

**TÜRKİYE'DE KULLANILAN ÇEŞİTLİ İNŞAAT  
MALZEMELERİNİN GEÇİRME KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ**

**MEASUREMENT OF THE TRANSMISSION COEFFICIENTS OF  
VARIOUS CONSTRUCTION MATERIALS USED IN TURKEY**

**Mutlu ÇOBAN<sup>1</sup>, Burcu AKÇA<sup>2\*</sup>, Salih Z. ERZENEÖĞLU<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>T.C. Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

<sup>2,3</sup>Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Geliş Tarihi:* 07/05/2014

*Kabul Tarihi:* 20/08/2014

**ÖZET**

Bu çalışmada, ince inşaat malzemeleri olarak adlandırılan PVC (polivinil klorür), Al doğrama, çatı kaplama malzemesi (shingle), duvar kağıdı, alçıpan (vinil krolam), zımpara kağıdı, krom levha, laminant parke, fayans, silikon mastik, çimento (28 günlük basınç dayanımları 32,5-42,5 ve 52,5 MPa), yağlı boya ve galvanizli sac ile bir yapının % 30'unu oluşturan ahşap, ısı yalıtım levhası, duralit, tuğla, gaz beton (ytong), MDF (medium density fiberboard) ve andezit kaplama gibi kaba inşaat malzemelerinin geçirme katsayıları dar-şua geometrisi yardımıyla ölçülmüştür. Deneyde, şiddeti 100 mCi olan Am-241 radyoaktif kaynağının 59,5 keV enerjili fotonları ve sayma sistemi olarak da EDXRF (enerji ayırmalı X-ışını floresans) spektrometresi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların, radyasyon güvenliğine katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** radyasyon güvenliği, radyasyon izolasyonu, inşaat malzemeleri, enerji ayırmalı X-ışını floresans spektrometresi, geçirme katsayıları.

**ABSTRACT**

In this study, transmission coefficients was measured by narrow-beam geometry of thin construction material called PVC (polyvinyl chloride), Al joinery, shingle, wallpaper, drywall (vinil krolam), emery paper, chrome plate, laminate flooring, tile, silicone sealant, cement (strength of 28 daily pressure = 32.5-42.5 and 52.5 MPa), fat paint and galvanized sheet together with such as rough construction material wood, thermal insulation boards, hardboard, brick, aerated concrete (ytong), MDF (medium density fiberboard), andesite coating that is forming the 30% of the structure. In the experiment, 59.5 keV energy photons of Am-241 radioactive source that violence 100 mCi and counting system EDXRF (energy dispersive X-ray fluorescence) spectrometer was used. The results obtained are intended to contribute to the radiation safety.

\*Sorumlu Yazar: engineer.mutlu@hotmail.com

**Key words:** radiation safety, radiation isolation, construction materials, energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, transmission coefficients.

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bir hayli artış göstermiştir. Maruz kalınan doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler. İnsanlar, hayatın bir parçası olarak dış uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar dolayısıyla toprak ve yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan ışınlanmaktadır. Bunlara ilave olarak enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanımı kaçınılmaz olan yapay kaynaklar nedeni ile doz almaktadır. Yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte dünya genelinde kişi başına yaklaşık 2,8 mSv yıllık doza maruz kalınmaktadır (TAEK, 2009). Radyasyona maruz kaldığımız süre ve kaynağa göre mesafemiz önemlidir. Bu yüzden radyasyon etkisini azaltmak için radyasyon tutucu malzemelerle zırhlama yapılmaktadır. Bu özellikten yararlanılarak inşaat yapılarını da kullandığımız malzemelerle zırhlatabiliriz.

Günümüzde, inşaat sektörü kentsel dönüşüm projeleri ve artan konut talepleriyle en büyük istihdam yaratan iş kollarından biridir. Gelişmiş ülkelerde insanların çevre, sağlık ve yapı güvenliği konusunda bilinç seviyesi giderek artmaktadır. Bu konu, yapılarda kullanılacak inşaat malzemelerinin seçimini gündeme getirmektedir. Toplumun sağlık, konfor ve huzurunu doğrudan etkileyen inşaat sektöründe yapılacak mekanlar için yapı malzemesi seçimi çeşitliliği önemlidir. Uygun malzeme seçimiyle radyasyona maruz kalma süresi ve dozu azaltılabilir. Böylece insanoğlunun yaşam süresi

uzamış, yaşam kalitesi artmış ve kalıtsal özelliklerinin bozulması engellenmiş olur.

Yapılarda malzeme seçimi ve içeriğine bağlı olarak çok farklı çalışmalar yapılmıştır: (Kurudirek vd., 2010) farklı oranlardaki TSW (trommel sieve waste), Portland çimento, kireç ve derz dolgulu numunelerin kimyasal kompozisyonu hakkında bilgi elde etmek için WDXRF (Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence) spektrometresi ile analizlerini yapmışlardır ve 22,1 keV, 25 keV, 88 keV enerjilerdeki foton etkileşme tesir kesitlerini hesaplamışlardır. (Stankovic *et al.*, 2010) nükleer güç santralleri, nükleer araştırma reaktörleri ve sağlık kurumlarında kullanılan parçacık hızlandırıcılar için bina inşaatlarını araştırmışlar ve betonun bileşeni olarak farklı tipteki agregaların radyasyon tutucu olup olmadığını analiz etmişlerdir. (Damla vd., 2011) Türkiye’de yaygın olarak kullanılan çatı ve tuğla malzemelerinde radyonüklidlerin dağılımını incelemişlerdir. Çatı ve tuğla malzemelerinin deneysel kütle azaltma katsayılarını 80-1332 keV enerji aralığında gama-ışını geçirme metoduyla belirlemişlerdir ve deneysel kütle azaltma katsayılarını teoerik değerlerle karşılaştırmışlardır. (Albarhoum *et al.*, 2012) Suriye’nin orta bölgesindeki evlerin karakteristik zırhlama özelliklerini deneysel olarak ölçmüşlerdir. Bölgede tavan malzemesi yapımında kullanılan betonun nükleer reaktörlerde ve zırhlamada kulanılana benzer olarak çok iyi özelliklere sahip olduğunu görmüşlerdir. Daha küçük kütle azaltma katsayılarına sahip duvarlar için kullanılan blokların gama ışınlarını ortalama % 73,221’e kadar azalttığını gözlemlemişlerdir.

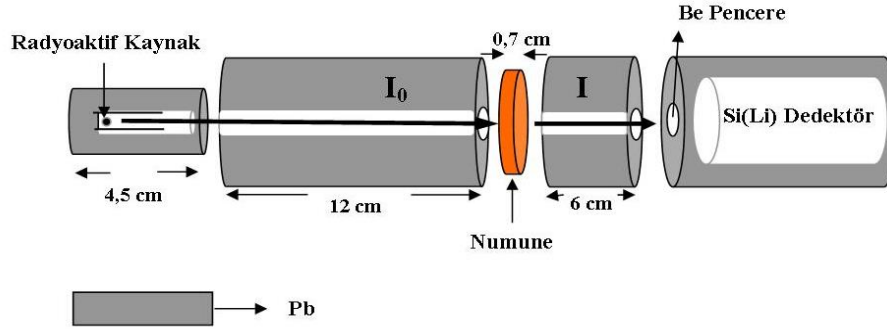
Çalışmamızın amacı, yapılarda kullanılan inşaat malzemelerinin radyasyon karşısındaki geçirgenliğinin bilinmesiyle ihtiyaca göre daha bilinçli kullanılmasını sağlamak ve radyasyon güvenliğine katkı sağlamaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Deney Geometrisi

Bu çalışmada, 100 mCi ( $3,7 \times 10^9$  Bq) şiddetindeki Am-241 radyoizotop nokta kaynağı ve kaynaktan elde edilen 59,5 keV’lik  $\gamma$ -ışınları kullanılmıştır. Kaynaktan çıkan ışınları kolime etmek için kaynağın bulunduğu alan kurşun plakalar arasına yerleştirilmiştir. Spektrumların alınmasında, enerji ayırmalı X-ışını floresans (EDXRF) spektrometresine bağlı, aktif çapı ve aktif alanı sırasıyla 3,91mm ve 12 mm<sup>2</sup> ve 5,9 keV’de yarı maksimumdaki tam genişliği 160 eV olan, dış

ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmelerine karşı koruma amaçlı 13  $\mu\text{m}$  kalınlıklı Be pencereye sahip bir Si(Li) dedektör kullanılmıştır. Deney süresince sayaç kristali ve FET 30 litrelik bir sıvı azot kabında ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) tutulmuştur. Ölçüm süresi boyunca çevresel şartların değiştirilmemesine özen gösterilmiştir. Deneysel ölçümler için hazırlanan dar-şua geometrisi Şekil 1' de verilmiştir. Kullanılan deney geometrisinde dedektör, numune ve kaynak aynı düzlem üzerindedir. Kaynak ve dedektör arasındaki mesafe numune kalınlığına uygun olarak değiştirilmiş ve her bir durum için boş sayımlar alınmıştır. Genie-2000 programında alınan spektrumlar, Matlab 7.0 programında yazılan ve Genie-2000 programının formatına göre elde edilmiş ham verileri bir text dosyası formatına çeviren program vasıtasıyla OriginPro 7.5 programında çizdirilmiştir. Bu program kullanılarak piklerin enerjileri ve net alanları hesaplanmıştır.



Şekil 1. Dar-şua geometrisi.

## 2.2. Numunelerin Hazırlanması

Çalışmada, 22 çeşit farklı inşaat malzemesi kullanılmıştır. Numunelerin seçiminde çeşitliliğe önem verilmiş, seçim kriteri olarak bir yapının kaba ve ince inşaatında kullanılan malzemeler esas alınmıştır. İnce inşaat malzemesi olarak PVC, Al doğrama, çatı kaplama malzemesi, duvar kağıdı, alçıpan, zımpara kağıdı, krom levha, laminant parke, fayans, silicon mastik, çimento, yağlı boya ve galvanizli sac kullanılmıştır. Mevcut bir yapının % 30'unu oluşturan kaba inşaat malzemelerinden ise ahşap, ısı yalıtım levhası, duralit, tuğla, gaz beton, MDF ve andezit kaplama malzemesi piyasada bulunduğu şekilde temin edilmiştir. Yapının en önemli kısmı olan betonun incelenmesi için de 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 32,5-42,5 ve 52,5 MPa olan çimentolar ile su/çimento oranı 0,5 olan

beton numuneler dökülmüştür. Beton numunelerin hazırlanması aşamasında çimento ve suyun kütlesi 1/10000 hassasiyetli Gec AVERY terazisiyle ölçülmüştür. Karıştırıcıda 10 dakika karıştırılmak sureti ile silindir kaplara dökülen numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonar 7 gün kür havuzunda bekletilmişlerdir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Geçirme Katsayılarının Ölçülmesi

Soğurma deneylerinde karşılaşılan en önemli problem soğurucu materyalin belli bir kalınlıktan daha ince olması ki bu durumda bütün parçacıklar soğurucu materyali geçer ve belli bir kalınlıktan daha kalın ise parçacıklar bütün enerjisini kaybeder ve soğurucu materyalden çıkamaz (İçelli, 2002).

Soğurma ölçümlerinde aynı zaman ve deneysel şartlar altında sayımlar yapılarak geçirme katsayıları ( $T = I/I_0$ ) ölçülmüştür. Bu sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** İnce inşaat malzemelerinin 59,5 keV enerjideki geçirme katsayıları

<b>İnce İnşaat Malzemeleri</b>	<b>Geçirme Katsayıları</b>
Yağlı boya	0,9995
Silikon mastik	0,9988
Duvar kağıdı	0,9987
Zımpara kağıdı	0,9984
Laminant parke	0,9983
Al doğrama	0,9969
PVC	0,9968
Çatı kaplama malzemesi	0,9920
Alçıpan	0,9912
32,5 MPa'lık çimento	0,9883
52,5 MPa'lık çimento	0,9882
Fayans	0,9840
Galvanizli sac	0,9838
Krom levha	0,9836
42,5 MPa'lık çimento	0,9821

**Tablo 2.** Kalın inşaat malzemelerinin 59,5 keV enerjideki geçirme katsayıları

<b>Kalın İnşaat Malzemeleri</b>	<b>Geçirme Katsayıları</b>
Ahşap	0,9978
Duralit	0,9976
Isı yalıtım levhası	0,9968
MDF	0,9946
Gaz beton	0,9888
Tuğla	0,9881
Andezit kaplama	0,8658

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Radyasyon, doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjilerdir. İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilir. İyonlaşma, radyasyonla etkileşime giren herhangi bir maddede meydana gelebileceği gibi insanlar dâhil tüm canlıların vücudunda da ortaya çıkabilir (Kılınçarslan, 2011). Günümüzde radyasyon ve çevre konusundaki hassasiyet oldukça artmıştır. Öyle ki çevremizdeki doğal ve yapay radyasyon kaynaklarındaki artış radyasyonun zararlı etkilerinden korunulmasına ilişkin çalışmaları da ön plana çıkarmıştır. Bu radyasyon kaynakları radon gazı, kozmik ışınlar, kozmik ışınların madde ile etkileşimi sonucu oluşan radyasyon, nükleer tıp, farklı maddelerde kullanılan materyaller, uranyum ve toryum serileri vb. dir. Alınan radyasyon miktarları canlıların yaşadıkları coğrafi konuma, bu kaynaklara olan mesafelere, kaynakların sürekliliğine, maruz kalma süresine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bu alanda inşaat sektöründe kullanılan yapı malzemelerinin aktifliğinin de bilinmesi yukarıda belirtilen olumsuz etkilerin azalmasına yardımcı olacaktır. Olumsuzluğundan bahsettiğimiz bu etkiler canlıların doğal yaşam süresini kısaltmakta, kanser ve kalıtsal hastalıkların artışına sebep olmaktadır.

19. yüzyıldan sonra, ekonomik ve sosyal değişimler sonucu malzeme teknolojisi fazlasıyla önem kazanmış ve tüm tasarımlarda, tek bir malzeme yerine malzeme bileşimleri kendini göstermiştir (Eriç, 1994). Genel olarak yapı malzemesi belirli bir yapıda

kullanılacak ise bir veya birkaç karakteristiğın, bazı araştırmalara ve gözlemlere dayanılarak saptanan değerler arasında olması gerekir. Yapı malzemelerin özellikleri içyapıya büyük ölçüde bağlıdır (Smith, 2001).

Radyasyon etkilerinin en aza indirilmesi için inşaat sektöründe kullanılan çeşitli yapı malzemelerinin radyasyon soğurmaları dikkate alınarak bilinçli bir kullanım sağlanabilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, kullanılan enerji değeri için yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliğini göstermektedir. Bu yapı malzemeleri için Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde geçirme katsayılarının numunelere göre relatif olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Sonuçlar, radyasyon güvenliğinin ön planda olduğu bir yapıda numune seçiminin önemini ortaya koymaktadır. İnce inşaat malzemeleri için Tablo 1’deki geçirme katsayıları incelendiğinde yağlı boyanın en büyük geçirme katsayısına sahip olduğu görülmektedir ki bu durum yağlı boyanın radyasyona daha geçirgen olduğunu göstermektedir. Yine Tablo 1’den 28 günlük basınç dayanımı 42,5 MPa olan çimentonun geçirme katsayısının en küçük olduğu görülmektedir, bu durum 42,5 MPa’lık çimentonun radyasyona daha az geçirgen olduğunu yani radyasyonu daha tutucu ve soğurucu bir özellik sergilediğini kanıtlamıştır. Kalın inşaat malzemeleri için Tablo 2 incelendiğinde, andezit kaplamanın geçirme katsayısı en düşükken, ahşabın en büyüktür. Buda ahşabın radyasyona daha geçirgenken, andezit kaplamanın daha tutucu ve soğurucu olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2’de bu yapı malzemeleri için radyasyona daha geçirgenden, daha az geçirgene doğru yani radyasyon güvenliğini destekleyen malzemeye doğru bir sıralama mevcuttur. Geçirme katsayısının azalmasıyla malzemelerin radyasyona karşı daha tutucu, artmasıyla daha geçirgen olduğu bilinmektedir. Bu sonuçlar dikkate alınarak “radyasyon izolasyonu” veya “radyasyon güvenliği” desteklenmektedir.

Gelecekte bu çalışma farklı enerjiler ve farklı yapı malzemeleri için genişletilebilir. Bu yönde yapılan bilimsel çalışmaların teorikte kalmayıp pratiğe dönüştürülmesi çok önemlidir. Elde edilen bilimsel sonuçların pratiğe dökülmesi açısından üniversiteler ve sanayi işbirliğinin geliştirilmesi ve bu sonuçların pratiğe dökülmesi gerekmektedir. Bu anlamda, yaptığımız bu çalışmanın yapı malzemelerinin radyasyon güvenliğine katkı sağlamasını umuyoruz.

**5. KAYNAKLAR**

- Albarhoum, M., Soufan, A. H. and Mustafa H., 2012, Experimental determination of the shielding characteristics of the dwelling houses buildings materials against neutrons in the Central Region of Syria, *Annals of Nuclear Energy*, 47, 134-139.
- Damla, N., Cevik, U., Koby, A. I., Celik, A., Celik, N. and Yıldırım, I., 2011, Assesment of natural radioactivity and mass attenuation coefficients of cement samples used in Turkey, *Journal of brick and roofing tile used in Turkey*, *Radiation Measurements*, 46, 701-708.
- Eriç, M., (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, (s. 367), İstanbul, Literatür Kitabevi.
- İçelli, O., (2002). *Bazı Bileşik ve Kristallerde Lineer Diferansiyel Saçılma Katsayılarının Açılma dağılımının Ölçülmesi ve Etkin Atom numarasına Göre Değişiminin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kılınçarslan, Ş., 2011, Radyoaktif Işınlardan Korunaklı Ekolojik Yapılar, *Journal of Polytechnic*, 14, 93-99.
- Kurudirek, M., Aygun, M. and Erzeneoğlu, S., 2010, Chemical composition, effective atomic number and electron density study of trommel sieve waste (TSW), Portland cement, lime, pointing and their admixtures with TSW in different proportions, *Appl. Radiat. Isot.*, 68, 1006-1011.
- Smith F.W., (2001). *Malzeme Bilimi ve Mühendisliği*, (s. 900), İstanbul, N. Literatür Yayıncılık.
- Stankovic, S. J., Ilıc, R. D., Jankovic, K., Bojovic, D. and Loncar, B., 2010, Gamma Radiation Absorption Characteristics of Concrete with Components of Different Type Materials, *Acta Physica Polonica A*, 117, 812-816.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), (2009) <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/500-radyasyon-ve-yasam.html>.