

ARKEOLOJİ JEOFİZİĞİ

(Archaeogeophysics)

M.Emin CANDANSAYAR*

* Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Modelleme Grubu, Besevler-Ankara.

Arkeoloji, kendi laboratuvarına zarar veren (deneylerini tekrarlayamayan) tek bilim dalıdır (J.W.Weymouth). Jeofizik ise, arkeolojik nesnelere zarar vermeden yerlerini tespit eden tek bilim dalıdır.

1. Giriş

Geleneksel arkeolojik kazı çalışmalarında, belirlenen küçük alanlarda (ör.10x10 metrekare) karelej yaparak, mala ve fırça ile kazı yapılmaktadır. Bu tür çalışmalar, çok büyük insan gücü gerektiren, zaman ve maliyeti yüksek çalışmalardır. Kazı öncesi, kazılacak alanda toprak altındaki yapıların bilinmesi kazının başarısı için büyük önem taşımaktadır. Özellikle, Konya-Çatalhöyük, Çorum-Boğazköy, Gaziantep-Zeugma gibi eski dönemlerde büyük yerleşim yerleri olan alanların, kazı öncesi gömülü nesnelere olabileceği yerlerin kazı öncesi taranması gerekmektedir. Bu tarama işlemi klasik arkeolojik araştırmalarla yapılması olanaksızdır. Ayrıca, birçok nesnenin üzerindeki örtü nedeni ile yerlerinin belirlenebilmesi olanaksızdır. Kazmadan, yeraltındaki nesnelere görüntüsü ancak Jeofizik yöntemlerle belirlenebilir. Arkeolojik kalıntıların aranmasında jeofizik yöntemler 1940' lı yıllardan beri dünya genelinde kullanılmaktadır. Büyük alanların haritalanmasında kullanılan birçok jeofizik yöntem (elektrik, elektromanyetik, manyetik vb. yöntemler) vardır. Örneğin, manyetik gradymetre ölçüleri ile 10.000 m² alan 0.5x0.25 metre grid aralıkları ile bir günde taranabilir.

Arkeologlar, kendi kazı alanlarında yapılan jeofizik çalışmaları "Arkeolojik Uzaktan Algılama(Archaeological Remote Sensing)", "Arkeojeofizik (Archaeogeophysics)" veya "Arkeolo-

jik Aramalar (Archaeological Prospection)" olarak isimlendirmektedirler (Wynn, 1986). Ülkemizde ise daha çok "Arkeojeofizik" terimi kullanılmaktadır. Ülkemizde hangi terimin kullanılması gerektiği konusu, 22-25 Eylül 1999 tarihinde, Odamız İzmir Şubesinin düzenlediği "Arkeoloji ve Jeofizik" çalıştayında, Akademisyen Jeofizik Mühendisleri ve Arkeologlar tarafından tartışılmıştı. "Arkeojeofizik" teriminin "Eski Jeofizik" anlamında yanlış anlaşılmaya neden olacağı, dolayısıyla "Arkeoloji Jeofiziği" teriminin kullanılmasının daha uygun olacağı ortak fikir olarak kabul edilmişti. Ülkemizdeki Jeofizik Mühendislerinin, bu terimi kullanmaya özen göstermesi gerektiği bu çalıştayda vurgulanmıştır.

2. Terminoloji: "Arkeoloji Jeofiziği" yada "Arkeojeofizik"

Bir arkeolojik nesnenin tarihlendirmesi (archaeomagnetic dating) veya kökenini araştırma (isotopic provenance) çalışmaları ile antik dönemdeki ticaretin ve haberleşme konusunda bilgiler edinilmektedir. Bu tip geniş kapsamlı çalışmalar, "Arkeoloji Jeofiziği" kapsamından ayrı tutulmakta ve arkeofizik (archaeophysics) çalışmalar olarak isimlendirilmektedir (Aitken, 1974).

Bir alanda, kurtarma veya koruma önlemleri almak üzere arkeolojik döneme ait nesnelere hızlı bir şekilde belirlenmesi çalışmalarına "Kurtarma Arkeolojisi" (rescue archaeology) denmektedir. Örneğin, Ilısu barajı yapımı tamamlandıktan, Hasankeyf gibi birçok antik şehir ve antik döneme ait kalıntılar sular altında kalacaktır. Bu tip kurtarma arkeolojisi çalışmalarında, Arkeoloji Jeo-

fiziği çalışmaları ile kalıntıların yerleri, boyutları ve yüzeyden derinlikleri hızlı şekilde belirlenir ve kurtarma kazılarının hızlı şekilde yapılması sağlanır. Kurtarma kazıları sırasında Jeofizik çalışma yapılmasının ekonomiyeye büyük katkısı vardır. Örneğin, kömür üretimi yapılan sahalarında (Muğla-Yatağan gibi), bir arkeolojik kalıntının çıkması durumunda, üretim durdurulur ve orada kurtarma kazısı yapılması için beklenir. Bu bekleminin ise işletmeye büyük maliyetleri vardır. Jeofizik çalışmalar, kurtarma kazılarının daha hızlı yapılmasını sağlayacağından, beklemeden kaynaklanacak maddi kaybı büyük oranda düşürecektir. Bu tür çalışmaları, Türkiye Kömür İşletmeleri'ndeki İsmail Ergüder başkanlığındaki jeofizik ekibi yıllardır yapmakta ve kurumuna büyük katkılar sağlamaktadır.

3. Arkeoloji Jeofiziğinde Kullanılan Jeofizik Yöntemler

Arkeoloji jeofiziği uygulamalarında kullanılan jeofizik yöntemler, kullanım sıklığına göre sırasıyla şunlardır:

a- Doğru Akım Özdirenç Yöntemi (DAÖ veya Özdirenç Yöntemi):

Arkeolojik alanlarda en çok tercih edilen ve en başarılı jeofizik yöntemlerdendir. Yöntem, arkeolojik alanlarda ilk kez 1940'lı yıllarda İngiltere'de kullanılmıştır (Atkinson, 1952). Ülkemizde ise bu yöntem 1990'lı yılların başından beri kullanılmaktadır (Başokur,1992; Candansayar

1997,2008; Candansayar ve Başokur, 2002; Candansayar vd. 2002).

Özellikle son 20 yılda yöntemde geliştirilen çok-elektrotlu ve çok-kanallı aletler sayesinde ölçü almak kolaylaşmıştır. Yöntem arkeolojik yapıların aranmasında her geçen yıl daha fazla kullanılmaktadır. Yöntemde ölçüler birbirine paralel doğrultular boyunca sondaj-profil ölçü tekniği ile alınmakta ve tüm veriler birlikte kullanılarak üç-boyutlu ters çözüm yapılmaktadır. Ters çözüm sonucu yerindeki gömülü nesnelere üç yönde (x,y,z) boyutları ve yüzeyden derinliği verilebilmektedir. Yöntem, gömülü yapıların çevresindeki yapıya göre özdirenç farklılığını kullanmaktadır. Örneğin arkeolojik alanlarda çeşitli kayaçlardan yapılmış duvar, mezar, oda gibi yapıların özdirenç çevresindeki birimlerden genellikle büyüktür. Bu özdirenç farklılığından dolayı mezar, oda, duvar gibi arkeolojik yapılar çok kolay bulunabilmektedir. Yöntemde gömülü yapının yüzeyden derinliği yapının boyutu ile orantılı olarak 5-10 metre derinde olsa bile bulunabilmektedir. Yöntemin manyetik yöneme göre en önemli üstünlüğü yapının gerçek boyutu ve yüzeyden derinliğinin bulunabilmesidir.

Alaca Höyük' de, kazılar Atatürk'ün emriyle 1935 yılında başlamıştır. Ancak 1997' yılına kadar höyük alanının sadece %20'lik bölümü kazılmıştır. Bu alanda 1997 yılında yapılan "Özdirenç" çalışmaları ile Hitit dönemine ait olduğu düşünülen bir sur duvarı ve bir odanın bir bölümü bulunmuştur (Şekil 3) (Candansayar vd. 1997,2001).

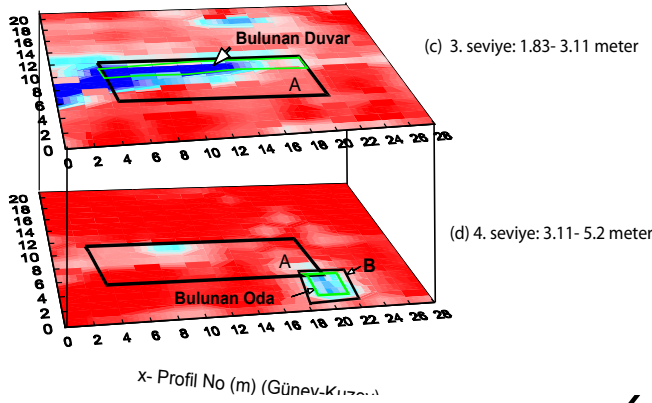
b- Manyetik Yöntem:

Arkeoloji jeofiziği uygulamalarında geniş alanların hızlı şekilde taranarak haritalanmasında en yaygın kullanılan jeofizik yöntemdir. Günümüzde aralarında belirli mesafe olan (1,1.2 metre) iki manyetik alıcı (Manyetik Gradyometre) ile "gradyen" ölçüsü alınmaktadır. Bu yeni ölçü sistemleri ile, bir baz istasyonuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Gradyometreler ile ölçü almak hızlı ve kolaydır. Özellikle yüzeye çok yakın (1-2 metre civarı) metalik nesnelere, pişirilmiş topraktan yapılmış malzemeler, kerpiç duvar gibi arkeolojik yapıların bulunmasında etkilidir. Ancak bu yöntem 1-2 metreden daha derinde bulunan yapıların bulunmasında araştırma derinliği sorunu nedeniyle kullanılamazlar. Manyetik Yöntem ilk olarak arkeolojik alanlarda 1950'li yıllarda kullanılmıştır (Belshe, 1957). Ülkemizde ise birçok arkeolojik alanda kullanılmaktadır (ör. Drahor vd. 2008).

c- Elektromanyetik (EM) Yöntemler:

Jeofizik' de kullanılan birçok EM yöntem vardır. Bu yöntemlerde arkeoloji jeofiziği uygulamalarında kullanım sıklığına göre;

- Yatay Halka EM (HLEM-Horizontal Loop EM or Slingram) (Scollar 1962;)
- Yer Radarı (Ground Penetrating Radar) (Bevan ve Kenyon, 1975; Vaughan 1986)
- Çok Alçak Frekans EM ve Radio-Manyetotellürük (VLF-Very Low Frequency)



Şekil 3. Özdirenç verilerinin 2B ters çözüm sonuçlarının birleştirilmesi ile elde edilen. 3B özdirenç seviye haritaları (sol üstte). Kazı için önerilen A ve B alanlarının fotoğrafı (sağ üstteki resim). A alanının kazılması sonucu bulunan duvar (sol alttaki resim). B alanının kazılması sonucu bulunan odanın köşesi (sağ alttaki resim) (Candansayar ve Başokur 2001).

- Geçici EM yöntem (Transient EM) (Colani and Aitken, 1966).

Bu yöntemlerin Arkeolojik alanlarda ilk uygulayanlar ise yukarıda referans olarak verilmiştir. EM yöntemlerle araştırılması konusunda ilk ayrıntılı çalışma Tabbag (1986) tarafından verilmiştir. EM yöntemler, yeraltındaki arkeolojik nesnelerin çevresine göre iletkenlik (1/özdirenç) farklılığına göre belirlenmesini

sağlar. Ülkemizde arkeolojik alanlarda en çok kullanılan EM yöntem yer radarı yöntemidir (ör. Kadioğlu vd. 2011).

d- Diğer Jeofizik Yöntemler:

Arkeolojik alanlarda birkaç uygulama örneği olan ancak çok kullanılmayan diğer jeofizik yöntemler ve ilgili kaynaklar şöyledir:

- **Sismik Kırılma:** Yöntem 1950'lerden beri çok nadir kullanılmakta ve çok başarısı bulunmamaktadır (Carson, 1962).
- **Gravite Yöntemi:** Yöntem ile ilgili sınırlı uygulama bulunmakta (Kolendo et al. 1973)
- **Doğal Uçlaşma (SP-Self Potential):** Yöntem ilk olarak denizde 1864 yılında

batmış bir teknenin aranmasında kullanılmıştır (Corvin 1973). Ancak yöntemin arkeolojik uygulamalarda pek başarısı bulunmamaktadır. Bunun temel neden, arkeolojik nesnelere kaynaklanan sinyalin genliği maden aramada görülen gürültü sınırı altında kalmaktadır (Wynn, 1986)

- **Yapay Uçlaşma Yöntemi (IP-Induced Polarization):** Yöntem ilk olarak 1960' larda sınırlı çözüm gücü ile nadiren kullanılmaktadır (Aspinall ve Lynam, 1968). Bu konuda Moğolistan' daki Orhun anıtlarında Candansayar vd. (2002) tarafından yapılmış bir örnekte vardır.

4. Sonuçlar

Arkeoloji jeofiziği uygulamaları 1940' lardan beri dünyada kullanılmaktadır. Bu konuda son 30 yıldır ülkemizde de Jeofizikçilerin yaptığı uygulamalar ve geliştirdikleri veri toplama ve veri işlem teknikleri bulunmaktadır. Arkeolojik alanlarda yapılan Jeofizik çalışmalar, kazı çalışmalarının işgücü, zaman ve maliyetini önemli oranda düşürmektedir. Kazıların, daha planlı ve sistematik olarak yönlendirilmesini sağlamaktadır. Arkeoloji Jeofiziği çalışmaları her geçen gün Arkeologlar, "Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü", TKİ gibi kamu kurumları daha iyi anlamaktadır.

Sonuç olarak;

- 1- Odamız ve tüm meslektaşlarımızın, kazı alanlarında kazı öncesi ve devam eden

kazıların yönlendirilmesi için, "Arkeoloji Jeofiziği" çalışmalarının zorunlu hale getirilmesi konusunda "Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü" ne girişimlerde bulunmalıdır.

- 2- Her kazı ekibine mutlaka "Arkeoloji Jeofiziği" uygulamalarını yapacak bir Jeofizik Mühendisinin olması zorunlu tutulmalıdır.
- 3- Özellikle yabancı arkeologların ülkemizde yürüttüğü kazılarda, yurt dışından gelen Jeofizikçilerin jeofizik çalışmalar yapmasına izin verilmemelidir. Ülkemizde, bu çalışmaları yapacak bilgi ve donanıma sahip yılda ortalama 400 Jeofizik Mühendisi mezun olmaktadır. Dolayısıyla, kazı alanlarındaki jeofizik çalışmalarının mutlaka Türkiye' deki Jeofizik Mühendislerinin yapması zorunluluğu getirilmelidir.

5. Kaynaklar

Aitken, M. J., 1974, Physics and archaeology, 2nd ed: Clarendon Press, Oxford.

Allred, 1. C, and Shepherd, A., 1963, Trial of neutron scattering for the detection of buried walls and cavities: *Archaeometry*, 6, 89-92.

Aspinall, A., and Lynam, 1. T., 1968, Induced polarization as a technique for archaeological surveying: *Prosp. Archeol.*, 3, 91-93.

Atkinson, R. J. C, 1952, Methodes electriques de prospection en archeologie, in Laming, A., Ed., *La Decouverte de Passe: Picard*, 59-70.

Başokur, A.T. 1992, Magnesia and Meandrum (Ortaklar) tümülüsünde Jeofizik çalışmalar, *Kültür Bakanlığı, 8. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, 25-29 Mayıs 1992, Ankara, 71-80.

Belshe, J.C. 1957. Recent magnetic investigations at Cambridge University. *Advances in Physics* 6, 192-193.

Bevan, 8., and Kenyon, 1., 1975, Ground probing radar for historical archa-

eology: *MASCA Newsletter*, 11, 2-7.

Candansayar, M.E. and Basokur, A.T. 2001 Detecting small-scale targets by the 2D inversion of two-sided three-electrode data: application to an archaeological survey. *Geophysical Prospecting*, 49, 40-58.

Candansayar, M. E. Uluggerli, E.U., Tosun, S., Gündoğdu B., ve Batmunkh, D., 2001. Moğolistan'daki türk yapılarının doğru akım öz direnç ve yapay uçlaşma yöntemleri ile araştırılması. *Türkiye 14. Jeofizik Kongre ve Sergisi*, Ankara.

Candansayar M. E., Uluggerli E.U., Batmunkh D., Tosun S. ve Gündoğdu B. 2001 Doğru akım öz direnç verilerinin 2-B ters çözümü ve iki yönlü gradyen dönüşümü ile arkeolojik yapıların aranması: Moğolistan' daki Türk anıtları etrafında yapılan jeofizik çalışmalar. *Jeofizik*, 15, 105-123.

Candansayar M.E. 2008. Two-dimensional individual and joint inversion of three- and four-electrode array dc resistivity data. *J. Geophys. Eng.* 5, 290-300.

Colani, C., and Aitken, M. 1., 1966, A new type of locating device II-field trials: *Archaeometry*, 9, 9-19.

Drahor M. G., M. A. Berge, T. Ö. Kurtulmuş, M. Hartmann, M. A. Speidel, 2008. Magnetic and electrical resistivity tomography investigations in a Roman legionary camp site (Legio IV Scythica) in Zeugma, Southeastern Anatolia, Turkey. *Journal: Archaeological Prospection*, vol. 15, no. 3, pp. 159-186, 2008

Howell, M., 1966, A soil conductivity meter: *Archaeometry*, 9, 20-23.

Kadioglu S., Kadioglu Y.K. and Ak-yol, A.A., 2011. Monitoring buried remains with a transparent 3D half bird's eye view of ground penetrating radar data in the Zeynel Bey tomb in the ancient city of Hasankeyf, Turkey. *J. Geophys. Eng.* 8 S61 doi:10.1088/1742-2132/8/3/S0.

Scollar, I., 1962, Electromagnetic prospecting methods in archaeology: *Archaeometry*, 5, 146-153.

Tabbag, A. 1986, Applications and advantages of the Slingram electromagnetic method for archaeological prospecting. *GEOPHYSICS*, VOL. 51, NO.3.

Wynn J.C., 1986. Archaeological prospecting: An introduction to the Special Issue. *GEOPHYSICS*, VOL. 51, NO.3, 533-537.