

# FARKLI RADYOİZOTOPLARIN MALZEME YÜZEYLERİNDEN UZAKLAŞTIRILMASINA YÖNELİK DEKONTAMİNASYON SOLÜSYONU TASARLANMASI

## DESIGNING A DECONTAMINATION SOLUTION FOR REMOVING DIFFERENT RADIOISOTOPES FROM MATERIAL SURFACES

**Tayfun YILMAZ** 

Y. Kimyager, Epsilon Elektronik San. ve Tic. A.Ş., İstanbul/Türkiye

**Erdem ERGÜL** 

Nükleer Enerji Mühendisi, Epsilon Elektronik San. ve Tic. A.Ş., İstanbul/Türkiye

*Geliş Tarihi / Received: 03.03.2021*  
*Kabul Tarihi / Accepted: 18.05.2021*

*Araştırma Makalesi/Research Article*  
*DOI: 10.38065/euroasiaorg.507*

### ÖZET

Radyoaktif maddeler sağlık, enerji ve endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sektörlerde radyoaktif maddelerin bulunduğu ortamlarda radyoaktif madde proses gereği veya kaza sonucu malzeme/ekipman yüzeylerine temas edebilmektedir. Özellikle açık radyoaktif maddelerle çalışılan hastanelerin nükleer tıp departmanları, radyoaktif ilaç üretim tesisleri, radyoaktif kaynak üretim tesisleri, nükleer reaktörler gibi tüm alanlarda malzeme yüzeylerinin radyoaktif madde ile kontaminasyonu söz konusu olabilmektedir. Radyoaktif madde bulaşığı başta personel güvenliği olmak üzere iş güvenliğine de oldukça zarar vermektedir. Kontaminasyonun tespiti sonrasında radyoaktif maddenin bulaştığı malzeme yüzeyinden uzaklaştırılması personel güvenliği, proses güvenliği ve proses iş akışının devamlılığının sağlanması amacıyla gereklidir. Herhangi kontaminasyon durumunda ise radyoaktif madde bulaştığı yüzeyden bir takım özel solüsyonlar vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır. Dekontaminasyon (temizleme) işleminin etkinliği ise bulaşan radyoizotopun niteliği ve temizlemede kullanılan temizleyici solüsyonun özelliklerine bağlıdır. Özetle söz konusu radyoaktif kontaminasyonun gerçekleştiği ortamlarda kullanılacak olan dekontaminasyon solüsyonunun temizleme etkinliğinin yüksek olması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, metal veya ametal özellikteki yaygın kullanılan farklı radyoizotopların sebep olduğu yüzey kontaminasyonunu ortadan kaldırmak amacıyla kullanılacak dekontaminasyon solüsyonunun tasarlanması için gerekli teknik özelliklerden bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Radyoaktif Madde Dekontaminasyonu, Radyoizotop Dekontaminasyonu

### ABSTRACT

Radioactive materials are widely used in health, energy and industry. In these sectors, in environments where radioactive materials are present, radioactive material may contact material / equipment surfaces as a result of the process or accident. In all areas such as nuclear medicine departments, radioactive drug production facilities, radioactive source production facilities, nuclear reactors, especially in hospitals where open radioactive materials are used, contamination of material surfaces with radioactive materials may occur. Radioactive material contamination causes considerable damage to occupational safety, especially personnel safety. After the contamination is detected, it is necessary to remove the radioactive material from the surface of the contaminated material in order to ensure personnel safety, process safety and the continuity of the process work flow. In case of any contamination, the radioactive material is removed from the contaminated surface by some special solutions. The effectiveness of the decontamination (cleaning) process depends on the nature of the contaminated radioisotope and the properties of the cleaning solution used in cleaning. In summary, the high cleaning efficiency of the decontamination solution to be used in the environments where the radioactive contamination occurs is of great importance.

In this study, the technical features required for the design of the decontamination solution to be used to eliminate surface contamination caused by different widely used radioisotopes with metal or nonmetal properties are mentioned.

**Keywords:** Radioactive Material Decontamination, Radioisotope Decontamination

## 1. GİRİŞ

Açık radyoaktif maddelerle çalışılan hastanelerin nükleer tıp departmanları, radyoaktif ilaç üretim tesisleri, radyoaktif kaynak üretim tesisleri, nükleer reaktörler gibi tüm alanlarda malzeme yüzeylerinin radyoaktif madde ile kontaminasyonu söz konusu olabilmektedir. Bu radyoaktif kirlilikler çalışmaların yapıldığı alanlarda personel, ürün ve çevre güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Radyoaktif bulaşmanın tespit edilmesi sonrasında söz konusu radyoaktif maddelerin malzeme yüzeylerinden uzaklaştırılması oldukça önemlidir. Radyoaktif madde ile bulaşma gerçekleşmiş malzeme/ekipman yüzeyindeki kirliliğin, radyoaktif maddelerin kimyasal özellikleri dikkate alınarak uygun kimyasal çözücüler kullanmak suretiyle söz konusu radyoaktif bulaşıklığın ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Söz konusu radyoaktif kontaminasyona sebebiyet veren radyoizotopların başında dünyada en yaygın kullanılan  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  gibi radyoizotoplar bulunmaktadır<sup>5</sup>. Tüm bu radyoizotopların dekontaminasyonuna imkan tanıyan bir solüsyonun tasarlanması için kirlilik kaynaklarının genel kimyasal özelliklerinin bilinmesi etkili bir temizlik işlemi yapılabilmesi için önem arz etmektedir. Her farklı kimyasal yapıya sahip kontaminant için farklı teknikler uygulansa da çok sayıdaki ve farklı kimyasal özellikteki radyoaktif maddeler için ortak bir dekontaminasyon solüsyonu geliştirilebilir<sup>6</sup>.

Bu çalışmada farklı kimyasal özelliklere sahip radyoizotopların malzeme ve ekipman yüzeylerinden hızlı ve pratik bir şekilde uzaklaştırılmalarını sağlayacak bir dekontaminasyon solüsyonunun içeriğinin nasıl tasarlanması gerektiği ile ilgili bilgileri paylaşmaya çalışacağız.

## 2. YÖNTEMLER

Bilindiği üzere kirlilik kaynağı her ne kadar radyoaktif maddeler olsa da söz konusu radyoizotopun veya radyoizotop içeren moleküllerin bir kimyasal özelliği mevcuttur ve temizlik işlemi esnasında radyoizotopun değil radyoizotopun bağlı olduğu moleküler yapının kimyasal yapısı önemlidir. Tam olarak bu noktada yüzeydeki kontaminasyon kaynağı radyoizotopun veya radyoizotop içeren molekülün yüzeyden uzaklaştırılması için kimyasına uygun bir solvent kullanılarak üzerinde bulunduğu yüzeyden uzaklaştırılması gerekmektedir<sup>6</sup>. Radyoaktif maddelerin yoğun olarak kullanıldığı hastane, üretim laboratuvarı gibi alanlarda uygulaması pratik ve yaygın olarak kullanılan temizleme yöntemi radyoaktif kirliliğin olduğu yüzeyin uygun bir solüsyon ile temizlenerek radyoaktif maddenin yüzeyden uzaklaştırılması şeklindedir. Bu yöntemde bir dekontaminasyon solüsyonu kullanılırken beraberinde bir temizleme bezi, sünger, fırça gibi ekipmanlarda kullanılabilir<sup>6</sup>.

## 3. DEĞERLENDİRME

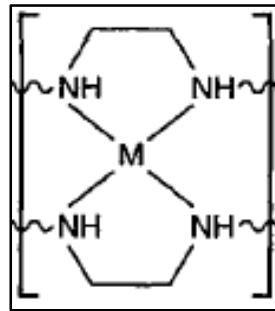
Giriş kısmında bahsedilen dünyada en yaygın kullanılan radyoizotoplara baktığımızda hemen hemen her biri farklı kimyasal yapıya sahip radyoizotoplardır. Metal olan radyoizotopların dekontaminasyonunda ihtiyaç duyulan solüsyon bileşimi ametal radyoizotopların dekontaminasyonunda etkili olmayabilir. Bunun tam tersi de geçerlidir. Bunun için içeriğinde birden fazla temizleyici ajan içeren bir solvent kullanılması gerekliliği ortaya çıkar. Söz konusu radyoaktif kirliliğe sebep olan radyoaktif maddenin yüzeyden uzaklaşabilmesi için bu radyoaktif kirliliği ortamdaki uzaklaştırabilecek kimyasal özelliğe sahip bir dekontaminasyon solüsyonu kullanılmalıdır. Kullanılan dekontaminasyon solüsyonunun temizleme etkinliğini ne kadar yüksekse kirliliğin olduğu yüzeydeki radyoaktif madde o kadar kolay yüzeyden uzaklaştırılabilir. Diğer taraftan kullanılan

dekontaminasyon solüsyonunun paslanmaz çelik, plastik, cam, epoksi ve seramik yüzeylere de zarar vermemesi istenir<sup>6</sup>.

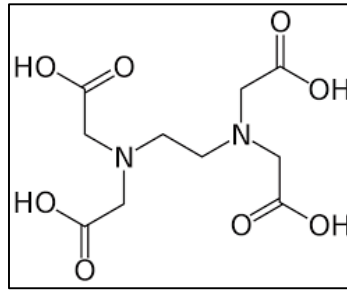
#### 4. TARTIŞMA

Metal kimyasına sahip radyoizotoplar suda kolaylıkla çözünmezler ve yalnızca su kullanılarak ortamdan uzaklaştırılmaları mümkün değildir. Metal radyoizotopların ortamdan uzaklaştırılabilmeleri için malzeme yüzeyinin temizlenmesi amacıyla kullanılacak olan dekontaminasyon solüsyonu metali bağlayacak şelatlayıcı moleküller içermelidir. Bu şelatlayıcı ajanların metal atomlarına afiniteleri vardır ve metal atomu ile karşılaştıklarında metal atomunu çevreleyip sararlar. Kirlilik kaynağı metal radyoizotop pH değeri düşük veya yüksek bir sıvı içerisinde iken malzeme yüzeyinde bulunabilir. Bu yüzden dekontaminasyon solüsyonu içerisinde bulunan şelatlayıcı ajanın geniş bir pH aralığında metal iyonlarını tutması beklenir. Şelatlayıcı ajan metal iyonu ile biraraya geldiğinde bir kompleks oluşturur. Diğer taraftan kullanılan şelatlayıcı ajanın metal iyonu ile kompleks oluşturmadan önce ve oluşturduktan sonra suda çözünür bir kimyasal yapıya sahip olması gereklidir. Ayrıca bu şelatlayıcı ajanın raf ömrü süresi içerisinde sıcaklık ve basınç değişimleri neticesinde kimyasal yapısını koruyabilmesi için sıcaklık ve basınç değişimlerinde hidrolize karşı dirençli olması gerekmektedir. Benzer şekilde dekontaminasyon işlemi esnasında temas edeceği radyoaktif solüsyonun pH'nın yüksek veya düşük olması durumlarında da yine hidrolize karşı dirençli olması gerekmektedir. Resim1. ve Resim2.'de yer alan moleküller metal şelat ajanlarına örnek olarak gösterilebilir. Etilendiamin ve Etilen diamin tetra asetik asit moleküllerinin metallerin etrafını sarıp ortamdan uzaklaştırılmasını sağladığı bilinmektedir (Kocaer, 2003).

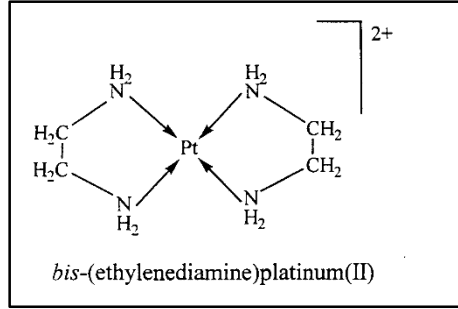
Ametal özellikteki radyoaktif maddelerin malzeme yüzeylerinden uzaklaştırılması için dekontaminasyon solüsyonu içerisinde hem söz konusu radyoaktif maddeyi tutacak hem de su da çözünecek özellikte kimyasal yapıya sahip bir kimyasal yapı bulunması gerekliliği söz konusudur. Bunun için bir ucu polar diğer ucu ise apolar özellikteki kimyasal maddelerin kullanılması gerekmektedir. Ametal özellikteki radyoaktif maddeler polar veya apolar özellikte olabilir ancak bahsedildiği gibi bir ucu polar diğer ucu apolar deterjan özellikteki kimyasal moleküller söz konusu radyoaktif maddelerin uzaklaştırılmasında büyük öneme sahiptir. Temel olarak deterjanların moleküler yapısı bu temizleme için oldukça uygundur (Efe S. 2015). Deterjan moleküler yapısına sahip kimyasallar ametal özellikteki kirliliklerin uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır<sup>4</sup>. Benzer durum radyoaktif kirlilikler için de geçerlidir. Bu kimyasal maddeler apolar özellikteki radyoaktif maddeyi apolar kısmı ile, polar özellikteki radyoaktif maddeyi ise polar kısmı ile tutabilmektedir. Sonrasında suyun bu yapının etrafını sarması sonucunda ortamdan suyun etkisi ile kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir<sup>1</sup>.



**Resim 1.** Etilen diamin metal kompleksi<sup>1</sup> (Bıçak, 1996)



Resim 2. Etilen diamin tetra asetik asit



Resim 3. Şelatlama örneği Bis-(etilendiamin) platin(II) kompleksi<sup>2</sup> (Nassar, 2000)

Metal ve ametal yapıdaki kontaminantların ortamdaki uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak amacı ile dekontaminasyon solüsyonu emülgatör de içermelidir. Bu sayede temizleme özelliği olan metal ve ametal uzaklaştırıcı kimyasalların etkisi de artırılmaktadır. Diğer taraftan emülgatörler organik bir yağ içerisinde bulunan radyoaktif maddelerin de dekontaminasyon solüsyonu içerisinde çözünmesini ve böylelikle ortamdaki uzaklaştırılmasına destek olmaktadır<sup>1,2</sup>.

Dekontaminasyon solüsyonu tasarımında solüsyonun pH değişimlerine karşı direnç gösteren bir bileşen de içermesi dekontaminasyon solüsyonunun hazırlanmasında önem arz etmektedir. pH direncini sağlayan bu bileşik hem ürünün raf ömrünü uzatır hem de dekontaminasyon işlemi esnasında farklı pH'a sahip kontaminantların temizliğinde dekontaminasyon solüsyonunun etkisini kaybetmesine engel olur<sup>3</sup>.

Yukarıda dekontaminasyon solüsyonu tasarımında bahsedilen farklı amaçlarla kullanılan kimyasal maddeleri tercih ederken elbette hangi malzeme yüzeyinde kullanılacak ise söz konusu malzeme yüzeyine zarar vermeyecek nitelikte kimyasal özelliğe sahip olanları tercih edilmelidir.

## 5. SONUÇ

Radyoaktif maddelerle çalışılan hastaneler, üretim laboratuvarları gibi tesislerde çok çeşitli radyoizotoplar bulunmaktadır. Aynı radyoizotopun farklı kimyasal formlarda olmasının yanı sıra metal, organik formlarda kimyasal yapıya sahip çok çeşitli radyoizotoplar kullanılmaktadır<sup>5</sup>. Örneğin hastanelerin nükleer tıp departmanlarında teşhis ve/veya tedavi amacı ile hastalara yalnızca metal özellikteki <sup>99m</sup>Tc radyoizotopu verilebildiği gibi, bu radyoizotop DTPA(dietilen triamin pentaasetik asit) gibi organik moleküllere de bağlanarak hastalara uygulanabilmektedir. Diğer taraftan metal özellikte olmayan <sup>123</sup>I, <sup>125</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>18</sup>F gibi radyoizotoplarda benzer şekilde hastalara uygulanabilmektedir<sup>5</sup>. Dolayısıyla söz konusu farklı kimyasal özellikteki radyoaktif maddeler, çalışıldıkları alanlarda herhangi kaza durumu olması durumunda ortamdaki malzeme yüzeylerinin kontaminasyonuna sebebiyet verebilmektedirler. Bu radyoaktif maddelerin bulaştıkları malzeme yüzeylerinden uzaklaştırılması personel, ürün ve çevre güvenliği anlamında büyük önem arz etmektedir. Farklı radyoaktif maddelerin malzeme yüzeylerinden uzaklaştırılması konusunda farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yazımızda olabildiğince çok sayıda farklı kimyasal özelliklere sahip kirletici radyoaktif maddelerin hızlı ve pratik bir şekilde malzeme yüzeylerinden

uzaklaştırılmasına imkân tanıyacak ortak bir dekontaminasyon solüsyonunun nasıl tasarlanabileceği konusunda bilgiler paylaşmaya çalıştık.

Sonuç olarak metal veya ametal özellikteki veya herhangi organik bileşiğe bağlı radyoizotopların malzeme yüzeylerinden uzaklaştırılması için kullanılacak olan ortak bir dekontaminasyon solüsyonu tasarlarken solüsyon içeriğinde bulunması gerekenlere nitelik olarak dikkat çekmeye çalıştık. Dekontaminasyon solüsyonu içerisinde metal iyonları ile geniş pH aralığında kompleks oluşturan şelatlayıcı bileşik, bir ucu uzun zincirli diğer ucu iyonik yapıda olan organik yapıların tutulumunu sağlayan bir deterjan bileşiği, solüsyonun pH'ının korunmasını sağlamak ve ürün raf ömrünü uzatmak amacı ile koruyucu bileşik, kirliliğin solüsyon içerisinde dağılmasını sağlayacak emülgatör özellikteki bileşiklerin olması gerekmektedir. Tüm bu niteliklere sahip kimyasal maddeleri seçerken temizlik yapılması amaçlanan malzeme yüzeyleri üzerinde de herhangi deformasyona sebebiyet vermemesi gerekmektedir. Ayrıca etken maddeler tercih edilirken doğaya zarar vermeyen veya mümkün olduğunca az zarar veren kimyasal maddelerin tercih edilmesi önem arz etmektedir.

## **6. REFERANSLAR**

1. Bıçak N., Koza G., And Atay T., 1996, Metal Chelating Resins By Condensation Of Ethylene Diamine With P-Dichloromethyl Benzene, Journal Of Applied Polymer Science, Vol. 61,799-804, Maslak, İstanbul
2. Nassar R. A., 2000, Coordination Of Some Monodentate And Hybrid Multident Ate Phosphine Ligands To Platinum Group Metals, A Thesis Presented For The Degree Of Doctor Of Philosophy In The Department Of Chemistry Of The Faculty Of Science At The University Of Leicester August, Leicester.
3. Kocaer F.O, Başkaya H.S., 2003, Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, Bursa
4. Efe S., 2015, Deterjan Bileşenlerinin Temizleme Aktivitesi Üzerine Mekanik Hareket Ve Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Kimya Mühendisliği Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
5. Teksöz S., Müftüler F.Z., 2019, Nükleer Tıpta Kullanılan Radyoizotoplar ve Biyomedikal Uygulamaları, Nucl. Med Semin 2019;5:10-14, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, İzmir
6. ISO 8690, 1988, International Standard, Decontamination of radioactively contaminated surfaces - Method for testing and assessing the ease of decontamination.