

TEHLİKENİN ÖNÜNDEKİ ENGELLER RADYASYON ZIRHLARI

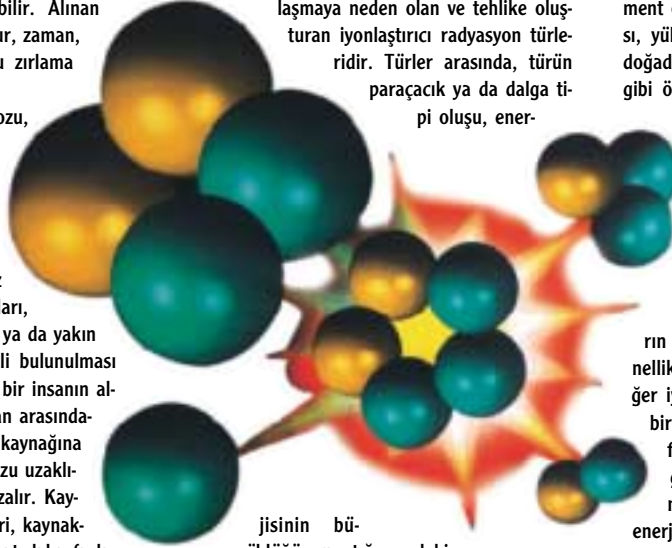
Atom bombaları, nükleer bombalar, nükleer santraller ve kazaları, nükleer madde kaçakçılığı, radyasyon, radyasyon dozu, radyoaktif madde vs. hepsi, geçtiğimiz yüzyılda edindiğimiz deneyimler ve sözcükler. Herkes için tek bir karşılığı var; o da tehlike. Ancak bazı özel malzemelerle zırhlanarak denetlenilebildiğinde, her zaman korkulacak birşey değil, bir çok alanda rahatça kullanılmakta; özellikle sağlık alanında, tanı ve tedavi aracı olarak insanın dostu. Yine de, her yerde aynı uyarı "Dikkat! Radyasyon Alanı". Tehlikelerine karşın, çeşitli nedenlerle kullanılmakta olan radyoaktif kaynaklardan açığa çıkan radyasyonun denetlemesini sağlayan, ya da başka bir deyişle, tehlikesinin derecesini azaltan bazı malzemelerden söz edeceğiz bu yazımızda. Bu malzemelerin işlevi radyasyon korunmasında, radyoaktif kaynakları bir biçimde zırhlayarak, radyasyonun tehlikeli etkilerini en aza indirmek.

Tüm canlı varlıklar gibi insan da kaynağı uzay olan kozmik ışınların, ya da topraktaki radon gazının neden olduğu doğal radyasyona her zaman maruz kalmakta. Doğal kaynaklardan yayılan, bu doğal radyasyondan tümüyle korunmak, ne yazık ki olası değil. Ama, görece küçük bir alanda yoğunlaşmış ve sınırlanmış bir radyoaktif kaynaktan yayılan radyasyonun, insanı etkileyecek doz miktarı, dikkatle planlanmış yapı ve işlemlerle sınırlanabilir ve denetlenebilir. Alınan radyasyon dozu miktarında üç unsur, zaman, kaynağa olan uzaklık ve koruyucu zırhlama türü belirleyici olur.

Bir insanın aldığı radyasyon dozu, radyasyona neden olan radyoaktif kaynağın yanında kalma süresiyle doğrudan ilişkili. Radyasyon kaynağı yanında kalma süresi ne kadar kısalsa, maruz kalınan ya da alınan radyasyon dozu da o denli az olur. Radyasyondan korunma kuralları, insanın radyasyon kaynağıyla, aynı ya da yakın ortamlarda olabildiğince kısa süreli bulunulması gerektiğini söyler. Benzer şekilde, bir insanın aldığı radyasyon dozu, kaynakla insan arasındaki uzaklığa da bağlı. Radyasyon kaynağına olan uzaklık arttıkça, radyasyon dozu uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır. Kaynaktan on adım uzaklıkta duran biri, kaynaktan bir adım uzakta olandan yüz kat daha fazla radyasyona maruz kalır.

Zaman ve uzaklığın yanı sıra, gerektiğinde insanla kaynak arasına yerleştirilen, zırh denen, uygun bir koruyucu engel, maruz kalınacak radyasyon dozunu en az düzeye indirir ya da engeller. Kaynaktan çıkarak zırhın yapıldığı malzemenin atomlarıyla etkileşen radyasyon, enerjisini zırh atomlarına aktararak, bu atomların iyonlaşmasına neden olur. İyonize atomlar arasında, yine kaynaktan gelen radyasyonun enerjisinin büyüklüğüne bağlı olarak, zincirleme pek çok etkileşme gerçekleşebilir. Atomlara çarpan radyasyonun enerjisi çok büyükse, zırh içinde, zırha çarpan radyasyonun enerjisinden daha küçük enerjili yeni tür radyasyonlar oluşabilir. Bu radyasyonlar, zırh malzemesi atomlarıyla yeniden etkileşirler. Her etkileş-

me de enerjileri azalır ve sonunda bir yerde bitecek, sönmeye uğrar. Etkileşmelerin zırh içinde sonlanmasında zırhın kalınlığı belirleyici olur. Zırh kalınlığı ve ne tür malzemelerden yapılması gerektiği de radyoaktif kaynağın gücü ve yarattığı radyasyonun türüne bağlı olarak belirlenir. Kararsız bir atomun radyoaktif bozunması sırasında açığa çıkarabileceği alfa parçacıkları, beta parçacıkları, X-ışınları, gama ışınları ve nötronlar iyonlaşmaya neden olan ve tehlike oluşturan iyonlaştırıcı radyasyon türleridir. Türler arasında, türün parçacık ya da dalga tipi oluşu, ener-



jinin büyüklüğü, çarptığı yerdeki etkileşme biçimi gibi farklar, kullanılacak zırhın malzemesinin seçiminde ve kalınlığının belirlenmesinde gözönünde tutulan unsurlar.

Zırh Malzemeleri

Teorik olarak hemen bütün maddeler, radyasyon sönmünü güvenli sınırlarda sağlayacak yeterli kalınlıklardaysa, radyasyon zırhı olarak kullanılabilirler. Zırh olacak maddenin seçiminde, radyasyonun giricilik düzeyi, radyasyonun istenen sönmü seviyeleri, ısı dağıtım kolaylığı, radyasyon zararlarına direnç, gereksinim duyulan yoğunluk ve ağırlık, yapısal olarak her yerde aynılık, korumada süreklilik, bol bulunabilirlik, kolay işlenebilirlik gibi, çok sayıda değişken göz önünde bulundurulur.

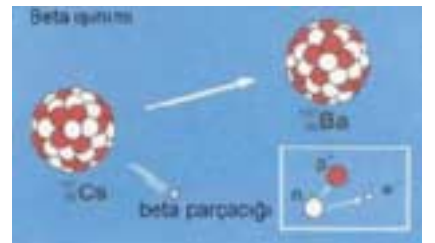
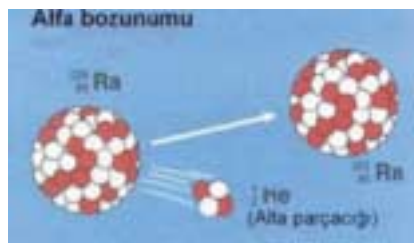
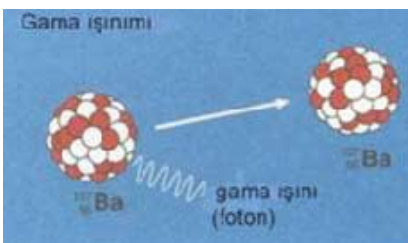
Parçacık özelliğindeki radyasyonu engellemede, kağıt ya da ince bir alüminyum plakası yeterli olabilirken, özellikle giriciliği yüksek, yani yüksek enerjili dalga tipi radyasyondan korunmanın söz konusu olduğu her yerde, sıklıkla kurşun önerilir. Tantal, tungsten, toryum, uranyum gibi daha yüksek yoğunluklu maddelerden daha az yoğun olduğu bilense de kurşun, periyodik tabloda yer alan elementlerin yaklaşık %80'inden daha ağır bir element oluşu; uygun yoğunluğu, yüksek atom sayısı, yüksek kararlılık düzeyi, kolay işlenebilirliği, doğada bulunabilirliği uygulamalardaki esnekliği gibi özellikleriyle, çok iyi bir zırh malzemesidir.

Su, beton ve parafin de özellikle, nükleer reaktörlerde zırh malzemesi olarak kullanılırlar.

Radyasyon Türleri ve Zırhlar

Pozitif yük taşıyan, "α" simgesiyle gösterilen alfa parçacığı, yalnızca iki protonlu, iki nötronlu bir helyum çekirdeği (${}^4_2\text{He}$). Atom numarası çok büyük izotopların çekirdek parçalanması sırasında oluşur. Genellikle doğal radyoaktif atomlarda rastlanır. Diğer iyonlaştırıcı radyasyon türlerine göre büyük bir elektrik yüküne sahip. Bu elektrik yükü, alfa parçacığının herhangi bir madde içinden geçerken, yolu üzerinde yoğun bir iyonlaşma yaratmasına neden olur. Bu yüzden de enerjisini hızla kaybeder. Alfa parçacıklarını çok küçük kalınlıklardaki maddelerle, örneğin ince bir kağıt tabakasıyla durdurmak olası. Enerjilerini bu biçimde hızla kaybeden alfa parçacıklarının alabildikleri yol da çok kısa olur. Normalde radyasyon tehlikesi yoktur ama, mide, solunum ve açık yaralarının doğrudan maruz kalmaları halinde insan için tehlikeli olabilirler.

Çekirdekteki enerji fazlalığı çekirdek civarında, $E = mc^2$ eşitliğiyle açıklanabilen, bir kütle oluşturur. Bu kütle çekirdekteki fazla yükü alarak dışarıya bir beta ışını olarak çıkar. Aslında beta ışını, pozitif ya da negatif yüklü elektronlardır. Pozitif yüklü elektronlar β^+ , negatif yüklü iyonlarsa β^- simgeleriyle gösterilirler. Çekirdekteki enerji fazlalığının kaynağı proton fazlalığıysa β^+ , nötron fazlalığıysa da β^- açığa çıkar. Beta parçacıkları da



Tehlikenin Kaynağı

Bir elementin özelliklerini anlamayı sağlayan en küçük birimi atom, pozitif yüklü protonlarla yüksüz nötronları içeren bir çekirdek ve çekirdeğin çevresinde dolanan negatif yüklü yörünge elektronlarından ibaret. Bir atomun yapısında yer alan çekirdeğin yapısal durumu, o atomun radyoaktif olup olmadığını söyler. Doğada bulunan elementlerin atomlarının, bazıları kararlı bazıları da kararsız çekirdeklere sahip. Bir çekirdeğin kararlı ya da kararsız olduğunu, çekirdekte yeralan nötron sayısının aynı çekirdekteki proton sayısına oranı belirler. Kararlı bir çekirdekte, çoğu durumda nötron sayısı proton sayısından biraz daha fazla olup, nötron sayısının proton sayısına oranı yaklaşık 1 - 1,5 civarındadır. Bu orana yakın bir değere sahip bir çekirdekte, proton ve nötronları bağlayan çekirdek kuvvetleri çok güçlü olduğundan, hiçbir parçacık çekirdek dışına kaçamaz. Bu, çekirdeğin denge durumunu anlatır. Ancak çekirdek, dengede değilse, başka bir deyişle kararsızsa, fazladan bir enerjiye sahip demektir; yani kendisini oluşturan parçacıkları birarada tutması çok zorlaşır, belirli bir zaman dilimi içinde de çekirdek içi etkileşimlerle, fazla enerjisini boşaltır. En basit yapıdaki hidrojen çekirdeği di-

şinde, tüm çekirdekler nötron ve protonları içerir. Hafif izotoplarda 1 değerindeyken, ağır çekirdeklere doğru gidildikçe, nötron sayısının proton sayısına oranı artar ve sonunda çekirdeklerin kararlı olmadığı bir yere ulaşır. En ağır kararlı çekirdek bizmut-207 izotopudur. Daha ağır çekirdekler sahip oldukları fazla enerji yüzünden kararsızdırlar. Radyoaktif çekirdek ya da radyoizotop denen bu çekirdekler fazla enerjilerinden kurtularak, kararlı duruma geçmeye çalışırlar. İşte, kararsız atomların fazla enerjilerini açığa vererek, daha kararlı atom haline dönüşmeye çalışmaları radyoaktivite ya da radyoaktif bozunma diye adlandırılır. Radyoaktif atomlar bozunarak radyoaktif olmayan maddelere dönüşürler. Belirli bir süre sonunda radyoaktif olma özellikleri tümüyle yok olur. Radyoaktif bozunma olayında, radyoaktif sayısının yarıya inmesi için geçen zaman yarılanma süresi olarak tanımlanır. Her radyoaktif atom için, yarılanma süresi farklılık gösterir.

Kararsız atomların radyoaktif bozunmasında, elektromagnetik dalgalar ya da hızlı parçacıklar şeklinde yayılan enerji radyasyon adını alır. Aslında radyasyonla içiçe sürdürdüğümüz bir yaşamımız var; güneş ışınları, radyo ve televizyon iletişimini olanaklı kılan radyodalgaları, sağlık alanında, en-

laştırma etkileri çok daha az olan radyasyon türleri. Yüksüz olduklarından elektrik ve manyetik alanda sapa göstermezler. Madde içerisinde geçerken üstel bir fonksiyon şeklinde bir şiddet azalmasına uğurlarlar. Gama ve X-ışınlarına karşı kullanılan en etkili zırh malzemesi kurşundur. Işımanın enerjisinin büyüklüğüne bağlı olarak, farklı kalınlıklardaki kurşun zırhlar kullanılır. Giricilik özelliği fazla olan radyasyon kaynakları, zırhlanmış kaplar içinde tutulur, örneğin hastanelerde X-ışını cihazları, duvarları kurşunla zırhlanmış odalarda bulundurulurken, dış tetkiklerine yönelik X-ışını cihazları, kurşundan yapılmış özel zırhlama konileriyle kullanılır.

Girici özelliği çok fazla ve yüksüz parçacıklar olan nötronlar, uzaydan, atmosferde atomların çarpışmasından ya da bir nükleer reaktörün içerisindeki bazı atomların parçalanmalarından (filyon) oluşurlar. Doğrudan bir iyonlaşmaya neden olmasalar da atomlarla etkileşimleri, iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama ya da X ışınlarını

Elbiseler

Bazı radyoaktif ortamlarda çalışan kişilerin korunma amacıyla elbise giydiklerini biliyoruz. Özellikle nükleer reaktörlerde çalışanların bu elbiseler olmaksızın radyasyon alanında ya da yakınında olmaları söz konusu bile olamaz. Yalnızca alfa parçacıklarını durdurmakta etkin olan geleneksel elbise malzemeleri yerine kullanılabilir, yeni malzeme arayışları sürüyor. Daha etkin bir malzemeye şu sıralarda değerlendiriliyor. Polymer tabanlı demron denen bu malzeme, hafif ağırlıkta ve kolay giyinebilirlik özelliklerine sahip. Ama en önemli özelliği polymer moleküllerinin tasarımıdır. Bu moleküller üzerine gelen bir beta radyasyonunu sapıtacak, alfa parçacığını ya da X-ışınını soğuracak büyük bir elektron bulutu şeklinde. Demron, uzay ve havacılık araştırmalarından nükleer santrallere kadar pek çok alanda, geleneksel koruyucu elbiselerin yerini almak üzere değerlendirilme sonuçlarını bekliyor.

düstride kullanılan X-ışınları günlük yaşamımızda duymaya alıştığımız radyasyon çeşitleri. Radyasyona neden olan kaynakları doğal ve yapay olarak sınıflandırdığımız gibi, radyasyonu da "parçacık" ve "dalga" tipi şeklinde sınıflandırabiliriz. Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden çok küçük parçacıkları ifade eder. Hızla giden mermilere benzetilebilirler. Belli bir enerjiye sahip, ama kütseli olmayan radyasyon çeşidi de dalga tipi radyasyon adını alır; titreşim yaparak ilerleyen elektromanyetik dalgalardır. Dalga tipi radyasyonların tümü ışık hızıyla (300.000 km/saniye) hareket ederler. Parçacık ve dalga tipi radyasyonları, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan şekilde iki gruba daha ayırmak olası. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonların bir tehlike yaratması söz konusu değil. Düşük enerjileri nedeniyle çoğu zaman, çarpıttıkları atomlarda bile bir etki oluşturmazlar. İyonlaştırıcı radyasyon, çarpıttığı maddede yüklü parçacıklar yani iyonlar oluşturabilen radyasyon demektir. İyonizasyon adını alan bu olayda, iyon oluşumu herhangi bir maddede olabileceği gibi, insan dahil tüm canlı organizmalarında da oluşabilir. Öyleyse, önlem alınmamış bir ortamda, iyonlaştırıcı radyasyonla karşılaşmak, canlı için büyük bir tehlikeyi yanında getirir.

Bu nedenle birden çok malzeme nötron zırhlama aracı olarak kullanılır. Nötronların geniş bir enerji aralığında ortaya çıkmaları zırh malzemelerinin seçiminde farklılık getirir. Bir reaktörde, düşük enerjili nötronları yavaşlatmada hidrojen zengini su, düşük maliyetiyle en iyi nötron zırhı malzemesi sayılabilir; aynı zamanda, radyasyon soğurumu nedeniyle oluşan ısının ortadan kaldırılmasını da sağlar. Ama suyun ikincil gama ışınları için yetersiz bir soğurucu oluşu, yüksek enerjili nötronların yavaşlatılmasında kullanımına izin vermez. Böyle durumlarda demir, paslanmaz çelik gibi ısı zırh malzemeleri kullanılır. Bu tür zırhlar, hızlı nötronların enerjilerinin büyük bir bölümünü ve reaktör çekirdeğinden kaçan gama ışınlarını soğurabilirler. Demir ve suyu birleştirerek yapılan zırhla, her iki malzemenin özelliklerini kullanışlı hale getirmek olası. Bazı reaktörlerde, iki ya da üç çelik tabakası ve bunların arasında bulunan su, hem nötronlar hem de gama ışınları için oldukça etkin bir zırh sistemi olarak kullanılır. Yüksek enerjili nötronlarla demir etkileşirken, nötronların enerjisi düştükçe su etkili olur. Nötronlar ısı enerjisi dönüşümünde zırh ortamına küçük bir mesafede yayılır ve bir gama-nötron etkileşmesi sonucunda zırh malzemesince yakalanır. Bu gama ışınları ikincil bir radyasyon kaynağının nedenidir. Demir, zırh malzemesini güçlendirmek için ağır bir betonun içine de katılabilir. Sudan çok daha ağır olan beton, nötron sönümü için çok daha elverişlidir. Sonuç olarak nötron radyasyonun engellenmesinde, su, parafin, beton gibi hidrojen zengin ve farklı kalınlıklarda zırh malzemeleri kullanılır.

Serpil Yıldız

Kaynaklar
<http://www.leadinfo.com/ARCH/rad.html>
<http://www.radiationproducts.com/>
<http://www.tpub.com/doematerialsci/materialscience54.htm>
<http://hps.org/publicinformation/ate/q1094.html>
<http://www.azom.com/SearchResults.aspx?AppKeyWord=Radiation-shielding>
<http://www.taek.gov.tr>
<http://www.newscientist.com>

