

ARKEOLOJİK KALINTILARIN YAŞI NASIL BELİRLENİYOR?

Ay Melek ÖZER*

Arkeolojik kazılarda bulunan bir kültürün tanımlanabilmesi ve tanımlanabilmesi için kültürü oluşturan toplulukların kullandıkları ve yararlandıkları her türlü maddesel kalıntıların toplanarak değerlendirilmesi gerekir. Değerlendirmelerde önceleri yalnız arkeolojik yöntemler kullanılmaktaydı. Daha sonraları fen ve doğa bilimi yöntemleri ve çağımızın son bilimsel ve teknolojik olanakları arkeolojide yaygın şekilde kullanılır hale gelmiştir. Veriler, kimi zaman metal kalıntıların veya seramiklerin kimyasal analiz sonuçları, kimi zaman ise seramiklerin kil mineralojisi gibi bilgiler olmuştur. Daha sonraları bu ilişki gelişmiş ve arkeolojik kazılar pek çok farklı disiplinlerden araştırmacılar için ortak çalışma alanı haline gelmiştir. Bu alanda yapılan araştırmaların oluşturduğu disipline Arkeometri denilmektedir (Arkeometri sözcüğü "arkeoloji" ile ölçme veya ölçü sistemi anlamına gelen "metrik" sözcüklerinin birleşmesinden türetilmiştir). Arkeometrinin amacı arkeoloji ile ilgili fen ve doğa bilimlerine dayalı sayısal sonuçlar bulmaktır.

Bugün başta Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Fransa, Almanya ve Hollanda olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde, arkeometrik çalışmalar geniş çapta yapılmaktadır. Ülkemizde bu konuda ilk olarak Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Fizik ve Kimya bölümleri ile İstanbul Üniversitesi Arkeoloji bölümünden konu ile ilgili bir grup araştırmacı, 1980 yılında bir araya gelerek TÜBİTAK ve ODTÜ tarafından desteklenen Arkeometri Araştırma Ünitesini kurmuşlardır. Başka katılımlarla genişleyerek Türkiye düzeyine yayılan bu grup, çalışmalarını halen sürdürmektedir. Diğer yandan ODTÜ'de bu ünite içinde faaliyet gösteren araştırmacıların girişimleri ile 1990 yılında ODTÜ Fen Bilimleri Arkeometri Anabilim Dalı kurularak Arkeometri Yüksek Lisans Programı başlatılmıştır.

Arkeometrinin kapsamına giren önemli konuların arasında kazı yerlerinin belirlenmesi, buralardan elde edilen kalıntıların tarihlendirilmesi, kaynak materyallerinin saptanması ve yapılaşma tekniğinin anlaşılması, biyo-kültürel ilişkilerin ortaya çıkarılması ve bir kronolojinin gerçekleştirilmesi gibi çalışmaları sayabiliriz. Bu yazıda sadece tarihlendirme yöntemlerine kısaca değinilecektir. Her bir tarihlendirme yön-

temi ile arkeometrinin içeriğine giren diğer konular, daha sonraki yazılarda, ilgili araştırmacılar tarafından ayrıntılı bir şekilde verilecektir.

ARKEOLOJİDE TARİHLENDİRME YÖNTEMLERİ

Arkeolojide kullanılan tarihlendirme yöntemleri radyoaktif olanlar ve radyoaktif olmayanlar diye kabaca iki gruba ayrılır. Bunları sırasıyla kısaca şöyle açıklayabiliriz:

RADYOAKTİF YÖNTEMLER

Doğada bazı elementlerin çekirdekleri kararsızdır. Bu kararsız çekirdekler kendiliğinden bölünerek (Fizyon) değişik enerjilere sahip alfa, beta gibi parçacıklar ve gamma diye adlandırılan elektromanyetik ışın yayarlar. Bu olaya radyoaktivite, bu özelliği gösteren elementlere ise radyoaktif elementler denir. Bu elementler belirli yarılanma süreleri (başlangıç miktarlarının yarıya inmesi için geçen zaman) ile karakterize edilirler. Radyoaktif elementlerin sözünü ettiğimiz bu özelliğine dayanan tarihlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemleri iki gruba ayırabiliriz.

I- Radyoaktif Maddelerin Miktarının Zamanla Değişmesine Dayanan Yöntemler:

Radyoaktif elementin yarılanma süresi ve radyoaktif parçalanma başladığı zamanki radyoaktif madde miktarı biliniyorsa, parçalanmanın başlamasından elde edilen miktarın ölçüldüğü zamana kadar geçen süre saptanabilir. Doğada pek çok radyoaktif element vardır. Ancak bunlardan bazıları arkeolojide tarihlendirme yöntemlerinde kullanılır. Bu yöntemlerin bazıları şunlardır:

1. Radyokarbon (C-14) Yöntemi :

Radyokarbon terimi, karbonun kararsız olan 14 kütle numaralı izotopu için kullanılır. Yarılanma süresi 5730 yıldır. Uzaydan dünya atmosferine gelen kozmik ışınların yarattığı nötronların azot atomları ile etkileşmesi sonucu sürekli olarak C-14 izotopları meydana gelir. Fakat C-14 izotopları bir yandan oluşurken diğer yandan da radyoaktif bozunma yasasına göre bozunur. Bu olaylar milyonlarca yıldır sürdüğünden atmosferdeki C-14'ün oluşma ve bozunma hızları dengelenmiştir. Herhangi bir canlı ölüncüye kadar bünyesinde yaklaşık atmosferdekine eşit

* Prof. Dr., ODTÜ Arkeometri Anabilim Dalı ve TÜBİTAK-ODTÜ AKSAY Ünitesi Başkanı.



Şekil 1 (a). Bolkardağı (Niğde) Sulucadere antik maden galerisinde bulunan ağaç madenci küreği (Kaptan, 1989).



Şekil 1 (b). Madenci küreğinin karaçam ağacı gövdesinden alınan bir kütük parçasından oyularak yapılaş şekli.

oranda C-14 içerir. Ölüm anından itibaren canlılık çevresiyle karbon alış verişi kesilir. Yapısındaki C-14 bozunmasına devam eder ve C-14 miktarı azalır. Canlı kalıntısının C-14 miktarı ölçülerek normal radyoaktif bozunma yasası aracılığı ile canlılığın öldüğü tarih bulunur.

Bu yöntemle bulunabilecek yaş yaklaşık 50000 yıla sınırlıdır. Şekil 1'de bu yöntemle tarihlenen ağaç madenci küreği görülmektedir. Bu kürek C-14 yöntemiyle M.S. 836 \pm 70 yılına tarihlendirilmiştir.

2. Potasyum/Argon (K/Ar) Oranı Yöntemi

Potasyum (K) yer kabuğunda en bol bulunan elementlerden biridir ve sayısız mineral oluşturur. Üç doğal izotopu vardır. Bunlardan K-40 radyoaktiftir. Potasyum —40 parçalanarak Kalsiyum (Ca) veya Argon (Ar) elementine dönüşür. Argon gaz halindedir ve Kalsiyuma göre doğada çok az bulunur. Bu bozunma tarihleme için kullanılabilir. Volkanik kayalarda radyoaktif bozunma ile biriken Ar gazı ve kayadaki mevcut toplam K-40 miktarı ölçülerek kayanın son soğumasından beri geçen zaman, diğer bir deyişle, volkanik kayacın son patlama tarihi belirlenebilir. Bu yöntemle 100000 yıldan daha yaşlı volkanik kayalar tarihlenebilir.

3. Fizyon İzleri Yöntemi

Doğadaki maddelerin çoğunda az miktarda Uranyum (U) bulunmaktadır. Uranyum —238 izotopunun kendiliğinden bölünmeye uğraması sırasında meydana gelen yüksek enerjili parçacıklar, kristal yapı maddelerde ve camlarda duruncaya kadar izledikleri yol boyunca hasar oluştururlar. Bu bozuk yapı bölgeye "fizyon izi" denir. Bu izler mikroskop altında sayılabilir. İzlerin yoğunluğu maddenin yaşına ve bulundurduğu U miktarına bağlıdır. Bu yöntem ile yaşları 20 yıl ile bir milyar yıl arasında değişen maddeler tarihlendirilebilir. Şekil 2'de Çayönü (Ergani-Diyarbakır) tepesinden alınan obsidiyenle-

rin (volkanik cam) konik fizyon izleri görülmektedir. Bu obsidiyenlerin yaşları yaklaşık 9-25 milyon yıl olarak saptanmıştır.

II- Radyoaktiviteden Dolayı Çıkan Enerjinin Madde İçinde Biriktirilmesine Dayanan Yöntemler

Bazı maddelerin içinde ve çevresinde bulunan U, thoryum (Th), K gibi radyoaktif elementlerin bozunmaları sırasında 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. Bu yöntemler şunlardır:

1. Termoluminesans (TL) Yöntemi

Bu yöntemde, tarihlenecek madde ısıtılarak elektronların tuzaklardan çıkması sağlanır. Elektronlar tu-



Şekil 2. Çayönü obsidiyenlerinde mikroskop altında gözlenen konik fizyon izleri.

zaklardan ayrılırken ışımaya yaparlar. Bu ışımaya ölçülerek tuzaklanan elektronların sayısı bulunur. Şekil 3'te Gediz Kiyısında, Demirköprü barajı civarında bulunan ayak izlerinden bir örnek görülüyor. Bu ayak izinin yaşı TL yöntemiyle 26000 ± 5000 yıl olarak hesaplanmıştır.

2. Elektron Spin Rezonans (ESR) Yöntemi

Bu yöntemde ise tarihlenecek maddeye manyetik alan uygulanır. Tuzaklardaki elektronların tuzakları terk etmeden buldukları yerde manyetik alana karşı tepkileri ölçülerek sayıları bulunur.

Her iki yöntemle de bir milyon yıla kadar olan yaşlar saptanabilir.

Radyoaktif tarihlendirme yöntemlerinin tümü mutlak tarih verirler.

RADYOAKTİF OLMAYAN YÖNTEMLER

Sürekli veya ritmik değişimler zamana bağlı olduğu için tarihlendirmede kullanılabilirler. Bunları iki grupta incelemek mümkündür.

I- Sürekli Doğal ve Kimyasal Değişimlere Dayanan Yöntemler

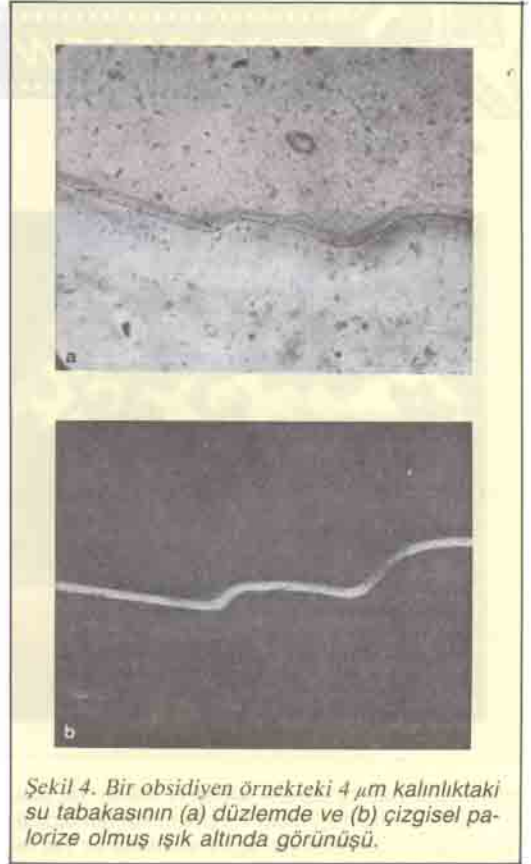
Bunlardan birkaçını sıralayabiliriz.

1. Manyetik Tarihlendirme Yöntemi

Demir ve demir-titanyum oksitleri içeren killerden yapılmış eşyalar pişirildikten sonra soğumaya



Şekil 3. Gediz Kiyısında, Demirköprü barajı civarında bulunan ayak izlerinden bir örnek.



Şekil 4. Bir obsidiyen örnekteki $4 \mu\text{m}$ kalınlıktaki su tabakasının (a) düzlemde ve (b) çizgisel polarize olmuş ışık altında görünüşü.

terkedildiklerinde o tarihte yapıldıkları yerde var olan yer manyetik alanı yönünde kalıcı bir mıknatıslanma kazanırlar. Buna Işıl Kalıcı Mıknatıslanma (IKM) adı verilir. Yaşı bilinmeyen arkeolojik kalıntının sahip olduğu bu IKM'nin şiddeti ve yönü laboratuvar ölçmeleri ile saptanır. O yörenin veya çevresinin yaşı bilinen arkeolojik bulgularından yararlanarak hazırlanmış kalibrasyon eğrileri ile karşılaştırılarak kalıntının yaşı belirlenir.

2. Rasemizasyon

Canlı kemiğin yapısında bulunan amino asitler optikçe aktif olup, polarize ışığın düzlemini sola çevirirler. Canlı öldükten sonra, o bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak bu amino asitler ışığı sağa çeviren şekle dönüşmeye başlar. Bu olay sağa çeviren amino asit miktarı sola çeviren amino asit miktarına eşit oluncaya kadar devam eder. Örnekteki iki çeşit amino asit miktarları ölçülür ve dönüşüm hızı da kullanılarak kemiğin yaşı hesaplanabilir. Ancak mutlak yaş tayini için yaşı bilinen kemikler kullanılarak o bölge için çizilmiş bir kalibrasyon eğrisine gerek vardır.

3. Florin (F) - U - Azot (N), FUN Yöntemi

Kemiğin yapısında fosfat içeren mineraller vardır. Canlı öldükten sonra gömülü olduğu yerdeki yer altı sularında bulunan U ve F bu fosfat içeren mineraller içinde birikir. Diğer taraftan kemikteki prote-



HAZ.: CEVDET ÇAĞAN

FOTOĞRAFIN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ



Geçen sayıda yayınladığımız alttaki fotoğraf, 40 milyon yıllık mazisi olduğu tahmin edilen *Coprinaceae* ailesine ait bir mantar türüdür. Mantarın bunca yıl nasıl korunduğuna ilişkin bilimsel açıklama şöyle: Ağaç kökünden sızan reçine söz konusu mantarı içine almış. Reçinenin daha sonra taşlaşıp kehribara dönüşmesiyle, mantarın günümüze kadar gelmesini sağlayan bir koruyucu oluşturmuştur.

Bu sayıda da yandaki fotoğrafı ilginize sunuyoruz.



inlerin azalmasına paralel olarak N miktarı da azalır. Kemik örneğin içindeki F ve N miktarları ölçülerek ve gerekli kalibrasyon eğrisi kullanılarak yaş tayini yapılabilir.

4. Obsidiyen Hidrasyonu

Obsidiyenin volkanik cam olduğunu daha önce belirttik. Obsidiyen işlenmek üzere yontulduğunda açılan yüzey hemen su almaya (hidrasyon) başlar ve yüzeyde çok ince bir su içeren tabaka oluşur. Daha sonra bu tabaka sabit bir hızla içeriye doğru kalınlaşır. Bu tabaka polarize bir mikroskopla gözlenir ve kalınlığı ölçülür. Tabakanın ilerleme hızı ve kalınlığı ile yüzeyin ilk açıldığı tarih arasında bir ilişki olduğundan bu tabaka ile tarihlendirme yapılabilir. Şekil 4'te bir obsidiyen örneğinde 4 mikron kalınlığında oluşan bir su tabakası görülmektedir (Trembour ve Friedman, 1984).

5. Camdaki Yüzey Tabakaları Sayma Yöntemi

İnsan yapısı camlar toprakta gömülü oldukları sürece yüzeyleri kimyasal değişime uğrar. Alkali elementler (K, sodyum (Na) vs.) su ile yer değiştirerek yarı saydam yüzey tabakaları oluşturur. Her tabakanın mevsimsel çevre sıcaklığı değişimlerinin veya ortamdaki suyun etkisi ile bir senede oluştuğu sanılmaktadır. Böylece tabakaların mikroskop altında sayılması ile insan yapısı camların tarihlendirilmesi mümkündür.

II- Doğal Ritmik Olaylara Dayanan Yöntemler

Yıllık doğal ritmik olaylara örnek olarak, ağaç hal-

kalarını ve göl yataklarında oluşan yıllık birikim tabakalarını (varve) verebiliriz.

1. Ağaç Halkası Sayımı (Dendrokronoloji) İle Tarihlendirme Yöntemi

Bir ağaçta, mevsimsel değişimler sonunda farklı yapıda ağaç halkaları oluşur. Ağaç halkalarının kabuktan öze (ağacın merkezine) kadar sayılmasıyla, ağaçların mutlak yaşları tayin edilebilir. Bu halkaların kalınlık değişimleri yardımıyla günümüzden başlayarak eskilere giden bir kalınlık değişimi eğrisi çizilir. Yaşı bulunacak bir örneğin halka kalınlık değişimi ile bu eğri karşılaştırılarak yaş tayini yapılır. Aynı zamanda halkaların genişliğinden yararlanarak geçmiş yıllardaki iklim hakkında bilgi edinmekte mümkün olmaktadır. Bu yöntem kullanılarak C-14 tarihlerinin düzeltilmesi yapılmaktadır.

2. Varve Kronolojisi

Buzulların çözülmesi ile göl yataklarında oluşan çökelti tabakalarının (varve) sayımı ile yapılan mutlak tarihlendirme yöntemidir. Bu yöntem, ağaç halkası sayımı yöntemiyle benzerlik gösterir. Aynı zamanda tabakaların genişliği, ağaç halkalarında olduğu gibi, geçmişteki iklim değişimleri hakkında bilgi verir.

Buraya kadar gördüğümüz tarihlendirme yöntemlerine buzul (pleistocene) ve buzul sonrası (post-glacial) devirler için önemli olan bitki örtüsü (flora) ve hayvan (fauna) kalıntıları yardımı ile yapılan tarihlendirme yöntemini de ekleyebiliriz.