

Radyasyonun ve Radyasyon Zırhlamasında Kullanılan Kurşunun İnsan Sağlığına Etkileri Üzerine Bir Araştırma

Aysun SEVEN UZUN¹

Özet: İnsanlar yaşamları boyunca radyasyonla iç içe olmuşlardır. Radyasyon kaynakları var olmaya devam ettiği sürece de bundan uzak durmak mümkün olmayacaktır. Radyasyon teknolojisi hayatı kolaylaştırdığı gibi beraberinde biyolojik sistemlere yönelik etki ederek kolaylıkla besin zincirine girip canlılara hasar vermektedir. Hatta bu hasarlar telafisi mümkün olmayan sonuçlara sebep olmaktadır. İnsanları doğrudan veya dolaylı yollarla maruz kaldığı radyasyondan korumak için zırhlamanın ve zırh kalkanı olarak kullanılacak malzemenin özelliklerinin bilinmesi çok önemlidir. Radyasyonun etkilerini azaltmak için zırh kalkanı olarak kullanılan kurşun masum gibi görünse de radyasyonun açtığı hasarı farklı yollarla devam ettirmektedir. Kentleşme ve sanayileşmenin gelişimine paralel olarak aynı hızda önlemler alınmadığı takdirde de insan sağlığını tehdit eden toksik bir madde olmaya devam edecektir. Bu çalışmada; radyasyon, radyasyon zırh elemanı olarak kullanılan kurşunun faydaları, faydasının yanı sıra insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve bu iki unsurun zararlı etkilerini en aza indirebilmek için alınması gereken önlemler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurşun, Radyasyon, İnsan sağlığı, Biyolojik etmenler

A Research on the Effects of Radiation and Lead Used in Its Shielding on Human Health and the Precautions to be Taken

Abstract: People have been intertwined with radiation throughout their lives. As long as radiation sources continue to exist, it will not be possible to stay away from this. Radiation technology not only facilitates life, but also affects biological systems, easily entering the food chain and damaging living things. Even these damages cause irreparable results. It is very important to know the armor and the material to be used as armor shield to protect people from the radiation they are exposed to directly or indirectly. Although lead used as an armor shield to reduce the effects of radiation seems innocent, it continues the damage caused by radiation in different ways. If measures are not taken in parallel with the development of urbanization and industrialization at the same pace, it will continue to be a toxic substance that threatens human health. In this study; Radiation, the benefits of lead used as radiation armor element, as well as its benefits, the negative effects on human health and the measures to be taken to minimize the harmful effects of these two factors have been investigated.

Keywords: Lead, Radiation, Human health, Biological factors

¹ Kırklareli Üniversitesi, Pınarhisar Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Kırklareli, Türkiye, aysun.seven@klu.edu.tr,

GİRİŞ

Radyasyon diğer bir adıyla ışınım; herhangi bir ortamdan başka bir ortama geçen enerji transferi, elektromanyetik dalga yayımı ya da radyoaktif parçacık akımıdır (Johns, 1983). Günümüz teknoloji çağının en temel unsurlarından birisi olan radyasyon ve radyoaktivite olumlu ve olumsuz birçok etkilere sebep olmaktadır. Yeryüzündeki bütün canlılar ve cansızlar kendi bünyeleri içindeki doğal radyasyon kaynaklarından, havadan, sudan, topraktan ve insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarına maruz kalmaktadırlar (Başyigit ve Kaçar, 2006). Maruz kalınan radyasyonun insan vücudunda bıraktığı zararlı etkileri ölçmek için milisievert (mSv) uluslararası biriminden yararlanılmaktadır. Bireyin doğal ve yapay olmak üzere yıl içerisinde ortalama maruz kalacağı radyasyon dozu 2,7 mSv/yıl'dır. Maruz kalınan ortalama doz oranlarının radyasyon kaynaklarına göre dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Maruz kalınan ortalama doz oranlarının radyasyon kaynaklarına göre dağılımı.

Radyasyon Kaynaklarının Dağılımı (mSv/yıl)						
Kozmik	Gama Işını	Dahili	Rdon	Tıbbi	Serpinti	Mesleki
0,39	0,46	0,23	1,30	0,30	0,007	0,002

Radyasyon doğal ve yapay olarak ayrılabilirdiği gibi iyonize ve iyonize olmayan radyasyon olarak da ayrılabilir. Bir atomdan veya molekülden bir elektron kopararak iyonlaşmaya neden olan radyasyonlara iyonize radyasyonlar denir (Özalpan, 2001; Algüneş, 2002). İyonize radyasyonların sahip oldukları enerji hücre ve dokular tarafından absorbe edilip dağılarak canlılarda biyolojik tahribata neden olurlar. İyonlaştırıcı radyasyonların canlıda oluşturduğu etkileri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç basamakta toplamak mümkündür. İyonize radyasyonun ilk kademesi olan fiziksel kademe enerjinin canlı dokuya transferiyle dokularda meydana gelen iyonlaşma ve uyarılma ile başlar. İkinci kademe ise kimyasal kademe olup hasar görmüş atom ve moleküller diğer hücre yapısı ile reaksiyona girerek oldukça aktif olan çiftleşmemiş elektronlardan oluşan serbest radikallerin ortaya çıkmasına sebep olurlar. İlk iki kademenin organizmada meydana getirdiği bu tip değişiklikler son kademe olan biyolojik kademeyi başlatır (Steel, 1997; Coşkun, 2011).

Canlı organizma üzerinde pek çok olumsuz biyolojik etkilere sebep olan radyasyonun oluşturacağı hasarın büyüklüğünü radyasyonun dozu ve maruz kalınan süre belirlemektedir. Günümüzde birçok alanda kullanılan radyasyon tıbbi alanda hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılsa dahi kontrollü kullanımı büyük bir önem arz etmektedir (Arslanoğlu vd., 2007). Bu amaçla Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) radyasyonun zararlı etkilerinden korunmak için gerekli olan ve sadece radyasyonla çalışanları değil radyasyonla çalışmayan bütün canlıları da kapsayan maksimum müsaade edilen doz miktarını belirlemiştir. Müsaade edilen maksimum radyasyon doz miktarları Çizelge 2'de verilmiştir. Bir yıl içerisinde maruz kalınan iç ve dış ışınlamadan alınan dozların toplamı yıllık toplam doz miktarını vermektedir. Canlıların yıllık doz miktarının üzerinde radyasyon dozuna maruz almalarına kesinlikle izin verilmemelidir (Kılınçarslan vd., 2011).

Çizelge 2. Müsaade edilen maksimum radyasyon dozları.

Müsaade edilen maksimum radyasyon doz miktarı (mSv)			
Yıllık Etkin Doz		Görevli Personel	Halk
		20	1
Yıllık Eşdeğer Doz	Göz	150	15
	Cilt	500	50
	Kol-Bacak	500	50

Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Radyasyonun zararlı etkilerinden korunabilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar; zaman, mesafe ve zırhtır. Radyasyon kaynağına olan yakınlık arttıkça ve ışınımaya maruz kalınan süreye göre alınan radyasyon dozu da artacaktır (Başyigit ve Kaçar, 2006). Radyasyon korunmasında iki temel hedef yer almaktadır. Bunlar deterministik etkileri önlemek (doku hasarına neden olan etkiler) ve stokastik etkilerin meydana gelme olasılığını kabul edilebilir düzeyde sınırlamaktır (Seven, 2011). Radyasyondan korunma yöntemleri iç radyasyona karşı koruma ve dış radyasyona karşı koruma olmak üzere ikiye ayrılır.

İç Radyasyona Karşı Korunma

Radyoaktif maddelerin solunum, sindirim, mukozalar ya da cilt yapısının bozulması sonucu vücuda girmesiyle oluşan kirlenmeye iç radyasyonla kirlenme denir. Vücuda giren radyoaktif madde vücuttan atılmadığı sürece ışınlama yapmaya devam edecektir. Bu nedenle ortamın, giysilerin ve cildin radyoaktif maddeye bulaşmasını; aynı zamanda yiyecek ve solunum gibi yollarla vücuda girişinin önlenmesi gerekmektedir. Alınması gereken önlemlerden; özel solunum cihazlarının kullanılması, yüz maskesi ve filtrelerin kullanılması, koruyucu giysilerin giyilmesi, mümkün olduğunca solunum yollarının kapatılması ve radyoaktif bölgede bulunan hiçbir gıda ve suyun tüketilmemesi sayılabilir (Yaren ve Karayılanoglu, 2005).

Dış Radyasyona Karşı Korunma

Dış radyasyon kaynaklarından alınan doz miktarını, radyasyon koruması standartlarıyla belirlenen sınırlar içerisinde tutarak olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için uzaklık, zaman ve mesafe olmak üzere üç koruma yönteminden yararlanılmaktadır (Afad, 2021).

a) Uzaklık: Kaynaktan çıkan radyasyon ışınları uzaklığın karesi ile azalmaktadır. Bu yüzden uzaklık iyi koruma yöntemlerinden birisidir.

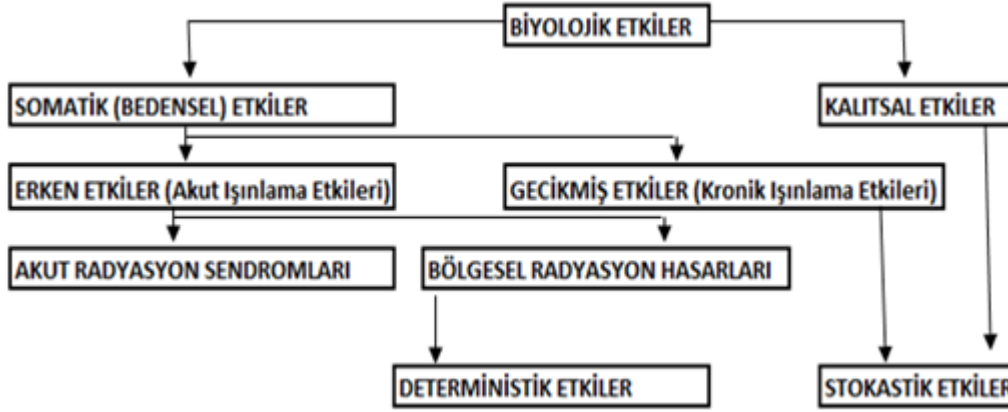
b) Zaman: Kaynağın yanında geçirilen süre ile radyasyon dozu/miktarı doğru orantılıdır. Kaynağın yakınında geçirilen süre arttıkça maruz kalınan doz miktarı da artmaktadır. Bu nedenle radyasyon kaynağının yanında mümkün olduğunca kısa süre kalınmalıdır.

c) Zırhlama: Korumada uzaklık ve zaman yöntemlerini uygulamak her zaman mümkün olmayacağı için dış radyasyon kaynaklarının sebep olacağı tehlikelerden korunmanın en temel yolu zırhlamadır. Yani maruz kalınan radyasyonun şiddetini azaltmak için kaynak ile maruz kalan kişi arasına koruyucu özelliği olan bir kalkan konulmalıdır. Günümüzde toprak, beton, çelik, kursum gibi koruyuculuğu yüksek materyaller zırh kalkanı olarak kullanılmaktadır. (Yaren ve Karayılanoglu, 2005).

Radyasyonun Organlar ve Dokular Üzerindeki Biyolojik Etkileri

Radyasyonun hücre ve dokularda meydana getirebileceği hasar gövdesel ve genetik olmak üzere ikiye ayrılır. Somatik olarak da adlandırılan gövdesel hasarlar birdenbire, erken ya da geç olarak ortaya çıkabilir. Geç ortaya çıkan hasar kötü ya da iyi huylu tümör olarak kendini gösterebilir. Somatik yani gövdesel hasarlar sadece radyasyona maruz kalan kişilerde görülür. Radyasyona maruz kalan hücreler ölebilir veya zaman içerisinde yenilenebilir. Onarıp yenilenen hücre, kromozomlarındaki kırılmadan dolayı fiziksel veya kimyasal yapısı değişip mutasyona uğrarsa normal işlevlerini yerine getiremediği için kişinin kendi bünyesinde somatik ya da gelecek nesillerde genetik hasara sebep olabilir (Seven, 2011). Radyasyonun biyolojik etkileri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Biyolojik etkiler.



Radyasyonun vücutta hasar oluşturma olasılığı ve hasarın büyüklüğü; maruz kalınan süreye, iyonlayıcı ışının türüne, hedef dokunun özelliğine ya da duyarlılığına ve ışınlamaya maruz kalan canlının yaşı gibi pek çok etmene bağlıdır. Uluslararası doz birimi olarak kabul edilen Gray (Gy), radyasyona maruz kalan bir bireyin edindiği 1 joule/kg'lık enerji miktarıdır. Maruz kalınan akut doz miktarlarına bağlı olarak bireyde meydana getirdiği etkiler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Maruz kalınan akut doz miktarı ve etkileri (Bozbıyık vd., 2002).

Akut doz miktarı	Radyasyon etkileri
0-250 mGy	Çok düşük olasılıkla gecikmiş etkiler görülebilir. Belirlenmiş ciddi klinik etkisi yoktur.
250-1000 mGy	Tedavi edilebilir düzeyde yaralara ve bulantıya sebep olabilir. Kesin olmamakla birlikte ciddi geç etkiler ortaya çıkabilir.
1000-2000 mGy	Bulanti, yorgunluk ve kusma meydana gelir. Tedavi edilebilir düzeyde kan hücrelerinde hasar görülür.
2000-3000 mGy	İlk günlerde bulanti ve kusma görülür. İki haftalık zamanın sonunda kırgınlık, iştah kaybı, ishal ve kilo kaybı görülmeye başlanır.
3000-6000 mGy	İlk birkaç saat içinde bulanti, kusma ve ishal görülür. İştah kaybı, kırgınlık, daha sonra kanama, kilo kaybı ve boğazda yanma gözlemlenir. İlk haftada ölümler yaşanabilir.
3500 mGy ve üzeri	Radyasyona maruz kalan bireylerin %50'si yaşamını kaybeder.
6000 mGy ve üzeri	Birkaç saat içerisinde bulanti, kusma ve ishal görülür. Birinci haftanın sonunda boğazda yanma ve ateş ortaya çıkar. Hızlı kilo kaybına ek olarak ikinci haftadan itibaren radyasyona maruz kalanların tamamı yaşamını kaybeder.
10 Gy ve üzeri	Çok ciddi zararlara sebep olur. Sindirim sistemini felç eder. Ölüm kaçınılmazdır.
100 Gy ve üzeri	En hızlı şekilde beyin ve sinir sistemini etkileyerek bütün vücut dokusunu hasara uğratar.

Radyasyonun sebep olduğu kompleks hastalığa Akut Radyasyon Hastalığı (ARS) denir. ARS'nin başlıca belirtileri; bulanti, kusma, termal yanıklar, kanamalı ve ağrılı enfeksiyonlardır. Eğer tedavi edilmezse hastalık ölümlerle sonuçlanır (Bozbıyık vd., 2002). Radyasyonun en bilindik sonucu kanserdir.

Radyasyonun doku ve organlarda doğrudan meydana getirdiği önemli etkilerden biri kanserdir. Doku ve organlar radyasyona çok kısa süre maruz kalmış ve kanser oluşmuş ise o doku ve organda kanser yapıcı faktörlerin öncesinde zaten var olduğu ve radyasyonun bu faktörlerin ortaya çıkmasına yardımcı olduğu kabul edilir. Eğer vücudun bir bölümü ışınlamaya maruz kalmış fakat vücudun başka bir bölümünde kanser ortaya çıkmış ise ışınlanmış doku veya organda oluşan özel hücre ve kimyasal

maddeler kan dolaşımı ile vücuda yayıldığıнын göstergesidir. Bu durum radyasyonun uzak etkisidir. Radyasyona bağlı olarak oluşan kanser en fazla kan, cilt, akciğer, kemik ve kemik iliğinde görülür. Radyasyon, doku ve organların büyümesinde aksaklıklara veya ölümüne sebep olur. Radyasyonun doku ve organlar üzerindeki diğer önemli etkisi ise kan ve kemik iliğinde görülür. Bundan başka, deri, saç, akciğerler, sindirim sistemi, göz, idrar yolları, kemik dokusunda ve üreme organlarında belirgin hasarlar meydana getirirler (Seven, 2011).

Kurşunun Genel Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kurşun (Pb) yumuşak, zehirleyici, kolay işlenebilen, iletkenliği düşük, kararlı elementler içerisinde en yüksek atom numarasına sahip olan ağır bir metaldir. Çekme mukavemeti (1 t/in²) düşük olduğundan dolayı gerilmenin önemli olduğu yerlerde kullanım sahası sınırlıdır. Eğer kurşun az miktarda antimon veya diğer metallerle alaşımlandırılır ise sertlik değeri yükseltilebilir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kurşunun fiziksel özellikleri (Möikr, 2001).

Atomik özellikleri		Mekanik özellikleri	
Atom ağırlığı	207.21	Sertlik (Moh's)	1.5
Atom numarası	82	Brinell sertliği (adi Pb)	3.2-4.5
Periyodik durumu	4.grup, 6. Periyot	Brinell sertliği (kim. Pb)	4.5-6.0
Sembölü	Pb	Külçe Pb gerilme direnci (oda sıcaklığında 2.5 cm ²)	2.000
Kristal sistemi	Regüler		
Valans değeri	2 veya 4	Haddelenmiş Pb gerilme direnci (15 °C de)	3.600
Sabit izotopları	204, 206, 207, 208	Haddelenmiş Pb gerilme direnci (-75 °C de)	15.200
Radyoaktif izotopları	209, 210, 211, 214		
Kütle özellikleri		Elektriksel özellikleri	
Özgül ağırlık(20°C de)	11.34	20 °C elektrik direnci	20.65 cm ² /mikroohm
327.4 °C de katı Pb yoğunluğu	11.005	100 °C elektrik direnci	27.02 cm ² /mikroohm
327.4 °C de sıvı Pb yoğunluğu	10.686	İzafi elektrik iletkenliği (Cu=100)	7.82
Buhar Pb yoğunluğu	103.6	İzafi elektrik direnci	1.280
Termal özellikleri			
Erime noktası	327.4 °C	Kaynama noktası (1.0 atm)	1525 °C
Buhar basıncı(2100 °C)	11.7 atm	İzafi ısı iletkenliği (Ag=100)	8.2
0 °C de termal kapasite	0.0303 gr/kal	327.4 °C termal kapasite	0.340 gr/kal
0 °C de ısı iletkenliği, cm ² ,	0.083 °C/kal	100 °C de ısı iletkenliği, cm ²	0.081 °C/kal

Öncelikli kullanım alanı akü imalatı olan kurşun, birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de doğrudan veya dolaylı olarak kullanılmış ve kullanılmaya da devam edilmektedir. Zırhlama için kullanılacak malzemenin yoğunluğu ile zırhlama özelliği doğru orantılıdır. Yani zırh malzemesinin yoğunluğu ne kadar fazla olursa x ve gama ışınlarını karşı zırhlama özelliği de o oranda artar (Shapiro, 1972). Bu nedenle hem yüksek atom numarasına sahip olduğu için hem de tehlikeli radyasyonu özellikle de gama ışınlarını azaltma özelliği olduğundan dolayı kurşun zırhlama malzemesi olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir.

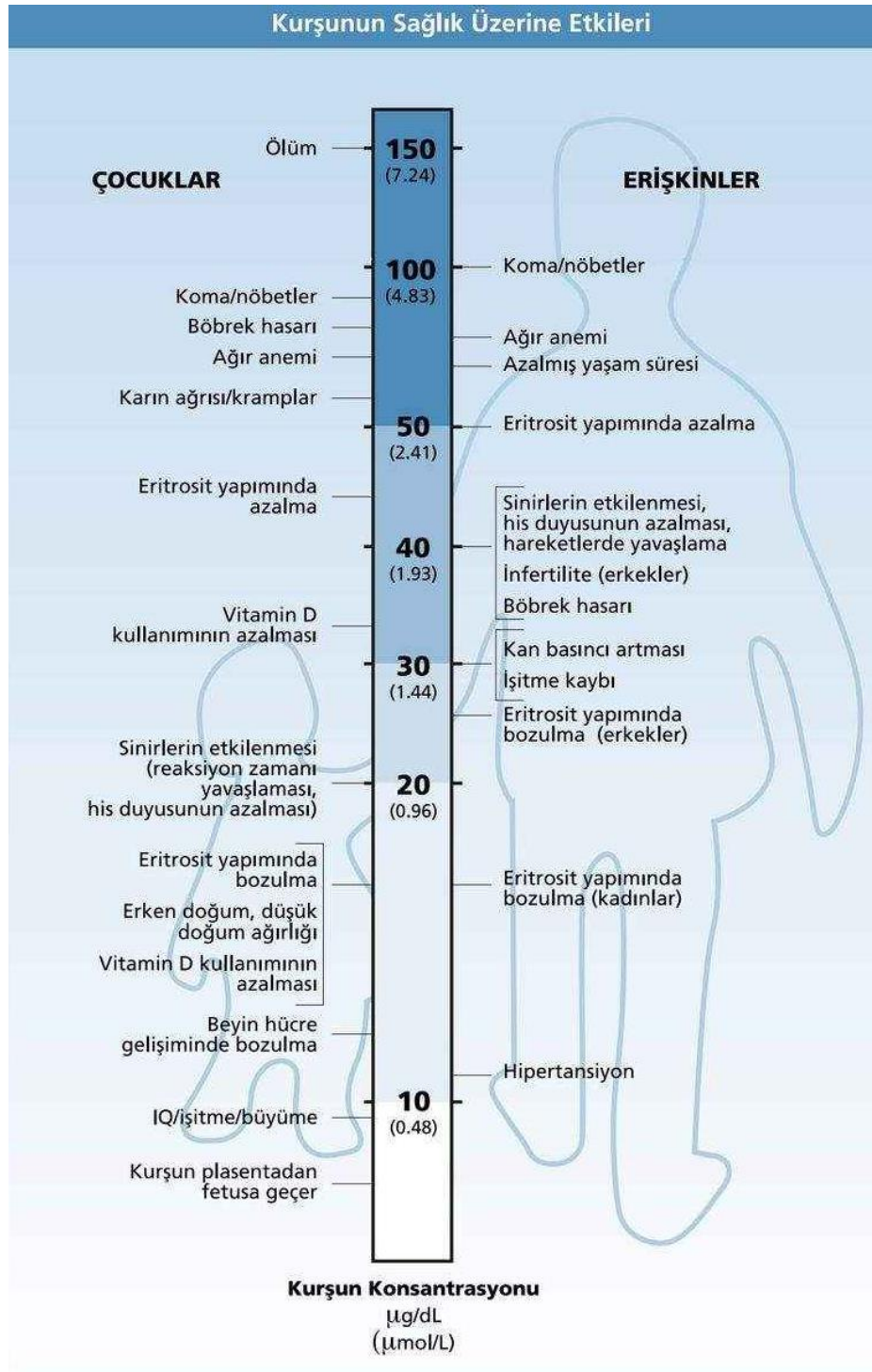
Kurşunun Sağlık Üzerine Etkileri

Solunum yolu ile çok kolay bir şekilde vücuda girebilen kurşun, toksik ve ağır bir metaldir. 2,5 µm'den küçük mikropartiküller, solunum sistemlerinde filtre edilememesinden dolayı solunum yolu ile rahatlıkla alınabilen kurşun direk akciğerlerde absorbe edilmekte ve sonrasında direkt kana karışmaktadır. Kurşun aynı zamanda kurşunla kirlenmiş gıda, su, toprak vs. şeklinde sindirim yolu ile de vücuda girebilmektedir. Vücuda giren kurşun, organlar tarafından kalsiyum olarak algılanarak en büyük hatayı yaparlar. Çünkü kurşun vücut tarafından çok yavaş absorbe edilir, vücuttan atılması çok yavaştır ve başka bir maddeye dönüşmesi mümkün olmadığından dolayı vücutta birikmeye başlar.

En çok kırmızı kan hücreleri tarafından absorbe edilen kurşun; karaciğer, böbrek gibi bağ dokularında daha fazla birikir. Vücutta dolaşan kurşun hem merkezi sinir sistemine hem de beyni zararlı kimyasallardan koruyan kan-beyin bariyerlerini oluşturan hücrelere ciddi zarar verir. Kurşunun vücuttan atılma hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de dokulardaki yarılanma süresidir. Yumuşak dokularda yarılanma süresi 35-40 gün olan kurşun, sert dokularda 20 yılda yarılanmaktadır. Vücuttan atılmayarak biriken kurşun nedeniyle özellikle yaşlı insanlarda birden bire kurşun zehirlenmeleri ortaya çıkabilmektedir. Altı yaş ve altı çocuklar solunan kurşunun %96'sını akciğerlerde absorbe ettikleri için kurşun zehirlenmesine karşı çok hassastırlar.

Vücuda doğrudan veya dolaylı yoldan giren kurşun hücre fonksiyonunu, psikolojik prosesleri, periferik ve merkezi sinir sistemlerini, kan hücrelerini, D vitamini ve kalsiyum metabolizmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca kandaki hemoglobin ile reaksiyona girerek öğrenme düzensizliğine, öğrenme zorluğuna, dikkat dağınıklığına, davranış bozukluğuna, hipertansiyona, baş ve karın ağrılarına, konuşma zorluğuna, anemiye, büyüme geriliğine, kusmaya, zayıflamaya, felce ve hatta ölüme kadar varan sonuçlara sebep olabilir. Kanında 40 µb Pb/100 ml ve üzerinde kurşun bulunan bireylerde periferik nöropati, kısırlık (infertilite), nefropati ve anemi gibi hastalıklar görülebilir. Doğurganlık ve üremeyi olumsuz yönde etkilediği için ölü doğum oranını da artırmaktadır. Kurşun absorpsiyonunda beslenme çok önemli bir faktördür. Vücutunda yeterince demir, çinko veya kalsiyum bulunmayan veya çok yağlı gıdalarla beslenen çocuk ve yetişkinler daha fazla kurşun absorbe ederler. Bunun yanı sıra vücutta yüksek seviyede D vitamininin bulunması da kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır (Öztürk, 2004; Seven, 2011). Çocuk ve erişkinlerde kurşunun sağlık üzerine etkileri Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2. Çocuk ve erişkinlerde kurşunun sağlık üzerine etkileri (Akredite Lab. DIN EN ISO 15189:2003).



LİTERATÜR TARAMASI

Maruyama vd. (1971), normal beton, ağır beton, kurşun ve demirin 4 MeV-32 MeV enerjisindeki X ışınlarına karşı lineer zayıflatma katsayılarını karşılaştırmışlardır.

Kahya (1985), yüksek aktiviteli nokta gama kaynağının zırhlama hesaplarını yaparak, gerekli zırh kalınlıklarını hesaplamıştır.

Bakos (1995), büyük enerjili gama ışınlarının alüminyum, demir ve kurşunun zırh malzemeleri ile oluşturulan katmanlı zırh bloklarındaki zayıflaması ve bu malzemelerin düzeltme katsayılarını farklı foton enerjileri için araştırmıştır.

Makarious vd. (1996), yoğunluğu 3,5 t/m³ olan betonun nötron ve gama ışınlarına karşı zırhlamasını araştırmışlar, bu betonların nötron zırhlamasında çok etkili olduğunu ve gama ışınlarını da azalttığını belirtmişlerdir.

Kobayashi vd. (1997), bazı tungsten alaşımlarının değişik gama kaynaklarına karşı zırhlama etkilerini kurşun ve bakır ile karşılaştırmıştır.

Prasad vd. (1998), kurşun, alüminyum, bakır ve kalayın 6 MeV, 12 MeV ve 20 MeV enerjilerindeki radyasyon tutuculuklarını inceleyerek, sağlık alanındaki kullanım olanaklarını incelemişlerdir.

Bakos (1999), beton, kurşun ve çelik gibi zırh malzemelerinin 6 MeV-12 MeV foton enerjisine sahip gama ışınları üzerinde etkilerini karşılaştırmıştır.

Faramawy (1999), çimento içerisine silika ilave ederek oluşturulan blokların gama radyasyonunda daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Hubbell (2000), x ışınlarına karşı kesit tesirlerini hesaplamaya yardımcı olan teoriyi ortaya koymuştur.

Toprak (2001), gama radyasyonunun toprak ile zırhlamasını Cs ve Co kaynakları kullanarak incelemiş, içerisinde Si minerali daha fazla olan toprakların daha iyi zırhlama yaptığını belirtmiştir.

Akkurt vd. (2010), yaptıkları çalışmayla malzemelerin radyasyon koruyucu özelliklerini test etmek için alternatif bir yöntem öne sürerek hazırlamış oldukları üç farklı betonun ve kurşunun röntgen film görüntülerinden numunelerin kütle zayıflatma katsayısını tahmin etmişlerdir. Çıkan sonuçları, Xcom'u kullanarak elde ettikleri hesaplama ile karşılaştırmışlardır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Modern teknolojinin en temel unsurlarından biri olan radyasyon ve radyoaktivite daima doğada var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Hayatımızın bir parçası haline gelen radyasyondan korunmak amacıyla kullandığımız kurşun kaplamalar radyasyonu azaltmakta fakat insan sağlığında çok ciddi hasarlara yol açmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü yapmış olduğu çalışmalarında insanın yüzde yüz önleyebileceği tek felaketin nükleer felaket olduğunu ayrıca önlenemesinin güvenilir tek yolunun da doğal enerji kaynaklarından faydalanmak ve aynı zamanda radyasyon kaynaklarından uzak durmak olduğunu belirtmiştir. Radyasyondan ve radyasyonu önlemek için kullanılan kurşunun insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak amacıyla;

- Röntgen ünitelerini kurarken yer seçiminde mümkün olduğunca zemin katlar dış mekâna açılan kısımlar öncelikli olarak tercih edilmelidir.
- Radyasyon ünitelerinin bulunduğu mekânın duvarlarında, delikli tuğlalara göre çok az radyasyon geçirdiklerinden, dolgu tuğlalar tercih edilmelidir.
- Radyasyonun bulunduğu mekânların uzman bir radyasyon fizikçisi tarafından radyasyon geçirgenlik hesaplarının yapılması ve çıkan sonuca göre önlemlerin alınması gerekir.
- Röntgen ünitelerinin bulunduğu yerlerin havalandırma sistemleri çok iyi olmalıdır.
- X- ışınlarının havayı iyonize etmesi sırasında açığa toksik gazlar çıkar. Açığa çıkan bu gazlar havadan daha ağır oldukları için zemine yakın olan yerlerde birikirler. Bu nedenle X-ışınının

var olduğu ortamların zemine yakın kısımlarında emici, tavana yakın olan kısımlarda üfleyici sistemlerle havalandırılması sağlanmalıdır.

- Düz arazide bir çukur, köprü altı, araba içi bile maruz kalınacak radyasyonun dozunu azaltabilir.
- İlk yardım bilgileri öğrenilmeli ve öğretilmelidir. Olağanüstü durumlar için hazırlanmış sığınaklar önceden kontrol edilmeli, gerekli tüm malzemenin bulunduğu bir çanta herkesin ulaşabileceği görünür bir yerde hazır bekletilmelidir.
- Seçilecek sığınanın kaynaktan etkilenmemesi için oldukça kalın olmasına dikkat edilmelidir.
- Sivil savunma ikazları öğrenilmelidir. Ayrıca tatbikatlarının da yapılmış olması da çok önemlidir.
- Aileler kurşun zehirlenmelerinden korunma yolları ve mevcut kurşunun artışı konusunda bilgilendirilmelidir.
- Kurşun alımını azaltmak için bireylere topraktan bulaşmasını önlemek amacıyla yemeklerden ve yatmadan önce ellerini iyice yıkamaları, tırnaklarını uzatmamaları, dışarıda satılan yiyecekleri tüketmemeleri ve kullanacakları sebze ve meyveleri bol su ile yıkayarak tüketmeleri öğretilmelidir.
- Kurşun emilimi açlık ve yetersiz beslenme durumlarda daha fazla olmaktadır. Bu nedenle özellikle çocukların öğün atlamadan çinko, vitamin C ve E, demir, protein ve minerallerden zengin beslenmeleri gerekmektedir.
- Çocukların beslenme ve büyümeleri düzenli olarak izlenmeli, duruma göre beslenme önerilerinde bulunulmalıdır.
- Yiyecek pişirmek ve saklamak için kurşunsuz kaplar kullanılmalıdır.
- Evlerdeki su sisteminde kurşun içeren lehim veya borular var ise değiştirilme imkanı varsa değiştirilmeli aynı zamanda yiyecek hazırlamak için su almadan önce su akıtıldıktan sonra kullanılmalıdır.
- Kurşun bazlı boyaların üzerleri kaplanmalı yada sökülerek ortamdan uzaklaştırılmalıdır.
- Yaptığı iş gereği kurşunla teması olanların eve geldiklerinde üzerlerindeki kıyafetleri aile fertlerinden uzağa koymaları ve bu giysilerin temizliğinin de fosfat temizleyicisi ile yapılması gerekmektedir.
- Çocuklar trafiğin yoğun olduğu yerler yerine yeşil alanlarda bol oksijen bulunan yerlerde oynamalıdır. Aynı zamanda kurşun içerdiği saptanan, baz istasyonlarının bulunduğu binaların yakınında oynamalarına izin verilmemelidir.
- Kurşun ile yoğun teması olan meslek gruplarında çalışan kişilerin kendileri ile birlikte ailenin diğer fertlerinin de kan kurşun düzeyleri düzenli olarak izlenmelidir.
- Kurşun düzeyinin yanı sıra geniş çaplı taramalarla çevresel analizlerin yapılarak kurşun zehirlenmelerine karşı koruma ve önleme stratejileri geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Akkurt, İ., Comak, B., Kilincarslan S., Basyigit, C. (2010). Image processing technique (IPT) to determine radiation shielding. *Digital Signal Processing*, 20, 1592-1596.
2. Akredite Laboratuvar DIN EN ISO 15189:2003.
3. Algüneş, Ç. (2002). *Radyasyon biyofiziği*. I. Basım, Trakya Üniversitesi Yayınları No: 51, Edirne, 59-62.
4. Arslanoğlu, A., Bilgin, S., Kubalı, Z., Ceyhan, M.N., İlhan, M., Maral, I. (2007). Radyolojik görüntüleme yöntemleri sırasında hastaların maruz kaldıkları iyonizan radyasyon dozu hakkında doktor ve intern doktorların bilgi düzeyi. *Diagn Interv Radiol*, 13, 53-55.

5. Bakos, G.C. (1995). Improvement of buildup factors for multi-energy gamma rays penetration through al, fe and pb shield combinations. *Annals of Nuclear Energy*, 22, 125-130.
6. Bakos, G.C. (1999). Direct energy generation from radiation. *Annals of Nuclear Energy*, 26, 69-73.
7. Bozbuğay, A., Özdemir, Ç., Hancı, İ.H. (2002). Radyasyon yaralanmaları ve korunma yöntemleri. *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi*, 11(7), 272-274.
8. Başyigit, C., Kaçar, A. (2006). Bazı yapı malzemelerinin radyasyon tutuculuk özellikleri. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 307-310.
9. Coşkun, Ö. (2011). İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 1(2), 13-17.
10. Faramawy, E.H. (1999). Effetto del trattamento in autoclave e dell'aggiunta di silica fume sul cemento portland nella schermatura di radiazioni gamma. *L'industria Italiana Del Cemento Fascicolo*, 69, 598-603.
11. <https://www.afad.gov.tr/kbrn/icsel-ve-dissal-radyasyondan-korunma> Erişim tarihi: 12 Aralık 2021.
12. Hubbell, J.H. (2000). X-Ray cross-sections and crossroads. *Radiation Physics and Chemistry*, 59, 113-125.
13. Johns, H.E., Cunningham, J.R. (1983). *The physics of radiology*. Charles C. Thomas Publisher, Ltd.
14. Kahya, S. (1985). *Yüksek aktiviteli bir nokta gama kaynağının zırhlama problemleri*. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi (basılmamış), İstanbul, 66 s.
15. Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Molla, T., Sancar, S. (2011). Radyoaktif ışıklardan korunaklı ekolojik yapılar. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 93-99.
16. Kobayashi S., Hosoda N., Takashima R. (1997). Tungsten alloys as radiation protection materials. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 390, 426-430.
17. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, (2001), Metal Madenler Alt Komisyonu Kurşun-Çinko-Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu, Ankara, DPT: 2628-ÖİK: 639.
18. Makarious, A.S., Bashter I.I, El-Sayed Abdo, A., Samir Abdel Azim, M., Kansouh W.A. (1996). On the utilization of heavy concrete for radiation shielding. *Annals of Nuclear Energy*, 23(3), 195-206.
19. Maruyama, T., Kumamoto Y., Kato Y., Hashizume T., Moriyuki, Y. (1971). Attenuation of 4-32 mev x-rays in ordinary concrete, heavy concrete, iron and lead. *Health Physics*, 20(3), 277- 284.
20. Öztürk, M. (2004). Kurşunlu benzin tüketimi ve kurşunun etkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
21. Özalpan, A. (2001). *Temel radyobiyoloji*. I. Basım, Haliç Üniversitesi Yayınları.
22. Prasad, S.G., Parthasaradhi, K., Bloomer, W.D., Al-Najjar, W.H., McMahon, J., Thomson, O. (1998). Aluminum, copper, tin and lead as shielding materials in the treatment of cancer with high-energy electrons. *Radiation Physics and Chemistry*, 53, 361-366.
23. Seven, A. (2011). Baritli hazır sıva kaplamalarının radyasyon zırh elemanı olarak kullanılabilirliğinin görüntü işleme yöntemi ile araştırılması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
24. Steel, G.G. (1997). The significance of radiobiology for radiotherapy in; basic clinical radiobiology, Steel G.G. (ed.), New York: Co-published in the USA by Oxford University Press, p.1-7.
25. Shapiro, J. (1972). *Radiation protection*. Harvard University Press.
26. Yaren, H., Karayılanoglu, T. (2005). Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. Tsk Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4, Gata Nbc Bd, Etlik, Ankara.
27. Toprak, Ö. (2001). *Gama radyasyonunun toprak ile zırhlamasının incelenmesi*. İTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü, Y. Lisans Tezi (basılmamış), İstanbul, 68 s.