



Radyoaktif Maddelerin Paketlenmesi ve Güvenli Taşınması

The Packaging and Safety Transport of Radioactive Materials

Yasemin Parlak

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

Öz

Radyonüklid tedavi ve görüntüleme son yıllarda kayda değer ilerlemeler kaydetmiştir. Bir hastanın problemini teşhis etmek için invaziv prosedürler uygulamak yerine, birçok farklı görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu görüntüleme yöntemlerinin bir parçası olarak radyasyon ve radyoaktif maddelerin kullanımının artmasıyla, radyasyon tehlikesi giderek daha fazla endişe kaynağı haline gelmiştir. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi ve Nükleer Düzenleme Kurumu gibi kuruluşlar radyasyon tehlikelerini en aza indirmek için radyoaktif maddelerin güvenli bir şekilde taşınması ve kullanılmasına yönelik kılavuzlar yayınlamaktadır. Bu makalede radyoaktif maddelerin güvenli olarak taşınması ve paketlenmesine yönelik mevcut düzenlemeler anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Radyoaktif madde transportu, paketleme, LSA, SCO, ADR

Abstract

Radionuclide therapy and imaging, have made remarkable advances in the recent years. Instead of performing invasive procedures to diagnose a patient's problem, many different imaging modalities are used. With the increasing use of radiation and radioactive materials as part of these imaging modalities, the danger of radiation has become more and more of a concern. Organizations such as the International Committee on Radiation Protection and the National Nuclear Regulatory Board publish guidelines for the safe transport and use of radioactive materials to minimize radiation hazards. This article will describe the current regulations for the safe transport and packaging of radioactive materials.

Keywords: Radioactive material transport, packaging, LSA, SCO, ADR

Giriş

Radyasyon ve radyoaktif maddeler, enerji üretiminden tıp, endüstri ve tarıma kadar birçok faydalı uygulama alanlarına sahiptir. Bu uygulamalardan kaynaklanabilecek çalışanlara, halka ve çevreye yönelik radyasyon riskleri değerlendirilmeli ve kontrol altına alınmalıdır. Radyasyonun tıbbi kullanımları, nükleer tesislerin işletilmesi, radyoaktif malzemelerin üretimi, taşınması ve kullanımı ve radyoaktif atıkların yönetimi gibi faaliyetler bu nedenle güvenlik standartlarına tabidir. Radyasyon riskleri uluslararası iş birliği ile tehlike durumlarını kontrol etme, kazaları önleme, acil durumlara müdahale etme ve zararlı sonuçları hafifletme yeteneklerini geliştirerek küresel olarak güvenliği teşvik etmeye ve geliştirmeye yönelik oluşturulmuştur.

Kara, hava veya deniz yolu ile taşınmak istenen radyoaktif kaynaklar; cinsi, aktivitesi, miktarı, kimyasal veya fiziksel özelliklerine bağlı olarak ve taşıma sırasında olabilecek kaza durumunda ortaya çıkabilecek radyoaktif riskler dikkate alınarak farklı özelliklerdeki paketlerde taşınır. Radyoaktif kaynak içeren paketlerin taşımadan önce etiketlenmesi, yüklenmesi, taşınması, indirilmesi, geçici olarak depolanması ve alıcıya teslim edilmesi aşamalarının tümüne yönelik teknik ve idari standartlar ve şartlar, radyasyon güvenliği konusunda ulusal ve uluslararası otoritelerce belirlenmiştir.

Tehlikeli Madde: Doğaları, içerik ve durumları nedeniyle çevre ve canlı güvenliğini tehlikeye düşürme potansiyeline olan maddelere denir. Kullanımları esnasında tehlikeli ve dikkatsiz davranışlar sonucu hayati

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Doç. Dr. Yasemin Parlak, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

E-posta: yasemin.gultekin@hotmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-3682-7611

©Telif Hakkı 2023 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

tehlike yaratabilirler. Tehlikeli maddeler uluslararası ADR yönergesine göre taşınır. ADR, yani “Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması” uluslararası bir sözleşmedir. Tehlikeli maddelerin çevreye ve insanlara zarar vermeden, güvenli şekilde kamuya açık karayolu ile taşınmasını sağlayan bir yönerge dir. Yönergeye göre tehlikeli maddeler 9 sınıfa ayrılmışlardır. Tablo 1’de tehlikeli madde sınıfları bulunmaktadır. Radyoaktif maddelerin sınıfı 7’dir (1).

Radyoaktif Madde Taşımacılığı ile İlgili Düzenlemeler

Radyoaktif maddelerin taşınmasına yönelik, birçok uluslararası kurum ve kuruluşlarca düzenlemeler yapılmaktadır. Uluslararası düzenlemelerin temel amacı, radyasyon güvenliği ve radyoaktif maddelerin emniyetini sağlamaya yönelik standartları belirlemektir. Radyoaktif maddelerin güvenli taşınması hakkında ilk mevzuat olarak IAEA tarafından “*Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*” isimli rapor hazırlanmıştır. Temel olarak bu düzenleme şu iki hususu şart koşmuştur; 1) Gönderici; radyoaktif maddenin tehlikesine göre yeterli paketlemeyi sağlamakla yükümlüdür. 2) Taşıyıcı; tüm radyolojik tehlikelerin minimize edildiğinden emin olacak tüm gerekli önlemleri almakla yükümlüdür. IAEA Güvenlik Standartları serisinin uzun süreli yapısında da, “Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması” ayrı bir temel güvenlik standardı olarak değerlendirilmiştir. Türkiye’de radyoaktif maddelerin özellikle; kara, hava, deniz yolu ile güvenli taşınması sistemi IAEA’nın taşıma güvenliği yönetmelikleri, taşıma standartlarını belirleyen uluslararası belli başlı kuruluşların (*International Air Transport Association - IATA, Dangerous Goods Regulations - DGR, International Maritime Organization - IMO, International Maritime Dangerous Goods - IMDG*)

Tablo 1. Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması

Sınıf 1	Patlayıcı maddeler
Sınıf 2	Gazlar
Sınıf 3	Yanıcı sıvılar
Sınıf 4	Alevlenir katılar; kendiliğinden yanmaya yatkın maddelerdir.
Sınıf 5	Yükseltgen maddeler (oksitleyiciler), organik peroksitler
Sınıf 6	Zehirli ve bulaşıcı maddeler
Sınıf 7	Radyoaktif maddeler
Sınıf 8	Aşındırıcı maddeler
Sınıf 9	Muhtelif tehlikeli maddeler (asbest, amyant vb.)

tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik hazırlanmış olan tavsiye ve talimatları çerçevesinde ve bir dizi uluslararası antlaşmalar ile belirlenmiştir (2).

Türkiye’de yapılan karayolu ile radyoaktif madde taşınmaları da uzun yıllar boyunca Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği kapsamında başta TENMAK olmak üzere ilgili devlet kurumları kontrolünde yapılmış olup, 2005 yılında yürürlüğe giren “Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği” ile gerekli yasal düzenleme yapılmıştır. Ülkemizde de radyoaktif kaynaklarının kullanımı sırasında radyoaktif kaynaklarla yapılan her türlü işlem kapsamındaki taşımayla ilgili düzenlemeler Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği’ne göre hazırlanmaktadır. Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği ise IAEA’nın hazırladığı “*Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*” mevzuatını temel alarak hazırlanmıştır (3).

Radyoaktif kaynakların taşınmasında radyasyondan korunma ile ilgili hususlar NDK’nın bahsedilen radyasyon güvenliği mevzuatı içine girerken, güvenlik ve emniyetin sağlanması haricindeki tehlikeli maddelerin taşınmasına ilişkin tüm faaliyetlere ilişkin düzenlemeler Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı’nın bünyesinde kurulan Tehlikeli Mal ve Kombine Taşımacılık Düzenleme Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Eğitim ve denetim konusunda birtakım yenilikler uygulanmış olup, radyoaktif madde taşınmalarında denetleyici kurum olarak yer almaktadır (1).

Bu yönetmeliklere göre, radyoaktif kaynaklarla yürütülen her türlü uygulama ve faaliyet için NDK’dan yetki alınması zorunlu olup, taşımaya ilişkin “ithalat, ihracat ve taşıma lisansı”, “radyoaktif kaynak içeren cihazların sökülmesi ve taşınması lisansı” “radyoaktif kaynak içeren mobil cihazların kullanımı ve taşınmasına ilişkin olarak ise kullanma ve bulundurma lisansı ve radyoaktif kaynakların üretimi için üretim ve dağıtım lisansı gibi yetkilendirmeye ilişkin lisanslar NDK tarafından verilmektedir.

Taşıma güvenliğinin sağlanmasında paket tasarımı, imalatı, paketlerin bakımı ve onarımı, taşıma hazırlığı, yükleme ve transit etme dahil olmak üzere taşıma, indirme veya boşaltma ile teslimat aşamaları düzenleme kapsamına giren hususlardır.

Radyoaktif Kaynakların Paketlenmesi

Radyoaktif kaynakların taşınması sırasında halkın ve çalışanların radyasyon güvenliğinin ve radyoaktif kaynakların emniyetinin sağlanması amacıyla ulusal ve uluslararası taşımacılıkta ilgili standartlarla belirlenen

sınıflandırma, işaretleme, plakalama aşamalarını içeren paketlemenin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ulusal ve uluslararası otoriteler tarafından radyoaktif maddelerin paketlenmesi ve taşınması durumları, insanlara ve çevreye zarar vermemesi için birtakım kurallara bağlanmıştır.

Radyoaktif madde sınıfının belirlenmesi: Radyoaktif kaynakların taşınmasında öncelikli adım olarak taşınacak radyoaktif kaynağın temel özellikleri bilinmesidir. Temel özelliklerin belirlenmesi; radyoaktif kaynağın taşınacağı paket seçiminin, hazırlanan pakete ilişkin sınıfın tayiniyle işaretleme ve etiketlemenin doğru bir şekilde yapılarak, göndericisinden alıcısına kadar taşınmanın her bir aşamasında radyasyondan korunmanın sağlanmasının temelini oluşturmaktadır.

Radyoaktif madde paket ve kolileri taşıma indisi (TI) ve yüzey radyasyon seviyelerine göre sınıflandırılır. TI, yüzeyden 1 m mesafede mrem/saat olarak ölçülen radyasyon seviyesinin birimsiz değeridir. Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği Madde 61'e göre: Paketler veya koliler, I-Beyaz, II-Sarı veya III-Sarı şeklinde sınıflandırılırlar (4). Tablo 2'de TI'ya göre radyasyon düzeyleri verilmektedir.

A1 ve A2: Radyoaktif maddelerin güvenli taşınması yönetmeliğinde tanımlanan radyonüklidlere özel bir sınıflandırma değeridir. Yönetmelikte A1; dağılma, saçılma veya sızıntıya neden olmayacak bir kapsül içinde muhafaza edilen veya dağılıp saçılması mümkün olmayan katı halde özel bir formda hazırlanmış radyoaktif maddenin tanımıdır. A2 ise; özel hazırlanmış dışında kalan radyoaktif maddelere ait olan ve yönetmelik eklerinde verilen radyoaktivite değerleri olarak tanımlanmıştır (3).

Radyoaktif kaynak sınıfları; düşük özgül aktiviteli madde (*low specific activity* - LSA), yüzeyi bulaşmış cisim (*surface Contaminated Object* - SCO), özel hazırlanmış radyoaktif madde, düşük oranda dağılabilir radyoaktif madde, bölünebilir madde ve uranyum hexafluoride olarak belirlenmiştir.

1. Düşük Özgül Aktiviteli Madde (LSA): Doğası gereği düşük özgül radyoaktiviteye sahip, ya da belirlenmiş

Tablo 2. Radyoaktif paketlerin transport indisi ve yüzey doz hızına göre sınıflandırılması (2)

TI (Taşıma indisi)	Yüzeydeki doz hızı (mrem/h)	Sınıf
0	≤0,5	I-Beyaz
0-1	0,5-50	II- Sarı
1-10	50-200	III-Sarı
>10	200-1000	III-Sarı ve özel koşullar

özgül radyoaktivite değerlerine göre tanımlanmış radyoaktif maddedir ve kendi içinde üçe ayrılır:

LSA-I

a. Doğada kendiliğinden bulunan uranyum, toryum gibi radyoizotopları içeren ve bu radyoizotopların kullanılması amacı ile işlenen maden cevherleri,

b. Işınlanmamış katı haldeki doğal uranyum veya fakirleştirilmiş uranyum ya da doğal toryum veya bunların katı ve sıvı bileşikleri,

c. A2 değerleri için sınır uygulanmayan radyoaktif madde ve yönetmeliğin eklerinde verilen radyoaktivite konsantrasyonlarının otuz katını geçmeyen ortalama özgül radyoaktiviteye sahip ve radyoaktivitenin maddenin tamamında düzgün dağılım gösterdiği radyoaktif maddedir. Bölünebilir madde için belirtilmiş muafiyet sınırları dışında kalan miktarlar bu sınıfa girmez.

LSA-II

a. Konsantrasyon sınırı 0,8 TBq/L'ye kadar olan Trityumlu su veya,

b. Tahmini ortalama özgül aktivitesi katı ve gazlar için 10-4 A2/g, sıvılar için ise 10-5 A2/g değerini aşmayan ve radyoaktivitenin maddenin tamamında düzgün dağılım gösterdiği radyoaktif maddedir.

LSA-III

a. Katı radyoaktif atık ve aktiflenmiş maddeler de dahil olmak üzere toz halinde olmayan katılar, radyoaktif maddenin tamamında düzgün dağılım gösterdiği beton, seramik veya zift gibi katı bağlama malzemeleri ile radyoaktif madde içeren katı maddeler,

b. Paket, bütünlüğü bozularak su ortamında kaldığında ayrışma hızı hafta başına 0,1 A2 değerini geçmeyen kısmen çözünmez madde,

c. Zırhlanmamış halde ortalama özgül aktivitesi 2×10^{-3} A2/g'yi geçmeyen maddedir.

d. Düşük düzeyde zehirleyici alfa yayıcıları: Doğal uranyum, fakirleştirilmiş uranyum, doğal toryum, uranyum-235, uranyum-238, toryum-232, toryum-228, toryum-230 içeren maden filizleri veya bunların fiziksel ve kimyasal konsantreleri veya yarı ömrü on günden az olan alfa yayıcılarıdır.

LSA III için test koşulları "Radyoaktif maddelerin güvenli taşınması yönetmeliği'nin" 188. Maddesinde aşağıdaki gibi verilmektedir.

Tüm paket içeriğini temsil eden katı haldeki örnek normal sıcaklıkta 7 gün süresince su içinde bekletilir. Testte

kullanılacak suyun hacmi, test sonunda soğurulmamış ve reaksiyona girmemiş olarak örnek hacminin en az %10'u kalacak yeterlilikte olmalıdır. Suyun başlangıç pH değeri 6-8 arasında, iletkenliği 20 °C'de 1 mS/m olacak şekilde hazırlanır. Test sona erdikten sonra serbest kalan suyun radyoaktivitesi ölçülür (3).

2. Yüzeysel Bulaşmış Cisim (SCO): Kendisi radyoaktif olmayan, fakat yüzeyi radyoaktif madde ile bulaşmış her türlü katı cisimdir. Bulaşmanın Bq/cm² oranına göre SCO-I ve SCO-II olarak ayrılmaktadır.

SCO-I: Ortalama 300 cm² ya da alanı 300 cm²'den küçük yüzey üzerinde,

a. Sabit olmayan bulaşmanın; beta ve gama yayıcılar ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 4 Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 0,4 Bq/cm²'yi,

b. Sabit bulaşmanın; beta ve gama yayıcıları ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 4x10⁴ Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 4x10³ Bq/cm²'yi,

c. Sabit ve sabit olmayan bulaşmanın bir arada bulunduğu ulaşılamaz yüzeylerde; beta ve gama yayıcıları ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 4x10⁴ Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 4x10³ Bq/cm²'yi geçmediği katı cisimdir.

SCO-II: SCO-I tanımındaki uygulanabilir sınırları aşan sabit ya da sabit olmayan bulaşmanın olduğu katı cisimler için ortalama 300 cm² ulaşılabılır ya da alanı 300 cm²'den küçük düzey üzerinde;

a. Sabit olmayan bulaşmanın; beta ve gama yayıcılar ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 400 Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 40 Bq/cm²'yi,

b. Sabit bulaşmanın; beta ve gama yayıcıları ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 8x10⁵ Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 8x10⁴ Bq/cm²'yi,

c. Sabit ve sabit olmayan bulaşmanın bir arada bulunduğu ulaşılamaz yüzeylerde; beta ve gama yayıcıları ve düşük düzeyde zehirleyici özelliğe sahip alfa yayıcıları için 8x10⁵ Bq/cm²'yi veya diğer tüm alfa yayıcıları için 8x10⁴ Bq/cm²'yi aşmayan katı cisimdir.

3. Özel Hazırlanmış Radyoaktif Madde: Tanım olarak yönetmelikte özel hazırlanmış radyoaktif madde, dağılma, saçılma veya sızıntıya neden olmayacak bir kapsül içerisinde muhafaza edilen veya dağılıp saçılması mümkün olmayan katı halde radyoaktif madde olarak ifade edilmektedir. Özel hazırlanmış radyoaktif maddenin bir boyutu 5 mm'den küçük olamaz. Özel hazırlanmış radyoaktif maddeler için koşullar, test ve

onay işlemlerine ilişkin hususlar, Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği'nin 111, 112, 113, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195 ve 196, 223, 224, 245. maddelerinde belirtilmiştir. Özel hazırlanmış radyoaktif madde veya onu temsil eden örneğe düşürme, vurma, bükme ve ısı testi uygulanır. Her testte yeni bir örnek kullanılır ve her testin ardından dağılmaz ve kapsül içine alınmış maddelere uygulanan yöntemlere göre çözünme ve hacimsel sızıntı değerlendirilmesi yapılır (3).

4. Düşük Oranda Dağılılabılır Radyoaktif Madde: Toz halde olmamak koşulu ile katı halde kapalı veya kapsül içine alınmış, dağılılabılır sınırlı katı halde radyoaktif maddedir. Düşük oranda dağılılabılır radyoaktif maddeler için koşullar, test ve onay işlemlerine ilişkin hususlar Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği'nin 114, 197, 223, 224, 245. maddelerinde belirtilmiştir.

5. Bölünebilir Madde: Uranyum-233, uranyum-235, plütonyum-239, plütonyum-241 veya bunların bileşimlerini ifade eder. Termal nükleer reaktörlerde işlenmiş doğal uranyum veya fakirleştirilmiş uranyum ile işlenmemiş doğal uranyum ve fakirleştirilmiş uranyum bu tanımın dışında kalır.

b. Paket Tipinin Belirlenmesi (Paket Tanıtma Kodu)

Radyoaktif maddelerin fiziksel yapılarına ve aktivitelerine göre 4 tip paket vardır:

1. Adi Paketler
2. Endüstriyel Paketler
3. A-Tipi Paketler
4. B-Tipi Paketler

1. Adi Paketler

Çok düşük radyoaktivite içeren kaynakların bulunduğu paketlerdir. Bunlar çevreye önemli bir radyasyon kaynağı oluşturmazlar. Paket üzerinde yine de radyasyon uyarı işareti kullanılması gereklidir. Bu paketlerin etiketlenmesine gerek yoktur. Adi paketin dış yüzeyinin herhangi bir noktasındaki radyasyon seviyesi 5 µSv/h değerini geçemez. Radyofarmasötikler, tüketici ürünleri (saat, duman dedektörü, pusula ve bir parçası radyoaktif madde olan cihazlar), doğal uranyum toryum bu paketlerde taşınır. Yüzeysel radyoaktif olmayan bir metal veya benzeri dayanıklı malzeme ile kaplanmış olmak şartıyla, doğal uranyum, fakirleştirilmiş uranyum veya doğal toryumdan imal edilmiş herhangi bir malzeme için adi pakette radyoaktivite sınırlaması yoktur.

2. Endüstriyel Paketler

Bu paketler düşük özgül aktiviteli maddeleri ve yüzeyi bulaşmış cisimleri taşımada kullanılan paket tipleridir.

3. A-Tipi Paketler

Küçük fakat önemli aktiviteye sahip maddenin güvenli ve ekonomik taşınması için tasarlanmış paket tipidir.

Bu tip paketlerin içeriklerinin toplam aktivitesi, içerisindeki radyoaktif çekirdeklerin varlıklarına göre uygun olarak sınırlanmış olup; bu sınırlama özel formülü radyoaktif madde olup olmadığına bağlıdır. Bu limitler, radyoaktif maddenin çevreye yayılması sırasında dış radyasyonun ya da bulaşmanın en düşük seviyede olmasını sağlar. Endüstride kullanılan sabit ve mobil ölçüm cihazları ile Nükleer Tıp alanında kullanılan açık kaynaklar genellikle A tipi paketlerle taşınırlar (2).

Adi paket için belirlenmiş aktivite sınır değerinin üzerine çıktığında radyoaktif maddeler, aktivite değeri Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği'nin Ek-1'inde verilen A1 ve A2 değerinin altında olması koşuluyla A tipi paketlerde taşınır.

Genel olarak, A tipi paket etiketlerinin, paketin her iki tarafında "RADYOAKTİF" işaretini, radyonüklidin adını, miktarını (Bq olarak) ve T1'yı içermesi gerekir. Neredeyse tüm Nükleer Tıp radyofarmasötikleri veya sealed kaynak paketler A tipi paketler olarak gönderilir (5).

4. B-Tipi Paketler

Radyoaktif maddenin aktivitesinin, A1 ve A2 değerini aşması durumunda radyoaktif maddeler B tipi paketlerle taşınır. Endüstriyel radyografi cihazları, radyoterapiye kullanılan kapalı I-192 veya Co-60, açık radyoaktif kaynak olarak I-131, ve kan ışınlamada kullanılan kaynaklar B tipi paketlerle taşınırlar.

B-Tipi Paketler, normal taşıma koşulları dışında ciddi kaza durumlarında taşıdığı radyoaktif maddenin açığa çıkmasını engelleyecek şekilde ve genellikle bir defa kullanılmak üzere tasarlanmış paket tipidir.

B-Tipi Paketler tek taraflı ya da çok taraflı onay ile taşınır.

Bunlar; B (U): Yalnız paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin onayı yeterlidir.

B (M): Paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otorite onayının yanı sıra; sevkiyatın geçtiği yol üzerindeki ülkelerle birlikte, sevkiyatın yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin de onayı gerekmektedir. B-Tipi paket içeriklerine örnek olarak tıbbi amaçlı radyoizotoplar, endüstriyel, tıbbi ya da araştırma amaçlı kaynaklar ile ışınlanmış ya da ışınlanmamış nükleer yakıtlar verilebilir (6).

Temas halinde veya paketten 1 m uzakta maruz kalma oranı A tipi paket için belirtilen sınırı aştığında veya çok büyük miktarda ise, radyoaktif malzemenin B-Tipi paket

olarak gönderilmesi gerekir. B-Tipi bir ambalajın, A tipine kıyasla kazalara daha dayanıklı olması gerekir. Ek olarak, B tipi bir ambalaj, NRC onayı veya ambalaj sertifikası gerektirir. Radyoaktif etiketli bir paketi sevkiyata hazırlamadan önce personelin uygun eğitimi alması gerekir (5).

c. Paket Yüzey Ölçümlerinin Yapılması

Radyoaktif kaynağın paketlenmesinden sonra dış yüzeyinden radyasyon ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Alınan ölçüm değerleri;

a. Adi paketin dış yüzeyinin herhangi bir noktasındaki radyasyon seviyesi 5 μ Sv/saat değerini geçmemelidir.

b. Diğer paketlerin ve iki/daha fazla paketin tek parça olarak işlem gördüğü kolinin dış yüzeyindeki radyasyon seviyesi 2 mSv/saat değerini aşamaz.

c. Endüstriyel paketlerde LSA maddeleri ile SCO miktarları için 3 metreden zırhlanmamış malzemenin vereceği radyasyon seviyeleri 10 mSv/h değerini aşmamalıdır.

d. Yüzey radyasyon seviyesi 2 mSv/saat değerinden daha büyük ise özel koşullu taşımaya tabi tutulur. Özel koşullu taşıma, taşımanın tüm aşamalarının sadece gönderici tarafından gerçekleştirildiği veya alıcının talimatlarıyla gönderici tarafından yerine getirildiği taşımadır. Özel koşullu taşımada bir paketin veya kolinin herhangi bir dış yüzeyindeki en yüksek radyasyon seviyesi 10 mSv/saat değerini geçmemelidir.

Paket tipine göre dış yüzeyinin radyasyon ölçümlerinin yukarıda belirtilen değerlerin üzerinde olduğu durumda paket tipinin değiştirilerek radyoaktif kaynağın daha uygun paket içine yerleştirilerek yeniden ölçüm alınması gerekir (6).

Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerde Etiketleme

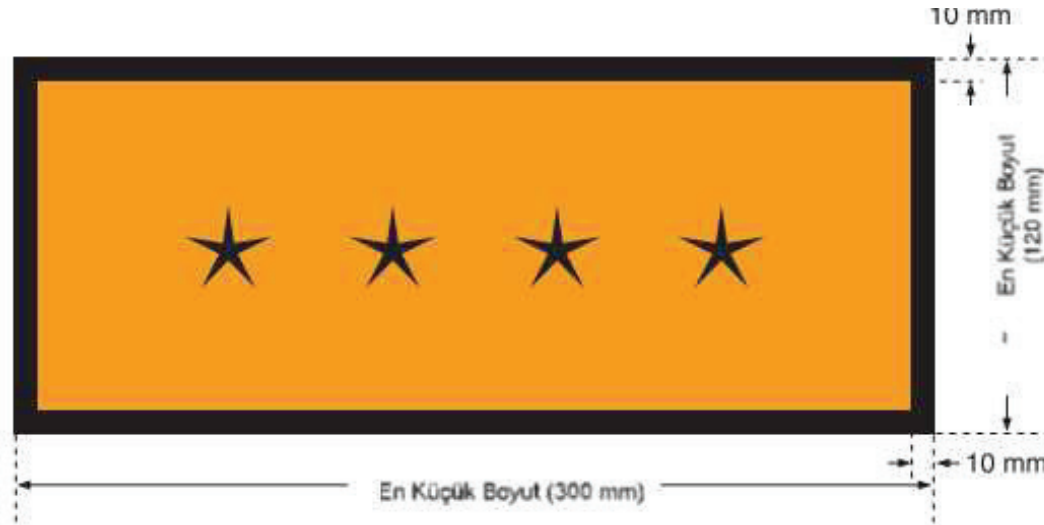
Radyoaktif paket sınıfına uygun olarak seçilen etiketler her bir paket veya kolinin iki zıt yüzüne veya ticari taşıma kabının ve tankın her dört yüzüne açıkça görülecek şekilde yapıştırılır (Şekil 1). Etiketlerde, ait olduğu paket sınıfına ilişkin bilgiyle beraber içerik, aktivite değeri, T1 ve taşınan maddenin tehlikeli madde sınıfının 7 olduğunda dair bilgi bulunur.

Paketlerin Plakalanması

Adi paket dışında radyoaktif paket taşıyan büyük taşıma kabı ve tankları dört plaka taşır. Plakalar düşey durumda her yüze yapıştırılır. Aşağıda Birleşmiş Milletler Radyoaktif Madde Plakası örneği görülmektedir (Şekil 2) (6).



Şekil 1. Radyoaktif maddelerin etiketlenmesi



Şekil 2. Radyoaktif paketlerin plakalanması

Sonuç

Yürürlükteki TENMAK ve Ulaştırma Bakanları Avrupa Konferansı mevzuatı ile IAEA'nın ve Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması'nın radyoaktif madde taşıma ile ilgili yaptırımları ülkemizde de uygulanmakta olup radyoaktif madde taşımacılığındaki mevzuatımız Avrupa normları ile aynı seviyededir.

Kaynaklar

1. Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik, 18 Haziran 2022 Cumartesi Resmi Gazete Sayı: 31870.
2. Parlak Y, Uysal B, Kırış FS, et al. Radyasyon Güvenliği Kılavuzu: Genel Tanımlar ve Nükleer Tıp Uygulamalarında Radyasyondan Korunma Kuralları. Nucl Med Semin 2020;6:71-89.
3. Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği Resmî Gazete Tarihi: 08.07.2005 Resmi Gazete Sayısı: 25869.
4. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2018 Edition.
5. Chen MY. Radiation protection and regulations for the nuclear medicine physician. Semin Nucl Med 2014;44:215-228.
6. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınmasına İlişkin Kılavuz TAEK RSGD-KLV-035.