 1.2.1.1. Çinko

Bağışıklık fonksiyonu, DNA sentezi ve protein üretimi, enzim reaksiyonları, hücre bölünmesi ve hücre büyümesi için hayati öneme sahip bir mineraldir ve her hücrede bulunur. Çinko, bağışıklık hücrelerinin gelişimi ve işlevi için de kritik bir rol üstlenmektedir. Ayrıca, sinir fonksiyonuna, sindirime, metabolizma faaliyetlerine ve diğer birçok işleme yardımcı olan 300'den fazla enzimin aktif hale gelmesi için gereklidir.

Vücudumuzda yaklaşık olarak 2–3 gr kadar bulunmaktadır. Çinko kanda (0,7 mg/L ile 1,3 mg/L), deride ve akciğerlerde (%11), pankreasta, alyuvarlarda, karaciğerde, prostatta (diğer organlarda toplam %4), bazı kaslarda ve kemiklerde (%90) bulunur. Ağır metallerin zararsız hale getirilmesinde çinkoya ihtiyaç vardır. Çinko protein, lipit, karbonhidrat, nükleik asit sentezi, gen ekspresyonunda, embriyogenezde ve üremede rol almaktadır (Rostan ve ark., 2002; Adilay, 2006).

Çinko enflamasyonu etkili bir şekilde azaltabilir, bağışıklık sağlığını artırabilir, yaşa bağlı hastalıklara yakalanma riskinizi azaltabilir. Ayrıca yaralarınızın iyileşmesini hızlandırabilir ve akne semptomlarını iyileştirebilir. Buna ek olarak vücudunuz büyüme ve gelişme, hücre büyümesi ve bölünmesindeki rolü nedeniyle çinkoya her zaman ihtiyaç duyar. Zevk ve koku alma duyularınızın işlevlerini kaybetmemesi için de çinko gereklidir. Uygun tat ve kokuyu seçmek için çok önemli olan enzimlerden birisi çinko mineraline bağlı olduğu için çinko eksikliği tat alma veya koku alma kabiliyetinizi azaltabilir. İnsan vücudunda demirden sonra en çok bulunan geçişken ikinci metal iyonudur ancak hemoglobine bağlı demir sayılmazsa, çinko en çok bulunan geçişken metal sayılır (Vallee ve Falchuk, 1993; King ve ark., 2000; Villagomez ve Ramtekkar, 2014).

Beslenme uzmanlarına göre, çinko seviyesi yetişkinler için günlük 6 ile 15 mg arasında olması gerektiği kabul edilmektedir. Besinler yoluyla alınan çinkonun büyük bir

kısmı (%70) dışkı yoluyla, bir kısmı ise ter ve idrar yoluyla atılmaktadır. Çinko ayrıca karaciğer metabolizmasında rol almaktadır (Saner, 2002; Adilay, 2006).

### **1.2.1.2. Bakır**

İnsan vücudu için en önemli iz elementlerdendir. Sağlıklı bir insan vücudunda ~80 mg bakır bulunmaktadır. Bakırın 8 mg'ı karaciğerde bulunur. Bakır içeren diğer organlar sırasıyla; beyin, böbrekler ve kalptir. Kemik ve adaleler kitle olarak büyük olduklarından bakır seviyeleri düşük olsa bile vücudumuzdaki bakırın %50'sini ihtiva ederler (Jhon, 1975).

Bakır kalp ritmini düzenler. Ayrıca diğer birçok enzimin fonksiyonlarını yerini getirmede yardımcı olur. Bakır, kanda plazma ve alyuvarlara dağılmıştır. Kandaki işlevi demir ile birlikte hemoglobinleri oluşturmaktır (Emre, 2011; Seven, 2010). Erişkin bir insan vücuduna günde 2-5 mg bakır aldığı tahmin edilmektedir. Bunun 0,6- 1,6 mg emilir, 0,1- 0,3 mg direkt olarak bağırsaklara geçer, 0,5- 1,3 mg safra ile atılır ve 0,01- 0,1 mg da idrarla atılır (Jhon, 1975). Bakır eksikliği kemik yapısındaki bozukluklara ve anemiye sebep olabilir.

### **1.2.1.3. Demir**

İnsan yaşamı için hayati önemi olan demirin, DNA sentezi, elektron transferi, oksijen taşınması, immün sistem gibi birçok fonksiyonda görevi vardır. Vücudumuzda en çok bulunan elementtir. Daha çok hayvansal gıdalarda bulunur. Örneğin yumurta, tavuk, kırmızı et, kabuklu deniz mahsulleri ve balık gibi hayvansal gıdalarda bolca bulunur. Bitkilerden ise taneli yulaf, buğday, mısır demir yönünden zengindir (Puntarulo, 2005; Bülbül, 2004; Uysal, 1999). Erişkin bir insanın vücudunda yaklaşık 4 gr demir bulunur, bunun ~ %65'i alyuvarlardaki hemoglobinde mevcuttur. Bunun dışında demir, iskelet kasları ve kalp kasında bulunan miyoglobinde de bulunmaktadır (Uysal, 1999; Bülbül, 2004; Puntarulo, 2005).



Demir eksikliğinin en önemli sebebi, diyetle alınan demir ile metabolik fonksiyonlar ve büyüme için gerekli demir ihtiyacı arasındaki dengesizliktir. Çocukluk döneminde hızlı büyüme sebebiyle yıkılan eritrositlerden sağlanan demir miktarı %70'dir. Yetişkinlerde ise eritrosit yapımı için lazım olan demirin %95'i yaşlı eritrositlerin yıkımından sağlanır. Yaşamsal fonksiyonlar için lazım olan demirin %30'u diyetle alınmalıdır. Bu sebeple diyet eksiklikleri demir eksikliğine de sebep olabilmektedir (Andrevvs NC, BridgensKR, 1998). Soya bazlı yiyecekler, çay, kahve, gibi bazı yiyecek ve içeceklerin demir emilimini engellediği belirtilmektedir. Demirin fazla miktarda alınması ise bağışıklık sistemini bozması ve fosfor emiliminin engellemesi nedeniyle kalp krizi, siroz ve kanser gibi riskli hastalıkların oluşumunu arttırmaktadır (Onat ve Emre, 1995).

#### **1.2.1.4. Mangan**

İnsan vücudunda mangan, ultra iz elementi olarak tanımlanmaktadır. İnsan vücudu 10–40 mg arasında mangan içermektedir. Antioksidandır. Birçok enzimatik sebepten dolayı, protein, karbonhidrat, lipit, kemik gelişimi ve aminoasit sentezi için gereklidir.

Vücudumuzdaki organların birçoğunun çalışma sisteminde birlikte görev alır. Hücresel enerjide, sindirim, kemik gelişiminde, bağışıklık fonksiyonunda, kan şekerini düzenlemede, serbest radikallerle savunma mekanizmasında ve üretimde görev alır. Mangan, K vitaminiyle birlikte dengeyi sağlayıp, gerekli düzeydeki kan pıhtılaşmasını sağlar. Temel mangan kaynağı beslenme ile sağlanır (Aschner ve Aschner, 2005; Mehri ve Marjan, 2013).

Mangan hücreler içinde mitokondride bulunduğundan, mitokondrice zengin olan karaciğer, böbrek gibi organların mangan konsantrasyonu yüksektir. İnce bağırsaklarda emilir ve pankreasta, böbreklerde, hipofiz bezinde, karaciğerde ve kemiklerde depolanır.

Yetişkin bir kadın için günlük alınması gereken mangan miktarı 1,8 mg ve erkekler içinse 2,3 mg'dır. Bu durum kadınlar için gebelik ve emzirme boyunca artar. Bu miktardan daha fazlası zehirlenmeye sebep olur. Ayrıca manganez yetersizliği sağlık açısından sorun yaratmaktadır. Bunlardan bazıları; iskelet bozukluğu, zayıf kemik oluşumu ve bozulmuş büyüme yaratabilir (Agostoni ve ark., 2013).

Glikoz metabolizmasının anahtar enziminde mangan önemli bir yardımcıdır. Mangan eksikliği şeker hastalığına (diyabete) ve erken doğumlara sebep olabilmektedir. Şeker hastaları, sağlıklı insanların sahip olduğu manganezin yaklaşık olarak yarısı kadar manganeze sahiptirler. Vücudumuzdaki mangan eksikliği eklem ağrılarına, hafıza zayıflamasına, kemik problemlerine ve kanda şekerin artmasına sebep olmaktadır. Mangan yönünden zengin besinlerin bazıları şöyledir; yeşil yapraklı sebzeler, avakado, çay, maden suları, fındık, ananas, tahıl taneleri, yumurta ve kuru bezelyedir (Onat ve Emre, 1995; Emre, 2011).

#### **1.2.1.5. Magnezyum**

Magnezyum toprakta ve deniz suyunda bulunur. Vücudumuz kendi başına magnezyum mineralini üretmediğinden, besinler yoluyla alınmalıdır. Yani insan vücudunun magnezyum rezervinin sürekli doldurulması gerekir. Magnezyumun, toprakta giderek azalması ve yanlış beslenme vücudumuza yeterli miktarda alınamamasına sebep olur. Emzirme, gebelik ve stres gibi durumlar vücudun magnezyuma ihtiyacını artırır. Müshil ilacı, ödem giderici ilaç kullanan kişiler ve fazla terleyen kişilerde vücuttan atılan magnezyum miktarı artar.

Vücudumuz yeteri kadar dışarıdan magnezyum alamadığı durumlarda kemiklerimizde bulunan depo edilmiş magnezyumu tüketmeye başlar. İnsan vücudunda ~20-28 g magnezyum vardır. Erişkin bir insan vücudundaki magnezyumun %60'ı dişler ve kemiklerdedir. Geri kalan %40'ı da vücut sıvıları dokular ve kanda yer alır. Kalpte ve beyinde diğer organlardan daha yoğun bulunur (White ve Hartzell, 1989).

Sağlıklı bir bireyin günlük diyetinde ortalama 280-350 mg magnezyuma ihtiyacı vardır. Magnezyumun bol bulunduğu besinlere örnek olarak; gravyer peyniri, dil balığı, kakao, muz, koyu yeşil sebzeler, soya fasulyesi, tahıl ürünleri, fındık, badem, ceviz, fıstık, domates, havuç, soğan, pırasa, hurma, kereviz, kara turp, ayçiçeği ve sert sular verilebilir (McLean,1994).

## **1.2.2. Toksik iz elementler veya ağır metaller**

Kobalt, kurşun ve kadmiyum doğada bulunan insanların maruz kaldığı toksik (zehirli) elementlerdir. Bu elementlerin miktarları az olmasına rağmen yoğunlukları yüksektir (Durube ve ark., 2007). İnsan vücuduna faydaları bulunmayan bu elementlerin denge mekanizmaları tanımlanmamıştır. Canlılar için tehlike arz edip toksik etkisi yaratmaktadır (Morais ve ark., 2010).

### **1.2.2.1. Kadmiyum**

Kadmiyumun %5' lik kısmı vücuda beslenme ile geçmektedir. Karaciğer yoluyla emilimi sindirim sistemindeki emiliminden daha çoktur. Solunan havanın %50' sinin üstünde kadmiyum varsa emilir ve bu şekilde vücuda alınır (Crl, 2003).

Kadmiyum temas eden toprakta yetiştirilen patates, kereviz, havuç gibi köklü sebzelerde, lifli yeşilliklerde, yağlı tohumlarda, buğday, pirinç gibi tahıllarda yüksek seviyede bulunur. Hayvansal ürün olarak hayvan sakatlarında (özellikle yaşı ileri olan hayvanların böbrek ve karaciğerlerinde), kabuklu deniz ürünlerinde (istridye, yengeç), yumuşakçalarda, yabani mantarlarda kadmiyum miktarı oldukça yüksektir. Bununla beraber sigara dumanında kadmiyum bulunur. Sigara içen kişilerin vücutlarına 1-2 µg kadmiyum girmektedir. İnsan vücuduna alınan demir, kalsiyum, çinko, protein ve bakırın az olması kadmiyum emilimini bağırsaktan arttırmaktadır (Patrick, 2003). Demir, çinko ve bakırın metabolizmasını bozar.

### **1.2.2.2. Kobalt**

Sağlıklı bir insan vücudunda ~1,1 mg kobalt bulunur. İnsan vücudundaki kobaltın %13'ü kemiklerde, %43'ü kaslarda ve geri kalan %44'ü ise diğer dokulardadır. Kobalt B12 vitamininin %4'ünü oluşturur. Hipertansiyonda, kükürtlü aminoasitlerin metabolizmasında, demirin kullanılmasında ve tiroid hormonunun sentezinde kobaltın

oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Diyetle yeterli miktarda B12 vitamini alımında kobalt eksikliğinin görülmediği araştırmalar sonucu bildirilmiştir. (Davies ve Stewart ,1995; Baysal, 1996; Özata, 2008).

Kobalt eksikliğinde anemi riski artar. Kobaltın bolca bulunduğu besinlere örnek olarak; kırmızı et, sakatatlar ve karaciğer, balık ve istiridye verilebilir. Yani kobalt hayvansal ürünlerin tüketilmesiyle alınabilir (Doğan, 2002). Yüksek dozda kobalt toksik etki yaratır. Bu etkilerden biride kalp kası hastalığıdır.

### **1.2.2.3. Kurşun**

Doğada yaygın olarak bulunan bir ağır metaldir. Bununla beraber insan hayatına olumlu bir katkısı yoktur hatta insan sağlığı için oldukça tehlikelidir (Wiechula ve ark., 2013). Kurşun insan vücudundaki organların bazılarında birikme özelliği vardır. Bu organlar; böbrek, dalak, kemik iliği, kas, karaciğerdir. Ayrıca insan derisinde birikme özelliği oldukça fazladır. Yumuşak dokudan uzaklaştırılması 700 günü bulur (Emre, 2011).

İnsan vücudundaki kurşun kan seviyesi konsantrasyonu 40'dan 60 µg/dL'ye yükselmesi durumunda kronik zehirlenme meydana gelir. Bu durumda bireye periyot zamanına kadar gerekli tedavi sağlanmazsa; ensefalopati (beyin hasarı), kasılma, sayıklama, sürekli kusma, uyuşukluk ve koma gibi şikayetler görülebilir (Flora ve ark., 2012).

İnsan vücudundaki kurşun, merkezi sinir sistemine ve bazı vücut fonksiyonlarına girerek, renal sistemlerde, kan yenilemede, hepatik ve kardiyovasküler sistemlerde çok ciddi rahatsızlıklara sebebiyet verebilir. Bununla beraber çok fazla seviyelerde kurşun ölümle sonuçlanır (Tong ve ark., 2000). Vücudumuzda kurşunun depolandığı yer kemiklerdir. Yetişkin bir bireyin kurşun deposunun %90' ı kemiklerde bulunmaktadır. Bu durum çocuklarda ise %73' tür. Çocuklarda çok az bir miktarı ise yumuşak dokularda bulunmaktadır (Fu ve Boffetta, 1995).

### 1.3. İş Sağlığı ve Güvenliği

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların sağlık kapasitesini maksimum seviyeye çıkarma, çalışma koşullarının iyileşmesi ve sağlığı tehdit etmemesi, çalışan kişilerin fiziksel ve ruhsal yetenekleri doğrultusunda uygun işlerde çalışmalarını sağlamak (Niu, 2010) şeklinde tanımlanmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliğinde, çalışma ortamında çalışan personellerin güvensiz davranışları ve iş kazalarının önlenmesi, çalışanların yaptıkları iş sebebiyle sağlıklarına zarar gelmemesi ve güvenli çalışma ortamı oluşturması amaçlanmaktadır (Özyiğit ve Kaya, 2016).

İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili uygulamalar Hipokrat'a kadar uzanmaktadır. Hipokrat kurşun madenlerindeki işçilerde kolik şeklinde ağrılar, diş etlerinde morluklar ve kansızlık belirtileri fark etmiş ve bunun sebebinin maden ocaklarındaki zararlı maddelerin sebep olabileceğini belirtmiştir. Daha sonra 1556'da G. Agricola, tozlu çalışma ortamının sağlık üzerine olumsuz etkilerinin olabileceğini çalışanların maske takmalarının uygun olacağını belirtmiştir. Paracelsus da maden ocaklarının çalışan sağlığı üzerine olumsuz etkilerine değinmiştir. 1600'lü yıllarda Bernardino Ramazzini çalışmasında, hastalardan hastalık öyküsü istenirken mesleğin önemli olabileceğine vurgu yapmıştır. 1700'lü yıllarda buhar makinelerinin gelişmesi, makineleşme ve teknolojinin etkisiyle, çalışma ortamlarında daha fazla iş kazaları görülmüş; iş kazalarına yönelik veriler arttıkça, konuya yönelik ilgi de artmıştır (Özyiğit ve ark., 2016)

Ülkemizde 2012 yılına kadar iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal bir düzenleme mevcut değilken 30.06.2012 tarihinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası yürürlüğe girmiştir. Bu kanunda, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlenmesi amaçlanmıştır. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 2012 yılında yayınlanan "Çalışan Güvenliği Genelgesi" de iş ve çalışan güvenliğine ilişkin atılan önemli bir adımdır. Genelgede hastane ile ağız ve diş sağlığı merkezlerinde "Çalışan Hakları ve Güvenliği Birimleri" kurulması da yer

almaktadır. Genelgeyle riskin yüksek olduğu bölümlerdeki hizmet süreçlerinin yeniden gözden geçirilmesi planlanmaktadır. Genelgede ayrıca 112 ve acil çalışanları olmak üzere çalışanlara iletişim becerileri, öfke kontrolü ve özellikle öfkeli hasta ve hasta yakınıyla iletişim konularında eğitim verilmesi, konularına değinilmektedir. Sağlık sektöründe çalışan güvenliğine yönelik olarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yürütülen 2012 tarihli “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” bulunmaktadır. Bu tebliğde, hastanelerin “çok tehlikeli” işyerleri arasında sınıflandırıldığı dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı, sağlık sektöründe daha önemli konuma gelmektedir (Özyiğit ve ark., 2016)

### **1.3.1. Radyasyondan korunmada iş güvenliği**

İyonizan radyasyon insan sağlığına oldukça zararlı ve olumsuz etkiler oluşturabileceği ilk kez radyoloji uzmanları tarafından ifade edilmiştir. Stockholm’de 1928 yılında yapılan toplantıda “Uluslararası X-ışını ve Radyasyondan Korunma Komitesi” kurulmuştur. 1933 yılından itibaren radyasyondan dolayı oluşan zararlı etkilere karşı etkili koruyucu yöntemler ile önlemler alınmaya başlamıştır. Daha verimli çalışmalar yapılabilmesi için 1950 yılında komite yeniden biçimlendirilmiştir. Ve komite isim değiştirerek “Radyolojik Korunmada Uluslararası Komisyon” (International Commission on Radiological Protection- ICRP) olmuştur. Komisyonun temel amacı; ulusal, uluslararası ve bölgesel düzeyde yasa hazırlama durumunda ki kurumlara radyasyondan korunma yöntemleri ile ilgili yol gösterme ve yardımcı olacak nitelikte yayınlar yapmayı amaçlar. Her ülke de radyasyon denetleme pozisyonunda kendi yapısına göre kurum ve kuruluşları bulunmaktadır. Türkiye’de bu görevi, 9.07.1982 tarih ve 2690 sayılı “Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu” kapsamında “Türkiye Atom Enerjisi Kurumu” (TAEK) yürütmektedir (Öksüz, 2012).

### **1.3.2. Radyasyondan korunmada temel güvenlik standartları**

Radyoloji alanında teşhis, tedavi amacı ile X-ışını ile çalışan birçok cihaz kullanılmaktadır. Kullanılan cihazlardaki X-ışınları kullanım amacına bağlı olarak hastalara farklı oranlarda ışın verilmektedir. Radyasyon doz miktarının olduğu kadar düşük seviyede tutulmasına ALARA (As Low As Reasonably Achievable) prensibi denir. Maruz kalınan ışınlardan dolayı hastanın aldığı radyasyon doz miktarları üst sınır (MPD) değerleri uluslararası standartlara uygun olarak belirlenmektedir. Radyasyondan korunmak için bazı kurallar ve standartlar mevcuttur (Avcı, 2016).

### **1.3.3. Müsaade edilen yıllık doz sınırları**

Radyasyon alanında çalışan ve radyasyona maruz kalan personeller için etkin doz arka arkaya beş yılın ortalaması 20 mSv'i geçemez. Bir yıl içinde ise 50 mSv'i geçemez. El, ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir (Avcı, 2016).

### **1.3.4. Personel doz ölçümü ve güvenliği**

Radyasyona maruz kalan personelin aldıkları radyasyon dozunun miktarını belirlemek için çalışma süresince kişisel dozimetre takmaları gerekmektedir. Takılan bu dozimetreler mevzuatta belirtildiği gibi belirli periyotlarla ölçülmelidir. Yapılan ölçümlerin amacı; alınan doz miktarının müsaade edilen doz sınırları altında tutulabilmesi ve personele radyasyondan kaynaklı sağlığının takip edildiğini ve korunduğunun güvencesini vermektir (Öksüz, 2012).

#### **1.3.4.1. Kişisel dozimetre zorunluluğu**

Radyasyona maruz kalan personellerin aldığı doz miktarını ölçmek için geliştirilmiş cihazlara dozimetre denir. Radyasyon alanında çalışan personellerin kişisel dozimetre kullanmaları zorunludur. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ve kurum tarafından uygun

görülen kuruluşlar tarafından verilen dozimetre sonuçları merkezi doz kayıt sistemine kaydedilir (Resmî Gazete, 2000).

#### **1.3.4.2. Koruyucu giysi ve teçhizat**

Radyasyondan korunmak için uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılır. Genellikle radyasyondan korunmak için kurşun malzemeler kullanılır (Avcı, 2016).

##### ***1.3.4.2.1. Kurşun önlükler***

Radyasyon alanında çalışan personellerin çalışma sırasında kurşunlu önlük kullanmaları gerekmektedir. Kurşunlu önlükler X-ışınından korunmanın yanı sıra yansıyan radyasyona karşı da koruma sağlamaktadır (MEB, 2011b).

##### ***1.3.4.2.2. Boyun koruyucular***

Radyasyonun yüksek miktarda bulunduğu yerde çalışan personelin troid bezini korumak için boyun etrafını saran kurşunlu boyun aparatları kullanılmalıdır (MEB, 2011b).

##### ***1.3.4.2.3. Kurşunlu gözlükler***

Radyasyon alanında çalışan personelin gözlerini korumak amacı ile kullanılan ve camlarının içeriğinde kurşun bulunan gözlükler kullanılmalıdır (MEB, 2011b).

##### ***1.3.4.2.4. Kurşunlu eldivenler***

Özellikle floroskopi cihazı ile çalışan personelin çekim esnasında kurşunlu önlüğün yanı sıra kurşunlu eldiven kullanması gerekmektedir (MEB, 2011b).



#### ***1.3.4.2.5. Kurşunlu paravanlar***

Çalışılan radyoloji alanında kumanda masası çekim alanında ise kumanda masasının önünde en az 2m eninde ve 2,25 m yüksekliğinde kurşunlu paravan bulunmalıdır. Çekim masası ile kumanda masası arası en az 1,5 m mesafede olmalıdır. Kurşunlu paravan bulunmaması durumunda deliksiz tuğla kullanılabilir (MEB, 2011)





## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma 2019 tarihinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dursun Odabaş Eğitim ve Araştırma Hastahanesi Radyoloji Anabilim dalında çalışan personel bireyler ile yapılmıştır. Bu çalışmadaki kan örnekleri toplanmadan önce Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onayı alındıktan sonra kan örnekleri toplandı (Karar no:2019/10-04, Tarih: 24/05/2019). Yapılan bu çalışmada, radyoloji biriminde çalışan 31 personel ile radyasyona maruz kalmamış herhangi bir hastalığı olmayan 32 sağlıklı bireyden alınan kan örneklerinin karşılaştırılması ile yapılmıştır. Çalışmaya katılan toplam 63 birey 18–60 yaş aralığındadır. Radyolojide çalışan personellerden 23 tanesi erkek 8 tanesi kadındır.

On iki saatlik açlık periyodunun ardından sabah saatlerinde kan örnekleri toplandı, 10 dakikalık 3000 rpm ile santrifüj edilip serum hücrelerden ayrıldı.  $-80^{\circ}\text{C}$ ' de depo edildi. Çalışma yapılacağı zaman zarfında serumlar  $-80^{\circ}\text{C}$ ' den çıkartılıp oda sıcaklığına getirildi. Elementler (Zn, Cu, Mg, Pb, Mn, Cd, Co ve Fe) atomik absorpsiyon spektrofotometre yardımı ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında tespit edildi.

### 2.1. Cihaz ve Malzemeler

- Vorteks: Nüve NM110
- Enjektör (10cc)
- Serum Saklama Tüpleri
- Soğutmalı Santrifüj
- Ayarlanabilir Otomatik Pipetler
- Test Tüpleri
- Pipet
- Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS)

## **2.2. Analiz Metotları**

### **2.2.1. Ağır metal, eser element ve iz element tayini**

Radyoloji personelleri ve sağlıklı bireylerden alınan serum örneklerinden, 1 ml alınarak üzerine 5 ml destile saf su eklendi, daha sonra, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre yöntemi ile ağır metaller ve iz elementler (Zn, Cu, Mg, Pb, Mn, Cd, Co ve Fe) tayin edildi (Geçit ve ark., 2011).

### **2.2.2. İstatistiksel analizler**

Üzerinde durulan özellikler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, standart sapma olarak ifade edilmiştir. İkili grup karşılaştırmalarında normal dağılım koşulu sağlanan durumlarda T- Test, normal dağılım koşulu sağlanmayan durumlarda Mann Whitney U test istatistiği kullanıldı. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. p değeri 0.05 küçük bir değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

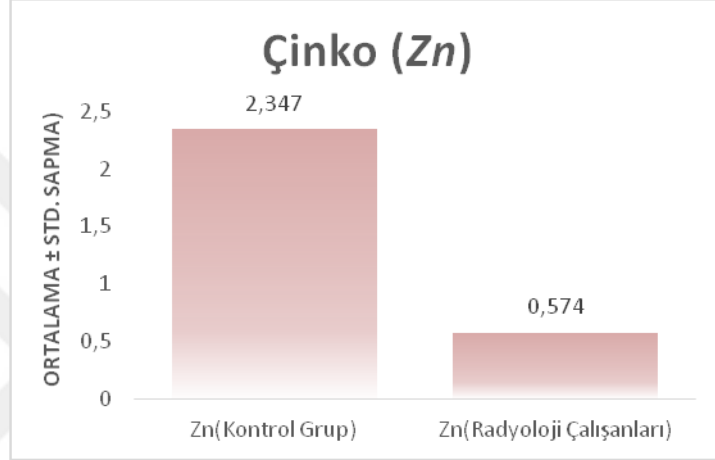
### 3. BULGULAR

Zn, Fe, Mn, Cu, Mg, Co, Cd ve Pb için tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Çizelge 2.1 incelendiğinde Mn ve Co düzeyleri radyoloji çalışanları ve kontrol grubu ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmazken, Zn, Fe, Cu, Mg, Cd ve Pb düzeyleri radyoloji çalışanları ve kontrol grubu ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 2. 1 Radyolojide çalışan personel ve sağlıklı kontrol grubu iz element düzeyleri.

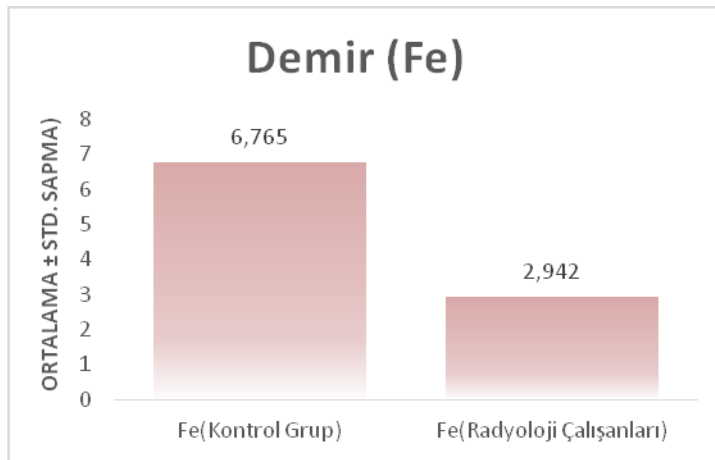
	<b>Grup</b>	<b>N</b>	<b>Ortalama ± Std. sapma</b>	<b>P</b>
<b>Zn</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,574±0,076	0.001
	Kontrol Grup	32	2,347±0,190	
<b>Fe</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	2,942±0,646	0.001
	Kontrol Grup	32	6,765±1,179	
<b>Mn</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,161±0,069	0.356
	Kontrol Grup	32	0,146±0,029	
<b>Cu</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,965±0,102	0.001
	Kontrol Grup	32	3,381±0,525	
<b>Mg</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	36,607±4,209	0.001
	Kontrol Grup	32	42,789±2,863	
<b>Co</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,488±0,191	0.416
	Kontrol Grup	32	0,404±0,057	
<b>Cd</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,044±0,021	0.001
	Kontrol Grup	32	0,002±0,001	
<b>Pb</b> (mg/L)	Çalışan Grup	31	0,871±0,304	0.001
	Kontrol Grup	32	0,023±0,007	

Şekil 2.1' de iz mikro element olan çinko düzeyi gösterilmiştir. Kontrol grubu için Zn elementinin konsantrasyon düzeyi  $2,347 \pm 0,190$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,574 \pm 0,076$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0.001$ ) olarak saptandı.



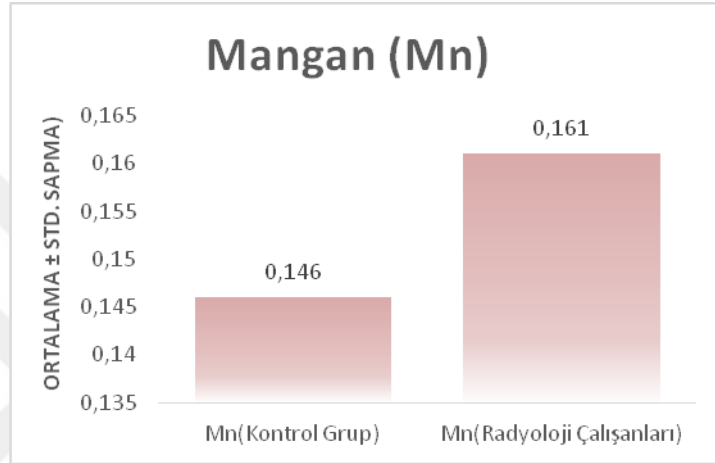
Şekil 2. 1. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Zn düzeyi.

Şekil 2.2' de Demir elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $6,765 \pm 1,179$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $2,942 \pm 0,646$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0.001$ ) olarak saptandı.



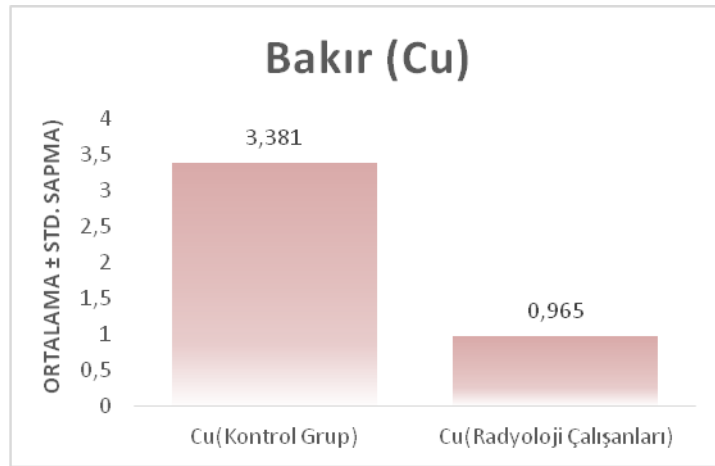
Şekil 2. 2. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Fe düzeyi.

Şekil 2.3.' de Mangan elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $0,146 \pm 0,029$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,161 \pm 0,069$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı fark bulunamadı ( $p > 0.05$ ).



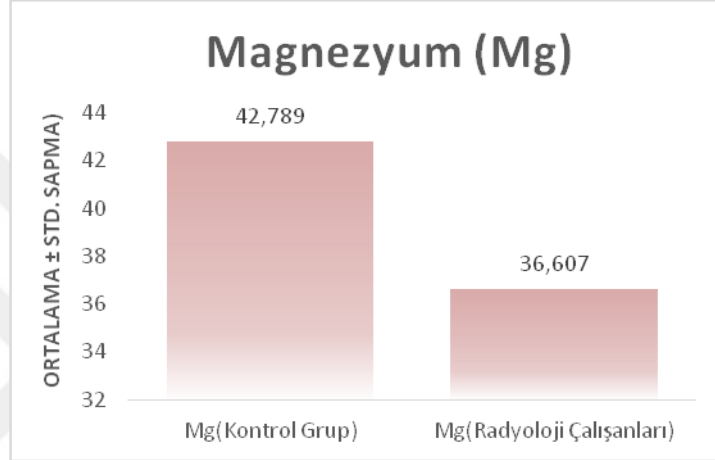
Şekil 2. 3. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Mn düzeyi.

Şekil 2.4' de Bakır elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $3,381 \pm 0,525$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,965 \pm 0,102$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0.001$ ) olarak saptandı.



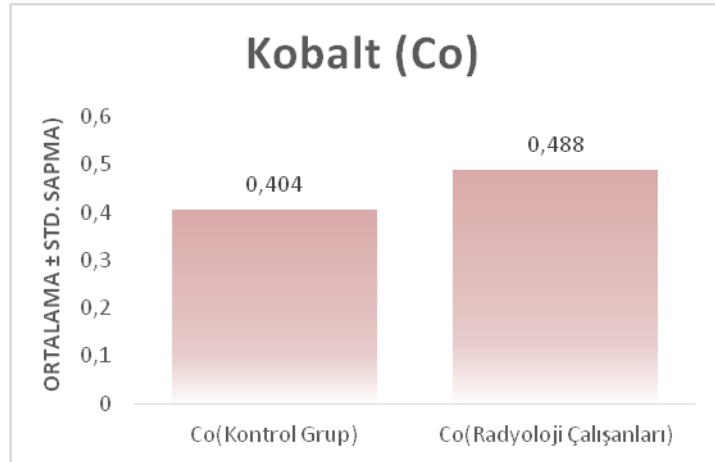
Şekil 2. 4. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Cu düzeyi.

Şekil 2.5.' de Magnezyum elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $42,789 \pm 2,863$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $36,607 \pm 4,209$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0.001$ ) olarak saptandı.



Şekil 2. 5. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Mg düzeyi.

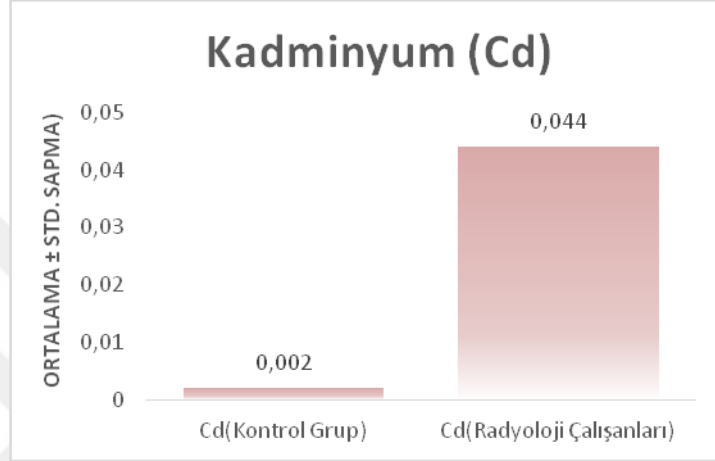
Şekil 2.6' de Kobalt elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $0,404 \pm 0,057$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,488 \pm 0,191$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı fark bulunamadı ( $p > 0.05$ ).



Şekil 2. 6. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Co düzeyi.

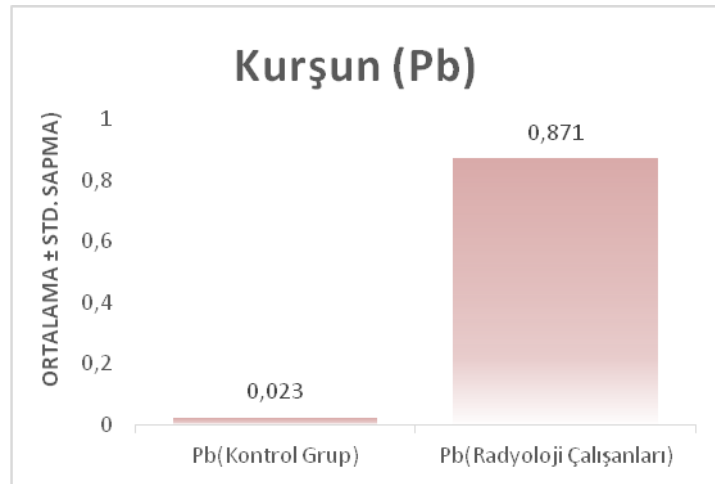


Şekil 2.7' de Kadmiyum elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $0,002 \pm 0,001$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,044 \pm 0,021$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0,001$ ) olarak saptandı.



Şekil 2. 7. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Cd düzeyi.

Şekil 2.8' de Kurşun elementinin konsantrasyon düzeyi kontrol grubunda  $0,023 \pm 0,007$  mg/L iken radyoloji de çalışan personel grubu için  $0,871 \pm 0,304$  mg/L olarak bulundu. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0,001$ ) olarak saptandı.



Şekil 2. 8. Kontrol grubu ve radyolojide çalışan personel grubu Pb düzeyi.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Biyolojik yapıların parçaları olan iz elementlerinin kanser gelişiminde ve engellenmesinde rolü çok büyüktür (Piccinini ve ark., 1996; Zowczak ve ark., 2001). Radyolojide çalışan personeller maruz kaldıkları radyasyon miktarından dolayı yüksek risk altındadırlar. Bu personeller için gerekli önlemler alınmadığı takdirde ağır metaller ve iz elementler vücutta ciddi problemler yaratmaktadır. Elementlerin her birinin fazla veya az miktarlarının vücuda zararı vardır.

Yapmış olduğumuz çalışmada radyolojide çalışan personellerin Zn, Fe, Cu, Mg düzeyleri kontrol grubuna göre daha düşük, Cd ve Pb düzeylerinin ise kontrol grubundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Mn ve Co düzeyleri gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmamıştır.

Temel bir besin mikro elementi olan çinko bağışıklık fonksiyonu, DNA sentezi ve protein üretimi, enzim reaksiyonları, hücre bölünmesi ve hücre büyümesi için hayati öneme sahip bir mineraldir ve her hücrede bulunur (Burch ve ark., 1975). Anti-kanserojen görevi üstlenen Zn; DNA, RNA ve ribozom yapısındaki stabiliteyi artırır. Serbest radikallerin zararlarından hücreyi korumak için önemlidir (Wu ve ark., 2004). Çinko seviyesi servikal ve over kanserli hastalarda düşüktür (Cunzhi ve ark., 2003; Yaman ve ark., 2007). Çinko seviyesi ile bazı kanserlerin arasında ilişki olduğuyla ilgili çalışmalar mevcuttur.

Çizelge 2. 1'de çalışan grup ve kontrol grubu için iz elementlerinin ortalama  $\pm$  standart sapma değerleri verilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen değerlere göre Zn düzeylerinin kontrol grubunda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.001$ ).

İnsan yaşamı için hayati önemi olan demirin, DNA sentezi, elektron transferi, oksijen taşınması, immün sistem gibi birçok fonksiyonda görevi vardır. Vücudumuzda en çok bulunan elementtir. Daha çok hayvansal gıdalarda bulunur. Demir elementi insan vücudunda yaklaşık 4 gr bulunur, bunun  $\sim$  %65' i alyuvarlardaki hemoglobinde mevcuttur. Demir elementi fazlalığı veya eksikliğinde farklı hastalıklara sebep olabilir (Dayani ve ark., 2004). Yaptığımız çalışmada radyoloji çalışan grup ile kontrol grubu arasında anlamlı

bir fark bulunmuş ve çalışan grubun demir seviyesi kontrol grubunun demir seviyesinden düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Demir elementi akciğer kanseri olan hastalarda yüksektir (Tsunehiro ve ark., 2003). Demir yükünün fazlalığı direk etki ile süperoksitler serbest hidroksi radikallerinin ve hidroksil peroksit oluşumunu arttırdığı için kanser oluşumunun arttırılabileceği saptanmıştır (Dayani ve ark., 2004). Demirin fazla miktarda alınması ise bağışıklık sistemini bozması ve fosfor emiliminin engellemesi nedeniyle kalp krizi, siroz ve kanser gibi riskli hastalıkların oluşumunu arttırmaktadır. Demir eksikliğinde ise kansızlık (anemi) oluşur.

Yapmış olduğumuz çalışmada Mangan seviyesinde radyolojide çalışan personel ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mangan, antioksidandır. Birçok enzimatik sebepten, protein, karbonhidrat, lipit, kemik gelişimi ve aminoasit sentezi için gereklidir. Vücudumuzdaki organların birçoğunun çalışma sisteminde birlikte görev alır. Hücresel enerjide, sindirim, kemik gelişiminde, bağışıklık fonksiyonunda, kan şekerini düzenlemede, serbest radikallerle savunma mekanizmasında ve üretimde görev alır.

Solunum yoluyla mangan alınması durumunda ilk önce nefes borusu zarar görür. Yüksek dozda alınmasında ise sadece nefes borusu değil bronşit, solunum güçlüğü öksürük ve ilerleyen zamanlarda akciğer iltihabı gibi hastalıklar ortaya çıkar. Mangan elementinin kanser ile ilgili yapılan herhangi bir çalışması yoktur (Cobanoğlu ve ark., 2010). Mangan eksikliğinde ise diabetes mellitus (DM)'a ve erken doğuma yol açar.

İnsanlarda mangan seviyesinin azalması durumunda eklem ağrıları, kemik yetersizliği ve hafıza kaybı gibi hastalıklar ortaya çıkar. Fazlalığında ise parkinson ve nöral hastalıklara sebep olur (Chen ve ark., 2014).

Bakır kalp ritmini düzenler. Ayrıca diğer birçok enzimin fonksiyonlarını yerini getirmede yardımcı olur. Bakır, kanda plazma ve alyuvarlara dağılmıştır. Kandaki işlevi demir ile birlikte hemoglobinleri oluşturmaktır. Yaptığımız çalışmada radyolojide çalışan personel grubunun bakır seviyesi kontrol grubunun bakır seviyesinden düşük olduğu saptanmıştır ( $p < 0.001$ ).

Yaptığımız çalışmada magnezyum miktarı radyolojide çalışan personel grubunun seviyelerinin kontrol grubunun seviyelerinden düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.001$ ).

Magnezyum üretimi vücudumuzda kendi başına yapılamamaktadır. Bu sebeple dışarıdan besinler yoluyla alınmalıdır ve vücutta magnezyum rezervinin sürekli doldurulması gerekmektedir. Magnezyum ihtiyacı gebelik, emzirme ve stress durumlarında artmaktadır. Yeteri kadar magnezyum alınmadığı durumlarda vücudumuz kemiklerde depo edilen magnezyumu tüketmeye başlar. İnsan vücudunda ~20-28 g magnezyum vardır. Bunun büyük çoğunluğu kemiklerde ve dişlerde bulunur.

Magnezyumun vücutta fazla bulunması durumu da zehirlidir. Bu durumda baş dönmesi, kusma, hipotansiyon gibi durumlara yol açar. Daha çok ilerlemesi durumunda ise kalp durmasına sebep olabilir (Swaminathan, 2003).

Magnezyumun vücutta eksik bulunması durumunda ise oksidatif hasar bazı kanserlerin ilerlemesi ve tümörlere yol açabilir (Killilea ve Maier, 2008).

Yapmış olduğumuz çalışmada kobalt seviyesinde radyolojide çalışan personel ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kobalt ağır metale aşırı miktarda maruz kalındığında alerji ve kronik bronşit meydana gelir. Kobalt elementi diğer elementlerden farklı olarak akciğer kanseri ile ilişkilidir (Hayes, 1997).

Sağlıklı bir insan vücudunda ~1,1 mg kobalt bulunur. İnsan vücudundaki kobaltın %13'ü kemiklerde, %43'ü kaslarda ve geri kalan %44'ü ise diğer dokulardadır. Kobalt B12 vitamininin %4'ünü oluşturur. Hipertansiyonda, kükürtlü aminoasitlerin metabolizmasında, demirin kullanılmasında ve tiroid hormonunun sentezinde kobaltın oldukça etkili olduğu bilinmektedir ([www.goktepe.net](http://www.goktepe.net))

Kobalt eksikliğinde kansızlık (anemi) hastalığına yakalanma oranı artar.

Yaptığımız çalışmada radyolojide çalışan personel grubunun kadmiyum seviyesi kontrol grubunun kadmiyum seviyesinden yüksektir ( $p < 0.001$ ). Kadmiyumun prostat kanseri, mesane, üriner ve akciğer kanseri üzerinde büyük bir etkisi vardır (Navarro Silvera ve Rohan, 2007; Satarug ve ark., 2010).

Yapılan çalışmalarda bazı hastalıklardan dolayı kadmiyum seviyesinin yüksek olması akciğer kanseri ve prostat kanseri ile ilişkilidir (Drasch ve ark., 2005).

Yaptığımız çalışmada radyolojide çalışan personel grubunun kurşun seviyeleri kontrol grubunun kurşun seviyesinden oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.001$ ). Doğada yaygın olarak bulunan bir ağır metaldir ve insan hayatına olumlu bir katkısı olmadığı gibi insan sağlığı için oldukça tehlikeli olarak kabul edilir.

Fazla alınan kurşun kemik dokusunu etkiler ve birikime yol açar. Bu birikim toksik seviyeye ulaşır. Zaman içinde artış göstermesi durumunda risk oluşturur. Zehirli bir element olmasına rağmen yaşa bağlı olarak yükseklik gösterebilir. Kurşun en çok tibia ve fibula da mevcuttur.

İnsan vücudundaki kronik zehirlenme kurşun kan seviyesi konsantrasyonu 40'dan 60  $\mu\text{g/dL}$ 'ye yükselmesi durumunda meydana gelir.

Sonuç olarak, Mn ve Co düzeyleri radyoloji çalışanları ve kontrol grubu ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmazken, Zn, Fe, Cu, Mg, Cd ve Pb düzeyleri radyoloji çalışanları ve kontrol grubu ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Bu çalışmada, biz yoğun X ışını ile çalışan radyoloji personellerinin eser element miktarlarını sağlıklı kontrol grubuyla karşılaştırdı. Zn, Fe, Mn, Mg, Cu, Cd, Co ve Pb düzeyleri karşılaştırılan grupların değerlerinin birbirine göre farklılık gösterdiğini gözlemlendi.

Çalışmamızda, X ışını ile çalışan radyoloji personellerinin ve hastanenin tüm bölgeye hizmet verme gibi durumlar göz önüne alınarak daha geniş bölgelerde yapılması ve bu alanda yapılacak daha ileri çalışmalara ışık tutacağı kanısındayız. Ayrıca, radyasyon güvenliğine ilişkin, radyoloji çalışanlarının bilgilendirilmesi ve farkındalıklarının artırılması çalışan güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda korunma ve güvenlik yöntemleri geliştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Adilay, U., 2006. *Glioblastoma Multiforme ve Benign Meningiom Olgularında Tümör Dokusunda Ölçülen Çinko, Demir ve Kadmiyum Düzeylerinin Karşılaştırılması* (uzmanlık tezi). Bakırköy Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi. İstanbul.
- Agostoni, C., Canani, R.B., Fairweather-Tait, S., Heinonen, M., Korhonen, H., Vieille, S.L., Marchelli, R., Martin, A., Naska, A., Neuhäuser-Berthold, M., Nowicka, G., Sanz, Y., Siani, A., Sjödin, A., Stern, M., Strain, S. (J.J.), Tetens, I., Tomé, D., Tu, H., 2013. Scientific opinion on dietary reference values for manganese. *European Food Safety Authority*, **11** (11): 1–44.
- Algüneş, Ç., 2002. *Radyasyon Biyofiziği*. Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, Edirne
- Andrews NC, BridgensKR, 1998. *Disorders of Iron Metabolism and Sideroblastic Anemia in: Nathan and Oski' s Hematology of Infancy and Childhood W.B. Saunders Company, Philadelphia*, 423- 438.
- Anonim, 2019. Çocuklarda bilgisayarlı tomografi ve radyasyon güvenliği, [https://www.turkrad.org.tr/assets/bilimsel-calisma/Doz-BrosuR-MART\\_HASTALAR.pdf](https://www.turkrad.org.tr/assets/bilimsel-calisma/Doz-BrosuR-MART_HASTALAR.pdf)
- Arslan M., 1992. *Radyoloji*. Sistem Ofset Basım-Yayın, Ankara
- Aschner, J.L., Aschner, M., 2005. Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, **26** (4-5): 353–362.
- Avcı, R., 2016. *Diyarbakır İlinde Radyoloji Çalışanlarının Radyasyondan Korunma Durumları ve Sağlık Yakınmaları*. Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Ayşe Baysal, 1996. *Beslenme*, 6. Baskı. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara,
- Bilici, M., Cim, N., Demir, H., 2015. Examination of preoperative and postoperative levels of rare earth elements (Zn, Cu, Mg, Pb, Mn, Cd, Co and Fe in the blood of ovarian cancer patients. *Medical Science and Discovery*, **2** (1): 139–143.
- Boffetta, P., 1993. Carcinogenicity of trace elements with reference to evaluations made by the International Agency for Research on Cancer. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, **19** (1): 67–70.
- Burch, R.E., Hahn, H.K., Sullivan, J. F., 1975. Newer aspects of the roles of zinc, manganese, and copper in human nutrition. *Clinical Chemistry*, **21** (4): 501–520.
- Bülbül, S. H., 2004. Çocuk Beslenmesinde Demirin Yeri ve Önemi. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, **12**: 246.
- Chen, P., Parmalee, N., Aschner, M., 2014. Genetic factors and manganese-induced neurotoxicity. *Frontiers in Genetics*, **5** (265): 1-8.
- Cobanoglu, U., Demir, H., Sayir, F., Duran, M., Mergan, D., 2010. *Some mineral, trace element and heavy metal concentrations in lung cancer. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, **11** (5): 1383–1388.
- Crl, E., 2003. Cadmium Review. *Nordic Council of Ministers*, **1** (4): 1-26.

- Cunzhi, H., Jiexian, J., Xianwen, Z., et al 2003. Serum and tissue levels of six trace elements and copper/ zinc ratio in patients with cervical cancer and uterine myoma. *Biol Trace Elem Res*, **94**, 113-22.
- Dayani, PN., Bishop, MC., Black, K., Zeltzer, PM., 2004. Desferoxamine (DFO)-mediated iron chelation: rationale for a novel approach to therapy for brain cancer. *J Neurooncol*, **67**, 367-77.
- Doğan M., 2002. Sağlıklı Yaşamın Kimyası. *Popüler Bilim Dergisi*; 32-34.
- Drasch, G., Schöpfer, J., Schrauzer, G. N., 2005. Selenium / Cadmium Ratios in Human Prostates. *Biological Trace Element Research*, **103** (2): 103-107.
- Dutta, T.K., Mukta, V., P., 2012. Trace elements. *Medicine Update*, **22**: 353-357.
- Emre, O., Demir, H., Dogan, E., Esen, R., Gur, T., Demir. C., Gonullu, E., Turan, N., Özbay, M. F., 2013. Plasma Concentrations of Some Trace Element and Heavy Metals in Patients with Metastatic Colon Cancer. *Journal of Cancer Therapy*, **4** (6): 1085-1090.
- Emre, Ö., 2011. *Kolon Kanserli Hastalarda Kemoterapi Öncesi ve Sonrası Bazı İz Element, Mineral Madde ve Ağır Metallerin (Cr, Al, Se, Pb, Cd, Mn, Cu, Mg, Zn, Co ve Ca) Saptanması*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Flora, G., Gupta, D., Tiwari, A., 2012. Toxicity of lead. *Interdisciplinary Toxicology*, **5** (2): 47-58.
- Fraga, C. G., 2005. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. *Molecular Aspects of Medicine*, **26** (4-5): 235-244.
- Fu, H., Boffetta, P., 1995. Cancer and occupational exposure to inorganic lead compounds: a meta-analysis of published data. *Occupational and Environmental Medicine*, **52** (2): 73-81.
- Gecit, I., Kavak, S., Demir, H., Gunes, M., Pirincci, N., Cetin, C., Ceylan, K., Benli, E., Yildiz, I., 2011. Serum Trace Element Levels in Patients with Bladder Cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, **12** (12): 3409-3413.
- Göksel, S., 1973. *Radyasyonun Biyolojik Etkileri ve Korunma*, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- Güngör, N., 1991. *Sağlık Fiziği*, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- Hayes, R. B., 1997. The carcinogenicity of metals in humans. *Cancer Causes and Control*, **8** (3): 371-385.
- Jhon, GR. 1975. Trace Elements. *Clin Chem*, **21**(4): 476-500.
- John, H., Duffus, 2002. Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report), *Pure and Applied Chemistry*, **74**, 793-807
- Kahraman, G., Özyiğit, G. ve Kaya, S. (2016). Hastanelerin radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp biriminde çalışan sağlık personelinin çalışan güvenliği konusundaki farkındalığı. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, **19**(3), 305-324.
- Karadas, S., Sayın, R., Aslan, M., Gonullu, H., Katı, C., Dursun, R., Duran, L., Gonullu, E., Demir, H., 2014. Serum levels of trace elements and heavy metals in patients with acute hemorrhagic stroke. *Journal of Membrane Biology*, **247** (2): 175-180.



- Kathariya, R. Kulkarni, N., Kalele, K., Kulkarni, M., 2014. Trace elements in oral health and disease. *Journal of Dental Research and Review*, **1** (2): 100–104.
- Kekilli E. 2001. *İyonize radyasyonun biyolojik etkileri “Nükleer Tıp’a Giriş” içinde*, 49-77, Malatya.
- Killilea, D.W., Maier, J. A. M., 2008. A connection between magnesium deficiency and aging: new insights from cellular studies. *Magnesium Research*, **21** (2): 77–82.
- King, J.C., Shames, D.M., Woodhouse, L. R., 2000. Zinc and Health: Current Status and Future Directions: Homeostasis in Humans. *Journal of Nutrition*, **130**: 1360S–1366S.
- Koedrith, P., Seo, Y. R., 2011. Advances in carcinogenic metal toxicity and potential molecular markers. *International Journal of Molecular Sciences*, **12** (12): 9576–9595.
- McLean RM., 1994. *Magnesium and its therapeutic uses: A review*. Am J Med **96**:63-76
- MEB, 2011., *Röntgen Cihazları*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- MEB, 2011., *Radyasyondan Korunma*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Mehri, A., Marjan, R. F., 2013. Trace Elements in Human Nutrition. *International Journal of Medical Investigation*, **2** (3): 115–128.
- Metin Özata, 2008. *Vitamin, Mineral ve Bitkisel Ürün Rehberi*, Güner Yayınları 24, Sağlık
- Mısır, M., Ş., 2001. *Radyoaktif Elementlerin Endüstriyel Alanda Kullanılması*, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Antakya.
- Morais, S., e Costa, F.G., Pereira, M. L., 2010. Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health–Emerging Issues and Practice*, **10**: 227–247.
- NATO, 1996. *Handbook on the medical aspects of NBC defensive operations*. AMedP -6 (B) (Pt1) Nuclear.
- Navarro Silvera, S.A., Rohan, T. E., 2007. Trace elements and cancer risk: a review of the epidemiologic evidence. *Cancer Causes & Control*, **18** (1): 7–27.
- Niu S., 2010. Ergonomics and Occupational Safety and Health: An ILO Perspective. *Applied Ergonomics*, **41**(6), 744-753.
- Onat, T., Emerk, K., 1995. *Temel biyokimya*. İzmir: Saray Medikal Yayıncılık.
- Oyar, O., 1998. *Radyolojide Temel Fizik Kavramlar*. Nobel Tıp Kitapevi, İzmir.
- Öksüz D., 2012. *Radyasyondan korunma, Radyasyon Onkolojisinde Temel Yaklaşımlar*. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri Sempozyum Dizisi, No: 79 s. 197 – 208.
- Özalpan A., 2001. *Temel Radyobiyojji*, Haliç Üniversitesi Yayınları, 1-15, İstanbul.
- Patrick, L. 2003. *Toxic metals and antioxidants: Part II. The role of antioxidants in arsenic and toxicity*. *Altern Med Rev*. **8**(2), 112-116.
- Piccini, L., Borella, P., Bargellini, A., Medici, CI., Zoboli, A., 1996. A case- control study on selenium, zinc, and copper in plasma and hair of subjects affected by breast and lung cancer. *Biol Trace Element Res*, **51**, 23-30.

- Puntarulo, S., 2005. *Iron, oxidative stress and human health, Molecular Aspects of Medicine*, 26: 299-312.
- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 2002. *Digital Image Processing (2nd Edition)*
- Resmî Gazete, 2000. *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği*, 24.03.2000, Resmî Gazete Sayısı: 23999.
- Rostan, EF., Debuys, HV., Madey, DL., 2002. Evidence supporting zinc as an important antioxidant for skin. *Int J of Dermatol* 4: 606-11
- Sadat, N., Hossain, I., Hossain, K., Reza, S., Nahar, Z., Islam, N., Abul Hasnat, A., 2008. Serum trace elements and immunoglobulin profile in lung cancer patients. *Journal of Applied Research*, 8 (1): 24-33.
- Saner, G., Neyzi, O., Ertuğrul, T., 2002. *Mikroelementler (Çinko)*. Pediatri: Cilt 1,3. Baskı Nobel Tıp Kitabevleri, 174-75. İstanbul.
- Satarug, S., Garrett, S.H., Sens, M.A., Sens, D. A., 2010. *Cadmium, Environmental Exposure, and Health Outcomes. Environmental Health Perspectives*, 118 (2): 182-190.
- Seven, G., 2010. *Meme, Baş boyun ve Mide kanserli hastalarda Radyoterapi öncesi ve sonrası iz elementler ve ağır metal düzeylerinin (Zn, Cu, Pb, Cd, Mn, Mg ve Co) ve bazı biyokimyasal (katalaz ve karbonik anhidraz) parametrelerin incelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Van.
- Stephen D., Alan S., 1995. *Hastalanmadan Yaşamak Bizim Elimizde*, Remzi Kitabevi
- Swaminathan, R., 2003. Magnesium Metabolism and its Disorders. *Clinical Biochemistry Review*, 24 (2): 47-66.
- Şeker S, Çerezci O., 2000. *Radyasyon Kuşatması: Elektrik ve nükleer enerjinin sağlığımıza etkileri*. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi. İstanbul.
- Tong, S., von Schirnding, Y.E., Prapamontol, T., 2000. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (9): 1068-1077.
- Tsunehiro, O., Toshihiro, K., Koji, M., 2003. A case-case study comparing the usefulness of serum trace elements (Cu, Zn and Se) and tumor markers (CEA, SCC and SLX) in non-small cell lung cancer patients. *Anticancer Res*, 23, 605-61.
- Tubiana M, Dutreix J., 1990. *Introduction to Radiobiology*. Taylor & Francis, 24-99. Paris.
- Tuncel E., 1994. *Klinik Radyoloji*. Güneş & Nobel Tıp Kitapevleri, Bursa.
- Underwood, E. 1977. *Trace elements in Man and animal nutrition*. New York: NY Academic Press: 302-46.
- Uyanık, C., 2011. *X Işınları Kristalografisi*. Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Uysal, Z., 1999. *Demir Metabolizmasında, Demir Eksikliğinde ve Demir Fazlalığında Yenilikler*. Ankara Üniversitesi Tıp Mecmuası, 52: 157-164.
- Vallee, B.L., Falchuk, K. H., 1993. The biochemical basis of zinc physiology. *Physiological Reviews*, 73 (1): 79-118.

- Villagomez, A., Ramtekkar, U., 2014. Iron, Magnesium, Vitamin D, and Zinc Deficiencies in Children Presenting with Symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Children*, **1** (3): 261–279.
- White R., Hartzell HO., 1989. Magnesium ions in cardiac function. *Biochem Pharmacol*, **38**: 859-67.
- Wiechula, D., Fischer, A., Loska, K., Widziewicz, K., Gorka, A., 2013. Zinc and Lead Concentrations in the Pubic Hair of Women Living in Areas with Different Contamination Degrees. *Polish Journal of Environmental Studies*, **21** (6): 1875–1880.
- Wu, T., Sempos, CT., Freudenheim, JL., Muti, P., Smit, E., 2004. Serum iron, copper and zinc concentrations and risk of cancer mortality in US adults. *Ann Epidemiol*, **14**, 195-201.
- Yaman, M., Kaya, G., Simsek, M., 2007. Comparison of trace elements concentrations in cancerous and noncancerous human endometrial and ovary tissues. *Int J Gynecol Cancer*, **17**, 220-8.
- Zowczak, M., Iskra, M., Torlinski, L., Cofita, S., 2001. Analysis of serum copper and zinc concentration in cancer patients. *Biol Trace Elem Res*, **82**, 1-8.



## **EKLER**

**Ek 1. 1** Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu.

**Ek 1. 2** Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu (Devamı).




## Ek 1. 1 Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu.

BAŞVURU BİLGİLERİ		T.C. VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU				
		ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Radyolojide Çalışan Bireylerde Bazı Eser Element ve Ağır Metal (Çinko, Bakır, Magnezyum, Mangaz, Kobalt, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Düzeylerin Saptanması ve İş Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi			
ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU		Yok				
KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI		Dr. Öğr. Üyesi Hasan ERGE				
KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI		Anorganik Kimya				
KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ		Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Anorganik Kimya Anabilim Dalı				
DESTEKLEYİCİ		Yok				
DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ		Yok				
ARAŞTIRMANIN TÜRÜ		Tüm gözlemsel çalışmalar			<input type="checkbox"/>	
		Anket çalışmaları			<input type="checkbox"/>	
		Dosya ve görüntü kayıtları kullanılarak yapılan retrospektif arşiv taramaları ve benzeri gözlemsel çalışmalar			<input type="checkbox"/>	
		Kan, idrar, doku, görüntü gibi biyokimya, mikrobiyoloji, patoloji ve radyoloji koleksiyon materyalleriyle veya rutin muayene, tetkik, tahlil ve tedavi işlemleri sırasında elde edilmiş materyallerle yapılacak çalışmalar			<input checked="" type="checkbox"/>	
		Rutin tetkik ve tedavi işlemleri sırasında elde edilmiş materyallerle yapılacak çalışma			<input checked="" type="checkbox"/>	
		Hücre veya doku kültürü çalışmaları			<input type="checkbox"/>	
		Gen tedavisi klinik araştırmaları dışında kalan ve tanımlamaya yönelik olarak genetik materyalle yapılacak araştırmalar			<input type="checkbox"/>	
		Hemşirelik faaliyetlerinin sınırı içerisinde yapılacak araştırmalar			<input type="checkbox"/>	
		Gıda katkı maddeleriyle yapılacak diyet çalışmaları			<input type="checkbox"/>	
		Egzersiz gibi vücut fizyolojisi ile ilgili araştırmalar			<input type="checkbox"/>	
		Antropometrik ölçümlere dayalı yapılan çalışmalar			<input type="checkbox"/>	
		Yaşam alışkanlıklarının değerlendirilmesi araştırmaları gibi insana bir hekimin doğrudan müdahalesini gerektirmeden yapılacak olan tüm araştırmalar			<input type="checkbox"/>	
		Diğer :		<input type="checkbox"/>		
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER		TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı		Açıklama			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ		<input checked="" type="checkbox"/>			
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU		<input type="checkbox"/>			
	YILLIK BİLDİRİM		<input type="checkbox"/>			
	SONUÇ RAPORU		<input type="checkbox"/>			
DİĞER:		<input checked="" type="checkbox"/>	İyi Klinik Uygulamaları Taahhütnamesi, Tüm Araştırmacılara Ait Özgeçmiş, Anabilim Dalı Yazısı, Literatür ve CD			

Sayfa 1/2

Adres : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlük Binası Merkez Kampüsü Van	
Tel : 432-2251701-05	
Faks : 432-2251091	
e-posta: etikkur@vvu.edu.tr	

## Ek 1. 2 Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu karar formu (Devamı).



**T.C.**  
**VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ**  
**GİRİŞİMSEL OLMAYAN**  
**KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**  
**KARAR FORMU**

<b>KARAR BİLGİLERİ</b>	<b>Karar No: 2019/10-04</b>	<b>Tarih: 24/05/2019</b>
	Dr. Öğr. Üyesi Hasan ERGE sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen "Radyolojide Çalışan Bireylerde Bazı Eser Element ve Ağır Metal (Çinko, Bakır, Magnezyum, Mangan, Kobalt, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Düzeylerin Saptanması ve İş Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi" isimli bilimsel araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiştir. Araştırmacıların Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun Çalışma Esasları Hakkında Yönergesinde belirtilen hususları yerine getirdikleri belirlenmiş olup, çalışmalarını ile ilgili tüm sorumluluk araştırmacılara ait olmak üzere, söz konusu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sakınca bulunmadığına, toplantıya katılan Etik Kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu/oy birliği ile karar verilmiştir.	
<b>GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU</b>		
<b>ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI</b>	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
<b>BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:</b>	<b>Prof. Dr. Yasin TÜLÜCE</b>	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Yasin TÜLÜCE	Tıbbi Biyoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Prof. Dr. Hülya ÖZDEMİR	Tıbbi Farmakoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Prof. Dr. Süddik KESKİN	İstatistik Uzmanı	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Prof. Dr. Serap GÜNEŞ BİLGİLİ	Dermatoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Muhammed BATUR	Göz Hastalıkları	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Doç. Dr. Hülya GÜNBATAR	Göğüs Hastalıkları	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Dr. Öğr. Üyesi Oruc ALLAHVERDİYEV	Tıbbi Farmakoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eczacılık Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Dr. Öğr. Üyesi Zehra KAYA	Tıbbi Biyoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Sermin ALGÜL	Fizyoloji	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Dr. Öğr. Üyesi Özgür GENÇ ŞEN	Endodonti	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Nazlı AKTAŞ YILMAZ	Avukat	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hukuk Müşavirliği	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Lütfü POLAT	Eczacı	Van Polat ECZANESİ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>[İmza]</i>
Özge Burak DEĞER	Sağlık Mesleği Mensubu Olmayan Üye	Van Sanayiciler ve İş Kadınları Derneği	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Adnan SELÇUK	Sağlık Mesleği Mensubu Olmayan Üye	Van İş Geliştirme Merkezi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Sayfa 2/2

Adres : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlük Binası Merkez Kampüsü Van
Tel : 432-2251701-05
Faks : 432-2251091
e-posta: <a href="mailto:etikkur@vyu.edu.tr">etikkur@vyu.edu.tr</a>





## ÖZ GEÇMİŞ

Resul Fırat KAHRAMANER 1986 yılında Van-Erciş’de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Van’da bitirdi. Daha sonra Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Üniversitesi Kimya Bölümü’ne 2007 de kayıt yaptırdı ve aynı Üniversiteden 2011 de mezun oldu. 2011’de Van Yüzüncü Yıl üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Görüntüleme Bölümü’ne kayıt yaptırdı. Yine, aynı Üniversiteden 2013’de mezun oldu. 2012 yılında Van Yüzüncü Yıl üniversitesi Dursun Odabaş Tıp Merkezi Radyoloji Anabilim Dalı’nda göreve başladı. Hala aynı görevde devam etmektedir. 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Anorganik bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 23/08/2019

Tez Başlığı / Konusu: Radyolojide Çalışan Bireylerde Bazı Eser Element ve Ağır Metal (Çinko, Bakır, Magnezyum, Mangan, Kobalt, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Düzeylerin Saptanması ve İş Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 69 sayfalık kısmına ilişkin, 23/08/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4 (Dört) dür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Resul Fırat KAHRAMANER  
23.08.19

Adı Soyadı: Resul Fırat KAHRAMANER

Öğrenci No: 169102030

Anabilim Dalı: Kimya ABD

Programı: Anorganik Kimya

Statüsü: Y. Lisans  Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**  
UYGUNDUR

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ERGE



Prof. Dr. Suat ŞENSOY  
Enstitü Müdürü