

Harran Antik Kenti Arkeolojik Kazılarında Meydana Çıkan Kalıntıların Lüminesans Tarihlendirilmesi

Mehmet KOŞAL^{1*}, Mehmet ÖNAL²

¹Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Bölümü, Şanlıurfa

²Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeoloji Bölümü, Şanlıurfa

*Sorumlu yazar (Corresponding author): kosal@harran.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 29.11.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 31.12.2022

Özet

Lüminesans tarihlendirme tekniği, toprak ve tuğla gibi inorganik malzemelerin en son ısı veya ışığa maruz kaldığı tarihin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Harran Antik Kenti'nde yürütülen arkeolojik kazılarda günışığına çıkarılan yapıların inşa tarihleri tayin edildi. Bu amaç doğrultusunda malzemelerin yıllarca toprak altında biriktirdiği radyasyon enerjisi, OSL tarihlendirme sistemiyle lüminesans fotonlarına dönüştürüldü. Bu fotonların sayımları SAR protokolü izlenerek paleodozlara dönüştürüldü. Toprak numuneler arkeolojik yaşların çok üzerinde paleodoz değerleri verdi. Bunun yanı sıra tuğla numunelerinin ikisinden beklenen paleodoz değerleri bulundu. Diğer taraftan aynı malzemelerden çevresel yıllık doz hızı değerleri ortalama 2.67 mGy.Yıl⁻¹ bulunduğu, çevresel doz hızı değerleri kabul edilebilir radyoaktivite seviyelerindedir. Tarihlenen yapıların en erken 11. yüzyılın ortasında inşa edildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: OSL, luminesans, tarihleme, arkeoloji, Harran

The Luminescent Dating of the Remains Unearthed in the Archaeological Excavations of the Ancient City of Harran

Abstract

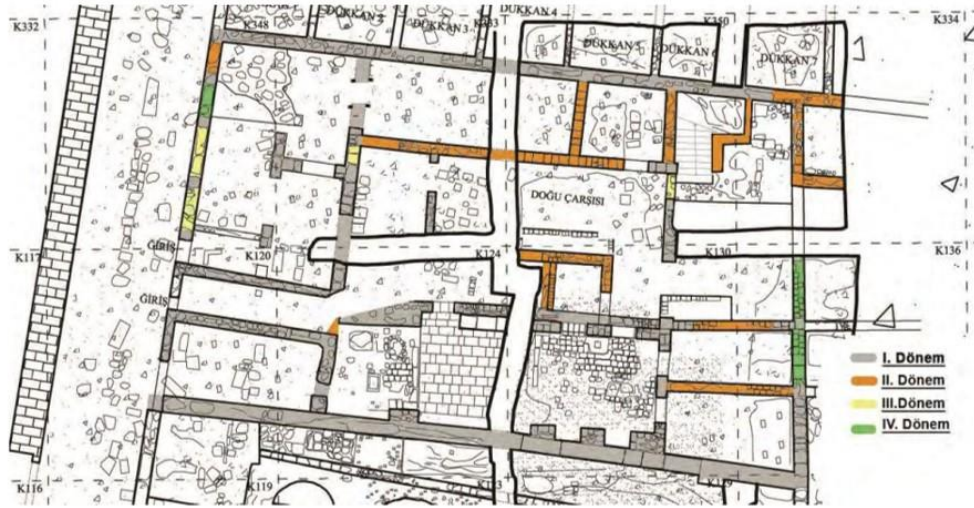
The luminescence dating technique is widely used to determine the date when inorganic materials such as soil and brick were last exposed to heat or light. In this study, the construction dates of the structures unearthed in the archaeological excavations in Harran were determined. For this purpose, the radiation energy that the materials have accumulated under the ground for years has been converted into luminescence photons with the OSL dating system. The counts of these photons were converted to paleodoses following the SAR protocol. Soil samples gave paleodose values well above the archaeological age. In addition, the expected paleodose values for two of the brick samples were found. On the other hand, the environmental annual dose rate values for the same materials were found to be 2.67 mGy.Year⁻¹ on average. Environmental dose rate values are at acceptable radioactivity levels. It was determined that the dated structures were built in the middle of the 11th century at the earliest.

Keywords: OSL, luminescence, dating, archaeology, Harran

1. Giriş

Bu çalışma; Şanlıurfa ili, Harran ilçesinin merkezinde yer alan Harran Antik kenti sur içinde 2014 yılında başlatılan arkeolojik kazı çalışmalarında meydana çıkan tarihi kalıntılardan alınan toprak ve tuğla parçalarının optik lüminesans tarihlemesidir. Bu amaçla kazı başkanının gözetiminde ve istekleri doğrultusunda kazının ortaya çıkarılmış durumdaki çarşı, dükkânlar ve üstü tonozlu inşa edilen çarşı yolunda seçilen mekânlardan (karanlıkta) numuneler alındı. Bahsi edilen yapılar, arkeolojik çalışmalarda, yer seviyesinin birkaç metre kazılmasıyla gün yüzüne çıkartıldı (Şekil 2). Yapılarda düzgün kesme taş ve tuğla malzeme kullanılmıştır. Yer yer

bazalt devşirme malzemeye de rastlanılmıştır. Ayrıca hemen yanında yer alan hamamın tabanı ise düzgün kesme blok taşlarla, şadırvanlı avlunun tabanı da bazalt ve pembe mermerle kaplanmıştır. Buradaki yapılar 13. yüzyılın 3. çeyreğine kadar kullanılmıştır (Önal, 2019). Ancak bu yapıların ne kadar zaman önce inşa edildiği bilinmemekte idi. Bu tarihlendirme çalışması, 2017 yılında arkeolojik kazılarla gün ışığına çıkarılmış olan bu yapıların inşa tarihlerini vermesi bakımından önemlidir. Kazı bölgesinde farklı dönemlere inşa edilen duvar yapılarının olduğu “Doğu Çarşısı” ismi verilen bölgenin planı Şekil 1 de verildiği gibidir.



Şekil 1. Numune alınan Harran doğu çarşısının planı



Şekil 2. Harran doğu çarşısının görünüşleri (a-d).

Lüminesans olgusu, herhangi bir şekilde kararsız haldeki moleküllerin kararlı hale dönerken sıcaklığını değiştirmeksizin elektromanyetik ışınım (radyasyon) yayınlamasıdır. Yaşadığımız her mekânda ve coğrafyada iyonlaştırıcı radyasyon bölgeden bölgeye değişse de kaçınılmaz olarak varlığını sürdürür. Bu iyonlaştırıcı radyasyonun kaynağı; toprak, yapı malzemeleri, atmosfer ve uzaydır. Topraktan kaynaklananı ise, yapısında eser miktarda bulunan doğal radyoaktif (uranyum ve toryum) serilerden ve potasyum (^{40}K) radyoizotopudur. Diğer taraftan bu radyoizotoplardan çıkan radyasyon insan sağlığı için tehdit edici değildir. Bu radyasyon, aynı zamanda kendisinin yapısında bulunduğu toprağı ve topraktan üretilen malzemeleri sürekli doz etkisinde bırakarak iyonlaşma ve uyarma yoluyla moleküllerinde enerji depolanmasına sebep olur. Böylelikle kararsız hale gelen moleküller küçük bir dış etki veya uyarma üzerlerindeki bu birikmiş olan fazla enerjiyi foton yayınlar ve lüminesans olayı gerçekleşir. Toprak altında çağlar boyunca birikmiş olan bu

enerjiye, paleodoz veya eşdeğer doz denir (Aitken, 1985). Bu paleodoz, malzeme gömü boyunca yüksek ısı ve gün ışığına maruz kalmadığı sürece, malzemenin de dozimetrik (radyasyon dozunu tutma özelliğine) bağlı kalarak, zamanla doğrusal bir artış içindedir. Tuğla üretim aşamasında olduğu gibi bir pişirilme süreci gerçekleşir veya toprak malzeme yeterli bir süre gün ışığına maruz kalırsa lüminesans saati sıfırlanmış olur. Bu olgudan yararlanarak deprem fay hatlarının yaşının bulunması ve arkeolojik eserlerin yaşları bulunabilmektedir. Bu arada dikkate alınan malzemenin çevresinden ve kendisinden bir yıl boyunca alacağı radyasyon dozu da, sabit olduğu kabul edilerek, ölçümler ve hesaplamalar yoluyla yıllık dozu belirlenir. Bir numunenin yıllık dozunun belirlenmesinde malzemenin içeriğı kadar bölgenin coğrafik iklim koşullarının da dikkate alınması gerekir. Sonunda paleodozun yıllık doza bölünmesiyle ilgili numunenin lüminesans yaşı saptanır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Eşdeğer doz ölçümleri

Kazı bölgesinde farklı kesimlerden sekiz adet numune alındı. Bunlardan bir kısmı tuğla bir kısmı tuğlayı çevreleyen toprak malzemelerdir. Toprak malzemeler gece vakti karanlıktayapının temel duvarlarının toprak dolgu kısmına karotların (10 cm çapında borular) yatay olarak çakılmasıyla alındı. Öncesinde duvarın güneş gören yüzeyi bir miktar sıyrıldı. Böylelikle yapının sadece inşa zamanlarında güneş ışığına maruz kalabildiği düşünülen toprak alınmak istemiştir. Bu arada yapının farklı kısımlarından tuğlalar alınmıştır. Aydınlatma çok hafif kırmızı ışıkla yapılan, dışarıya doğrudan açılan bir camı ve kapısı olmayan numune hazırlama laboratuvara getirilen toprak karotlardan çıkarılmış, içindeki taş parçalarından ayıklanmış ve etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Tuğların yüzeyi yardımcı aletlerle kazınarak sıyrılmış ve ayrılmıştır. Tuğlaların sadece ışık görmeyen iç bölgesi parçalanmış ve öğütücüde ezilmiş elek yardımıyla 20 µm den küçük tanecik boyutları seçilmiştir. Toprak da kuruduktan sonra yine öğütücü ve elek yardımıyla 20 µm den küçük tanecikleri seçilmiştir. Ardından tüm malzemeler içeriğindeki kalsitlerden arındırmak için % 10 seyreltili HCl asit içinde kimyasal tepkime bitinceye kadar bir gün boyunca bırakılmış, sonrasında üç kez saf suda yıkandı. İçeriğindeki olabilecek organik bileşenlerden arındırmak için % 37 lik seyreltili hidrojen peroksit asitte de bırakıldı ve üçer kez saf suyla yıkandı. Sonrasında numuneler etüvde 50 °C de kurutuldu. Böylelikle lüminesans tarihllemeye uygun hale getirildi. Hazırlanan numuneler içeriğindeki feldspat ve kuvars mineralleri de bulunmaktadır. Ancak ince tanecikli (fine grain) tarihlleme feldspat mineralinin kızılötesi uyarma yoluyla gerçekleşir. Numuneler paleodozlarını belirlemek amacıyla Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü Optik Lüminesans Laboratuvarına kapalı kaptan

getirildi¹. Ölçümler laboratuvardaki Lexsyg marka TL/OSL okuyucu sisteminde yapıldı. Eşdeğer dozun belirlenmesi ilke olarak; malzemenin gömü boyunca biriktirmiş olduğu radyasyon dozunun (enerjisinin) kaynaklanan lüminesans şiddetinin, doz hızı bilinen yapay bir doz kaynağında belirlenen ışınlanması sonucu yeniden ısı ve ışık kullanarak uyarılmasıyla elde edilen lüminesans şiddetine kıyaslanması esasına dayanır. Bunun için farklı protokoller yazılmıştır (Wintle, 1997). Bunlardan en çok kullanılanı tekli tablet yenileme (Single aliquot regeneration-SAR) ve çoklu tablet doz ilave (Multiple aliquots additive dose-MAAD) protokolleridir (Aitken, 1998; Atlıhan, 2019). Bu çalışmada daha pratik olduğu değerlendirilerek SAR protokolü izlenmiştir. Prensipinde bu yöntem için tek bir tablet (tek bir örnek diski) yeterli olmasına karşın her ayrı numuneye üç disk hazırlandı. 1 cm çapında üç çelik diske aynı miktarda tüm yüzeyi kapayacak biçimde örnekle malzeme ile kaplandı. Kızıl ötesi uyarma ile lüminesans yapılmadan önce numunede olabilecek sahte lüminesans sayımları yapmamak adına ön ısıtma yapıldı. Tüm numuneler için literatürde bu tür çalışmalar için belirlenen 205 °C ve 10 dakika değerleri kabul ön ısıtma parametreleri seçildi ve uygulandı (Pawlak ve ark., 2022). SAR protokolünde yenileme dozları olarak da numunelerin ön görülen arkeolojik yaşları da göz önünde tutularak 0.115 Gy, 0.5 Gy, 1 Gy, 3 Gy, 5 Gy, 10 Gy ve 15 Gy olması kararlaştırıldı. Bu yapay dozlar sisteme bağlı doz hızı bilinen ⁹⁰Sr beta kaynağı ile yapıldı.

- Sistemin “karosel” denilen düzeneği içerisine yerleştirilen diskler ön ısıtma işlemi sonunda doğal lüminesans foton sayımları sabit kızıl ötesi uyarma ile her bir disk için 100 saniye boyunca yapıldı ve kayıt edildi.

- Ardından diskler 0.115 Gy ile ışınlandı ve aynı ön ısıtma değerleri sonunda lüminesans sayımları yapıldı ve kayıt edildi. Diğer doz değerleri için de aynı işlemler

¹ Anılan tuğla v.b. malzeme parçaları için Şanlıurfa Müze Müdürlüğü'nden gerekli ekspertiz raporu alınmıştır.

yinelendi. Böylelikle lüminesans bozunum eğrileri elde edildi. Bu lüminesans bozunum eğrisi altında kalan alan toplam lüminesans sayımını vermektedir. Bu değerler boş disk (background) okuma değerlerinden çıkartıldı ve net sayımlar bulundu.

- Doz değerleri yatay eksen ve lüminesans sayımları düşey eksen olacak biçimde “doz yanıt” grafiğinde noktalar doğru denkleme fit edildi.
- Elde edilen doğrusunun denklemi yardımıyla doğal lüminesans sayımına karşılık gelen doz değeri (paleodoz) belirlendi.

2.2. Yıllık doz ölçümleri

Çevresel doz ölçümleri Ortec marka NaI 3x3 sintilasyon detektörü kullanıldı. Öncelikle detektör içeriği ve aktivitesi bilinen standart bir numune ile kalibrasyonları gözden geçirildi. Toprak ve tuğlalar öğütülerek toz haline getirildi ve

etüvde bir gün boyunca 110 °C dekurutuldu. Ardından 100 ml hacimli standart numune kaplarına konuldu, ağzı kapatıldı ve bantla ağzı sarıldı. Numuneler, 4 hafta radyoaktif dengeye gelmesi için bekletildi. Böylelikle radyoaktif serilerdeki her bir bozunumun aynı aktivitede olması sağlandı. Detektörde 1×10^5 saniye gama spektrumu alındı. İlgili enerji piklerinden uranyum, toryum ve ^{40}K spesifik aktiviteleri hesaplandı. Bu arada numunelerin yüzyıllarca gömü altında bulunduğu sürede hangi ne kadar nemli olduğu tam bilinmesi mümkün olmayacağından, numunelerin maksimum tutabileceği nem yüzdeleri bir dizi deneyle saptandı. Bölgenin iklim koşulları dikkate alınarak bu saptanan değerlerin % 60’lık kesri; numunelerin gömü boyunca yıl boyunca su tutma yüzdeleri olarak kabul edildi. Uranyum, Toryum ve ^{40}K radyoizotoplarının aktivite değerleri saptamak için

$$A = \frac{N}{\epsilon P_{\gamma} m t k} \quad (1)$$

ifadesi kullanıldı. Burada N; ilgili enerjiye karşılık gelen net pik alanı, ϵ ; detektörün ilgili enerji için verimi, P_{γ} ; ilgili enerjide γ fotonu yayınlama olasılığı (Gilmore, 2008), m; numunenin kütlesi (Kg), k; numune için yoğunluk düzeltme faktörüdür (kullanılan malzemeler toprak ve tuğla olduğu için $k=1$ alındı). A ise Bq Kg⁻¹ biriminde bulunan aktivite değerleridir. Ölçülen aktivite değerleri hazırlanan Excel hesap tablosu yardımıyla her bir numune için mGy yıl⁻¹ biriminde yıllık doz dönüşümleri yapıldı. Toprak numuneler sadece kendi içindeki iç doz hızıyla ışınlanırken, tuğla malzemelerin doz hızlarının bir kısmı çevresindeki topraktan bir kısmı da kendi içinden kaynaklanan radyoaktiviten kaynaklanır. Tuğla malzeme, çevre toprağından gelen

sadece D_{γ} dozundan etkilenir. Tuğla malzemelerin kalınlığı dikkate alınarak bu hesaplar yapılmalıdır. Ancak tipik olarak D_{γ} dozu toplam dozun % 15 olduğundan bu doz tuğla malzemeler için de iç ve dış gama doz hızları eşit alınsa dahi % 2 kadar hata payı getirmektedir. Çalışmada tuğla malzemelerin kalınlığı dikkate alınarak gama doz hızı çevreleyen toprak ve kendisinin belli kesri olarak hesaplandı. Bu şekilde her bir numune için hesaplanan U , Th ve ^{40}K dan kaynaklanan alfa ,beta ve gama radyasyonları için ayrı olarak D_{α} , D_{β} ve D_{γ} bileşenler numunelerin kuru halindeki doz hızlarıdır. Nemin etkisini de dikkate alarak bu bileşenler gömü esnasında doz hızları aşağıdaki gibi yazılır (Aitken, 1985).

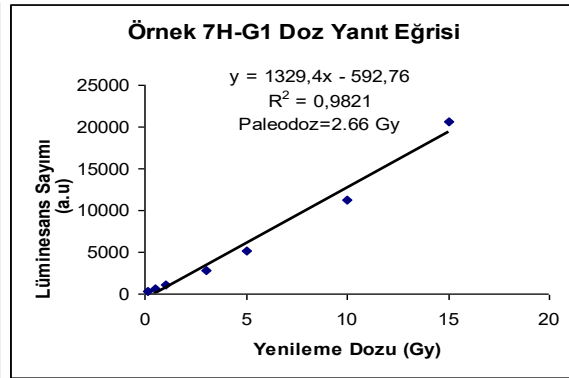
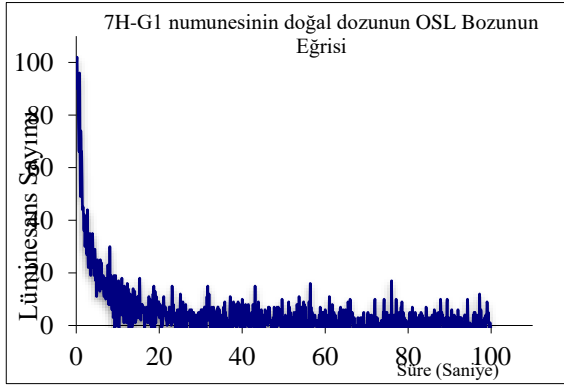
$$D_{\alpha} = \frac{D_{\alpha,kuru}}{1+1.5WF}, \quad D_{\beta} = \frac{D_{\beta,kuru}}{1+1.25WF}, \quad D_{\gamma} = \frac{D_{\gamma,kuru}}{1+1.14WF} \quad (2)$$

Burada F; numunenin gömü boyunca su tutma kesri, W; numunenin maksimum su tutma yüzdesidir. Bunun için her bir numunenin maksimum ne kadar nem tutabileceği laboratuvarında basit bir dizi deneyle tespit edildi.

3. Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmada anlamlı arkeolojik yaşlar veren 7H-F2 ve 7H-G1 numunelerinin OSL bozunum eğrileri aşağıda verilmiştir. Lüminesans okumaları 100 saniye yapıldı, ancak numunelerde birikmiş dozlar az olduğu için yaklaşık 20 saniyede tamamıyla taban seviyesine inerek tüm tuzaklar boşalmıştır. Numunelerden sadece 7H-G1 in OSL bozunum eğrisi verilmiştir (Şekil 3.a). Sayım sonuçları bir Excel dosyasına aktarıldı ve her bir numune için lüminesans sayım sonuçlarının hangi dozlara karşılık geldiğini gösterir "doz yanıt" grafiği çizildi.

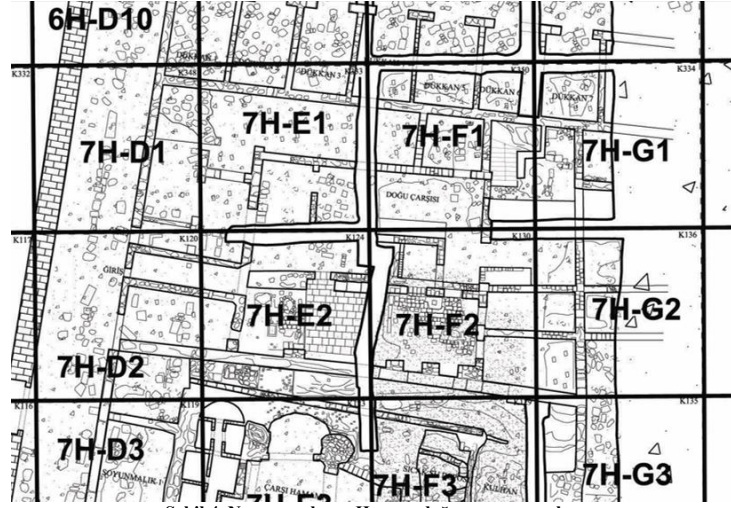
Numunelerden sadece 7H-G1 kodlu tuğla örneği için doz yanıt eğrisi verilmiştir (Şekil 3.b). Her bir numunenin doz yanıt değişimlerini veren lineer denklemi bulundu ve bu denklemden her bir numune için paleodoz değerleri hesaplandı. Toprak numunelerin paleodoz değerleri 5 Gy ila 38 Gy arasındabüyük değerler bulundu. Bunun sebebi, yapıların inşası esnasında kullanılan toprak malzemenin tümüyle yeterince gün ışığına maruz kalmadan kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü gün ışığında açıkta yeterince bekleyen toprakta, önceki devirlerdenbirikmiş olan jeolojik paleodoz sıfırlanır, aksi durumda geçmişte biriken radyasyon enerjisi, numunenin arkeolojik yapının yaşının saptanmasına engel olur. Yaşı, beklenen değerden çok yüksek çıkar. Bu bakımdan yapının temelinden alınan bu toprak malzemeler arkeolojik bölgenin yaşını belirlemede dikkate alınmadı.



Şekil 3.a. Tuğla numunelerden birinin doğal doz birikiminin (paleodoz) neticesinde OSL bozunumu eğrisi b) Aynı tuğladan hazırlanan numunelerin SAR protokolüne göre elde edilen doz yanıt eğrisi

Tuğla numunelerinden ikisinin ise paleodozları bulunamamıştır. Bunun sebebi, bu iki tuğla numunesinin içeriğinde dozimetrik özelliği öne çıkan feldspat mineral içeriğinin çok az olmasından kaynaklanabilir. Optik uyarma sistemi infared (kızılötesi) uyarımla feldspat minerali içinde birikmiş lüminesans enerji tuzaklarını (sevilerini) boşaltmaktadır. Bu

uyarma enerjisi ile ölçülebilecek düzeyde bir enerji boşalması gözlenemedi ve bunun sonucunda Harran Doğu Çarşısı'nın 7H-E1 ve 7H-E2 açmalarındaki numunelerinin paleodozları saptanamamıştır. Diğer taraftan aynı çarşının 7H-G1 ve 7H-F2 açmalarındaki tuğla malzemelerinin paleodozları sırasıyla 2.66 Gy ve 2.93 Gy olarak tayin edildi (Şekil 4).



Şekil 4. Numune alınan Harran doğu çarşısının planı.

Lüminesans tarihleme ölçülmesi gerekli olan bir diğer bileşen de her bir numunenin toprak altında gömülü olduğu bir yıllık sürede ne kadar radyasyon dozuna maruz kaldığının ölçülmesidir. Bu arada NaI gama detektörünün enerji ve verim kalibrasyonu, enerjileri ve aktiveleri bilinen standart malzemelerin sayımlarıyla, yeniden yapıldı. Ardından NaI sintilasyon detektöründe 100 bin saniye boyunca gama radyasyon sayım spektrumu alındı. Gama radyasyon spektrumu yardımıyla numune içinde uranyum (U) ve toryum (Th) doğal radyoaktif serilerin ve potasyumun radyoaktif izotopunun (^{40}K) aktivitesi belirlendi. Uranyum aktivitesi, seri içinde 1764 keV enerjili gama yayınlayan Bizmut (^{214}Bi) radyoizotopunun aktivitesinden belirlendi. Toryum aktivitesi ise seri içinde 2614 keV enerjili gama ışınları yayınlayan Talyum (^{208}Tl) radyoizotopunun

aktivitesinden belirlendi. ^{40}K radyoizotopunun aktivitesi kendisine ait 1461 keV enerjili pikin net alanından belirlendi. Bq Kg^{-1} biriminde elde edilen spesifik aktivite sonuçları U ve Th izotopları için ppm birimine, ^{40}K için yüzdelik biçime dönüştürüldü. Kazıdan toplanan toprak ve tuğla malzemelerin spesifik radyoaktivite değerleri ^{40}K için 500 Bq Kg^{-1} ilâ 720 Bq Kg^{-1} değerler arasında bulundu. Bu değer ortalama değerlerin birmiktar üzerindedir. Uranyum spesifik aktivite 2 Bq Kg^{-1} ilâ 24 Bq Kg^{-1} arasında saptandı. Toryum spesifik aktivite ise 13 Bq Kg^{-1} ilâ 29 Bq Kg^{-1} değerleri arasında belirlendi. Bu verilere göre örneklerin U ve Th aktivite değerleri yüksek değildir. Neticede yapı malzemelerinden ortaya çıkan çevresel radyoaktivite insan sağlığı açısından risk teşkil etmemektedir (Bozkurt ve ark., 2007).

Tablo 1. Kazıdan alınan örneklerin tarihleri

Numune Kodu	Paleodoz (Gy)	Yıllık Doz (mGy.Yıl^{-1})	Yaş (Yıl)
7H-F2	2.93±0.15	3.29±0.2	890±70
7H-G1	2.66±0.14	3.61±0.3	737±60
7H-E1	Ölçülemedi	2.52±0.2	Ölçülemedi
7H-E2	Ölçülemedi	2.07±0.1	Ölçülemedi
7H-D4	6.98±0.35	2.90±0.2	2407±190
7H-E3	5.61±0.28	1.80±0.2	3117±245
7H-F6	10.23±0.52	2.46±0.2	4160±325
7H-D5	37.69±1.88	2.71±0.2	13880±1100

*Son dört satırda yer alan numuneler toprak örnekler olup, tarihleri arkeolojik yaşlarla ilgili değildir

4. Sonuçlar

Arkeolojik yapıların tarihlendirilmesinde en önemli aşaması

tarihlendirmede kullanılacak malzemenin yapıların uygun kısımlarından karanlıkta karotlar ile alınmasıdır. Yapıların

temelinden karotlar yardımıyla aldığımız toprak malzemeler arkeolojik yağları vermedi. Bunun sebebi inşası esnasında alınan toprakların yeterince gün ışığı görmediğinden “OSL saatinin” sıfırlanmamasıdır. Yapıların inşasında gün ışığında günlerce beklemiş toprak mal ve iç sıva malzemeleri (uygun noktalardan alınabilmiş olsaydı) içerisindeki dozimetrik özelliği sayesinde toprak ile de arkeolojik yaşın bulunması mümkün olacaktı. Diğer taraftan 7H-E1 ve 7H-E2 tuğla malzemelerinde kullanılan tekniğe uygun feldspat minerali konsantrasyonu yeterli olmadığında kızılötesi uyarmalı OSL eğrileri gözlenmedi. Bu tür malzemeler için kuvars mineraline uygun tarihlenme teknikleri uygulanabilmektedir (Singh ve ark., 2022). Yaşları saptanan iki tuğlanın ölçümdeki hata payları da dikkate alınırsa bu yapıların M.S. 11. yüzyılın sonu ile 12. yüzyılın başlarında inşa edildiği anlaşılır. Bu sonuçlar, arkeolojik kazıdan bulunan bir ahşap parçasının ¹⁴C tekniği ile bulunan tarihler ile uygundur (Önal, 2019). Kazılar genişletilerek Harran Üniversitesi Arkeoloji Bölümü kazı ekibi tarafından Prof. Dr. Mehmet ÖNAL başkanlığında sürmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu tarihlendirme çalışması, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma projesi

(HÜBAP 16070) kapsamında 2017 yılında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Aitken, M.J., 1985. Thermoluminescence Dating. Academic Press.
- Aitken, M.J., 1998. An Introduction to Optical Dating. Oxford University Press.
- Atlıhan, M.A. 2019. Polimineral içerikli seramik bir numunenin lüminesans tekniklerle eşdeğer dozunun belirlenmesinde farklı bir yöntemin kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3): 519-523.
- Bozkurt, A., Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G., Osmanlıoğlu, A.E., 2007. Assessment of environmental radioactivity for Sanlıurfa region of southeastern Turkey. *Radiation Measurement*, 42: 1387-1391.
- Önal, M., Mutlu, S.İ., Mutlu S., 2019. Harran çevresi ve arkeolojisi. ISBN:978-975-7394-55-6. Şurkav Yayınları, Şanlıurfa. s.299-324.
- Pawlak, M.K., Chruscinska, A., Biernacka, M., Palczewski, P., 2022. Thermal stability assessment of OSL signal by measuring the OSL thermal depletion curves. *Radiation Measurement*, 199, Article no: 111505.
- Singh, A.K., Manna, I., Kumar, P., Dawar, A., Kumar, P., Murari, M.K., 2022, A new and effective method for quartz-feldspar separation for OSL and CRN dating. *Quaternary Geochronology*, 72, Article no: 101315.
- Wintle, G., 1997. Luminescence Dating: Laboratory Procedures and Protocols. *Radiation Measurement*, 27: 769-817.

Atf Şekli: Koşal, M., Önal, M., 2023. Harran Antik Kenti Arkeolojik Kazılarında Meydana Çıkan Kalıntıların Lüminesans Tarihlendirilmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(1): 74-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7646285>

To Cite: Koşal, M., Önal, M., 2023. The Luminescent Dating of the Remains Unearthed in the Archaeological Excavations of the Ancient City of Harran. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(1): 74-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7646285>
