

## Measurement of the Linear Attenuation Coefficients of Various Construction Materials

Mutlu Coban

Republic of Turkey, General Directorate of Highways, Region of Twelfth, Erzurum, Turkey  
E-mail: engineer.mutlu@hotmail.com

Burcu Akca (Corresponding author)

Ardahan University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Ardahan, Turkey  
E-mail: burcuakca@ardahan.edu.tr

Salih Zeki Erzeneoglu

Ataturk University, Faculty of Science, Department of Physics, Erzurum, Turkey  
E-mail: salih@atauni.edu.tr

### Abstract

In this study, linear attenuation coefficients was measured using EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer) of 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, wood, thermal insulation boards, hardboard, brick, aerated concrete (ytong), MDF (medium density fiberboard) and andesite coating such as various construction materials. The results obtained are intended to contribute to the radiation safety.

**Keywords:** Linear attenuation coefficient, Construction material, EDXRF.

## Çeşitli Yapı Malzemelerinin Lineer Soğurma Katsayılarının Ölçülmesi

### Özet

Bu çalışmada; PVC (polivinil klorür), Al doğrama, çatı kaplama malzemesi (shingle), duvar kâğıdı, alçıpan (vinil krolam), zımpara kâğıdı, krom levha, laminant parke, fayans, silikon mastik, çimento (28 günlük basınç dayanımları 32,5-42,5 ve 52,5 MPa), yağlı boya, galvanizli sac, ahşap, ısı yalıtım levhası, duralit, tuğla, gaz beton (ytong), MDF (medium density fiberboard) ve andezit kaplama gibi çeşitli yapı malzemelerinin lineer soğurma katsayıları EDXRF (Enerji Ayrımlı X-Işını Spektrometresi) kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçların, radyasyon izolasyonu onuna katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Lineer soğurma katsayısı, Yapı malzemesi, EDXRF.

### 1.Giriş

Canlılar yaşadığı ortamdaki mevcut radyasyondan etkilenirler. Alınan radyasyon her gün vücut hücrelerindeki binlerce molekülü parçalamakta ve hücrelerin ölmesine sebep olmaktadır. Ölen hücrelerin hücre yenilenmesi de oldukça zordur. Radyasyona maruz kaldığımız süre ve kaynağa göre mesafemiz önemlidir. Bu yüzden radyasyon etkisini azaltmak için radyasyon tutucu malzemelerle zırhlama yapılır. Bu özellikten yararlanılarak inşaat yapılarını da kullandığımız malzemelerle zırhlatabiliriz. Radyasyonun etkileri hakkındaki en büyük endişe, ışınlanan kişilerde, kötü huylu hastalıklara neden olma ve ışınlanan kişilerin gelecek nesillerinde kalıtsal kusurlar ortaya çıkma olasılığıdır. Bu etkilerin ortaya çıkma olasılığı, ışınlanan kişinin doğal ya da yapay radyasyon kaynaklarından aldığı radyasyon miktarına bağlıdır [1]. Son yıllarda, iyonlaştırıcı radyasyonun etkileri çok daha iyi anlaşıldığından radyasyonla ışınlanan kişileri korumak için radyasyondan korunma sistemi oldukça popüler bir araştırma konusu olmuştur.

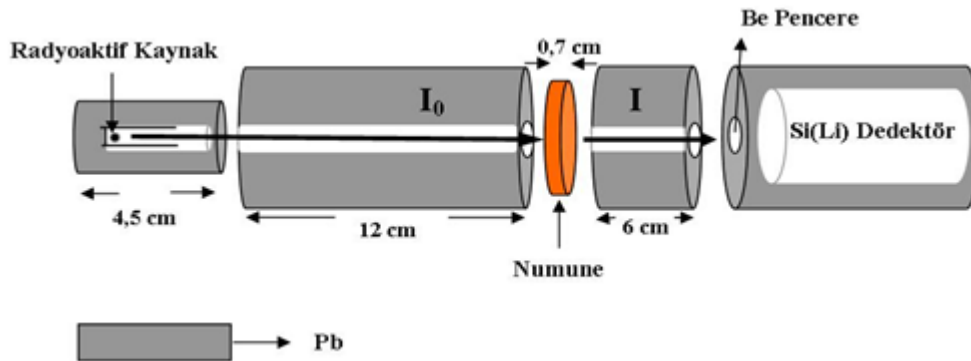
Günümüzde inşaat sektörü kentsel dönüşüm projeleri ve artan konut talepleriyle en büyük istihdam yaratan iş kollarından biridir. Gelişmiş ülkelerde insanların çevre, sağlık ve yapı güvenliği konusunda bilinç seviyesi giderek artmaktadır. Bu konu yapılar da kullanılacak inşaat malzemelerinin seçimini gündeme getirmektedir. Toplumun sağlık, konfor ve huzurunu doğrudan etkileyen inşaat sektöründe, yapılacak mekânlar için yapı malzemesi seçimi, çeşitliliği önemlidir. Uygun malzeme seçimiyle radyasyona maruz kalma süresi azaltılabilir. Böylece insanlığın yaşam süresi uzamış, yaşam kalitesi artmış ve kalıtsal özelliklerinin bozulması engellenmiş olur.

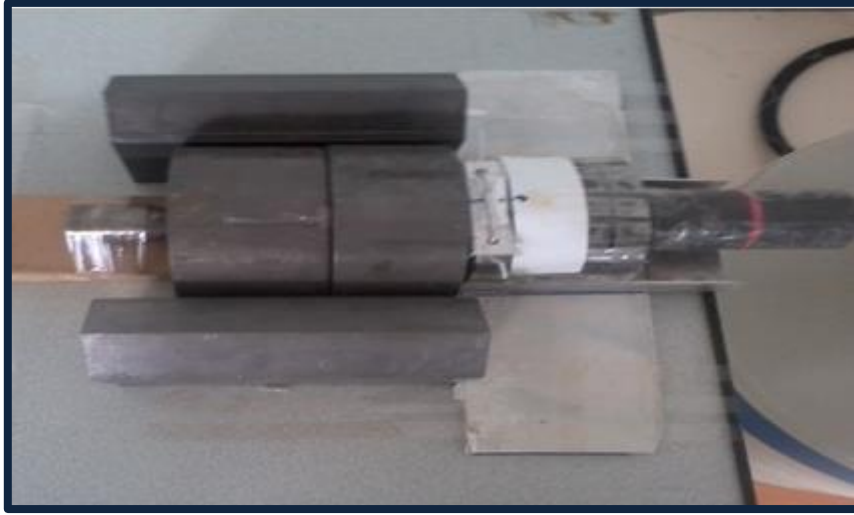
Yapılarda malzeme seçimi ve içeriğine bağlı olarak farklı çalışmalar yapılmıştır, bu çalışmalardan birkaçı sıralanmıştır. Sharaf ve Saleh 2015 yılında; kireçtaşı, beton, tuğla, çimento ve sıva gibi inşaat malzemelerinin lineer soğurma katsayılarını 0,05-3 MeV enerjiler için ölçmüşlerdir [2]. Doğan ve Altınsoy 2014 yılında; Türkiye’de kullanılan beton, gaz beton, ponza ve tuğla gibi bazı yapı malzemelerinin kütle soğurma katsayılarını farklı gama-ışını enerjileri için ölçmüşlerdir ve teorik XCOM değerleriyle karşılaştırmışlardır [3]. Mavi 2012 yılında; bazı granit malzemelerin lineer soğurma katsayılarını 662, 1773 ve 1332 keV gama enerjileri için ölçmüştür [4]. Kulwinder et al. 2012 yılında; toprak, dolomit, alçı, volkanik kaya ve kireçtaşı gibi düşük atom numaralı malzemelerin kütle soğurma katsayılarını 0,015–15 MeV enerjiler için incelemişlerdir [5]. Salinas et al. 2006 yılında; kil tuğlayı tek taraflı, iki taraflı çimento kaplayarak ve sade haliyle kullanarak 50-3000 keV enerjilerde kütle soğurma katsayılarını ve etkin yoğunluklarını tanımlamışlardır [6]. Charanjeet et al. 2004 yılında; cam, beton, mermer, uçucu kül, çimento ve kireç gibi yapı malzemelerinin toplam ve kısmi kütle soğurma katsayılarını 10 keV ile 100 GeV gibi geniş bir enerji aralığında ölçmüşlerdir [7]. Petropoulos et al. 2002 yılında; toprak, uçucu kül, linyit ve kum gibi yapı malzemelerinin 59,54 keV enerjide lineer soğurma katsayılarını oluşturulan self-absorpsiyon düzeltmesi metodunda kullanmak için ölçmüşlerdir [8]. Alam et al. 2001 yılında; Bangladeş’in Chittagong ve Cox’un Bazar bölgesinde bulunan ağır plaj minerallerinin, toprak, kum ve inşaat malzemelerinin farklı türlerinin, lineer ve kütle soğurma katsayılarını  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{60}\text{Co}$  nokta kaynaklarından yayımlanan 276,1; 302,8; 356,0; 383,8; 661,6; 1173,2 ve 1332,5 keV’ lik gama-ışını enerjilerini kullanarak ölçmüşlerdir [9].

Çalışmamızın amacı, yapılarda kullanılan inşaat malzemelerinin radyasyon geçirgenliğinin bilinmesiyle ihtiyaca göre daha bilinçli kullanılmasını sağlamak ve önem arz eden “radyasyon güvenliği” veya “radyasyon izolasyonu” nu desteklemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

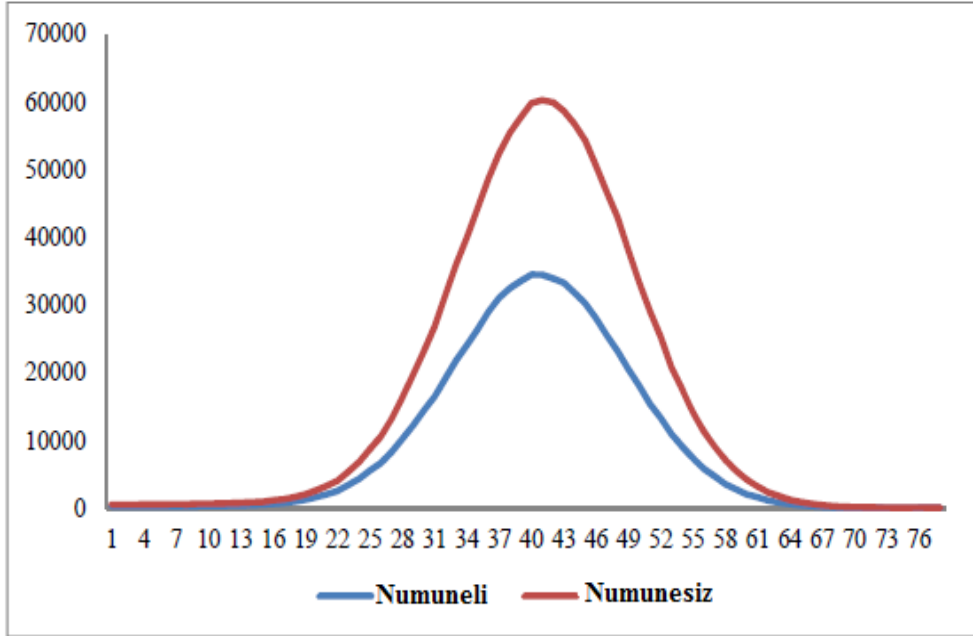
Bu çalışmada, 100 mCi şiddetindeki Am-241 radyoizotop nokta kaynağı ve kaynaktan elde edilen 59,5 keV’ lik  $\gamma$ -ışınları kullanılmıştır. Kaynaktan çıkan ışınları kolime etmek için kaynağın bulunduğu alan kurşun plakalar arasında yerleştirilmiştir. Spektrumların alınmasında, enerji ayırmalı X-ışını floresans 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 °C) tutulmuştur. Ölçüm süresi boyunca çevresel şartların değiştirilmemesine özen gösterilmiştir. Deneysel ölçümler için hazırlanan dar-şua geometrisi Şekil 1’ de verilmiştir.





Şekil 1. Dar-şua geometrisi

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. Numuneli ve numunesiz (boş) sayımlar için örnek bir spektrum Şekil 2’de verilmiştir. 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 2. Tuğla için örnek bir spektrum

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 kâğıdı, alçıpan, zımpara kâğıdı, krom levha, laminant parke, fayans, silikon 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 sonra 7 gün kür havuzunda bekletilmişlerdir [10].

### 3.Araştırma Bulguları ve Tartışma

Geçmişten bugüne malzeme bilgisi ve malzeme mühendisliğindeki gelişmelere paralel olarak inşaatlarda kullanılan yapı malzemelerindeki çeşitlilik artmıştır. Bu artıştaki en önemli sebeplerden biri de insanoğlunun daha kaliteli, daha sağlıklı ve daha modern yaşam ortamlarını tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Buna paralel olarak sektör canlanmış kendine yeni alanlar bulmuştur. Subasman altında su yalıtımı, subasman üstü için ısı yalıtımı, ses yalıtımı alanları gelişmiştir. Yükselen bir alan olan inşaat sektörü dünya nüfusunun hızla artması ve şehirleşmesi, yapı denetimlerinin eskiye nazaran daha fazla önem arz etmesi, kişisel ihtiyaçlara cevap verebilmek adına malzeme bilimine iyice yönelmiş ve bu yönelim yaşamımızı modernleştirmeye başlamıştır.

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, tıbbi teşhis ve tedavi için kullanılan 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 anlamda 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 neden olmaktadır.

Bu çalışmada, mevcut bir yapının kaba inşaatında ve ince inşaatında kullanılan 22 farklı malzeme (PVC, Al doğrama, çatı kaplama malzemesi, duvar kağıdı, alçıpan, zımpara kağıdı, krom levha, laminant parke, fayans, silikon mastik, yağlı boya, galvanizli sac, ahşap, ısı yalıtım levhası, duralit, tuğla, gaz beton (ytong), MDF, andezit kaplama malzemesi, çimento) için lineer soğurma katsayıları 59,5 keV enerji değerinde ölçülmüştür.

Foton şuaı bir soğurucu ortam içinden geçtiği zaman ortamın özelliklerine bağlı olarak azalır ki bu işlemler Beer-Lambert kanununa uygun olarak;

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t} \quad (1)$$

verilir. Burada  $I_0$  numunesiz sayımları,  $I$  numuneli sayımları,  $t$  (cm) numunenin kalınlığını ve  $\mu$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) ise lineer soğurma katsayısını temsil etmektedir. Soğurucu materyal belli bir kalınlıktan ince olduğunda, bütün parçacıklar soğurucu materyali geçer. Ancak soğurucu materyal belli bir kalınlıktan daha kalın ise parçacıklar bütün enerjisini kaybeder ve soğurucu materyalden çıkamaz. Yani kullanılan malzemenin kalınlığı önemlidir, ne çok kalın nede çok ince olmalıdır. Lineer azaltma katsayısı sadece kalınlığa bağlıymış gibi anılsa da, bu katsayı fotonların enerjisine ve soğurucu malzemenin yapısına bağlıdır. Çünkü soğurma yapacak malzeme fotonlarla etkileşmeye girecek ve kendi tabiatı ölçüsünde bir soğurmaya sebep olacaktır.

Soğurma ölçümlerinde aynı zaman ve deneysel şartlar altında numuneli ve numunesiz sayımlar alınarak elde edilen sonuçlar (1) eşitliğinde kullanılıp lineer soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiş ve elde edilen sonuçlar relatif olarak karşılaştırılmıştır. Tablo 1'de lineer soğurma katsayıları küçükten (daha geçirgenden) büyüğe (daha az geçirgene) doğru sıralanmıştır. Yani radyasyon güvenliğini destekleyen malzemeye doğru bir sıralama yapılmıştır. Daha soğurucu olan madde ya da lineer soğurma katsayısı daha büyük olan malzeme radyasyon güvenliğini veya izolasyonunu diğerlerine göre daha fazla desteklemektedir. Elde edilen sonuçlar kullanılan enerji değeri için yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliğini göstermektedir. Tablo 1. incelendiğinde lineer soğurma katsayılarının numunelere göre relatif olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Sonuçlar radyasyon geçirgenliğinin ön planda olduğu bir yapıda numune seçiminin önemini ortaya koymaktadır. Lineer soğurma katsayısı duralit adlı ahşap türü numuneden galvanizli sac örtüsü malzemesine doğru 0,0069-0,4287  $\text{cm}^{-1}$  değerleri arasında artış göstermektedir. Yani duralit, galvanizli sac örtüsüne göre daha geçirgendir ya da galvanizli sac, radyasyon güvenliğini duralite göre daha çok desteklemektedir denebilir.

**Tablo 1.** Çeşitli yapı malzemelerine ait lineer soğurma katsayıları

<i>Yapı Malzemeleri</i>	<i>Lineer Soğurma Katsayıları (cm<sup>-1</sup>)</i>
Duralit	0,0069
Laminant Parke	0,0070
MDF	0,0072
Ytong	0,0088
Silikon Mastik	0,0093
Ahşap	0,0094
Alçıpan	0,0123
Isı Yalıtım Malzemesi	0,0131
PVC	0,0173
Fayans	0,0220
Çatı Kaplama Malzemesi	0,0244
42,5 MPa Çimento	0,0285
52,5 MPa Çimento	0,0286
Zımpara Kağıdı	0,0300
Tuğla	0,0300
32,5 MPa Çimento	0,0335
Yağlı Boya	0,0376
Duvar Kağıdı	0,0380
Alüminyum Doğrama	0,0594
Andezit Kaplama	0,0895
Krom	0,4235
Galvanizli Sac	0,4287

#### 4.Sonuç ve Öneriler

Çeşitli inşaat malzemelerinin lineer soğurma katsayılarının çalışmamızda verilen dar-şua geometrisiyle deneysel olarak daha hassas bir şekilde ölçülebileceği, farklı inşaat veya yapı malzemeleri, farklı enerjiler, farklı metot ve yöntemler için yeni deneysel ölçümler yapılabileceği ve literature zenginlik kazandırarak, bu yöndeki eksikliğin giderileceğini, ayrıca çalışmamızın gelecek diğer çalışmalara kaynak oluşturduğunu söyleyebiliriz.

Yapılan bilimsel çalışmaların teorikte kalmayıp pratiğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Elde edilen bilimsel sonuçların pratiğe dökülmesi açısından üniversite- sanayi işbirliğinin geliştirilmesi ve bu sonuçların pratiğe dökülmesi önem arz etmektedir. Bu anlamda yaptığımız bu çalışmanın yapı malzemelerinin “radyasyon güvenliği” veya “radyasyon izolasyonuna” katkı sağlamlasını umuyoruz.

#### Kaynaklar

- [1].Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/500-radyasyon-ve-yasam.html>.
- [2].Sharaf JM, Saleh H. (2015), Radiation Physics and Chemistry, 110: 87-95.
- [3].Dogan B, Altinsoy N. Investigation of Photon Attenuation Coefficient of Some Building Materials Used in Turkey, 4th International Congress in Advances in Applied Physics and Materials Science (APMAS 2014), Fethiye, Türkiye, 1-8.
- [4].Mavi B. (2012), Annals of Nuclear Energy, 44: 22-25.
- [5].Kulwinder SM, Jyoti S, Vipani K, Gurdeep SS. (2012), Annals of Nuclear Energy, 43: 157-166.
- [6].Salinas ICP, Conti CC, Lopes RT. (2006), Applied Radiation and Isotopes, 64: 13-18.
- [7].Charanjeet S, Tejbir S, Ashok K, Gurmel SM. (2004), Annals of Nuclear Energy, 31: 1199–1205.

- [8].Petropoulos NP, Anagnostakis MJ, Simopoulos SE. (2002), Journal of Environmental Radioactivity, 61: 257-269.
- [9].Alam MN, Miah MMH, Chowdhury MI, Kamal M, Ghose S, Rahman R. (2001), Applied Radiation and Isotopes, 54: 973-976.
- [10].Çoban M, Akça B, Erzeneoğlu SZ. (2014), Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (EÜFBED), 7: 191-198.