

# PHA 402 ARKEOLOJİDE TARİHLENDİRME YÖNTEMLERİ

## KONU 6: TERMOLÜMINESANS YÖNTEMİ

### **Radioaktiviteden Dolayı Çıkan Enerjinin Madde İçinde Biriktirilmesine Dayanan Yöntemler**

Bazı maddelerin içinde ve çevresinde bulunan U, Th ve K gibi radyoaktif elementlerin bozunmaları sırasındaki saldıkları enerji, bu maddelerin içindeki elektronları bağlı buldukları yerlerden koparabilirler. Yerlerinden kopan bu elektronlar, yapıda bulunan tuzaklar tarafından tutulurlar. Bunlara, “tuzaklanmış elektronlar” denir ve sayıları maddenin en son ısıtıldığı andan başlayarak geçen süre ile doğru orantılıdır. Tuzaklanan elektronların sayısı iki yöntem ile saptanır:

#### **Termolüminesans Yöntemi (TL):**

Termolüminesans (TL) yöntemi ile tarihlendirme yapılabileceği ilk kez 1953 yılında Farrington Daniels ve meslektaşları tarafından öne sürülmüş ve yaklaşık yedi yıl sonra elde edilen ilk sonuçlar ise, umut verici olmuştur. Daha sonra yöntem hızlı bir gelişim göstererek 1965'ten itibaren yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

TL, jeolojik kaynaklı lavlara, meteoritlere, volkanik tüf ve camlara, çakmaktaşına doğal kalsitlere ve daha başka maddelere uygulanabilmekte ve arkeolojideki kadar başarılı olmamakla beraber, yararlı bilgiler elde edilebilmektedir. Ayrıca, son yıllarda TL ile obsidiyen kaynak analizi yapılabilmektedir.

## **Termolüminesansın Ana Prensipleri:**

Yalıtkan ve yarı iletken maddeler, içlerinde ve çevrelerinde bulunan U, Th ve radyoaktif potasyum gibi radyoaktif elementlerin saldığı  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  ışınları gibi radyasyonlardan enerji soğururlar ve bu enerjinin bir kısmını kristal yapılarında depo ederler. Enerji depolanması kısaca řu şekilde olur: Madde içinden geöen radyasyon, yolu üzerindeki birçok atomla öarpışır. Bu sırada atomlardan elektronlar koparak enerji kazanırlar ve atomlardaki enerji düzeylerinden daha yüksek düzeylere öıkarlar. Bu elektronların az bir kısmı burada, maddenin kristal yapısında öeşitli nedenlerle oluşan ve “tuzak” denilen yerlere bağlanırken, büyük çoğunluğu kazandığı enerjiyi öok kısa bir sürede kaybederek tekrar düşük enerji düzeylerine dönerler. Tuzağa bağlanan elektronlara “tuzaklanan elektronlar” veya “tuzağa yakalanan elektronlar” denir. Bu elektronlar, radyasyondan aldıkları enerjinin büyük bir kısmını vermediklerinden maddede enerji depolamış olurlar.

Elektronları tuzaklardan kurtarmanın yollarından biri maddeyi ısıtmaktır. Bu yolla tuzaklardan kurtarılan elektronlar birer ışık taneciği (foton) salarak düşük enerji düzeylerine dönerler. Maddede depolanan radyasyon enerjisi de böylece ışık enerjisi olarak geri verilmiş olur. Bu olaya, maddenin ısıtılmakla ışıma yapması anlamına gelen “termolüminesans” denir.

## **Tarihleme Yöntemi:**

Maddeden öıkan foton sayısı veya ışık miktarı tuzaklanan elektron sayısına ve o da soğurulan radyasyon miktarına bağlıdır. O halde soğurulan radyasyon arttıöa, öıkan ışık miktarı da artacaktır. Yani öıkan ışık miktarı soğurulan radyasyonun bir ölçüsüdür. Bu ölçünün doğruluk derecesi tuzaklanan elektronların hangi oranda kendiliğinden tuzaklardan kaöabildiğine bağlıdır. Kaöma oranı yüksek ise ölçtüğümüz TL soğurulan radyasyonu tam

olarak yansıtmaz. Bunun için, tarihleme ölçmelerinden önce ışıma eğrisi üzerinde yapılacak işlemler vardır. Bunların sonucunda ışıma eğrisinin hangi bölgesinin tarihlemeye kullanılacağına karar verilir.

TL ile tarihleme yöntemi iki kemiyetin saptanmasını gerektirir. Bunlardan biri, incelenen örneğin tarihi boyunca doğal çevresinde soğurduğu toplam radyasyon miktarıdır (doğal doz). “Doğal doz”, maddenin 500 °C veya daha yüksek bir sıcaklığa kadar, en son ısındığı tarihten bu yana soğurulan toplam radyasyon miktarıdır.

Tarihleme için saptanacak ikinci kemiyet ise, bir yılda soğurulan doz miktarıdır. Yıllık dozun örneğin bulunduğu çevrede tarih boyunca değişmediği kabul edilir.

### **Doğal Dozun Bulunması:**

Doğal dozun bulunması için eşit ağırlıkta yeterli sayıda örnek hazırlanır. Bunlardan bir tanesinin, herhangi bir radyasyonu tutulmadan ışıma eğrisi ölçülür. Bu eğriye “doğal ışıma eğrisi” denir. Doğal ışıma eğrisinde sadece yüksek sıcaklıklarda bir ışıma gözlenir. Hazırlanan diğer örneklerde değişik miktarlarda laboratuvar dozu verildikten sonra ışıma eğrileri ölçülür. Buna “yapay ışıma eğrisi” adı verilir. Bu eğrilerde hem yüksek hem de düşük sıcaklıktaki tepeler görülür. Doğal ışıma eğrisinde görülen tepelerden zamanla bozulmamış olanları plato testi ile saptanır. Daha sonra, doğal ve yapay ışıma eğrilerinde bu tepelerin altında kalan alanlar saptanır. Verilen radyasyon dozuna karşı bu alanlar çizilerek “kalibrasyon eğrisi” elde edilir.

### **Yıllık Dozun Bulunması:**

Yıllık doz iki ana bileşenden oluşur. Bunlardan biri maddenin kendi içinde eser miktarda bulunan  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  elementlerinden kaynaklanan “iç doz”; diğeri ise, maddenin çevresindeki toprakta bulunan yine aynı elementler ve bir de kozmik ışınlardan kaynaklanan “dış doz”dur. İç doz maddenin içindeki  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  oranlarının çeşitli analizlerle saptanmasından ve bunların saldığı  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ’ların görelî etkilerinin bulunmasından elde edilir. Dış doz ise, yine çevre toprağının analizinden  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  oranlarının saptanması ve bunlardan salınan radyasyonların katkılarının hesaplanması yolu ile bulunabileceği gibi, çevreye  $\gamma$  radyasyonuna duyarlı dozimetreler yerleştirerek ve bunların belli bir süre gömölü kaldıktan sonra verdiği TL ölçülerek kalibrasyon eğrilerinden de bulunabilir. Dozimetrelerin sadece  $\gamma$ ’lara duyarlı olması yeterlidir. Çünkü çevrede meydana gelen  $\alpha$  ve  $\beta$ ’ların menzilleri kısadır. Dolayısıyla örneğe etkileri ihmal edilebilir. Kozmik ışınların katkısı ise yılda 15-18 rad mertebesinde olup, yıllık doza katkısı oldukça azdır. İç ve dış dozların toplanması ve yıllık dozun hesaplanmasından sonra maddenin yaşı;

Doğal doz (rad)

Yaş (yıl) = -----

Yıllık doz (rad / yıl) formülünden elde edilir.

Dersimizde ayrıca OSL yöntemine ait prensipler de detaylarıyla incelenecektir.