



Atf için / For Citation: S. Geranmayeh, E. Şahiner, E. Aşlar, N. Meriç, “Çeşitli porselen ve kil bazlı numuneler için farklı deneysel süreçler altında TL ve OSL sinyallerinin incelenmesi ve uygulamalı radyolojik kaza denemesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 16(2), 328-338, 2021.

Araştırma Makalesi

Çeşitli Porselen ve Kil Bazlı Numuneler İçin Farklı Deneysel Süreçler Altında TL ve OSL Sinyallerinin İncelenmesi ve Uygulamalı Radyolojik Kaza Denemesi

Sasan GERANMAYEH^{*1}, Eren ŞAHİNER¹, Engin AŞLAR¹, Niyazi MERİÇ¹

¹Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, 06100, Beşevler/Ankara, Türkiye

*yazışılan yazar e-posta: geranmayeh@ankara.edu.tr

(Alınış: 23.03.2021, Kabul: 07.06.2021, Yayımlanma: 25.11.2021)

Özet: Retrospektif (geriye dönük) dozimetri, doz ölçümünün planlanmadığı durumlarda doz hesabı için kaza dozimetresinin önemli araçlarından biridir. Kaza dozimetrisi, radyasyon kazası sonucu dışarıdan/ içten maruz kalan insanların radyasyon dozunun çeşitli dozimetri yöntemleri ile değerlendirilmesidir. Kaza bölgesindeki herhangi bir obje doğal dozimetre olarak değerlendirilebilmektedir. Şimdiye kadar seramik ya da porselen ürünleri, yapı malzemeleri, elektronik bileşenler (IC parçaları, sim kart, transistörler), saat camı ve telefon ekranı gibi birçok malzeme bu amaçla incelenmiştir. Bu çalışmada çevrede yaygın şekilde bulunan çeşitli porselen ve kil bazlı malzemelerin (şekerlik, kül tablası, sigorta porseleni, cila maddesi içerikli ve içeriksiz yapay diş porseleni, seramik tırnak törpüsü, namaz mühürü ve kumbara) retrospektif dozimetri amaçlı kullanımı için numune hazırlanma sürecinin TL sinyalinin üzerinde etkisi, radyasyon kazasından önce malzemenin maruz kalmış olduğu sıcaklığın (örneğin yangın) OSL sinyali üzerinde etkisi, termal sönmelenme, farklı uyarma modlarında OSL lüminesans sinyalinin değişimi gibi özellikleri de araştırılmıştır. Ayrıca bir radyasyon kazası senaryosu gerçekleştirilerek araştırılan materyaller ile TL ve OSL tekniğini kullanılarak kaza dozu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre incelenen bütün numunelerin radyasyon kazası durumunda retrospektif doz hesaplaması için birer dozimetrik malzeme olarak kullanılabilirliği ortaya çıkmaktadır. Kaza senaryosu sonucunda numunelerden TL yöntemi ile hesaplanan kaza doz değerlerini kaza mahallinde konulmuş TLD100'ler ile elde edilen değerlerle kıyasladığımız zaman kumbara ve yapay diş porseleni numunelerinden $\leq 10\%$ sapma; OSL yöntemi ile elde edilen sonuçlarda ise sigorta porseleni numunesinden $\leq 9\%$ sapma ve seramik tırnak törpüsü numunesinden $\leq 14\%$ sapma değeri elde edilerek diğer numunelere göre daha uygun bir sonuç göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Porselen, Kil, TL, OSL

Investigation of TL and OSL Signals under Different Experimental Process for Various Porcelain and Clay Base Items & Applied Radiological Incident Exercise

Abstract: Retrospective dosimetry is one of the important tools of incident dosimetry in unplanned circumstances of dose calculation. Accident dosimetry is the evaluation of the external/internal radiation dose of people exposed to radiation incidents by various dosimetry methods. Any object in the incident area could be used as a natural dosimeter. So far, different materials such as ceramic or porcelain products, building materials, electronic components (IC parts, sim card, transistors), watch glass and phone screen have been studied following this purpose. In this study; the usability of various porcelain-based and ceramic-based materials which are commonly found around is investigated via luminescence methods; the list includes a

sugar bowl, an ashtray, an electric fuse, an artificial dental implant with and without polishing material, ceramic nail file, the seal of prayer and moneybox. For retrospective dosimetry purposes, the effects of the sample preparation process on the TL signal is studied. Moreover, the effect of the temperature (for example fire) the material was exposed to before the radiation incident on the OSL signal, thermal quenching, changes in the OSL luminescence signal in different excitation modes are investigated. In addition, with the use of research materials, a radiation incident scenario was directed and the incident dose was measured using the TL and OSL techniques. According to the results, it was found that all examined samples can be used as dosimetric materials for retrospective dose measurement in case of a radiation incident. While comparing the incident scenario dose values calculated by the TL method with the TLD100s placed at the incident scene, it could be concluded that there is a deviation smaller than 10% in the piggy bank and artificial dental porcelain samples. The results obtained from the OSL measurements showed a deviation smaller than 9% in the fuse porcelain sample and a deviation smaller than 14% in the ceramic nail file sample which were more relevant in comparison to the other samples' results.

Key words: Porcelain, Clay, TL OSL

1. Giriş

Bir radyasyon kazası durumunda, radyasyon çalışanlarının ve toplumun aldığı doz seviyelerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi uygulanacak tedavinin ve yapılacak işlemlerin belirlenebilmesi açısından büyük önem taşır. Radyasyon kazaları beklenmedik zamanlarda gerçekleştiğinden dolayı rutin ölçümler toplumun aldığı doz seviyelerinin tahmininde yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda retrospektif (geriye dönük) yöntemler aracılığı ile soğurulan doz değerleri belirlenebilmektedir. Kaza yerinden elde edilen numuneler aracılığı ile geriye dönük doz hesaplamasının yapılması ile ilgili çalışmalar, özellikle Çernobil kazasıyla birlikte büyük önem kazanmıştır. Genellikle, kaza durumunda geriye dönük doz tayini için seçilen malzemeler maruz kalınan doz bilgisini uzun süre kendi içinde depolayabilen tuğlalar, kiremitler, fayanslar vb. gibi yapı malzemeleri olmuştur. Yapı malzemelerinin yanı sıra porselen yapıdaki çaydanlık, şekerlik, kül tablası ve lavabo taşı gibi malzemeler de geriye dönük doz hesaplamalarında incelenmiştir [1]. Yakın zamanda Türkiye Muğla ilinde yer alan Stratonikeia antik kentinden elde edilen seramik numunesini ve Kırşehir- Savculu bölgesinden alan doğal florit numuneleri lüminesans teknikler ile dozimetrik uygulamalarda kullanılabilirliği araştırılmıştır [2-3]. Buna ek olarak cep telefonu ekranları ve silikon tabanlı elektronik devre elemanlarının da kaza dozimetrisinde doz ölçümleri için kullanılabilirliği gösterilmiştir [4]. Kullanılan bu malzemelerin çoğunluğu belirli bir kristal yapı özelliği gösterirken bir kısmı amorf özellik göstermektedir. Aydaş vd. [5] ve Şahiner [6] tarafından yapılan çalışmalarda ticari olarak kullanılan farklı amorf yapı cam örneklerinin retrospektif dozimetri çalışmalarında kullanılabileceği TL ve OSL yöntemi ile gösterilmiştir. Dozimetrelerin bulunmadığı durumlarda doz değerlendirme işleminin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla çevrede bulunan numuneler sıklıkla araştırma konusu olmuştur. Özellikle bunlardan porselen ve seramik bazlı materyallerin çevrede yaygın bir şekilde bulunması ve uygun lüminesans özellikleri sebebiyle retrospektif dozimetri alanında dozimetrelere alternatif olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada, gündelik hayatta yaygın olarak kullanılan porselen şekerlik, kül tablası, cila maddesi içerikli ve içeriksiz yapay diş porseleni, kil kumbara, namaz mührü ve seramik tırnak törpüsü numunelerin ölçüme hazırlama aşamalarındaki işlemlerin (ezme ve eleme) TL sinyali üzerindeki etkisi, termal sönümlenme, farklı uyarım kaynakları (mavi ışık ve kızıl ötesi) ile OSL ve IRSL sinyallerinin karşılaştırılması ve sıcaklığın

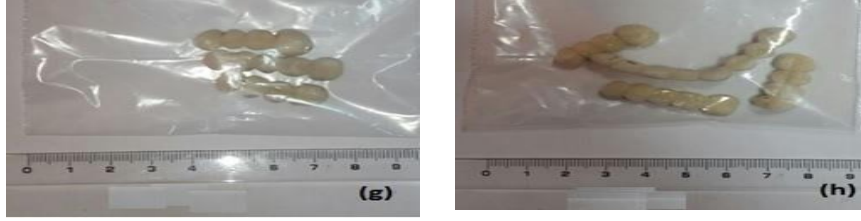
OSL sinyali üzerindeki etkisi gibi özellikler araştırılmıştır. Bunun yanı sıra doz hızı 25mGy/s olan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ beta kaynağı kullanılarak kullanım dışı bir depoda kullanılan numuneler 25 gün boyunca radyasyona maruz bırakılarak kaza senaryosu gerçekleştirilmiş ve benzer işlemler TLD-100 dozimetreler ile yapılarak elde edilen doz değerleri ile birbirleri ile kıyaslanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan numuneler; porselen kül tablası, porselen şekerlik, seramik tırnak törpüsü, kumbara, sigorta porseleni, namaz mührü, cila maddesi içerikli ve içeriksiz yapay diş porselenidir. Şekil 1’de araştırılan numunelerin görüntüleri sunulmuştur. Numunelerin ışınlama işlemi ELSEC 9010 cihazında bulunan 25 mGy/s’lik doz hızına sahip $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ beta kaynağı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. TL ölçümleri Harshaw TLD 3500 cihazında UG11 filtresi kullanılarak; maksimum sıcaklık 500°C olacak şekilde 2°C/s’lik ısıtma hızlarında gerçekleştirilmiştir. OSL ölçümleri ise 0.121 Gy/s’lik doz hızına sahip dahili $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ beta kaynağına sahip fotoçoğaltıcı tüp önünde Hoya U-340 filtresi varlığında Risø TL/OSL okuyucu (model TL/OSL-DA-20) ile gerçekleştirilmiştir. OSL sinyalleri, %70’lik ışık akısı ve 200s uyarım zamanı esas alınarak mavi ve kızıl ötesi (IR) ledler aracılığı ile belirlenmiştir.

Numuneler, agat havanda ezilip, çelik elekler yardımı ile <120 µm tanecik boyutlarına getirilmiş ve hassas terazi yardımı ile kütlesi $7,0\pm 0,1$ mg ayarlanarak çelik kaplar aracılığı ile lüminesans okumaları yapılmıştır. Kaza senaryosu, Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan kullanım dışı bir depoda silindirik biçimde olan 2,33 cm çapında 0,15cm yüksekliğinde ve 25 mGy/s doz hızına sahip bir $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ beta kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerden ölçülen TL ve OSL sinyal şiddet değerleri her bir numune için oluşturulan doz cevap eğrileri kullanılarak soğurulan doz elde edilmiştir. Doz cevap grafiklerin oluşumunda her bir doz için farklı kaplarda numuneler hazırlanarak sonuçta her bir numune sadece bir ölçümde kullanılmıştır.





Şekil 1. Çalışma boyunca retrospektif dozimetri amaçlı incelenmiş numuneler. a) porselen kül tablası; b) porselen şekerlik; c) seramik tırnak törpüsü; d) kumbara; e) sigorta porseleni; f) namaz mühürü; g) cila maddesi içerikli yapay diş porseleni ; h) cila maddesi içeriksiz yapay diş porseleni

Bu çalışma boyunca araştırılan özellikler 2.1 ile 2.4'e kadar yer almaktadır.

2.1 Termal sönümlenme olayı

Lüminesans veriminin artan sıcaklık ile azalması ışımsız geçişlerin olasılığının artmasından kaynaklandığı bilinmektedir. Bu olay termal sönümlenme (thermal quenching) olarak adlandırılır [7-8]. Lüminesans verimi, $\eta(T)$ Mott- Seitz modeline göre Eş.1 ile verilir.

$$\eta(T) = \frac{1}{1 + Ce^{-W/kT}} \quad (1)$$

Burada W termal sönümlenme parametresi, C ise ışımsız geçiş olasılığının ışımali geçişlerin olasılığına oranı olarak tanımlanmaktadır [9] ve k, Boltzman sabiti, T mutlak sıcaklıktır ve birimi Kelvindir. W ise Mott-Seitz modelinde uyarılmış durumda bulunan elektronların fononlar aracılığı ile ışımsız olarak taban durumuna geçmesi için gerekli enerji olarak bilinir [8].

Termal sönümlenme etkisinin varlığı farklı ısıtma hızlarında elde edilen termolüminesans (TL) piklerinin altında kalan alan değerlerinin değişimi aracılığı ile belirlenebilmektedir. Termal sönümlenmenin varlığında, pik alan şiddetlerinin azaldığı ve aynı zamanda TL kinetik parametreleri olan aktivasyon enerjisi (E) ve kinetik merteye (b) faktörlerinin değişebileceği gösterilmiştir [10-11]. Çalışma boyunca incelenen tüm numuneler 30 Gy'de ışınlanarak farklı ısıtma hızları (2, 4, 6 ve 8 °C/s) ile TL okuması sonucunda belirli sıcaklıklar arası sinyalin altında kalan alan değerlerinin değişimi incelenerek termal sönümlenmenin varlığı araştırılmıştır.

2.2 Örnek hazırlama sürecinin termolüminesans (TL) sinyali üzerindeki etkisi

Genellikle kaza dozimetresi olarak kullanılan malzemeler kaza anında katı halde olup belirli bir geometriye sahiptirler. Kazadan sonra maruz kalınan dozun belirlenebilmesi için numuneler bir takım örnek hazırlama süreçlerinden geçmektedir. Bu süreçlerin en önemli iki adımı ezme ve eleme işlemleridir. Bu işlemler sonucunda elde edilen lüminesans sinyalleri şekil ve şiddet olarak değişime uğrayabilmektedir [4]. Bu amaçla, kullanılan bütün numunelerden yaklaşık 4mm boyutlarında herhangi bir ezme ve eleme işlemine tabi tutulmadan tek bir bütün halinde $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ kaynağı ile 30 Gy ışınlandıktan sonra ezilip elenmiş ve hassas terazi ile 7 mg'lık kütlede ayarlanarak TL ölçümü gerçekleştirilmiştir (TL1). Daha sonra önceden ezilip elenerek hazırlanmış aynı numuneden 7 mg'lık kütlede olacak şekilde aynı kaynak ile 30 Gy ışınlama yapıldıktan sonra TL okuması yapılmıştır (TL 2). İki TL sinyali üst üste çizilerek yapılan numune hazırlama sürecinin etkisi incelenmiştir.

2.3 Sıcaklığın OSL sinyaline etkisi ve farklı uyarım kaynakları ile osl sinyalinin değişimi

OSL sinyaline sıcaklığın etkisinin incelenmesi retrospektif dozimetri için kullanılan malzemelerden radyasyon kazasından önce herhangi bir sıcaklığa (örneğin yangın kazası) maruz kalması durumunda kaza dozunun belirlenmesi sürecinde önemlidir. Bunun haricinde OSL ölçümü sırasındaki okuma sıcaklığının araştırılması TL ve OSL tuzaklarının birbirleri ile olan ilişkisini belirlemede kullanılmaktadır. Eğer TL ve OSL tuzakları birbirleri ile ilişkili ise artan okuma sıcaklığı ile OSL sinyallerinin azalması beklenir. Herhangi bir azalma yoksa TL ve OSL sinyallerinin farklı merkezlerden kaynaklandığı ön görülmektedir

Tablo 1. Farklı okuma sıcaklıklarında OSL sinyalinin değişimi

1.	Numune 24 Gy ışınlanır.
2.	Numune okuma sıcaklığı ($T_i = 50\text{ }^\circ\text{C}$ ile $250\text{ }^\circ\text{C}$) olarak $50\text{ }^\circ\text{C}$ lik artışlarla mavi ışıkla OSL okuması
3.	1. ve 2. adım artan T_i sıcaklıkları ile uygulanır

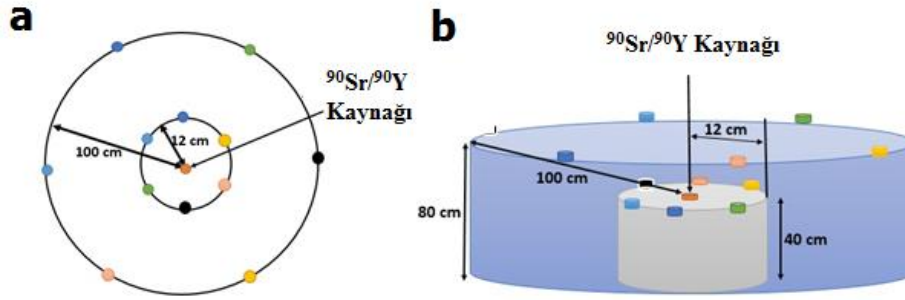
Ölçüm öncesi sıcaklığın ve okuma sıcaklığının OSL sinyaline olan etkisini araştırma amacıyla bütün numunelerden 7mg kütle ağırlığında birer kap hazırlandıktan sonra 24 Gy ışınlanmış ve hemen ardından mavi ışık ile 200 s boyunca OSL okuması yapılmıştır (OSL1). Aynı örneklerden ikinci defa hazırlanarak $500\text{ }^\circ\text{C}$ kadar ısıtılmış ve sonrasında oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra yine aynı dozda ışınlanmış ve aynı şartlarda OSL okuması yapılarak (OSL2) birbirleriyle kıyaslanmıştır. İkinci olarak numuneler 24 Gy ışınlandıktan sonra okuma sıcaklığı 50 ile $250\text{ }^\circ\text{C}$ arasında $50\text{ }^\circ\text{C}$ artışlarla mavi ışıkla 200 s boyunca OSL sinyalleri elde edilerek okuma sıcaklığının etkisi araştırılmıştır (Tablo 1).

Farklı dalga boylarında uyarım sonucunda elde edilen OSL sinyallerinin araştırılması, numunelerden yayınlanan lüminesans sinyalinin bozunum kinematiğini anlama açısından önem taşır. Bu amaçla, tüm numuneler aynı kütlede (7mg) olacak şekilde iki ayrı kap hazırlanarak 24 Gy ışınlanmıştır. İlk olarak numune 200 s boyunca mavi led ile uyarılarak OSL eğrisi elde edilmiş, diğer durumda ise kızıl ötesi (IR) ledler aracılığı ile 200 s uyarılmış ve IRSL eğrileri elde edilmiştir. Bunun sonucunda her iki durumda elde edilen lüminesans eğrileri birbirleri ile kıyaslanmıştır.

2.4 Kaza senaryosu

Araştırılan numuneler olası bir radyasyon kazası durumunda bir dozimetre olarak kullanılıp kullanılmayacağını değerlendirilmesi amacıyla kaza senaryosu gerçekleştirilmiştir. Numunelerden elde edilen doz değerlerinin TLD-100 dozimetreler kullanılarak hesaplanan doz değerlerine ne kadar yakın olacağını ve böylelikle hangi numunelerin kaza dozimetresi için uygun olabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla Şekil 2'de görüleceği gibi harici $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ beta kaynağı merkez noktası kabul edilerek bu merkez noktasından 12 ve 100 cm yarı çaplı iki çember üzerine numunelerden bir parça birbirlerinden eşit mesafelerde ışık geçirmez kağıtlara sarılarak yerleştirilmiştir. Numuneler, 25 gün boyunca radyasyona maruz bırakılmış ve bunun sonunda TL ve OSL ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sinyal şiddetleri, zamanla sönüm olmasının etkisini de dikkate alınarak belirlenmiştir. Soğrulan doz değerleri, TL ve OSL

için ilgili sıcaklık aralığı ve bileşenleri için oluşturulan doz-cevap eğrileri yardımıyla hesaplanmıştır. Numuneler toplandıktan sonra aynı konuma aynı kaynaktan kalibre edilmiş TLD-100 dozimetreler konularak doz değerleri hesaplanıp, numunelerden belirlenenler ile kıyaslanmıştır.

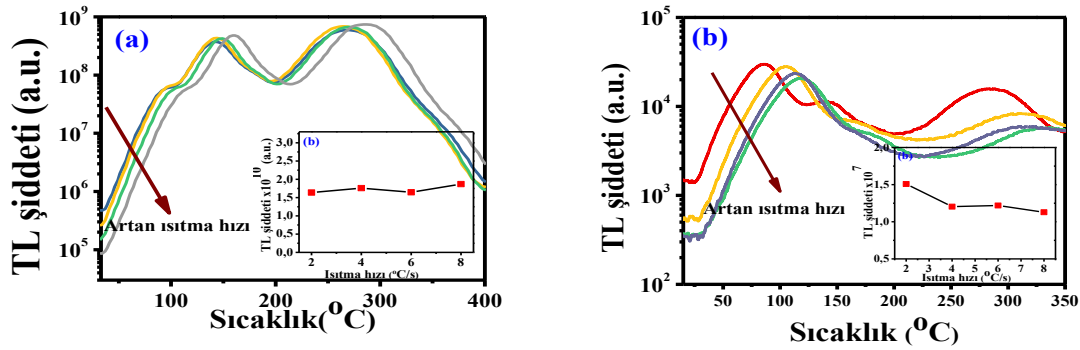


Şekil 2. Kaza senaryosu şematik görüntüsü, a) kesitsel görüntü, b) yandan görüntü (numuneler kaynaktan 12 cm ve 100 cm mesafeye yerleştirilmiştir. Küçük kutucuklar kaza senaryosunda kullanılan numuneleri temsil etmektedir.)

3. Bulgular

3.1 Termal sönmürlenme

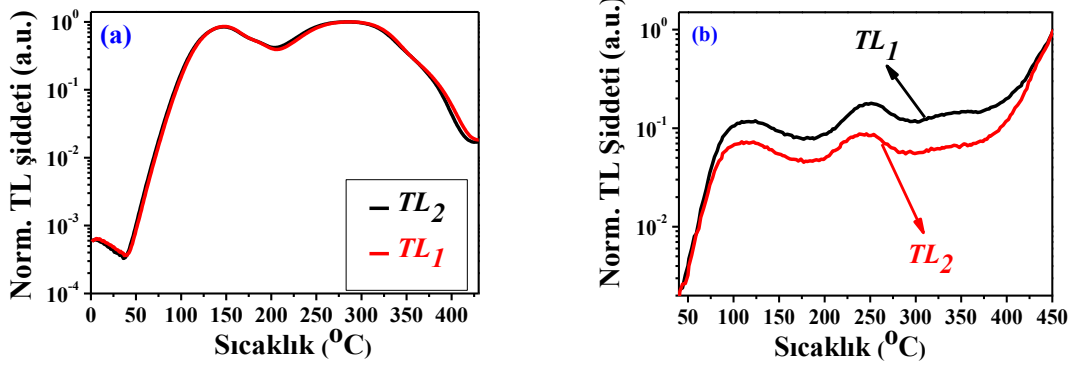
Bu Şekil 3'te örnek olarak seramik tırnak törpüsü ve sigorta porseleni numuneleri için artan ısıtma hızına karşın elde edilen TL ışınma eğrileri verilmiştir. Bu şekilde göre beklenildiği gibi artan ısıtma hızları ile ışınma eğrileri daha yüksek sıcaklıklara doğru kaymıştır. Her iki numune için artan ısıtma hızlarına karşın belirli sıcaklık arası TL sinyalinin altındaki alan değerlerinin değişimi Şekil 3'te iç kısımda gösterilmiştir. Buna göre, seramik tırnak törpüsü numunesinin termal sönmürlenmeye uğramadığı, ancak sigorta porseleni numunesinin artan ısıtma hızlarına karşın alan değerlerinin düşüşte olduğu yani termal sönmürlenmeye uğradığı görülmüştür. Sigorta porseleni numunesi için 8 °C/s'lik ısıtma hızında elde edilen alan değerinin 2 °C/s'de elde edilen alan değeri ile kıyaslandığında %75 oranında bir düşüş olduğu görülmüştür. Diğer numunelerde ise yaklaşık %25-%50 arası düşüş olmuştur.



Şekil 3. Numunelerinin farklı ısıtma hızlarında elde edilen TL ışınma eğrileri ve belirli sıcaklık arasında sinyalin altında kalan alan değerlerinin değişimi (içteki grafik); a) Seramik; b) Sigorta porseleni

3.2 Örnek hazırlama sürecinin termoluminesans (TL) sinyali üzerindeki etkisi

Şekil 4a'ya göre seramik tırnak törpüsü numunesi için ışınlamadan önce ve sonra ezme ve eleme işlemleri görmüş örneklerden elde edilen TL sinyalleri incelendiğinde bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak, namaz mührü numunesinde ise ezme ve eleme işlemleri sonucunda yapılan ezme ve eleme işlemi sinyal şiddetinin artışına neden olmuştur (Şekil 4b). Diğer numunelerde ise ezme ve eleme işlemleri sinyal kaybına neden olmuştur. Bunun sebebinin triboluminesans olayından veya mekanik etki ile bile boşaltılabilecek sıg tuzaklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4. Ezme ve eleme işlemlerinin TL sinyal şiddetine etkisi a) Seramik tırnak törpüsü, b) Namaz mührü

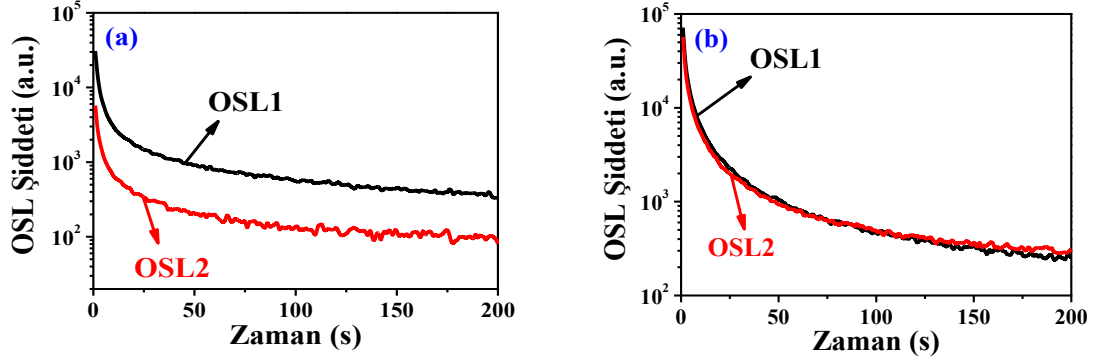
3.3 Sıcaklığın OSL sinyaline etkisi ve farklı uyarım kaynakları ile OSL sinyalinin değişimi

Şekil 5a,b'de sırasıyla namaz mührü, şekerlik numunesinin OSL sinyallerinin sıcaklıkla olan ilişkisini göstermektedir. Burada her numuneden aynı küttele hazırlanmış ikişer kabın biri oda sıcaklığında 30 Gy ışınlanmış olup diğeri ise 500° C kadar ısıtılıp ve oda sıcaklığına geldikten sonra 30 Gy ışınlama maruz kalmıştır. Bütün numuneler incelendiğinde namaz mührü haricindeki diğeri numunelerin OSL sinyallerinin sıcaklık işleminden önemli ölçüde etkilenmediği görülmüştür. Bunlar arasından şekerlik, sigorta porseleni ve kül tablası seramik numunelerinin sıcaklıktan minimum oranda etkilendiği sonucuna varılmıştır.

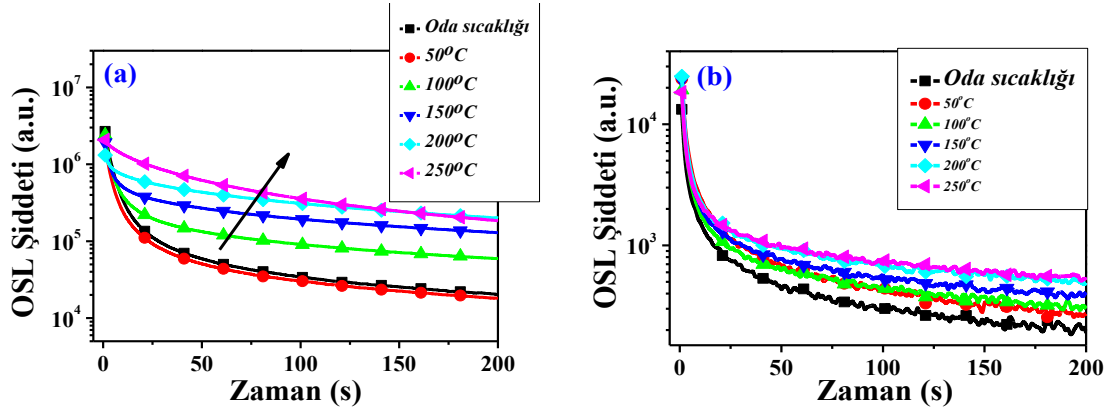
Şekil 6a ve b seramik tırnak törpüsü ve namaz mührü numunelerinin artan okuma sıcaklığına karşı OSL sinyalinin davranışını göstermektedir. Burada, OSL sinyallerin başlangıç bileşen (0-5s) değişim göstermezken orta bileşen (6-50s) ve kuyruk bileşen (51-200s) artışlar göstermiştir. Şekerlik porseleninde OSL sinyalinin başlangıç bölgesinde azalma, orta ve kuyruk bölgesinde artma, kumbara, cila maddesi içeriksiz yapay diş porseleni ve porselen kül tablası örneklerinde başlangıç bölgesinde azalma, orta ve kuyruk bölgelerinde artış gözükmemiştir. Cila maddesi içerikli yapay diş porseleni ve sigorta porseleni malzemelerinde ise artan sıcaklıklar ile OSL sinyallerinin başlangıç bölgelerinde azalma, orta ve kuyruk bölgede düzenli bir azalış ya da artış gözlenmemiştir.

Şekil 7 a,b'de mavi ışık ve kızıl ötesi ledler (IR) kullanılarak elde edilen seramik tırnak törpüsü ve porselen şekerlik numunelerine ait OSL ve IRSL bozunum eğrileri verilmiştir. Şekle göre, her iki uyarım kaynağı sonucunda iki farklı bozunum eğrisi gözlemlenmiştir. Ayrıca, eğri altında kalan alan aracılığı ile toplam luminesans şiddet

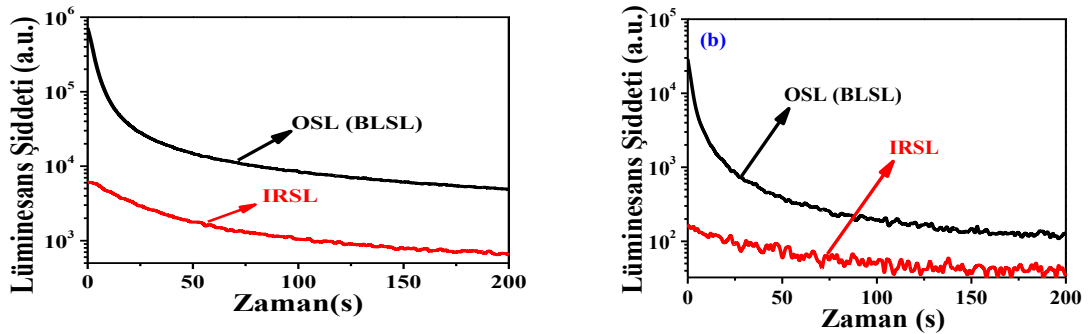
değerlendirildiğinde IR sonucunda elde edilen lüminesans şiddetinin mavi ışık ile uyarım sonucunda elde edilene göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi mavi ışığın uyarım enerjisinin IR'den yüksek olduğundan dolayı daha derindeki tuzak popülasyonlarını uyarabilmesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5. Farklı numunelerde sıcaklığın OSL sinyaline etkisi a) Namaz mührü b) Porselen şekerlik



Şekil 6. Farklı okuma sıcaklıklarının OSL sinyali üzerindeki etkisi, a) Seramik tırnak törpüsü b) Namaz Mührü



Şekil 7. Farklı ışık altında (mavi ve IR) elde edilen lüminesans sinyallerinin zamana bağlı değişimi, a) Seramik tırnak törpüsü, b) Porselen şekerlik (BLSL: Blue Light Stimulatin Luminescence)

3.4 Kaza senaryosu

Tablo 2’de kaza senaryosu için kullanılan numuneler ve TLD-100’ler aracılığı ile belirlenen soğurulan dozlar verilmiştir. Tablonun son sütununda TL ve OSL yöntemi ile elde edilen doz değerlerinin TLD-100’ler ile elde edilen değerlere göre yüzde sapmaları verilmiştir. Numunelerden TL ve OSL yöntemi ile elde edilen sonuçlar TLD-100’ler ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırarak numunenin kaza dozimetrisi olarak elverişli olup olmamasına karar verilmiştir.

Tablo 2. Kaza senaryosu sonrası numuneler ve TLD-100 aracılığı ile belirlenen soğurulan doz değerleri

Numuneler	Mesafe (cm)	Doz (Gy)			%Sapma	
		<i>TL'ye göre</i>	<i>OSL'ye göre</i>	<i>TLD-100'e göre</i>	TL	OSL
Şekerlik	12	3,37±0,30	4,58±0,70	4,28±0,30	±27,0	±6,5
Şekerlik	100	1,30±0,30	1,84±0,70	1,00±0,10	±23,0	±45,6
Kültablası	12	4,11±0,23	3,00±1,90	4,28±0,30	±4,1	±42,6
Kültablası	100	0,75±0,23	1,20±1,90	0,60±0,02	±20,0	±50,0
Tırnak törpüsü	12	2,11±0,05	4,32±2,70	4,28±0,30	±102,0	±0,9
Tırnak törpüsü	100	1,10±0,05	0,88±2,70	1,00±0,10	±9,0	±13,6
Cila maddesi içerikli yapay diş	12	4,05±0,03	7,37±0,16	4,28±0,30	±5,6	±41,9
Cila maddesi içerikli yapay diş	100	0,60±0,03	0,59±0,16	0,60±0,02	±0,0	±1,6
Cila maddesi içeriksiz yapay diş	12	4,16±0,55	2,22±0,04	4,28±0,30	±2,9	±92,7
Cila maddesi içeriksiz yapay diş	100	0,51±0,55	0,39±0,04	0,47±0,06	±7,8	±20,5
Sigorta porseleni	12	4,98±1,44	4,70±0,04	4,28±0,30	±14,0	±8,9
Sigorta porseleni	100	0,58±1,44	0,59±0,04	0,60±0,02	±3,4	±1,7
Kumbara	12	4,26±0,01	2,15±1,20	4,28±0,30	±0,1	±99,1
Kumbara	100	0,99±0,01	1,38±1,20	1,00±0,10	±1,0	±27,5
Namaz mührü	12	2,82±0,16	-	4,28±0,30	±51,7	-
Namaz mührü	100	0,34±0,16	-	0,47±0,06	±38,2	-

4. Sonuç ve Yorum

Numunelerin dozimetrik olarak incelenmesi kapsamında, TL yöntemine göre numunelerin hazırlama işlemi esnasında uygulanan prosedürler (ezme ve eleme işlemi), termal sönümlenme özellikleri; OSL yöntemine göre ise sıcaklığın ve farklı uyarma sistemlerinin sinyal şiddeti ile ilişkisi detaylı olarak incelenmiştir. Numunelerin ezme ve eleme işlemlerinin TL sinyal şiddeti üzerindeki etkisi araştırıldığında seramik tırnak törpüsü hariç tüm numunelerden elde edilen TL sinyal şiddetinin yapılan bu işlemlerden etkilenmekte olduğu görülmüştür. Bu etkinin sebebinin triboluminesans olayından veya mekanik etki ile bile sığ tuzakların boşalabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Numuneler için termal sönümlenme olayının varlığı incelendiğinde seramik tırnak törpüsü ve kül tablası hariç bütün materyallerde termal sönümlenme olayı gözlenmiştir. Bundan dolayı termal sönümlenmeye uğrayan malzemelerin ısıtma işleminde düşük ısıtma hızları ile okuma yapılarak doz değerlendirilmesinin yapılması önerilmektedir.

İncelenen bütün numuneler porselen içerikli olmasına rağmen farklı TL ve OSL özellikleri gözlemlenmiştir. Kaza dozu hesaplamasında porselen şekerlik ve porselen kül tablası numuneleri aynı fabrikanın ürünü olmasına rağmen farklı doz değerleri vermiştir. Bunun sebebinin malzemenin üretim sırasında maruz kaldığı fırın sıcaklığının ve içindeki bileşenlerin miktarlarının farklı olmasının tuzak-yük yapısını etkilediği ve böylece farklı TL ve OSL sinyallerine yol açtığı düşünülmektedir.

Kaza senaryosu sonucunda kaynaktan 12 ve 100 cm mesafelerdeki numunelerden TL yöntemi ile hesaplanan kaza doz değerlerini TLD100'ler ile elde edilen değerlerle kıyaslandığında kumbara ve yapay diş porseleni numuneleri her iki mesafede < %10 sapma; OSL yöntemi ile elde edilen sonuçlarda ise sigorta porseleni numunesi <%9 sapma ve seramik tırnak törpüsü numunesi <%14 sapma göstererek diğer numunelere göre daha uygun bir kaza dozimetresi adayı olarak kullanılması önerilmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Sasan Geranmayeh: Araştırma, Orijinal Taslak Yazımı, Malzeme Temini, Metodoloji kavramlaştırma ve Biçimsel Analiz

Eren Şahiner: Araştırma, Metodoloji, Doğrulama, Görselleştirme, inceleme ve düzeltme

Engin Aşlar: Araştırma, Düzenleme ve Tavsiye ve Biçimsel Analiz

Niyazi Meriç: Denetim, Metodoloji ve kaynak temini.

Çatışma Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çatışma beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynakça

- [1] G. Hütt , L. Brodski, I. K. Bailiff, Y. Göksu, E. H. Haskell, H. Junger, and D. Stoneham, "Accident dosimetry using environmental materials collected from regions downwind of Chernobyl: a preliminary evaluation," *Radiat. Prot. Dosim.*, 47, 307-313, 1993.
- [2] M. A. Atlıhan, "Thermoluminescence properties of two natural colorful fluorite samples of Anatolian origin for dosimetric applications," *Nucl. Instrum. Meth. B*, 467, 33-39, 2020.
- [3] M. A. Atlıhan "Polimineral içerikli seramik bir numunenin lüminesans tekniklerle eşdeğer dozunun belirlenmesinde farklı bir yöntemin kullanımı," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3), 519-523, 2020.
- [4] M. Discher and C. Woda, "Investigations of touchscreen glasses from mobilephones for retrospective and accident dosimetry," *Radiat. Meas.*, 89, 44-51, 2013.
- [5] C. Aydaş, R. Ülkü, E. Birol, and G. S. Polymeris, "Dosimetric and kinetic characteristics of watch glass sample," *Radiat. Meas.*, 85, 78-87, 2016.

- [6] E. Şahiner, "TL and OSL dose response and stability properties of various commercially glass samples obtained from Turkey for dosimetric purposes in the UV emission spectral region," *Appl. Radiat. Isotopes*, 128, 68-74, 2017.
- [7] D. Curie, *Luminescence in Crystals*, Methuen, London, 1963.
- [8] L. Bøtter-Jensen, S. W. S. McKeever, and A. G. Wintle, *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*, Elsevier, Amsterdam, 374 p, 2003.
- [9] G. Kitis and V. Pagonis, "Computerized curve deconvolution analysis for LM-OSL," *Radiat. Meas*, 43, 737-741, 2008.
- [10] B. Subedi, G. Kitis, and V. Pagonis, "Simulation of the influence of thermal quenching on thermoluminescence glow-peaks," *Phys. Stat. Sol. (a)*, 207, 1216-1226, 2010.
- [11] E. Aşlar, E. Şahiner, G. S. Polymeris, and N. Meriç, "Determination of trapping parameters in BeO ceramics in both quenched as well as reconstructed thermoluminescence glow curves using various analysis methods," *Appl. Radiat. Isotopes*, 129, 142–151, 2017a.