

RADYOAKTİF MADDE İÇEREN TÜKETİCİ ÜRÜNLERİNDE RADYASYONDAN KORUNMAYA İLİŞKİN KILAVUZ

RSGD-KLV-029



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KILAVUZUN AMACI VE KAPSAMI	2
3. TÜKETİCİ ÜRÜNLERİNİN ÇEŞİTLERİ VE SINIFLANDIRILMASI	2
3.1 Radyoaktif Madde İçeren Duman Detektörleri	2
3.2 Radyolüminesans Boya/Madde İçeren Ürünler	3
3.3 Gazlı Tritiyum Lambaları	4
3.4 Floresan Lambalar ve Ateşleyicileri.....	5
3.5 Elektronik Tüpler ve Voltaj Ayarlayıcılar.....	6
3.6 Toryum İçeren Ürünler.....	6
3.6.1 Toryum içeren lüks gömlekleri.....	6
3.6.2 Toryum içeren lensler.....	7
3.6.3 Toryum içeren tungsten kaynak elektrotları.....	8
3.7 Uranyum İçeren Ürünler	9
3.7.1 Uranyum içeren cam, seramik ve metal eşyalar	9
3.7.2 Uranyum içeren protez dişler	10
3.8 Radyoaktif Paratonerler	11
3.9 Anti-statik Fırçalar	12
3.10 Işınlanmış Kıymetli Taşlar/Mücevherler	15
3.11 Eski Ürünler	16
4. RADYASYONDAN KORUNMA VE GÜVENLİK SİSTEMİNİN TÜKETİCİ ÜRÜNLERİNE UYGULANMASI	17
4.1 Genel.....	17
4.2 Gerekçeleştirme	17
4.3 Bildirim ve Yetkilendirme	19
4.4 Korunma ve Güvenlik Optimizasyonu	20
4.5 Güvenlik Değerlendirmesi.....	21
4.6 Muaf veya Serbest Bırakma	22
KAYNAKLAR.....	25

1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda yer alan pek çok eşya ve gıdada aslında radyoaktif maddeler yer almaktadır. Bunlardan bazıları doğal olarak oluşmuş radyoaktif maddelerken, bazıları da yapay olarak insanlar tarafından üretilmiştir. Doğal radyoaktivite içeren maddelere örnek olarak, soluduğumuz hava, içtiğimiz su, yediğimiz gıdalar ve toprak verilebilir. Diğer taraftan, bazı cihazlarda, laboratuvarlarda, ilaçlarda ve hatta tüketici ürünlerinde doğal veya yapay radyoaktif maddeler olabilmektedir.

Birçok insan, iyonlaştırıcı radyasyonun tanı veya tedavi amaçlı olarak radyoloji, radyoterapi veya nükleer tıp uygulamalarında kullanımını bildiği halde, radyoaktivite veya radyasyon kelimelerini duyduğunda, radyasyon bulutları ve benzeri bilim kurgu sahnelerini gözünde canlandırmakta ve sanki hemen kanser olacaktı veya zehirlenecekti gibi tepki vermektedir. Maalesef böylesine yanlış algılar insanlarda gereksiz korkulara yol açmakta ve düşük seviyeli veya doğal radyoaktif maddelere karşı da önyargılı bir yaklaşım doğurmaktadır. Oysa doğal radyoaktivite içeren pek çok ürün ve gıda, günlük hayatımızda insanlar tarafından farkında olunmasa da kullanılmaktadır.

Radyoaktivitenin keşfinden bu yana (yaklaşık 120 yıldır), düşük aktiviteli radyoaktif maddeler bazı özelliklerinden dolayı çeşitli tüketici ürünlerinde kullanılmıştır. Bu ürünlerden bazılarında radyoaktif madde ürünün yapıldığı malzemenin içerisine bulunmakta iken, bazılarında ise kimyasal veya fiziksel özelliklerinden faydalanmak için radyoaktif madde ürünün içerisine eklenmiştir.

Örneğin, yangın önleme amaçlı olarak kullanılan bazı duman dedektörlerinin içerisinde Amerisyum-241 maddesi ürünün kendi parçaları ile birleştirilerek, eski havagazi fenerlerinde de (lambalarında) fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı Toryum alaşımı kullanılmıştır. Başka bir örnek de Radyum'un, lüminesans yani kendiliğinden ışıltama özelliğinden dolayı halka serbestçe satılan bazı masa saati veya kol saati göstergelerinde ve kadranlarında kullanılmasıdır. Daha sonrasında ise malzeme teknolojisinin gelişimi ile birlikte bu göstergelerde gama radyasyonu yayan Radyum yerine, düşük enerjili beta yayan Tritiyum veya Prometyum-147 radyoaktif maddeleri, üstelik miktarları da azaltılarak, aynı amaçla kullanılmıştır.

Radyoaktif madde içeren tüketici ürünlerinin kullanım alanlarının ve çeşitlerinin zaman içerisinde artması nedeniyle, ülkelerin düzenleyici kurumları (otoriteleri) halkın ve çevrenin radyasyondan korunmasının sağlanması amacıyla, bu ürünlerin kullanımına ilişkin bazı düzenlemeler getirmiş ve bazılarını da düzenleyici kontrol altına almışlardır. Bu amaçla bazı ülkelerde, tüketici ürünlerinin kullanımına ve halka arzına yönelik olarak bu doküman gibi kılavuzlar veya yönetmelik/usul ve esas gibi düzenleyici dokümanlar yayınlanmıştır. Burada tabii ki amaç bu tüketici ürünlerinin kullanımı veya bulundurulmasından dolayı oluşabilecek halkın radyasyona maruz kalması durumlarının mümkün olan en düşük seviyede tutulmasını sağlamaktır.

Geçmiş yıllarda (1940-1960'lı yıllarda) yaygın olan bu kullanımlar, teknolojinin ve malzeme biliminin de gelişimiyle paralel olarak yerini başka maddelere bırakarak azalmıştır. Örneğin, günümüzde saat veya benzeri göstergelerde veya duman dedektörlerinde yukarıdaki belirtilen radyoaktif maddeler kullanılmamaktadır.



Resim 1. Artık kullanılmayan radyoaktif madde içeren bazı tüketici ürünleri

2. KILAVUZUN AMACI VE KAPSAMI

Bu kılavuz, radyoaktif madde içeren tüketici ürünlerinin çeşitleri, özellikleri ve kullanım amaçları ile bu ürünlere ilişkin uluslararası ve ulusal düzenlemeler hakkında bilgi vermek ve bunların radyasyondan korunma açısından güvenli kullanımları konusunda son kullanıcı olan tüketiciye yol göstermek amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuz içeriğinde, “**radyoaktif madde içeren tüketici ürünü**” terimi yerine kısaca “**tüketici ürünü**” terimi kullanılacaktır. Tüketici ürünü teriminin bu kılavuz içerisinde kullanılacak olan anlamı ise; “*halka serbestçe (bir kısıtlama veya düzenleyici kontrolü gerektirmeksizin) arz edilebilen, içerisine yapay (doğal olmayan) yollarla radyoaktif madde konmuş veya ışınlama yoluyla kendisi radyoaktif hale getirilmiş, cihaz veya ürün*” şeklindedir. Buna göre, inşaat malzemeleri, kaplıca suları ve mineralleri ile gıda maddeleri bu kılavuz kapsamına girmemektedir.

Bu kılavuz, tüketici ürünlerinin kullanımı, satışı ve dağıtımında radyasyon güvenliğinin ve kişilerin radyasyondan korunmasının sağlanması amacıyla, uluslararası tavsiyeler ve düzenlemeler de göz önünde bulundurularak bilgilendirme ve tavsiye niteliğinde hazırlanmış bir dokümandır.

3. TÜKETİCİ ÜRÜNLERİNİN ÇEŞİTLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Bu bölümde dünyada en yaygın kullanılan veya kullanılmış olan tüketici ürünlerinin çeşitleri tanıtarak sınıflandırması yapılacaktır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) 2016 yılında yayımlanmış olduğu SSG-36 numaralı “Radiation Safety for Consumer Products” (Tüketici Ürünleri için Radyasyon Güvenliği) [1] isimli güvenlik kılavuzunda radyoaktif madde içeren tüketici ürünleri aşağıdaki 3 sınıfa ayrılmıştır:

- 1- Gerek kimyasal gerekse fiziksel özelliklerinden dolayı düşük miktarda (seviyelerde) radyoaktif madde içeren ürünler. Bu ürünler üretilirken aktiviteleri genellikle ürünün kullanım ömrü boyunca etkin olacak şekilde tasarlanır. Bu nedenle bu tip ürünlerden kullanım ömürleri boyunca ve hatta kullanım ömrünü tamamladıktan sonra ışınlanma meydana gelmesi mümkündür.
- 2- Çalışması veya yapısı gereği düşük seviyelerde iyonlaştırıcı radyasyon üretebilen ürünler. Üretim aşamalarında daha karmaşık cihazların içine elektronik tüpler vb. radyasyon üretebilen ürünler konulabilir. Bunların radyasyon üretmesi ve dolayısıyla ışınlanmaya maruz kalınması sadece cihaza elektrik(enerji) verildiğinde mümkün olacaktır.
- 3- Işınlama sonucunda radyoaktif hale getirilmiş ürünler. Bir maddenin elektron veya nötron demeti ile ışınlanması onun bir radyoaktif hale gelmesini sağlayabilir. Günümüzde bu tip bir tüketici ürünleri, sadece mücevher amaçlı kullanılmak için üretilen kıymetli taşlardır.

3.1 Radyoaktif Madde İçeren Duman Detektörleri

Dünyada en çok kullanılan tüketici ürünlerinden birisi olan ve İngilizce adı “*ionisation chamber smoke detectors*” olan bu ürünler, iki elektrodu arasındaki havayı iyonlaştıracak şekilde içerisinde radyoaktif madde içeren duman detektörleridir. İki elektrot arasındaki gerilim farkı küçük bir akım oluşturmaktadır. Duman, detektörün içerisine girdiğinde, akımı oluşturan elektronlardan bazıları duman içindeki daha ağır atomlar ile kimyasal bağ oluşturacaktır. Bu durumda da elektrotlar arasındaki akımda düşüş veya cihazın direncinde artış meydana gelecek ve elektrik akımının kesilmesine neden olan bu durum da alarmı tetikleyecektir.

1970'li yıllarda bu tip duman detektörlerinin içerisinde Am-241, Ra-226, Kr-85, Ni-63 ve Pu-239 veya Pu-238 radyoaktif maddeleri kullanılmaktaydı.[1] Ancak bunlardan Am-241 dışındaki radyoizotop içerenleri, daha yüksek doz hızlarına ve ışınlama potansiyeline sahip olduklarından zaman içinde gerekçelendirilememiş ve kullanımdan kaldırılmıştır.[2] Günümüzde genellikle içerisinde daha çok Am-241 olanlar kullanılmaktadır.



Resim 2. Radyoaktif madde içeren duman detektörleri

İçerisinde 40 kBq aktiviteli Am-241 radyoaktif maddesi içeren duman detektörleri için radyasyon güvenliği açısından yapılan risk değerlendirmesinde, temelde iki durum göz önüne alınmıştır. Birincisi normal kullanım durumunda maruz kalınabilecek olan ışınlama dozu, diğeri ise kaza durumlarında hatta duman detektörünün parçalanması durumunda maruz kalınabilecek olan ışınlama dozudur. Evinde/işyerinde yukarıda bahsedilen duman detektörü bulunan bir kişinin normal kullanım koşulları altında, içerisindeki radyoaktif madde nedeniyle alabileceği yıllık maksimum dozun ortalama olarak $1 \mu\text{Sv}/\text{yıl}$ olacağı hesaplanmıştır. Detektörün ev içerisinde parçalanması, çöpe atılması veya yangında yanması gibi senaryolar sonucunda ise durumdan kaynaklı olarak kişiye vereceği etkin dozun $4-5 \mu\text{Sv}'\text{ten}$ fazla olmayacağı hesaplanmıştır. Benzer şekilde yangın esnasında müdahale eden itfaiyecinin gaz maskesi takıyor olması durumunda, normal bir daire/ev yangınına müdahale esnasında $0,001 \mu\text{Sv}'\text{ten}$ az doz alacağı, ortalama 7200 adet duman detektörü taşıyan bir araç kazasına müdahale sırasında bile $1 \mu\text{Sv}'\text{ten}$ az doz alacağı hesaplanmıştır. Hatta öğrencilerine göstermek amaçlı olarak duman detektörünü açıp kaynağı çıkaran bir öğretmen senaryosu durumunda bile, öğretmenin alacağı dozun (kaynağın bütün kalacağı ve solunum yoluyla alınmayacağı varsayılmıştır) $0,01 \mu\text{Sv}'\text{ten}$ az olacağı hesaplanmıştır [1].

Bu ürünler en yaygın kullanılan ürünlerden olduğundan, bunlarla ilgili daha fazla senaryo göz önüne alınarak kişilerin alabileceği dozlar [1] numaralı referansın ek-5'inde ayrıntısı ile verilmiştir.

3.2 Radyolüminesans Boya/Madde İçeren Ürünler

Radyoaktif maddelerin radyolüminesans yani kendinden parılayan boya üretmek için fosfor maddesi ile karıştırılması durumu özellikle 1930'lu yıllardan itibaren yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu şekildeki boyaların kullanıldığı ürünler aşağıda sıralanmıştır:

- Saatler,
- Hız göstergeleri,
- Yön bulma cihazları örneğin pusulalar,
- Yön gösterici işaretler (örneğin "exit" yani çıkış yazısı)
- Cep fenerleri,
- Anahtarlıklar,
- Balıkçılıkta kullanılan ürünler, şamandıra vb.

İlk başlarda bu ürünlerde kullanılan radyoaktif madde Radium-226 (Ra-226) iken, daha sonralarında özellikle 1950'li yıllardan sonra nispeten daha güvenli olan Prometyum-147 (Pm-147) veya Trityum (H-3) gibi radyoaktif maddeler kullanılmıştır. Pm-147 içeren radyolüminesans boyalar günümüzde bile bazı dalgıç saatleri ve göstergelerinde kullanımdadır.

Saatlerde bu ürünlerin sağlanması gereken özellikleri ve test yöntemlerini belirleyen standart "ISO Standard 3157:1991-Radioluminescence for Time Measurement Instruments" isimli standarttır ve bu standartta kullanılacak olan maksimum aktivite Pm-147 için $5,5 \text{ MBq}$ ve Trityum için 277 MBq olarak belirlenmiştir. Bu aktivite miktarları IAEA tarafından yayınlanan "GSR Part 3-International Basic Safety Standards"[3] isimli dokümanda ve aynı zamanda TAEK tarafından yayınlan "Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği"nin [4] ekinde belirlenen muafiyet sınırlarından düşüktür (Pm-147 için 10 MBq , Trityum için 1 GBq). Bu tip kullanıma izin verilmesinde muafiyet sınırlarının altında olma kriteri bulunmamakla birlikte fikir vermesi için belirtilmiştir.

Yine ABD'nin düzenleyici kuruluşlarından birisi olan National Radiological Protection Board (Ulusal Radyolojik Koruma Kurulu) tarafından yayınlanan "Radiological Protection Standards for Radioluminous Time Measurement Instruments (Radyolüminesans Zaman Ölçme Cihazları için Radyolojik Korunma Standartları)" isimli dokümanda yer alan doz değerlendirmesinde, yukarıda belirtilen ISO standardına uygun kriterleri sağlayan saatlerden normal kullanımda alınabilecek dozun ortalama 10 μ Sv/yıl, kaza durumları için ise 1 mSv'ten fazla olamayacağı belirtilmiştir.



Resim 3. Radyoaktif boya içeren saat ve pusula örnekleri

3.3 Gazlı Tritiyum Lambaları

Gazlı trityum lambaları vakumlu ve kapalı bir cam tüpün içerisine trityum gazının doldurulması ve çeperlerinin fosfor ile kaplanmasıyla üretilmiştir. Gazdan yayınlanan beta parçacıkları şişenin çeperindeki fosfor maddesinin atomlarına çarparak radyolüminesans oluşturur ve böylece güçlü bir ışık yayınlırlar.

Bu cihazlar geçmiş yıllarda özellikle pusula gibi ürünlerde çok yaygın olarak kullanılmıştır. Geçmiş yıllardaki teknoloji ile küçük boyutlardaki gazlı trityum tüplerinin üretimi çok zordu ve kol saatleri ile balıkçı şamandıralarında kullanımı çok azdı. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler boyutları 0,5 mm çapında ve uzunlukları 1,3 mm olacak şekilde çok küçük gazlı trityum lambalarının üretimini mümkün kılmıştır. Bu nedenle günümüzde kol saatlerinin kadranında ve göstergelerinde kullanılabilir. Ayrıca pusulalar, anahtarlıklar ve harita lambalarında da kullanılmaktadır.



Resim 4. Gazlı trityum lambası içeren anahtarlık, askeri ürünler ve saatler

1970'li yıllardan itibaren gazlı trityum lambası içeren ürünlerin yaygın kullanılmaya başlanması nedeniyle, OECD/NEA tarafından bunların üretimi ve kullanımına ilişkin "Radiation Protection Standards for Gaseous Tritium Light Devices (Gazlı Tritiyum Işık Cihazları için Radyasyondan Korunma Standartları)" isimli bir standart hazırlanmıştır. Bu cihazda kişinin dış ışınlanmaya maruz kalması göz ardı edilebilir çünkü burada yayınlanan beta parçacıkları radyasyondur ve bilindiği üzere beta parçacıklar havada 10-15 cm ilerleyebilmekte ve hatta ince bir kâğıt ile durdurulabilmektedir. En olası ve zararlı olabilecek olan ışınlanma türü ise gazlı trityum lambasının kırılmasıyla trityumun buharlaşması ve bu gazın solunmasıyla söz konusu olabilmektedir. Diğer bir olasılık ise çok az miktardaki trityumun, cihazdan sızarak solunması veya cilde bulaşmasıdır. Bundan dolayı yukarıdaki standart 1992 de tekrar gözden geçirilmiş, özellikle

gazlı trityum lambasının üretimi-yapımı, trityumun aktivite miktarı ve içindeki trityumlu suyun oranı konusunda önemli kurallar ve kısıtlamalar getirilmiştir.

Trityum için muafiyet sınırı bir önceki başlıkta belirtildiği üzere 1 GBq dir. Yapılan çalışma ve değerlendirme sonucunda, yukarıdaki standartlara uygun olan bir saat veya pusuladan kaynaklı olarak halktan bir kişinin alabileceği ışınlanma dozlarının, normal kullanımda 10 μ Sv/yıl'ı ve kaza senaryoları durumunda ise 1 mSv/yıl'ı aşmayacağı hesaplanmıştır.

Günümüzde teknolojinin gelişimi ve boyutların iyice küçülmesi dolayısıyla gazlı trityum lambaları içeren pek çok ürünlerdeki aktivite, muafiyet sınırı olan 1 GBq'den oldukça düşüktür. Özellikle günümüzde üretilen bazı kol saatlerinde kullanılan her bir gazlı trityum lambasının aktivitesi 0,1 GBq'i aşmayacak şekilde, toplam aktivite ise 1 GBq'i aşmayacak şekilde üretilmektedir.

3.4 Floresan Lambalar ve Ateşleyicileri

Harcadıkları enerji açısından oldukça yüksek verimlilikte beyaz ışık üreten bu tip floresan lambalar, daha çok sokak aydınlatmasında, otomobillerin ön farlarında ve yüksek ışık yoğunluğu gerektiren diğer bazı uygulamalarda da kullanılmaktadır. Bunlar, lambanın içerisinde ark (elektrik atlaması) oluşturmaya yarayan çok düşük miktarda Kr-85 (Kripton-85) veya Th-232 (Toryum-232) içermektedir. Radyoaktif maddenin miktarı lambanın modeline göre değişmektedir. Örneğin Kr-85 içeren modellerde, radyoaktif maddenin aktivitesi, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde [4] yer alan, ne aktivite konsantrasyonu muafiyet sınırını, ne de cihaz içindeki toplam aktivite muafiyet sınırını aşmamaktadır. Ancak Th-232 içeren modellerde, lambanın içindeki toplam aktivite değeri muafiyet sınırının altında kalırken, aktivite konsantrasyonu değeri, IAEA tarafından yayımlanan "Exemption from Regulatory Control of Goods Containing Small Amounts of Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1679 (Düşük Miktarda Radyoaktif Madde İçeren Eşyaların Düzenleyici Kontrolde Muaf Tutulması)" [5] isimli dokümanda yer alan 10 Bq/gr muafiyet değerinden fazladır. Bununla birlikte, bir radyoaktif maddenin veya onu içeren düzeneğin muaf sayılması için, verilen muafiyet değerlerinden toplam aktivite veya aktivite konsantrasyonu değerinden sadece birisinin altında kalması yeterlidir, her iki değer de altında kalması koşulu aranmaz. Buna göre, Th-232 içeren lambalar muafiyet sınırının altındadır.

Floresan lambalardaki başlatıcı (starter) parçası çok düşük aktivitede Kr-85 içermektedir. Bu parçadaki aktivite değeri genellikle 500 Bq (0,5 KBq) dir ve muafiyet sınırı değerleri olan 1 GBq ve 10 KBq değerlerinin oldukça altındadır.

United Kingdom Health Protection Agency (Birleşik Krallık Sağlık Koruma Ajansı) tarafından 2010 yılında yapılan bir çalışmada, floresan lambaların veya benzeri lambaların taşınması ve kullanılması sonucunda ortaya çıkabilecek olan ışınlanma dozlarına yönelik bir rapor hazırlanmıştır. Bu rapora göre, floresan lambaların kullanımı sonucunda ortaya çıkan ışınlanma değerlerinin, normal kullanımda sınır değer olan 10 μ Sv/yıl değerini ve düşük olasılıklı durumlarda yani kaza durumlarında sınır değer olan 1 mSv/yıl değerini aşmadığına karar verilmiştir [6].



Resim 5. Radyoaktif madde içeren başlatıcı (starter) örnekleri

3.5 Elektronik Tüpler ve Voltaj Ayarlayıcılar

Radyoaktif madde içeren elektronik tüpler özellikle 1940'lardan itibaren başlayarak 1980'lerin sonuna kadar üretilmiştir. Günümüzde bunların radyoaktif madde içermeyen türleri kullanılmaktadır. Bu tip cihazlar, voltaj ayarlayıcılar, ark atım tüpleri, voltaj duyarlı anahtar tüpler ve benzeri cihazları içermektedir.



Resim 6. Radyoaktif madde içeren elektronik tüplere örnekler

Bu ürünlerde kullanılmış olan radyoaktif maddeler daha çeşitli olmakla birlikte, H-3, C-14, Co-60, Ni-63, Kr-85, Cs-137, Pm-147, Pb-210, Ra-226 ve Th-232 olarak sıralanabilir. Burada radyoaktif maddenin yaptığı iş, tüpün içindeki gazı iyonlaştırarak tüpe uygulanan voltajın anında bir akım yaratmasını sağlamaktır. Radyoaktif madde olmasa, tüp içindeki akımın oluşması ancak doğal radyasyonun oluşturduğu iyonlaşma oranında olmaktadır. Oysa radyoaktif madde varlığında akımın oluşması çok daha hızlı ve kolay olmakta, böylece tüp çıkış voltajının sabit olduğunu ve voltaj dalgalanmalarının engellendiğini garanti etmektedir.

Bu tür cihazlardan alınabilecek olan ışınlanma dozları normal kullanımda çok düşüktür.

3.6 Toryum İçeren Ürünler

3.6.1 Toryum içeren lüks gömlekleri

Aşağıdaki resimde de görüldüğü üzere, eski gazlı lambalarda kullanılmak ve yanma sırasında alevin daha parlak ve akkor şeklinde bir ışık vermesini sağlamak üzere üretilmiş olan file şeklindeki naylon torbalardır.



Resim 7. Gaz lambası için toryum içeren lüks gömlekleri

Naylon filenin bu özelliği kazanabilmesi ve daha parlak ışık verebilmesi için toryum-nitrat çözeltisi içine batırılarak toryumlu çözelti malzemeye emdirilmiştir. Bu gömlekler lamba içine konulup yanmaya başladığında, içindeki toryum-nitrat, toryum-oksit'e dönüşürken parlak akkor şeklindeki ışık meydana gelmektedir. Yanma sonucunda meydana gelen ürünler lamba içerisindeki havaya salınmaktadır. Meydana gelen ürünlerin %50'si Berilyum ve kalan %50'si ise Toryum'un bozunması ile ortaya çıkan diğer radyoaktif maddelerdir.

US Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research (Birleşik Devletler, Nükleer Düzenleme Komisyonu, Nükleer Düzenleme Araştırmaları Ofisi) tarafından 2001 yılında yayımlanan "Systematic Radiological Assessment of Exemptions for Source and Byproduct Materials-NUREG 1717" [7] isimli dokümanda, tipik bir lüks gömleğinin 250 mg, yani yaklaşık 0,027 μCi aktivitede radyoaktif madde içerdiği belirtilmiştir. Bazı lüks gömleklerinde ise bu miktarın 400 mg olabildiği belirtilmekte ve ölçülen aktivitenin 0,065 μCi 'ye kadar çıkabildiği görülmektedir.

NUREG 1717 isimli dokümanda lüks torbalarının kullanımı sonucunda kişiler tarafından radyasyon ışınlanması sonucu alınabilecek olan dozlar, lüks torbalarının kullanımında farklı ortamlar ve farklı senaryolar dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Örneğin soluma yolu ile alınabilecek olan dozların hesaplanmasında, gaz lambasının içindeki havada bulunan bozunum ürünlerinden biri olan Radon gazının (Rn-220) tamamının ortama yayıldığı ve lüks torbası tutuşturulduğunda diğer bozunum ürünlerinden birisi olan Radyum'un %30'unun buharlaştığı kabulü yapılmıştır.

Buna göre en yüksek ışınlanma dozunun hesaplanabilmesi için, bir kişinin yılda 4800 saat boyunca bir odada yaşadığı ve tek ışık kaynağının bir gaz lambası olduğu varsayımı yapılarak alabileceği dozun en fazla 200 mrem/yıl (2 mSv/yıl) olduğu hesaplanmıştır. Yine başka bir kabulde ise küçük bir çocuğun gaz lambası ile oynadığı ve oluşan külden bir kısmını içine çektiği şeklinde düşünüldüğünde alabileceği dozun 2 mrem (0,02 mSv) olacağı hesaplanmıştır. Son olarak diğer bir kabul örneği ise sık sık kamp yapan ve ışık kaynağı olarak gaz lambası kullanan kişilerin, tek bir kamp esnasında alabilecekleri dozların 0,002 mrem (0,02 μSv) ile 0,06 mrem (0,6 μSv) arasında olacağı, bir yıl boyunca alacakları dozların da 0,05 mrem (0,5 μSv) ile 6 mrem (0,06 mSv) arasında değişebileceği şeklinde hesaplanmıştır.

Toryumlu lüks torbalarının ticari olarak üretimi 1950'li yıllarda başlamış ve 2000'li yılların sonuna kadar devam etmiştir. Özellikle Birleşik Devletler'de 1981 yılındaki üretim sayısının 25 milyon ve 2000 yılındaki sayının ise 50 milyon civarında olduğu tahmin edilmektedir. Daha sonraları ise lüks torbalarının içindeki Toryum'un yerine İtiryum kullanılmaya başlanmıştır. İtiryum'un verdiği parlak akkor ışık %20 oranında daha az olmasına rağmen radyoaktif olmadığı için daha çok tercih edilmiştir. Günümüzde Toryum'lu lüks torbaları üretilmemektedir. Ancak, eskiden kalma lüks torbalarının satışına özellikle yurt dışında daha fazla olmak üzere hala rastlanabilmektedir.

3.6.2 Toryum içeren lensler

Optik lenslerin tasarımında genellikle yüksek kırılma indisine sahip olması istenir. Optik lensin kırılma indisi ne kadar yüksek olursa, ışığın bükülmesi ve dolayısıyla da görüntü netliği ve renk duyarlılığı da artar. Aslında bu, lensin ışık toplama gücünün bir ölçüsüdür. Ancak lenslerin imalatında kullanılan hammaddelerin yoğunluğundan ve kalınlığından dolayı kırılma indisi arttıkça ışık geçirgenliği ve ışığın dağılması da arttığı için görüntü netliği de azalabilmektedir. İşte bu durumda lenslere Toryum katarak 1,6 değerlerinin üzerinde kırılma indisine sahip fakat ışığı dağıtma faktörü çok düşük olan ve istenen geçirgenliği veren optik lensler üretilmeye başlanmıştır.



Resim 8. Toryum içeren optik lens örnekleri

İlk Toryum içeren lensler Birleşik Devletler'de 1939 yılında %12 civarında Toryum katkılı özel amaçlı olarak üretilmeye başlanmış ve 1950'li yıllara gelindiğinde ise Toryum yüzdesinin %28 civarına kadar yükseldiği ve ticari amaçla satılan optik lensler ve fotoğraf makinelerinde de kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Bu lensler televizyon kameraları, 35 mm'lik kameralar, askeri amaçlı kameralar, mikrofilm okuyucuları ve hatta havacılıkta kullanılan kameralarda bile kullanılmıştır.

Bu tür lenslerin üretildiği yıllarda en büyük radyasyon ışınlanması ve doz alınması tehlikesi tabii ki Toryum'lu lensin makinenin gözün yaklaştırılarak bakılan kısımda kullanılması olmuştur. Normalde yasak olan bu durum maalesef 1950-1960'lı yıllarda meydana gelmiş ve radyasyona karşı çok hassas olan göz lensinden doz alan kişiler olmuştur. Örneğin NUREG-1717 [7] isimli dokümanda, bir televizyon kamerasının lensinde %30 oranında Toryum kullanılması, kameramanın yılda 1000 saat kamera arkasında durması ve çekim yapması durumunda alacağı dozun, yıllık 60 mrem (0,6 mSv) gibi yüksek bir değere kadar çıkabileceği hesaplanmıştır. Tabii ki günümüzde artık hiçbir televizyon kamerası lensinde Toryum kullanılmamaktadır.

Diğer bir hesaplama ise üzerinde Toryum'lu lens içeren bir kamerayı taşıyan bir fotoğrafçı için yapılmıştır. Bu hesaplamada, lensin 0,36 μ Ci Toryum içermesi ve fotoğrafçının kamerayı üzerinde taşıması durumunda, fotoğrafçının vücudundan 10 cm derinlikteki doz değerinin 0,01 mrem/saat olacağı ve bu kişinin kamerayı yılda 30 gün ve 6 saat boyunca üzerinde taşıdığı düşünülüğünde ise yıllık alacağı dozun 2 mrem (0,02 mSv) olabileceği hesaplanmıştır. Ancak profesyonel fotoğrafçı olmayan normal bir kullanıcının bu durumda alacağı dozun ise yılda 0,7 mrem'i (7 μ Sv) aşmayacağı hesaplanmıştır.

1980'li yıllar itibariyle bu tür lenslerin üretimi durdurulmuştur. Çünkü hem kişilerin özellikle göz lensi dozu almasının muhtemel olduğu hem de Toryum'dan yayılan gama ve beta ışınlarının kamera içindeki filme zarar verme durumlarının olduğu anlaşılmıştır. Zaman içinde lensin kendi radyasyon ışınlarına maruz kalması sonucunda, lensin kendisinde ışık geçirgenliğini azaltan kararmalar meydana gelmeye başlamıştır ve bunun sonucunda kırmızımsı-kahverengimsi renkler bozulmaya başlamıştır.

3.6.3 Toryum içeren tungsten kaynak elektrotları

Toryum içeren bu elektrotlar Tungsten Asal Gaz (Tungsten Inert Gas-TIG) kaynak elektrodu olarak bilinir. Bu tür elektrotlar kaynak esnasında yoğun ve hızlı bir dolgu malzemesi gerektiğinde kullanılmaktadır. TIG kaynağı pahalı ve özel bir kaynak çeşidi olup, kaynakta çok yüksek kalitede sonuçlar elde etmek için kullanılır.



Resim 9. Toryum içeren TIG elektrotlar

Toryumun Tungsten içine ilave edilme nedeni, elektrodun akım geçirgenliğini artırması ve böylece daha yoğun ve hızlı bir kaynak yapımına yol açmasıdır. Aynı zamanda toryum, kıvılcım başlamasını da kolaylaştırır ve elektrodun daha stabil (kararlı) kaynak yapmasını kolaylaştırır.

Genellikle kullanılan elektrotlarda ağırlık olarak %1-2 civarında Toryum-Oksit katkısı bulunur fakat %4 civarında olanları da üretilmiştir. Toryumlu elektrotlar içerdikleri radyoaktif madde miktarına göre renk bazlı kodlandırılmıştır. Sarı olanlar %1 ve kırmızı olanlar ise %2 toryum katkısı

içermektedir. Çapları genellikle 0,25 mm ila 6,35 mm arasında ve uzunlukları da 7,6 cm ila 61 cm arasında değişmektedir. Dolayısıyla ortalama 2,4 mm çapında ve 15 cm uzunlukta bir elektrodun içerdiği Toryum miktarı da yaklaşık 0,23 gr civarında olacaktır. Bu elektrotların yıllık ortalama 5 milyon civarında üretildiği tahmin edilmektedir.

Bunlarla yapılan çalışmalara göre ışınlanma dozu alma riski en çok havada buharlaşan toryumun solunması ile oluşur. Elektrodun kaynak esnasında yanması ile toryum buharlaşır ve havaya karışır.

NUREG-1717 [7] dokümanında, detaylı bir ışınlanma dozu tahmini yapılmıştır ve üç temel doz alma senaryosu çizilmiştir: Bunlardan ilki elektrot başlarının kaynaktan önce sivri bir uç oluşturacak şekilde taşlanması (aşındırması) sırasında alınabilecek olan dozlardır. Bu işlemin süresinin 20 sn ila 60 sn arasında değiştiği ve bu konuda uzmanlaşmış bir teknisyenin bir elektrodu daha da hızlı şekilde taşıyabileceği bilinmektedir. Çok büyük kuruluşlarda (örneğin ortalama 50 kaynakçının çalıştığı kuruluşlar) sadece bu işi yapan bir teknisyenin günde ortalama 150 elektrodu taşıyacağı varsayılmıştır. Yani her bir kaynakçı başına günde 3 elektrot kullanacağı varsayılmaktadır. Bu durumda, her bir kaynakçının kendi elektrotlarını taşlama durumunda yıllık olarak alacağı dozun 20 mrem (0,2 mSv) olacağı hesaplanmıştır. Ancak, sadece bu taşlama işini yapan ve senede 200 saat çalışan bir teknisyenin ortalama yıllık 800 mrem (8 mSv) gibi yüksek bir doz alabileceği hesaplanmıştır.

İkinci bir ışınlanma dozu alma durumu ise kaynak esnasında toryumun buharlaşması ve solunması sonucunda teknisyen tarafından alınabilecek olan dozlardır. Bu senaryodan alınabilecek olan dozlar, buharlaşan toryumun miktarı, kaynak yapma süresi, kaynakçının kullandığı maskenin türü ve etkisi, ortamdaki havalandırma etkisi ve havadaki parçacıkların boyutu vb. parametrelere bağlı olarak oldukça değişken olabilmektedir. Kaynakçının senede 1000 saat iş yaptığı varsayılarak farklı kaynaklar ve işlemlere göre 20 mrem (0,2 mSv) ila 500 mrem (5 mSv) arasında değişen dozlar alınabileceği hesaplanmıştır. Burada toryumdan yayımlanan gama ve beta ışınlarından alınabilecek olan dış ışınlanma dozu, solunum ile alınabilecek olan iç ışınlanma dozunun yanında ihmal edilebilir düzeydedir.

Üçüncü ışınlanma dozu alma durumu ise kaynak elektrotlarının cepte taşınması durumudur. Her biri ortalama 0,9 gr toryum içeren elektrotlardan 3 tanesini önlük (gömlük) cebinde taşıyan bir kaynakçının yılda 2000 saat (haftada 40 saat ve yılda 50 hafta) boyunca bu işlemi yaptığı varsayıldığında alacağı dozun 8 mrem (0,08 mSv) olacağı hesaplanmıştır.

3.7 Uranyum İçeren Ürünler

3.7.1 Uranyum içeren cam, seramik ve metal eşyalar

Seramik malzemeler normalde de topraktan gelen radyoaktif elementlerin doğada bulunan radyoizotoplarını içermektedir, örneğin K-40, uranyum ve toryumun doğada bulunan radyoizotopları gibi. Dolayısıyla aslında seramik türü malzemelerin radyasyon doz hızı değerleri genelde doğal radyasyon seviyesinden biraz daha yüksektir ve hatta büyük miktardaki örneğin bir kamyon seramik malzemenin sabit radyasyon ölçüm (kapı detektörlerinden) cihazlarından geçerken alarm verdirmesi mümkün olabilmektedir.

Bununla birlikte burada bahsedilen seramik ve cam malzemeler, normalden farklı olarak boya veya malzemeye renk vermek amacıyla uranyum-oksit veya sodyum-uranit kullanılan malzemelerdir. Bu malzemelerden bazıları örneğin banyoda kullanılan karo seramikler, siyah seramik veya cam cilası, seramik boyası (tabak veya tabak altlarında) ve seramik tiki (mücevher) boyası vb. aşağıdaki resimde görülmektedir.



Resim10. Uranyumun bileşiklerini içeren seramik ve cam malzemeler

Örneğin resimde görülen tabak ve özellikle kırmızı tabak altlığında kullanılan boya uranyum içermektedir. Özellikle 1950'li yıllarda üretilen ve kullanılan bu tabaklarda, uranyumdan kaynaklı olarak gama, alfa ve beta ışınlarına maruz kalınmaktadır. Burada alfa ve gama ışınları nispeten daha zayıf olup, esas bu tabakları kullanan kişilere el ve cilt dozu veren beta ışınlarından kaynaklı olan ışınlanmadır. Bu ve buna benzer tabakların üretimi 1980-1990'lı yıllardan itibaren durdurulmuştur. Resimde görülen fiesta kırmızısı tabaktan ışınlanma dozuna maruz kalmanın üç yolu vardır: (i) Uranyumdan yayınlanan gama ışınları ile vücudun ışınlanması, (ii) tabaktan yayınlanan beta ışınları ile el dozu alınması ve (iii) boyadan tabakta yenen yemeğin içine uranyumun geçmesi ve ağız yoluyla alınması. Tabağın yüzeyinde ölçülen gama dozu 0,5 ila 15 mR/saat arasında, 1 m uzaklıkta ise 0,002 ila 0,3 mR/saat arasında değişmektedir. Dolayısıyla %20 civarında uranyum içeren tabaktan 30 cm uzaktaki doz 10 inç büyüklükteki tabak için $6,5 \times 10^{-4}$ mrem/saat ve 3,5 inç tabak için de $3,7 \times 10^{-4}$ mrem/saat olarak hesaplanmıştır [7]. Bu mesafe 1 m ye çıktığında ise dozlar sırasıyla $7,7 \times 10^{-5}$ mrem/saat ve $4,1 \times 10^{-5}$ mrem/saat olmaktadır, yani yaklaşık 10 kat azalmaktadır. İkinci durumda yani tabağın elde tutulması ve elin beta ışınlarından kaynaklı doza maruz kalması durumunda ise, yapılan hesaplamalarda, günlük 1,5 saat bu tabakları elinde tutan bir kişinin yılda 2 ila 10 rem el-dozu alabileceği hesaplanmıştır ve bütün olası durumlar arasında kişilerin en çok doz almasına yol açabilecek olan durum budur. Üçüncü ve son durumda ise yine NUREG-1717 [7] dokümanına dayanarak, bir kişinin sadece bu tabaktan yemek yediği varsayılarak, tahmini olarak ağız yoluyla yılda 0,21 gr uranyum alabileceği ve yıllık dozunun 40 mrem (0,4 mSv) civarında olabileceği hesaplanmıştır.

Yine resimde görülen siyah renk yuvarlak bölmeli kap ise içerisinde konulan malzemelerin veya solüsyonların renk değişimini takip etmek için bölmeli bir tabak (tepsi) şeklinde siyah ve parlak bir malzeme ile kaplanmıştır. Bu tür malzemeler 1990'lı yıllardan itibaren üretilmemiştir. Uranyum'un bu tür seramik veya cam malzemelerde siyah ve parlak kaplama rengini elde etmek için kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Resimde görülen diğer bir tüketici ürünü ise seramik takılardır. Bunlardaki uranyum kullanımının metal-altın rengi elde etmek için kullanıldığı sanılmaktadır. Bu eşyaların radyoaktif madde içerdikleri ilk önce 1983 yılında New York Eyaleti Sağlık Bölümü'nün duyurması ile ortaya çıkmıştır. Daha sonra yapılan araştırmalarda Tayvan'da üretilen bu takılarda kalıcı metal-altın rengini elde etmek için uranyum boya/kaplama kullanıldığını ortaya çıkarılmış ve hatta Tayvan'lı üreticiler ile temasa geçildiğinde bu takılarda kullanılan radyoaktif boyanın/cilanın İngiltere'den alındığı çünkü yüksek kaliteli Japon boyasından/cilasından daha ucuz olduğu ortaya çıkmıştır. Bu takılardaki uranyumun ortalama olarak ağırlıkça %7 civarında olduğu anlaşılmış ve böyle bir takının haftada 10 saat ve yılda 52 hafta süre ile takılması sonucunda kişinin alacağı cilt dozunun yılda 4 mrem (0,04 mSv) olabileceği hesaplanmıştır [7].

3.7.2 Uranyum içeren protez dişler

Günümüzde protez dişler akrilik plastik malzemeden üretilmektedir ancak 1980'lerden önce porselen de protez diş üretiminde yaygın kullanılmaktaydı.



Resim 11. Uranyum tozu içeren seramik protez diş örnekleri

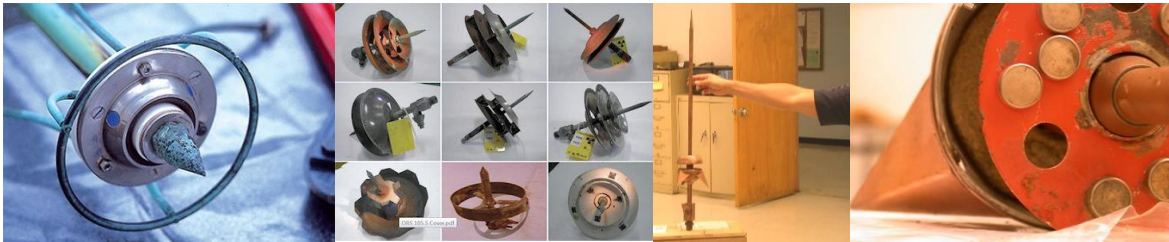
Protez seramik dişlere uranyum tozunun ilave edilmesi 1940'lı yıllarda başlamıştır. Bunun başlıca nedeni, uranyum tozunun protez dişe gerçek dişinkine çok benzer bir görünüm ve renk vermesi olmuştur. Ayrıca, uranyumun renginde ve parlamasında çok yüksek sıcaklıklara kadar (800-1400 derece santigrat) bir değişiklik olamamaktadır ve çok da dayanıklı bir malzemedir. Bu tür Uranyum içeren seramik protez dişlerin üretimi 1986 yılından itibaren durdurulmuştur. [8]

1987 yılında 22 numune üzerinde yapılan ölçümlerde [9], bu protez dişlerdeki Uranyum konsantrasyonlarının 3,6 Bq/kg (0,1 pCi/gr) ila 5600 Bq/kg (151 pCi/gr) arasında değiştiği görülmüştür ve bu oldukça geniş bir aralıktır. Başka bilimsel yayınlardan da alınan verilere göre bu dişlerdeki Uranyum konsantrasyonunun ortalama olarak 70-100 pCi/gr civarında olabileceğini söylemek mümkündür.

Bu protez dişlerden takan bir kişinin ışınlanma dozu alması durumu, Uranyum-238'in bozunum ürünleri olan Toryum-234 ve Pa-234m (Protaktinyum-234m) radyoaktif elementlerinden yayılan beta parçacıklarından kaynaklanmaktadır. Yine Uranyum-238'den yayımlanan alfa parçacıklarından kaynaklanan dozun bu doza olan katkısının hesaplanması ise, azaltma faktörlerindeki belirsizliğin çok büyük olmasından dolayı çok zordur. Yapılan hesaplamalarda, %1 civarında Uranyum içeren bir protez diş setinin, ağız mukozasına vereceği radyasyon dozunun, alfa parçacıklarından kaynaklı olarak 600 mrem (6 mSv) ve beta parçacıklarından kaynaklı olarak ise 2,8 rem (yaklaşık 0,03 mSv) olabileceği ortaya çıkmıştır. Dünya üzerindeki farklı hesaplamalarda da ağız mukozasına alınan ışınlanma dozunun yıllık 600-700 mrem (6-7 mSv) civarında olduğu hesaplanmıştır.

3.8 Radyoaktif Paratonerler

Radyoaktif paratonerler özellikle 1970'li yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmış ve içerisinde etrafındaki havayı iyonlaştırmak için radyoaktif madde kullanılan paratoner çeşitleridir. Bu paratonerlerde radyoaktif madde olarak etrafındaki havayı bol miktarda iyonlaştırabilen alfa parçacıkları yayan Ra-226, Am-241, Eu-152-154, Co-60 gibi radyoaktif elementler kullanılmıştır. Özellikle 1980 ve öncesinde üretilen çoğu paratonerde Ra-226 kullanıldığı bilinmektedir.



Resim 12. Radyoaktif kaynak içeren paratoner tipleri örnekleri

Türkiye'de genellikle Am-241 ve Ra-226 radyoizotopunu içeren paratonerler geçmişte (1970-1980'li yıllarda) ithal edilmiş ve kullanılmıştır. Ancak dünyada gama ışınları yayan kaynaklar olan Eu-152 veya Co-60 içeren cinslerinin de mevcut olduğu bilinmektedir.

Türkiye'deki radyoaktif paratonerlerin içerisinde genellikle 1-10 mCi aktivitelerde Am-241 ve Ra-226 kullanılmıştır. Ra-226 radyoaktif kaynaklı paratonerlerin kullanımı tüm dünyada yasaklanmış olup, Am-241 radyoaktif kaynaklı paratonerlerin Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kullanılmadığı bilinmektedir. Zaten bu paratonerlerin verimli çalışma ömürlerinin 10 yıl olduğu da bilinmektedir.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK'in) yayımladığı 04.01.2000 tarih ve 10700-0005 sayılı genelge ile paratoner üretimi için kullanılan radyoaktif kaynakların (Am-241, Ra-226 v.b.) ithalatına 31.03.2000 tarihinden itibaren izin verilmemektedir.

Yine TAEK'in yayımlamış olduğu 30.07.2001 tarih ve 10700-1485 sayılı genelge ile de; ülkemizde montajı yapılmış ve halen kullanılmakta olan Ra-226 radyoaktif kaynaklı paratonerler, çevre ve insan sağlığı açısından oluşturabileceği potansiyel tehlikeler göz önüne alınarak, TAEK'ten lisanslı firmalar vasıtası ile yerlerinden sökülüp İstanbul'da Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne (ÇNAEM'e) radyoaktif atık olarak depolanmak üzere teslim edilmektedir. Ra-226 radyoaktif kaynaklı paratonerlerin sökme ve TAEK-ÇNAEM'e teslim edilmesi işlemleri halen devam etmektedir. Ayrıca, Türkiye'de hâlihazırda radyoaktif kaynaklı paratoner üretimi yapılmamaktadır ve bundan böyle de radyoaktif kaynaklı paratoner üretimi ve montajı yapılmayacaktır.

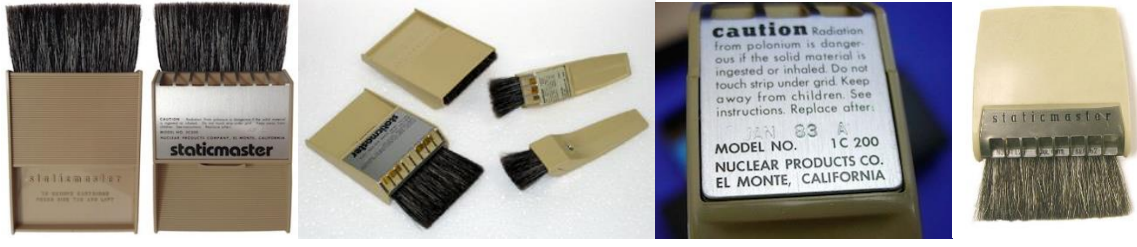
Halen binalarda kurulu bulunan ve kullanılmaya devam edilen Am-241 radyoaktif kaynaklı paratonerlerin kullanımı ile ilgili herhangi bir yasaklama söz konusu değildir. Bu paratonerlerin belirli aralıklarla (yılda en az bir defa) paratonerin üzerindeki radyoaktif elemanların ve paratonerin iletkenliğinin orijinal montaj özelliklerini koruması açısından yetkili kişiler tarafından kontrol edilmesi, kullanılmakta olan Am-241 radyoaktif kaynaklı paratonerlerin herhangi bir nedenle kullanım dışı bırakılması durumunda lisanslı firmalar vasıtası ile yukarıda belirtildiği şekilde radyoaktif atık olarak teslim edilmesi gerekmektedir.

Radyoaktif kaynaklı paratonerler normal kullanımı halinde insanlardan uzak yerlerde buldukları için kişilerin bir doz alması mümkün değildir. Bunlarda dikkat edilmesi gereken durumlar, bina yangını veya paratonerlerin bilinçsiz kişiler tarafından yerinden sökülmesi durumlarıdır. Paratonerin bulunduğu binada yangın durumunda, paratonerin bütünlüğünü koruyup korumadığına bakılmalı ve yanmış olduğunun tespit edilmesi durumunda bölgeden kişilerin uzaklaştırılması ve havaya karışmış olma olasılığı bulunan radyoaktif maddenin solunmaması için mutlaka maske ile bölgeye yaklaşılması gereklidir. Diğer bir durum olan bilinçsiz kişilerin paratoneri sökmesi durumunda ise kişilerin en büyük dozu alma senaryosu, başlık kısmının bütünlüğünün bozularak içerisinde yer alan radyoaktif maddenin ortaya çıkması ve ne olduğu bilinmeden bu kişilerce üzerlerinde taşınması durumudur. Buradaki radyoaktif kaynaklar alfa kaynağı olduğu için en yüksek dozun alınması kişilerce doğrudan üzerlerinde taşınması durumunda (cilde temas durumunda) mümkündür. İlaveten, söz konusu kaynaklar aynı zamanda gama radyasyonu da yaydığından, üzerinde taşınması durumundan daha az da olsa, kişilerin, paratonerlerin yakınında uzun süre bulunması veya bütünlüğüne zarar verilmeden yakınlarında taşınması durumlarında da, gama dozu alması mümkün görünmektedir. Fakat bu dozlar kaynağın direkt olarak kişinin üzerinde taşınması kadar yüksek ve zararlı olmayacaktır.

Günümüzde ülkemizde bu tür paratonerlerin satışı kesinlikle yasaktır ve ithalatına da izin verilmemektedir. Yerine çok daha modern ve gelişmiş, radyoaktif olmayan türleri mevcuttur ve bu paratonerlerin satışı yapılmaktadır. Bununla birlikte yerinden bilinçsiz kişilerce sökülen paratonerlerin hurdaya verilme olasılığı her zaman vardır. Bu nedenle metal hurda içerisinde bu tür paratoner ve başlıklarına karşı dikkatli olunması gerekmektedir.

3.9 Anti-statik Fırçalar

Anti-statik fırçalar, içerisinde çok iyi bir alfa radyasyonu yayıcısı olan Po-210 (Polonyum-210) radyoaktif maddesini içeren ve fotoğraf negatifleri, camlar, lensler, çeşitli kayıt filmleri ve şeritleri vb. malzemelerin üzerindeki tozun temizlenmesi amacıyla kullanılan cihazlardır. Bazı modellerinde Am-241 radyoaktif izotopunun da kullanıldığı görülmüştür.



Resim 13. Anti-statik fırçalar

Bilindiği üzere elektrostatik yükler toz, tüy, kıl vb. maddeleri çekmektedir. Özellikle kuru ve daha soğuk ortamlarda en ufak bir hareketten dolayı yüzeyden(yerden) havaya saçılan toz parçacıklarını çok kolay görebiliriz. Bu da toz parçacıklarının olmasını istemediğimiz ve hassas malzemeler olan fotoğraf negatifleri veya lensleri gibi malzemelerin, elektrostatik yüklenme nedeniyle toz, kıl vb. maddeleri üzerine çekerek kolayca bulaşmasına sebep verir. İşte anti-statik fırçalar bu malzemelerin üzerindeki tozun hızla temizlemelerini sağlar. Çalışma prensibi şudur: Radyoaktif maddeden yayımlanan alfa parçacıkları (+2 yüklü Helyum atomları) etraflarındaki havanın molekülleri ile etkileşerek pozitif yüklü oksijen ve negatif yüklü azot iyonlarına ayrıştırır. Oluşan bu artı ve eksi yüklü iyonlardan, negatif yüklü olanlar pozitif yüklü parçacıkları, pozitif yüklü olanlar da negatif yüklü parçacıkları çekebilmektedir. Dolayısıyla bu fırça temizlenmek istenen yüzeyin üzerinde gezdirildiğinde yaklaşık olarak 3 cm etrafında oluşan pozitif ve negatif iyon yüklü hava, yüzeyin üzerindeki hem negatif hem de pozitif statik yükleri çekerek elektrostatik olarak yüzeyin nötr hale gelmesini sağlar. Böylece yüzeyin üzerindeki toz, kıl, tüy gibi istenmeyen maddeler onları çeken elektrostatik yükler kalmadığı için fırça ile kolayca yüzeyden temizlenir. Ayrıca fırçanın etrafında oluşturduğu iyon yüklü hava, statik yükleri çekerken onlarla birlikte toz, kıl ve tüy parçacıklarını miknatıs gibi çekmektedir.

Yukarıdaki resimde görülen anti-statik fırça tipi ilk olarak 1950'li yıllarda ABD'de üretilmiştir. Bu fırçanın Po-210 içeren kısmı, metal ızgaranın içinde görünen ve üzerinde sol tarafta seri numarası ve sağ tarafta ise hangi tarihe kadar etkin olduğunu gösteren metal görünümlü şerit şeklindeki parçadır. İlk başta üretilen anti-statik fırçalarda bu parça seramikten yapılmış idi. Po-210 silikon bir reçineye emdirilip daha sonra reçine ısıtıldığında silikon malzemenin seramik olması sağlanıyordu. Böylece Po-210'un seramik malzeme içinde kalması sağlanıyordu. Bu da yine bir reçine yardımıyla genelde alüminyum bir metal üzerine tutturuluyordu. Üzerine temasın engellenmesi amacıyla da ızgara şeklinde delikli bir metal parça monte edilip altına da tozu süpürmesi için bir fırça eklenince düzenek tamamlanmış oluyordu.

Ancak daha sonraları üretilen fırçaların Po-210'un bulunduğu parçasının yapısı değiştirilmiştir. Bu yapıda Po-210'un, çok çok ince bir folyo yani metal yaprak diye tabir edebileceğimiz bir tabaka şekline getirilerek, yaklaşık 0,00002 inç yani yaklaşık 0,000508 mm inceliğindeki gümüş ve Po-210 karışımından oluşan bir folyo şerit (yüzey veya katman) oluşturacak şekilde kullanıldığı görülmektedir. 0,006 inç kalınlığındaki bir gümüş katman üzerine 0,00003 inç bir altın katmanı, onun üzerine bahsettiğimiz Po-210 ve gümüş karışımı katman ve onun üzerine tekrar bir 0,00004 inç kalınlığındaki altın katmanı metalürjik kaynak yöntemi ile yani basınç ile birbirine kaynaştırılma yöntemi ile bir araya getirilmiştir. Dolayısıyla Po-210 un bulunduğu katman, kimyasallar ile çözülme işlemine ve buharlaşmanın engellenmesine karşın, altın katmanlar arasında izole edilmiştir ve parçalanmasını engelleyecek şekilde mekanik olarak sıkıştırılmıştır.

Polonyum, ilk olarak 1898 yılında Pierre ve Marie Curie tarafından Paris'teki laboratuvarlarında yaptıkları çalışmalar esnasında uranyum içeren bir cevherden elde edilmiştir. Polonyumun saf hali, kolay eriyen ve uçucu bir metaldir. Polonyum elementi yer kabuğunda doğal olarak bulunur ve kütle numaraları 192 ile 218 arasında değişen 25 farklı izotopa sahiptir. Bu radyoizotopların hepsi radyoaktif olmasına rağmen, bunlardan sadece üç tanesinin yarı ömrü, elde edilebilmesine olanak sağlayacak kadar uzundur, Po-208, Po-209 ve Po-210. Po-210'un

yarı ömrü 138,4 gün, daha az rastlanan Po-208'in yarı ömrü 2,9 yıl ve Po-209'unki ise 103 yıldır. Hepsi de alfa radyasyonu yani +2 yüklü Helyum çekirdeği yaymaktadır.

Po-210 toprakta doğal olarak bulunmaktadır ancak bu miktar çok düşüktür. Örneğin 1 ton Uranyum cevherinin içinde 0,1 miligram Po-210 bulunmaktadır. Bu nedenle endüstriyel ve ticari amaçlı olarak kullanılan Po-210, nükleer reaktörde Bizmut-209 isimli elementin nötronlar ile bombardımanı sonucunda elde edilir. Reaktörde oluşan Bizmut-210 elementi beta radyasyonu yayarak Po-210 elementine bozunmaktadır.

Çizelge 1. Polonyumun en fazla rastlanan izotopları

Radyoizotop	Yarı Ömür	Özel Aktivite (TBq/gr)	Radyasyon Türü	Alfa Enerjisi (MeV)
Polonyum-208	2,9 yıl	21,8	α	5,1
Polonyum-209	103 yıl	0,63	α	4,9
Polonyum-210	138 gün	166	α	5,3

Fırçaların içerisinde bulunan Po-210'un aktivitesi modellerine göre 200 ila 500 μ Ci (veya 0,2 ila 0,5 mCi) arasında değişmektedir. Bu elementin yarılanma ömrünün 138,4 gün yani yaklaşık 4,5 ay olduğu dikkate alındığında, anti-statik bir fırçanın içindeki radyoaktif maddenin aktivitesi yaklaşık olarak 14 ay sonunda başlangıçtaki aktivitesinin %12,5'ine düşmektedir. Dolayısıyla üretici tarafından bu fırçaların içindeki aktif maddeyi içeren kartuşun yılda bir değiştirilmesi önerilmektedir (bir yıl sonunda aktivite başlangıçtaki %17'si civarına düşmektedir). Günümüzde bu fırçalar artık üretilmemektedir. Bulunabilecek olan versiyonları da büyük olasılıkla günümüzden en az 30 yıl önce üretilmiş olan ve bazı kişilerin elinde kalmış olanlar olacaktır.

Alfa parçacıkları havada 1-2 cm den fazla ilerleyemedikleri ve sağlıklı deriyi geçemedikleri için dış ışınlanma tehlikesi bulunmamaktadır. Polonyum-210 izotopu, sadece vücut içerisine alınması, yani iç ışınlanma meydana gelmesi durumunda, miktarına ve vücutta kalacağı zamana bağlı olarak kişiye zarar verme potansiyeli mevcuttur. Polonyum'un vücut içerisine alınabilmesi, yani iç ışınlanma meydana gelebilmesi için üç olasılık vardır: yenilmesi, içilmesi veya solunması. Vücuda alınan Polonyum, hücre yapısını bozabilir, hücre çekirdeğini parçalayabilir, DNA'ya zarar verebilir ve hücre ölümüne yol açabilir. Aslında, vücuda alınacak 1-2 mikrogram Polonyum, kişi için ölümcül bir etkiye sahip olabilir çünkü 1 mikrogram Po-210'un vücuda verdiği etkin doz yaklaşık olarak 12,5 Gray (1250 Rad) dir. ABD'de bulunan Sağlık Fizik Derneği (Health Physics Society) tarafından Polonyuma ilişkin hazırlanan bir belgede, 3 mCi (veya 111 MBq) aktivitedeki Polonyumun 70 kg ağırlığındaki bir kişi tarafından vücut içerisine alınmasının ölümcül olacağı hesaplanmıştır. Aslında Polonyum'un dikkatli bir şekilde kontrolü gerekmektedir çünkü bu aktivite değeri yaklaşık olarak 0,7 mikrogram yani küçük bir tuz taneciği kadar Polonyuma denk gelmektedir [10].

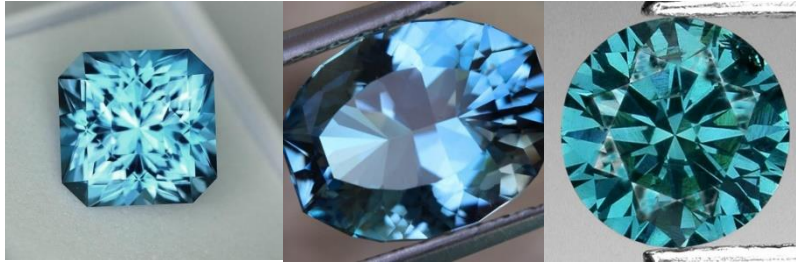
2006 yılının sonlarına doğru basına yansıyan ve Rus casus Alexander Litvinenko'nun Polonyum ile zehirlendiği olay sonrasında, Polonyum'un kişilerde ölümcül amaçlarla kullanımı dikkat çekmeye başlamıştır. Yukarıda verilen bilgilere itibarla, ABD'deki bazı çevrelerce ve basın kuruluşlarınca, kötü niyetli kişiler tarafından birden fazla anti-statik fırçanın satın alınarak, içerisindeki Po-210'un fırçadaki kapsüle edilmiş olan kısımdan çıkarılarak, hedefteki bir kişide kullanılması (içme-yeme veya solunum) ve ölümüne yol açılması gibi senaryolar üretilmiştir. Ancak, Polonyum'un söz konusu anti-statik fırçadan ancak çok ciddi ve pahalı cihazlarla donatılmış bir laboratuvar ortamında, zahmetli kimyasal ve fiziksel işlemlerin sonucunda elde edilebileceği unutulmamalıdır. Çünkü anti-statik fırçadaki Polonyum'un bulunduğu folyo o kadar incedir ki (0,00002 inç) ancak 100 tanesi bir araya getirildiğinde bir saç kılı kalınlığı eder. Üstelik bu maddenin daha sonra da kişiye içme veya yeme yoluyla verilebilecek müsait bir forma getirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, artık bu ürünlerin üretimi durdurulduğundan, şu anda internetten veya başka yollarla yurt dışından alınarak ülkemize getirilecek olan anti-statik fırçalar en az 10 yıl önce üretilmiş olacaktır. Anti-statik fırçaların içindeki Po-210'un yarılanma ömrünün 4,5 ay olduğu dikkate alındığında, içindeki Polonyum yaklaşık olarak 26 kere yarılanmış olacaktır. Eğer başlangıçtaki aktivitesini örneğin 500 mCi olarak düşünürsek, 10 yıl önce üretilmiş bir fırçanın içindeki Polonyumun aktivitesi şu anda yaklaşık olarak 0,000006 mCi, yani 6 nCi olacaktır. Dolayısıyla bu anti-statik fırçadan çıkarılabilecek Polonyumun bir insana ölümcül doz verebilmesi için (yani yaklaşık 3 mCi) bu fırçalardan 500.000 tanesinin bir araya getirilmesi ve yukarıda bahsedilen laboratuvar ortamındaki zorlu kimyasal ve fiziksel süreçlerden geçirildikten sonra çıkarılması gerekmektedir. Bunun ne kadar zor olabileceği çok açıktır, hatta mümkün görünmemektedir.

Yine de, Po-210, Po-208 veya Po-209 radyoizotoplarını içeren söz konusu fırça veya başka herhangi bir malzemenin, düzenleyici otoriteye bildirilmesi, yapılacak değerlendirmenin sonucuna göre ithalatına ve ülkemize girişine izin verilmesi gerekmektedir.

3.10 Işınlanmış Kıymetli Taşlar/Mücevherler

Kıymetli taşların ışınlama ile rengi değiştirilebilmekte ve parlaklığı artırılabilir. Normalde kıymetli taşların rengi ve parlaklığı uzun yıllar içerisinde yer kabuğundaki doğal radyoaktif elementlerin ışınlanması ile oluşmaktadır. Fakat taşların değerinin artması için yapay yani insan eliyle ışınlama yapılmakta ve renk yoğunluğu ile parlaklığı artırılmaktadır.



Resim 14. Işınlanma sonucunda kendisi de radyoaktif hale gelen değerli taşlar

Değerli taşların yapay ışınlanması üç farklı şekilde olmaktadır: Gama ışını ışınlanması, lineer hızlandırıcıda elektron demeti ile ışınlanması ve nükleer (araştırma reaktörü) reaktörde nötronlar ile ışınlanması. Elektron demeti ışınlanması ve nötron ışınlanmasına maruz kalan taşların kendileri de radyoaktif hale gelebilmektedir. Bu oluşan radyonüklitlerin yarı ömürleri genellikle göreceli olarak kısa yani birkaç haftadır.

Bu tür taşların içinde en ünlü ve tercih edileni yukarıdaki birinci resimde görünen Mavi Topaz dır (Blue Topaz). Özellikle mavi rengin ve parlaltının elde edilmesi için ışınlanmıştır. Işınlanma yöntemine göre taş da farklılık göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre, elektron demeti ile ışınlanan mavi topaz insanlara zarar verici bir radyasyon yaymazken, nötronlar ile ışınlanan taşın aylar boyunca, hatta birkaç yıl süre ile radyoaktif olduğu tespit edilmiştir. Fakat genellikle bu taşı üreten veya satan kuruluşlar bu durumu bildikleri için taşı satışa sunmadan önce radyoaktivitesi azalınca kadar belli bir süre bekletmektedirler.

Işınlanmış taşlarda genellikle rastlanan tipleri ve renkleri aşağıda sıralanmıştır. Burada kesin bir genelleme yapmak çok doğru değildir ve ışınlanmış taşların tabii ki farklı başka renkleri de olabilir:

- Topaz (ışınlanmadan önce renksiz veya turuncu, ışınlanmadan sonra mavi renginde).
- Elmaslar (ışınlanmadan önce renksiz, ışınlanmadan sonra yeşilimsi-mavimsi renklerinde).
- İnciler (ışınlanmadan önce açık renkli, ışınlanmadan sonra gri-mavi).
- Kuvartz (ışınlanmadan önce renksiz, ışınlanmadan sonra sarı/yeşilimsi-kahverengimsi/pembe).

- Turmalin (ışınlanmadan önce renksiz, ışınlanmadan sonra sarı/kahverengi/pembe/kırmızı).

ABD'nin düzenleyici/denetleyici kuruluşu olan NRC (Nuclear Regulatory Commission- Nükleer Düzenleme Komisyonu), bu tür ışınlanmış ve radyoaktif hale gelmiş taşların satılmadan önce kontrolünün daha etkin olacağını belirterek, ülkedeki distribütör (dağıtıcı) firmanın bu tür taşları satabilmesi için NRC den izin/lisans almış olmasını şart koşmuştur. NRC'nin koyduğu kurallardan en önemlileri, bu taşların satışa sunulmadan önce iki-üç ay bekletilmesi ve ancak NRC'den onay almış bir kuruluş tarafından taşlarda radyasyon ölçümleri yapıldıktan sonra satışına izin verilmesidir. Radyasyon ölçümü sonucunda radyoaktivite içermediği tespit edilen ürünlerin satışına izin verilmektedir ve ürünlerin satışı esnasında artık NRC tarafından muaf tutulmaktadır, dolayısıyla son aşamada satışını yapan kuyumcular ve müşteriler NRC düzenlemelerinden muafır. [11]

3.11 Eski Ürünler

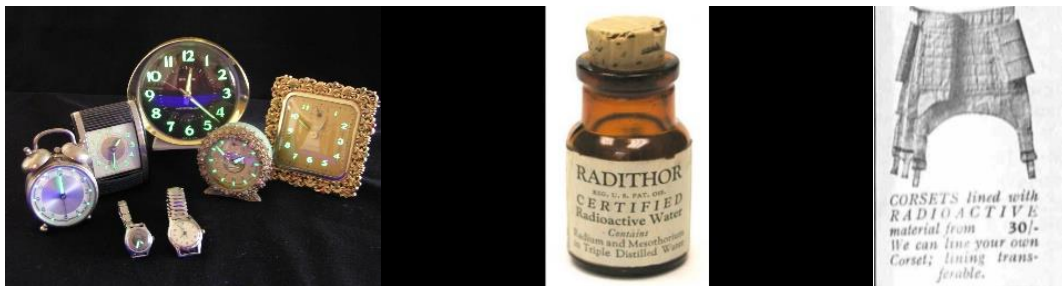
Yirminci yüzyılın başlarında Radyum elementi moda haline gelmişti ve pek çok faydasının olduğu düşünülüyordu. Örneğin Radyum-226, radyum battaniyeleri veya radyum korseleri gibi tüketici ürünlerinde kullanılmıştır. Tabii ki Radyumun zararları anlaşıldıkça bu ürünler yasaklanmıştır.



Resim 15. Radyum içeren ve artık kullanımda olmayan bazı ürünler ve etiketleri

Bu ürünler günümüzde kullanılmamaktadır. Geçmişte kullanılan ve ikinci el veya antika dükkanlarında rastlanabilecek olan diğer bazı radyoaktif ürünler aşağıda verilmektedir:

- C-14 ile ışıklandırılan otomat makinesi jetonları ve banka çekleri
- Pm-147 ile ışıklandırılan kimlik kartları ve sürücü belgeleri
- Ra-226 veya H-3 ile ışık veren ev ışıklandırma setleri
- Uranyum içeren merhemler, iksirler, kremler, tozlar vb. ürünler.



Resim 16. Artık kullanılmayan radyoaktif madde içeren çeşitli ürünler

4. RADYASYONDAN KORUNMA VE GÜVENLİK SİSTEMİNİN TÜKETİCİ ÜRÜNLERİNE UYGULANMASI

4.1 Genel

Bir önceki bölümde görüldüğü gibi tüketici ürünleri çok çeşitli ve geniş kapsamlı olabilmektedir. Bazı tüketici ürünleri doğrudan tüketicinin kullanımına sunulurken, bazıları da izne tabi olarak kullanıma sunulmaktadır. Dolayısıyla halkın bu ürünlerden kaynaklı olarak ışınlanmaya maruz kalması durumları, gerek kişisel veya profesyonel kullanım sonucunda, gerekse bu ürünler ile yapılan faaliyetler (taşınma, geri dönüşüm veya atık) sonucunda oluşabilmektedir.

Bir tüketici ürününün halkın kullanımına serbestçe sunulmasının ön koşulu düzenleyici kontrolden muaf sayılmış olmasıdır. Ülkemizdeki düzenleyici otorite tarafından muaf tutulan bir tüketici ürünü olmadığından, radyoaktif madde içeren herhangi bir tüketici ürünün yurda girişinden başlamak üzere kullanıma sunulması, satılması vb. faaliyetler için izin alınması gerekmektedir. İlaveten, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 6 ncı maddesinde oyuncak, giysi, kırtasiye malzemeleri, kozmetikler vb. tüketici ürünlerinin kullanımı, gerekçelendirilemediği için baştan yasaklanmıştır.

4.2 Gerekçelendirme

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından yayımlanan tüketici ürünlerine ilişkin dokümanlarda (örneğin GS-G-1.5, RS-G-1.7, GSG-5 vb.) farklı ülkelerde farklı tüketici ürünleri için farklı düzenlemeler olduğunu görmekteyiz. Tüketici ürünlerinin gerekçelendirilmesi veya muaf tutulması sürecinde çok net bir standart düzenleme olmadığından IAEA'ya üye ülkeler arasında farklı yaklaşımlar olabildiğini görebilmekteyiz. Hatta bazı ülkelerde gerekçelendirilerek tüketicinin kullanımına sunulan bir ürünün diğer bir ülkede kendi sosyoekonomik şartları göz önüne alınarak gerekçelendirilemediği ve yasaklandığı görülmektedir.

Radyoaktif madde içeren bir tüketici ürününün üretimi planlanmış bir ışınlanma durumudur ve düzenleyici otorite tarafından yetkilendirilmiş olmayı gerektirir. Hatta genellikle bu tüketici ürünlerinin tamiri, bakım-onarımı işlemleri de düzenleyici otorite tarafından bir izin veya yetkilendirme gerektirir. Bu tür uygulamalar/faaliyetler yetkilendirilirken çalışanlar için mesleki ışınlanma söz konusu olacağından radyasyon güvenliği sisteminin üç prensibi olan gerekçelendirme, optimizasyon ve doz limitleri uygulanarak yetkilendirme yapılmaktadır.

Radyoaktif madde içeren bir tüketici ürününün üretilmesi ve/veya halkın kullanımına sunulabilmesi için üretici firmanın öncelikle düzenleyici otoriteye bildirimde bulunarak gerekçelendirme yapılması için başvurması ve yetkilendirme talebinde bulunması gerekir.

Bir tüketici ürününün üretilmesi ve/veya halkın kullanımına sunulması ile ilgili gerekçelendirmeye karar verilmesinin ilk adımı bu faaliyeti gösterecek olan gerçek veya tüzel kişinin yetkilendirme için düzenleyici otoriteye başvurması ile başlar. Sürece devam etmeden önce eğer söz konusu ürünlerin gerekçelendirilmesine gerek olmadığı ve yapılamayacağı düşünüülüyorsa bu durum düzenleyici otorite tarafından başvuran kişiye bildirilerek süreç baştan sonlandırılmalıdır.

Sürece devam edilmesi durumunda, gerekçelendirme prosedürü yapılacak olan uygulamanın bütün yönlerini ve özelliklerini dikkate almalıdır. Tüketici ürününün üretimi/montajı, taşınması, dağıtımı, halk tarafından kullanımı ve en son atığa ayrılması işlemlerinin her biri bütün yönleri ile dikkate alınmalıdır. Gerekçelendirmenin olumlu olması için bu aşamaların her birinin gerekçelendirilmiş olması gerekir. Örneğin bir tüketici ürününün üretiminin gerekçelendirilmiş fakat bir sonraki aşama olan halkın kullanımının gerekçelendirilmemiş olması karışıklık yaratacaktır ve çok anlamlı değildir. Bu nedenle bütün aşamaların gerekçelendirme işleminde dikkate alınması ve ona göre karar verilmesi gerekmektedir.

Daha önceden verilmiş benzer gerekçelendirme kararları veya süreçleri varsa dikkate alınması mümkün olabilir. Ancak bu geçmiş kararlar direkt olarak emsal teşkil etmek şeklinde değil de

sadece yöntem anlamında dikkate alınmalıdır. Çünkü her bir ürünün özellikleri ve dolayısıyla da gerekçelendirme kriterleri farklı olabilmektedir. O yüzden daha önceden yapılmış bir gerekçelendirme işleminin yöntemi ve sürecin yönetimi dikkate alınmalı fakat sonucu direkt olarak etkilememelidir.

Eğer bir tüketici ürününün kullanımı gerekçelendirilemiyorsa, bu durumda üretimi, taşınması, ithalatı veya ihracatı gibi diğer faaliyetlerinin de gerekçelendirilmemesi gerekir. Yani bir tüketici ürününün gerekçelendirme sürecinin doğru uygulanması çok önemlidir ve eğer ürününün kullanımının gerekçelendirilmesi mümkün değilse baştan itibaren başvuru sahibine bilgi verilerek sürecin olumlu sonuçlanmayacağı bildirilmelidir.

Aynı şekilde bu durumun tersi de mümkündür. Yani eğer bir tüketici ürününün kullanımı olumlu olarak gerekçelendirilebiliyorsa bu durumda normalde üretimi, taşınması, ithalatı veya ihracatının da gerekçelendirilmesinin mümkün olduğu varsayılır. Ancak tabii ki bu faaliyetlerin hepsi kendi koşullarında ayrı ayrı değerlendirilmeli ve gerekiyorsa sadece izin durumu değil de, aynı zamanda lisans alınması gibi yetkilendirme işleminin daha ileri seviyedeki durumların uygulanması da dikkate alınmalıdır.

Gerekçelendirme işleminin objektif ve adil yapılabilmesi her zaman çok kolay değildir. Daha doğrusu düzenleyici otoritenin elinde toplum adına bu kararı verebilmesi için her zaman yeterli bilgi ve veri olmayabilir. Bu durumda, düzenleyici otorite gerekçelendirme sürecinde gerek farklı kurum ve kuruluşlar ile gerekse araştırma/egitim kurumlarından veya kişilerden gerekli bilgileri alabilmelidir. Bu işlem belli bir konuda sınırlı olarak yapabileceği gibi, gerekçelendirme sürecinin tümüne farklı kurumların/kuruluşların dahil olmasını sağlayacak şekilde bir koordinasyon mekanizması da kurulabilir. Böyle bir koordinasyonun, düzenleyici otoritenin daha kapsamlı bir gerekçelendirme değerlendirmesi yapması ve farklı tarafların da uzman oldukları konularda değerlendirmelerini alması açısından son derece faydalı olabilir.

Tüketici ürünlerinin gerekçelendirmesi sırasında en çok dikkate alınan kıstas, ürününün kullanımı veya diğer işlemleri sırasında insan sağlığına ve çevreye verebileceği zarardır. Ancak bazı ürünlerde gerekçelendirme yapılırken, sadece insan sağlığı açısından zararları değil de, insanlar veya çevre açısından sağlayacağı yararlar da dikkate alınmalıdır. Yani bazen radyasyondan korunma açısından olumsuz olan bir ürün, insanların can veya mal güvenliği açısından daha faydalı olduğundan gerekçelendirme olumlu olarak yapılabilir. Tabii ki yine de düzenleyici otorite tarafından başka alternatiflerinin olup olmadığı değerlendirilebilir veya ithalatı, kullanımı, taşınması gibi faaliyetlerin belli izinler veya belli koşullar altında yapılması şeklinde kurallar getirilebilir ve buna göre düzenleme yapılabilir.

Düzenleyici otorite tarafından yapılan gerekçelendirme işlemi her bir tüketici ürünü veya uygulama için normalde ayrı ayrı yapılmaktadır. Ancak daha önceden gerekçelendirme yapılmış bir ürünün benzeri veya aynı türdeki ürün için yapılan gerekçelendirme örnek teşkil edebilir ve olumlu değerlendirilebilir. Örneğin, bir duman detektörünün üretimi veya kullanımı için daha önceden bir gerekçelendirme işlemi yapılmış ise, benzer model bir duman detektörü için de bu gerekçelendirme otomatik olarak geçerli kabul edilebilir.

Diğer taraftan, bir tüketici ürünü veya uygulamaya yönelik olarak gerekçelendirme işlemi başka bir IAEA üyesi ülke tarafından yapılmış olabilir. Bu durumda, aynı tüketici ürününün kendi ülkesindeki gerekçelendirme sürecinde düzenleyici otorite diğer ülkede yapılmış olan gerekçelendirmeyi örnek olarak kabul edebilir. Ama bunu da yaparken, kendi ülkesindeki ürünün teknik özelliklerini ve halkın ışınlanma durumlarını, ülkesinin sosyal ve ekonomik koşullarını, ürüne olan ihtiyacı ve yararlarını, ülkesindeki diğer kurumların teknik görüşlerini ve daha birçok parametreyi göz önünde bulundurarak kararını kendisi vermelidir. Diğer bir ülkedeki bir gerekçelendirme kararının örnek alınması demek, doğrudan uygulanması demek değildir bilakis kendi ülke koşullarının ve teknik bilginin değerlendirme sürecine katılarak karar verilmesi demektir. Bu gibi durumlarda ise farklı ülkelerde aynı ürünler için farklı gerekçelendirme kararları çıktığı görülmüştür.

Zaman içerisinde bir ürünün halka dağıtımının gerekçelendirilmesi sona erebilir. Bunun nedeni bu ürünün yerine alternatif radyoaktif madde içermeyen türlerinin çıkmış olması veya artık ihtiyaç duyulmuyor olması olabilir. Böyle bir durumda düzenleyici otorite daha önce vermiş olduğu yetkilendirmeyi (izin, lisans vb.) iptal ederek ürünün dağıtımının (ve dolayısıyla üretiminin/montajının) durdurulduğunu duyurur. Eğer gerekliyse bu konuda diğer kurum ve kuruluşlar ile de bilgi alışverişinde veya koordineli çalışmalarda bulunulabilir.

Bazı durumlarda, tüketici ürünleri öncesinde düzenleyici otoritenin bilgisi olmadan ülkeye sokulmuş ve kullanılmak üzere dağıtım yapılmış olabilir. Yani düzenleyici otoritenin ürüne ilişkin bilgisi ve gerekçelendirmesi olmaksızın ürün önceden dağıtılmış veya kullanılmış olabilir. Böyle bir durumda düzenleyici otoritenin hızlıca ürünü gözden geçirmesi ve gerekçelendirilmesi sürecini başlatması gerekir. Gerekçelendirme süreci sonunda eğer sonuç olumsuz olursa, bu durumda düzenleyici otoritenin bu ürünün kullanımı ile alınabilecek olan radyasyon dozuna ve güvensiz kullanımına ilişkin kullanan kişilere acilen duyuru ve yazı yoluyla bilgi vermesi gerekir. Bir sonraki adımda ise düzenleyici otoritenin koordinasyonunda söz konusu ürünün kullanıcılar tarafından atık olarak teslim edilmesi veya toplatılması sürecinin sağlıklı olarak yürütülmesi çok önemlidir.

4.3 Bildirim ve Yetkilendirme

Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi, bir tüketici ürününü ithal, ihraç etmek, üretmek, satmak, taşımak veya dağıtımını yapmak niyeti olan herhangi bir gerçek veya tüzel kişinin öncelikle bununla ilgili düzenleyici otoriteye bildirimde bulunması gereklidir.

Bildirimde bulunan kuruluşun düzenleyici otorite tarafından talep edilecek olan bütün bilgi ve belgeleri sunması esastır. Buna, talep edilmesi halinde, yetkilendirmeye esas teşkil edecek olan ürüne ilişkin güvenlik değerlendirmesi (safety assesment) raporu da dâhildir. Düzenleyici otorite tarafından istenen bilgi ve belgeler yazılı olarak kuruluşa bildirilebilir veya daha önceden kolaylıkla ulaşılabilecek şekilde düzenleyici otoritenin internet sayfasında yayınlanabilir.

Düzenleyici otoriteye yapılan bildirim içereceği bilgi ve belgelerin niteliği ve niceliği başvuru yapılan tüketici ürünü veya uygulamaya özgü olarak değişecektir. Fakat genel olarak bildirim içeriği, ürüne ilişkin düzenleyici otoritenin, bütün riskleri ve oluşabilecek durumları dikkate alarak risk analizi ve güvenlik değerlendirmesini sağlıklı ve gerçekçi bir şekilde yapabilmesine olanak verecek yeterlilikte olmalıdır.

Bir tüketici ürününe ilişkin yapılan bildirim sonucunda düzenleyici otorite tarafından gerekçelendirmeye yönelik yapılacak olan işlem ve adımlar ayrıntısı ile GSG-5 [14] dokümanında verilmektedir fakat genel olarak bildirim içermesi gereken bilgi ve belgeler aşağıda belirtilmiştir:

- Tüketici ürününün tanımı, açıklaması ve özellikleri, kullanımının faydaları, içerdiği radyoizotopun cinsi, özellikleri, yaydığı radyasyon tipleri ve enerjileri, bu radyoizotopun tüketici ürününde neresinde, hangi formda ve hangi amaçla kullanıldığını gösteren bilgi ve belgeler.
- Tüketici ürününü içerisindeki toplam radyoaktif madde miktarı.
- Bu radyoaktif izotopun seçilme nedenini, fayda-zarar karşılaştırmasını, yarı ömür avantaj-dezavantajlarını ve diğer radyoizotoplara göre üstünlük karşılaştırılmasını içeren gerekçelendirme değerlendirmesi.
- Tüketici ürün içerisinde kullanılan radyoaktif maddenin kimyasal ve fiziksel formlarına ilişkin bilgiler.
- Tüketici ürününün tasarımı ve yapısına ilişkin detaylı bilgiler, radyoaktif maddenin zırhlanmasına ve fiziksel anlamda kapsüle edilme biçimine ve emniyetine ilişkin detaylı bilgiler. Bu bilgilerin hem normal koşullar, hem de anormal veya riskli koşullar için verilmiş olması gerekir.

- f) Tüketici ürününün tasarım parametrelerine uygun olarak üretildiğini, tanımlanan maksimum aktivite limitlerinin aşılmadığını gösteren kalite güvencesi belgeleri.
- g) Normal kullanımda veya anormal durumlarda (kaza, yangın, düşme vb.) tüketici ürününün bütünlüğünü koruyup korumadığına dair yapılan testleri tanımlayan ve gösteren ve ayrıca bunların sonuçlarını içeren bilgi ve belgeler.
- h) Tüketici ürününden kaynaklı olası dış ışınlama seviyeleri ve alınabilecek olan ışınlama dozlarına ilişkin hesaplamaları gösteren raporlar.
- i) Normal kullanım, kaza, zarar görme, bütünlüğünün bozulması, tamir veya bakım-onarım durumlarını içeren güvenlik değerlendirmeleri raporları.
- j) Tüketici ürününün ortalama kullanım süresini tanımlayan, yıllık olarak dağıtılması veya kullanıma sunulması planlanan sayıları içeren istatistiksel veriler ve/veya raporlar.
- k) Tüketici ürününün doğru kullanımına, montajına, bakımına ve/veya tamirine, taşınmasına ve atık olarak ayrılmasına ilişkin kılavuzlar ve talimatlar.
- l) Tüketici ürününün solunum veya ağız yoluyla (buharlaştırma ve/veya parçalama sonucunda) alınmasının engellenmesine ilişkin testler ve analizlere ilişkin bilgiler.
- m) Tüketici ürününün nasıl etiketleneceğine ve satış yöntemine ilişkin bilgiler.
- n) Tüketici ürününün kullanım ömrünün bitiminde öngörülen geri dönüşümü, atığa ayrılma ve toplanmasına ilişkin bilgiler ve alınacak önlemlere ilişkin bilgiler.

Bildirim ile bu bilgiler ulaştıktan sonra, düzenleyici otoritenin bilgileri ayrı ayrı ve en sonunda toplu olarak dikkatli bir şekilde değerlendirmesi ve birbiri ile çakışan veya radyasyondan korunma veya güvenlik standartlarına aykırılıklar bulunan hususlar olup olmadığına karar vermesi gerekir. Bu aşamada ayrıca düzenleyici kontrolden hariç olma veya muaf olma durumlarına da bakılmalıdır.

Tüketici ürününün ülke içerisinde üretilmeyeceğinin veya bakım-onarım, tamir gibi işlemlerinin yapılamayacağını, sadece ithalat, taşıma ve dağıtım (satış) işlemlerinin yapılacağı yönünde bildirim yapılması durumunda, tüketici ürününün üretildiği ülkede de dağıtımına ve satışına izin verildiğine ilişkin, ayrıca bununla ilgili gerekçelendirme kararına ilişkin bilgi ve belgeler ile kanıtlar da düzenleyici otoriteye sunulmak durumundadır. Düzenleyici otorite bu konuda kendisine sunulan bilgi ve belgeleri dikkatli bir şekilde kendi ülke mevzuatına ve güvenlik standartlarına göre değerlendirmelidir ve ona göre karar açıklamalıdır.

4.4 Korunma ve Güvenlik Optimizasyonu

Tüketici ürününün tasarımı ve yapısı dikkate alınarak radyasyondan korunma ve güvenlik optimizasyonu yapılmış olmalıdır. Optimizasyon, kullanım talimatları aracılığı ve buna yönelik kurallar ile de sağlanabilir.

Tüketici ürününde radyasyondan korunmanın ve güvenliğin optimizasyonunda aşağıdaki önemli faktörler dikkate alınmalıdır:

- a) Tüketici ürününde kullanılacak olan radyoaktif izotopun seçiminde, yarı ömür, radyasyon tipi ve enerjisi, gerekli aktivitesi göz önüne alınarak, tüketici ürününde kullanıma en uygun olan radyoizotopun kullanılması,
- b) Radyoaktif maddenin hem normal koşullar hem de kaza/anormal koşullarda kimyasal ve/veya fiziksel olarak en yüksek güvenlik seviyesini sağlayacak şekilde seçilmesi ve kullanılması,
- c) Tüketici ürününün en güvenli fiziksel yapıda ve şekilde üretilmiş olması,
- d) Özel aletler ve cihazlar kullanılmayan durumlarda, tüketici ürününün içindeki radyoaktif maddeye kişilerce ulaşılabilmesinin engellenmesi,
- e) Daha önceden güvenlik değerlendirmesi başarılı olarak yapılan benzer ürünler ile ilgili tecrübe ve deneyimlerin kullanılması ve değerlendirmeye alınması,
- f) Kalite güvencesinin olması.

Optimizasyonun yapılması, teknik, ekonomik, sosyal ve yasal mevzuat içeriğinin uygulanarak, tüketici ürünü için en güvenli ve verimli kullanım ve uygulamaların elde edilmesi demektir.

Optimizasyon için en iyi başlangıç noktası, radyasyon dozu ışınlanma durumlarının ortaya konularak, bu olasılıkların en aza indirilmesine yönelik mevcut koşulların veya uygulamaların geliştirilmesidir.

Tüketici ürününün muafiyet sınırlarının altında kaldığı durumlarda bile, düzenleyici otorite optimizasyonun yapıldığını teyit etmelidir.

4.5 Güvenlik Değerlendirmesi

Tüketici ürününün gerekçelendirilmesi ile radyasyondan korunma ve güvenliğinin optimizasyonunda en önemli karar verme araçlarından birisi güvenlik değerlendirmesidir. Güvenlik değerlendirmesi normal kullanımda, öngörülebilir kaza ve bertaraf durumlarında alınabilecek olan dozlara ilişkin bilgileri de içerir. Bu doz bilgileri, yasal mevzuatta geçen doz sınırları ve limitleri ile karşılaştırılmalıdır.

Bilindiği üzere, bazı tüketici ürünlerinin kişilerce evde kullanımı durumunda bir, iki gibi düşük sayıda kullanımı söz konusuysen, bazı durumlarda halka açık mekanlarda veya tesislerde kullanımı durumunda ise çok sayıda kullanımı mümkün olabilmektedir. Örneğin, duman detektörlerinin evde kullanımında az sayıda yeterli olurken, bir iş yeri veya alışveriş merkezinde veya bir otelde, yangın önleme sisteminin önemli bir parçası olarak çok sayıda kullanımı söz konusu olmaktadır. Ancak duman detektörleri direkt olarak kişilerin kullanımına sunulan ürünler değildir ve yangın önleme sisteminde kişilerden bağımsız olarak kullanılmaktadırlar. Bu durumda kullanım yerlerine bakılmaksızın duman detektörleri ile ilgili yapılacak bir güvenlik değerlendirmesinde aynı yaklaşımın kullanılması mümkündür. Yani gerek evde kullanımında gerekse iş merkezi gibi halka açık bir yerde kullanımında aslında aynı yaklaşım ve senaryoların kullanılması mümkündür. Burada sadece alınabilecek olan tahmini dozların hesaplanması sırasında, kullanılan duman detektörlerinin toplam sayısının ve dolayısıyla kişilerin alabilecekleri toplam dozun dikkate alınması gerekir.

Bir tüketici ürününün içindeki radyoaktif maddenin miktarı tek bir üründen düşük olabilmesine rağmen, bu ürünlerin topluca taşınması veya depolanması sırasında toplam radyoaktif madde miktarı yüksek miktarda olabilmektedir. Bu durumda, tüketici ürünlerinin depolandığı veya taşıma yapılan tesisler ve yerler ile ilgili olarak bu durumu dikkate alan bir güvenlik değerlendirmesi yapılmalıdır. Hatta taşıma ve depolama durumlarına yönelik ayrı ayrı güvenlik değerlendirmeleri yapılmalı ve bu değerlendirmeler hem normal koşulları hem de yangın gibi anormal durumları da içermelidir. İlâveten, yapılacak olan güvenlik değerlendirmesinde depolama veya taşıma durumlarında bulunabilecek olan maksimum ürün sayısı toplam aktivite açısından sınırlandırılmalı ve toplam radyoaktif madde miktarının veya aktivitesinin belirlenen limit değerlerini aşmadığından emin olunmalıdır. Örneğin güvenlik değerlendirmesinde, muafiyet limitlerinin altında kalan bir tüketici ürününde depolama yapılan yerdeki toplam aktivitenin de muafiyet limitlerinin altında kalmasına ilişkin alınan önlemlerin bilgisi istenebilir.

Halkın direkt olarak ulaşabileceği bir tüketici ürününün muafiyet kriterlerini sağlayarak muaf tutulmuş olması, bu ürün ile ilgili aşamaların/faaliyetlerin de muaf tutulacağı anlamına gelmemektedir. Düzenleyici otorite tarafından hangi aşamada/faaliyette düzenleyici kontrol (örneğin yetkilendirme) gerektiğine, güvenlik değerlendirmesi yapılırken karar verilmesi gereklidir.

Halkın kullanımına sunulan bir tüketici ürününün kullanım ömrü sonunda bertarafına ve atık yapılmasına ilişkin alınacak önlemler de güvenlik değerlendirmesinde dikkate alınmalıdır. Satışı serbest bırakılmış olan tüketici ürünlerinin atık olarak düzenli bir şekilde toplanmasının çok da gerçekçi olmayacağı unutulmamalıdır. Bu tür ürünlerin belki de kullanım ömürleri dolduğunda evsel atık veya belediye atığı olarak da atılabileceği göz önüne alınmalıdır ve güvenlik değerlendirmesinde bu durumlar da yer almalıdır.

4.6 Muaf veya Serbest Bırakma

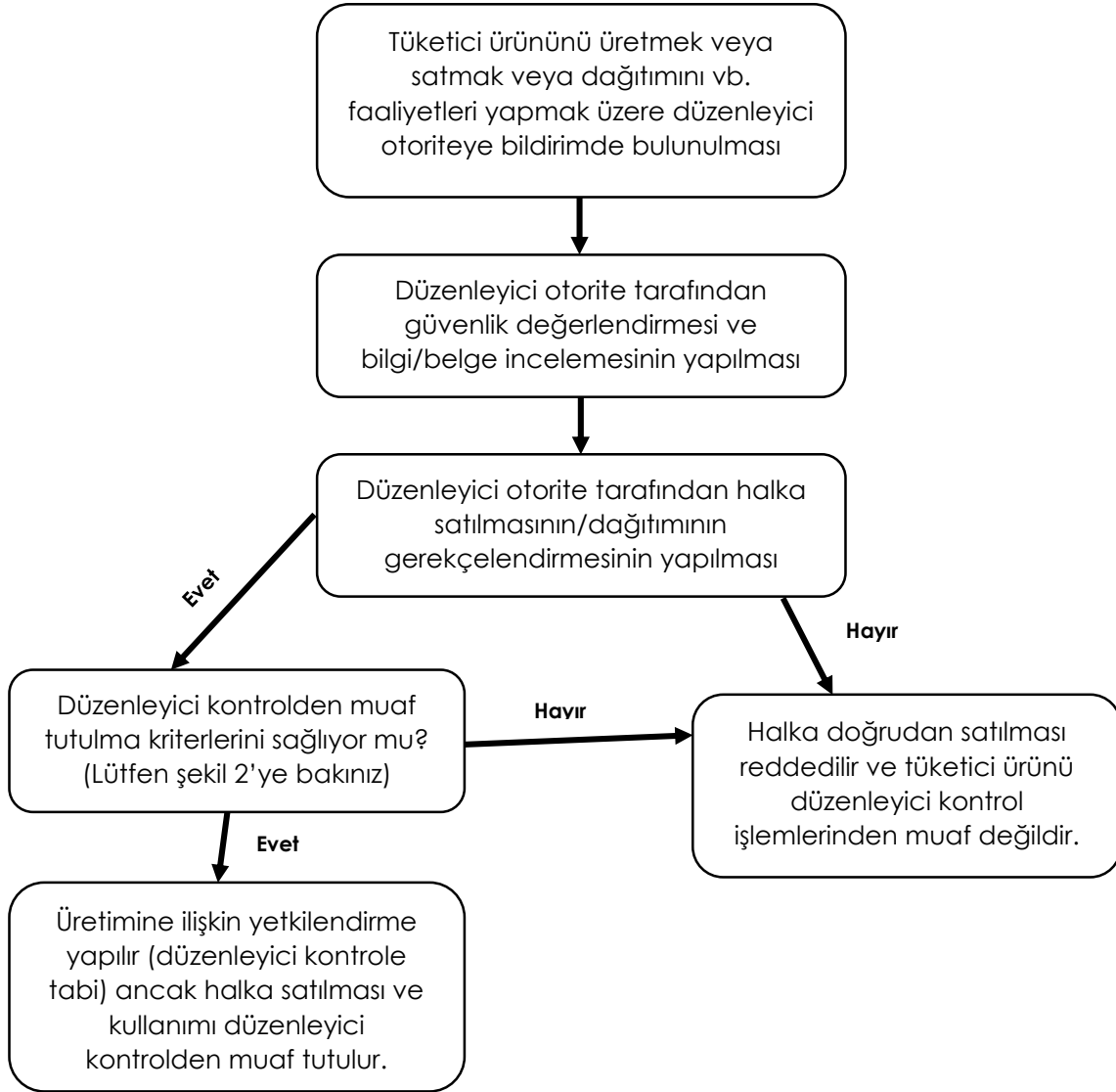
Tüketici ürünlerine ile ilgili muafiyet sınırlarının uygulanmasında, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 5 inci maddesindeki hükümler geçerlidir.

Eğer bir tüketici ürününden kaynaklı oluşabilecek bir radyasyon ışınlanması durumu içerdiği doğal radyoaktif elementlerden dolayı kaynaklanıyorsa, (örneğin yer kabuğundan gelen radyoaktif izotoplar), bu ürünler düzenleyici kontrol dışında tutulabilirler (İngilizcesi "*excluded from regulatory control*") şeklinde kullanılmaktadır. Çünkü bu ürünlerdeki radyoaktif maddenin ve bunlardan doğabilecek olan ışınlanma durumlarının kontrolü mümkün değildir.

Radyoaktif madde içeren bir tüketici ürününden veya uygulamasından kaynaklanan ışınlanma dozlarının muafiyet sınırlarının altında kaldığına ve ürünün solunum veya ağız yoluyla alınmaması açısından güvenli olduğuna yönelik bir değerlendirme yapılırsa bu ürün düzenleyici kontrolden muaf tutulabilir. IAEA tarafından tavsiye edilen kıstasa göre, eğer bu üründen kaynaklı olarak alınabilecek olan kişisel dozun yıllık 10 μSv 'ten düşük olacağı ve ürün kaynaklı toplum dozunun 1 kişi-Sv'ten düşük olacağı değerlendiriliyorsa, o zaman ürün düzenleyici kontrolden muaf tutulabilir.[3]

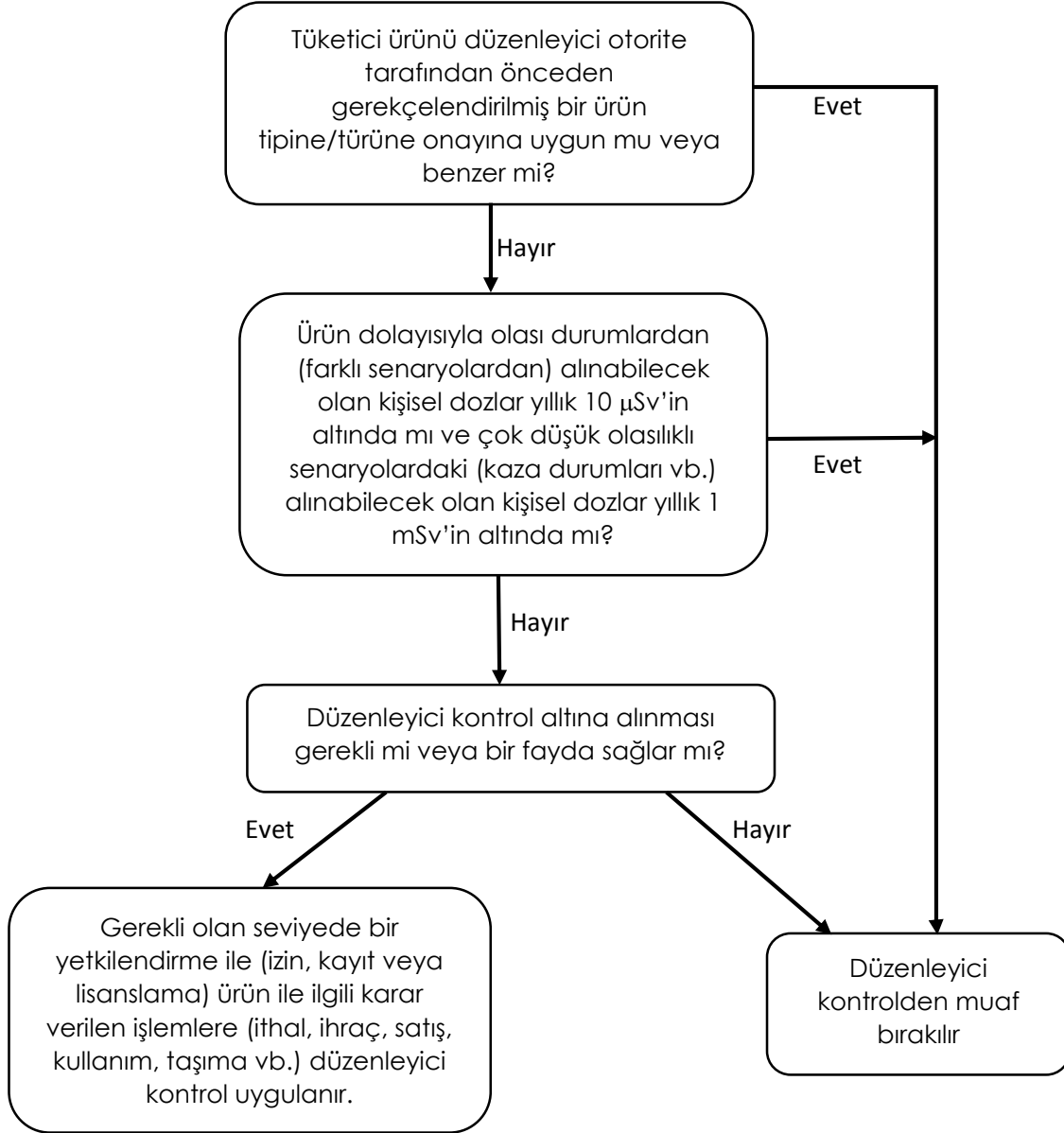
Ancak ürünün muaf tutulmuş olması, ürünün ithalat ihracat, satış ve dağıtım, tamir-bakım onarım, taşıma ve atık yapma işlemlerini yapacak olan kuruluşların da düzenleyici kontrolden muaf tutulacağı anlamına gelmemektedir. Bu işlemler için en azından kayıt/izin şeklinde bir yetkilendirme, hatta gerekli olması durumunda lisans alınması bile düzenleyici otorite tarafından şart koşulabilir.

Şekil 1'de bir tüketici ürününe ilişkin uygulanacak olan düzenleyici kontrol sürecine ilişkin karar verme adımlarını içeren örnek çizelge verilmiştir.



Şekil 1. Tüketici ürünlerinin düzenleyici kontrolüne ilişkin süreç

Aşağıdaki Şekil 2' de düzenleyici kontrolden muaf tutulmasına ilişkin kriterleri gösteren adımlar görülebilir.



Şekil 2. Tüketici ürünlerinin düzenleyici kontrolden muaf tutulmasına ilişkin süreç

KAYNAKLAR

- 1) Radiation Safety for Consumer Products, Specific Safety Guide No.36 (SSG-36), IAEA, 2016.
- 2) "Radiation Protection 146- A Review of Consumer Products Containing Radioactive Substances in the European Union" European Commission , Final Report, 2007.
- 3) Basic Safety Standards, GSR Part 3, IAEA, 2013.
- 4) Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, TAEK, Resmi Gazete Tarihi ve Sayısı: 24.03.2000-23999.
- 5) Exemption from Regulatory Control of Goods Containing Small Amounts of Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1679, IAEA, Vienna, 2012.
- 6) Assessment of the Radiological Impact of the Transport and Disposal of Light Bulbs, Containing Tritium, Krypton-85 and Radioisotopes of Thorium, United Kingdom Health Protection Agency, Chilton 2010.
- 7) Systematic Radiological Assessment of Exemptions for Source and Byproduct Materials (NUREG 1717), US Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear regulatory Research, Washington DC, 2001.
- 8) Radiation Exposure of the U.S. Population from Consumer Products and Miscellaneous Sources. NCRP Report No. 95; 1987.
- 9) Papastefanou, C., Vitsentzos, S. and Garefis, P. Uranium in Dental Porcelain Powders and Dose Induced in Oral Mucosa. Radiation Protection Dosimetry 19(1): 49-53, 1987.
- 10) United States Nuclear Regulatory Commission- Office of Public Affairs, *The Fact Sheet Polonium-210*, 19 Aralık 2006.
- 11) U.S.NRC, "Backgrounder on Irradiated Gemstones", <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/irradiated-gemstones.html#q5>.
- 12) Regulatory Control of Radiation Sources (GS-G-1.5), IAEA, 2004.
- 13) Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, (RS-G-1.7), IAEA, 2004.
- 14) Justification of Practices, Including Non-Medical Human Imaging (GSG-5), IAEA, 2014.