

SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICI KATKILARIN AĞIR BETONLARIN RADYASYON GEÇİRGENLİĞİNE ETKİSİ

Şemsettin KILINÇARSLAN*, Gülce ŞENLİ

Özet

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte radyasyon ışınları artmakta ve insanlar sürekli bu etkiye maruz kalmaktadır. Bu etkilerden korunmanın temel kurallarından bir tanesi de zırhlamadır. Bu amaçla insan ve canlıların radyasyon kalkanından korunabilmesi için üretiminde barit gibi 4000 kg/m³'ün üzerinde olan ağır agregalı baritli betonlar kullanılır. Ağır betonlar özgül ağırlığının yüksek olmasından dolayı kayma ve devrilmeye karşı emniyetli bir yapı oluşturur. Ayrıca cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve γ ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda kullanılır. Ağır betonların işlenebilirliği ve sıkıştırılması kullanılan agreganın yoğun olmasından dolayı zordur. Bu çalışma da ağır betonlarda işlenebilme, sıkışabilme ve pompalanabilme özelliğinin artırılması amacıyla süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkının ağır betonun radyasyon geçirgenlik özelliğine etkisi incelenmiştir. Katkı kullanılarak üretilen betonların radyasyon soğurma özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süper akışkanlaştırıcı katkı, ağır beton, radyasyon, zırhlama

THE EFFECT OF RADIATION SHIELDING HEAVYWEIGHT CONCRETE OF SUPERPLASTICIZER ADDITIVES

Abstract

Radiation rays are rising up with the improvement of technology and people are constantly exposed to that effect. One of the basic principles of getting protected from these effects is shielding. For humans and other living things protection of radiation shield, heavy aggregate barite concrete which is over 4000kg/ m³ is used in the production. Heavy concrete produces a secured structure against slipping and tumbling due to its high specific weight. Furthermore heavy concrete is also used in constructions which are made for protection against mortal neutron and γ rays that can penetrate substances. It's hard to process and compress heavy concrete, because of the high density aggregate that is used. In this study, super fluidizing additives are used in order to boost the quality of heavy concrete is radiation transmissivity is observed. Radiation absorption properties of concrete were produced using additives.

Keywords: Superplasticizer additives, heavyweight concrete, radiation, shielding

1. Giriş

Günden güne insan sağlığını tehdit eden pek çok faktör ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de radyasyon ışınlarıdır. Radyasyon ışınlarının canlılara nüfuz etmesiyle canlılar tehdit altında kalmaktadır. Bu sebeple insan ve canlıların radyasyon tehlikesinden korunması için zırh

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta
E-posta: seref@tef.sdu.edu.tr

betonları üretimi teknolojisi geliştirilmiştir. Zırh betonları üretiminde barit gibi 4000 kg/m³'ün üzerinde olan ağır agregalı baritli betonlar kullanılır.

Barit agregalı ağır betonlar; kayma ve devrilmeye karşı emniyette olmayan yapılarda ağırlığından dolayı kullanılmakla beraber, radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışıklardan özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve γ ışıklarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda kullanılır. Hastanelerin ışın tedavi ve radyografi tesisleri, nükleer enerji santrallerinin koruyucu perdeleri, radyoaktif maddelerin saklandığı ön gerilmeli beton reaktör siloları, elektron depolama devreleri, köprü ayakları, beton ağırlık baraj gövdeleri, askeri mühimmat depo duvarları, askeri sığınaklar, istinat duvarları, su altı petrol boru hatları ve petrol sondaj kuyusu çeperleri ağır betonların kullanım alanlarındandır (Durmuş vd., 1996).

Bir betonun istenilen özellikleri sağlayabilmesi taze ve sertleşmiş betonun performanslarıyla ilişkilidir. Taze betondan beklenen betonun işlenebilirlik (taze betonun segregasyon olmadan kolayca karıştırılabilir, taşınabilir, yerleştirilebilir, sıkıştırılabilir ve yüzeyi düzeltilebilir olması) özelliğidir. Taze betonun işlenebilirlik özelliği sertleşmiş betonun dayanım, dayanıklılık ve hacim sabitliği özelliklerini de etkilemektedir. Bu yüzden işlenebilirlik bir kat daha önem kazanmaktadır(veya taze betonun en önemli özelliğidir.). İşlenebilirliği etkileyen önemli faktörler; çimento miktarı ve özellikleri, karma suyu miktarı, agrega gradasyonu ve en büyük agrega tane boyutu, ince agreganın miktarı ve tane dağılım oranı, agregaların tane şekli, beton yapımında kullanılan kimyasal ve ince taneli mineral katkıları, hava sürüklenmiş betonlarda ki sürüklenen hava miktarı, sıcak hava koşulları ve beton karışımının sıcaklığıdır.(Erdoğan 1997)

Ağır betonların işlenebilirliği ve sıkıştırılması kullanılan agreganın yoğun olmasından dolayı zordur. İşlenebilirlik taze betonun en önemli özelliğidir. Taze betonun işlenebilirliği sertleşmiş betonun dayanım ve hacim sabitliği özelliklerini de etkileyen bir faktördür. Araştırmalara göre ağır betonların çok yüksek dayanımlarda üretilmediği görülmüştür. Bunun sebebi su/çimento oranının düşmesinin, betonun kıvamının düşmesine ve beton içindeki baritin homojen bir şekilde karışmamasına neden olması olduğu anlaşılmıştır. Homojen karışıma sahip olmayan betonların basınç dayanımı da düşmektedir.

BS40 sınıfı barit agregalı betonlar üretilirken; karışımın daha homojen yapılabilmesi ve basınç dayanımı değerinin yüksek çıkması için katkı maddeleri kullanılmalıdır.(Kılınçarslan 2004) Barit agregalı betonlarda basınç dayanımı değerini artırmak için kullanılacak katkı malzemesinin süper akışkanlaştırıcı katkı olmasına öncelik verilmelidir. Bu yüzden kimyasal katkıları ağır betonların daha işlenebilir, daha kolay sıkışabilmesini, pompalanabilirliğini ve akışkanlaştırıcı özelliğini arttırmak amacıyla kullanılır. Bu araştırmada; süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanarak işlenebilirlik özelliğini arttırmak ve bunun radyasyon geçirgenlik özelliğine etkisini belirlemek için barit agregalı beton üretimi tasarlanıp uygulanması ve çeşitli deneylere tabi tutulması amaçlanmıştır.

2. Materyal Ve Metot

Bu çalışmada; Isparta/Şarkikaraağaç barit tesislerinden temin edilen ve 32mm, 16mm, 8mm, 4mm, 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.2mm'lik eleklerden elenmiş olan barit kullanılmıştır. Çimento ise Isparta-Göлтаş menşeli tip CEM I 42,5 R (TS-EN 197-1) olarak temin edilmiştir. İşlenebilirliği arttırmak için süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır.

2.2. Metot

Çalışmada TS 802 kullanılarak beton karışım hesapları yapılmış, TS 500'e göre beton sınıfı belirlenmiştir. Taze betona sırasıyla Slump deneyi, V kutusu deneyi, U kutusu deneyi, Sıkıştırılabilirlik derecesi tayini deneyi uygulanmıştır. Elde edilen numuneler 28 günlük kürlerini tamamlayınca basınç dayanımı ve radyasyon geçirgenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Tamamı barit agregası kullanılmak üzere F16N katkı maddesi katılarak ve katkısız olmak üzere 2 seri ağır beton numunesi üretilmiştir. Üretilen beton serilerine kullanılan katkı maddesi türüne göre verilen isim Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Üretilen beton serileri kodları

Beton Kodu	Beton Adı
BF	Süper Akışkanlaştırıcı Ağır Beton
BN	Katkısız Ağır Beton

Karışım hesapları, TS 802 ye uygun olarak hazırlanmış ve TS 500'e göre beton sınıfı belirlenerek beton bileşenlerinin miktarları hesaplanıp beton numuneleri dökülmüştür. Tablo 2.'de Karışıma giren malzeme miktarları verilmiştir.

Tablo 2. Karışıma giren malzeme ve miktarları (1m³)

Beton	Su (lt)	Çimento (kg)	Katkı (ml)	Barit 0-2 (kg)	Barit 2-4 (kg)	Barit 4-8 (kg)	Barit 8-16 (kg)
BF	225	425	100	812	270	689	964
BN	225	425	0	812	270	689	964

Üretilen betonlarda taze beton deneylerinden sırasıyla Slump deneyi, V kutusu deneyi, U kutusu deneyi, Sıkıştırılabilirlik derecesi tayini deneyi uygulanmıştır.

2.3.1. Slump Deneyi

Bu deneyde TS EN 12350-2'de tanımlanan Abrams konisi ile yapılan çökme deneyinde belirlenmiştir. Abrams konisi düz bir zemine konulmuştur. İçine beton 3 kademe yerleştirilmiş ve her kademe 25 kez şişlenerek betonun tam sıkışması sağlanmıştır. Son şişlemeden sonra yaklaşık 3 dakika bekledikten sonra huni kaldırılmış ve çöken betonla huni arasındaki mesafeyi yani Slump değeri alınmıştır.

2.3.2. V Kutusu Deneyi

Bu deney için, resim 2.3.2-a da görülen özel bir huni kullanılmıştır. Huniye taze beton, hiçbir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan doldurulduktan sonra, huninin altındaki sürgülü kapak açılmış ve huni içindeki tüm betonun alttaki kovayı doldurma suresi kaydedilmiştir.

2.3.3 U Kutusu Deneyi:

U şeklinde, alt ortasında sürgülü bir kapak olan ve aynı zamanda engel oluşturan demir çubuklar bulunan bir kutu kullanılmıştır. Beton herhangi bir sıkıştırma ve vibrasyon uygulanmadan doldurulduktan sonra, beton 1 dakika dinlendirilmiştir. Sürgülü kapak çekilerek betonun diğer bölüme doğru dolarak yükselmesi beklenmiş ve her iki bölmedeki beton yüksekliklerinin farkı (betonun geçme yeteneği) belirlenmiştir.

2.3.4 Sıkışma Faktörü Deneyi

Aralarında 20 cm'lik düşey mesafe bulunan hacimleri birbirlerinden farklı iki adet ters duran kesik koni şekilli, altı kapaklı kesik koni ile 150mm çaplı, 285mm boyunda altı kapalı silindirden oluşan deney aparatı kullanılmıştır. Ters duran kesik konilerin kapakları kapatılmış ve en alttaki silindir kabın boş ağırlığı tespit edilmiş ve ters duran kesik koni kaplar ve silindir kap düşey eksenleri çakışık olacak şekilde yerleştirilmiştir. En üst hazneye taze beton hiçbir sıkıştırma enerjisi uygulanmadan bir mala yardımı ile tam olarak doldurulmuştur. En üst haznenin kapağı açılarak taze betonun ortadaki kesik koni kaba serbest düşme ile dolması sağlanmıştır. Ortadaki kesik koni kabın kapağı da açılarak taze betonun en alttaki silindir kaba serbest düşme ile dolması sağlanmıştır. Silindir kabın etrafına taşan betonlar temizlendikten sonra içi taze beton dolu silindir kabın ağırlığı bulunmuştur. Daha sonra silindir kap içerisindeki taze beton bir başka kaba boşaltılarak içi temizlenmiş ve boş silindir kabın ağırlığı belirlenmiştir. Serbest düşme ile silindire dolmuş bulunan taze betonun ağırlığı belirlenmiştir (Mp). Şişleme uygulanarak yapılan sıkıştırmada taze beton silindire ince tabakalar halinde (5'er cm) doldurulmuş ve her tabakaya 30 kez şişleme uygulanmıştır. Vibrasyon ile sıkıştırmada ise vibrasyon işlemine beton yüzeyinden hava kabarcığı çıkmayana dek ve yüzey tamamen düz bir form alana dek devam edilmiştir. Tamamen sıkışmış betonun ağırlığı belirlenmiştir (Mf). Daha sonra silindir kap aynı beton numunesi ile doldurularak tam sıkışması sağlanmıştır. Sıkıştırma faktörü değeri CF;

CF= Mp/Mf dir.

(1)

Taze betonlar üzerinde uygulanan işlenebilirlik deney değerleri Tablo 3. de verilmiştir.

Tablo 3. Taze betonlar üzerinde uygulanan işlenebilirlik deney değerleri

Deney	BF	BN
Slump deneyi Slump değeri (cm.)	23	19
U Kutusu Yükselme miktarı (cm.)	12	4
V Kutusu V kutusu değeri (sn.)	17	22
Sıkışma deneyi Sıkışma değeri	1,02	0,93



Şekil 1. Çalışmada kullanılan V kutusu, U kutusu ve sıkıştırma faktörü deney aletleri

Taze beton deneylerinin uygulanmasından sonra 5 adet 10x10x10 cm ebadında küp ve 5'er adet 15x15x15 cm. ebadındaki küp ve 2'şer adet silindir olmak üzere katkılı ve katkısız betonlar dökülmüştür. Beton numuneleri ağırlıkları ölçüldükten sonra kür havuzuna bırakılmıştır. Kürleri tamamlanan beton türlerinin her birinden iki örnek ayrılmış diğer numunelere ise 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanım deneyi uygulanmıştır. Basınç deneylerinde yükleme hızı 0,35 MPa olarak sabit tutulmuştur. Numunelerin basınç dayanımları Denklemde yerine konularak hesaplanmıştır

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

σ : Basınç dayanımı (MPa)

P : Kırılma yükü (kN)

A : Numunenin yük doğrultusundaki kesit alanı (cm²)

Ayrılmış olan numuneler 2 cm. kalınlığında 7 cm. eninde parçalar halinde kesilip radyasyon deneyleri için hazırlanmıştır. Kesilen beton numuneleri Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Gamma Spektroskopi Laboratuvarında radyasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Spektrometrede detektör olarak NaI(Tl) kullanılmakta ve elektronik aygıtlar yardımı ile gamma ışınları ölçülebilmektedir. Yapılan ölçümlerin sonuçları fizik bölümü tarafınca analiz edilmiştir.



Şekil 2. Ölçüm sistemi (NaI(Tl) detektörü, çok kanallı analizör)

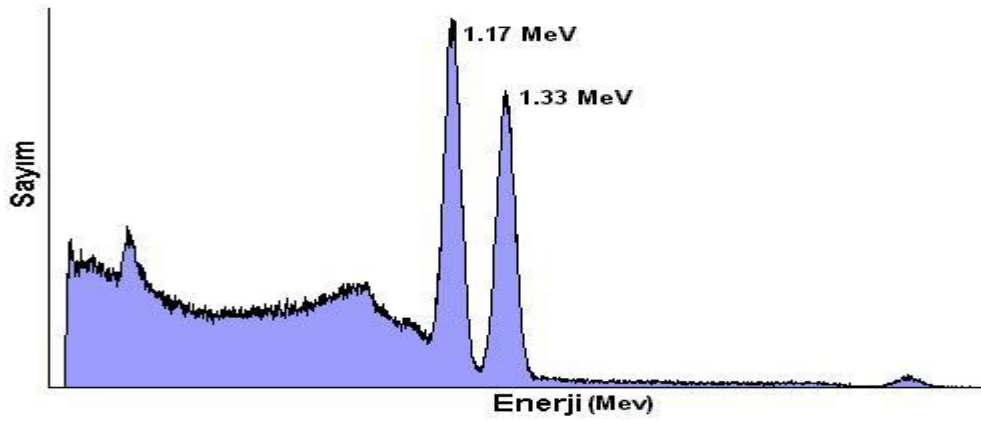
2.3.5 NaI(Tl) Detektörü

Radyasyon detektörleri kullanılan malzemeye göre gazlı, yarı-iletken ve sintilasyon (parıldayıcı) detektörler olmak üzere üç ana grupta incelenmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonun

sintilasyon (pırıldama) fosforu denilen katı, sıvı veya gaz halindeki bazı maddelerle etkileşmesi sonucunda iyonlaşma ve uyarılma meydana gelir. Elektronla verilen enerji onu ortamdaki yerinden koparmaya yeterli olmadığı zaman uyarılan elektron, tekrar eski haline dönerken görünür ışık yayılır. Sintilasyon fosforlarının yaydığı ışık, foto çoğaltıcı tüpler tarafından toplanarak, gerilim darbesi haline dönüştürülür. Meydana gelen darbenin genliği radyasyonun enerjisi ile orantılıdır. Bu detektörler sayım ve aynı zamanda enerji ayırımı için kullanılır. Bir tür sintilasyon detektörü olan NaI(Tl) detektörü parıldama özelliği gösteren NaI kristali ve bunun hemen arkasına bağlanmış foto çoğaltıcı bir tüpten oluşur. NaI sintilatöründe bulunan iyotun atom numarasının yüksek olması, gama ışınlarının deteksiyonunda yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. Genellikle Talyum'un küçük bir miktarı kristal içerisine eklenerek aktive edilir. Oluşan bu yapı NaI(Tl) kristali olarak isimlendirilir.

2.3.6 Radyasyon Soğurma Ölçümlerinin Analizi

Betonların radyasyon soğurma özellikleri betonlara ait toplam doğrusal soğurma katsayılarını (μ , cm^{-1}) elde edilerek araştırılmıştır.



Şekil 3. ^{60}Co kaynağından elde edilen enerji spektrumları

Şekil 3' de görüldüğü gibi N şiddetinde paralel bir gama radyasyon demeti, x kalınlığındaki bir soğurucuda ΔN kadar azalırsa,

$$\Delta N = -\mu \cdot N \cdot \Delta x \quad (3)$$

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (4)$$

elde edilir ki bu Beer-Lambert denklemi olarak da bilinir.

Burada,

N_0 madde ile etkileşim öncesi radyasyonun şiddeti,

N madde ile etkileşim sonrası radyasyon şiddeti,

x maddenin kalınlığını,

μ lineer soğurma katsayısı olarak ifade edilir.

3. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR

Taze beton deneylerinde Slump deneyine göre BF serisi betonunun Slump değeri 23 cm., BN serisinin ise 19 cm. bulunmuştur. Bu değerlere göre BF serisi betonlarının BN serisine göre standartlar incelendiğinde daha çok alanda kullanılabileceği görülmüştür. V kutusu deney

sonuçlarına göre BF serisi 7 sn.'de akmış BN serisi ise 22 sn.'de akmıştır. Buna göre BF serisi standartlara göre VF1, BN serisi ise VF2 olarak gözlenmiştir. U kutu deneyinde ise BF serisinde 12cm yükselme BN serisinde ise 4 cm yükselme gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre BF serilerinin işlenebilirliği arttırdığı gözlenmiştir. Sıkıştırılma derecesinin tayininde ise BF serisi betonlarda sıkıştırma çok yüksek BN serisinde ise yüksek çıktığı gözlenmiştir. Buna göre BF serisi betonların daha kompakt yapıda olduğu anlaşılmıştır.

Tahribatlı test yönteminde tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Bu deney için 300 ton kapasiteye sahip tek eksenli basınç presi kullanılmıştır. Beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanım deneyleri yapılmış ve ortalama değerler BF için 32.26 MPa, BN için 30.15 MPa, olarak bulunmuştur. Tablo 4' de sunulmuştur. 28 günlük kürünü tamamlayan numunelere 28 günlük basınç dayanım deneyleri uygulanmış ve ortalama değerler BF için 38.52 MPa, BN için 36.12 MPa, olarak bulunmuştur.

Tablo 4. Beton numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları

Numuneler	Basınç Dayanımı (MPa)	
	7. gün	28. gün
BF	32,26	38,52
BN	30,15	36,12

Ağır beton numunelerinin basınç dayanımı sonuçlarında 7 günlük değerlerde BF kodlu beton numunelerinin sonuçları 32,36 MPa ile katkısız betona göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. 28 günlük basınç dayanım deneyi sonuçlarında ise BF serisi betonlarının basınç dayanımlarının 38,52 MPa ile yine dayanımı katkısız betona göre fazla olduğu gözlenmiştir. Radyasyon soğurma değerleri Tablo 5'de verilmiştir

Tablo 5. Radyasyon soğurma katsayıları

Numuneler	μ_{662}	μ_{1173}	μ_{1332}
BN	0,261765	0,168173	0,155415
BF	0,255641	0,168546	0,153067

4.SONUÇLAR

Deney sonuçları incelendiğinde taze beton deneylerine göre süper akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonların (BF) katkı kullanılmadan üretilen betonlara(BN) göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Bu deneylere göre süper akışkanlaştırıcı katkının ağır betonlarda işlenebilirliği arttırarak daha kolay yerleşmesini sağladığı, daha kolay yerleşmesi ile betondaki boşluk miktarının daha az olduğu ve bu sayede betonun daha kompakt yapıda olmasını sağladığı bununda basınç dayanımı deneyinde dayanımının yüksek olmasıyla ispatlandığı gözlenmiştir. Yapılan araştırmalarda BN serisi betonlarının radyasyona karşı bir zırh oluşturduğu görülmüştür. Katkı kullanarak üretilen betonların (BF) radyasyon soğurma deneylerinde ise katkı kullanılmadan üretilen (BN) betonlara göre sonucu fazla değiştirmedığı ve olumsuz bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Bu sebeple süper akışkanlaştırıcı katkıların ağır betonlarda kullanılmasının olumlu sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A proje kapsamında destek görmüştür. Yazarlar TÜBİTAK'a bu desteklerinden dolayı teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

Durmuş, A., Gürsoy, Y. Ve Ayvaz, Y., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Ağır Betonlar, İMO Mühendislik Bülteni, Sayı: 49, 25-28.

Kılınçarslan, Ş., 2004. "Barit agregalı ağır betonların radyasyon zırlamasındaki özellikleri ve optimal karışımlarının araştırılması" SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Müh. ABD Doktora Tezi, 128 s. Isparta.

Kılınçarslan Ş., Başyigit C., Akkurt İ., 2007. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 22, No 2 , 393-399. Ankara

Erdoğan, Turhan Y., 1997, Admixtures for Concrete, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye, pp. 36-52.

Akkurt, İ., Başyigit, C., Kılınçarslan, Ş., 2004, The Shielding of Gamma Rays by Concretes Produced with Barite, The Progress in Nuclear Energy (46/1) 1-12

Akkurt, İ., Mavi, B., Akkurt, A., Başyigit, C., Kılınçarslan, Ş., Yalın H.A., 2005, "Study on Z Dependence of Partial and Total Mass Attenuation Coefficients " Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer (94/3) 379-385

Akkurt, I., Başyigit, C., Kılınçarslan, Ş., Mavi, B., Akkurt, A., 2006. "Radiation Shielding of Concretes Containing Different Aggregates", Cement and Concrete Composites (28/2) 137-142.

Başyigit, C., Akkurt, İ., Kılınçarslan, Ş., Akkurt, A., 2005, "Investigation of Photon Attenuation Coefficients for Marbles" Journal of Radiological Protection, 25/2, 1-6 (2005).