

Iz element ve kurşun izotop analizleriyle arkeolojik metal parçalarının değerlendirilmesi ve jeolojinin katkısı

Tuncay ERCAN Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi, Ankara.

GİRİŞ

Her maden cevherleşmesinde doğal olarak bulunan ve antik çağlardaki metal izabe ve eritme çalışmalarında kaybolmayan iz (trace) elementler, bugün bu cevherin hangi eski maden yatağından çıkarıldığını saptamada son derece yararlı olmaktadır. Tarihsel değeri olan ok ve mızrak uçları, kılıçlar, eski madeni paralar vb. çeşitli metalik buluntulardan, araştırmacılar tarafından örnekler alınarak bunların iz element içerikleri araştırılmakta; o bölgedeki eski maden ocaklarındaki cevherlerden toplanan örneklerdeki iz element kapsamı da saptanarak karşılaştırılmakta ve sonuçta arkeolojik buluntunun hangi ocaktan alınan cevherden yapıldığı belirlenmektedir. Metalik buluntularda ve cevherlerdeki iz element saptaması, genellikle termal nötron aktivasyon analizi (NAA) ve atomik soğurma spektrometresi (AAS) yöntemleriyle yapılmaktadır. Saptanan iz elementler Au - Ag - Co - Cr - Ni - Se - Te - As - Cd - Mn - Cu - Bi - Zn - Sb - S vb. türde iz elementlerdir. Genellikle antik çağlarda altın ve gümüşten yapılan madeni paralarda, uygulanan kimyasal analiz yöntemlerine ilişkin pek çok araştırma bulunmaktadır [1, 2, 3].

Madeni arkeolojik buluntularda, iz element analizlerinin yanı sıra kurşun izotop analizleri de yapılmaktadır. Bu analizler altın, gümüş, bronz paralara, süs eşyalarına, heykellere, savaş araçlarına vb. türdeki gereçlere uygulanmaktadır. Tüm bu gereçler çok az miktarda kurşun içerirler. Günümüzde, ayrıntılı çalışmalarla bir mikrogram kurşunun bile izotop analizi yapılabilmektedir [4]. Kurşunun dört izotopundan üçü yörelere göre farklılık gösterirler. Zira bunlar radyoaktif bozunma ürünleridir. Dünya yüzeyindeki kurşun iki kaynaktan meydana gelmektedir. Bunlardan ilki, dünyanın oluşması sırasında meydana gelen ^{204}Pb izotopudur. Diğer üç kurşun izotopu ise ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb olup, uranyum ve toryum izotoplarının radyoaktif bozunmalarından meydana gelirler. Buna göre, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları, çevrelerinde önemli oranda uranyum ve toryum varsa artacaktır [5]. Belli bir bölgede oluşan cevherlerdeki kurşun izotop oranı değişmez. Böylece, kurşun içeren gümüş vb. metal eserlerin kurşun izotop oranlarıyla, bölgedeki maden cevherinin kurşun izotop oranı eş olursa o eski eserin, bölgedeki o cevherden alınarak yapılmış olduğu belirlenebilmektedir. Özellikle eski gümüş paralardaki kurşun izotop oranları ölçümleri, kütle spektrometresiyle yapılmaktadır. Bu izotop oranlarının arkeolojide kullanılışı, özellikle yirmi yıl önce ortaya çıkarılmıştır [6, 7]. En önemli sorun, kurşunun herhangi bir bulaşıklığa uğ-

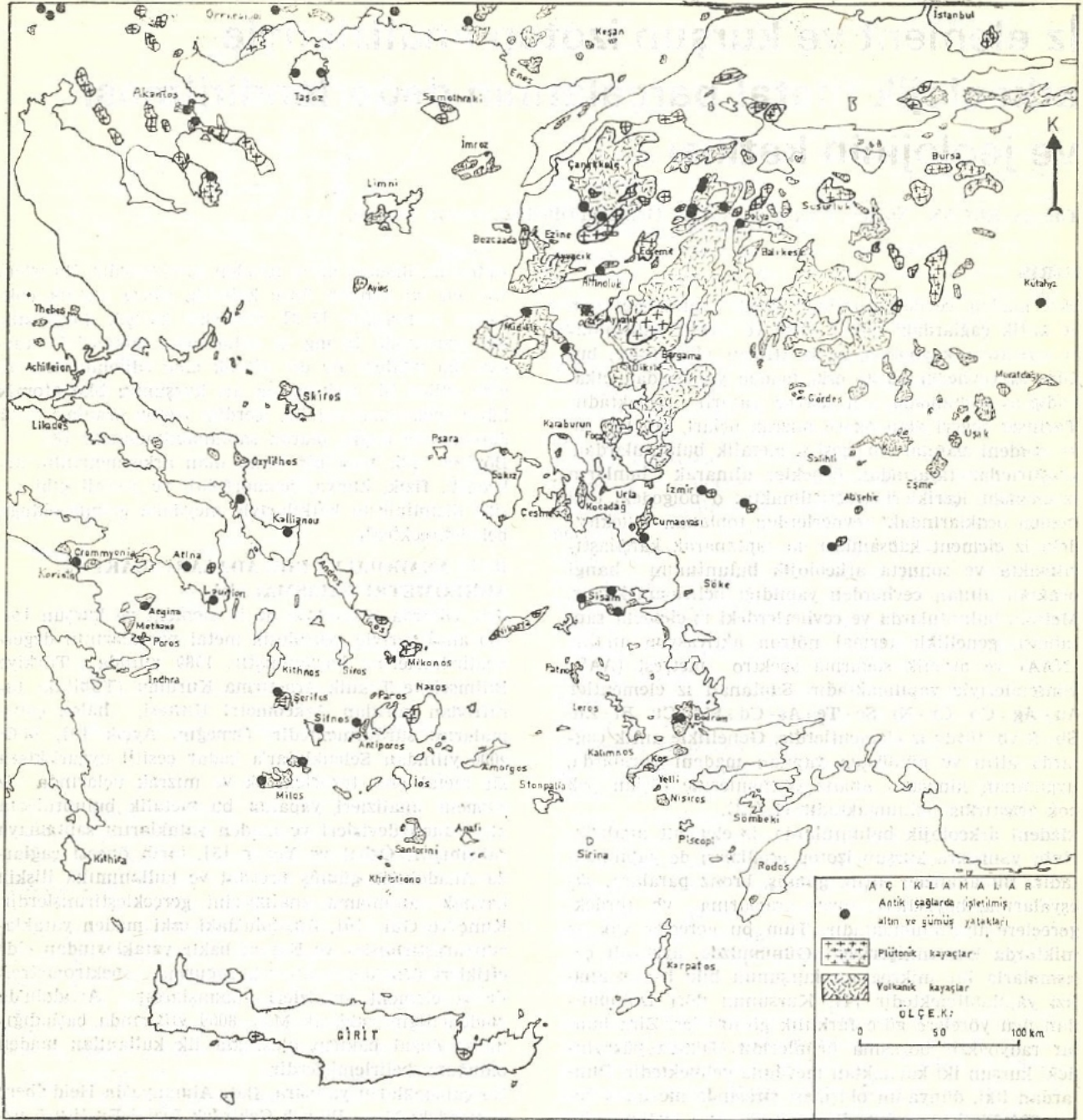
ramadan, madeni gereç içinden ayrılmasıdır. Bu işlem için en iyi yöntem önce katodik, sonra anodik çöktürme yöntemidir [5, 8]. Özellikle karışık doğal silikat ortamında 10 mg ve daha fazla miktardaki kurşun, bu yöntem ile arı olarak elde edilebilmekte ve elde edilen bir mikrogram arı kurşunun bile atomik kütle spektrometresi ile, içerdiği izotop oranları %0.1 derecesinde doğru olarak saptanabilmektedir [8].

Böylece, çok yeni bir bilim olan arkeometrinin, arkeoloji, fizik, kimya, jeomorfoloji ve jeoloji gibi çeşitli disiplinlerin katkılarıyla meydana gelmiş olduğu belirlenmektedir.

BATI ANADOLU VE EGE ADALARINDAKİ ARKEOMETRİ ÇALIŞMALARI

Son yıllarda ülkemizde de iz element ve kurşun izotop analizleriyle arkeolojik metal parçalarının değerlendirilmelerine başlanmıştır. 1980 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (Tübitak) tarafından kurulan Arkeometri Ünitesi, halen çalışmalarını sürdürmektedir. Örneğin, Aycık [9], M.Ö. 2000 yılından Selçuklular'a kadar çeşitli uygarlıklara ait metal çivi, tekerlek, ok ve mızrak uçlarında iz element analizleri yaparak bu metalik buluntularına ait olduğu devirleri ve maden yataklarını saptamaya çalışmıştır. Özbal ve Yener [5], tarih öncesi çağlarda Anadolu'da gümüş üretimi ve kullanımına ilişkin kaynak tanımlama analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Kuşç ve Gül [10], Anadolu'daki eski maden yataklarını araştırmışlar ve Ergani bakır yataklarından elde ettikleri örneklerde atomik soğurma spektrometresi ile iz element analizleri yapmışlardır. Anadolu'da madencilik yaklaşık M.Ö. 8000 yıllarında başladığını ve doğal bakırın olasılıkla ilk kullanılan maden olduğunu belirlemişlerdir.

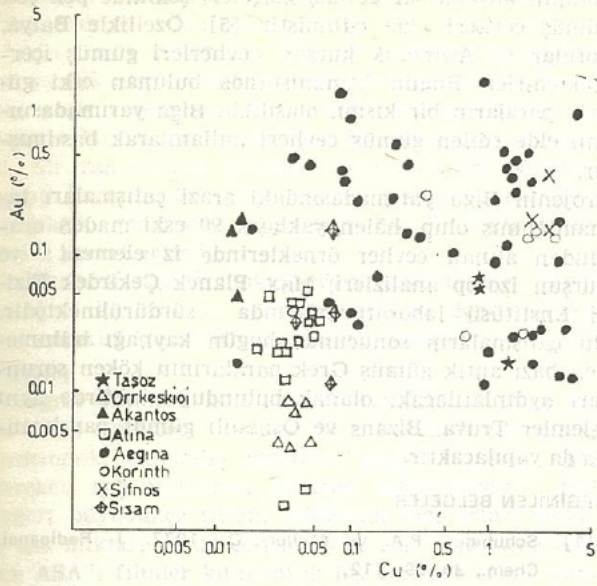
Bu çalışmaların yanısıra, Batı Almanya'da Heidelberg kentindeki Max - Planck Çekirdek Fiziği Enstitüsü uzmanlarından Prof. Dr. Günther Wagner yönetiminde bir ekip, 1983 yılının Ağustos - Eylül aylarında Batı Anadolu'da Biga yarımadasında arkeometri araştırmaları yapmışlar ve böylece ülkemizde de bu tür çalışmalar giderek gelişmeye başlamıştır. Batı Anadolu arkeometrik araştırmalar projesi, Batı Almanya Max - Planck Çekirdek Fiziği Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü ve Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından ortak olarak oluşturulmuştur. Projenin amacı, eski altın ve gümüş paraların izotopik bileşimlerinden hareketle, bu paraların kökeni olan altın ve gümüş madenlerinin hangi yöredeki maden ocaklarından alındığını saptamaktır. İlk bakışta geçmişe yönelik gibi görülen bu araştırmalar, bazı yörelerde, örneğin Sakız adasında



Şekil 1 - Batı Anadolu, Ege Adaları ve Yunanistandaki magmatizma ve eski altın - gümüş yatakları.

çoktan unutulmuş bazı altın ve gümüş yataklarının yeniden ele alınmalarına önayak olmuştur. Prof. Wagner ve ekibi, bu konuda uzun yıllardanberi çalışmakta olup, Ege adalarında ve Yunanistan'da eski altın ve gümüş cevherleşmelerini incelemiş ve antik altın ve gümüş Grek paralarının kaynak cevherlerini saptamışlardır. Şekil 1'de Batı Anadolu, Ege adaları ve Yunanistan'daki eski olasılı altın ve gümüş yatakları görülmektedir. Bölgedeki tüm metalik maden yatakları, magmatik kayalara bağlı olarak meydana geldiklerinden, tüm magmatik kayaç yüzlekleri de haritaya işlenmişlerdir.

Prof. Wagner ve ekibi, Yunanistan ve Ege adalarındaki tüm arazi çalışmalarını tamamlamış olup halen labortuar çalışmalarını sürdürmektedirler. Şekil 2 ve 3 te antik çağlarda Ege bölgesinde çeşitli yerlerde basılan gümüş Grek paralarının altın ve bakır içerikleri ile kurşun izotop oranları sunulmaktadır. Prof. Wagner ve ekibi, elde ettikleri antik gümüş Grek paralarının altın ve bakır içerikleri ile kurşun izotop oranlarını saptamışlar ve çeşitli bölgelerdeki eski maden ocaklarından aldıkları gümüş cevherlerinde de aynı işlemleri yaparak, bu paraların Taşoz, Orrkeskioi, Akantos, Atina, Aegina, Korinth, Sifnos ve Si-

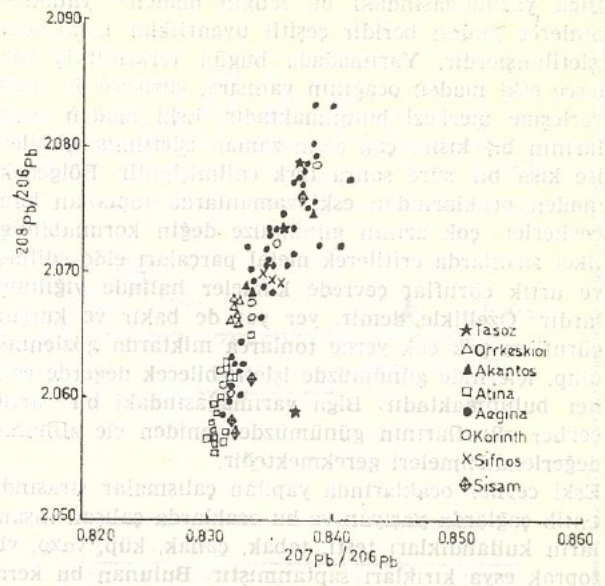


Şekil 2 - Ege bölgesinde antik çağlarda çeşitli yataklardan alınan cevherlerden basılan gümüş paraların altın ve bakır içerikleri (Wagner ve Pernicka [11]'dan değiştirilerek).

sam'dan çıkarılan cevherlerden basıldıklarını saptamışlardır. Ancak, cevher kaynağı bulunamıyan bazı antik gümüş Grek paraları da vardır ve bunlar olasılıkla Batı Anadolu'daki eski cevher ocaklarından çıkarılan madenlerden basılmışlardır. Çalışmaların sonunda bu kaynak cevher yatakları da saptanmış olacaktır. Proje ilk aşamada Biga yarımadasındaki çalışmaları tamamlamış olup önümüzdeki yıllarda GB Anadolu'da çalışmalarını sürdürecektir.

BİGA YARIMADASINDAKİ CEVHER YATAKLARI VE ARKEOMETRİ ÇALIŞMALARI

Biga yarımadası, ülkemizin Zn - Pb - Cu - Sb - Hg - Au gibi metalik madenler bakımından en önemli bölgelerinden biridir. Ayrıca bölgede, W - Mo - Fe - Mn gibi madenler de yaygındır. Biga yarımadasındaki cevherleşmeler magmatizmaya bağlı olup, bölgenin tektoniği ve jeolojik yapısıyla da yakından ilgilidir. Magmatik kayalar Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer'de farklı evrelerde oluşmuşlardır ve bunların cevher ürünleri de farklı yaş ve niteliklerde olarak kimi yerlerde yan yana bulunabilmektedirler. Bölgede salt Cu - Pb - Zn bakımından en az 15-20 milyon tonluk bir rezervin varlığı düşünülmektedir. Ancak, bu cevher potansiyeli dar bir kesimde birikmiş olmayıp, geniş bir alana serpilmiş durumdadır ve zuhurların tek başlarına rezervleri 50 ile 500 bin ton düzeyinde kalmaktadır [12]. Biga yarımadasındaki volkanik kayalar Ercan ve Günay [13] tarafından, plütonik kayalar ise Ercan ve Türkcan tarafından [14] ayrıntılı olarak betimlenmişlerdir. Bölgede Karabiga, Şevketiye, Çavuşlu, Katrandag, Kuşçayır, Tuzla, Kapıdağ, Marmara, Ilıca - Şamlı, Çataldağ, Kozak vb. asidik plütonları ile ilişkili pnömatolitik - kontakt metasomatik türde kalkopirit, şe-



Şekil 3 - Ege bölgesinde antik çağlarda çeşitli yataklardan alınan cevherlerden basılan gümüş paraların kurşun izotop oranları (Wagner ve Pernicka [11]'dan değiştirilerek).

lit ve molibden cevherleşmeleriyle (Kalabakköyü, Biçkidere - Tangurlu), bunlara komşu olan manyetit (Ayazmant, Karabiga) yatakları, ve ayrıca hidrotermal - hidrometasomatik tipte Cu - Pb - Zn (Handeresi - Bağırkaç) zuhurları görülür. Ayrıca yer yer de plütonların kontakt zonlarında küçük bakırlı demir cevherleşmeleri ve kimi bölgelerde de önemsiz Cu - Pb - Zn damarları bulunmaktadır. Bunların yanısıra, Miyosen yaşlı andezitik - dasitik volkanizmaya bağlı olarak oluşan cevherleşmeler de vardır. Bu volkanitler içinde eksalatif-sinsedimenter Eymir-Kuşçayırı demir yatakları, aynı jenezde Çerkes Bakacağı manganez cevherleşmesi, ayrıca özellikle dasitlerle ilgili olan FeS₂ - CuFeS₂ - Sb₂S₃ - HgS ve uranyum mineralizasyonları ile Pb - Zn - Ba filonları da bulunmaktadır. Bunlardan başka kısmen plütonik, kısmen de subvolkanik nitelikte, esas olarak plütonik kökenli ve en genç oldukları düşünülen altınlı arsenopirit damarları (Madendağ), kontakt metasomatik ve hidrotermal Cu - Pb - Zn zuhurları (Kilise alanı - Danapınar - Mallıköy - Arapuçandere) ve epitermal nitelikte Sb - Hg damarları (Hoduldağ - Daşdibi) yer almaktadır. Ayrıca, subvolkanik tipte kontakt metasomatik - hidrotermal Cu - Pb - Zn - Ag - As zuhurları (Balya), hidrotermal altınlı pirit ve arsenopirit damarları (Kartaldağ), Pb - Zn - Ba damarları (Narlı - Sofular - Doğancılar - Kestanelik), hidrometasomatik - epitermal Hg - Sb zuhurları (İvrindi - Yeniceisagır) bulunmaktadır. Bunların yanısıra metamorfik sistler içinde rastlanan Altınoluk - Akçam demir zuhurları ile manganez zuhurları sedimanter kökenlidirler. Ayrıca mermer ve sistler içinde bulunan Altınoluk - Kuştepe Cu - Pb - Zn mercikleri de sedimanter kökenli olabilirler. Ancak bu sonuncuların asitik plütonizmaya da ilgili olma olasılıkları vardır [12].

Biga yarımadasındaki bu zengin maden yatakları binlerce yıldan beridir çeşitli uygarlıklar tarafından işletilmişlerdir. Yarımada bugün terk edilmiş yüzlerce eski maden ocağının yanı sıra, yüzlerce de antik yerleşme merkezi bulunmaktadır. Eski maden ocaklarının bir kısmı çok uzun zaman işletilmiş, kimileri ise kısa bir süre sonra terk edilmişlerdir. Bölgedeki maden ocaklarından eski zamanlarda toplanan ham cevherler, çok azının günümüze değin korunabildiği ilkel fırınlarda eritilerek metal parçaları elde edilmiş ve artık cürufur çevrede kümeler halinde yığılmışlardır. Özellikle demir, yer yer de bakır ve kurşun cürufur pek çok yerde tonlarca miktarda gözlenmiş olup, içlerinde günümüzde işletilebilecek değerde cevher bulunmaktadır. Biga yarımadasındaki bu artık cevher cürufurunun günümüzde yeniden ele alınarak değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Eski cevher ocaklarında yapılan çalışmalar sırasında antik çağlarda yaşayan ve bu ocaklarda çalışan insanların kullandıkları testi, tabak, çanak, küp, vazo, vb. toprak eşya kırıkları saptanmıştır. Bulunan bu keramik parçalarının, arkeolog Prof. Dr. Clemens Eibner tarafından tanımlamaları yapılmış ve bir kısmının Helenistik devre, kimilerinin Bizans, bir kısmının Roma, bir kısmının Osmanlı ve kimilerinin de Cumhuriyet Türkiyesi dönemine ait oldukları saptanmıştır. Helenistik devir M.Ö. 330 - 30 yılları arasında geçtiğine göre, Biga yarımadasında en azından 2300 yıldan beridir maden işletmeciliği yapıyor demektir. Bulunan keramik parçalarının tanımlamalarına, tarihi Truva kentinde halen arkeolojik kazılar yapan ekibin başkanı Prof. Manfred Korfmann da yardımcı olmuştur.

Çalışmalar sırasında ekonomik önem taşıyan ve bugün unutulmuş eski maden ocakları da saptanmış olup, bunların yeniden ele alınmaları gerekmektedir. Örneğin, Altınoluk kuzeydoğusunda Kızılkeçili köyü yakınlarında eski altın ocakları bulunmuştur. Bunlar çok uzun yıllar önce cevher tükendiğinden terk edilmişlerdir ve günümüzde bilinmedikleri, hiçbir literatürde ve raporda yer almadıkları görülmektedir. Bölgedeki kurşun yataklarının bir kısmı ise gümüş içeriği bakımından zengindir. Eski devirlerde, üstü açık ocaklarda bu kurşun cevherleri kolaylıkla izabe edilmişler ve gümüş-kurşun alaşımları elde etmişlerdir. Hatta kupelasyon yöntemi ile özel potalarda ısıtılarak kurşunun oksidasyonla ayrılmasıyla geride

potanın altında saf gümüş külçeleri şeklinde pek çok gümüş cevheri elde edilmiştir [5]. Özellikle Balya, Sofular ve Altınoluk kurşun cevherleri gümüş içermektedirler. Bugün Yunanistanda bulunan eski gümüş paraların bir kısmı, olasılıkla Biga yarımadasından elde edilen gümüş cevheri kullanılarak basılmıştır.

Projenin Biga yarımadasındaki arazi çalışmaları tamamlanmış olup, halen yaklaşık 90 eski maden ocağından alınan cevher örneklerinde iz element ve kurşun izotop analizleri, Max-Planck Çekirdek Fizik Enstitüsü laboratuvarlarında sürdürülmektedir. Bu çalışmaların sonucunda bugün kaynağı bilinmeyen bazı antik gümüş Grek paralarının köken sorunları aydınlatılacak; olanak bulunduğu taktirde aynı işlemler Truva, Bizans ve Osmanlı gümüş paralarında da yapılacaktır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Schubiger, P.A. ve Müller, O., 1977, J. Radioanal. Chem., 39, 99 - 112.
- [2] Gentner, W., Müller, O., Wagner, G.A. ve Gale, N.H., 1978, Naturwissenschaften, 65, 273 - 284.
- [3] Müller, O. ve Gentner, W., 1978, Archaeophysika, 10, 176 - 193.
- [4] Gale, N.H., 1978, Thera and the ancient world I, (Proceeding of the 2nd. Int. Congress, Santorini, Greece), 529 - 545.
- [5] Özbal, H. ve Yener, K.A., 1983, Tübitak Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri Kitabı, 73 - 83.
- [6] Wampler, J.M. ve Brill, R.H., 1964, Trans. Am. Geophys. Union, 45, 109.
- [7] Grögler, N., Grünenfelder, M. ve Houtermans, F.G., 1966, Z. Für. Naturforschung 21, 1167 - 1172.
- [8] Arden, J.W. ve Gale, N.H., 1974, Analytical Chemistry, 46, 2 - 9.
- [9] Ayçık, G.A., 1983, Tübitak Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri, 63 - 71.
- [10] Kuşç, Ş. ve Gül, Ş., 1983, Tübitak Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri, 85 - 102.
- [11] Wagner, G.A. ve Pernicka, E., 1982, Chemie in Unserer Zeit 16/2, 47 - 56.
- [12] Ovalıoğlu, R., 1972, Madencilik, XII/6, 1 - 22.
- [13] Ercan, T. ve Günay, E., 1983, Jeoloji Müh. Derg. (Baskıda)
- [14] Ercan, T. ve Türkecan, A., 1983, MTA Derg. (Baskıda).

Daha iyi arazi fotoğrafı için

Murat ERENDİL Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara.

Arazi çalışmalarında çekilen resimler, tanımlanan olayların tanıkları olduğu kadar, anlatımı güç ilişkileri de açıkladıklarından oldukça önem taşımaktadır. Hele bir kez daha gidilmesi olanaksız yerlerdeki resimlemelerin önemini bu tür yerlere gidenlerimiz daha iyi bilir. Ancak arazi dönemi sonrası, kimi re-

simlerin şu ya da bu nedenden dolayı işe yarar nitelikte olmadığını görünce üzülsük mi kızsak mı bilemeyiz. Bu bağlamda, çekim tekniği ile ilgili bir kaç noktayı unutmamak, bu tür şanssızlıkları (tabii banyo ve basım dışındakiler!) elden geldiğince azaltmakta yararlı olacaktır.