



**T.C.KÜLTÜR BAKANLIĞI
ANITLAR VE MÜZELER GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

Yayın No: 1736

**X.
ARKEOMETRİ SONUÇLARI
TOPLANTISI**

**30 MAYIS - 3 HAZİRAN 1994
ANKARA**

KÜLTÜR BAKANLIĞI YAYINLARI / 1736

Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayınları : 95.06.Y.0001

Sempozyum Serisi : 42

Hazırlayanlar

İsmail EROĞLU

Fahriye BAYRAM

Handan EREN

Nurhan ÜLGİN

Filiz KAYMAZ

Ahmet Hamdi ERGÜNER

ISBN : 975-17-1529-6

ISSN : 1017-7671

Not: Bildiriler, araştırmacılardan geldiği şekliyle ve sunuş sırasına göre yayınlanmıştır.

T.C.KÜLTÜR BAKANLIĞI MİLLÎ KÜTÜPHANE BASIMEVİ
ANKARA - 1995

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Ünsal YALÇIN, Milet'te Bilimsel Araştırmalar 1993.....	1
M. SEIFERT, Ünsal YALÇIN Milet'te Arkeometrik Araştırmalar	15
Ünsal YALÇIN, Oktay BELLİ, Robert MADDIN Van -Yukarı Anzaf Kalesi'nde Bulunan Metal Eserler Üzerine Arkeometalurjik Araştırmalar.....	39
Ergun KAPTAN Mine Damı Araştırmaları 1993	55
A.Beril TUĞRUL, Afif ERZEN, Sait BAŞARAN Radyografi Teknikleri ile Çavuştepe Kazısı Metal Buluntularının Değerlendirilmesi	67
Şahinde DEMİRCİ, Meliha DOĞAN Toprakta Fosfor Analizi, Önemi ve Uygulaması	81
Şeref KUNÇ, Alaaddin ÇUKUR, Ahmet T. İNCE Kurşun İzotop Analiz Yöntemleri ve Arkeolojide Uygulamaları	89
Alaaddin ÇUKUR, Şeref KUNÇ Hisarkale Buluntuları Kimyasal Analizleri.....	103
Hüseyin AKILLI Porsuk Höyük Kazı Buluntusu İki Hitit Pithosunun Restorasyonu	111
F.Sancar OZANER, James RUSSELL Diachronic Study of Coastal Changes At Anemurium: Geomorphological and Archaeological Applications	135

F. Sancar OZANER, Ayşe ÇALIK New Thoughts on The Battlefield of Issus.....	153
Berna ALPAGUT, Mikael FORTELIUS, John KAPPELMAN Survey Report for The Sinap Formation Project	177
İlhan TEMİZSOY, Berna ALPAGUT, Mikael FORTELIUS, John KAPPELMAN Salvage Excavation Report For The Sinap Formation Project	189
Nergis GÜNSENİN 1993 Yılı Tekirdağ ve Balıkesir İlleri Hoşköy-Gaziköy Jeofizik (Manyetik) Marmara Adaları Sualtı Araştırması	201
Hande KÖKTEN Balıkesir Üçpınar Tümülüsü Araba Buluntuları Konservasyon Projesi Sonuçları ve Sardes, Bintepele Tümülüsü Araba Buluntuları Ön Çalışması.....	221
Mahmut G. DRAHOR Arkeolojik Araştırmalarda Doğal Gerilimin İşleyişi (Mechanism)	229

MİLET'TE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR 1993

Ünsal YALÇIN *

Prof. Dr. V. v. Graeve'nin başkanlığında yürütülen Milet kazı çalışmaları "klasik" kazı olmaktan çıkarak disiplinlerarası bir araştırma karakteri kazanmaktadır. Milet'te yapılan çalışmaları dört ana başlık altında toplamak mümkündür:

- Kazı çalışmaları
- Yüzey araştırmaları
- Restorasyon çalışmaları
- (Fen) bilimsel araştırmalar

Milet'te 1990 dan beri yürütülen bilimsel araştırmaları *Jeoarkeoloji*, *Arkeometri/Arkeometalurji*, *Paleozooloji*, *Paleobotanik* ve *Antropoloji* bilim dalları olmak üzere beş ana bölüme ayırmak mümkün. Aşağıda bu sezonda uygulanan bilimsel araştırmalardan alınan sonuçlar özetle sunulmaktadır¹. Çalışmalarımız 1993 te jeoarkeoloji ve arkeometri dallarında yoğunlaşmıştır. Bu yılki çalışmalara B. Bay, Prof. Dr. H. Brückner, F. Demirel, Prof. Dr. İ. Kayan, S. Lorra, Prof. Dr. B. Schröder, G. Schröder, Dr. H. Stümpel, W. Tuttahs ve W. Ville katılmışlardır. Kendilerine burada teşekkürü bir borç bilirim.

* Dr. Ünsal YALÇIN, DMT- Deutsches Bergbau-Museum, Institut für Archäometallurgie, Herner Str. 45, D-44787 Bochum - ALMANYA.

(1) 1993 te Milet'te uygulanan kazı, restorasyon çalışmaları ve yüzey araştırmalarından alınan sonuçlar Milet kazı başkanı Prof. Dr. Volkmar von Graeve tarafından kazı çalışmaları sek-siyonunda sunulduğundan burada bu konulara girilmeyecektir. Bkz. V. v. Graeve, 1993 Milet Çalışmaları, XI. Kazı Sonuçları Toplantısı 1994, Ankara.

JEOARKEOLOJİ

Milet ve yakın çevresinde uygulanan arkeolojiye yönelik jeolojik, jeofiziksel ve paleocoğrafik çalışmalar "jeoarkeoloji" altında toparlanabilir. Milet'te jeoarkeolojik çalışmalar 1990 yılından beri yapılmaktadır. Bu alandaki çalışmaları aşağıdaki noktalarda sıralayabiliriz:

- Yörenin jeolojik haritasının çizimine ilişkin çalışmalar;
- Hidrojeolojik araştırmalar, antik dönemde ve bugün içme suyu sorunu;
- Roma Dönemi su sisteminin jeofiziksel metodlarla prospeksiyonu;
- Arslanlı Liman'ın konumunun tesbiti ve bununla ilgili jeofiziksel ölçümler;
- Paleocoğrafya-antik sahil şeridinin tesbiti;
- Milet ve yöresindeki kil yataklarının tesbiti.

Milet ve yöresinin jeolojik yapısının tesbitini amaçlayan çalışmalar Bochum Ruhr Üniversitesi, Jeoloji Bölümü öğrencilerinden Bilal Bay tarafından 1993 yazında tamamlanarak diploma tezi olarak verilmiştir². Böylece Milet ve yakın çevresini içine alan 30.000 m² lik bir bölgenin 1:12.500 ölçekli jeolojik haritası çizilmiştir. Daha önceki yayınlarda Milet ve yöresinin neojen yaşlı sedimanlardan oluştuğundan bahsedilmişti³. Yine bu çalışmalar sırasında çevrede yamuk yumuk duran tepelerin ana platodan (Akbük Platosu) kopan "kaymış" bloklardan oluştuğu tesbit edilmişti. Bu yılki çalışmalarda bu yönde daha detaya inilerek örneğin Akköy'ün bulunduğu tepelerin her birinin birer kaymış blok olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kazı alanı içinde bulunan Kalabaktepe ve Zeytintepe'nin de aynı şekilde kaymış bloklardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Resim 1 de bölgenin jeolojik kesitini içeren blok plan görülmektedir.

Jeolojik çalışmalar dahilinde Balat formasyonundaki kil yatakları ve kil içeren sedimanlar tesbit edilerek alınan örnekler laboratuvarında in-

-
- (2) 1992 de yayına sunduğum makalede Milet ve yöresinin neojen sedimanlardan oluştuğundan ve dikey kesitte üç ayrı seviye içerdiğinden bahsetmiştim. Antik Milet kentinin üzerinde yer aldığı en alt seviye, Nergiztepe formasyonundan oluşmaktadır. Tatlı su oluşumlu kalkertaşı içerikli bu katmanların üzerinde kumlu, killi marnlı, kalkerli ve tıflı tabakaları içeren ve 300 m kadar kalınlığında Balat formasyonu gelmektedir. En üst katmanlar (Akbük formasyonu) ise yine tatlı su kalkerlerden oluşur.
 - (3) Geniş bilgi için bkz. Ü. Yalçın/B. Schröder, Milet ve Yöresinde Jeoarkeolojik Çalışmalar, VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara, 1993, 485-495.

celenmiştir⁴. Yapılan kil analizleri arkeometrik araştırmalara integre edilerek Milet'te sık rastladığınız seramik türlerinin üretim merkezlerinin tesbiti için önemli ipuçları vermektedir.

1993 sezonunda jeoarkeolojik çalışmalar Roma Dönemi'ne ait su kanallarının jeofiziksel yöntemlerle yüzeyden tesbiti üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca Arslanlı Liman'ın antik konumunu tesbit amacıyla da çeşitli yöntemler denenerek jeofiziksel ölçümler yapılmıştır.

Roma Dönemi Su Kanalları

Roma Dönemi'nden kalma su kanallarının tesbitini amaçlayan jeofiziksel araştırmalarda jeoradar, jeomanyetik ve elektromanyetik yöntemleri uygulanmıştır. Her üç yöntemin uygulanmasındaki amaç, hangi yöntemin hangi şartlarda ve hangi problem için daha uygun olduğunu tesbit etmek ve önümüzdeki yıllarda yapılacak çalışmalara deneyimli bir şekilde hazırlanmaktır.

Resim 2'de görüldüğü gibi Milet antik kentinin güneyindeki Roma Dönemi'nden kalma *Toplama Havuzu*'nun güney çıkışında tahmin edilen su kanalının tesbiti için yukarıdaki yöntemler uygulanmış ve seçilen pilot bir alan, sıra ile her üç yöntemle araştırılmıştır. Alınan sonuçlar Resim 3'te açık bir şekilde görülmektedir. Her üç yöntemle de su kanalının konumunu tesbit etmek mümkün olmaktadır.

Jeomanyetik yöntemden alınan sonuçta ölçü alanında anomaliler göze çarpmakta, su kanalının konumu zor belli olmaktadır. Bu bozukluklara, ölçülen alanda bulunan manyetik duyarlılığı yüksek pişmiş topraktan imal edilmiş su borularının ve boru artıklarının neden olabileceği düşünülebilir. En iyi sonuçlar ise jeoradar yöntemiyle yapılan ölçüm çalışmalarından alınmıştır. Elektromanyetik yönteminde ölçüm alanında bulunan anomalilerin etkenliği jeomanyetik yöntemine göre az olmasına rağmen, kanalın profildeki belirgenliği jeoradar yöntemindeki kadar bariz değildir (Resim: 3c).

Test ölçülerinden elde edilen sonuçlar, bize ilerideki çalışmalarımızda hangi jeofiziksel yöntemin daha uygun olduğunu göstermiştir. Alınan sonuçlar aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

(4) Milet ve çevresinde 1990 dan beri sürekli yüzey araştırmaları yapılmasına rağmen şimdiye kadar antik kil yataklarına rastlanmamıştır. Bu nedenle bugünkü in situ kil ve kil içerikli sediman katmanlarından alınan örnekler kimyasal ve mineralojik metodlarla incelenerek antik kil yatakları hakkında parmak izleri aranmaktadır (detaylı bilgi için bkz. Ü. Yalçın/M. Seifert, Milet'te Arkeometrik Araştırmalar, X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı 1994, Ankara).

<u>Yöntem</u>	<u>Ölçüm/Uygulama</u>	<u>Değerlendirme</u>	<u>Sonuç</u>
Elektromanyetik	hızlı, zahmetsiz	zahmetsiz	iyi
Jeoradar	zahmetli	zahmetli	çok iyi
Jeomanyetik	zahmetsiz	zahmetsiz	iyi

Çalışmalarımızın başında yapılan bu yöntem karşılaştırmasına göre, su kanallarının tesbiti için bundan sonra *jeoradar* sisteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu karar doğrultusunda Toplama Havuzu'nun güneyinde 200 m uzunluğundaki bir alanda iki hafta süreyle jeoradar yöntemiyle çalışılmıştır. Çalışma alanı kuzeyde zeytin ağaçları içeren tütün tarlasından oluşmaktadır. Burada uzunlukları 20 ile 75 m arasına değişen 1000 in üzerinde profil alınmıştır. Toprağın niteliğine ve su kanalının seviyesinin derinliğine göre 120 Mhz şiddetinde (zayıf yansıtma, derinlere kadar ulaşabilme özelliğinde) veya 500 Mhz şiddetinde (küçük derinlik fakat yüksek yansıtma özellikli) antenler kullanılmıştır.

Çalışmalardan alınan sonuçlar Resim 4 te görülmektedir. Üç ayrı parçadan oluşan profile kanalın konumu bariz bir şekilde belli olmaktadır. Aradaki boşluklar arazinin engebeli olmasından dolayı ölçü alınamayan kesimlerdir. Her üç resimde de kanalın seyrinin açık bir şekilde izlenmesine rağmen aradaki refleksiyon farkı gözden kaçmamaktadır. Resim 4-A da görülen alan bir zeytinlik içinde bulunmaktadır. Burada alınan profillerin arasındaki mesafe arazinin durumuna göre 1 ve 2 m arasında değişmektedir. Ağaçların köklerinin refleksiyonu, resimde koyu lekeler şeklinde göze çarpmaktadır. Kanalın konumu ise açık bir şekilde belli olmaktadır. Ortadaki resimde (4-B) görülen alan tütün tarlası içinde bulunmaktadır. Burada alınan profillerin arası ise 0.5 m olarak saptanmıştır. Bu resimde hafif kavis çizen kanalın seyrini yine çok açık bir şekilde izlemekteyiz. Üçüncü alanda ise (Resim 4-C; profillerin arasındaki mesafe: 1m) kanalı yalnız ölçüm alanının üst (kuzey) yarısında takip edebiliyoruz. Alanın engebeli oluşu ve ölçme çalışmalarının optimum bir şekilde uygulanamayışı yüzünden alınan sonuçlar ilk iki resimdeki gibi başarılı olmamıştır. Belki de kanal burada daha derinlerde bulunmaktadır. Resim 4-C nin güneyi ise bir vadi ile sınırlanmaktadır. Burada sel sularının vadi oluşturmaları yüzünden birden fazla kanalın tahrip olduğu izlenmektedir. Vadiye ve çevresinde kanal yapımında kullanılmış harçlı taşlara ve pişmiş toprak su borularının parçalarına rastlanmaktadır.

Roma Dönemi su kanallarının jeofiziksel yöntemlerle tesbitine önümüzdeki yıllarda devam edilecektir.

Arslanlı Liman

Milet antik kentinin stratejik bakımından önemli yerlerinden birisi de Arslanlı Liman olarak kabul edilmektedir. Limanın girişinde bulunan arslan heykellerinin bugün olasılıkla in situ olmadıkları sanılmaktadır. Resim 5 te görüldüğü gibi limanın konumu morfolojik olarak kendini göstermektedir. Fakat limanın kesin sınırları ve derinliği hakkında elimizde hiçbir bilgi bulunmamaktadır. Milet ören yerini düzenleme çalışmaları kapsamında ören yerinin kış aylarında su altında kalan kesimlerinin kurutulmasını ve Arslanlı Liman'ın antik konumuna getirilmesini amaçlayan çalışmalar da planlanmaktadır. Ayrıca sular altında kalan limandaki arslan heykelleri büyük zarar görmektedir. Bu program içinde arslan heykellerinin orijinal yerlerine konarak çevre şartlarının etkisinden korunması düşünülmektedir. Tüm bu çalışmaların yapılabilmesi için, ilk planda limanın strüktürünün tesbiti gerekmektedir. 1993 yazında bu yönde ilk çalışmalar yapılmıştır. Başarılı sonuç vereceği beklenen iki ayrı jeofiziksel yöntem, belirlenen profillerle sınanmıştır. Toplam olarak 6 jeoelektrik profili (5 Menderes setine paralel ve 1 dikey) ve arslan heykellerinin çevresinde 30 jeoradar profili alınmıştır.

Jeoradar çalışmaları olumlu sonuç vermemiştir. Derinlikteki anomalileri belirlemek için gönderilen elektromanyetik dalgalar, limandaki killi sedimanlardaki yayılma derinliği 1 metre ile sınırlı kaldığından, daha derinlerde beklenen ve limanın tabanını oluşturan kumlu sedimanlara ulaşmamıştır.

Jeoelektrik yönteminin çalışma hızının az olmasına karşın uygulama sırasındaki esnekliği büyük bir avantajdır. Doğru uygulanması koşulu ile gömülü kitlelerin bulunmasında ve ayrı fiziksel özellikteki katmanların (tortullar, jeolojik strüktürler vs.) tesbitinde başarıya yadsınamaz⁵. Jeoradar yönteminin sonuç vermemesi üzerine Arslanlı Liman'da jeoelektrik yöntemi denenmiştir.

Limanı dolduran sedimanlar arasında öz direnç farkının düşük olmasına rağmen, "Wenner sıralanması" ile alınan doğu-batı profilinin batı kesiminde farklı özellikte materyalin varlığı anlaşılmaktadır (Resim: 6, "A" ile belirtilen kısım). Buradaki "katman" veya tortulların öz direnci,

(5) Jeoelektrik, diğer adıyla elektrik öz direnç yöntemi, ilk olarak Atkinson (1952) ve Aitken (1974) tarafından arkeolojik alanda kullanılmıştır. Bugün çok yaygın olarak kullanılan ve Milet'teki çalışmalarda uygulanması düşünülen bu yöntem ilk defa Arslanlı Liman'da denenmiştir.

yüzeye çok yakın yerde bile diğer kesimlere göre yüksektir. 10-12 m lik bu alanın kuzey doğrultusunda deniz kumları üzerinde arslan heykellerinden biri bulunmaktadır. Burada açılan kuyulardan, yüzeye çok yakın seviyelerde (<2 m) sahil izleri taşıyan iri taneli ve midye gibi deniz kabukları içeren kumsal sedimanların varlığı anlaşılmıştır. Burasının asıl liman koyunu denizden ayıran adeta "doğal" bir bend gibi bir tümsek veya sahil olabileceği düşünülebilir. Bu sahil sedimanları profilin doğu kesimlerinde derinlerde bulunmakta ve bu derinlik profil ortalarına doğru 15 metreye kadar ulaşmaktadır. Daha altta ise kumlu ve ince taneli kilce zengin sedimanlar yer almaktadır. Biraz güneyde "Dipol-Dipol sıralanması" ile alınan ve 1. profile paralel uzanan profile de kumlu ve killi sedimanların arasındaki öz direnç farkı takip edilebilmekte ve sahil sedimanlarının bulunduğu tümsek açık bir şekilde görülmektedir.

Yapılan bu denemeler, jeoelektrik yönteminin Arslanlı Liman'da olduğu gibi az derinlikteki strüktürlerin tesbitinde de kullanılabileceğini göstermektedir. Öntümüzdeki yıllarda yapılacak Arslanlı Liman'ın konumunu tesbit çalışmalarında esas olarak bu yöntem kullanılacaktır. Bunun yanı sıra belirli yerlerde açılan kuyuların dikey profillerinden toprak örnekleri alınarak "Pollen" analizleri yapılmaktadır. Ayrıca elde edilen deniz kabuklarının fiziksel metotlarla yaş tayini yapılacaktır. Böylece hem bölgenin paleocoğrafik gelişmesi hakkında hem de limanın geçirdiği evrimler hakkında önemli ipuçları elde edilecektir⁶.

Bu detaylı araştırmalar zaman almakta ve sonuçlar jeofiziksel çalışmaların gerisinde kalmaktadır. 1993 te jeofiziksel çalışmalara paralel olarak Arslanlı Liman'da açılan kuyulardan elde edilen ilk sonuçlar, limanın geçmişini aydınlatma yönünde ek ipuçları vermektedir. Açılan kuyuların her 10 cm sinden örnek alınmakta ve stratigrafik açıdan değerlendirilmektedir. Örneklerden elde edilen buluntular zengin olup cam, seramik, odun kömürü, denizel veya lagünel fauna, bitkisel artıklar (zeytin çekirdeği artıkları, üzüm çekirdeği, kavun artıkları) v.s. içermektedir. Seramik buluntuların tarihlenmesi henüz yapılmamıştır. Buna karşın odun kömürü ve deniz kabukları üzerinde ¹⁴C metoduyla yapılan tarihlemelerden ilk sonuçlar alınmıştır. Resim 7 de görüldüğü gibi, limanın en derin yerinde 14 m kalınlığında sediman tabakasıyla dolu olduğu anlaşılmaktadır. Böylece Arslanlı Liman'ın tabanının bugünkü deniz seviyesinden 13 m aşağıda bulunduğu anlaşılmaktadır. Profile görülen killi ve ince kumlu üst tabakaların seramik, odun kömürü, zeytin ve üzüm çekirdeği açısından zengin olduğu izlenmektedir. Profile, 3 ¹⁴C

(6) Çeşitli disiplinlerin biraraya geldiği bu çalışmalardan alınan sonuçlar her yıl olduğu gibi Ankara'da Kazi, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu'nda sunulacaktır.

metoduna ve 1 seramik buluntusuna göre yapılan tarih tesbiti görülmektedir. Limanın Bizans Dönemi'nde sedimanlarla dolarak kullanılmaz hale geldiği anlaşılmaktadır.

Profilin alt kesimlerinden M.Ö. 4000 lerden 400 e kadar ulaşan bir pollen profili alınmıştır. Alınan örneklerin pollen analizleri Göttingen Üniversitesi'nden Uzman M. Wille tarafından yapılmaktadır. Alınan ilk sonuçlarda örneğin zeytin ağacında M. Ö. 5./4. yüzyıllarda eski dönemlere göre bir artış, buna karşın meşe, çam gibi ağaçlarda azalma izlenmektedir. Yine bu dönemde buğday, arpa, mercimek gibi tahıllarda bir artış tesbit edilmiştir. Sonuçlar detaylı olarak yayına hazırlanmaktadır⁷.

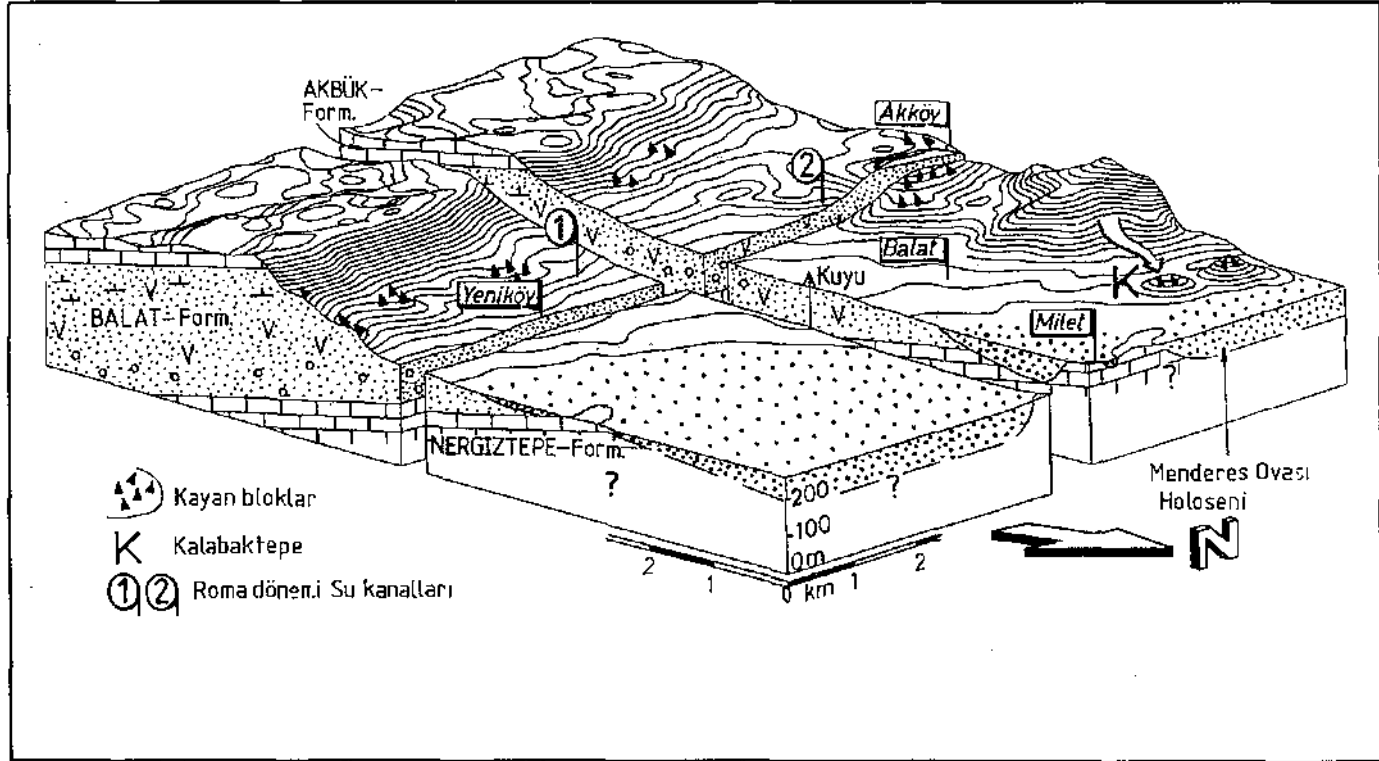
Yukarıda bahsedilen jeofiziksel yöntemlerin dışında gerekirse - örneğin ana kayaçlar, antik sahil şeridi, graben gibi derin strüktürlerin saptanmasında- sismik yöntemlerin de uygulanması düşünülmektedir.

Arkeometrik araştırmalardan alınan sonuçlar, ayrı bir makalede sunulduğundan burada bu konuya değinilmemiştir⁸.

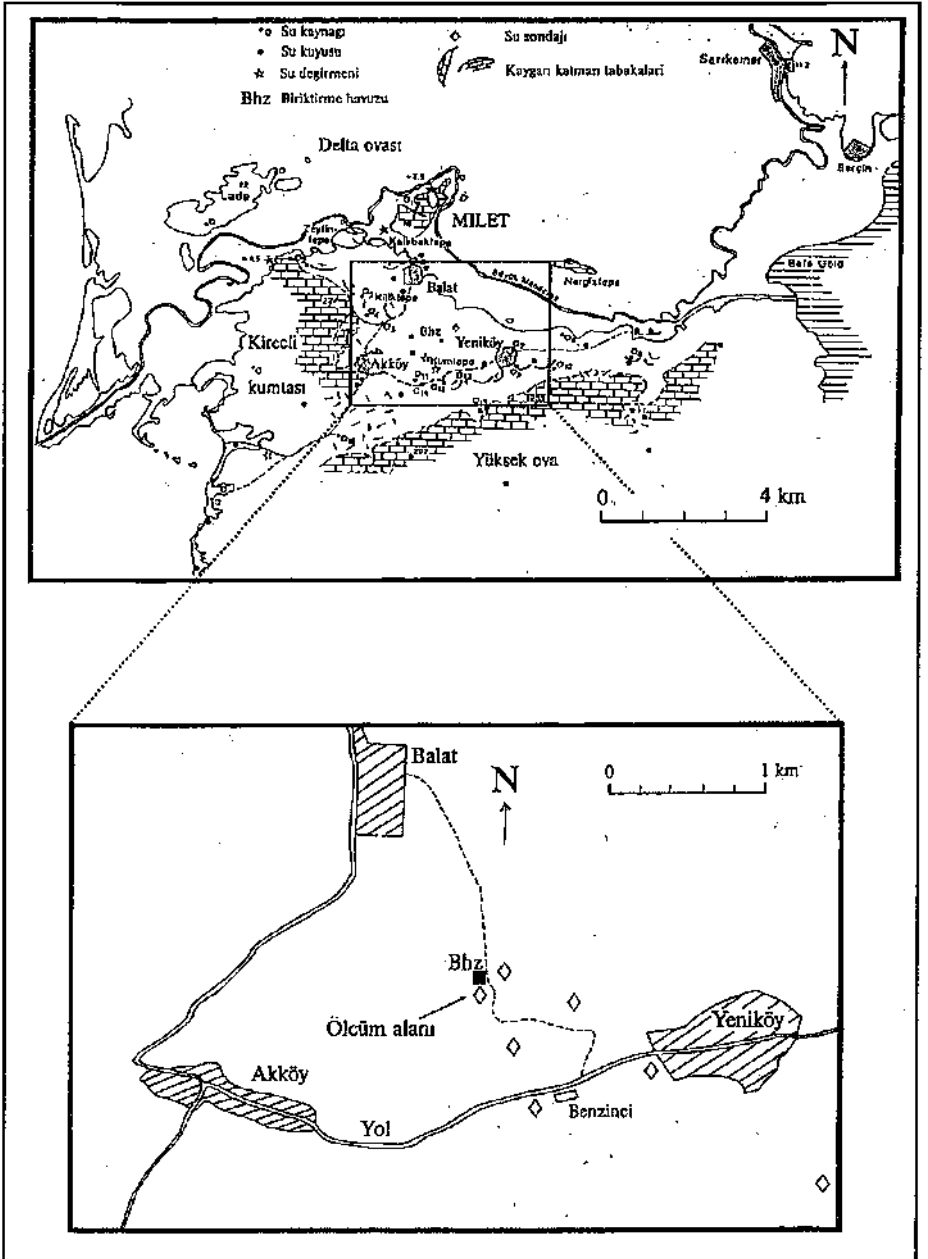
KAYNAKLAR

- AITKEN, M.J., Physics an archaeology, Clarendon Press, Oxford (1974).
- ATKINSON, R. J. Methodes electriques de prospektion en archeologie, in Lamings, A., La decouvert de Passe, Picard, 1952, 59-70.
- BAY, B., Sedimentpetrographie der neogenen Ablagerungen im Umfeld von Milet (W-Türkei), Dipl. Arb., Bochum (1994).
- BRÜCKNER, H., Geomorphologie und Pläo-Environmet der Milesia, in v. Graeve, Milet 1992-1993, Archäologischer Anzeiger, Heft 2, 1995 (baskıda)
- BRÜCKNER, H., SCHRÖDER, B., STÜMPPEL, H., YALÇIN, Ü., Milet 1992/93- Geowissenschaftliche Umfeld - Erkundung, in v. Graeve, Milet 1992 - 1993, Archäologischer Azeiger, Heft 2, 1995 (baskıda)
- WILLE, M., Pollenanalysen aus dem Löwenhafen von Milet, in v. Graeve, Milet 1992-1993, Archäologischer Anzeiger, Heft 2, 1995 (baskıda)
- YALÇIN, Ü., SCHRÖDER, B., Milet ve yöresinde jeoarkeolojik Çalışmalar, VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 1993, 485-495.
- YALÇIN, Ü., SEIFERT, M., Milet'te Arkeometrik Araştırmalar, X. Arkeometri Toplantısı 1994, Ankara.

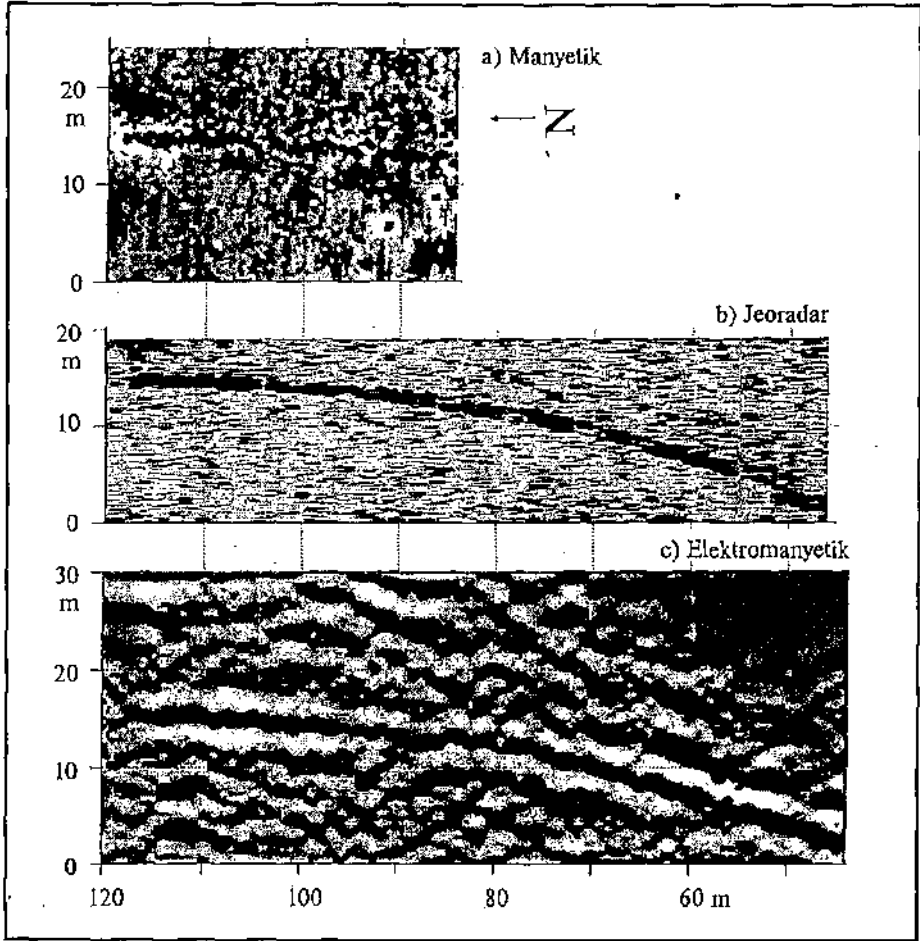
-
- (7) Gerek jeofiziksel araştırmalar gerekse açılan kuyulardan alınan özet sonuçlar için bkz. V. von Graeve, AA 2, 1994 (baskıda).
- (8) Milet'te 1992 de başlatılan arkeometrik araştırmalar ilk ürünlerini vermiştir. Milet'te sık rastlanan amforalar hem arkeolojik açıdan hem de kimyasal ve mineralojik yöntemlerle incelenerek, alınan ilk sonuçlar ayrı bir makalede sunulmaktadır. Bkz. Ü. Yalçın-M. Seifert, Milet'te Arkeometrik Araştırmalar, X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı 1994, Ankara.



Resim: 1- Milet çevresinin şematik blok kesiti. Blok kesitte neojen sedimanlarından oluşan çevrenin jeolojik yapısı açık bir şekilde görülmektedir. Jeolojik kesitte üç farklı formasyon göze çarpmaktadır: Nergiztepe formasyonu, Balat formasyonu ve Akbük formasyonu

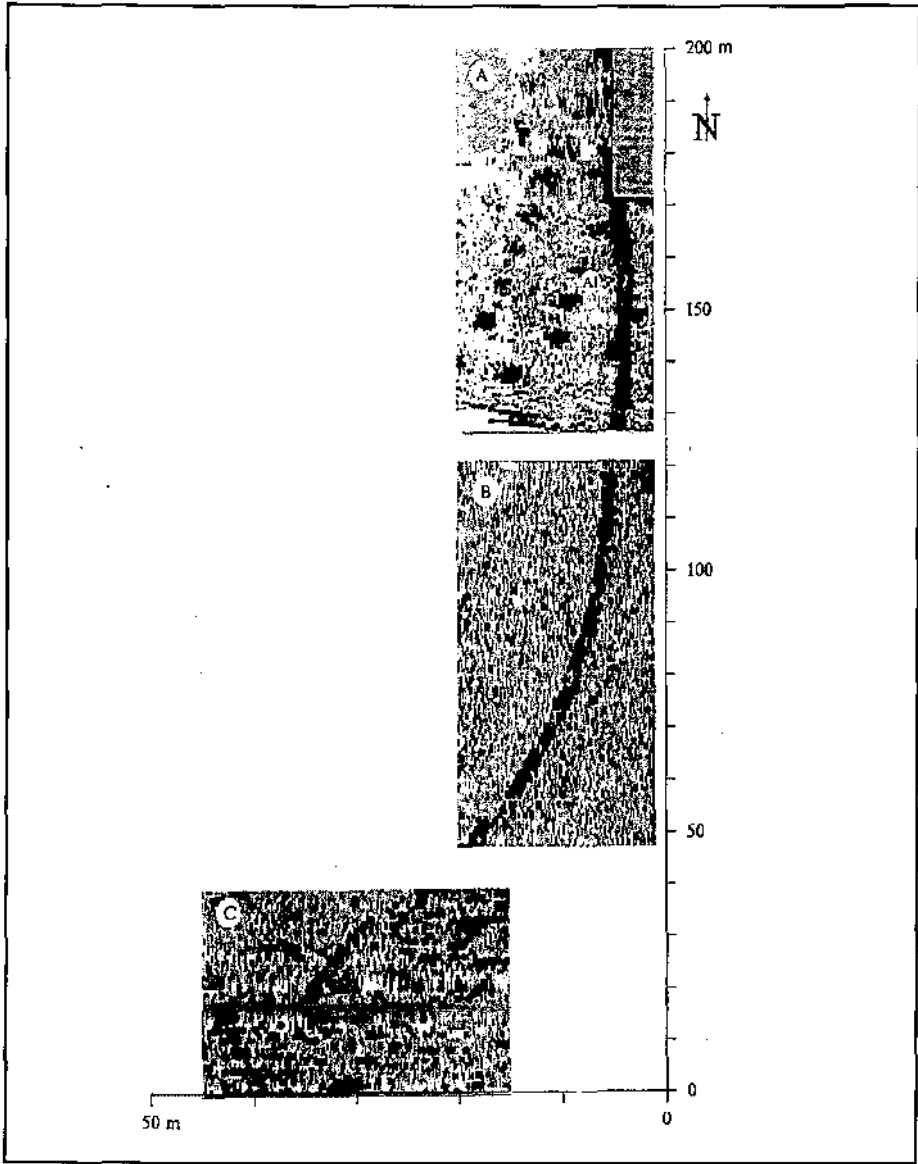


Resim: 2- Roma Dönemi'nden kalma su kanallarının tesbiti için jeofiziksel ölçümlerin yapıldığı alan

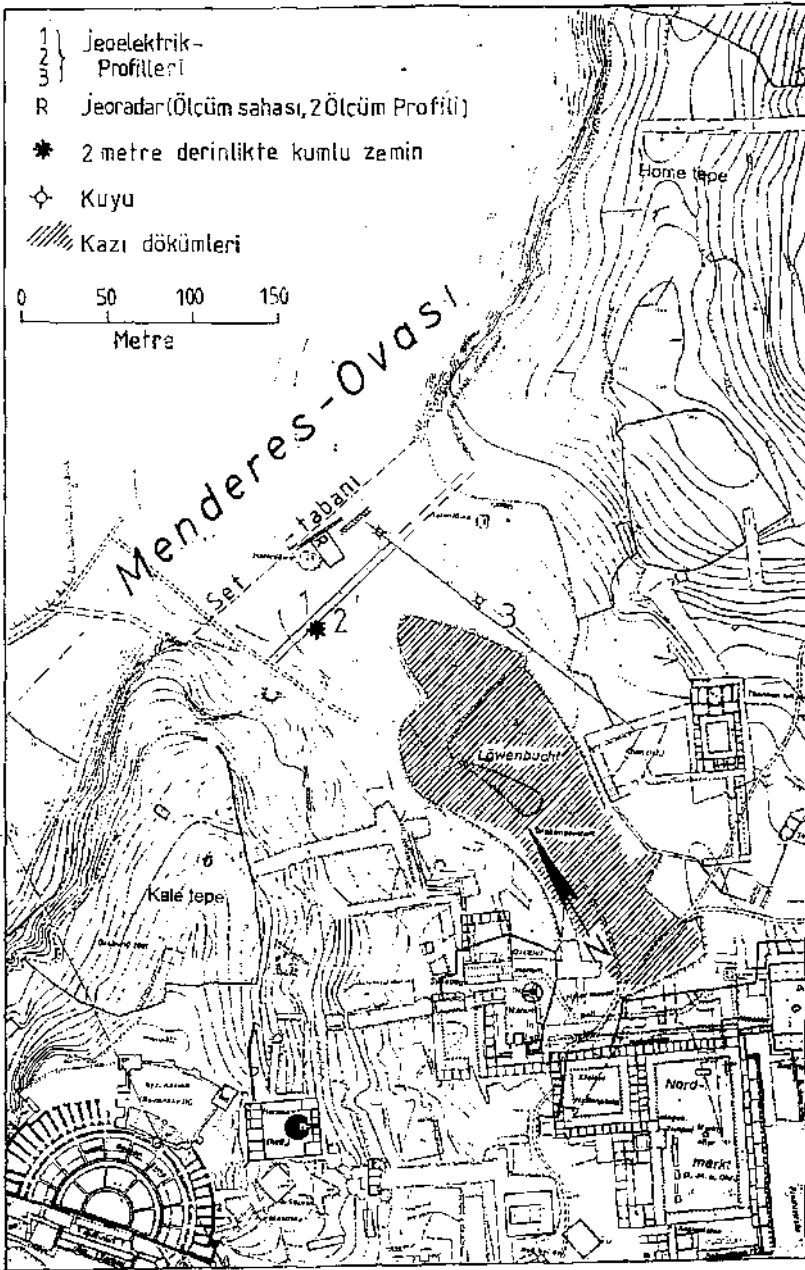


Resim: 3- Roma Dönemi'ne ait bir su kanalının (Resim: 1) çeşitli yöntemlerle araştırılmasından alınan sonuçlar.

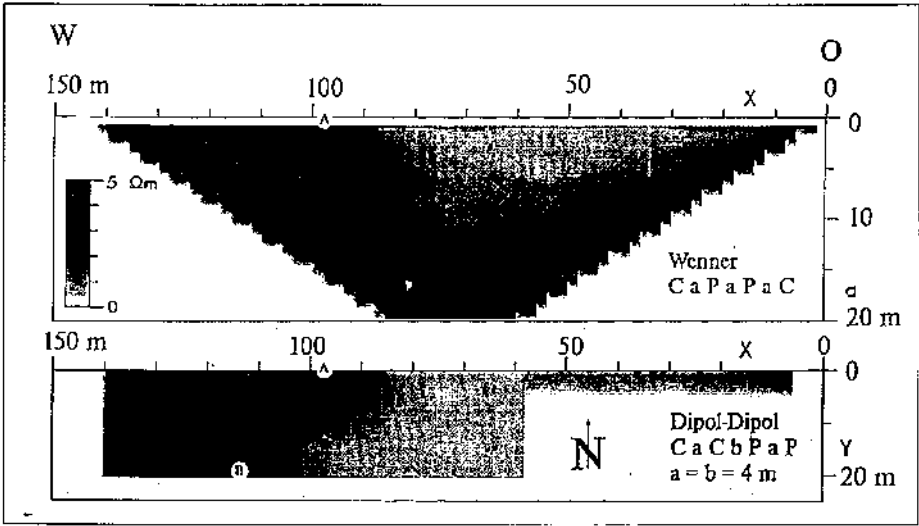
- | | |
|--------------------|---|
| a) Jeomanyetik | Manyetik alan vektörünün dik bileşeninin Gradyandı; |
| b) Jeoradar | 500 Mhz anteni, refleksiyon enerjisi |
| c) Elektromanyetik | EM31-9,3 kHz, alçak geçitli filtre (5cm) |



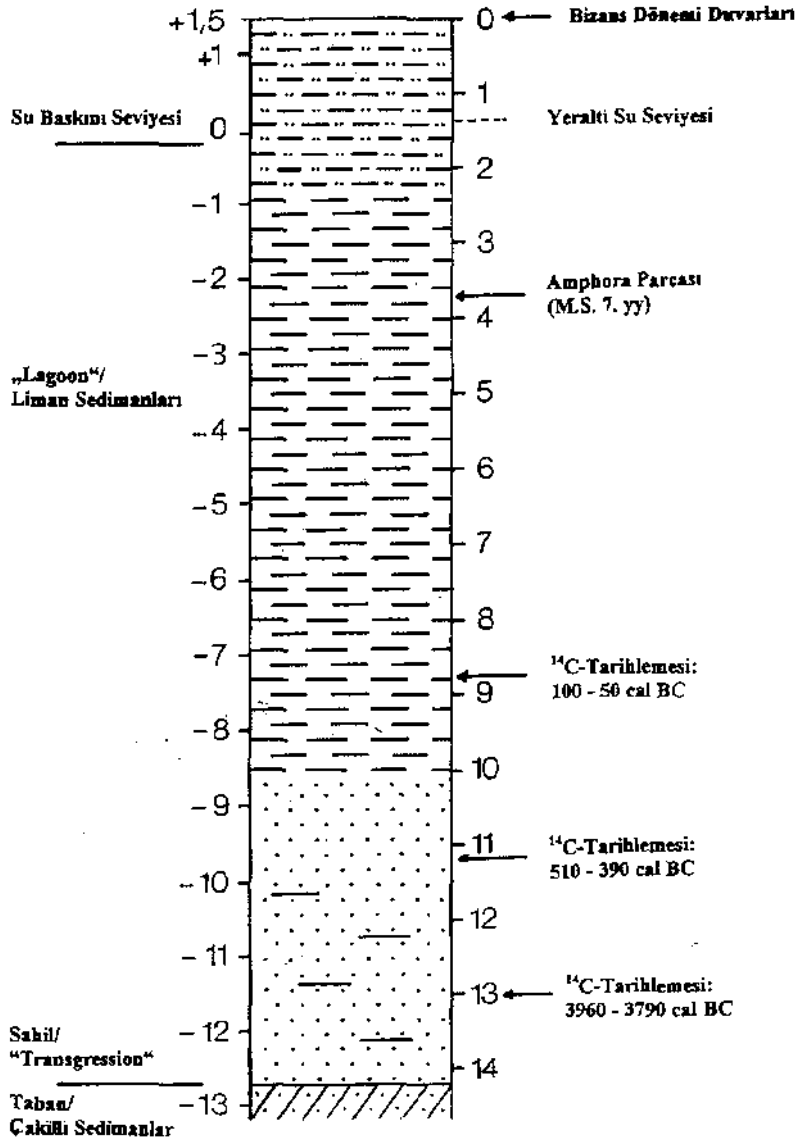
Resim: 4- Toplama havuzunun güneyindeki (Resim: 1) Roma Dönemi su kanalının jeoradar yöntemiyle araştırılması. Refleksiyon enerjisi gri renk birikimi olarak çizilmiştir.



Resim: 5- Arslanlı Liman'ın antik kent içindeki yeri



Resim: 6- Arslanlı Liman'da yapılan jeoelektriksel ölçümlerin sonuçları.



Resim: 7- Arslanlı Liman'da açılan 3 nolu kuyunun dikey profili (Brückner'den sadeleştirilerek alınmıştır; Brückner 1995)
(11. ve 13. metreler arasının pollen analizleri yapılmıştır)

MİLET'TE ARKEOMETRİK ARAŞTIRMALAR

M. SEIFERT *
Ünsal YALÇIN

Özet

1990 yılından beri yapılan arkeometrik çalışmalar sonunda, Milet yerli seramik üretimi ilk defa bilimsel olarak tesbit edilmiştir. Milet'te bol miktarda bulunan amphoralarla başlayan bu araştırmalar, Milet için dekor ve tarz olarak tipik sayılan amphoraların gerçekten Milet üretimi olduğunu göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda Milet'te bulunan diğer seramik "türleri" de arkeometrik çalışmaların kapsamına alınacaktır.

Giriş

1990 yaz sezonunda, son iki yılın buluntu sandıkları gözden geçirilirken, bol miktardaki seramik parçalarının arasında bazı bozuk pişmiş seramik veya cüruflaşmış seramik parçalarına da rastlanmıştır. Seramik cürufunun normal olarak ithal edilmediğini, bilakis fazla pişmeden dolayı çömlekçi fırınında oluştuğunu ve çöp olarak fırının yakınlara atıldığını düşünürsek, Milet kazılarında elde edilen seramik buluntuların bir kısmının burada üretilmiş olmasının kaçınılmazlığı anlaşılır. Bu varsayımdan çıkarak Milet yerli üretimini kanıtlayan ipuçları aramaya başladık.

Arkaik Dönem'in en önemli ticaret merkezi olan Milet'in, hangi seramik mamüllerle o dönemin pazarına katıldığını tesbit etmek arkeolojik ve kültür tarihi açısından çok önemlidir. Şimdiye kadar yürütülen bilimsel araştırmalara ve tartışmalara rağmen, henüz bugüne kadar Miletlilerin, o dönemin seramik üretimindeki payı bilinmemektedir.

Milet Arkaik Dönemi'ne ağırlık verildiği son yıllarda, bol miktarda seramiğin ele geçmesi, Milet yerli üretiminin kanıtı yolundaki ça-

* Dr. Ünsal YALÇIN, DMT- Deutsches Bergbau-Museum, Institut für Archäometallurgie, Herner Str. 45, D-44787 Bochum - ALMANYA

lişmalarımızı kolaylaştırmaktadır. Sadece 1989 Kalabaktepe kazılarında 174.678 adet seramik parçası bulunmuş ve buluntu statistiğine alınmıştır. Bu seramiğin 155.967 tanesi genel olarak günlük kullanımı kaplarından oluşan "kaba seramik", 18.611 tanesi ise "narin seramik" olarak tesbit edilmiřtir¹. Günlük kaplara ait seramik parçaları arasından 2909 parça amphora fragmanı olarak tesbit edilmiş, amphora parçalarının 1085 tanesi ise detaylı olarak araştırılmıştır. Bu rakamlardan anlaşılacağı gibi son 5 yıllık Milet kazılarında yüzbinlerce seramik parçası ile karşı karşıya bulunmaktayız.

Kalabaktepe yerleşme alanında 1989 dan beri yapılan kazılarda bulunan seramik cürufları (Resim: 1, 2), 1988'de Kalabaktepe'nin zirvesinde² ve 1990³, 1992⁴ yıllarında mahalle içinde bulunan mleki fırınları Arkaik Dönem'de yerel seramik üretiminin en belirgin kanıtlarını oluştırmaktadırlar. Resim 3' de mleki fırınlarına örnek olarak 1992 Kalabaktepe'de bulunan ve geçen sene tamamen kazılan fırın görülmektedir. Dairemsi bir plana sahip olan fırının, ızgarası dahil, alt kısmı sağlam kalmıştır.

Fırın konteksinde bulunan seramik ve diğer buluntular, fırının M.  7. yüzyılın sonu ve 6. yüzyılın başına tarihlenmesini gerektirir. Fırının, alışma çukurunda elde ettiğimiz cüruf, seramik ve diğer fırın malzemelerinden analiz için örnekler alınmıştır.

Milet'te, açığa çıkarılan bu mleki fırınları, yerli seramik üretiminin en önemli kanıtını oluştırmaktadır. Ayrıca 1992 fırını seramik rimi ile ilgili tüm Ege Bölgesi'nde döneminin en önemli buluntularından biridir⁵.

Bu değindiğimiz  faktör: 1. Seramik cürufları ve bozuk seramik . 2. mleki fırınları 3. Bol miktarda bulunan günlük kap ve narin seramik parçaları, Milet'te yerli üretim tesbiti için elverişli n şartları oluştırmaktadır.

(1) 1989 kazısında Kalabaktepe'de açığa çıkan seramik buluntularının hepsi, Milet buluntularının değerlendirilmesi programı içinde M. Heinz, A. Klmpers ve M. Seifert tarafından statistik açıdan değerlendirilmiştir. Makaleyi yayına vermeden önce okuyan ve imla hatalarını düzelten M. Orta'a teşekkürü bir borç biliriz.

(2) Bkz. V. von Graeve, IstMitt 40, 1990, 39-43.

(3) Bkz. M. Seifert, IstMitt 41, 1991, 134-136.

(4) Bkz. R. Senff, AA 1994

(5) Bkz. M. Seifert, RdA 1993, 40-50.

Yukarıda saydığımız faktörlere ek olarak Milet ve çevresinin jeolojik yapısının tanınması ve çevrede killi katmanların varlığı, çalışmalarımıza başka bir boyut kazandırmaktadır⁶.

Arkeometri

Kültür ve sanat eserlerinin araştırılmasında Fen Bilimleri ve çok yönlü bilimsel araştırmalar günümüzde gittikçe önem kazanmaktadır. Bilimsel analizler, antik teknolojiler ve o dönemde kullanılan objelerin olduğu malzemelerin nitelikleri hakkında detaylı bilgiler vermektedir.

Almanca literatürde arkeometri denince, fizik ve kimya gibi *riyazi ilimlerin* arkeoloji ve tarih bilimine uygulanması anlaşılmaktadır. Buna karşın İngiliz ve Amerikan literatüründe yer bilimleri, arkeometrik araştırmalarda ilk sırayı alır. Bizim kanaatimizce fizik ve kimyanın yanı sıra metal, seramik ve diğer tabii maddelerin kaynağının tesbitinde bil-hassa jeoloji ve mineralojinin önemi büyüktür.

W. Noll' a⁷ göre seramik insanlık tarihinde en eski üretimlerin başında gelir. İnsanoğlu seramiğin icadıyla ilk kez sadece taş, ağaç, kemik ve fildişi gibi tabii maddelere bağımlılıktan kurtularak günlük yaşantısında kullandığı eşyaları pişmiş topraktan imal etmeye başlamıştır.

Şayet seramiği, plastik özellikte kil ve benzeri ince taneli sedimanların şekil verilerek ve yüksek ısılarda pişirilerek stabilizesi sonunda elde edilen bir madde olarak tanımlarsak, geçmişini M. Ö. 7. binlere kadar takip edebiliriz.

Seramik arkeolojide çok önemli rol oynamaktadır; zira geçmiş kültürlerin izini taşıyan arkeolojik buluntular arasında, hemen her yerde ve bol miktarda seramiğe rastlanmaktadır. Seramik kısa dönemlerde vukuu bulan önemli kültürel-ekonomik ve politik değişikliklerin izlerini taşır ve bu yüzden arkeolojide *rehber fossil* (Leitfossil) olarak kabul edilmelidir.

Bir üretim merkezinde imal edilen seramik o merkez için tipik kimyasal ve mineralojik özellik gösterir. Yani bir üretim merkezinde kul-

(6) jeolojik araştırmalar 1990'dan beri Milet ve yöresinde yapılmaktadır. Bu çalışmalarda bir yandan çevrenin jeolojik yapısı araştırılmakta, diğer yandan ise çevredeki seramik imalatında kullanılabilecek kil yatakları aranmaktadır. Nitekim Büyük Menderes'in yatağında ve Milet bölgesindeki neojen sedimanlarında kil veya kil içerikli tortullar mevcuttur. *Geniş Bilgi için bkz. B. Schröder, IstMitt 40, 1990, 62-68; B. Schröder-Ü. Yalçın, IstMitt 41, 1991, 149-156; B. Schröder-Ü. Yalçın, IstMitt 42, 1992, 109-116; Ü. Yalçın, X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara, 1995.*

(7) W. Noll, *Alte Keramiken und ihre Pigmente* (1991)

lanılan seramik hammaddesi, o yörenin jeolojik yapısına göre kendine özgün *parmak izleri* taşır. Belirli bir merkezde üretilen seramiğin 1. o merkez için tipik özellikleri taşıması, 2. orada sık rastlanması 3. ve en iyi olasılıkla o yöreye mahsus bir veya birden fazla kil yataklarından kaynaklanması gerekir*.

Günlük kapların⁹ genel olarak bulundukları antik kentlerde imal edildikleri düşünülür. Bu nedenle yerli seramik imalatını bilimsel açıdan karakterize eden bir referans grubunu oluşturabilmek için özellikle günlük yaşamda kullanılan çanak çömlekler temel olarak alınmalıdır. Ayrıca kazılarda elde edilen seramik buluntuların ezici çoğunluğunu günlük kaplar oluşturmaktadır.

Kalabaktepe ve Zeytintepe kazılarında bugüne kadar bulunan Arkaik Dönem'den kalma tüm seramiği türlerine göre oranlarsak, %18 gibi önemli bir kısmını günlük yaşamda kullanılan amphoralar oluşturmaktadır. Hemen her dönemde karşılaştığımız amphoralar morfolojik özelliklerine göre belirli üretim merkezlerine bağlanır. Milet'te rastlanılan amphoraların da burada üretildiği düşünülebilir.

Milet'te bulunan amphoralarda İonia için önemli günlük kap dekorlarının hemen hemen hepsi, Fikellura amphoralarında ise ayrıca narin seramik dekorlarının önemli bir kısmı temsil edilmektedir. Ayrıca Chios tarzında yapılmış amphoralarla arkeolojik yoruma elverişli bir iç mukayese gurubu mevcuttur. Chios amphoraları kendilerine özgün tarzları ile diğerlerinden kolaylıkla ayrılmaktadır. Arkaik Kalabaktepe'de Chios tarzındaki amphoraların bol miktarda bulunması arkeometrik araştırmalarda bu türe ağırlık verilmesini getirmektedir. Yapılan analizlerle Chios tarzındaki amphoraların Milet'e ithal mi edildikleri veya Milet'te taklit mi edildikleri gibi sorulara da cevap aranmaktadır.¹⁰

Milet'te bilgisayar uygulamalı modern doküman sistemi sayesinde Arkaik Dönem'e ait her buluntunun envanteri yapılmakta ve bir mer-

(8) Bkz. G. Schneider, *BerlBeitrArchäom* 3, 1978, 63-122.

(9) Gerek kazılarda bol miktarda bulunmaları ve gerekse (örneğin: *narin seramik*le karşılaştırılırsa) fazla özenilerek yapılmamış olmalarından dolayı, günlük kullanıma yönelik işlevleri olduğu sanılan seramik türlerine *günlük kaplar* adı verilmektedir. Detaylı bilgiler için bkz. M. Waelkens, *Sagalassos I* (1993) 131-132.

(10) Chios tarzındaki kapların üretim yeri veya atölyeleri üzerine bilimsel tartışmalar kapanmamıştır. Chios başka merkezlerden gidilerek tesbit edilmeye çalışılan üretim merkezlerine klasik bir örnek oluşturmaktadır. Keza Chios adasında Arkaik Dönem seramik atölyelerine bugüne kadar rastlanmamıştır. Bkz. E.R. Price, *JHS* 44, 1924, 205-208; J. Boardman, *BSA* 51, 1956, 55-60; J. Boardman, *Kolonien und Handel der Griechen* (1981) 143-144; C. Bayburtluoğlu, in: *La Céramique de la Grèce de l'Est et leur Diffusion en Occident* (1978) 27-30

kezde toplanmaktadır. Böylece analizini yaptığımız her örneğin arkeolojik yorumuna ulaşabilmekteyiz. Arkeometrik araştırmaların bir başka amacı ise arkeolojik hipotezlerin bilimsel analizlerle kıyaslanması olarak gösterilebilir.

Doğu İonia seramiğini tesbit etmeyi amaçlayan temel araştırmalar son 20 yıl içinde Dupont¹¹ tarafından gerçekleştirilmiştir. Dupont bu araştırmalarında Milet'e de yer vermiştir. Fakat Dupont Doğu İonia ve dolayısıyla Milet Arkaik Dönemi seramiklerini koloniler sorunundan çıkarak değerlendirmeye çalışmıştır. Milet seramikleri ile ilgili arkeolojik ve fen bilimsel önerileri ve bu konuda şimdiye kadar yapılan araştırmalardan doğan hipotezleri özetle toplamak gerekirse:

A. Milet'te bulunan seramiklerde makroskopik izlenimlere göre ayrı özellikte hammaddelerin kullanıldığı tahmin edilmektedir.

B. Milet'te bulunan seramiklerin çoğunda "altınmsı Sistin" varlığından bahsedilmektedir.¹²

C. Gri kaplar, bantlı kaplar, boynu yivli amphoralar, hayvan firizli kaplar, Fikellura kapları, çeşitli tipte İonia kaseleri, dudaksız bantlı kaseler ve kuşlu kaselerin Milet'te üretildiği sanılmaktadır.

Milet üretimi olduğu düşünülse de bu kuşlu kaseler, İonia kaseleri ve gri kapların üretim yerleri bizce henüz belli değildir. Milet Arkeometri Programı içinde H. Mommsen ve M. Kerschner¹³ tarafından yapılan kuşlu kaselerle ilgili ilk araştırma ve analizler bu türün Milet üretimi olmadığını göstermektedir.

Milet'te gri kaplardan daha sık rastlanan "kahverengimsi" ve "portakalmsı" renkteki kapların da üretim yerleri bilinmemektedir.¹⁴

Arkeometride Araştırma Yöntemleri

Son yıllarda antik seramiklerin üretim yerlerinin tesbitinde, bilimsel analiz metodları uygulanmaya başlanmıştır. Ne yazık ki şimdiye kadar yapılan bu tür çalışmalarda, Arkeoloji ve Fen bilimlerinin birlikteliğine

(11) P. Dupont, RA 1, 1977, 105-114; P. Dupont, Dacia 27, 1983, 19-43; P. Dupont, in: Milet 1899-1980 (1986) 57-71.

(12) W. Voigtländer, in: Milet 1899-1980 (1986) 35-56.

(13) M. Kerschner-H. Mommsen et. al., Archaeometry 35, 1993, 197-210.

(14) "kahverengimsi" ve "portakalmsı" gibi terimler gri kaplar da olduğu gibi seramiğin pişme rengine göre kullanılmıştır.

az rastlandığından alınan sonuçlar başarılı olmamıştır. Örneğin; şimdiye kadar çizilen grafikler veya statistik tablolar, arkeologlar tarafından yorumlanabilecek özellikte olmadığından, amaca yeterince ulaşılamamaktadır. Öte yandan arkeologların modaya uyarak herhangi bir laboratuvarı yaptırdıkları analizlerse tam olarak değerlendirilememektedir. Bu tür disiplinlerarası çalışmalarda konu ile ilgili tüm bilim dallarının birlikte çalışmaları gerekir. Seçilen araştırma yöntemleri, sonuçların değerlendirilmesi ve yorumu yine projeye katılan bilim dalları tarafından yapılmalıdır. Ancak bu şekilde optimum bir sonuç elde etmek mümkün olabilir.

Milet amphoralarının bilimsel analizinde çeşitli araştırma yöntemlerinin kombinasyonu uygulanmıştır:

1. Seramik buluntuların makroskopik özelliklerinin tanımı: Bir seramik buluntunun tanımlanmasında şekil, dekor, boyama, astar, işaret, damga v.s. gibi arkeolojik kriterlerin yanı sıra, sertlik, sağlamlık, yoğunluk, renk veya pişme rengi, gözenek özelliği ve taze kırık özellikleri de gözönünde tutulmalıdır. Tanımlarda açık tarifli ortak bir terminoloji kullanmak gerekir. Yani ortak nitelikler için ortak terimler kullanılmalıdır. Ancak bu şekilde birbirleriyle kıyaslanabilen içerikler elde edilebilir. Bu yöntem bir seramik parçasının araştırılmasında, ona zarar vermeyen tek yol olarak gösterilebilir.

2. Röntgen Difraktometresi (XRD) ile incelenen seramikteki kil mineralleri, karbonatlar, mika ve kuvarz gibi seramiğin hamurunda ve katısındaki ana bileşenlerin tespiti: Bu analiz metodu ile seramiklerdeki muhtemel gruplaşmalar kaba olarak izlenebilir. Bu araştırmalar için 100 mg'dan daha az toz örnek yeterlidir.

3. Röntgen Floresens Spektrometresi (XRF) ile yapılan kimyasal analizlerle ana, yan ve iz elementlerin tespiti yapılmaktadır. Kusurlu pişmiş seramikler veya çürüflardaki element konsantrasyonlarının diğer düzgün pişmiş seramik buluntulardaki element konsantrasyonlarıyla karşılaştırılması, bize yerli üretim hakkında ilk bilgileri vermektedir. Birbirlerinden farklı parmak izi taşıyan üretim merkezlerinin tesbitine yarayan jeokimyasal referanslar bu metodla kazanılmaktadır. Bu araştırma yöntemi için en az 1.5 g toz örneğe ihtiyaç vardır.

4. Seramik buluntuların türlerine göre sınıflandırılması için yapılan ince kesitler mikroskop altında incelenerek bir yandan seramiğin mikro yapısı, diğer yandan detaylı olarak mineral içeriği tespit edilir. Özellikle katkı malzemesinin tespiti bu yöntemle yapılır. Seçilen bazı örnekler Ta-

ramalı Elektron Mikroskobu (REM) ile incelenerek pişme etkisiyle oluşan yeni mineraller tesbit edilir. Bu tür araştırmaların amacı; pişme derecesi, fırın içindeki gazların özelliği ve katkı malzemeleri gibi parametrelerin tesbitini yapmak ve böylece seramiğin yapım tekniği hakkında ipuçları yakalamaktır.¹⁵ En fazla fedakarlığı bu tür araştırmalarda göstermek gerekir. Zira 1 cm çapında ve seramiğin tam kesitini içeren örneğe ihtiyaç vardır.

5. Mineralojik ve analitik metodları kombine ederek astar, boya, bezek, sır, pekişme, dayanıklılık, atölye işareti v.s. gibi seramiğin yüzey özelliklerinin araştırılması.

Tüm bu saydığımız araştırma yöntemleri bize seramiğin üretildiği yerin tesbitinin (üretim merkezleri ve atölyeler) yanı sıra yapım teknolojisi hakkında da önemli bilgiler vermektedir.

Sonuçlar

Milet'te arkeometrik araştırmalara amphoralarla başlanmıştır.¹⁶ Son iki yıl içinde 6000'in üzerinde amphora parçası incelenerek statistik ve arkeolojik açıdan değerlendirilmiştir. Milet'te rastlanan amphoraları tarz ve dekor olarak 33 farklı özellik gösteren gruba ayırmak mümkün olmaktadır.¹⁷

Araştırılan amphoraların ezici çoğunluğu Milet için tipik bantlı ve dalgalı dekorlar göstermektedir. Amphoralara kronolojik açıdan bakılırsa, M.O. 7. yüzyıldan 5. yüzyıla kadar dekor ve tarz değişiklikleri göze çarpmaktadır. 7. yüzyıl'dan kalma Erken Arkaik amphoralarının ağız kenarları kısa ve köşelidir. 7. yüzyılın ikinci yarısından itibaren amphoraların boyun kısmındaki dekorlarda bazı değişiklikler izlenmektedir: Boynun ağıza ve omuza yakın kesimlerinde geniş, ortalarında ise dar ve dalgalı boya bantlar vardır (Resim: 4). 6. yüzyılın başından itibaren iki

(15) Seramik kapların pişirildiği ortamda üretilen ısı, kabın fırındaki konumu ve pişme süresi, kabın sertliğini ve dolayısı ile dayanıklılığını tayin eder. Fırına giren hava, ateşin canlanması ve böylece ısının artmasını sağlamasının yanı sıra pişen kabın sertliğini ve rengini etkiler.

(16) M. Seifert Milet Arkaik dönemi amphoraları üzerine yaptığı doktora çalışması ile 1989'dan bu yana Kalabaktepe ve Zeytintepe kazılarında elde edilen buluntuları ve daha eski kazılardan kalma amphora fragmanlarının önemli bir kısmını arkeolojik açıdan araştırmıştır.

(17) Milet'teki çok az miktarda tüm olarak çıkmış kap olduğundan, amphoraları belirli özellikte tiplere ayırmak sakıncalıdır. Bu nedenle amphoraların tanımında tipler kullanılmayıp ortak özellikleri içeren gruplardan bahsedilmektedir. Seramiklerin araştırılmasında genelde küçük parçalarla karşı karşıya olduğumuz için, ortak özelliklerin tanınmada ve grupların oluşmasında profilli parçalar kullanılmıştır. Burada kenarların mümkün olduğu kadar ağızdan

ince bant içeren ağız kenarları incelik, uzamaktadır; Amphoraların boyunlarında iki dalgali bant ve omuzlarında geniş bir bant bulunmaktadır (Resim: 5). 6. yüzyılın ortalarından itibaren boynu yivli amphoralar çoğalmaktadır. Bu amphoralarda yarım asır öncesinin dekorları az değişikliklerle devam etmektedir (Resim: 6). Bu dönemdeki amphoraların büyük bir kısmının çift kulplu oluşu dikkati çekmektedir.

Amphoralar, yukarıda sayılan dekor farklılıklarının yanı sıra şekil ve tarz olarak kronolojik gelişmeler göstermektedir. Erken Arkaik Dönem'de ağız veya ağız kenarı, boyun, gövde ve dip kısımlarının birbirinden keskin konturlarla ayrılmasına karşın, daha sonraları bu konturların gitgide çözüldüğü göze çarpmaktadır. Böylece farklı birimler arasında bir "Harmoni" yaratılmıştır. Ayrıca 6. yüzyıldan itibaren - özellikle 6. yüzyıl'ın ikinci yarısında- amphoraların boyunları incelik uzamakta, omuzları yuvarlaklaşmakta ve gövdeleri yassılaşıp oval bir şekil almaktadır.

Milet'te rastladığımız dalga bezekli amphoralar ve hayvan frizli amphoralar 7. yüzyılda ve yine bol miktarda rastladığımız Fikellura amphoraları ise 6. yüzyılda kendilerine has dekor ve tarzlarıyla ayrı bir grup oluşturmaktadırlar (Resim: 7). Yapılan bilimsel analizler sonunda Milet'te rastladığımız amphoraların büyük çoğunluğunun yerli üretim olduğu anlaşılmıştır.

Milet yerli üretimini tesbit amacıyla arkeolojik araştırmaları tamamlanmış 162 amphora parçası, 28 cüruf, fırın duvarından alınan 6 örnek ve 10 kil örneği yukarıda sayılan analitik ve mineralojik yöntemlerle araştırılmıştır.

İlk etapta "yerli" gözüyle bakılan cüruflaşmış parçalardan alınan örnekler araştırıldı. İnce kesitlerin mikroskop altında incelenmesi sonunda, cürufların genelde fazla ısı altında yer yer eriyerek camlaştıkları anlaşılmaktadır. Yeni oluşan veya değişikliğe uğrayan mineralojik fazlar, cürufların oluşma sıcaklığının 1000 derecenin ($^{\circ}$ C) üstünde olduğunu göstermektedir. Diffraktometre ile yapılan ölçümlerin de yardımıyla cüruflardaki katkıların genel olarak kuvars, sanidin ve anortit içerdiği anlaşılmaktadır. Öte yandan yüksek ısı etkisiyle - örneğin kristal kafesteki suyun buharlaşması ile - bozulmuş veya değişikliğe uğramış mika yaprakçıları tesbit edilmiştir. Mika ve diğer katkı minerallerinin Milet'te rastladığımız tüm cüruflarda bulunması Milet referansı için ilk özellik olarak kabul edilebilir.

Cüruf örneklerin ayrıca XRF yöntemiyle kimyasal analizleri yapılarak ana, yan ve iz komponentleri içeren toplam 33 element tesbit edil-

di. Analizlerden araştırılan cürufların %60 dan fazla SiO_2 içerdikleri göze çarpmaktadır. İkinci sırayı Al_2O_3 (%16) almaktadır. Yan komponentler arasında K_2O ortalama %4 oranla dikkati çekmektedir. Cüruflardaki yüksek potasyum oranı, içerdikleri miktardan gelmektedir. İz elementler arasında yüksek orandaki Ba, Zr, Ga elementleri dikkati çekmektedir. Bu yüksek oranlar Milet için tipik bir özellik oluşturmaktadırlar. Tüm analizler birbirleriyle kıyaslanacak olursa, aralarındaki içerik benzerliği göze çarpmaktadır. Resim 8 de örnek olarak cüruflardaki Cr ve Ni elementlerinin dağılımı görülmektedir.

Cüruflar gibi, seçilen amphora örnekleri de (162 adet) aynı yöntemlerle araştırıldı. Amphoraların da, cüruflarda olduğu gibi, mika, kuvarz ve sanidin minerallerince zengin oldukları izlenmektedir. Resim 9 da Milet amphoraları için tipik mineralleri içeren bir "diffraktogram" görülmektedir.

İnce kesitlerden amphoraların kil ve mikalı bir "Matriks" ten oluştuğu anlaşılmaktadır. Katkı maddeleri arasında volkanik kayaç ve metamorfitler hakimdirler. Metamorfitlerin gnays ve sist türünden oldukları izlenmektedir ve dolayısıyla Menderes masifini oluşturan kayaçlarla ilişkisi düşünülebilir.¹⁸ Katkı malzemeleri arasında özellikle birkaç mm büyüklüğünde sanidin içeren tüfler dikkati çekmektedir (Resim: 10). Milet ve çevresinde yapılan jeolojik araştırmalardan neojen katmanları arasında tüflü sedimanların varlığı bilinmektedir.¹⁹ Bu nedenle sanidinli tüflere Milet yerli üretimi için önemli bir "indikatör" olarak bakılabilir.

Amphoralardan alınan ince kesitler üzerine yapılan optik araştırmalardan seramiğin pişme sıcaklığının 800-900 °C olduğu anlaşılmaktadır. Sır, boya, atölye işaretleri ve astar gibi teknolojik özellikler üzerine araştırmalar devam etmekte olup, burada bu konuya girilmeyecektir.

Amphoraların kimyasal analizleri cüruf analizleri ile benzerlikler göstermektedir. Bazı element konsantrlerinde izlenen dağılım amphoralarda kullanılan katkı malzemesinden etkilenmektedir. Katkı malzemesinin miktar ve niteliğine göre K, Si, Ca v.s. gibi elementlerin konsantreleri değişebilir. Örneğin mika ve sanidinin katkı olarak kullanıldığı bir seramikte potasyum oranı yükselir.

(18) Milet'in doğusundaki Menderes Masifinden geçen Büyük Menderes ırmağının getirdiği mil içinde masifin malzemesi bulunmaktadır. Geniş bilgi için bkz. Ü.Yalçın, Petrologie und Geochemie der Metabauxite SW-Anatoliens (1987).

(19) Bkz. dipnot 6 ve 18.

Cüruf ve amphora analiz sonuçlarının eşit denilecek ölçüde benzerliği, bunların aynı malzemeden üretildiğini göstermektedir. Jeo-kimyasal değerlendirmeye uygun az mobil elementlerin²⁰ ve çevrenin jeolojik yapısından dolayı beklenen ana ve yan komponentlerin değerlendirilmesi bize yerli üretim için önemli ipuçları vermektedir. Elementlerin konsantreleri ikili veya üçlü gruplar halinde karşılaştırıldığında, cürufarla amphoraların benzerliği daha bariz bir şekilde açığa çıkmaktadır. Bu değerlendirmelere göre, araştırılan amphoraların yerli üretim olduğu anlaşılmaktadır. Resim 11' de örnek olarak Cr ve Ni elementlerinin cüruflarda ve amphoralarda dağılımı görülmektedir. Cr ve Ni, bir yandan az mobil karaktere sahip olmalarından diğer yandan ise ultrabazik kayalarda (örneğin ofiolit) zengin oluşlarından dolayı örnek olarak seçilmişlerdir. Ofiolitlerin bulunduğu bölgelerdeki kil yataklarında bu elementlerin konsantreleri normal kayaların çok üzerindedir ve dolayısı ile bu elementler seramik üretim merkezlerinin saptanmasında kullanılabilir. Resim 12'de Milet üretim amphoralarla Attika'da üretildiği sanılan SOS amphoralarının açık bir şekilde ayrıldığı görülmektedir.²¹

Hala bazı literatürlerde üretim yerinin Rodos adası olduğu savunulan Fikellura tarzındaki amphoralara Milet'te sık rastlanmaktadır. Dupont ise Fikellura kaplarının Milet'te de üretilmiş olması gerektiğini savunur.²² Çalışmalarımızdan alınan sonuçlar Dupont'un haklı olduğunu göstermektedir. Milet'te rastlanılan Arkaik Dönem'e ait Fikellura amphoraları Milet'te üretilmiştir. Resim 13'te Milet'te bulunan Fikellura amphoraların Cr/Ni diyagramı görülmektedir. Diyagramda Fikellura amphoralarının Milet'e mahsus alan içinde yer aldıkları açık bir şekilde göz önündedir.

Resim 14'te görüldüğü gibi Milet amphoralarından farklı tarz ve dekor gösteren "Chios Amphoraları"nın Milet'te taklit edilmediği sorusu yapılan araştırmaların başka bir konusunu teşkil etmekte idi. Analizlerden alınan sonuçlar, Milet'te bulunan Chios tarzındaki amphoraların yerli üretimden farklı içeriklerinin olduğunu dolayısı ile farklı malzemeden üretildiğini göstermektedir. Bu farklılık örnek olarak seçilen Cr/Ni diyagramında açık bir şekilde görülmektedir (Resim: 15). Chios tarzındaki amphoraların "Milet amphoraları"ndan farklı içeriği diğer diyagramlarda da izlenebilir (Resim: 15, alt diyagram).²³ Bu sonuçlara göre

(20) Bkz. V.M. Goldschmid, *Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente* (1924).

(21) Attikada ofiolit kökenli kil yataklarının varlığı bilinmekte olup, burada üretilen seramiğinde yüksek oranda Cr ve Ni içermesi gerekir. Bkz. V. Jakobshagen (editör), *Geologie von Griechenland* (1986); A.W. Johnston-R.E. Jones, *BSA* 73, 1978, 103-141.

(22) P. Dupont in: *Milet 1899-1980* (1986) 51-71.

(23) Mikaca Milet kadar zengin olmayan Chios tarzındaki amphoralar dolayısı ile Milet'e göre daha az K içerirler.

Chios tarzındaki amphoraların Milet'te taklit edilmeyip, Milet'e *ithal* edildikleri anlaşılmaktadır.

Milet'te rastladığımız "ithal" olduğu sanılan Klazomenai, Ephesos, Lesbos, Samos, Korinth ve Lakonien tarzındaki amphoralardan ilk aşamada yalnız birkaç tane analiz yapılmıştır. Bu amphoralar üzerine araştırmalar devam etmekte olup sonuçlar ileride ayrı bir makale ile sunulacaktır.

Milet bölgesinde antik kil yataklarına rastlanmamıştır. Bu nedenle seramik üretiminde kullanılan antik kil malzemesinin nitelikleri hakkında kesin bilgiler veremiyoruz. Antik seramik malzemesi hakkında bazı ipuçları elde edeceğimizi ümit ederek bölgede bulunan "rezent" kil katmanlarından alınan örneklerin analizleri yapılmıştır.²⁴ Bunun için hem Kalabaktepe'den hem de Büyük Menderes'in getirdiği sedimanlardan örnekler alınmıştır. Yapılan analizlerden her iki kilin de mikaca zengin olmaları dikkati çekmektedir. Ayrıca bu kiler içinde sanidinli tuf taneceklerle rastlanmaktadır. Analiz sonuçları yine Cr/Ni örneğinde Milet amphoraları ile karşılaştırıldığında, Arkaik Dönem'de muhtemelen her iki kilin karışımına yakın içerikli bir malzemenin kullanıldığı anlaşılmaktadır (Resim:16). Buna göre antik dönemde kullanılan seramik malzemesinin Milet bölgesinden gelmiş olması gerekir.

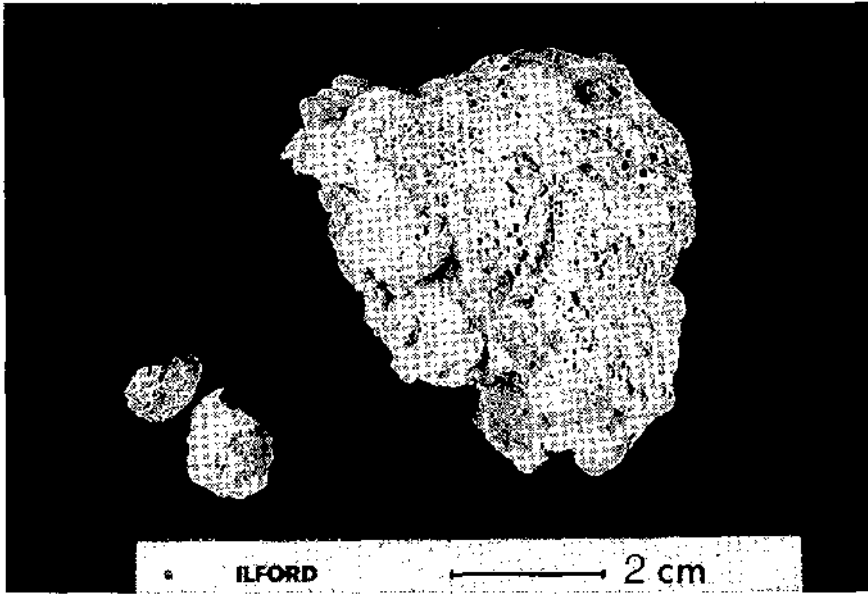
Gerek arkeolojik gözlemler gerekse şimdiye kadar yaptığımız arkeometrik araştırmalar Milet'te Arkaik Dönem'de seramik üretimini ispatlamaktadır. Milet için tesbit edilen "referans" şimdilik amphoralar için geçerli olup diğer seramik türleri de bu çalışmaların kapsamına alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- BAYBURTLUOĞLU, C., Les Céramiques chiotes d'Anatolie, in: Les Céramiques de la Grèce de l'Est et leur Diffusion en Occident (1978) 27-30.
- BOARDMAN, J., Kolonien und Handel der Griechen (1981)
- BOARDMAN, J., Chian and Naucratis, BSA 51, 1956, 55-62.
- DUPONT, P., Recherches du laboratoire sur les céramiques grecques orientales archaïques, RA 1, 1977, 105-114.
- DUPONT, P., Classification et détermination de provenances des céramiques grecques orientales archaïques d'Istros, Dacia 27, 1983, 19-43.

(24) Kil örneklerinin analizi B.Bay tarafından Bochum Ruhr Üniversitesi'nde yapılmıştır. Kendisine ve diğer emeği geçenlere teşekkürü bir borç biliriz.

- DUPONT, P., Naturwissenschaftliche Bestimmung der archaischen Keramik Milets, in: W. Müller-Wiener (editör) : Milet 1899-1980 (1986) 57-71.
- GOLDSCHMIDT, V.M., Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente (1924)
- JAKOBSHAGEN, V. (editör), Geologie von Griechenland (1986)
- JOHNSTON, A.W.-R.E. JONES, The "SOS"-Amphora, BSA 73, 1978, 103-141.
- KERSCHNER, M.-H. MOMMSEN et. al., Neutron Activation Analysis of Bird Bowls and Related Archaic Ceramics from Miletus, Archaeometry 35, 1993, 197-210.
- NOLL, W., Antike Keramiken und ihre Pigmente (1991).
- PRICE, E.R., The pottery of Naucratis, JHS 44, 1924, 183-219.
- SCHNEIDER, G., Anwendung quantitativer Materialanalysen auf Herkunftsbestimmungen antiker Keramik, BerlBeitrArchäom 3, 1978, 63-122.
- SCHRÖDER, B., Archäologisch-begleitende Geologie zur Grabung Milet, IstMitt 40, 1990, 62-68.
- SCHRÖDER, B.-Ü.YALÇIN, Geologische Begleituntersuchungen Milet 1990, IstMitt 41, 1991, 149-156.
- SCHRÖDER, B.-Ü. YALÇIN, Stand der archäologie-relevanten geologisch/hydrogeologischen Untersuchungen im Umfeld von Milet, Ist Mitt 42, 1992, 109-116.
- SEIFERT, M., Ein Töpferofen vor der Stadtmauer, IstMitt 41, 1991, 134-136.
- SEIFERT, M., Pottery Kilns in Mainland Greece and on the Aegean Islands, RdA 1993, 40-50.
- SEIFERT, M., Herkunftsbestimmung archaischer Keramik am Beispiel von Amphoren aus Milet (Dissertation Bochum 1994).
- SEIFF, R., Die Grabung am Kalabaktepe, AA 1994 (baskıda).
- VOIGTLÄNDER, W., Zur archaischen keramik in Milet, in: W. Müller-Wiener (editör) : Milet 1899-1980 (1986) 35-56.
- VON GRAEVE, V., Der Schnitt auf dem Gipfelplateau des Kalabaktepe, IstMitt 40, 1990, 39-43.
- WAELEKENS, M., Sagalassos I. First General Report on the Survey, 1986-1989, and Excavations, 1990-1991 (1993).
- YALÇIN, Ü., Petrologie und Geochemie der Metabauxite SW- Anatoliens (1987).
- YALÇIN, Ü., Milet'te Bilimsel Araştırmalar 1993, X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara 1994 (1995).



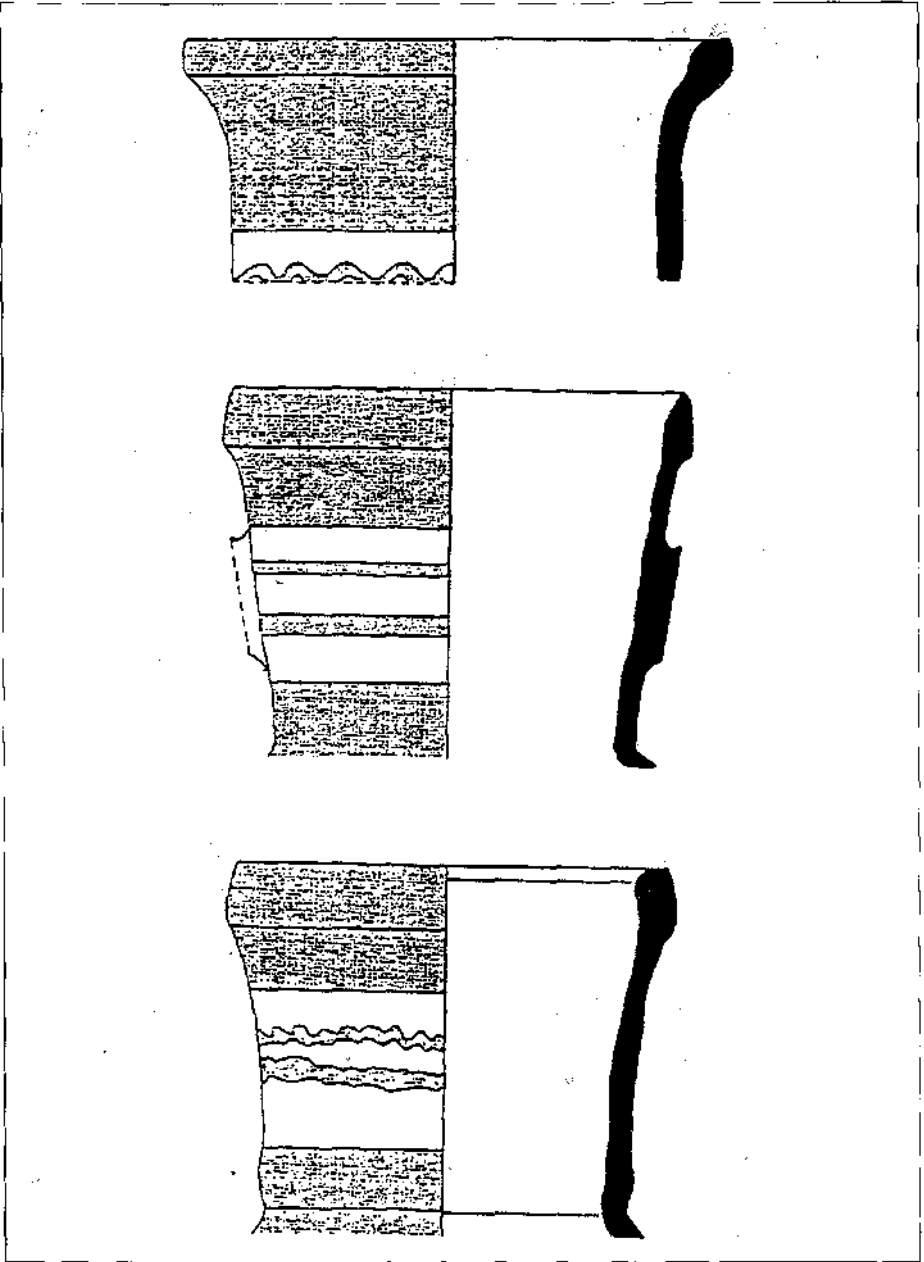
Resim: 1- Kalabaktepe 1990 kazılarında bulunan seramik cürufu



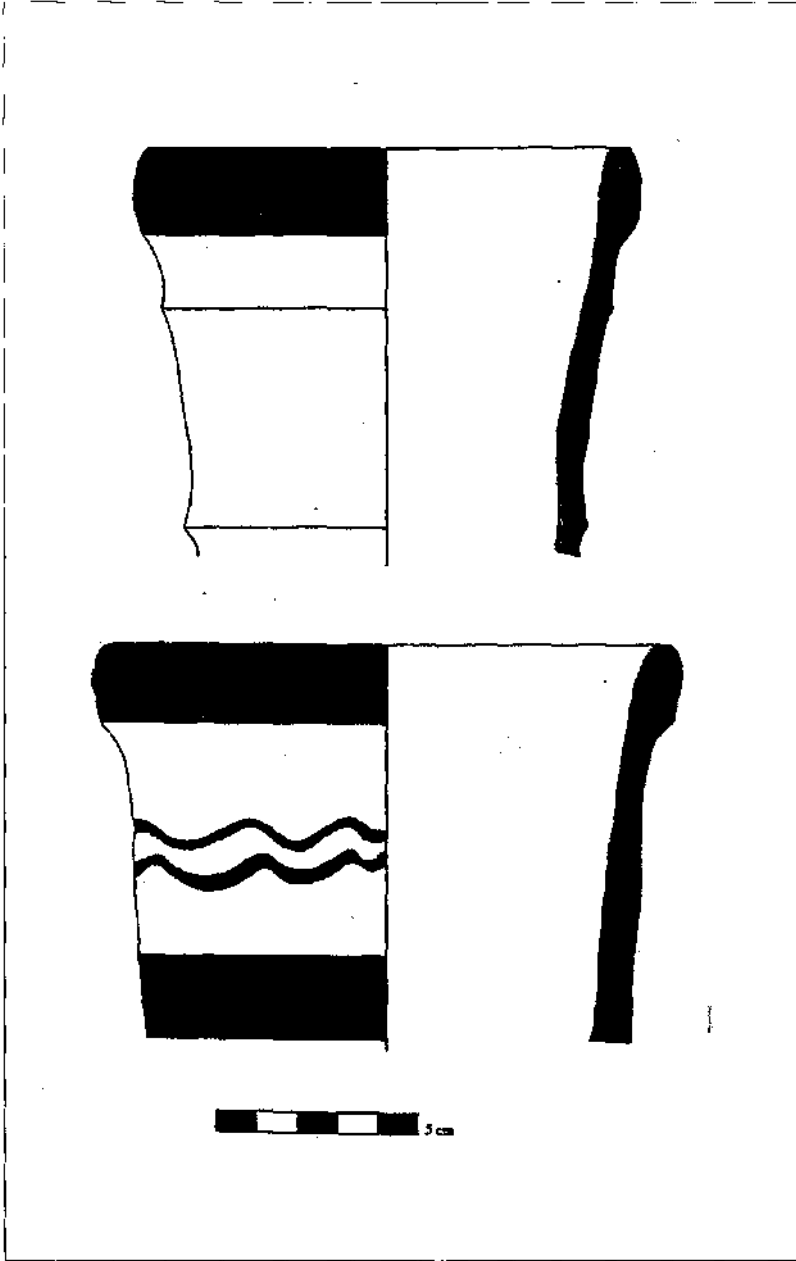
Resim: 2- Kalabaktepe 1992 kazılarında bulunan fazla pişme sonunda cüruflaşmış M.Ö. 7. yüzyıldan kalma bir amphora parçası



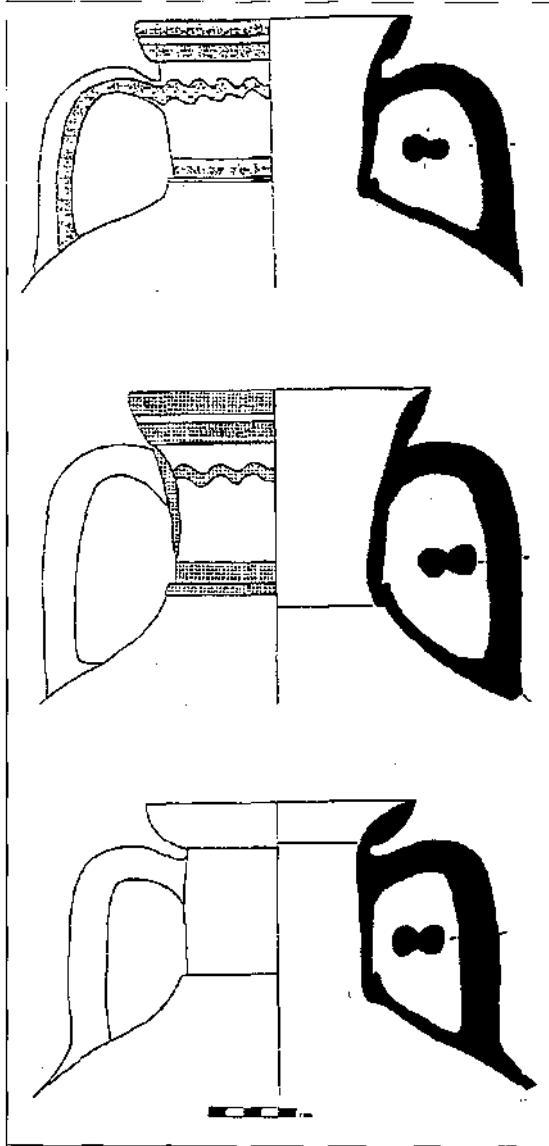
Resim: 3- Kalabaktepe 1992 kazılarında açığa çıkan çömlekçi fırını. Arkaik mahalle içinde bulunan fırının ızgarası ve alt kısmı sağlam olarak çıkmıştır.



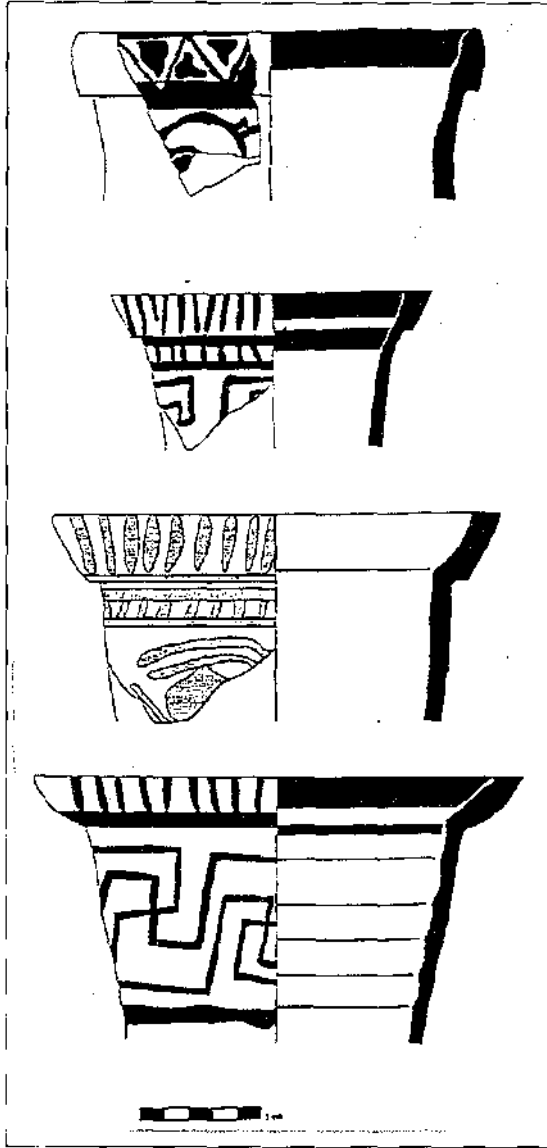
Resim: 4- M.Ö. 7. yüzyıl Milet amphoralarına bazı örnekler
(Yukarıdan aşağıya: K. 92. 808. 3; K. 90. 563, 11; K. 92. 490. 6)



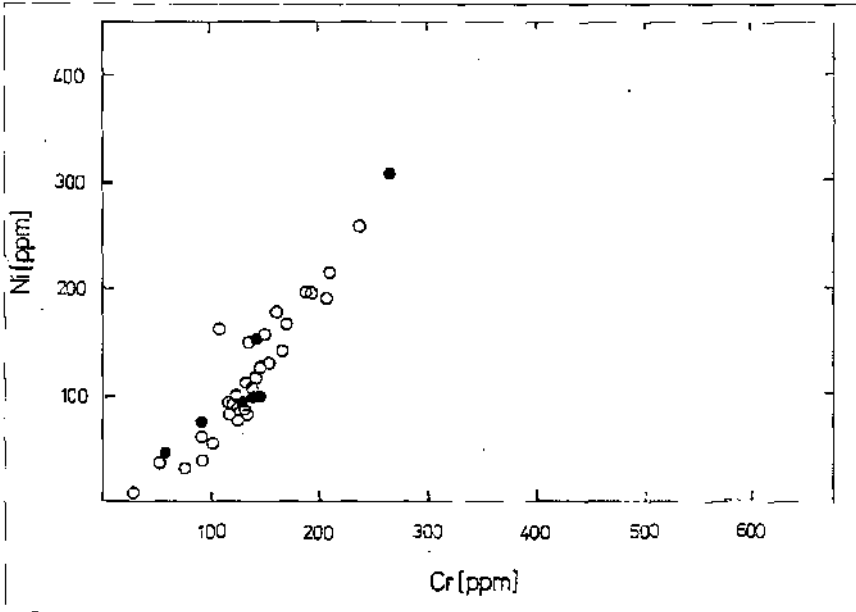
Resim: 5- M.Ö. 6. yüzyılın ilk yarısına ait Milet amphoralarına örnekler
(Yukardan aşağıya: K. 90. 636. 14; K. 91. 90. 14)



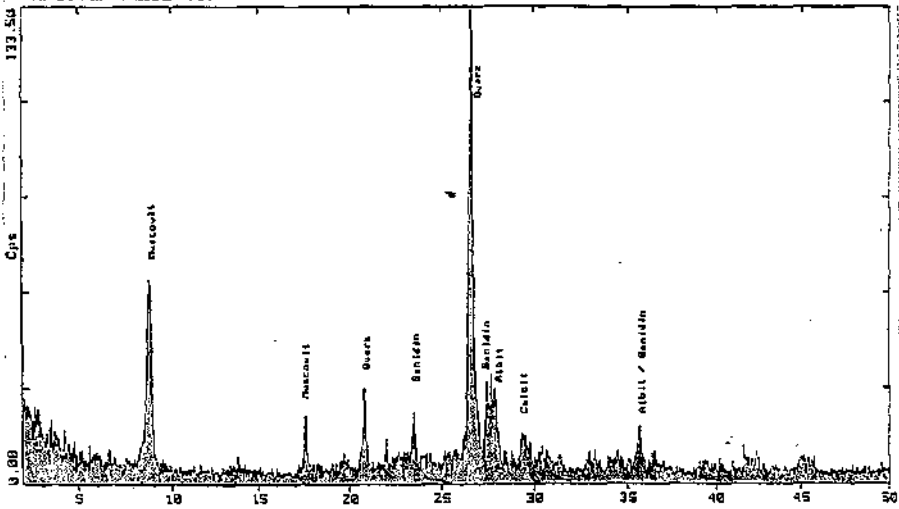
Resim: 6- M.Ö. 6. yüzyılın ikinci yarısına ait Milet amphoralarına örnekler (Yukarıdan aşağıya: Z.92.83.60; Z.92.83.54; Z. 92.83.57)



Resim: 7- Milet'te üretilmiş Fikellura amphoralarına bazı örnekler ve bir hayvan frizli amphora örneği (üstte). (Yukarıdan aşağıya: K.91.13.7; K.90.456.6; K.89.433.5; K.90.240.10)



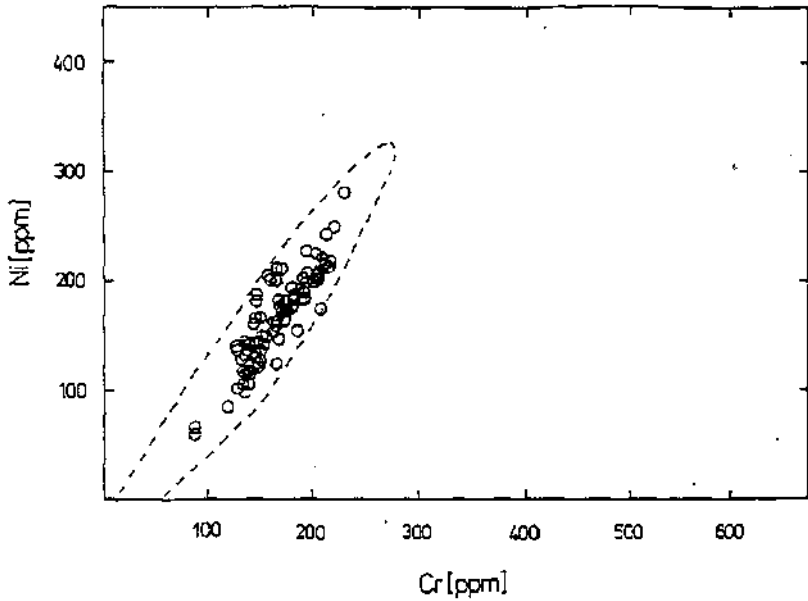
Resim: 8- Milet'te bulunan seramik çürüflerde ve fırın duvarından alınan örneklerde Cr ve Ni konsantrasyonlarının karşılaştırılması. (İçi boş daire noktalar: Çürük örnekleri; içi dolu noktalar: Fırın duvarından alınan örnekler)



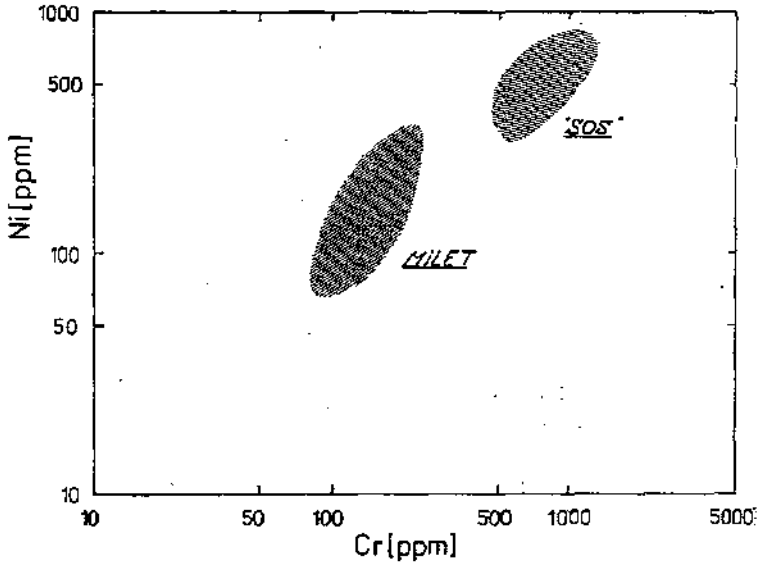
Resim: 9- Milet amphoraları için tipik Diffraktogram'da amphoraların ana bileşenleri görülmektedir.



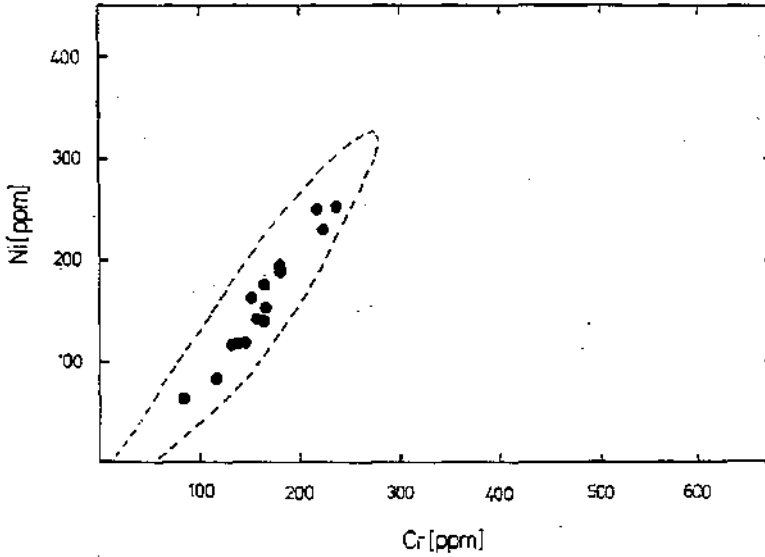
Resim: 10- Bir Milet amphorasının mikro yapısında sanidin (Sa) içeren tüff tanecikleri (açık gri) katkı malzemesi olarak görülmektedir. (Resmin uzun kenarı: 1.5 cm).



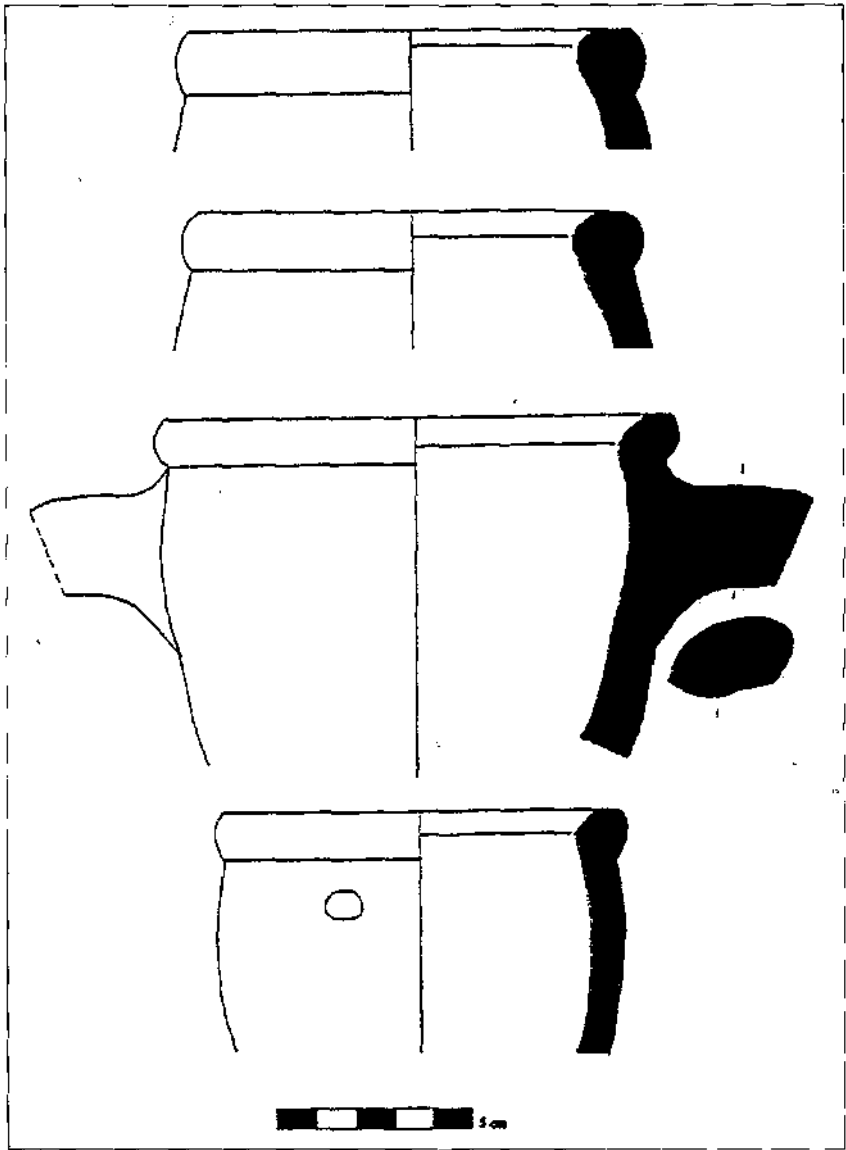
Resim: 11- Milet'te bulunan cüruflarda ve amphoralardaki Cr ve Ni konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Cürufların içinde bulunduğu alan kesik çizgilerle belirtilmiştir. Milet'teki amphoraların büyük bir kısmının cüruflara ait alanda bulunmaları dikkati çekmektedir.



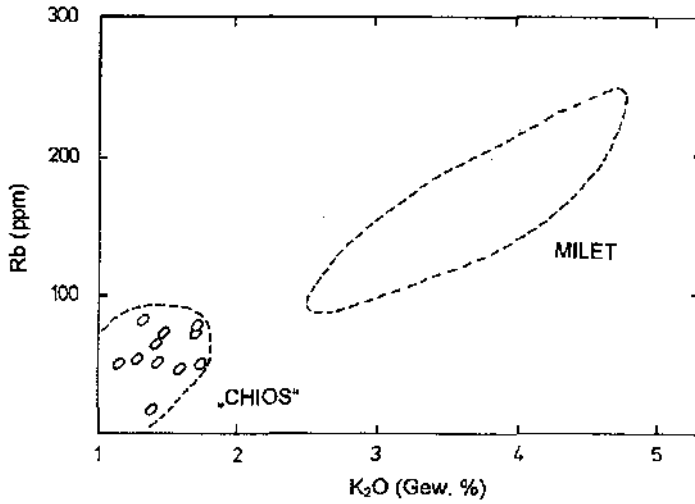
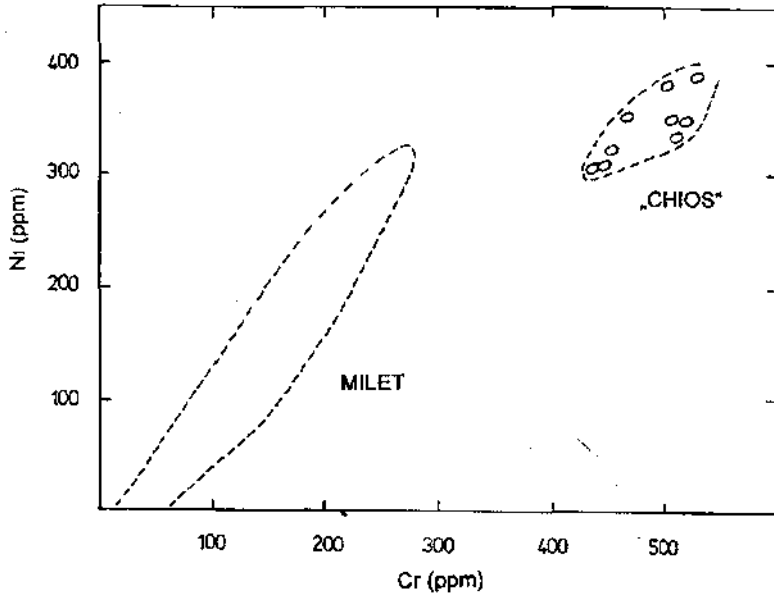
Resim: 12- Milet amphoraları ile SOS amphoralarının Cr/Ni dağılımına göre karşılaştırılması. Atina, Megara ve Pithekoussai 'da bulunan SOS amphoralarının analizleri Johnston (1978) dan alınmıştır.



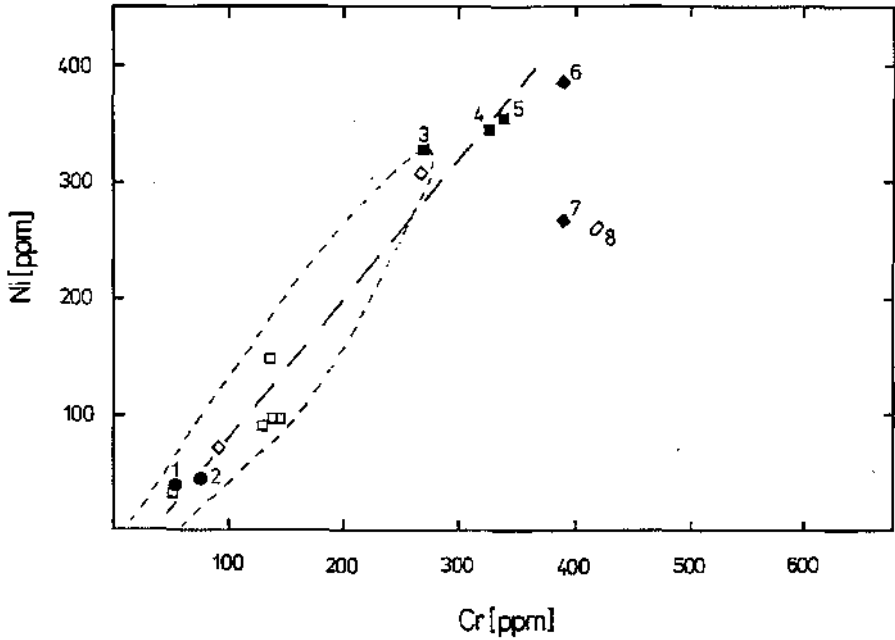
Resim: 13- Fikellura amphoralarının Cr/Ni dağılımı; diyagramda Fikellura amphoralarının Milet için tipik alanı içinde yer aldıkları görülmektedir.



Resim: 14- Milet'te bulunan Chios tarzındaki amphoralara bazı örnekler (Yukarıdan aşağıya: K.85.251.2; K.85.143.2; K.85.524.26; K.85.354.3)



Resim: 15- Milet'te bulunan Chios tarzındaki amphoraların Cr/Ni diyagramında (üst diyagram) Milet amphoraları ile karşılaştırılması. Cr ve Ni ce zengin olan Chios tarzındaki amphoralar Milet referans alanı dışında kalmaktadırlar. Milet'te bulunan Chios tarzındaki amphoraların K₂O/Rb diyagramında (alt diyagram) Milet amphoraları ile karşılaştırılması. Mikaca fakir olan Chios tarzındaki amphoraların Milet amphoralarından farklı içerikli oluşları bu diyagramda da açıkça görülmektedir.



Resim: 16- Milet bölgesinden alınan "rezent" ton örneklerin Cr/Ni diyagramında Milet referansı ile karşılaştırılması. Resimde fırın malzemesinin ve Kalabaktepe kil örneğinin Milet referans alanında bulundukları dikkati çekmektedir. Menderes'in yatağından alınan kil örnekleri ve Balat köyündeki kil çukurunun yüzeyden 40 cm derinliğinden alınan örnek, Cr ve Ni ce biraz zengin görünmektedirler. Kalabaktepe ve Menderes yatağından alınan malzemelerin karışımı, hangi oranda olursa olsun Milet referans alanı içine düşer. 7 ve 8 no lu örnekler ise farklı özellik göstermektedirler.

(1 no lu analiz: 1992 de bulunan çömlekçi fırınının çukurundan alınan kil örnek; 2: Kalabaktepe'den alınan yeşil kil örneği; 3-5: Büyük Menderes'in yatağından alınan örnekler (30-50 cm derinlikten alınmıştır); 6,7: Balat köyünde yine B. Menderes'in yatağında bulunan ve yakın zamana kadar çömlekçilikte kullanılmak üzere işletilen küçük bir kil çukurundan alınan iki örnek (6 no lu örnek 40 cm derinlikten, 7 ise yüzeyden alınmıştır); 8: Söke'nin doğusundan alınan bir kil örneği; diğer kare noktalar: Kalabaktepe 1992 fırınından alınan örnekler.

VAN - YUKARI ANZAF KALESİNDE BULUNAN METAL ESERLER ÜZERİNE ARKEOMETALURJİK ARAŞTIRMALAR

Ünsal YALÇIN *
Oktay BELLİ
Robert MADDİN

Özet

Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan ve şimdiye kadar ok ucu olduğu sanılan "demir" silahlar kargı ucu olarak tanımlanmıştır. Arkeometalurjik araştırmalardan bunların sap ve gövde olmak üzere iki ayrı bölümden oluştuğu anlaşılmaktadır. Sap , dövülmesi kolay karbonsuz demirden, gövde kısmı ise orta derece sertlikte çelikten yapılmıştır. Bu gözlemler, M.Ö. 1. binin ilk yarısında Urartuların metal işleme sanatında doruk noktaya eriştiklerini kanıtlamaktadır.

Giriş

M.Ö. 1. binin ilk yarısında Doğu Anadolu, Transkafkasya ve Kuzeybatı İran bölgesinde egemenliğini sürdüren Urartu Krallığı, Anadolu ve eski önasya dünyasının en büyük madenci toplumdur. Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan zengin bakır, kurşun, gümüş ve demir yatakları, Urartu Krallığı döneminde büyük oranda işletilmiştir. Elde edilen metaller, krallık tarafından kurulan kalelerin atölyelerinde işleniyordu. Altın, gümüş, bakır ve kurşundan çeşitli alaşımlar elde etmeyi biliyorlar ve bu metalleri başta ziynet eşyası olmak üzere çeşitli amaçlarda kullanıyor-

* Dr. Ünsal YALÇIN, DMT- Deutsches Bergbau-Museum, Institut für Archäometallurgie, Herner Str. 45, D-44787 Bochum - ALMANYA.
Doç.Dr. Oktay BELLİ, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, 34459 İSTANBUL
Prof. Dr. Robert MADDİN, P.O.B. 568, New Seabury, MA 02649, U.S.A.

lardı. Urartu ustaları bilhassa demir ve bronz işlemeciliğinde olağanüstü bir gelişme göstermektedirler. Demirden yapılmış çalışma aletleri sayesinde büyük yapılar ve anıtlar inşa etmişlerdir. Bugün Urartulardan kalma madeni eserler, özellikle bronz kaplar, tüm dünyada müzeleri süslemektedir.

Bugünkü Van kentinin 11 km kuzeydoğusunda yer alan Urartu Kralı Menua (yak. M.Ö. 810-786) döneminde kurulan Yukarı Anzaf Kalesi bu bölgenin en önemli yerleşme merkezlerinden biriydi (Resim:1). 1991 yılından beri yapılan kazı çalışmaları sonucunda, Urartuların ulusal tanrısı *Haldi* 'ye ait tapınak ve çevresinde ortaya çıkarılan bronz ve demirden yapılmış çeşitli eşya, alet ve silahların fazlalığı dikkat çekicidir. Bol miktarda ele geçen bu metal eserlerin Yukarı Anzaf Kalesi'nin atölyelerinde üretilmiş olmaları düşünülebilir. Demir silahlar arasında "ok uçları" ve kılıç parçaları çoğunluğu oluşturmaktadır.

Bronz ve demir eserlerden seçilen bazı örnekler kimyasal (analitik), mineralojik ve metalurjik metotlarla incelenmektedir¹. Bu yazımızda bazı demir silahların "ok uçları" araştırılmasından alınan sonuçlardan özetle bahsedilecektir. Araştırmalar devam etmekte olup sonuçlar detaylı olarak yayına hazırlanmaktadır.

Arkeometalurji

Son yıllarda Arkeoloji ve eski tarih gibi "kültür bilimleri" ile fen bilimleri arasında, eski madencilik teknolojisini araştırmak amacını taşıyan yeni bir disiplin oluşmaktadır².

Arkeometalurji'yi bir yerde eski kültürlerin madenci ustalarını metali kazanırken ve işlerken izlemek diye tarif edebiliriz.

Eski çağların metallere göre isimlendirilmesi, metallerin insanlık tarihinde oynadığı önemli rolü gösterir. İnsanların metalle tanışmasını M.Ö. 8. binlere tarihlenmekteyiz³. Metallerin alet olarak kullanılmaya başlaması, insanların günlük yaşamlarını ve gelişmelerini önemli ölçüde etkilemiştir. İşte burada Arkeometalurjinin önemi anlaşılmaktadır. Onun

- (1) Metal objelerin araştırılması Deutsches Bergbau-Museum Bochum'da yapılmaktadır.
- (2) Arkeometri'den içinde bulunduğumuz yüzyılın başlarından beri mermer, obsidien v.s. gibi tabii maddelerin kaynağının tesbiti için yararlanılmasına karşın, Arkeometalurji henüz "eksotik" olarak bakılan yeni bir disiplindir.
- (3) İnsanlık tarihinde en eski metali bakır olduğu bilinmektedir. Son yıllarda Çayönü Tepesi'nde ve Aşıklı Höyük'te yapılan kazılarda çıkan bakır eserler M.Ö. 8. ve 7. binlere tarihlenmektedir. Geniş bilgi için bkz. U.Esin, XIV. Kazı Sonuçları Toplantısı, 1992, 131-146. Hauptmann et. al., 1993, Alba Palmieri dedicata, 541-572.

görevi eski madenciliği araştırmaktır. Arkeometalurjinin başlıca görevlerini, eski dönemlerdeki cevher yataklarının işletmeciliğinin ve izabe veya ergitme, döküm, dövmeçilik, kaplamacılık v.s. gibi teknolojilerin araştırılması olarak sayabiliriz. Arkeometalurji ayrıca metallerin geliş kaynaklarını araştırır. Böylece hem eski kültürlerin teknolojileri hakkında bilgi edinilmiş olur hem de toplumların ticari ilişkileri hakkında yeni veriler kazanılır.

Yapılan araştırmalarda metal buluntuların yanı sıra cürufların payı da çok önemlidir. Zira cüruflar hem oluştukları yerde çöp olarak atıldıklarından madenciliğin en önemli delillerini oluştururlar hem de teknolojik parmak izleri taşırlar; bu yüzden eski izabe veya ergitme teknolojileri ancak cürufların araştırılması sonunda kısmen anlaşılabilir. Arkeometalurjiye yöneltilen sorulara göre, cüruf ve metal buluntuların yanı sıra kazılarda elde edilen odun kömürü, fırın malzemeleri, seramik, pota, kalıp, kavrulmuş cevher v.s. de incelenmelidir.

Araştırmalar

İstanbul Üniversitesi, Prehistorya Anabilim Dalı ile Deutsches Bergbau Museum'un birlikte yürüttükleri bir proje ile 1991-1993 yıllarında Yukarı Anzaf Kalesi kazılarında bulunan bazı demir ve bronz objeler arkeometalurjik yöntemlerle araştırılmaktadırlar⁴. Amaç madencilikte usta Urartuların metal işleme teknolojileri hakkında ipuçları elde etmek ve dolayısı ile M. Ö. 1. bin Anadolu'su hakkında bilgi kazanmak olarak özetlenebilir⁵.

Resim 2 de demir buluntulardan bir kısmı toplu halde görünmektedir. Resimde görüldüğü gibi araştırılmakta olan buluntuların çoğunluğunu "ok uçları" oluşturmaktadır. Genelde söğüt yaprağını andıran ok uçları farklı büyüklükte olmaları ile dikkati çekmektedir. Bu objelerin çoğunun sap ve uç kısımlarının daha çok aşındıkları ve yer yer kırıldıkları izlenmektedir. Ayrıca oksidasyondan etkilenerek kabuk bağlayıp patlamışlardır (korozyon tabakası). Genel olarak sapı ile birlikte uzunlukları 11 ile 14 cm arasında olan bu uçların gövde uzunlukları 6.5-8.0 cm arasında, gövde genişlikleri ise 1.6-2.1 cm arasında değişmektedir (Resim: 3). Ağırlıkları ise, objenin sağlamlığına göre 10 ile

(4) Yukarı Anzaf Kalesi'nde kazı çalışmaları Doç.Dr.O.Belli tarafından yapılmaktadır. Bkz. O.Belli, Arkeoloji ve Sanat, Sayı 58 (1993)

(5) Bu yazımızda yalnız bazı demir objelerden bahsedilecektir. Diğer demir ve bronz eserler geniş kapsamlı diğer bir makale ile detaylı olarak yayına hazırlanmaktadır.

22 gram arasında oynamaktadır. Sapları sağlam ok uçları gözönünde tutulursa, en az 13 gr ağırlık kabul edilmelidir.

M. Korfmann eski atıcı silahlarla ilgili araştırmalarında, prehistorik ok uçlarına ağırlık vermiştir⁶. Korfmann'a göre, atletik insanların kullanabileceği en ağır yay 80 lb gücünde kabul edilmektedir⁷. Bu yay ile hedefe en iyi bir şekilde ulaşabilmek için kullanılacak okun ağırlığı 35.0 - 46.6 gr arasında değişebilir. Aynı yay veya ok için gereken metal ucun ağırlığı ise 4.6 ile 6.6 arasında olmalıdır.

Korfmann Arap atıcılık eğitimini konu alan literatürden yararlanarak okun ağırlığının 1/7 sini ucun oluşturduğunu belirtmektedir. Arap atıcılarına göre, 58.4 gr ağırlığındaki bir ok, kullanılabilir en ağır ok olarak sayılmaktadır. Bu okun atılabilmesi için ise 82 lb'den daha güçlü bir yaya ihtiyaç vardır⁸. Burada da atıcılıkta kullanılabilir en ağır ok ucu için 6.6 gr (başka bir çizelgeye göre ise 8.3 gr) ağırlık açığa çıkar. Korfmann Arapça literatürden giderek prehistorik ok uçlarının en fazla 7.0 gr ağırlığında olabileceklerini savunur. Korfmann'ın tesbitlerinden gidersek, Yükarı Anzaf Kalesi buluntularının ok ucu olmadıklarını kabul etmemiz gerekir. Zaten farklı büyüklük ve ağırlıkta olmaları da bunların ok ucu olmayacaklarını göstermektedir. Bizce bu objeler kargı ucu olarak kullanılmıştır. Daha çok yaban domuzu, keçi v.b. gibi hayvanların avlanmasında kullanılan küçük boy kargıların ucuna takıldığı düşünülebilir. Makalenin bundan sonraki bölümünde ok ucu yerine "kargı ucu" terimi kullanılacaktır⁹.

Objelerin, yüzeylerinin makroskobik ve mikroskobik incelenmesi sonunda çeşitli deformasyonlara uğradığı izlenmektedir. Çoğunlukla kullanılmış olmaları nedeniyle objelerin özellikle uç kısımlarında aşınmalar ve bükülmeler olduğu görülmektedir. Sap kısmında rastlanan ağaç izlerinden, sapın ağaç bir kargıya geçirilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Seçilen kargı uçları, ölçülüp tartıldıktan sonra, bunların radyografileri çekilmiştir¹⁰. Amaç, araştırılan objenin iç yapısının görütülenmesidir. Resim 4'de 17.37 gr ağırlığındaki bir kargı ucunun röntgen resmi görülmektedir. Burada objenin sap ve gövde olmak üzere iki

(6) Bkz. M.Korfmann, Schleuder und Bogen is Südwestasien (1972)

(7) Yayı germek için gereken kuvvet İngiliz ölçü birimi Pfund Avoirdupois ile ölçülür (1 lb=453 gr)

(8) Bkz. Korfmann (1982), s.34-37; Faris/Elmer 1945, 113-116.

(9) Mızrak ucundan daha küçük olan, burada olduğu gibi, kargı uçlarına Almanca literatürde elle atılan kargı ucu anlamına gelen "Wurfspeerspitze" denilmektedir.

(10) Kargı uçlarının radyografi resimleri Dortmund Üniversitesi'nde bilgisayarlı röntgentomografisi ile yapılmıştır.

ayrı parçadan oluştuğu anlaşılmaktadır. Yuvarlak sap, gövdenin içine girmekte ve burada yassılaşmaktadır. Sapın gövdeye girdiği bölüm silindirik şeklindedir. Söğüt yaprağını andıran gövde uca doğru incelmektedir. Objenin sap kısmına yakın yerinden alınan bir kesitte sap ve gövdenin ayrı özellikler taşıdığı açık olarak izlenmektedir (Resim: 5). Gövde kendisini koyu bir refleksiyonla gösterirken, gövde içinde kalan sap açık gri renktedir. Ayrıca sapın gövde içinde kalan kısmının yassılaşmış olduğu gözlenmektedir.

Araştırmaların bu aşamasında, alınan sonuçlar ışığında, objenin sap ve gövde kısmından alınan örneklerden parlak kesitler yapılarak, bunlar mikroskop altında incelendi. Yapılan mikroskobik araştırmalarda sap ve gövdenin farklı strüktür yapıya sahip oldukları anlaşılmaktadır (Resim: 6, 7). Resim 6' da gövdenin , 7' de ise sapın mikro yapısı görülmektedir. Sap karbon oranı çok düşük veya karbonsuz ferrit kristallerinden oluşurken, gövdenin perlit ve perlitler arasında ikincil zementit (Fe_3C) kristallerinden oluştuğu göze çarpmaktadır. Böylece araştırılan kargı ucunun sap kısmının karbonsuz demirden, gövde kısmının ise çelikten yapıldığı anlaşılmıştır. Bu izlenim diğer kargı uçları için de geçerli olup, Yukarı Anzaf Kalesi'ndeki tesbitlerle Urartuların M.Ö. 9. ve 8. yüzyıllarda demir teknolojisindeki önder rolleri bir kez daha kanıtlanmıştır¹¹.

Araştırmalar tamamlandıktan sonra objeler temizlenmekte, eksik yerleri (örnek alınan yerler) araldit ve grafit tozu karışımı ile doldurulmakta ve restorasyonu yapılmaktadır¹². Resim 8' de restorasyonu yapılan bir kargı ucunun restorasyondan önce (8-A) ve sonraki hali (8-B) görülmektedir. Bu çalışma ile objelerin üzerindeki oksidasyon tabakası (korozyon) temizlenmekte ve böylece orijinal yüzeyi ortaya çıkartılmaktadır. Temizlik ve tamamlama işlemi biten objelerin $FeCl_3$, $Fe(NO)_3$ v.b. gibi zararlı tuzlardan arındırılması gerekir. Zira bu tuzlar uygun ortamlarda asitlere dönüşerek metale zarar verebilirler. Objelerin yüzey tabakalarının bu nedenle restorasyondan önce Taramalı Elektron Mikroskop'u ile yarı kuantitatif analizleri yapılmaktadır. Yapılan araştırmalardan korozyon tabakasının sadece Fe_2O_3 'den oluştuğu ve yukarıda bahsedilen tuzları içermediği anlaşılmıştır.

(11) Bkz. J.Piaskowski/R.-B. Wartke, Forschungen und Berichte 27, 1989, 89-113.

(12) Eserlerin restorasyonu Deutsches Bergbau-Museum'un laboratuvarında öğrenim gören A.Çorbacı tarafından yapılmıştır. Ayrıca Restorasyonu yapılan objelerin şekilleri de yine A.Çorbacı tarafından çizilmiştir. Kendisine başarılı çalışmalarından dolayı teşekkürü bir borç biliriz.

Temizleme ve restorasyon işlemi biten objelerin yüzeyi önce "lak" ve sonra "wax" ile kaplanır. Böylece objeler, değişen ortam şartlarına karşı en iyi bir şekilde korunmaya alınmış olmaktadır.

Sonuç

Yapılan metalografik araştırmalardan kargı uçlarının farklı karakterde iki ayrı malzemeden yapıldıkları anlaşılmaktadır. Objelerin gövde kısmı karbon oranı 0.3 ile 0.6 arasında değişen çelikten, sap kısmı ise karbon oranı düşük veya karbonsuz demirden yapılmıştır. Gövde kısmından tam kesit aldığımız zaman, iki ayrı parçanın kaynatıldığı izlenmektedir (Resim: 9). Farklı karbon içeren çelik parçaları kaynak yapılarak birleştirilmiştir¹³. Objelerin elde edildiği bu tekniğe "damas" tekniğinin ilk safhaları gözüyle bakılabilir.

Temizlenen ve böylece orijinal yüzeyi açığa çıkan objelerin gövde kısmının bir yüzeyinin düz, diğer yüzeyinin ise simetrik dışbükey profile sahip olduğu görülmektedir.

Şimdiye kadar yapılan gözlemlere dayanarak, kargı uçlarının yapım tekniği hakkında özetle şunlar söylenebilir:

- Gövde, karbon oranı farklı iki parçadan oluşmaktadır. Karbonsuz sap, iki metal arasına konularak kaynak işlemi yapılmış olmalıdır (Resim: 10).

- Gövde, karbon oranı homojen olmayan tek bir parçadan oluşabilir; levha haline getirilmiş bir çelik parçanın arasına sap konularak ikiye katlanıp, kaynak yapılarak dövülmesi yoluyla da yapılmış olabilir (Resim: 11).

- Her iki yöntemde oksidasyonu önlemek için metaller arasında kum kullanılmıştır. Bu, kaynak yerlerinde kalmış ve uzamış yapıda olan curuf artıklarından anlaşılmaktadır.

(13) İki ayrı demir veya demir-karbon alaşımını (çelik) birleştirmek için kaynak yöntemi uygulanır. Bu işleme Almanca'da "schweißen" denilmektedir. Demir parçalar odun kömüründe ısıtılır ve dövülür. Bu sırada dövülen yüzeyde bir oksidasyon tabakası oluşur. Bu oksidasyon tabakası parçaların iyi kaynamasına engel olduğu için, katkı ("Flussmittel") kullanılır. Araştırılan objelerde katkı olarak SiO_2 (kum) kullanılmıştır. Parçanın üzerine serpilmiş kum, oluşan demiroksitle birleşerek camı cüruf oluşturur. Demir parçaların kaynak yapılması sırasında bu camı cüruf arada oluşacak fazla oksidasyonu önler. Parçalar birleştirilirken ne kadar iyi dövülürse, birleşme yeri de o oranda yok olur. Dövme sırasında, oluşan cürufun bir kısmı tekrar objeden ayrılır. Objeden ayrılan cüruf damlacıkları, dökülen oksidasyon kabuğunun parçaları, demirci ocağının kenar ve tabanındaki kil malzeme, odun kömürü v.s. ocağın tabanında toplanarak, göreğimsi bir yapıya dönüşür (Demirci Cürufu).

- Kaynak işlemi bittikten sonra, gövdeye şekil vermek için negatifi ikizkenar üçgeni andıran bir kalıp kullanılmış olması gerekir. Gövde kalıba yerleştirilip üst yüzey çekiçe dövülerek şekillendirilmiştir. Böylece dövülen yüzey düzleşmiş, kalıba gelen yüzey negatifi şeklini almıştır (Resim: 12). Bu işlem sırasında sapın gövde içinde kalan kısmı da dövülmüş ve gövde içinde yayılmıştır (Resim: 4). Bu da sap ve gövdenin sağlam bir şekilde kaynamasını sağlamaktadır.

Alınan sonuçlar, Urartuların M.Ö. 9. ve 8. yüzyıllarda demir işleme sanatında ne kadar usta olduklarını göstermektedir. Piaskowski ve Wartke, M.Ö. 7. yüzyıla tarihlenen Urartu metal eserleri üzerine yaptıkları araştırmalar sonunda, Urartuların çelik kullandıklarını açıklamışlardır¹⁴. Toprakkale'de yine Haldi Tapınağı kompleksinde bulunan bu demir silah ve aletler çelikten yapılmışlardır. Bu silahlar arasında, Anzaf Kale buluntuları gibi söğüt yaprağını andıran kargı uçları da vardır.

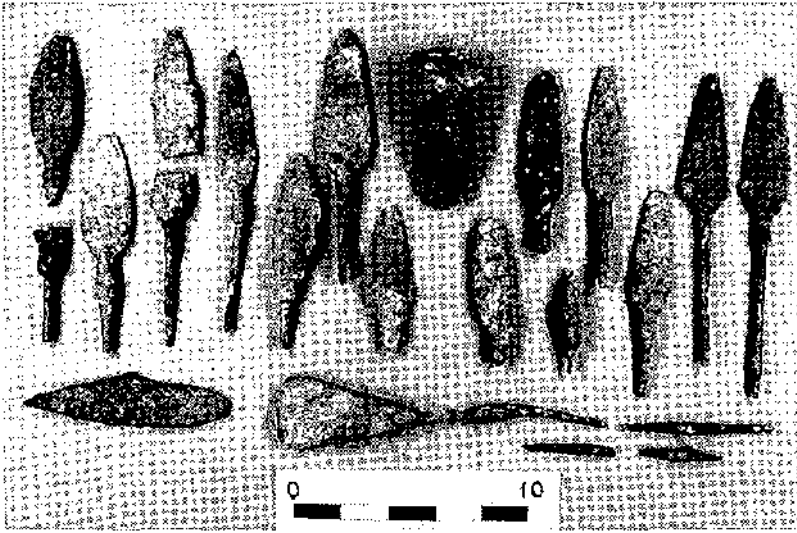
M.Ö. 1. binin ilk yarısında çelikten yapılmış silah ve aletlere yalnız Urartu'larda rastlanmamaktadır. Son yıllarda Milet'te yapılan kazı çalışmalarında Erken Arkaik Dönem'den kalma demir alet ve silahlara rastlanmıştır. Yapılan araştırmalar bunların da çelikten oluştuğunu göstermiştir. Böylece M.Ö.7. yüzyılda Miletlilerin de çelik işleme teknolojisini tanıdıkları anlaşılmaktadır¹⁵.

KAYNAKLAR

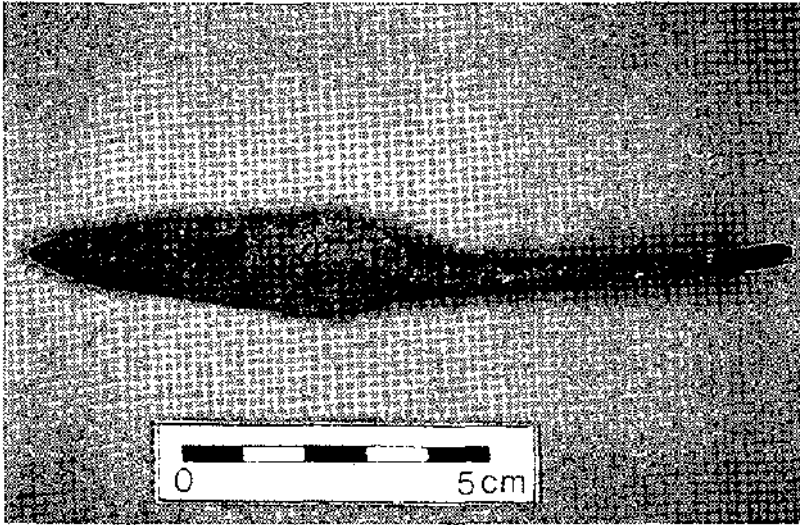
- BELLİ, O., Aşağı ve Yukarı Anzaf Urartu Kaleleri Kazısı (1991-1992), Arkeoloji ve Sanat 58, 1993, 3-32
- ESİN, U., 1991 Aşıklı Höyük Kurtarma Kazısı, XIV. Kazı Sonuçları Toplantısı, Ankara 1993, 131-146.
- FARIS, N.A., ELMER, R.P., Arab Archery. An Arabic Manuscript of About A.D. 1500 "A Book on the Excellence of the Bow & Arrow" and the Description thereof. Princeton (1954)
- HAUPTMANN, A., LUTZ, J., PERNICKA, E. & YALÇIN, Ü., Zur Technologie der frühesten Kupferverhüttung im östlichen Mittelmeerraum in: Archaeologica Anatolica et Mesopotamica Alba Palmieri dedicata, 1993, 541-572.
- KORFMANN, M., Schleuder und Bogen in Südwestasien (1972)
- PIASKOWSKI, J., WARTKE, R. -B., Technologische Untersuchungen an einigen urartäischen Eisenobjekten aus Toprakkale, Forschungen und berichte 27, 1989, 89-113
- YALÇIN, Ü., Archäometallurgie in Milet: Technologiestand der Eisenverarbeitung in archaischer Zeit, IstMitt. 43, 1993, 361-370, Taf. 42,43.

(14) Bkz. dipnot 11.

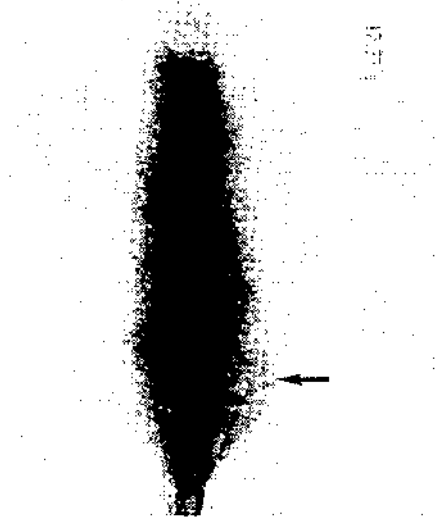
(15) Ü.Yalçın, IstMitt 43, 1993, 361-370, Taf. 42, 43.



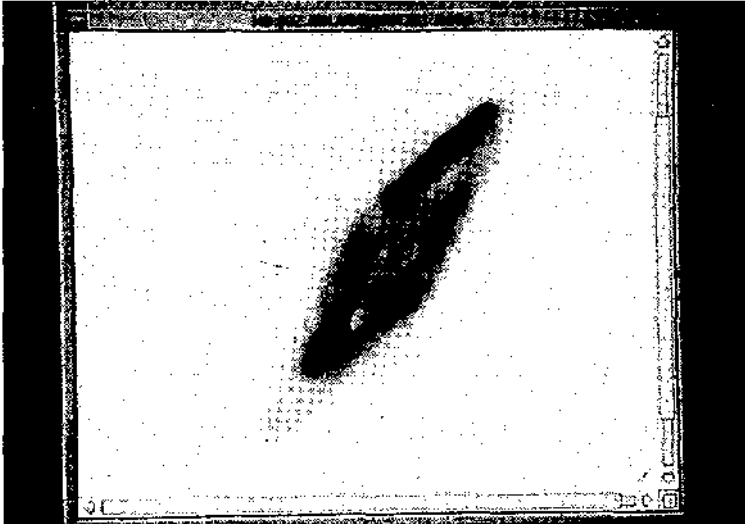
Resim: 2- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan Urartu'lardan kalma demir aletlere bazı örnekler. Buluntuların büyük çoğunluğunu kargı uçları oluşturmaktadır. Buluntular arasında ayrıca bir adet "murec" (üst sıra, ortada) ve bir bıçak (alt sıra, solda) vardır.



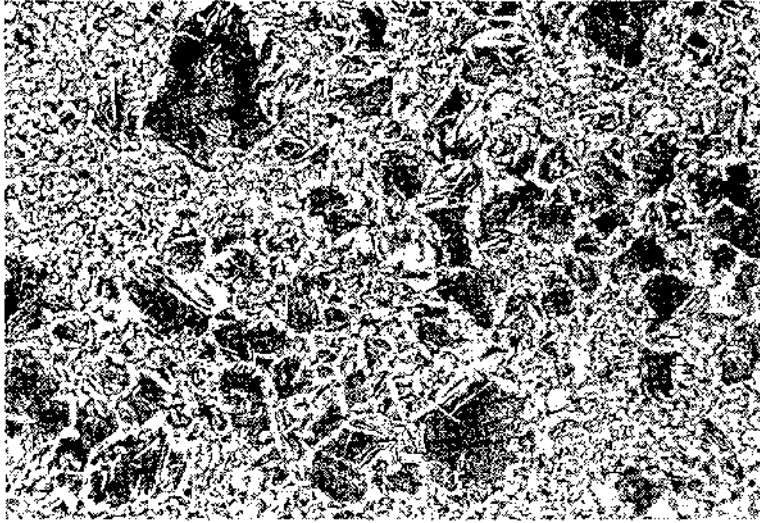
Resim: 3- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan Urartu'lardan kalma demir kargı uçlarına bir örnek; Söğüt yaprağını andıran bu kargı ucunun uzunluğu 13.8 cm, ağırlığı 19.0 gr gelmektedir.



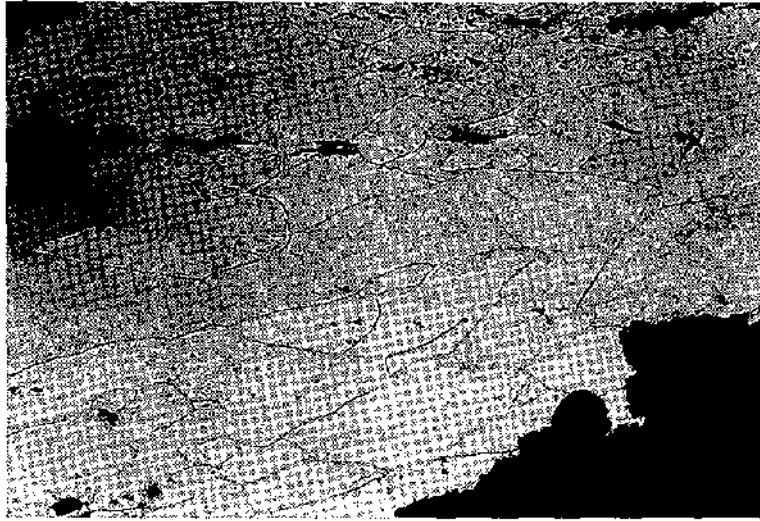
Resim: 4- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan kargı uçlarından birinin radyografik görüntüsü; 17.37 gr ağırlığındaki bu obje, sap ve gövde olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Sapın gövde içinde kalan kısmı dövülerek yayılmıştır. Okla belirtilen yerden radyografik kesit alınmıştır.



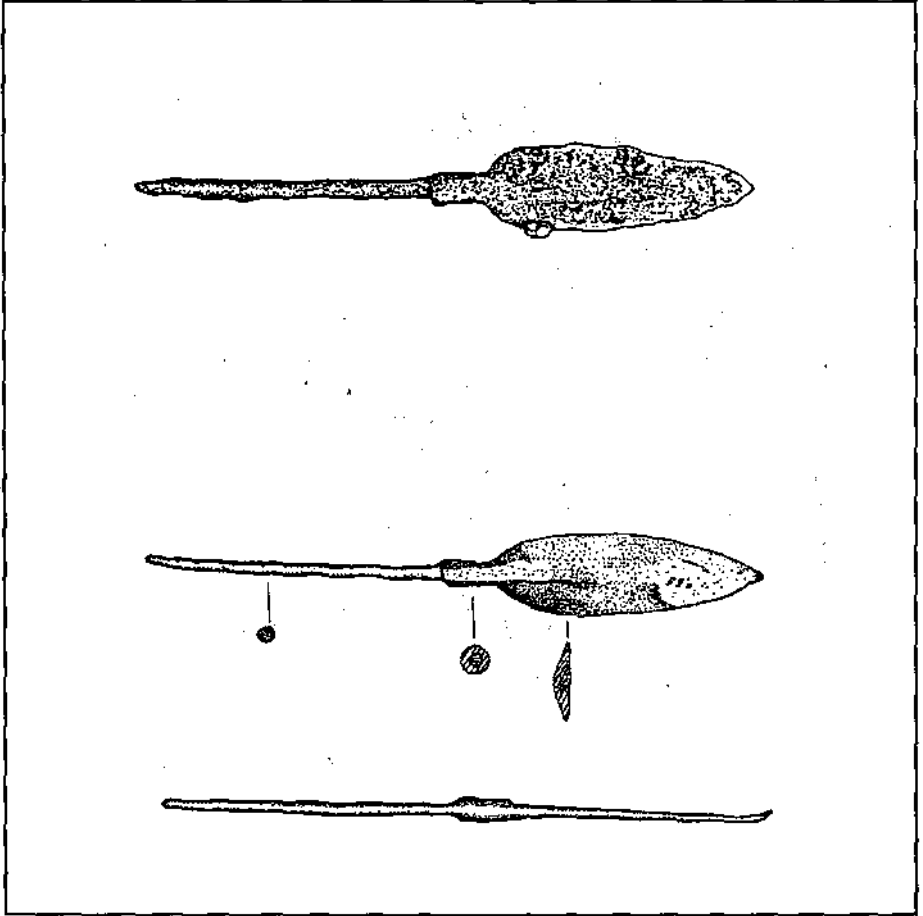
Resim: 5- Resim 4'deki kargı ucundan alınan radyografik kesit. Kesitten, objenin gövdesinin (dış kesimler) ve gövde içinde kalan sapın farklı özellikte oldukları anlaşılmaktadır.



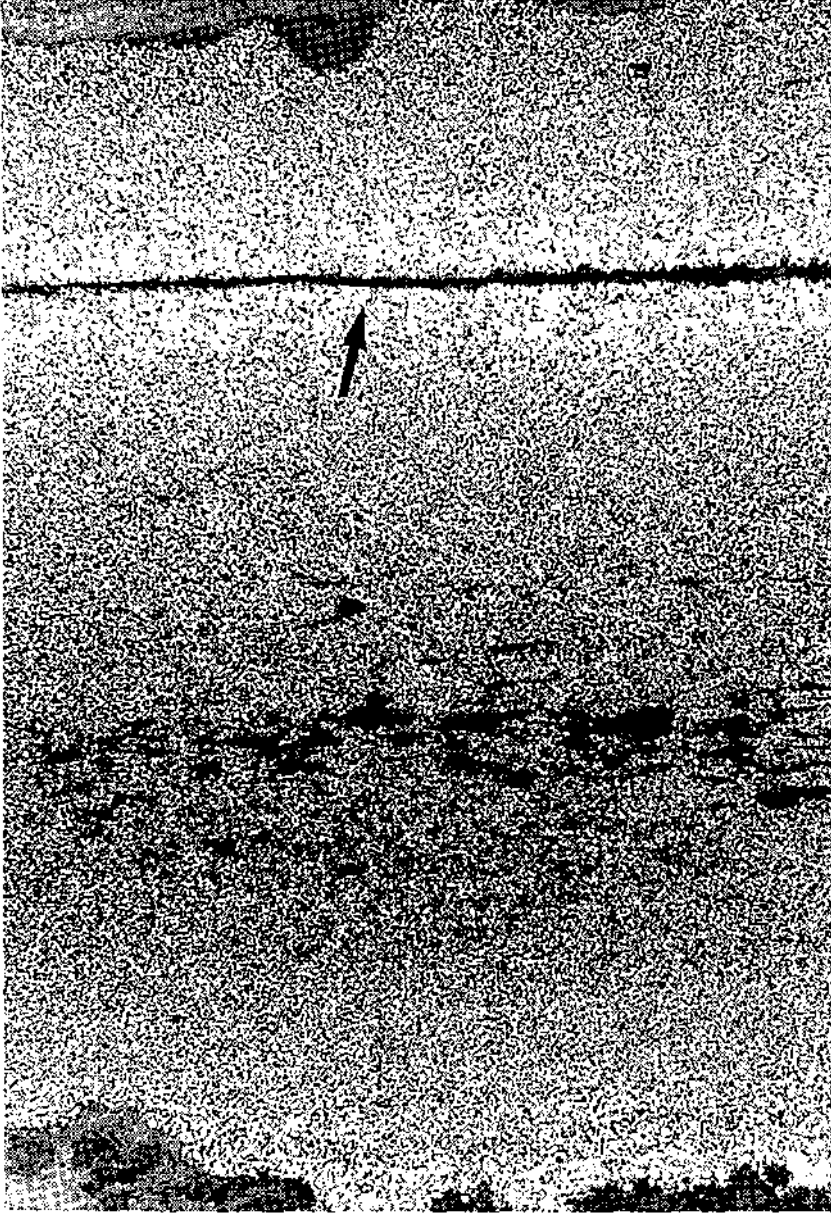
Resim: 6- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan bir kargı ucunun gövdesinden alınan kesitin mikro yapısı tipik bir çelik strüktürü göstermektedir. (%1 oranlı HNO_3 asidi ile dağlanmıştır; resmin uzun kenarı: 1.8 mm).



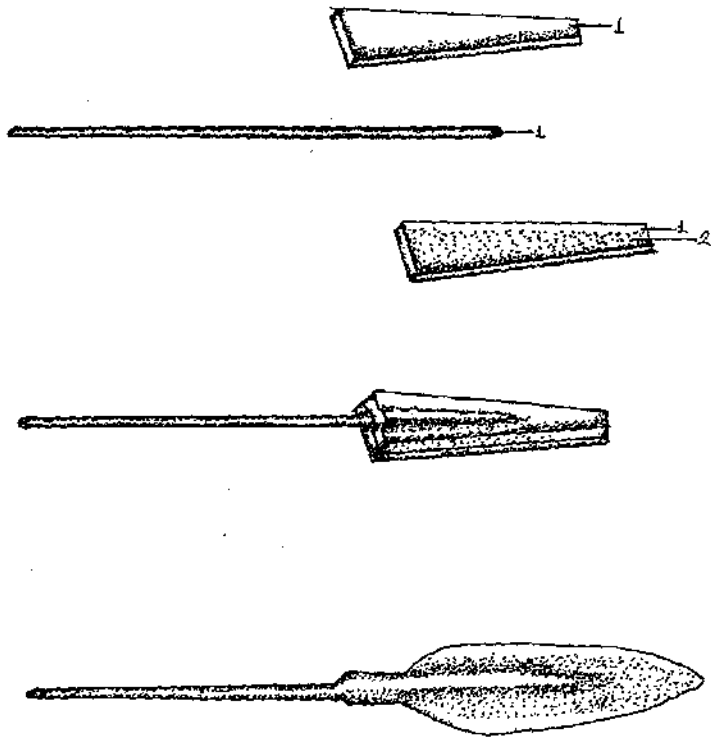
Resim: 7- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan bir kargı ucunun sapından alınan kesitin mikro yapısı. Ferrit kristallerinden oluşan sap, karbon içermemektedir (%1 oranlı HNO_3 asidi ile dağlanmıştır; resmin uzun kenarı: 0.8 mm)



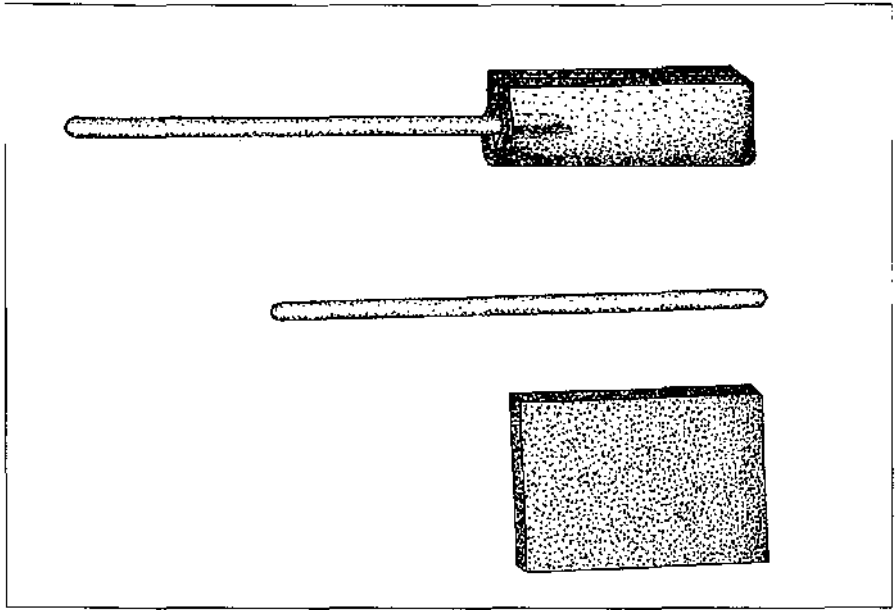
Resim: 8- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan bir kargı ucunun restorasyondan önceki (üstte) ve sonraki (altta) hali.



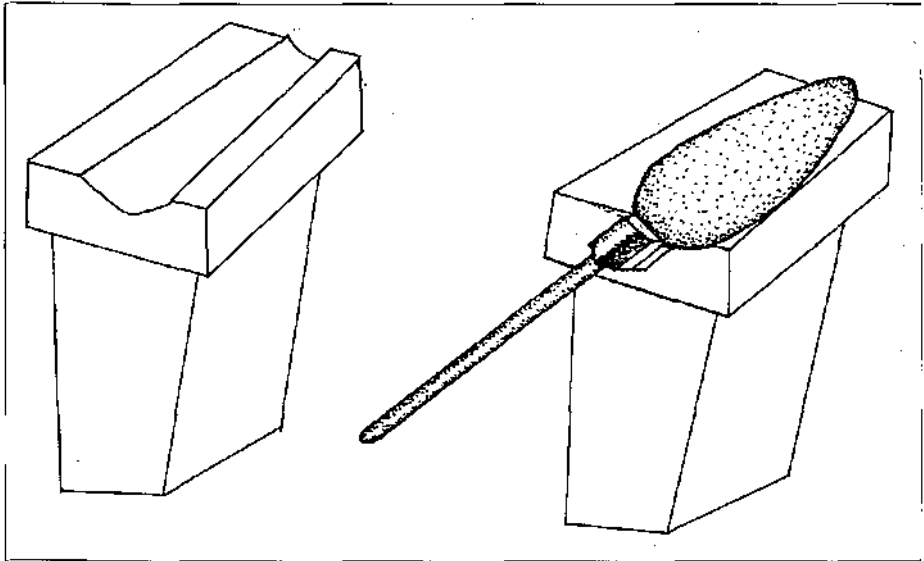
Resim: 9- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan bir kargı ucunun gövdesinden alınan kesitin mikro yapısı. Bu örnekte, gövdenin farklı oranda karbon içeren iki ayrı kısımdan oluştuğu görülmektedir. İki parça çelik kaynatılarak birleştirilmiştir. Resimde kaynak yeri okla belirtilmiştir (% 1 oranlı HNO_3 asidi ile dağlanmıştır; resmin kısa kenarı: 0.4 cm)



Resim: 10- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan kargı uçlarının yapım tekniği üzerine model çizim (1: Demir parçalar; 2: Kum katkısı)



Resim: 11- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan kargı uçlarının yapım tekniği üzerine başka bir model çizim.



Resim: 12- Yukarı Anzaf Kalesi'nde bulunan kargı uçlarının yapım tekniği üzerine model çizim: Resimde kalıpta dövme modeli görülmektedir.

MİNE DAMI ARAŞTIRMALARI 1993

*Ergun KAPTAN **

ÖZET

Anadolu'da eski madencilığe yönelik 1993 yılı araştırmaları, Celaller köyü (Niğde-Çamardı) yöresindeki Mine Damı eski maden sahasında yapılmıştır. Mine Damı'nda önceki yıllarda ele geçen cevher zenginleştirme aletlerinin benzerlerine ve ayrıca farklı boyutta olan iki işlevli örneklerine de rastlanmıştır. 1993 yılının en ilginç buluntusu, bir açık hava atölyesine ait küçük bir ünitenin saptanması olmuştur. Bu örnek Anadolu'da Kestel (Sarıtuzla) eski kalay madeni sahasındaki buluntulardan sonra saptanan ikinci buluntudur.

GİRİŞ

Türkiye madencilik tarihi kapsamında yer alan 1993 yılı araştırmaları, Niğde-Çamardı ilçesi Celaller köyünün yaklaşık 1.5 km doğusundaki Mine Damı eski maden sahasında yapılmıştır (Şekil: 1). Mine Damı, Kestel (Sarıtuzla) eski yeraltı kalay işletmesinin yaklaşık 1 km kuzeydoğusundadır. Bu eski maden sahası 1991 yılı araştırmaları sırasında saptanmıştır (Kaptan, 1992). Ayrıca burasının İlk Tunç Çağı'na ait eski bir kalay madeni sahası olduğu belirlenmiştir (Kaptan, 1993). Bu ilk çalışmalarda kalay cevherinin zenginleştirilmesinde kullanılmış olan çok sayıda taş aletler gözlenmiştir. Ancak Mine Damı'nda araştırma yapılmasını gerektiren ilk bulgular 1987 yılında binökülerde saptanan kasiterit (SnO_2) tir. Kasiterite, Mine Damı'na ait seçilmiş üç ayrı yerden alınmış toprak numunelerin yıkandıktan sonra elde edilen konsantrelerin binökülerde incelenmesi sırasında rastlanmıştır. Mine Damı'na ait örneklerin, Kemel Deresi'ne yakın yamaçtan ve göçük olduğu için girilemeyen eski maden galerisine yakın yerlerden alındığı belirtilmektedir

* Ergun KAPTAN , Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Tabiat Tarihi Müzesi, 06520 ANKARA

(Şekil: 1) (Jeoloji Yük.Müh.N.Pehlivan, sözlü anlatım, 1993). Bölgedeki maden jeolojisine ait diğer çalışma sonuçları da Mine Damı mevkiinin kalay cevherleşme alanı içinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca 1991 yılında burada yapılan jeoarkeolojik araştırmalarda, eski dönemlerde kalay madenciliğinin yapıldığını kanıtlayan çok çeşitli cevher zenginleştirme aletleri bulunmuştur. Böylece bütün veriler Mine Damı'nın, Kestel (Sarıtuzla) gibi aynı kalay cevherleşme alanı içinde olduğunu be-
lirlemektedir.

Mine Damı'nda yapılan 1993 yılı araştırmalarında, önceki yıllarda saptanan buluntulardan çok farklı sayılacak materyallere bu defa rastlanmamıştır. Bu örnekler genellikle maden cevherinin ezilip öğütülmesinde kullanılmış taş havanlar ile el taşlarıdır. Ancak bunlar arasında farklı boyutlarda fakat işlevi aynı olan materyallere de tesadüf edilmiştir. Örneğin az sayıda ele geçen üç yüzeyli ve iki işlevli el taşları bu örnekler arasında yer alır (Resim: 1). Mine Damı'nda gözlenen cevher zenginleştirme aletleri -Kestel ve Göltepe'de olduğu gibi- yakın çevreden getirilmiş olan diabaz ve gabro'dan yapılmış materyallerdir. Cevher zenginleştirme genellikle ince kırma ile öğütme evrelerinde kullanılmış olmalıdır (Resim: 4). Taş havanların çoğunluğu ağır ve taşınması güç materyallerdir. Taşınabilir nitelikte olan taş havanların sayısı azınlıktadır. Buradaki madencilik etkinliklerine ait cevher zenginleştirme aletlerinin kapsadığı alan yaklaşık 500-600 metrekaredir.

Yüzey araştırmalarında -önceki yıl olduğu gibi- eski madencilerin aş kaplarından olan ve kuvvetle muhtemel İlk Tunç Çağı'na ait seramik parçalarına rastlanmıştır (Resim: 5).

Mine Damı'nda yapılan ilk araştırmalarda, büyük bir olasılıkla İlk Tunç Çağı'na ait bir maden galerisi saptanmıştı (Kaptan, 1993). Göçük olduğu için girilemeyen galerinin güneybatısında 1993 yılı araştırmalarının ilginç sayılan bir başka buluntusu belirlenmiştir. Sözü edilen buluntu bir açık hava atölyesinin sabit cevher zenginleştirme ünitesidir.

ÇOK ÇUKURLU SABİT CEVHER ZENGİNLEŞTİRME ÜNİTESİ

Mine Damı'ndaki eski maden galerisinin giriş kısmından 10.23 m güneybatıda, bir açık hava atölyesine ait küçük bir bölüm bulunmuştur (Resim: 2). Bu, anlatımı yapılan Mine Damı eski maden sahasında olması gerekli çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme atölyesine ait bir ünitedir. Ana kaya üzerinde oniki adet kırma-ezme çukuru vardır (Resim: 3). Kırma-ezme çukurlarının sekiz adeti belirgin, dört adeti ise tam belirgin değildir (Şekil: 2). Cevher zenginleştirme ünitesinin ölçülü çizim-

leri yapıldıktan sonra kırma-ezme çukurlarının kapsadığı alanın 1.3 metrekare olduğu saptanmıştır (Şekil: 2). Maden cevherinin kırma-ezme işleminin yapıldığı ve dolayısıyla öğütülecek tane boyutuna getirildiği bir yerdir. Burada büyük bir olasılıkla cevher zenginleştirmenin ince kırma evresi uygulanmıştır. Cevherin tane boylarının yaklaşık 0.5 cm veya daha küçük boyutlara getirilmesine çalışılmıştır. Derinliği 2-2.5 cm ile 3.5 cm arasında değişen üç adet kırma-ezme çukurlarında, tane boyları yaklaşık 2-1.5 cm olan cevherin kırıldığı sanılmaktadır. Derinlikleri 1.5-1 cm olan kırma-ezme çukurlarında ise cevherin ezilerek, öğütülmesi mümkün tane boyutlarına getirildiği düşünülmektedir. Bütün bu işlemlere karşın öğütülemeyecek tane boyutunda olan az sayıdaki cevher parçacıkları ayıklanarak derinliği az bir başka çukurda toplanmış olmalıdır. Ayrıca bu çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesinde gözlenen ve genişliği 30-31 cm, derinliği 10-12 cm olan doğal çukurun, kırma-ezme işlemini bekleyen cevherin toplandığı yer olması muhtemeldir (Şekil: 2). Bütün bu veriler çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesinin, cevheri öğütülecek duruma getirilmesinde kullanılmış olduğunu kesinlikle belirlemektedir. Sözü edilen bu küçük cevher zenginleştirme ünitesinde öğütülmeye hazır tane boyutlarına getirilen cevher, daha sonra öğütülmenin yapılacağı taş havanlarda toplanmıştır. Öğütülmede kullanılan taş havanlar ise konkav-yarı konkav görünümünde materyallerdir (Kaptan, 1993). Bu tanıma uygun materyallere yüzey araştırmaları sırasında rastlanmıştır.

Mine Damı eski maden sahasındaki çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesi, buradaki muhtemel açık hava atölyesinin ilk kullanılan bölümü olmalıdır. Çünkü galeriye çok yakındır. Buradaki madencilik etkinliklerinin başladığı ve galerinin ilk üretim evresi ile aynı tarihte kullanılmış olması kuvvetle muhtemeldir. Yüzey araştırmaları sırasında bulunan ve kırma-ezme işlerinde kullanılmış el taşlarının bir kısmı bu atölyede kullanılmış materyallerdir. Anlatımı yapılan çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesi, Anadolu'da ve bu yörede belirlenen şimdilik ikinci buluntudur.

Kırma-Ezme Çukurlarının Ölçümleri

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. Çap: 5 cm | Derinlik: 1-1.5 cm |
| 2. Çap: 4 cm | Derinlik: - |
| 3. Çap: 7-7.5 cm | Derinlik 3-3.5 cm |
| 4. Çap: 6 cm | Derinlik: 1 cm |

5. Çap: 5 cm	Derinlik: 1.5 cm
6. Çap: 4 cm	Derinlik: 1 cm
7. Çap: 5-5.5 cm	Derinlik: 2.5 cm
8. Çap: 5-5.5 cm	Derinlik: 2 cm
9. Çap: 4 cm	Derinlik:-
10. Çap: 5 cm	Derinlik: -
11. Çap: 5.5 cm	Derinlik: -
12. Çap: 5.5- 6 cm	Derinlik: 2 cm

Benzer Buluntular

Mine Damı'nda belirlenen açık hava atölyesine ait çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesine benzer ilk buluntu, 1987 yılında Kestel (Sarıtuzla) eski kalay madeni sahasında saptanmıştır (Kaptan, 1989., Yener ve diğerleri, 1989). Kestel (Sarıtuzla) 'de 570 metrekairelik sahada 861 adet cevher kırma-ezme çukuru saptanmıştır (Kaptan, 1992). Mine Damı'nda ise 12 adet kırma-ezme çukuru vardır. Sözü edilen atelyeler, çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme atölyesi olarak tanımlanmaktadır. Mine Damı ile Kestel yaklaşık 1 km uzaklıktadır. Bu iki eski maden sahasında çalışanlar, aynı işi yapan ve aynı çağda yaşamış madencilerdir. Mine Damı ve Kestel atölyeleri, görünümeleri itibarıyla birbiriyle farksız olup aynı amaç için kullanılmışlardır. Mine Damı'ndaki atölyenin diğer ünitelerinin de var olduğu sanılmaktadır. Anadolu'nun değişik bölgelerindeki eski maden sahalarında, benzer örneklerine şimdilik rastlanmamıştır.

Mine Damı eski maden sahasında cevher zenginleştirmede kullanılmış el taşlarının bir kısmı -Kestel'de olduğu gibi- çok çukurlu sabit cevher zenginleştirme ünitesinde kullanılmıştır. Cevher zenginleştirme aletlerinden olan el taşlarının benzer örneklerine, Kestel ile Göltepe'deki eski madencilerin yerleşim yerinde de rastlanmıştır (Kaptan, 1990). Göltepe'deki materyaller çok fazladır. Yüzey buluntuları ile birlikte yaklaşık 50.000 adettir (Yener,1992). Ayrıca Göltepe kazılarında her evin aynı zamanda atölye olarak kullanıldığı belirlenmiş ve çok sayıda el taşları ele geçmiştir (Yener, 1993). Göltepe ile Kestel ve Mine Damı'nda gözlenen taş aletlerin ortak özelliklerinden biri de bunların genellikle di-baz ve gabro'dan yapılmış olmalarıdır. Ancak Mine Damı ile sözü edilen

diğer yerlerdeki cevher zenginleştirme aletleri arasında çok az sayıda mermer ve bazalttan yapılmış aletlere de tesadüf edilmiştir. Mine Damı'ndaki cevher öğütme taşları, kırma-ezmede kullanılan el taşlarından az değildir. Halbuki Kestel'de bu durumun farklı olduğu vurgulanmaktadır. Örneğin Kestel'deki cevher zenginleştirme aletlerinin %80'ni kırma-ezme, diğer %20'nin ise öğütmede kullanılmış olduğu belirtilmektedir (Özbal, 1993). Mine Damı'ndaki cevher zenginleştirme aletleri, Kestel (Sarıtuzla) ve Göltepe'deki kadar çok değildir fakat az da değildir. Mine Damı'nda yapılan son araştırmalarda yaklaşık 1000'den fazla cevher zenginleştirme aletinin var olduğu gözlenmiştir. Bu materyaller, kalay madenciliğinin İlk Tunç Çağı'nda burada son derece etkin bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

Dünyada bilinen şimdilik ondan fazla ülkede, eski dönemlere ait maden sahalarında, çeşidi az cevher zenginleştirme aletlerine rastlanmıştır (Kaptan, 1993). Bunlar arasında en ilginç 1987 yılında Cornwall (İngiltere)'daki eski kalay madeni sahalarında saptanan diabatit ve gabro'dan yapılmış cevher zenginleştirme aletleridir (Bryan Earl, sözlü bilgi., 1993). Cornwall'daki bu materyallerin Mine Damı, Kestel ve Göltepe buluntuları ile çok yakın benzerlikleri olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Anadolu'da ve dolayısıyla Celaller köyü yöresinde eski kalay madenciliğine yönelik etkinliklerin saptandığı ikinci bulgu Mine Damı eski maden sahası olmuştur. Mine Damı, Kestel gibi aynı kalay cevherleşme sahası içindedir. Ancak Mine Damı eski maden sahasında Kestel'deki gibi uzun süre devam eden bir kalay madenciliğinin yapılmış olduğuna karar vermek şimdilik mümkün değildir. Bu nedenle Mine Damı'nda göçük olduğu için girilemeyen eski maden galerisinin mutlaka açılarak temizlenmesi gerekmektedir. Ayrıca cevher zenginleştirmede kullanılmış olan açık hava atelyesinin diğer ünitelerinin var olup olmadığı konusunda yapılacak yeni araştırmalara gereksinim vardır. Mine Damı'nda gözlenen çok sayıdaki cevher zenginleştirme aletleri, Kestel (Sarıtuzla) ve Göltepe'deki buluntularla özdeş materyallerdir. Bundan böyle Mine Damı'ndaki madencilik, Kestel kalay madenciliğinin -aynı çağda- yöredeki bir başka uzantısı olmalıdır.

Mine Damı, Kestel ve Göltepe'de bulunan taş aletlerin en önemli özellikleri, cevher zenginleştirmenin ince kırma ve öğütme evrelerinde kullanılmış olmalarıdır. Yani aynı çağda aynı cins madenin zenginleştirilmesinde birbiriyle özdeş cevher zenginleştirme aletleri kullanılmıştır. Bu nedenle Mine Damı'nda kalayın dışında bir başka maden

cevheri için çalışılmış olması mümkün değildir. Kestel madencileri gibi Mine Damı eski madencilerin yerleşim yeri Göltepe olmalıdır.

Eski Anadolu madenciliği için Celaller köyü yöresi son derece önemlidir. Bu yörede yapılacak geniş kapsamlı araştırmalar, eski madencilik etkinliklerine ait az bilinen ya da bilinmeyenlerin aydınlanmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca Mine Damı'nda elde edilen yeni buluntuların ışığında burada yeni araştırmaların yapılmasına gereksinme vardır.

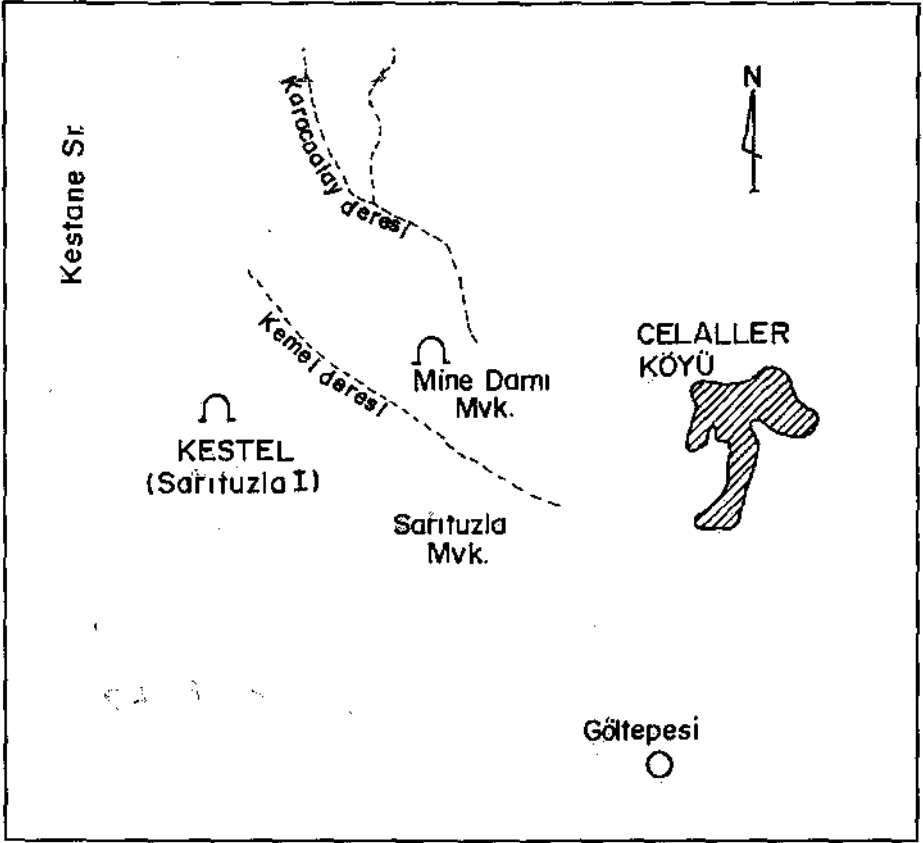
KATKI BELİRTME

Celaller köyü (Niğde-Çamardı) yöresindeki Mine Damı eski maden sahasında yapılan 1992 ve 1993 yılı araştırmalarını -önceki yıllarda olduğu gibi- destekleyen Göltepe-Kestel kazı başkanı Doç. Dr. K. A. Yener'e ve Cornwall'daki cevher zenginleştirme aletlerinin slaytlarını veren, ayrıca konuya ilişkin gerekli bilgi aktarımında bulunan Maden Müh. Bryan Earl'e, çalışmalarına yönetsel kolaylıklar sağlayan MTA Genel Müdürlüğü Tabiat Tarihi Müzesi Müdürü Nurten Erişen'e, cevher zenginleştirme atölyesinin ölçülü çizimleri için Ö. Faruk Atabek'e, sözü edilen atölyenin boyutlarından oluşan konumuna ilişkin hesapları yapan Maden Yük. Müh. Mutlu Yakıcı ile yüzey buluntusu seramik kalıntıların tanısını koyan Sylvestre Dupre'ye ve Celaller köyünden arazi rehberliğimizi yapan Mehmet Başer'e içtenlikle teşekkür ederim.

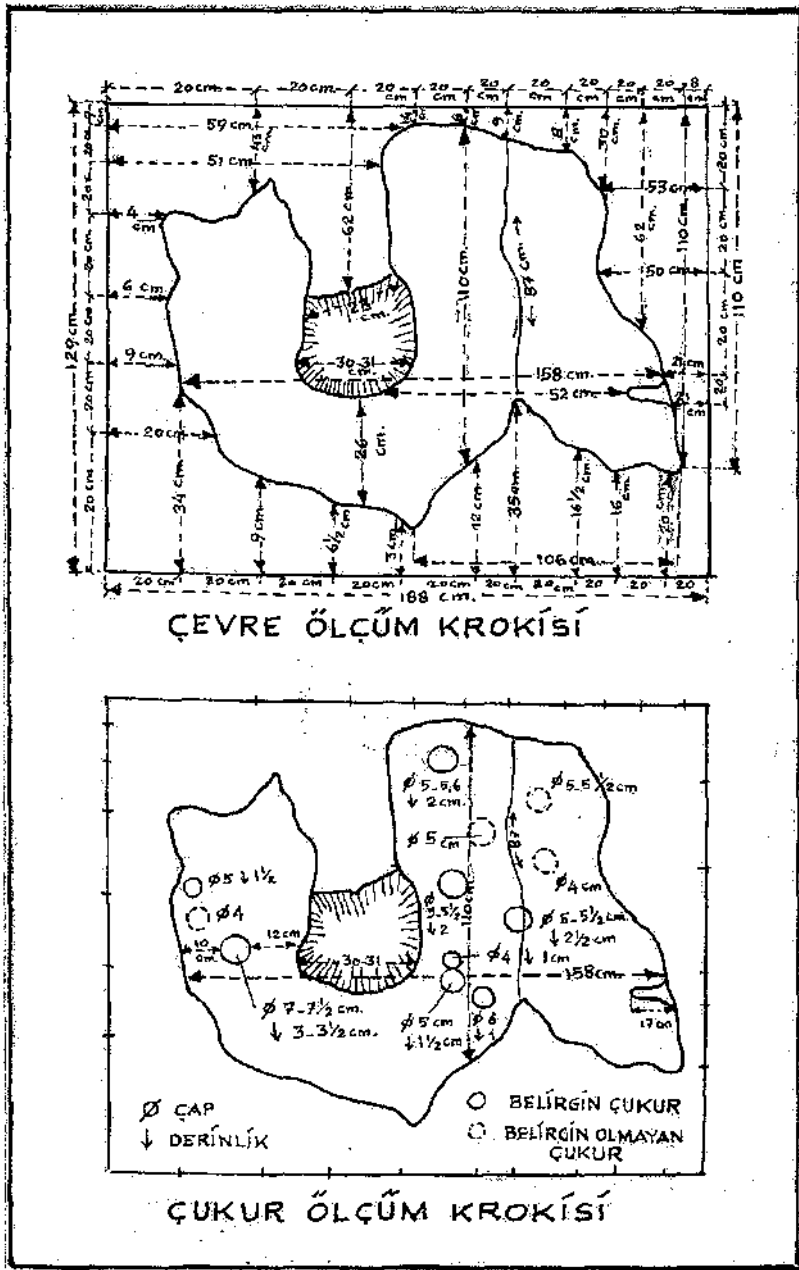
KAYNAKLAR

- KAPTAN, E., 1990, Türkiye Madencilik Tarihine Ait Celaller (Niğde) Yöresindeki Sarıuzla-Göltepe Buluntuları: Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, XI. Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, V. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, s. 13-31, Ankara.
- KAPTAN, E., 1991, Anadolu'da Tarihten Eski Yeraltı Maden İşletmeleri: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı: 6, s. 228-233, Ankara.
- KAPTAN, E., 1992 Anadolu'da Kalay ve Eski Yeraltı Kalay Madenciliği: Jeoloji Mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı: 40, s.15-19, Ankara.
- KAPTAN, E., 1993, Eski Anadolu Madenciliğine Ait Yeni Keşfedilen Eski Maden Sahası: Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, XIV. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, s. 431-439, Ankara.
- ÖZBAL, H., 1993, Kestel- Göltepe Kalay İşletmeleri: Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 14. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, s. 303-314, Ankara.

- YENER, K. A., ÖZBAL, H., KAPTAN, E., PEHLİVAN, A.N., GOODWAY, M., 1989, An Early Bronze Age Source of Tin Ore in the Taurus Mountains Turkey; Science 244, pp. 200-203.
- YENER, K. A., 1992, 1990 Göltepe Niğde Kazısı: Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 13. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu XIII. Kazı Sonuçları Toplantısı, s. 275-289, Ankara.
- YENER, K. A., 1993, Göltepe Kazısı 1991 Sezonu: Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü XIV. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu XIV. Kazı Sonuçları Toplantısı, s. 231-257, Ankara.



Şekil: 1



Şekil: 2



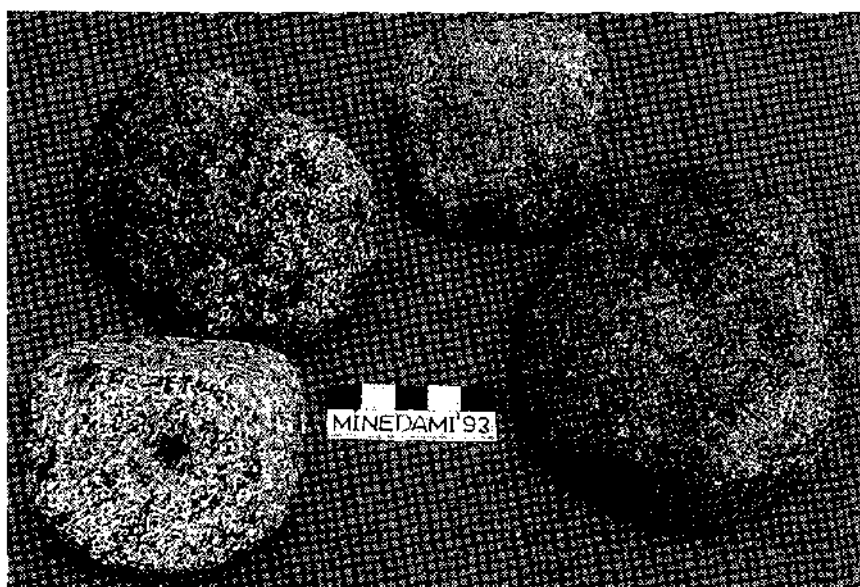
Resim: 1



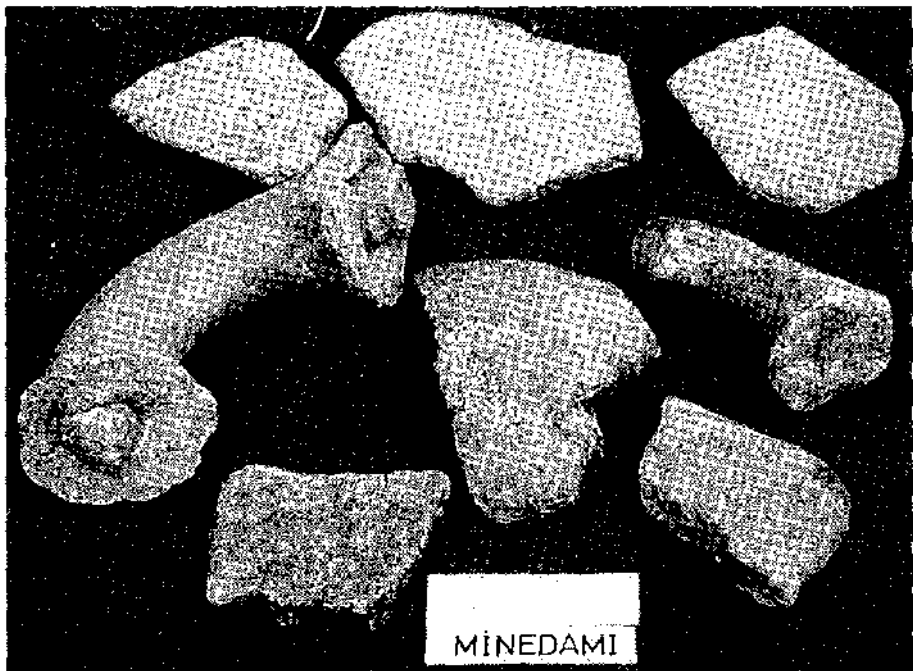
Resim: 2



Resim: 3



Resim: 4



Resim: 5

RADYOGRAFİ TEKNİKLERİ İLE ÇAVUŞTEPE KAZISI METAL BULUNTULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

*A. Beril TUĞRUL **
Afif ERZEN
Sait BAŞARAN

ÖZET

Bu çalışmada, Çavuştepe kazısında yapılan kazı çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan metal buluntulardan uzun süre toprak altında kalmaktan ötürü çevre şartlarından etkilenerek önemli ölçüde korozyona uğramış elemanlar üzerinde radyografi teknikleriyle korozyon etkisi değerlendirilmesi yapılması amaçlanmıştır. Buluntuların X-ışını radyografileri çekilmiş ve radyografiler üzerinden yapılan ölçümlemelerle eserlerin etkilenme mertebeleri tayin edilmiş ve yüzde olarak matematiksel sonuç verilebilmiştir. Bu çalışmayla, eserlerin genel olarak etkilenme mertebelerinin "yüksek" olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca, eserlerin üzerinde nötron radyografisi uygulamaları da yapılarak, ileri araştırmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, eserler üzerinde organik kökenli eleman bulunmadığı, ancak X-ışını radyografi tekniği ile yapılan çalışmalarda gözlemlendiği üzere korozyon etkisinin parçalar üzerinde yüksek tahribat yarattığı anlaşılmıştır.

* Doç.Dr.A.Beril TUĞRUL, İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü -İSTANBUL
Prof.Dr.Afif ERZEN, Devriye Sokak 17/10 Moda-İSTANBUL
Yard.Doç.Dr.Sait BAŞARAN, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi - İSTANBUL

EVALUATION OF METAL ARTIFACTS FROM ÇAVUŞTEPE EXCAVATION BY USING RADIOGRAPHY TECHNIQUES

ABSTRACT

In this study, it is aimed to evaluation of corrosion on the artifacts from the Çavuştepe Excavation site that are effected by environmental effects during underearth period of them, X-ray radiographs of the artifacts were taken and were determined of their destroying rates by measuring from the radiographs, Results of this study, it is understood that the destroying rates of the artifacts are generally "high", Moreover, neutron radiography were applied on the artifacts for taking advanced information. Results of the neutron radiography, it is observed that no organic elements on the artifacts, but it is understood again that the destroying rates of the artifacts are really "high".

GİRİŞ

Bu çalışmada, Çavuştepe kazısında yapılan kazı çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan metal buluntulardan bazılarının radyografi teknikleriyle incelemeleri yapılmıştır. Söz konusu eserler M.Ö. 7. yüzyıla ait ve esas itibariyle demir buluntular olup, uzun süre toprak altında kalmaktan ötürü çevre şartlarından etkilenmiş ve önemli ölçüde korozyona uğramış elemanlardır.

Korozyon bilindiği üzere, bir metalin çevresiyle girdiği kimyasal veya elektrokimyasal etkileşim sonucu ortaya çıkan bir olgudur. [Uhlir, 1971; Tugrul & Yavuz 1985]. Korozyon olayı sonucunda çoğu kez malzemede "korozyon-erozyon", "koroziif aşınma", "gözeneklenme" gibi etkiler meydana gelebilmektedir. Demir esaslı elemanlarda ileri korozyon oluşması halinde malzemenin dağılması söz konusu olabilmekteyse de demir dışı elemanlarda çoğu kez malzeme dağılması meydana gelmemektedir.

Elektrokimyasal olarak korozyon ele alındığında metallerin korozyona uğrama eğilimi, Tablo: 1 incelenerek görülebilir [Uhlir, 1971].

Tablo: 1*
Electromotiv Kuvvet Serisi

Electrod Reaksiyonu	Standart Oksidasyon Potansiyel, E ⁰ (V), 25°C
$\text{Li} = \text{Li}^{+} + \text{e}^{-}$	3.050
$\text{K} = \text{K}^{+} + \text{e}^{-}$	2.930
$\text{Mg} = \text{Mg}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	2.370
$\text{U} = \text{U}^{+9} + 3 \text{e}^{-}$	1.800
$\text{Al} = \text{Al}^{+9} + 3 \text{e}^{-}$	1.680
$\text{Mn} = \text{Mn}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	1.180
$\text{Zn} = \text{Zn}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	0.763
$\text{Fe} = \text{Fe}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	0.440
$\text{Ni} = \text{Ni}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	0.250
$\text{Sn} = \text{Sn}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	0.136
$\text{Pb} = \text{Pb}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	0.126
$\text{H}_2 = 2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-}$	0.000
$\text{Cu} = \text{Cu}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	- 0.337
$\text{Cu} = \text{Cu}^{+} + \text{e}^{-}$	- 0.521
$\text{Ag} = \text{Ag}^{+} + \text{e}^{-}$	- 0.800
$\text{Hg} = \text{Hg}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	- 0.854
$\text{Pt} = \text{Pt}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	- 1.200
$\text{Au} = \text{Au}^{++} + 2 \text{e}^{-}$	- 2.500

[*] [Uhlig, 1971].

KULLANILAN YÖNTEM

Bu çalışmada, bronz buluntuların çevre şartlarından etkilenme mertebesi ve malzemede meydana gelen korozif etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Korozyon tayini için geliştirilmiş çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar arasında önemli bir yeri de radyografi yöntemi tutmaktadır. Bu çalışmada da radyografi yöntemleri kullanılarak Çavuştepe buluntusu eserlerin korozyon etkilenme değerlendirmesi yapılması benimsenmiştir.

Radyografi yöntemini, kullanılan radyasyon tipine bağlı olarak ayırmak mümkündür. Radyografide kullanılabilecek radyasyon tipleri olarak; X-ışınları, gama ışınları, beta ışınları, nötronlar, elektronlar ve hatta protonlar sayılabilir. Kullanılan radyasyon tipine göre ise, radyografi yönteminin alt teknikleri ortaya çıkmaktadır [Bilge & Tuğrul, 1990; Halmshaw, 1971].

Günümüzde, girici radyasyonla malzeme iç yapısına ilişkin görüntü alma tekniği olan radyografide, yaygın olarak kullanılan radyasyon tipleri elektromanyetik radyasyon ailesinden olan X ve gama ışınlarıdır. Ayrıca nötronlar da kimi şartlarda tercih edilmektedirler.

Bu çalışmada, öncelikle X-ışını radyografi tekniği ile çalışılmış ve buluntuların X-ışını radyografları çekilmiştir. Radyograflar üzerinden yapılan değerlendirme ve ölçümlemelerle eserlerin etkilenme mertebeleri tayin edilmiş ve yüzde olarak da matematiksel sonuç verilebilmiştir.

X ışınları, elektromanyetik radyasyon ailesinin malzemeye nüfuz edebilen enerjilik kısmında yer almakta ve genellikle 5 cm ye kadar çelik veya eşdeğer elemanların radyografisi tercih edilmektedir [Graham, Eddie 1985]. Bu durumda, X-ışını radyografisi, buluntu eserlerin korozyon incelemesi için uygun olmaktadır.

Kullanılabilecek bir başka radyografi tekniği de "Nötron Radyografisi"dir. Bu teknik, kaynak temininin güçlüğü ve pahalılığı nedeniyle, X ve gama radyografisine göre daha az uygulanan bir teknik durumunda olmakla birlikte bazı şartlarda getirdiği avantajlar nedeniyle tercih edileceği durumlar mevcuttur [Tuğrul 1990].

Kimi hafif elementler, örneğin; hidrojen ve karbon için nötron radyografisi "iyi" sonuçlar vermektedir [Van der Hasdt & Röttger 1981]. Bir başka deyişle, organik malzeme ve kimi hafif elementlerin yer aldığı bileşiklerin durumunun incelenmesi nötron radyografisiyle mümkün olabilmektedir [Tuğrul 1990].

Çalışmamızda, eserlerin üzerinde, görsel olarak farkedilemeyen kimi organik elemanların var olup olmadığı incelenmesi için İTÜ TRIGA Mark-II reaktörünün olanaklarından yararlanılarak, nötron radyografisi tekniği de uygulanmıştır.

YAPILAN RADYOGRAFİK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Çavuştepe kazısı buluntusu olan yirmüç eser üzerinde çalışılmıştır. Bu eserler, fonksiyonel olarak mızrak ucu, keski, çivi ve kın olarak nitelenebilecek eserlerdi. Ancak, görsel olarak yapılan incelemelerde eserlerin tümünde korozif etkiler gözlenmekteydi. Şekil: 1'de incelenen eserlerin toplu halde fotoğrafları görülmektedir.

Öncelikle, aynı radyografik çekim şartlarında, ancak çekim kumanda faktörleri korozyon incelemesi için uygun olacak şekilde seçilerek, eserlerin genel değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Şekil 2' de eserlerin toplu radyografı görülmektedir.

Şekil 2'nin incelenmesinden anlaşılmıştır ki; eserler "hayli" ileri derecede korozyondan etkilenmiş durumdadırlar. Burada, eserlerin korozyondan etkilenme mertebelerine bağlı olarak esas itibariyle üç grupta toplanabileceği kanaatine varılmıştır.

Buna göre; birinci grupta korozyon etkilenmesi ileri derecede olup, genel malzeme harabiyeti görülen eserler, ikinci grupta korozyon etkilenmesi önemli olan eserler ve üçüncü grupta ise korozyon etkilenmesi nispeten daha az olan eserler olmak üzere ayrımlanabilir.

Birinci grupta yer alan eserlere örnek olmak üzere, bir ok ucu verilebilir [ÇT-45]. Söz konusu bu ok ucuna ilişkin fotoğraf Şekil 3'de radyograf ise Şekil 4'de verilmektedir. Şekil: 4'deki radyografin incelenmesinden görüldüğü gibi, buluntuda genel bir malzeme harabiyeti söz konusudur. Bu nedenle, bu tip elemanlara ilişkin ölçümsel sonuç verebilmek mümkün görülmemektedir.

İkinci grupta yer alan eserlere bir örnek olmak üzere, yine bir ok ucu verilebilir [ÇT-38]. Bu ok ucuna ait fotoğraf Şekil 5'de radyograf da Şekil 6'da verilmektedir. Radyograf üzerinden yapılan incelemeden korozyon etkilenmesinin bu eser için önemli olduğu, ancak yine de tümüyle bir malzeme harabiyetinin meydana gelmediği anlaşılmaktadır. Radyograf üzerinden yapılan ölçümler ve bu eser için etkilenme mertebesi Tablo 2'de verilmektedir. Bu ok ucunda, diğer kimi ok uçlarında olduğu

gibi sapın gövdeye bağlantı yerinde gövdede ve uç noktalarda harabiyetin arttığı gözlenmektedir.

Tablo: 2

ÇT-38 Nolu Ok ucu İçin Radyograf Üzerinden Yapılan Ölçümlemelerle
Tayin Edilen Etkilenme Oranları

Ölçüm Yeri	Dış Boyut (mm)	İç Boyut (mm)	Etkilenme Oranı (%)	Ort.Etk. Oranı (%)
Sap	9,0	3,1	65	61
	8,1	2,5	69	
	7,0	3,5	50	
Gövde	22,0	4,4	80	76
	11,2	3,1	72	

Üzerinde çalışılan ve üçüncü grupta yer alan eserler, diğer gruplarda yer alan eserlerle karşılaştırıldığında nispeten daha iyi durumda olan buluntulardır. Bu gruba giren elemanlar arasında bir çivi [ÇT-44] ve bir keski sayılabilir [ÇT-53].

Çiviye ilişkin fotoğraf Şekil 7'de ve radyograf da Şekil 8'de görülmektedir. Bu eser, Çavuştepe kazısı buluntusu olarak bu çalışmada incelenen eserler içinde iyi durumda olanlarından biridir. Çiviye ilişkin olarak radyograf üzerinden alınan ölçümler ve etkilenme mertebeleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo: 3

Çavuştepe Buluntusu Çivinin Radyograf Üzerinden Yapılan
Ölçümlemelerle Tayin edilen Etkilenme Oranları

Ölçüm Yeri	Dış Boyut (mm)	İç Boyut (mm)	Etkilenme Oranı (%)	Ort.Etk. Oranı (%)
Uç Bölge	5,3	2,4	54	54

Gövde	8,0	3,8	52	35
	7,6	5,6	26	
	11,7	8,6	27	
Baş	26,8	22,3	17	21
	19,7	14,8	25	
Boy	100	92	8	8

Yine bu grupta olan bir diğer eser bir keskidir [ÇT-53]. Bu çalışmada incelenen en iyi durumda olan eserler arasında yer alan bu keskiye ait fotoğraf ve radyograf sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da görülmektedir. Keskiye ilişkin olarak radyograf üzerinden alınan ölçümler ve etkilenme mertebeleri Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo: 4
Çavuştepe Buluntusu Keskinin Radyograf Üzerinden Yapılan
Ölçümler ile Tayin edilen Etkilenme Oranları

Ölçüm Yeri	Dış Boyut (mm)	İç Boyut (mm)	Etkilenme Oranı (%)	Ort. Etk. Oranı (%)
Uç Bölge	12,8	7,0	48	48
Gövde	11,1	8,4	27	26
	13,8	9,7	30	
	16,1	12,8	20	
Baş	19,0	13,0	32	32
Boy	140,0	127,2	9	9

Ayrıca, eserlerin üzerinde, görsel olarak farkedilemeyen kimi organik elemanların var olup olmadığı incelenmesi için kimi eserler üzerine nötron radyografisi uygulanmıştır. Nötron radyografisi için İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü'nde mevcut 250

KW gücündeki TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörü'nün olanaklarından yararlanılmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda organik kökenli eleman bulunmadığı ancak X-ışını tekniği ile yapılan çalışmalarda gözlemlendiği üzere korozyon etkisinin parçalar üzerinde yüksek tahribat yarattığı anlaşılmıştır.

SONUÇ

Çavuştepe buluntusu üç eserin radyografik tekniklerle incelemesiyle, öncelikle buluntular üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadan önce, eserlerin durumları hakkında bilgi sahibi olmak üzere araştırma ve incelemeler rasyonel şekilde yapılmıştır. Böylelikle, eserlerin durumları hakkında tamamen tahribatsız olarak ileri bilgiler edinilebilmiştir.

Çalışma sonunda, eserlerin radyograflarının incelenmesiyle, Çavuştepe kazısı buluntusu olan yirmi üç eserin etkilenme mertebelerinin "önemli" olarak nitelenebilecek boyutlarda olduğu anlaşılmıştır. Nötron radyografisi uygulaması da, X-ışını radyografisi ile varılan sonuçları pekiştirmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda Çavuştepe buluntusu eserler, etkilenme mertebelerine göre kendi içlerinde üç gruba ayrılmışlardır. Bu ayırmaya göre eserlerin söz konusu üç gruba dağılımları Tablo: 5'de görülmektedir.

Tablo: 5
Çavuştepe Buluntusu Yirmi Üç Eserin
Genel Değerlendirmesi

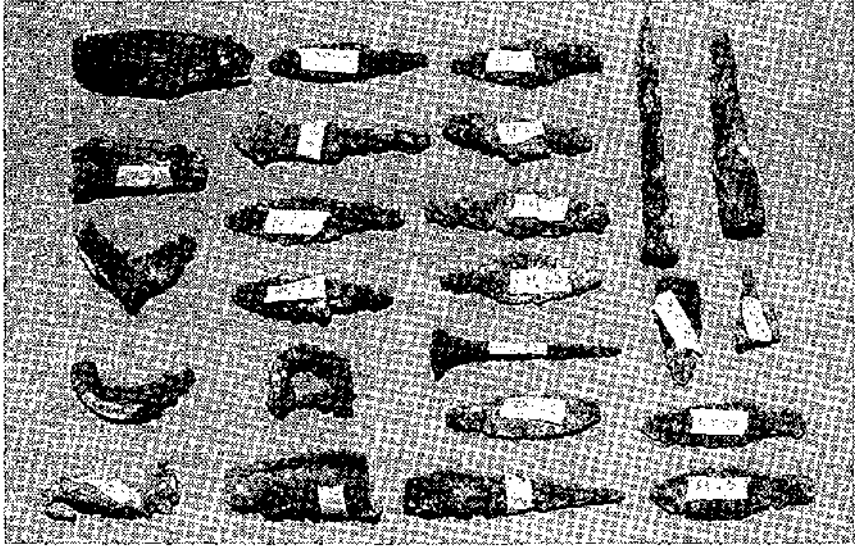
Grup	Yer Alan Eser Sayısı	Dağılım (%)	Açıklama
1.Grup	6	26	Üzerinde çalışılması halinde tahrip olabilir.
2.Grup	12	52	Üzerinde özen gösterilerek çalışılabilir. Bir miktar kayıp söz konusu olabilir.
3.Grup	5	22	Üzerinde çalışılabilir. Kayıp nispeten az olacaktır.

TEŞEKKÜR

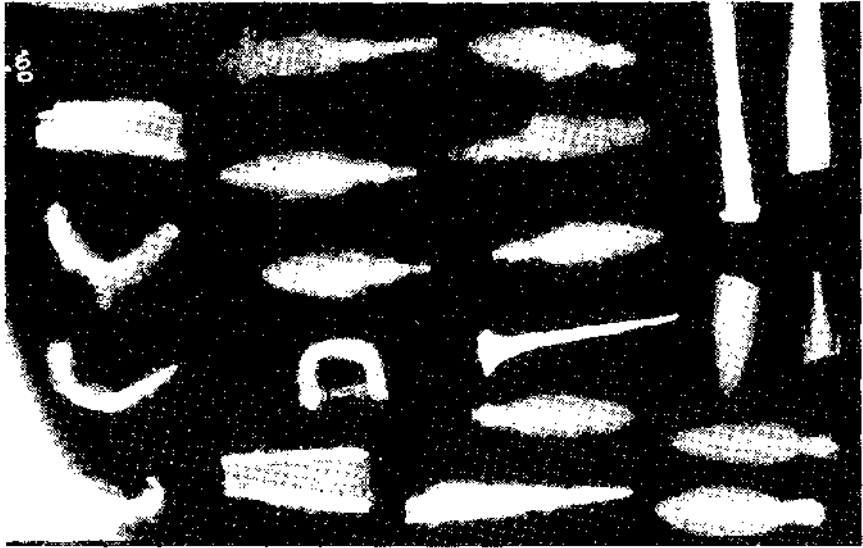
Eserler üzerinde yapılan nötron radyografisi uygulamalarında yardımlarını esirgemeyen İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü Müdürü ve İstanbul Teknik Üniversitesi TRIGA Mark-II Reaktörü İşletme Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAVUZ'a ve Reaktör personeli ile Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı elemanlarına teşekkür ederim.

REFERANSLAR

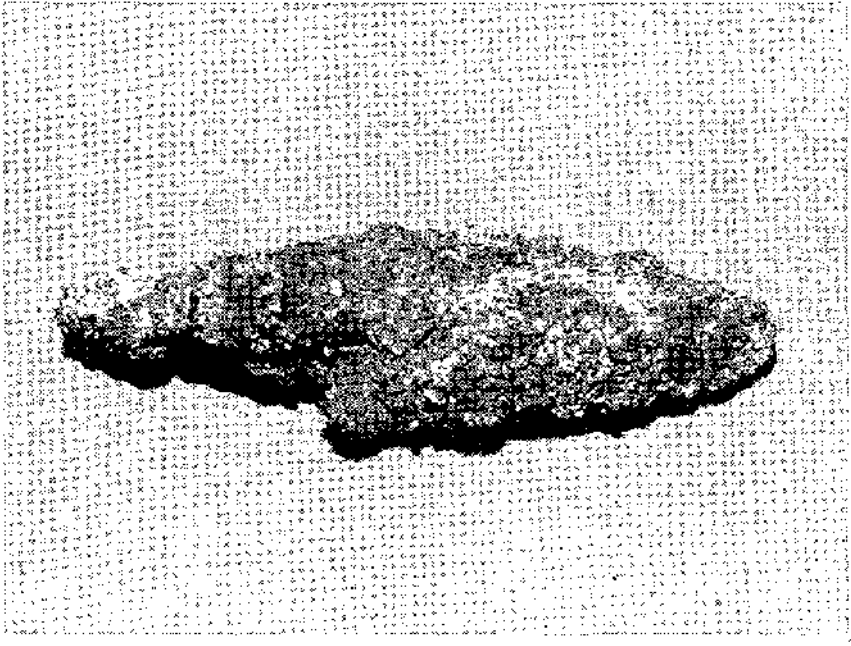
- BİLGE, A.N., TUĞRUL B., 1990, "Endüstriyel Radyografinin Esasları" İstanbul Teknik Üniversitesi Genel Yayın No: 20 İstanbul
- GRAHAM, D., EDDIE, T., 1985, "X-Ray Techniques in Art Galleries and Museums", Adam Hilger Ltd., Bristol.
- HALMSHAW, R., 1971, "Industrial Radiology Techniques", The Wykeham Technological Series, London.
- TUĞRUL, B., 1990, "An Application of Neutron Radiography To Archaeology". Archaeometry, Vol: 32, Part: 1, pp: 55-59.
- TUĞRUL, B., YAVUZ, H. 1985, "Basınçlı Su Reaktörlerinin Buhar Üreteçlerindeki Korozyon Problemleri". 5. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, İstanbul, Bildiri Kitabı, Cilt: 2, s:745-754.
- UHLIG, H.H., 1971, "Corrosion and Corrosion Control", John Wiley & Sons Inc., New York.
- VON DER HASDT, P. & Rötger, H., 1981, "Neutron Radiography Handbook", D.Reidel Publishing Company



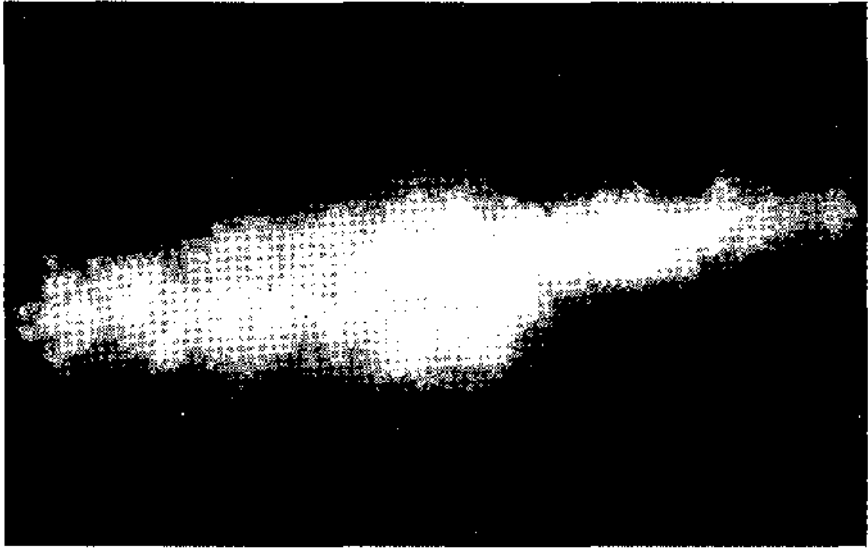
Şekil: 1- Çavuştepe buluntusu yirmiliç eserin toplu fotoğrafı



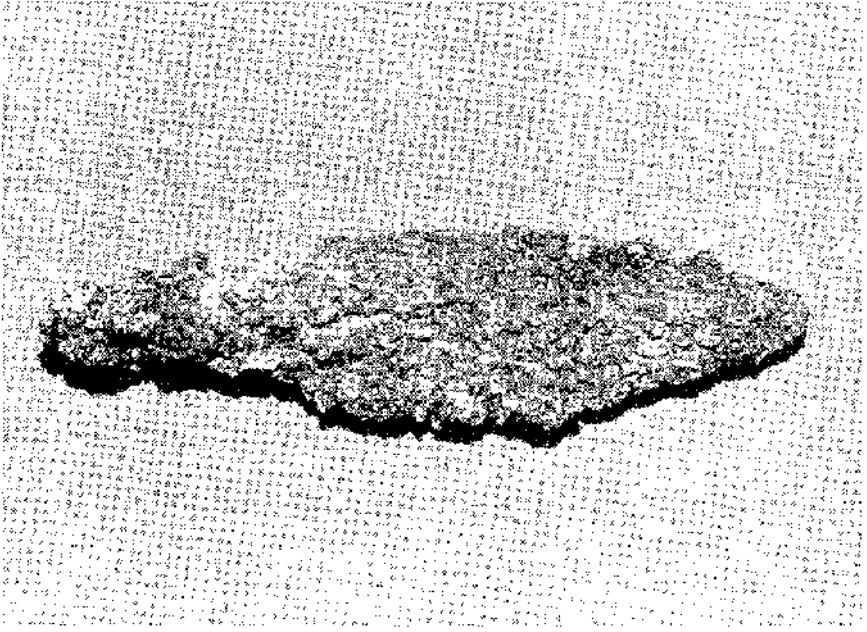
Şekil: 2- Çavuştepe buluntusu yirmiliç eserin toplu radyografı



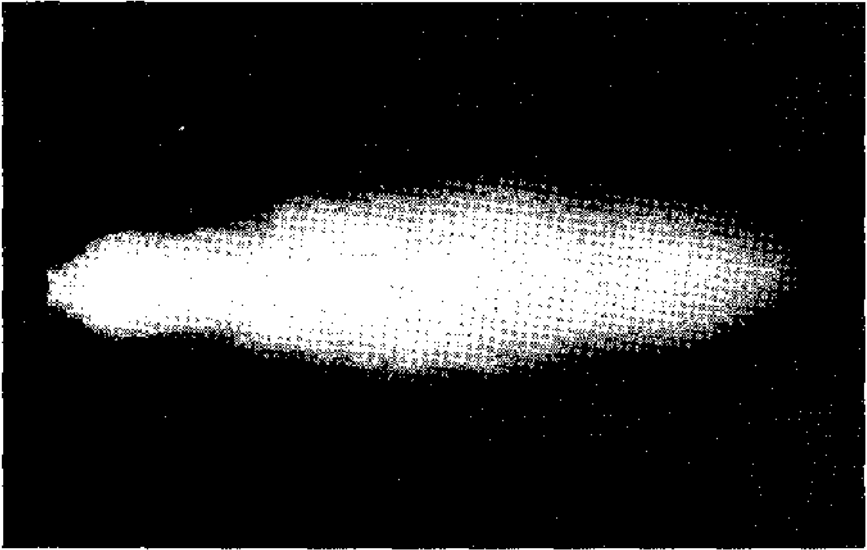
Şekil: 3- Ok ucu fotoğrafı [ÇT-45]



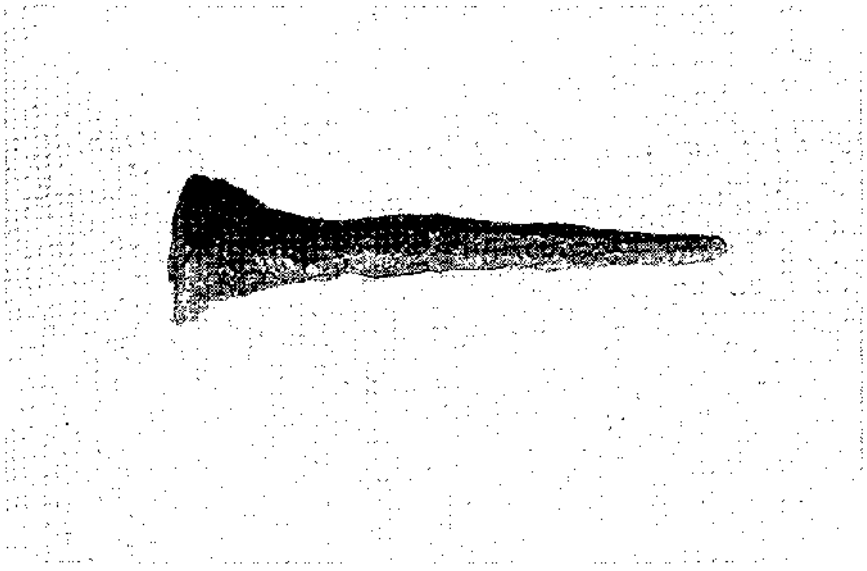
Şekil: 4- Ok ucu radyografı [ÇT-45]



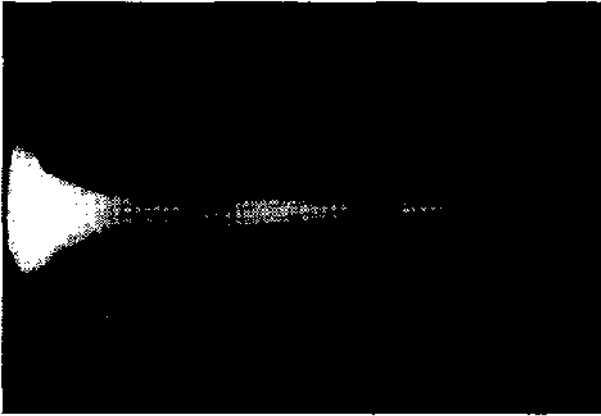
Şekil: 5- Ok ucu fotoğrafı [ÇT-38]



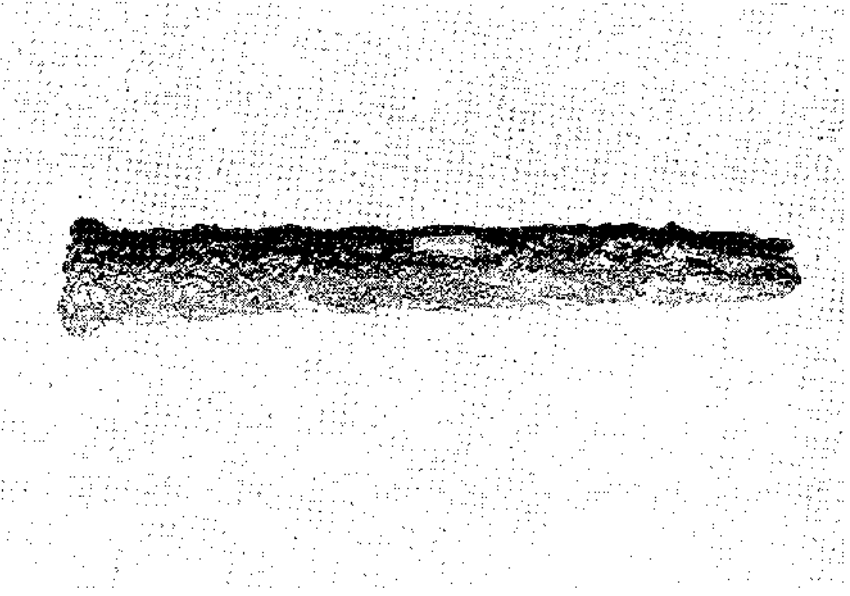
Şekil: 6- Ok ucu radyografisi [ÇT-38]



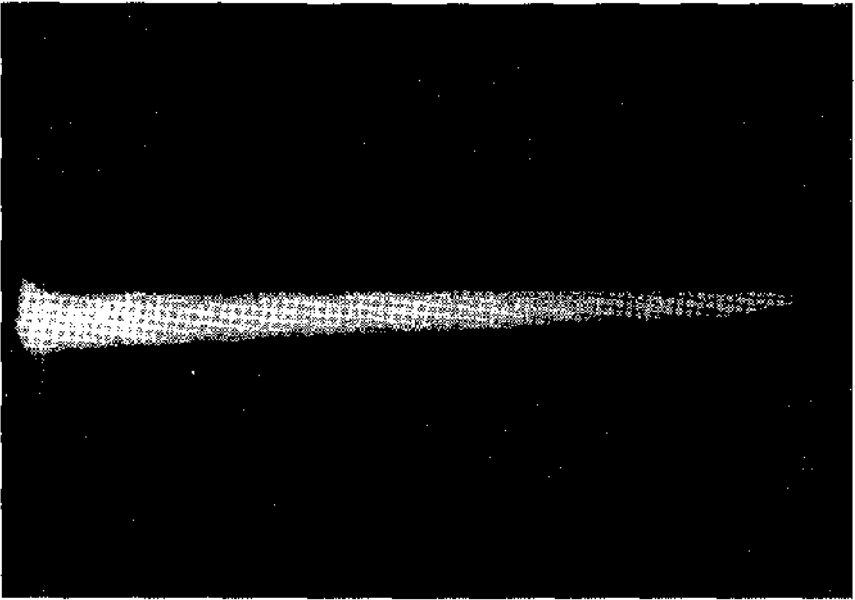
Şekil: 7- Çivi fotoğrafı [ÇT-44]



Şekil: 8- Çivi radyografı [ÇT-44]



Şekil: 9- Keski fotoğrafı [ÇT-53]



Şekil: 10- Keski radyografı [ÇT-53]

TOPRAKTA FOSFOR ANALİZİ, ÖNEMİ VE UYGULAMASI

Şahinde DEMİRCİ *
Meliha DOĞAN

ÖZET

Toprakta fosfor, organik ve inorganik fosfor bileşikleri halinde bulunur. Arkeolojide fosfor analizi, kazı öncesinde yerleşim yerinin belirlenmesi, kazı sırasında farklı arkeolojik bölgelerin (yerleşim yeri, çöplük, mezarlık gibi) anlaşılması ve farklı kaynaklardan gelen fosforun bulunması gibi amaçlarla yapılır.

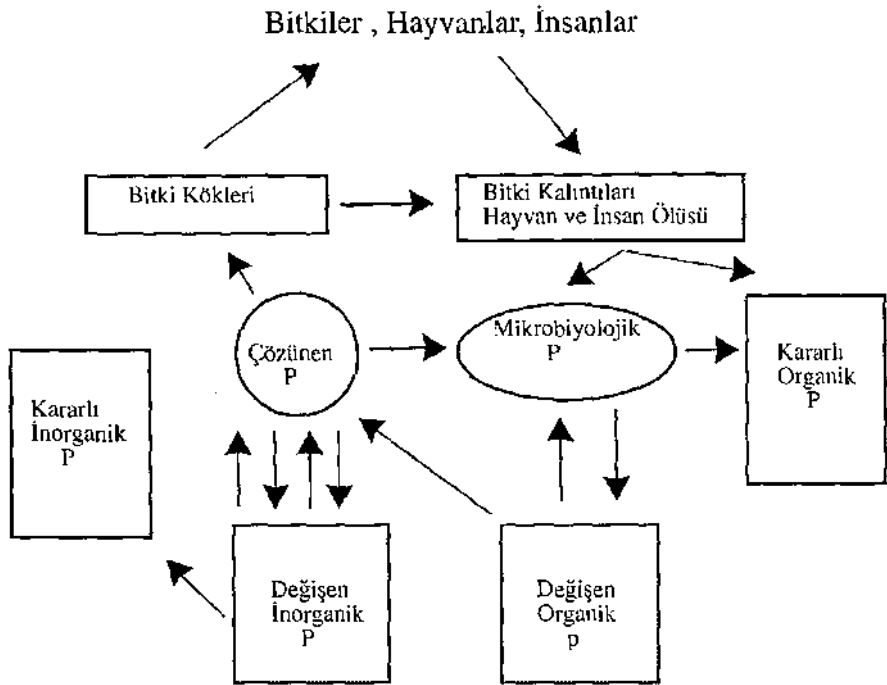
Bu çalışmada Knidos kazı alanından toplanan 11 toprak örneği analiz edildi, organik, inorganik ve toplam fosfor miktarları belirlendi. Ayrıca X-ışınları toz difraksiyon analizi ile toprağın mineral bileşimi ve ısıtma ile ağırlık kaybı yöntemi kullanılarak organik madde yüzdesi bulundu.

GİRİŞ

Toprakta fosfor normal olarak fosfat halinde yani dört oksijen atomuna bağlı olarak bulunur. Bu durumda da (-3) değerlikli bir iyon oluşur ve fosfat iyonu olarak bilinir. Sulu çözeltide, çözeltinin asitlik derecesine bağlı olarak değişen oranlarda H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , ve PO_4^{3-} şekillerinde görülür. Bazı organik fosfor bileşikleri fosfat bileşikleri değildir. Bu nedenle toprakta fosfat yerine fosfor (P) terimini kullanmak daha uygun görülmektedir.

* Doç. Dr. Şahinde DEMİRCİ, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, 06531 ANKARA.
Meliha DOĞAN, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Arkeometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans öğrencisi.

Topraktaki fosforun dağılımını ve dönüşümünü şu şekilde gösterebiliriz;



Toprakta fosfat analizini arkeolojide kullanımının başlangıcı yüzyılımızın başlarına rastlar. Toprak fosfatlarını ilk analiz edenler tarım alanındaki araştırmacılar olmuştur. İlk olarak, Toprak Bilimci Hughes 1911 de Mısır'da, toprak analizinin arkeolojik bölgelerin karakterizasyonunda yararlı olacağını farkettiler (Russell 1957). Sistematik olarak ilk fosfat analizi, bir şeker pancarı şirketi için araştırma yapan İsveç bilim adamı Olaf Arrhenius tarafından 1929 da yapıldı. Yöntem, toprağın sitrik asitle özütlenmesi ve elde edilen fosfatın molibden mavisi oluşumuyla tayin edilmesi yöntemi idi (Arrhenius 1929). 1938 de Alman bilim adamı Walter Lorch fosfat analizinin arkeolojide kullanılmasıyla ilişkili bir seri yayın yaptı (Lorch 1938, 1940). Yöntemi çözünebilir fosfor (P) miktarını vermektedir. İlk olarak İngiliz bilim adamları Johnson ve Nicol 1949 da toplam P miktarını tayin ettiler (Johnson ve Nicol 1949). Yöntemleri toprağı çözünürleştirip organik maddeleri yükseltmek, böylece organik P yi inorganik P ye dönüştürüp toplam P miktarını kolorimetrik olarak be-

lirlemek idi. Fosfor analizindeki diğer önemli bir gelişim, çabuk tayin yöntemi olan ve arazide rahatlıkla kullanılabilen "Spot P analiz yöntemi" olmuştur. Yöntem Feigl, Gundlach ve Eidt gibi bilim adamları tarafından geliştirilmiştir (Feigl 1958; Gundlach 1961; Eidt 1973). Spot test ancak analize hazır, yani çözünebilen P miktarını belirlemekte kullanılabilir.

Arkeolojide P tayini genellikle üç amaçla yapılmaktadır (Henderson 1984);

- i) Kazı öncesinde yerleşim yerinin belirlenmesi,
- ii) Kazı sırasında farklı arkeolojik bölgelerin (yerleşim yeri, çöplük ve mezarlık gibi) belirlenmesi, ve
- iii) Farklı kaynaklardan gelen fosfor miktarlarının bulunması, böylece fosfat bileşiklerinin türlerini ve oluşumlarının belirlenmesi.

Arkeolojik bölgelerdeki fosforun kaynakları, evsel atıklar, gıda kalıntıları, bitki ve hayvan kalıntıları, ölü vücutlar, gübre vs. dir. Yapılan çalışmalar her bireyin senede yaklaşık 600 g P çıkardığını ve yaklaşık aynı miktar P'nin yiyecek kalıntıları, sebzeler ve kemiklerle toprağa girdiğini ortaya çıkarmıştır (Cook ve Heizer 1965). İnsan ve hayvanlarda fosforun dağılımı ve miktarı, yaş, seks, gıda maddeleri veya beslenme düzeyiyle ilgili olarak değişmektedir. Fosforun esas toplandığı yerlerden biri mezarlıklardır. Çalışmalar 68 kg ağırlığında bir bireyde 630 g P bulunduğunu, bunun da %86'sının iskelette bulunduğunu göstermektedir (Johnson 1956). Dolayısıyla ölünün gömüldüğü yerde bu fosfor küçük bir alanda toplandığından derişimi artar.

Genelde kazı öncesinde, yerleşimin sınırlarının bulunması amacıyla analiz yapılıyorsa toplam P miktarının bulunmasında yarar vardır (Hammond 1983). Ancak kısa sürede çok sayıda analiz yapılması için arazide "Spot test" ile de sonuç alınabilir (Eidt 1973). Çalışmalarda doğru sonuç alınması için çevre toprağının P düzeyi, örnekleme hatası ve deney hatası gibi analizle ilgili ayrıntıların belirlenmesi gerekir. Örnekler hem yüzeyden hem de derinlemesine alınmalıdır. Toplam P tayini için önerilen yöntem (Henderson 1984):

Araziden alınan toprak parçaları 30 °C'deki bir odada 48 saat havada kurutulur, 2 mm'lik elekten geçirilip taşından temizlenir. Çok ince toz haline getirilip 0.1 mm'lik elekten geçirilir; belirli ağırlıkta örnek alınıp 105 °C'de bir gece kurutulur, tartılır. Aradaki fark toprağın su miktarını verir. Kurutulmuş örnekten, belirli ağırlıkta (örneğin 1 g) duyarlı olarak tartılır,

550 °C de bir saat (kireçli topraklarda) veya 400 °C de bir gece (herhangi bir toprakta) ısıtılır. Soğuduktan sonra 25 ml 1 M HCl de 30 dakika kaynatılır, 100 mL ye tamamlanır. Buradan alınan 10 ar mL çözeltide vanada molibdat reaktifi kullanılarak sarı renkli bir kompleks oluşturulur, 470 m de soğurum miktarı ölçülür. Sonuçları değerlendirmek üzere, derişimi belli fosfat çözeltileri ile aynı kompleks oluşturulup kalibrasyon doğrusu çizilir. Sonuçlar, 105 °C de kurutulmuş örnek üzerinden ppm olarak (kg başına g olarak) ifade edilir.

İnorganik P miktarını tayin etmek için toprak örneği yakma işlemine uğratılmadan aynı işleme tabi tutulur.

$$P_T = P_o + P_i \text{ veya } P_o = P_T - P_i \text{ olur.}$$

Burada P_T toplam fosfor, P_i inorganik fosfor ve P_o organik fosfor miktarlarını vermektedir.

Spot test için bir çanta (kit) hazırlanır. Burada iki ayrı reaktif bulunur; Reaktif A ve reaktif B.

Reaktif A: 5 g $(NH_4)_2 MoO_4$ 10 mL damıtık suda çözülür, 30 mL 6 M HCl eklenir.

Reaktif B: 0.5 g askorbik asit 100 mL damıtık suda çözülür, karanlıkta saklanır. Dört hafta dayanabilir.

Analiz için az miktarda toprak örneği süzgeç kağıdı üzerine konulur, 2 damla reaktif A konup 30 saniye beklenir, 2 damla reaktif B konur. Yaklaşık 2 dakika sonra mavi renk oluşumu görülür. Duyarlılık yaklaşık 0.3 ppm P dir.

Avrupa ve Amerika'da önemli bir alan çalışması olarak düşünülen, kazı sırasında da çoğu kez yapılan fosfor analizi yurdumuz arkeolojisine girmiş gibi görülmemektedir. Şimdiye dek bu konuda herhangi bir yayına rastlanmamıştır. Çok ucuz olan, büyük çapta alete gerek göstermeyen bu yöntemin yurdumuzda da kullanılmasında yarar vardır ve bu nedenle bu çalışma başlatılmıştır.

DENEY VE SONUÇLAR

Çalışma, M.Ö. 400 lerde kullanılan, Hellenistik öncesi bir yerleşim yeri olan Eski Knidos (Datça) kazısıyla ilgili toprak örnekleriyle başlatıldı. Bu güne kadar 11 örnek analiz edildi. Analizde P_T P_o ve P_i miktarları belirlendi. Örneklerde fosfor tayini literatürde önerilen yöntemle

yapıldı (Henderson 1989) ve kolorimetrik ölçümlerde Ciba-Corning Marka, Chroma 254 model bir kolorimetre kullanıldı.

Örneklerin mineral içeriklerinin belirlenmesi için X-ışınları toz difraksiyon analizi (XRD) yapılmıştır. Bunun için Philips PW 1320/100 X-ışınları difraktometresi kullanılmış ve analizler CoK ışımları ile yapılmıştır. Hawlett Packard 180 mikro analizörü ile örneklerin CıH ve N yüzdeleri belirlenmiştir. Ayrıca toprağın organik madde içeriğinin belirlenmesi için 500 °C de ısıtma ile ağırlık kaybı yöntemi uygulanmıştır (Walter ve Dean 1974). XRD çalışmaları, toprak örneklerinin temelde kuartz, feldspar, kalsit ve klorit kil minerali içerdiğini ve volkanik oluşumlu olduğunu göstermiştir. Örneklerin organik madde, azot (N) yüzdeleri Pr, Pi ve Po değerleri ppm olarak Tablo 1 de verilmiştir. Fosfor miktarlarıyla ilgili sonuç değerlendirmeler tabloda ayrıca gösterilmiştir.

Az sayıda örnekle de olsa yapılan bu çalışma, fosfor analizinin kazı toprağının değerlendirilmesinde önemli sonuçlar vereceğini göstermektedir. Fosfor sonuçlarının değerlendirilmesinde, günümüz toprağındaki fosfor değerlerini gözönüne almakta yarar vardır. Toprak standartlarına göre fosfor değerleri aşağıdaki şekilde yorumlanmaktadır (Black 1965).

P değeri	<	3ppm	ise; fosforu çok az
P değeri	3-7	ppm	ise; fosforu az
P değeri	7-20	ppm	ise; fosforu orta değerde
P değeri	>20	ppm	ise; fosforu yüksek demektir.

Tablo 1: Örneklerin Organik Madde ve Fosfor İçerikleri ve Değerlendirilmesi

Örnek	(%)Organik Madde	P (ppm) $P_i \quad P_o \quad P_T$			Değerlendirme
B 8/1 (üst toprak)	7.6 (0.16)*	7.4	10.4	17.8	Po(Pr) yüksek hayvan olatılan bir bölge olmalı
B 8/2 (orta tabaka)	6.5	3.25	10.4	13.65	.
B 8/3 (kültür tabaka)	4.8	9.5	4.15	13.65	Pr büyük Pi küçük beklenen bir durum
BZ 013, 003	6.8	5.3	2.1	7.4	Pi>Po

BZ 03,003.M10	6.7 (0.16)	17.8	8.35	26.15	Pi>Po Gümü alanı olabilir.
SE 86(16) (farklı tabaka)	9.5(0.17)	5.3	0	5.3	-
SE 8.6 B3	3.9	5.3	0	5.3	-
BZ (değişik bir bölge)	6.4 (0.25)	3.25	10.4	13.65	Po>Pi çöplük veya gübrelik olabilir. Yerleşim yeri olabilir.
SE 8.6 B(4)	6.4	9.50	4.15	13.65	-
SE 8.4 B3	6.3	3.25	2.15	5.30	-
SE 8.6 B2(3)	3.2	1.15	6.25	7.40	Yerleşim yeri olabilir.

(*) Parantez içindeki rakamlar örneklerin % N miktarını vermektedir. Değer verilmeyen örneklerde azot bulunmamıştır.

KAYNAKLAR

- ARRHENIUS, O.1929: Die phosphat methode I+II. Zeitschrift für pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, Teil A14, 121-140, + 185-194
- BLACK, C. A. 1965: Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy Inc. Publisher. U.S.A.
- COOK, S. F. ve HEIZER, R. F. 1965: Studies on the chemical analysis of archaeological sites. University of California Publications in Anthropology 2.
- EIDT, R. C. 1973: A rapid chemical test for archaeological site surveying. American Antiquity 28, 206-210.
- FEIGL, F. 1958: Spot tests in Inorganic chemistry, Elsevier, Amsterdam.
- GUNDLACH, H. 1961: Tüpfelmethode auf phopshat, angewandt in prähistorischer forschung (als feldmethode) Mikrochimica Acta 5, 735-37.
- HAMOND, F. W. 1983: Phosphate analysis of archaeological sediments. In (eds. T. Reeves-Smyth + F. Hamond). Landscape Archaeology in Ireland, BAR Oxford 116, 47-80.
- HENDERSON, J. 1989: Scientific Analysis in Archaeology and its Interpretation. UCLA Institute of Archaeology, Los Angeles, California.
- JOHNSON, A. H. 1956: Examination of soil from Corrimony chambered cairn. Proceedings of the society of Antiquaries of Scotland 88 (1954-6) 200-07.
- JOHNSON, A. H. ve NICOL, D. 1949: Analyses of soil samples from old ground surface under cairn. Cairnholly I. In S. Piggott and T.G.E. Powell, The excavation of three neolithic chambered tombs in Galloway, 1949. Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland 83, 161.

- LORCH, W. 1938: Die Mikroschürfung, eine neue methode der wüstungsforschung. Zeitschrift für Erdkunde 6, 177-184.
- LORCH, W. 1940: Die siedlungs geographische phosphat methode. Die Naturwissenschaften 28, 633-40.
- RUSSELL, E. J. 1957: The World of the soil. Collins, London.
- WALTER, E. ve DEAN, J.R. 1974: Determination of carbonate and organic matter in soils, calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition. J. of sed. Petrology vol. 44, No 1 242-48.

KURŞUN İZOTOP ANALİZ YÖNTEMLERİ VE ARKEOLOJİDE UYGULAMALARI

Şeref KUNÇ *
Alaaddin ÇUKUR
Ahmet T. İNCE

GİRİŞ

Arkeolojik buluntular, eski ticari yolların belirlenmesinde önemli ipuçları verirler (1). Metal buluntuların kimyasal ve metalurjik analizleri ise üretim teknolojisi, metalin saflığı ve kimyasal bileşimlerini belirler (2, 3). Uzun yıllar, metal, curuf ve filizlerin eser element içeriklerinden yararlanarak kaynak belirleme çalışmaları yapılmaktadır (2, 8). Fakat, eser elementlerin filiz yataklarında dağılımının homojen olmaması, filizin işlenmesi sürecinde eser elementin curufla metal arasındaki dağılımının her zaman aynı olmaması gibi nedenlerle kesin sonuç alınamamaktadır (8).

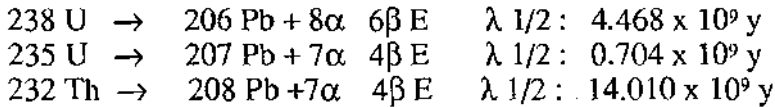
1900 yıllarında radyoaktifliğin keşfiyle, jeolojik yaş tayinleri gündeme gelmiştir. Bu amaçla değişik radyoaktif elementlerden yararlanılmaktadır. 1945 yılında Kütle spektrofotometrelerinin geliştirilmesi, çok duyarlı izotop analizlerinin yapılması imkânını yaratmıştır. U-Pb ve Th-Pb radyoaktif bozunma tepkimeleri jeolojik zaman belirlemede ve kurşun izotop oranları değişik, mineral ve cevherlerin yaşlarını belirlemede kullanılmaktadır. 1960'lı yıllardan sonra kurşun izotop analizleri arkeolojik buluntulara da (cam, sır, kurşunlu bronz, gümüş, altın, boyar maddeler) uygulanmaktadır (9).

KURAM

Kurşunun dört izotopu bulunmaktadır; ^{208}Pb , ^{207}Pb , ^{206}Pb ve ^{204}Pb . Bunlardan ilk üçü uranyum ve toryumun, radyoaktif bozunması sonucu oluşurken, dördüncüsü kararlı kurşun elementidir. Dünyanın 4.5 milyar

* Prof.Dr.Şeref KUNÇ, Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü 23119 ELAZIĞ

yıl önce oluştuğu bilinmektedir. Bu yıldan itibaren ^{208}Pb , ^{207}Pb , ^{206}Pb izotoplarının miktarı artmaktadır. Dünyadaki metal filiz yatakları ise değişik jeolojik zamanlarda oluşmuştur (10). Dolayısıyla oluşum zamanına bağlı olarak kurşun izotoplarının miktarları değişir. Bu nedenle, herhangi bir maden yatağının günümüz kurşun miktarı iki kısma ayrılır; birincisi, Dünya'nın oluştuğu andaki kurşun miktarı, ikincisi ise, radyoaktif bozunma sonucu oluşan kurşundur. Radyoaktif bozunma tepkimeleri:



Verilen bir örneğin kurşun izotop bileşimi, genellikle atom oranları ile verilmektedir:

$$\begin{array}{lll} \frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}, & \frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}, & \frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \quad \text{oranları arkeolojik amaçla} \\ \\ \frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}, & \frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}, & \frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \quad \text{oranları jeolojik amaçla kullanılır} \end{array}$$

Genellikle, belli bir bölgedeki maden yatağı için oranların değişimi, eser elementlerde olduğu gibi fazla değildir. Yukarı Missisipi Vadisi kurşun-çinko yatağının kurşun izotop bileşimi $\pm 3\%$ civarında değiştiği, Amelia maden yatağında 0.25% , Buide Mine da $\pm 2\%$ değiştiği bulunmuştur (10).

ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Optik spektrofotometrelerle, ayırma gücü büyük olmadığı için kurşun izotop analizleri yapılamamaktadır. Son yıllarda geliştirilen mor ötesi-görünür bölge furier transform spektrometrelerinin ayırma gücü 10^6 'ya çıkabilmesine karşın, izotopların dalga boyları birbirine çok yakın olduğundan analize imkan vermemektedir. İndüklenmiş çifte plazma bu spektrofotometrelere bağlanabilmektedir.

Buna karşılık kütle spektrometreleri 1945 yılından beri izotop analizlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Bu örneğin iyonlaşması, kütle yük oranına bağlı olarak ayrılması ve dedektörde ölçülmesi işlemleri uygulanır. Kurşun izotop analizi için iyonlaştırma kısmı çok önemlidir. İnorganik maddelerde spark kaynaklı kütle spektrometreleri kul-

lanılmaktadır. Fakat doğruluğu kurşun izotop analizleri için yeterli değildir. Katı kaynaklı ısısal iyonlaştırmalı ve çift odaklamalı kütle spektrometreleri tercih edilmektedir (II). Termal ısıtmalı Renyum filamentim kullanarak ve 10^{-8} bar vakum uygulayarak pozitif yüklü kurşun iyonları elde edilmektedir.

Bu yöntemde kurşun örneğinin saflığı çok önemlidir ve doğruluk ile kesinliği önemli ölçüde etkiler. Saflık uygun bir kimyasal ayırma yöntemi uygulayarak sağlanabilir. Elektro kimyasal toplama ve/veya iyon değişirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemde bağıl standart sapma 0.01% civarındadır (II). Fakat yöntemin ölçme ve ayırma işlemi zaman alıcı ve pahalıdır. Ayrıca, ölçümde ancak 15 örnek peşpeşe yapılabilir.

Termal iyonlaştırıcı yerine, indüklenmiş çift plazması da aynı amaç için 1980'li yıllardan itibaren geliştirilmektedir. Bu yöntemde, Argon asal gazı radyofrekans ile uyarılmakta ve 6000° lik plazma elde edilmektedir. Bu yüksek sıcaklıkta pozitif yüklü iyonlar elde edilmekte ve kütle spektrometresi ile izotopları ölçülebilmektedir. ppm mertebesinde kurşun içeren çözeltide analizler yapılabilir. Ayırma işlemi gerektirmemesi, sürekli ölçüm yapılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Analizler daha ucuza yapılabilir. Bu aletler henüz geliştirme safhasındadır ve gürültü sinyal oranının yüksek olması nedeniyle duyarlılığı ve bağıl standart sapma yüksek çıkmaktadır (12). Birkaç saatlik çalışma süresinde, sinyalin kararlılığı 5% oranında değişmektedir. Bu zaman zaman standard ile kalibre edilerek düzeltilebilmektedir.

Laserle buharlaştırılarak ICP-MS ile NIST standard 610 cam örneğinde yapılan kurşun izotop analizlerinde TIMS ile yapılan sonuçlar karşılaştırıldığında kabul edilebilir olduğu anlaşılmıştır (13). ICP-MS'in kurşun izotop analizlerine uygulanabilmesi için gürültü sinyalini azaltma amaçlı çalışmalar devam etmektedir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde sorunların halledilmesi beklenmektedir.

TÜRKİYE MADEN YATAKLARI KURŞUN İZOTOP ORANLARI

Arkeolojik buluntuların kaynağının belirlenmesinde, kurşun izotop oranlarından yararlanabilmek için, maden yataklarının kurşun izotop oranları bilinmelidir. Anadolu'daki birçok maden yataklarının kurşun izotop oranları Wagner ve arkadaşları tarafından çalışılmıştır (5, 6). Truva bölgesi kurşun izotop analizleri kazı buluntuları da yapılmıştır (1). Kıbrıs bakır yatakları sonuçları da aynı yayında bulunmaktadır (1). Orta Toroslarındaki maden yatakları ise Yener ve arkadaşları tarafından ça-

lıdır (14). Çukur ve arkadaşları ise Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki bazı kazı yerleri buluntularının kurşun izotop analizlerini yapmışlardır (10).

Harita 1'de Anadolu'daki bazı maden yatakları gösterilmektedir. Şekil 1'de ise bu yatakların kurşun izotop oranları verilmektedir. Bazı yatakları hakkında hiç sonuç olmamasına karşın, bazılarının ki de çok az sayıdadır.

Material ve Metod

Termal iyonlaşmalı kütle spektrometresi kullanarak Tepecik, Tülintepe Urartu (Van) ve Samsat buluntularının kurşun izotop oranları analizlendi. Statgraf programı kullanarak buluntuların $^{208/206}\text{Pb}(Y)$, $^{207/206}\text{Pb}(X)$ ve $^{204/206}\text{Pb}(Z)$ oranlarının üç boyutlu grafikleri çizildi. Değişik araştırmacıların Anadolu'ya ait maden yatakları kurşun izotop oranların aynı eksenlerde üç boyutlu grafik çizildi. Bu grafikler karşılaştırılarak buluntuların kaynakları belirlendi.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yener ve arkadaşlarının Niğde bölgesine ait dört değişik kurşun maden yatağının kurşun izotop oranları vermiştir (13). Bunlar kurşun, kurşun-çinko ve kalay maden yataklarına ait sonuçlar olduğu için değerlendirmeye alınmadı. Wagner ve arkadaşlarının Doğu ve Kuzeydoğu Anadolu maden yatakları kurşun izotop oranları grafikleri Şekil: 1'de verilmektedir. Haritada verilen 1. bölge Küre bakır yataklarına ait dört ayrı örnek sonucudur. Küre bölgesini bu sonuçlar oldukça belirgin olarak ayırmaktadır. Keza 2 no'lu bölgeye ait kurşun, bakır ve mineralleri sonuçları Küre'den belirgin şekilde ayrılmaktadır. Bu örnek kurşun mineraline aittir ve sapması çok fazladır. Bu bölgenin ayrıca incelenmesi ve daha çok örnekle çalışılmalıdır. Burası, 2a olarak haritada belirtilmiştir (Gümüş mevkiinde).

Trabzon bölgesinde kurşun ve bakır minerallerinin analizleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 1'de verilmektedir. Sonuçlar iki kümeye ayrılmaktadır. 1, 2 ve 7 nolu kurşun örnekleri ayrı bir grup oluşturmakta, 2a diğerleri kurşun ve bakır mineralleri ayrı bir grup oluşturmaktadır. 2a, 2b grubu 1a ile kısmen çalışmaktadır.

Doğu Anadolu'da en önemli bakır ve kurşun maden yatakları Keban, Maden ve Siirt bölgesindedir. Keban sonuçları bakır, kurşun ve curuf analizlenerek bulunmuştur ve Maden'e göre ayrı bir küme oluş-

turmaktadır. Maden bölgesi kurşun izotop sonuçları çok geniş bir dağılım göstermektedir. Karoli, Ortabaraka ve Pirajman bölgesinden sadece birer örnek olması nedeniyle bölgeleri kesin ayırmak mümkün olamamıştır. Keza Siirt bölgesinde de tek örnek olması nedeniyle kesin değerlendirme yapılamamaktadır.

Güneydoğu Toroslar'ın sonuçları karşılaştırıldığında ise, Maden sonuçlarının, Toros 1a ve 2b ile çakıştığı (Şekil: 8), Maden, Ortabaraka'nın Toros 1b ile çakıştığı, Toros 2a ile Kedak-Karoli ve Siirt kurşun izotop sonuçları çakışmaktadır. Kıbrıs sonuçları da Toros 2a ile çakışmaktadır.

Buluntuların Değerlendirilmesi

Dört değişik kazı ycrinden temin edilen buluntuların özellikleri kimyasal analiz sonuçları ve kurşun izotop oranları sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmektedir. Her bir kazı yeri buluntusunun üç boyutlu grafiği çizildikten sonra yukarıda belirtilen maden yataklarının (Şekil:1) sonuçlarıyla karşılaştırılarak kaynak tesbitine gidildi.

Samsat

(1 nolu Samsat örneği) bakır örneği kısmen arsenik miktarı fazla EBÇ aittir ve kurşun izotop oranları, bilinen yatakların hiçbiriyle uyuşmamaktadır. Muhtemelen bilinmeyen bir kaynağa aittir.

2 nolu örnek Roma Dönemi'ne ait kurşun-bakır alaşımıdır ve Siirt bölgesi sonuçlarıyla aynıdır. Muhtemelen kaynağı Siirt bakır yatağıdır.

3 nolu örnek Roma Dönemi'ne ait bakırdır. Maden bölgesi ile çakışmaktadır. Muhtemelen kaynağı, Maden'dir.

4 nolu örnek EBÇ ait %1.06 kalay içeren bir alaşımıdır ve maden yatağı ile aynı oranlara sahiptir.

Urartu

5 nolu Urartu örneği 1.9% kalay ve 1.53% arsenik içeren bronz alaşımıdır ve Siirt bakır yatağı ile aynı sonuçlara sahiptir. Kaynağı muhtemelen Siirt'tir.

6 nolu Urartu 1.21% kurşun içeren bronzdur ve Maden bölgesi Kedak-Karoli mantıkası yatağı ile uyuşmaktadır.

Tepecik

7 nolu örnek Demir Çağı arsenikli bakır alaşımıdır ve en yakın Siirt ile uyuşmaktadır.

8 nolu örnek EBÇ ait saf bakırdır, Maden ile uyuşmaktadır.

9 nolu örnek Maden EBÇ ait arsenikli bakır alaşım Maden ile uyuşmaktadır.

10 nolu örnek Hitit Dönemi 1.13% Sn içeren bronzdur ve Maden bölgesi Kedak-Karoli maden yatağı ile uyum göstermektedir.

12 nolu örnek Demir Çağ saf bakır örneği Trabzon 3a ile çakışmaktadır.

13 nolu örnek EBÇ 4.84% oranında As içeren bronzdur ve Maden bölgesi Kedak-Karoli maden yatağı ile uyum göstermektedir.

14 nolu örnek Demir Çağı 4.37% As içermekte, Trabzon 3a arasında değerlere sahip muhtemelen yeniden karıştırılarak şekil verilmiş olabilir.

15 nolu örnek Hitit Dönemi 3.10% As içeren bronzdur. Maden bölgesi Kedak-Karoli ile uyuşmaktadır.

16 nolu örnek EBÇ bakır örneği Küre ile uyuşmaktadır.

17 nolu örnek Demir Çağı, 0.99% oranında kalay içeren bakır metali, Maden bölgesi Kedak-Karoli ile uyuşmaktadır.

18 nolu örnek EBÇ saf bakır, Küre ile uyuşmaktadır.

19 nolu örnek Hitit Dönemi 10% As içeren bronz uyuşmaktadır.

20 nolu örnek Hitit Dönemi, saf bakır, Küre ile uyuşmaktadır.

21 nolu örnek Hitit Dönemi 3.63% As içermekte, Maden bölgesi Kedak-Karoli ile uyuşmakta.

22 nolu örnek Geç Kalkolitik galen 35% oranında kurşun içermekte, Küre ile uyuşmaktadır.

23 nolu örnek Geç Kalkolitik Dönemi'ne ait bakır örneğidir. Trabzon 3b ile uyuşmaktadır.

24 nolu örnek Geç Kalkolitik 4.57% As içermekte ve Maden ile uyuşmaktadır.

25 nolu örnek Geç Kalkolitik 4.2% As içermekte Maden, Kedak-Karoli ile uyuşmaktadır.

26 nolu örnek Geç Kalkolitik Dönem'e ait, %40 kurşun içeren, galena cevheridir ve Küre ile uyuşmaktadır.

27 nolu örnek EBÇ 3.89% As içermekte ve Maden ile uyuşmaktadır.

Tülintepe

28 nolu örnek Hitit Dönemi, saf bakır, Maden ile uyuşmaktadır.

SONUÇ

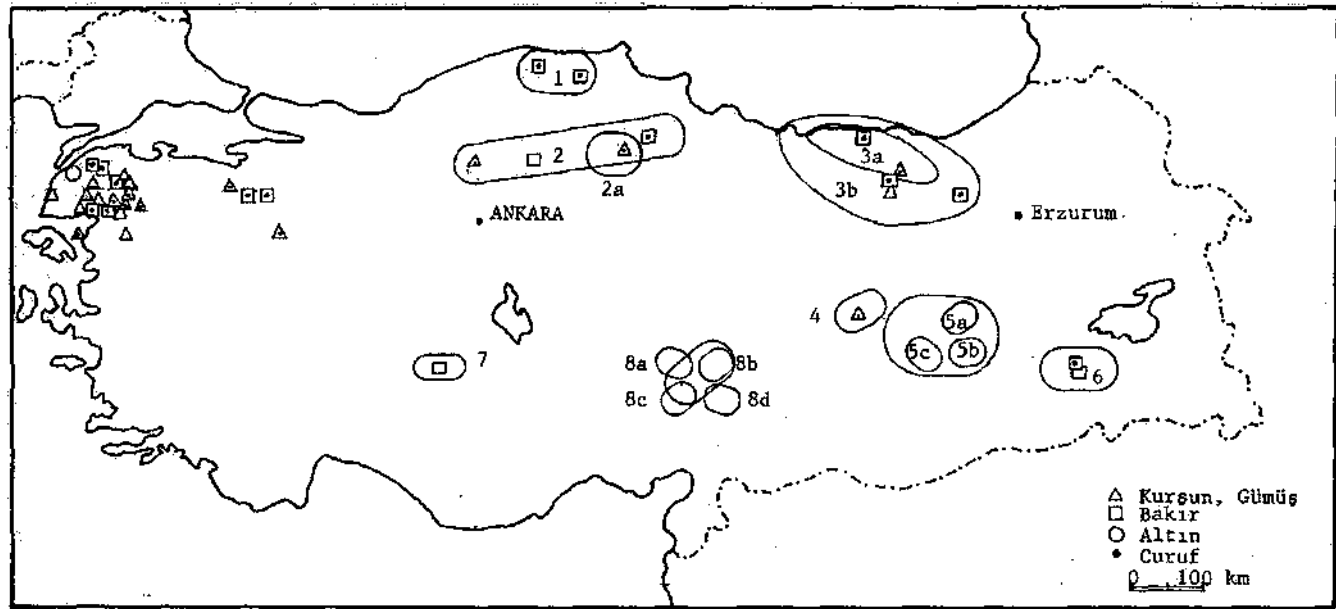
Roma-Geç Kalkolitik dönemlere ait 28 adet Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu kazı yerlerindeki buluntuların, kurşun izotop oranları, bilinen Maden yatakları kurşun izotop oranları üç boyutlu grafikleri çizilerek karşılaştırılmış ve Küre, Trabzon, Siirt, Maden bölgeleriyle uyum gösterdikleri saptanmıştır. Samsat'ın 1 nolu örneği bilinen yataklara uymamaktadır, muhtemelen kurşun izotop oranını bilmediğimiz kaynağa aittir. Değişik dönemlerde, Siirt, Maden ve Maden-Karoli-Kedak maden yataklarının işletildiği anlaşılmaktadır. Örneklerin çoğu bu yataklara aittir. Keban bölgesi maden yataklarının da çok eski çağdan M.Ö.3000 yıllarından beri çalıştırıldığı iddia edilmekte ise de, Keban kaynaklı eserlere rastlanılmamıştır.

12, 23 nolu Tülintepe örnekleri Trabzon ile uyuşmakta 18, 22 nolu örnekler ise Küre kaynaklıdır. 14, 16, 20 örneklerinin ise Maden ile Maden-Karoli değerleri arasında kalmaktadır. Muhtemelen tekrar karıştırılarak işlenmiş olabilirler.

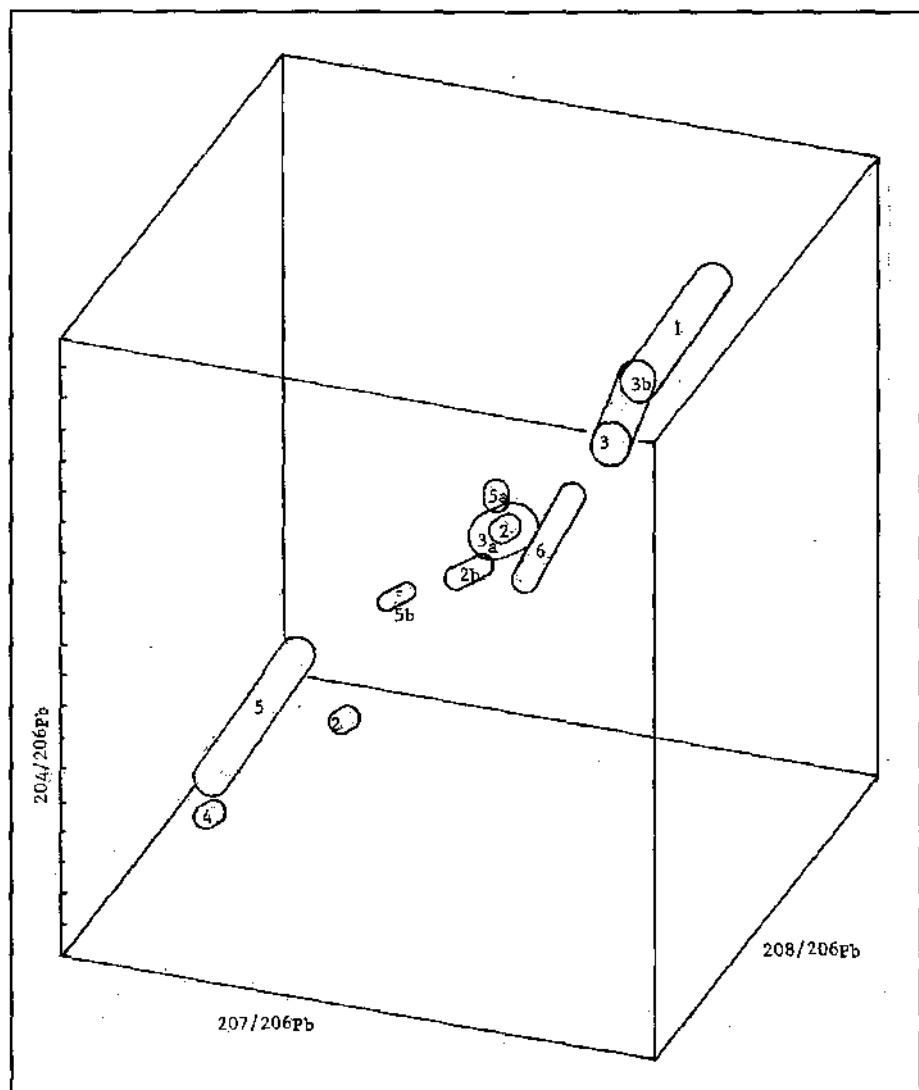
KAYNAKLAR

1. Ed.J.HENDERSON "Scientific Analysis in Archaeology" Oxford University Committee for Archaeology, Monograph no. 19.
2. A.ÇUKUR, Ş.KUNÇ "Samsat ve İmikuşağı Höyükleri Buluntu Analizleri" TÜBİTAK, AKSAY ÜNİTESİ, I.Ulusal Kollokyumu, 23-25 Kasım 1988, ODTÜ-Ankara Tebliğler Kitabı s.247-461.
3. Ş.KUNÇ, A.ÇUKUR "Tepecik ve Tülintepe Buluntularının Eser Element Analizleri" IX.Kazı-Araştırma III.Arkeometri Toplantısı, Kültür ve Turizm Bakanlığı 6-10 Nisan 1987, Ankara Bildiri Kitabı s.87-95.
4. Ş.KUNÇ, A.ÇUKUR "Yukarı Fırat Havzası Maden Ocakları ve Bazı Arkeolojik Buluntularla İlişkileri" X.Ulusal Arkeometri Sempozyumu Kültür ve Turizm Bakanlığı 23-27 Mayıs 1988, Ankara, Tebliğler Kitabı s.29-38.
5. G.A.WAGNER, E.PERNICKA, T.C.SEELIGER, I. B.LORENZ, F.BEGEMAN, S.SCHMITT, S.C.EIBNER, Ö.Öztunalı "Geochemische und Isotopische Charakteristika frühen Rohstoffquellen für Kupfer, Blei, Silber und Gold in der Türkei, Jahrgang 1986.

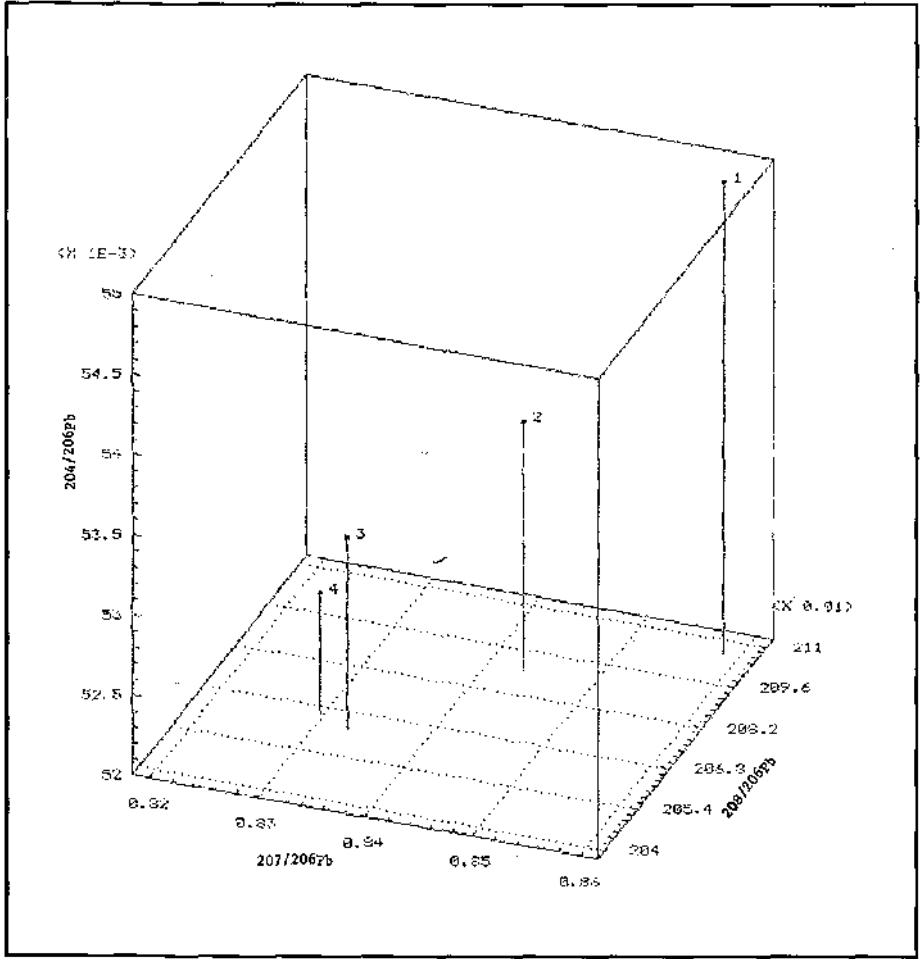
6. T.C. SEELIGER, E. PERNICKA, G.Ü. WAGNER, F. BEGEMANN, S. SCHMITT, S.C. EJBNER, Ö. ÖZTUNALI, I. BARANTI "Archäometallurgische Untersuchungen in Nord- und Ostanatolien" Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 32. Jahrgang 1985.
7. N.H. GALE, Z.A.S. GALE "Bronze age copper sources in the Mediterranean: A New approach" Science V.216 p 11-19, 1982.
8. R.H. Br. Ö. I.L. BARNES "Lead isotopes in Some Ancient Egyptian Objects" Recent Advances in Science and Technology of Materials, 3. New York and London, Plenum Press pp 9-27 1974.
9. A. ÇUKUR, Ş. KUNÇ "Kurşun İzotop Analizleriyle Bazı Buluntuların Belirlenmesi" 13. Uluslararası Kazı Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 17-31 Mayıs 1991 Çanakkale, s.81-89.
10. N.H. GALE, "Lead Isotope Analyses Applied to Provenance Studies" baskıda.
11. A.T. İNCE, J.G. WILLIAMS, A.L. GRAY "Noise in Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" J. of Anal. Atom Spect. Vol 8, 899-903 (1993)
12. A.J. WALDER, I.D. ABELL, I. PLATZNER P.A. FREDDMAN, "Lead Isotope Ratio Measurement of NIST 610 Glass by Laser ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" Spectrochimica Acta Part B, Vol 48 B, No:3, 397-402. (1993).
13. K.A. YENER, E.V. SAYRE, E.C. JOEL, H. ÖZBAL, F.L. BARNES, R.H. BRIU "Stable Lead Isotope Studies of Central Anatolia Ore Sources and Related Artifacts from Eastern Mediterranean Chalcolithic and Bronze Age Sites" Journal of Archeological Science 1991.



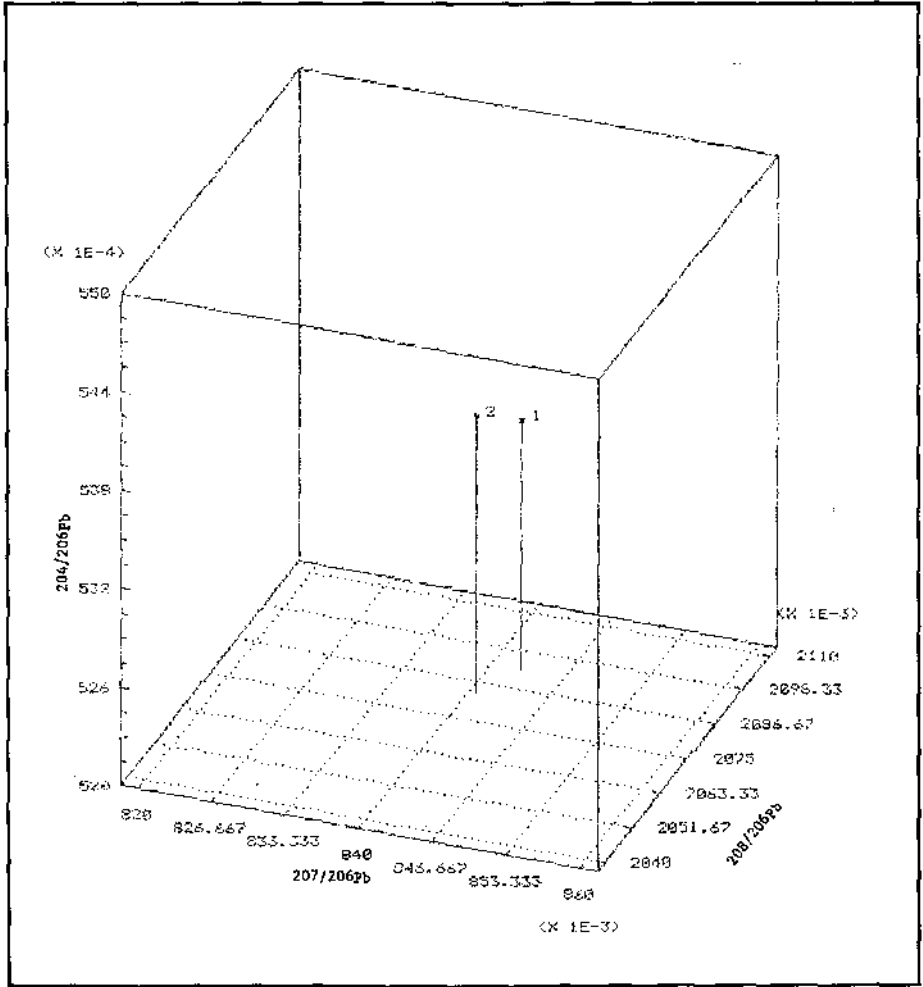
Harita: 1- Anadolu maden yatakları



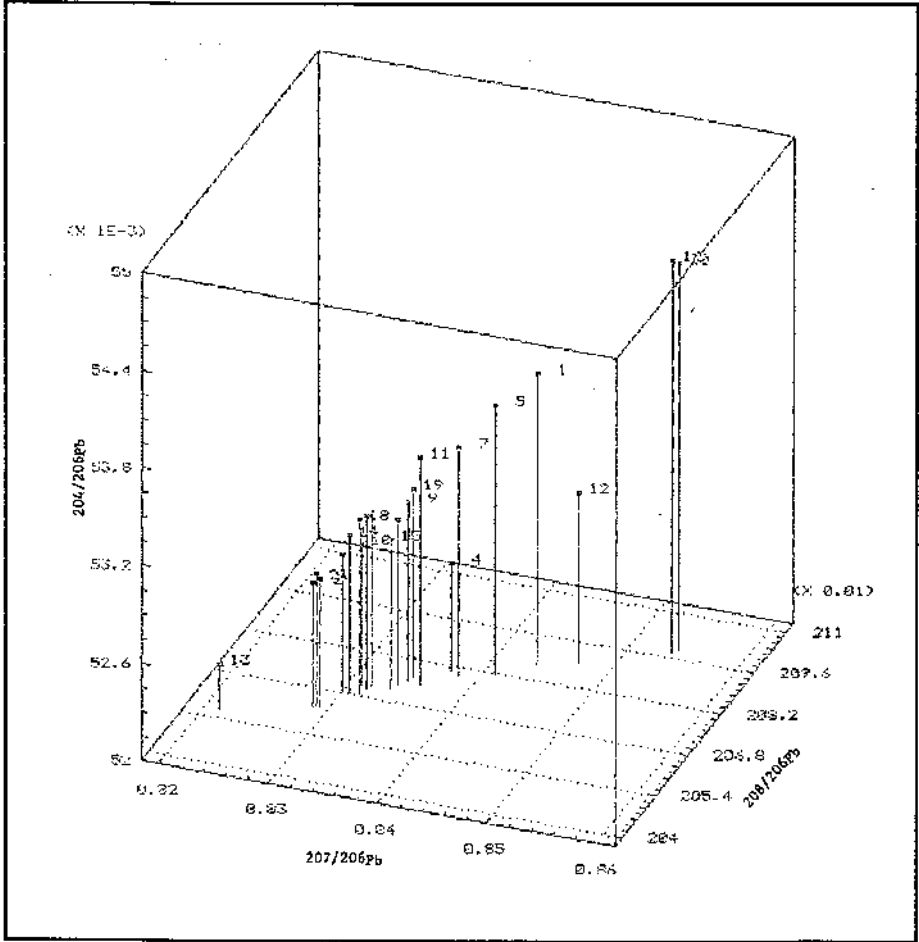
Şekil: 1- Anadolu bakır yatakları kurşun izotop oranları üçlü diyagramı
(Rakamlar Harita 1'de gösterilen kaynaklardır)



Şekil: 2- Samsat buluntuları kurşun izotop oranları sonuçları



Şekil: 3- Urartu buluntuları kurşun izotop oranları sonuçları



Şekil: 4- Tepecik buluntuları kurşun izotop oranları sonuçları

HİSARKALE BULUNTULARI KİMYASAL ANALİZLERİ

*Alaaddin ÇUKUR **
Şeref KUNÇ

Hisarkale, İçel ilinin Erdemli ilçesine bağlı Hüsametli köyünün yaklaşık 3 km kuzeyinde bulunmaktadır (Harita).

Kale Roma Dönemi'ne ait olmakla birlikte, ele geçen buluntulara göre sadece bir değil, birden fazla dönemi içermektedir. Bu araştırma, yüzeyde bulunan değişik dönemlere ait 17 adet sikke ve 13 adet buluntunun kimyasal analiz sonuçlarının yorumu üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sikkelerin çoğunluğu daha önce bilinen türden olduğu için kolayca tanımlanabilmiştir.

Kale bugüne kadar bilim adamları tarafından incelenip, Kültür Bakanlığı tarafından korunmaya alınmadığından her yıl yüzlerce defineci tarafından delik deşik edilmeye mahkum olmaktadır.

Kale, birbirine yakın en az 10 yerleşim yerinden biridir ve bunların en büyüğüdür. Üç tarafı derin vadilerle çevrili olan kale, diğer tarafından da yüksek duvarlarla korunmaya alınmıştır. Mezarlık kısmı da bu yüksek duvarlı kısmın ön tarafında bulunmaktadır.

Kalenin yakınlarında bulunan eski bir yolun kalıntıları, bu çevrede bulunan yerleşim yerlerinin birbirleri ile ilişki içinde olduğunu göstermektedir.

Kalenin dışına ve yaklaşık 1 km batısında bulunan bazı yapılar ve burada yapılan incelemelerden kaleye, bu kısımdan bir yeraltı yolu

* Prof. Dr. Şeref KUNÇ, Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü 23119-ELAZIĞ
Doç. Dr. Alaaddin ÇUKUR, Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü 23119 ELAZIĞ

olduğunu düşündürmektedir. Ancak, bu yeraltı yolu yıkıntılarla kapalı olduğundan yolu izlemek şu anda mümkün görünmemektedir. Kalenin ana girişi kapısı da, bu yolun gidiş yönünde bulunmaktadır.

Bölgenin jeolojik yapısı gereği obruk denen çöküntülerin buralarda çokça bulunduğu ve bunlardan da yararlanılmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır.

Bölge sakinlerinin geçimlerini çoğunlukla bağcılıkla sağladıkları, hemen her yerde rastlanan üzüm sıkma tesislerinin çokluğundan ve yine insanlardan çok uzaklarda ve özellikle kayalık yerlerde çokça rastlanan yabani üzüm ağaçlarından anlaşılmaktadır.

Kalede yapılan incelemelerde taştan oyulmuş mezarların çokluğu dikkati çekmektedir. Bunlar yerli taşlara oyulmuş olduğu gibi, yerli olmayan büyük taşlara oyularak yapılanlarına da çokça rastlanmaktadır.

Araştırmada ergitme ocaklarına rastlanmamıştır. Ancak, burada fazla miktarda cürufl kalıntıları mevcuttur. Bu cüruflar da birarada değil, dağınık haldedir.

Kaleyi gezen her ziyaretçi büyüklü küçüklü bir kısım sikke bulabilmektedir. Pek şanslı olmamamıza rağmen biz de birkaç tane bulmuş bulunmaktayız. Fazlaca definecinin kale ile ilgilenmesi belki de bu özelliğinden kaynaklanmaktadır. 10 km çaplı bir çember çizildiği farz edilirse, bu çember içinde en az 10 tane eski yerleşim yeri olduğu görülür. Bu yerleşim yerlerinin ortak özelliği ise kalelerin benzer mimariye sahip olmalarıdır.

Kalenin, sınırları içinde bulunduğu Hüsametli köyü de eski bir yerleşim yeri üzerinde kuruludur. Ancak, bu güne kadar yapılan incelemelerde burada Hisarkale'ninkine benzer ne bir keramik ne cam ve ne de sikke türü bir buluntu vermemiştir; ancak mimari özellikler birbirlerine benzemektedirler. Öte yandan biraz önce bahsedilen eski yol kalıntıları bu iki yerleşim yeri arasında da mevcuttur. Yol kalıntısı şu anda ormanlarla kaplıdır ve dışarıdan farketmek oldukça zordur. Yol kalıntılarının kenarları duvarlarla örülü ve tabanı taş döşeme olup döşeme taşları da fazlaca yıpranmış durumdadır. Kalede, kayalara oyulmuş figürler, oyma mezarlar, sarnıçlar ve halen özelliğinin en azından bir kısmını koruyan yapısal kısımlar bulunmaktadır. Kalede bugün bile bir kısmı kullanılmakta olan çok sayıda sarnıç mevcuttur. Birkaç tanesi kalenin dışında olmak üzere ki, bunların üzerlerinde koruma yapıları vardır; yine çok sayıda mezar, kale surlarının bir kısmını teşkil eden kayalara

oyulmuş insan figürleri vardır. Kalenin iç kısmındaki yerli kayalara oyulmuş özel işaretler de çok açık biçimde görülmektedir. Kale kalıntısının büyük bir kısmı günümüzde ormanlarla kaplıdır.

Yüzeyde rastlanan buluntuları, 1. Metal buluntular, 2. Keramik ve cam buluntular, 3. Cüruf buluntular olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür.

Metal buluntuları incelerken dört gruba ayırmak gerekir. Birinci grupta sikke ve sikke parçaları, ikinci grupta bakır ve bakırlı buluntular, üçüncü grupta demir buluntular ve dördüncü grupta da bir adet kurşun parça ve bir filiz veya mat cam örneğini sayabiliriz.

Materyal ve Metod

Numunelerin alınmasında iki ayrı yöntem uygulandı. Metal buluntulardan doğrudan kesilerek, sikkelerden ise temizlendikten sonra uygun yerlerinden farkedilmeyecek biçimde matkaplarla delinerek alındı.

Her iki tür örnekler %3'lük HCl'de temizlendikten sonra destile su ile iyice yıkayıp 110° C de kurutulduktan sonra uygun miktarlar, tartılarak alındı. Her birinin üzerine yeter miktarda derişik HNO₃ ilave edilerek çözülüp belli hacme tamamlandı. Pb, Zn, Sn, Fe ve Co analizleri AAS ile Cu analizleri ise ortamdan Fe, amonyakla Fe(OH)₃ şeklinde çöktürülerek ayrıldıktan sonra iyodometrik yöntemle titre edilerek tayin edildi.

Sonuçlar ve Tartışma

Metal buluntulardan P18 hariç diğerlerinin ana bileşeni bakırdır. P18 ise kurşundan yapılmış bir eserdir. B3, B8, B9, B12 ve B13 saf bakırdır. B1, B2, B4, B10, B11 nolu örnekler bakır ve kurşun alaşımı olup kurşun miktarı 1.83% ile 26.70% arasında değişmektedir. Bakırın kalıba dökülerek şekil verilmesi sırasında ortama kurşun ilave edildiğinde akışkanlığı ve sertliği artırmaktadır. B5 ve B6 örnekleri ise, kurşunun yanında 3.37% ve 11.04% arasında çinko içermektedir. B7 ise bakır-çinko alaşımı olup M.Ö.6. asırdan itibaren rastlanılan alaşımdır. Alaşımında çinko miktarı 11.04% dır. B5 örneğinde 6.10% oranında kalay da bulunmaktadır. Bu tür 4'lü alaşıma pek sık rastlanmamaktadır¹. B11 ve B12'de 1% oranında demir bulunmaktadır. Bu durum, kalkopirit fi-

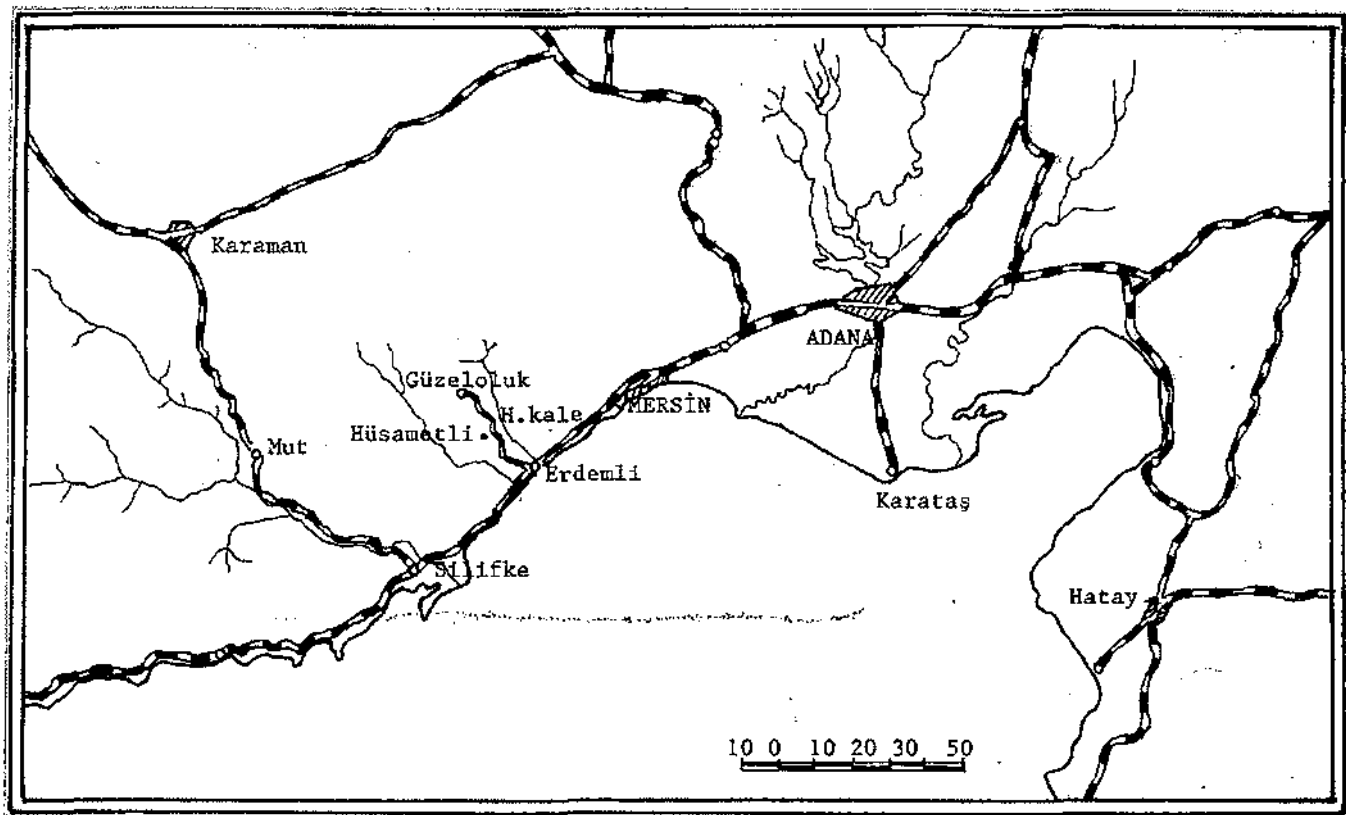
(1) Çukur, A., Kung, Ş., "Samsat Kazısı Metal Buluntuları" Kimya-88, V.Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, Bildiri Özetleri, sayfa 3-4, 21-23, Eylül Ankara, 1987

lizinden elde edilen bakırda arıtma işlemi iyi yapılmadığında ortaya çıkan bir durumdur.

Sikke analiz sonuçları, tümünün ana bileşenin bakır olduğunu göstermektedir (Tablo: 1). P11 ve P15 saf bakır olmasına karşın diğerleri 0.87%-24.69% arasında kurşun içermektedir. Zn, Sn, Fe ve Co eser miktarda bulunmaktadır.

Sikkeler, üzerindeki yazılardan yararlanılarak tanımlanmaya çalışılmıştır (Tablo: 2). Okuma bilir olanların tarihlendirmesinden buluntular 276 yılından başlamakta ve Selçuklu Dönemi'ne kadar yaklaşık 1000 yıllık dönemi kapsamaktadır.

Kalenin önünden Toroslara doğru uzanan taş yol buranın, Mersin bölgesinden İç Anadolu'ya uzanan yol üzerinde önemli bir ulaşım merkezi olduğunu göstermektedir. Günümüzde, kullanılmayan bir geçit üzerindedir. Bilindiği gibi halen, Akdeniz'i İç Anadolu'ya bağlayan geçitler Silifke ve Gülek üzerinden sağlanmaktadır.



Harita: Hisarkale ve çevresi

Numune No	Cu(%)	Pb(%)	Zn(ppm)	Sn(%)	Fe(ppm)	Co(ppm)
B1	82.37	16.28	66	<	3126	<
B2	70.64	26.70	160	<	4185	1856
B3	92.38	0.13	98	<	3414	<
B4	72.90	14.75	398	<	3283	<
B5	81.86	2.42	3.37 %	6.10	5573	<
B6	83.61	7.03	8.04 %	<	6487	<
B7	87.03	0.04	11.04 %	<	7019	<
B8	98.14	0.14	298	<	4807	<
B9	98.81	0.34	236	<	3790	<
B10	96.58	1.83	113	<	6477	<
B11	95.48	1.90	74	<	1.04 %	<
B12	97.94	0.95	63	<	1.12 %	<
B13	98.92	0.02	36	<	8952	<
P1	84.37	1.36	1109	<	3314	<
P2	80.72	1.00	1387	<	3111	<
P3	93.83	0.87	423	<	2802	<
P4	95.78	2.28	268	<	3046	<
P5	88.08	7.46	129	<	2690	<
P6	94.26	3.65	175	<	5111	<
P7	92.61	4.42	517	<	2679	<
P8	96.34	2.62	1106	<	2662	<
P9	93.40	1.85	135	<	3069	<
P10	95.56	3.59	402	<	3113	<
P11	95.79	0.23	140	<	2625	<
P12	62.40	31.36	201	<	3241	<
P13	95.09	1.34	152	<	2661	<
P14	79.77	12.54	2825	<	3271	<
P15	94.44	0.61	33	<	2333	<
P16	74.63	24.69	654	<	2712	<
P17	81.85	15.34	158	<	2445	<
P18 Bu numune saf kurşun metalidir, o nedenle analizi yapılmamıştır.						

Tablo : 1- Hisarkale buluntuları analiz sonuçları (B buluntu, metal parçası vs. P sikke)

P1.	Roma Dönemi	Imparator: DIOCLETIANUS, 284-305 IMP.C.C.VAL, DIOCLETIANUS P.F.AVG Imparator : PROBUS, 276-282
P2.	Okunamadı	IMP. C.M.AVR, PROBUS.P.F.AVG
P3.	Okunamadı	Kesim Yeri Arelase(Arles) 276-282 IM.M.AureliusPROBUS
P4.	Okunamadı	Ön Yüz: IMP.C.MAXIMIANUS P.F.AVG Arka Yüz: IMP.C.MAXIMIANUS 286-305 306-308 310
P5.	Okunamadı	IMP. ARCADIUS, 383-408 Ön Yüz: DN. ARCADIUS P.F.AVG Arka Yüz: CONCORDIA ...
P6.	Okunamadı	IMP.DIOCLETIANUS 284-305 Ön Yüz: IMP.C.C.VAL, DIOCLETIANUS P.F.AVG
P7.	Roma Dönemi	IMP. ?
P8.	Okunamadı	1.1 cm çapında bir sikke
P9.	Okunamadı.	2 cm köşegen uzunluklu, beşgen tipli bir sikke.
P10.	Roma Dönemi	IMP ?
P11.	Okunamadı	1.2 cm çapında bir sikke
P12.	Roma Dönemi	IMP ? 1.7 cm çapında sikke
P13.	Bizans Dönemi,	IMP: CONSTANT. II, 641-668
P14.	Okunamadı,	Dörtgen tipli, 2.1 cm köşegenli
P15.	Selçuklu Dönemi	Ön Yüz: El-müminin[El-imam El-Nasır] [Emir] Arka Yüz: Essultan, El-muazzam (I.Alaeddin Keykubad)
P16.	Roma Dönemi,	IMP ?
P17.	Okunamadı,	1.0 cm çaplı bir sikke

Tablo : 2- Buluntu sikkelerin özellikleri



PORSUK HÖYÜK KAZI BULUNTUSU İKİ HITİT PİTHOSUNUN RESTORASYONU

*Hüseyin AKILLI **

GİRİŞ

Niğde ili sınırları içinde bulunan, Ulukışla ilçesine 9 km uzaklıkta olan Porsuk Höyük, 200 x 400 m boyutlarında, yaklaşık 20-30 m yükseklikte yatay konglomera tabakası üzerinde oluşmuş bulunmaktadır (Pelon-Aksel 1992, s.259). Prof.Dr.Oliver Pelon tarafından gerçekleştirilen kazılar ilk dönem olarak 1969 yılında başlatılmış, 1977 yılına kadar sürdürülmüş ve sekiz yıllık aradan sonra 1985 senesinde tekrar başlatılmış ve günümüze kadar devam ettirilmiştir.

Kazi buluntusu, parçalanmış iki Hitit pithosu Arkeolog Işık Soy-türk, Restoratör İlkay Güner ve restorasyon programı öğrencisi Esra Yedigün'den oluşturulan ekiple sekiz iş günü çalışılması sonucunda Niğde Müzesi'nin arka bahçesinde onarılmışlardır. Bu çalışmalar sırasında Niğde Müze Müdürü ve ekibinin gösterdiği ilgi ve yardımlarından dolayı, Porsuk Kazi Başkanı Prof.Dr.Olivier Pelon ve yardımcısı Aksel Tibet'in çalışmalarımızda gerekli olan yakınlık, destek ve güvenden dolayı çok teşekkür ederim.

GÜN IŞIĞINA ÇIKARMA

İlk Pithos 1969-1977 ilk dönem kazılarından 1976 yılındaki çalışmalar sırasında gün ışığına çıkarılmıştır. Onarım öncesi ve sonrası yapılan ölçümlerde 124 parçadan oluştuğu, 106 cm yüksekliğinde olduğu görülmüştür.

* Hüseyin AKILLI, Trakya Üniversitesi Edirne Meslek Yüksek Okulu Restorasyon Programı
Ayşekadın-EDİRNE

Sekiz yıllık aradan sonra başlatılmış olan kazılardan 1989'da gerçekleştirilen çalışmalardan B3 ve B4 plankareleri arasında bırakılmış olan açma duvarının kaldırılması sonucunda bir dizi pithos düşmüş ağaçlar altında parçalanmış bir durumda gün ışığına çıkarılmışlardır (Pelon-Aksel, 1992, s.264). Onarım öncesi ve sonrası gerçekleştirilen sayım ve ölçümlerde 141 parça olduğu ve 118 cm den oluştuğu belirlenmiştir.

KORUMA ALTINA ALMA

1976 ve 1989 yıllarında gün ışığına çıkarılmış olan iki pithosun onarılmayacağı göz önüne alınarak koruma altına alınmıştır. Sistemli bir şekilde buluntu yerinden toplanmış bulunan parçalar, yapılmış özel sandıklara düzenli bir şekilde yerleştirilmişlerdir. Parçalar arasındaki teması önlemek, kaldırma anında birbirlerine çarparak zedelenme ve kırılmalarını engellemek, nemden zarar görmemeleri için sandıklar içine tampon görevini görecek ve rutubeti etkisiz hale getirecek saman konmuştur.

Nem oluşturan ve yumuşatıcı etki yapmasıyla birlikte seramiklerin yapı dokusunu bozan naylon örtü veya poşetinin kullanılmaması, pithos parçalarının gün ışığına çıkarıldıkları günkü gibi aynı durumda kalmalarına neden olmuştur.

Samanlı sandık içine konan pithos parçaları içine her türlü bilgiyi içeren bilgi fişi de konulduktan sonra kapakları vidalanmış ve üç sandık müze deposuna götürülerek koruma altına alınmıştır. 1989 senesinde gün ışığına çıkarılan pithosa ait parçalar yıkanmamış olduklarından açık sandıklara bilgi fişleri konduktan sonra Porsuk Höyük kazı deposunda koruma altına alınmışlardır.

BOZULMA

Yapıldığı günden günümüze kadar geçen zaman süreci içerisinde her türlü olumsuz etkenlere rağmen az katkılı ve çok iyi pişirilmiş, iyi hammadde kullanılmış olması nedeniyle 1976 yılında çıkarılmış bulunan devrüyü rengindeki pithos, uygun paketleme ve depo koşullarında saklanması nedeniyle hemen hemen yok denecek kadar bir bozulmuşluk göstermektedir. Fakat 1989 senesinde gün ışığına çıkarılmış olan pithosun killi toprak ve pişirme gibi yapı oluşumundan kaynaklanan olumsuzlukları sonucu üst kısmından kopmalar, dökülmeler, tanelenme ve yumuşama tespit edilmiştir.

YIKAMA

Toprak artıkları ve yumuşak kir tabakasından temizlemek için 1989 yılı kazı döneminde gün ışığına çıkarılmış ve yıkanmadan saklanmış bulunan pithos parçaları su dolu kap içine konulmuş ve bir saat bekletilerek yumuşaması sağlanmıştır. Suyun değiştirilmesiyle kıl ve naylon fırça kullanılarak (Resim: 1) yumuşamış kir tabakası atılmıştır. Çıkmayan sertleşmiş kireç tabakası, fosil artıkları, oluşturulan su + calgon eriyiği içinde bekletilmiş ve yumuşaması sağlanmıştır. Çıkartılamayan daha sert kirler ise, yüzde beş-on oranları arasında değişen asitli karışım içinde bekletilmiş ve daha sonra sivri, yassı aletlerle kazınarak çıkartılmıştır (Resim: 2). Temizlenen parçalar iki saat akan musluk altında tutularak sürekli suyun değişmesi sağlanmış ve böylece asit artıklarından arındırılmıştır.

TASNİF

Kurumaları için müze arka bahçesine yayılan parçalar ağız, kulp, karın ve dip olmak üzere ana gruplara ayrılmıştır. Buluntu yerinde gerçekleştirilen arazi tasnifinin (Akıllı, 1989, s.63), vermiş olduğu kolaylık nedeniyle atölye tasnifinde parçaların formuna göre ayrılmasında hiçbir zorlukla karşılaşılmasıdır.

Her iki pithosun parçaları arasında kırık birleşme yerleri belirlenmeye (Resim: 3) çalışılmış ve böylece yapıştırmada hangi parçanın daha önce yapıştırılacağı kolaylığı sağlanmıştır. Resim: 3'de görüldüğü gibi 1,2 ve 3,4 parçaları birbiriyle yapıştırılması sonrasında bütüne doğru gidilmiştir. Tasnif ve yapıştırma planı oluşturulmaması durumunda parçaların dik açı yapacak şekilde kırılmaları yapıştırma sonrası bulunan, örneğin 4 nolu parçanın yerine oturtulmasında zorluklarla karşılaşmakta veya oturtulamadığından yapışmış parçaların ayrılması gibi olumsuz ve çalışmayı gereksiz uzatan sorunlarla karşılaşılabilir (Akıllı, 1987, s.171). Kullanılan yapışkanın aseton, ispiroto, tolüen ve selülozik tiner gibi çözücülerle bağlayıcı özelliğini yitirmemesi ve ancak yüksek ısı karşısında yapışkanlığını kaybetmesi olumsuz olmakla birlikte daha çok bu büyüklükte pithosların yapıştırılmasında olumlu bir avantajdır.

Pithosların ağız (Resim: 4), karın (Resim: 5), boyuna yakın ve dip parçalarının kırık birleşme tasnifi yapılarak, parçalar numaralandırılmıştır. Yapılan eskiz çizime numaralar aktarıldıktan sonra hangi parçaların daha önce ve sonra yapıştırılacağı ve nerelere metal çubuk yerleştirileceğine dair bir yapıştırma planı hazırlanmıştır.

YAPIŞTIRMA

Gerçekleştirilen tasnife bağlı kalarak her iki pithos için bir yapıştırma planı oluşturulmuştur.

a- Hangi parçanın daha önce yapıştırılacağı belirlenmiştir.

b- Statik açısından hangi parçaların kırık birleşme yerlerine metal çubuk yerleştirileceği saptanmıştır.

c- Yumuşamış olan kırık yüzeyli parçalar sertleştirilmeleri için ayrılmıştır.

d- Aşınmış olan kırık birleşme yüzeylerinde hangi yoğunlukta yapışkan ve dolgu katkısı kullanılacağı saptanmıştır.

Yapıştırma yapılacak yapışkanlar daha önceden İstanbul SİBA temsilciliğinden temin edilmiş, yardımcı ve destek malzemesi olarak klips, bant, matkap, fırça, selülozik tiner, üstübü, spatula, matkap uçları Niğde ilinden sağlanmıştır.

1- Yapışkanlar

Pithosların eskiden yapıştırılmalarında akemi ve beyaz tutkal kullanılmasıyla birlikte, günümüzde peligom veya uhunun kullanılmasına devam edilmektedir. Bu yapışkanları kullanmak doğru değildir. Çünkü bunlar kırık parçaları birbirine güçlü bir şekilde birleştirme özelliğine sahip değildir. Yoğunlukları nedeniyle kırık birleşme yerlerinde tabaka oluşturmaları ve peligom gibi polyester esaslı yapışkanların aseton, toluen gibi çözücülerle yapıştırma özelliğini yitirmeleri nedeniyle kullanılmamaları gerekmektedir.

Yapıştırıcı olarak Perge antik kentinde kullanılan polyester (Akıllı, 1987, s.10), yerine İznik Çini Fırınlarnın sertleştirilmesinde kullanılan araldit (Akıllı, 1988, s.236) kullanılmıştır. Porsuk Höyük'te yapışkan olarak yoğunluğu farklı iki tip araldit kullanılmıştır. Yoğunluğu krema kıvamında olan, aşınmış yıpranmış kırık yüzeylerde ve matkapla açılmış deliklerde dolgu + yapıştırıcı olarak, zeytinyağı kıvamında olan aşınmış temiz kırıklarda kullanılmıştır.

Araldit Eposed R8 sertleştirici olarak kabul ettiğimiz HS 70 %18 oranında karıştırılarak hazırlanmıştır. Araldit AW 106 ise HV 953 ile 1/1 oranında karıştırılmıştır. Her ikisinin de donma (sertleşme) süreleri yaklaşık 1.5 saattir. Fakat bu süre hava şartlarına yani nem ve sıcaklığa,

uygulamanın açık veya kapalı yerde yapılmasına, birleştirilecek parçaların sıcak ve soğukluğuna, yapışkanın içine ilave edilen sertleştiricinin az veya çokluğuna ve yoğunluğunu artırmak için koyulan dolgu malzemesinin cinsine, azlık çokluğuna göre değişebilmektedir. Birleştirdiğimiz parçaların aşınma, bozulma ve temiz kırık olmalarına göre katkı ve donma süreleri ayarlanmıştır.

Kullanılan yapışkanın tiner, aseton, toluen, ispirto gibi çözücülerden etkilenmediği, yapıştırma özelliğini yitirmediği ve çok güçlü bir yapışkan olması, ancak yüksek ısı karşısında yapıştırma özelliğini yitirebileceği bilinciyle uygulama hatasız olarak yürütülmeye çalışılmış ve buna göre tedbirler alınmıştır.

2- Kırık yüzeyler

Pithos parçalarına bakıldığında bunların temiz, kalker tabakası oluşmuş, aşınmış, yumuşamış ve daha önce parçaların yapıştırılması ve açılması sonucu yapışkan artıklı kırık yüzeyler oldukları görülmüş ve bu nedenle gruplara ayrılmış ve her gruba farklı uygulamalar tatbik edilmiştir.

2.1- Temizleme

Temiz kırık yüzeyler yassı ve ince fırçalarla tozlardan arındırılıp selülozik tinerle nemlendirilmiş üstübüyle silinmesiyle yapıştırmaya hazır bir duruma getirilmiştir.

Girinti ve çıkıntılara yerleşmiş olan ve daha önce su+calgon karışımının kullanılmasıyla çıkartılamayan tebeşir ve kalker tortusu, mekanik olarak ucu sivri madeni aletlerle çıkartılmaya (Resim: 7) çalışılmıştır. Bazı kısımlarda çelik tel (Resim: 8) ve piring telli fırçalar, kırık yüzeylerde bulunan girinti ve çıkıntıları aşındırmayacak şekilde kullanılmışlardır. Çünkü bilgisizce kullanılan tel fırçalar, kırık yüzeylerde oluşturulan aşındırma parçalarının birbirleriyle kenetlenmesini olumsuz olarak etkilemekte, böylece yapıştırma güçlü olmamaktadır. Uygulayıcıların deneyimli olmaları böyle bir olumsuzluğu ortadan kaldırmıştır.

Eski yapışkan artıkları ve bizim aşınma nedeniyle hatalı yapıştırıp sökmek zorunda kaldığımız parçalarda bulunan artıklar küçük yassı ve sivri keskinlerle (Resim: 9) çıkartılmıştır. Keski, kenar yüzeyden parça kopma olasılığına karşı önlem olarak dıştan içe ve kırık yüzeye paralel olarak kullanılmıştır.

Bazı kırık yüzeylerde oluşmuş kalker ve çok ince tebeşir tortusu kimyasal yöntem kullanılarak çıkartılmıştır. Çubuk ucuna sarılan pamuk

hidroklorik asite batırıldıktan sonra kir tabakası üzerine sürülmüştür. Asitle reaksiyona giren kir tabakası yumuşamış olduğundan ucu yassı madeni bir aletle veya çelik tel fırçasıyla çıkartılmıştır. Parçalar daha sonra su ile yıkanmışlardır.

2.2- Sertleştirme

1989 yılı kazı döneminde gün ışığına çıkarılmış olan pithosa ait parçaların, toprak altında kaldıkları zaman süreci içerisinde, her türlü olumsuz etkenler sonucu bozulma aşamasına gelmeleri, onların kırık birleşme yerlerinde tanelerin bağlayıcı özelliklerini yitirmeleri sonucu küçük parçalar halinde kopmalar ve toz halinde dökülmeler olduğu saptanmıştır. Kırık birleşme yerleri bu durumda olan parçaların birbiriyle yapıştırılması yeteri kadar güçlü olmamaktadır. Çünkü sürülen yapışkan, yoğunluğu nedeniyle çok az içe etki yaptığından, güçlü bir bağlayıcı durum ortaya çıkmamakta ve çok hafif bir darbe veya sarsıntı sonucu yapışkan sürülen kısmın altından kopmaktadır.

Yukarıda belirtilen olumsuzlukları önlemek için bozulma nedeniyle tanelenme ve tozuma görülen parçalar arasındaki kırık birleşme yerleri sertleştirilmişlerdir. Araldit R 8, HS 70 ve selülozik tinerin karıştırılmasıyla oluşturulan eriyik, kalem fırçalar kullanılarak kırık yüzeylere sürülmüş (Resim: 10), böylece güçlü bir tabaka oluşması sağlanmıştır. Uygulama, karışım oranlarının farklılığından kaynaklanan yoğunlukta üç değişik eriyik on iki saatlik aralarla gerekli olan parçaların kırık birleşme yerlerinde kullanılmışlardır. Yoğunluğu az olan eriyik ilk önce kullanılmış ve iç kısma daha çok nüfuz etmesi (emmesi) sağlanmıştır. Daha sonra yoğunluğu artırılmış eriyik kullanılmıştır.

3- Metal çubuk yerleştirme

Eskiden pithosların onarımında kullanılan yapışkanlarla birlikte güçlendirici olarak metal çubuklar, dıştan kenet yerleştirme veya çembere alma şeklinde tatbik edilmekteydi. Bu tür çalışmalar, estetik açıdan ve görsel olarak olumlu bir görünüm oluşturmamasıyla birlikte, eser üst yüzeyinde kenet deliklerinin açılmasıyla zarar verilmekte veya kullanılan metal çubukların açıkta kalmaları ve bunun sonucu nem ve rutubet etkisiyle paslanmaları, pas kirinin akması pithosları çirkinleştirmektedir. Bu olumsuzlukları gösteren onarılmış pithoslar (küpler), ülkemizde bulunan müzelerin açık veya kapalı mekanlarında teşhir edilenlerde görmek mümkündür.

Parçalanmış dar ağızlı, geniş karınlı ve dar tabanlı pithosların yapıştırılmasında, eskiden kullanılan ve günümüzde de kullanılan yapışkan-

lar, parçaları güçlü bir şekilde birleştirmelerinde yeterli derecede güçlü olmadığından, çok yanlış bir yöntem olan ve esere zarar veren yapıştırma sonrası içten alçı kullanılarak sıvama şeklinde bağlama yapılmaktadır. Bu çalışmayı ve yukarıda belirttiğimiz olumsuz uygulamaları günümüzde pithos (küp) onarımını bilmeyenler tatbik etmekte ve eserlere büyük zararlar vermektedirler.

Porsuk Höyük kazısında onarılan iki pithosun gerekli görülen ağız ve dip kısma ait parçaların kırık birleşme yerlerine, heykel ve mimari elemanlarda tatbik edilen içten metal çubuk yerleştirme yöntemi uygulanmıştır.

3.1- Merkez belirleme ve delik delme

Kırık birleşme yerlerine karşılıklı aynı merkez ve doğrultuda delik açma uygulaması, parçaların eğik veya düz kırılma durumlarına, büyük veya küçük olmalarına göre üç şekilde tatbik edilmiştir.

3.1.1- Yapışmış parçalara delik delme

1976 yılında çıkarılmış pithosun ağız kısmındaki eğik olarak kırılmış bazı parçalar, yapıştırıldıktan sonra üst kırık yüzeyden, kırılmayı dik kesen ve her iki parçaya uzanan, matkabin kullanılmasıyla delik açılmıştır (Resim: 11). Tozlar çıkartılmış, delik derinliğinden 1 mm kısa çubuk, yapışkanla birlikte delik içine yerleştirilmiştir. Diğer birleşen parçaların yapıştırılmasıyla açılmış olan deliğin kırık yüzeydeki dış uzantısı kapatılmıştır.

3.1.2- Kırık birleşme yerine delik delme

Aynı merkez ve doğrultuda delik delmek için kırık birleşen parçalar birleştirilir. Hafifçe açılır. Açılacak deliğin merkezi, kırık yüzeyin bir tanesinde belirlenir. Parçalar açılır. Merkezden geçecek ve birbirini dik kesen iki çizgi çizilir. Bunların uzantıları dış yüzeye aktarılır. Parçalar birleştirilir. İlk parçada bulunan ve merkezi belirleyen çizgi uzantıları, ikinci parçaya aktarılır. Açılacak deliklerin doğrultusunu vermekle birlikte çalışır durumda olan matkabin doğrultusunu tayin etmemize yarayan, her iki parçaya uzanan iki tarafa doğrultu çizgileri çizilir. Parçalar ayrılır. Belirlenen merkez, ilk aşamada çalışır durumda matkap ucunun kaymaması için hafifçe oyularak iz oluşturulur (Akıllı, 1990, s.183). Parça, doğrultu çizgilerine bağlı kalarak bir yere sabitleştirilir. Matkap, doğrultu çizgilerinin doğrultusunda tutularak delme gerçekleştirilir (Resim: 12). Aynı işlem diğer parçaya da tatbik edilir. Açılan her iki

deliğin uzunluğundan 1-2 mm daha kısa metal çubuk delik içine yerleştirilip, delikler arasında merkez veya doğrultu sapması olup olmadığı kontrol edilir ve yapıştırma hazır duruma getirilir.

3.1.3- Küçük parçalara delik delme

Küçük parçalarda açılacak olan deliğin merkez ve doğrultusunda sapma olduğu takdirde bunu düzeltmek hemen hemen imkansızdır. O nedenle hata yapılmadan, aynı merkez ve doğrultuda delikler açılmalıdır. Hata payını en aza indirmek için, kırık birleşen parçalardan bir tanesinin, kırık yüzeyinde açılacak olan deliğin yeri belirlenir ve o merkeze delik açılır. Delik içine metal çubuk yerleştirilir. Açılmış olan deliğin doğrultusu, metal çubuğa bağlı kalarak dış yüzeye farklı iki taraftan aktarılır. Parçalar kırık kırığa birleştirilir. Açılmış olan deliğin merkez ve doğrultusu ikinci parçaya aktarılır. Matkabi parça üzerine bastırma yerine, matkap sabit tutulup, parça çalışır durumdaki matkap ucuna doğrultu çizgilerinin paralelinde bastırılır (Resim: 13).

3.2- Matkap kullanımı ve metal çubuk

Matkap darbesiz olarak bastırılmadan kullanılmıştır. Bu tür eserlerin onarımında matkap, fazla bastırılmamalı ve zorunlu olmadıkça darbeli kullanılmamalıdır. Çünkü bastırmadan dolayı oluşan basınçla birlikte pit-hosun yapı oluşumundan dolayı yapı hamurunda var olan farklı sertlikteki katkı maddeleri, matkap ucunun istenilenin dışında yönelmesine ve bu nedenle çatlama, kırılma ve deliğin yanlış yönde açılmasına neden olunabilir. Darbeli çalıştırılmasında ise parçada çatlamalar ve kopmalar meydana gelebilir.

6 mm çapında delik açılması gerektiğinde, 3 mm lik matkap ucuyla delik açılmış ve daha sonra 5 ve 6 mm çapında matkap uçları kullanılarak delik genişletilmiştir. Böylece ilk aşamada açılan deliğin doğrultu ve merkezinde sapma olduğu takdirde düzeltilebilme imkanı oluşmasıyla birlikte, delik açma sırasında parça üzerinde oluşturulacak basınç azaltılmıştır.

Paslanmaz metal çubuk kullanılmıştır. Üzerlerine çentikler açılarak, yapışkan içinde kaymaları önlenmiştir. Yapışkanla tamamen kaplanmasına dikkat edilmiştir. Metal çubuk yerleştirme, yapışkan kullanılarak delikte sabitleştirilen metal çubuk (Resim: 14), diğer kırık parçanın yapıştırılması şeklinde veya kırık yüzeye, deliklere yapışkan sürülmesi ve metal çubuk yerleştirildikten hemen sonra kırık kırığa birleştirilmeleri şeklinde olmuştur.

4- Kum havuzu ve doğrultu tayini

Büyük sandıklar kullanılarak oluşturulan kum havuzu içine, parçalar yapıştırma planına bağlı kalarak, düşey doğrultuda yerleştirilmişlerdir (Resim: 15). İki kırık parça, yapıştırma öncesi kırık kırığa üst üste oturtulmuş ve hatalı birleştirilip birleştirilmediği, kırık birleşme yerlerinde parmak gezdirilerek kontrol edilmiştir. Hatalar düzeltilmiş ve kurşun kalem kullanılarak, her iki parçaya uzanan değişik yerlerde düşey doğrultuda çizgiler çizilmiştir (Resim: 16). Bu bize yapışkan sürüldüğünde, kayganlaşmış kırık yüzey nedeniyle, üstte bulunan parçanın kayıp kaymadığının kontrolünü ve yapıştırma sırasında kırık kırığa hızlı birleştirme yapmamızı sağlamıştır.

5. Yapışkan sürülmesi

Temiz, sertleştirilmiş ve aşınmış kırık yüzeyler için üç farklı yoğunlukta yapışkan kullanılmıştır. Temiz kırıklar için Araldit R 8, HS 70 kullanılmıştır. Sertleştirilmiş kırık yüzeyler için Araldit R8, HS 70 ve öğütülerek toz haline getirilmiş pişmiş seramik tozundan oluşturulmuş yapışkan kullanılmıştır. Araldit AW 106, HV 953 ise aşınmış ve kırık birleşme yerlerinden kopma sonucunda boşlukları olan yüzeylerde ve açılmış metal çubuk deliklerinde kullanılmıştır.

Temiz kırıklarda fırça, aşınmış ve sertleştirilmiş yüzeylerde spatula (Resim: 17) ile yapışkan taşıma yapmayacak ve kenarlarda çok az bir kısım kalacak şekilde tek yüzeye sürülmüştür. Parçalar birleştirilmiş ve bastırılmış sonra açılmışlardır. Yapışkan bulaşmamış kırık yüzeye, yoğunluğu daha çok olan yapışkan sürülmüş ve parçalar birleştirilmiştir. Tekrar açılan parçalarda, yapışkan lifler halinde her tarafa yayıldığı tespit edildikten sonra bastırılarak birleştirilmiştir. Sürekli olarak kayma olup olmadığı, daha önce çizilmiş olan doğrultu çizgilerine bakılarak ve kırık birleşme yerlerinde parmak gezdirilerek kontrolleri yapılmıştır.

7. Yapışkan artıkları

Kullanılan yapışkanın özelliğinden dolayı, donma sonucu herhangi bir çözücüyle temizlenmesine imkan yoktur. Fakat donmadan önce de herhangi bir çözücü (Selülozik tiner, aseton, toluen) ile nemlendirilmiş üstübüyle silinmesinde çok dikkat edilmelidir. Çünkü çözücünün aralditi eritmesi, seramik parçasının kırık dış yüzeyine yayılmasına neden olmakta ve emilmesi sonucu temizlenmesini imkansız kılmaktadır. Yapışkan fazlalığının akmasını önlemek ve donduktan sonra keskin bir aletle onu almak en olumlu sonucu vermektedir. Bunlarla karşılaşmamak

ise Porsuk Höyük pithoslarında olduğu gibi uygulamayı hatasız yapmak veya olumsuzlukların bilinciyle yapışkanın yoğunluğunu ayarlamak gerekmektedir.

8- Birleştirme ve Dolgu :

Yapıştırma planına göre birleştirmeye ağız (Resim: 18) ve dipten başlanmıştır. Karın parçaları ikili üçlü gruplar oluşturulup bunların birleştirilmesiyle oluşturulan büyük gruplar, ağız parça grubuna yapıştırılmıştır (Resim: 19). Taban parça grubunun yapıştırılması sonucu (Resim: 20). birleştirme işlemi tamamlanmıştır. 1976 yılında gün ışığına çıkarılan pithosun onarım sonrası tabanda eksik küçük parçaların olması, büyük ağırlığı bu kısmının taşınması nedeniyle araldit ve kırarak oluşturduğumuz seramik mıcırı ve tozunun karıştırılmasıyla oluşturulan harçla gerekli görülen yerlere dolgu (Resim: 21) yapılmıştır.

SONUÇ

1976 yılında gün ışığına çıkarılan ve 124 parçanın (Resim: 22-a) onarılıp birleştirilmesiyle ayağa kaldırılan pithos (Resim: 22 b), teşhir edilebilecek duruma getirilmiştir. 141 parçadan (Resim: 23-a) oluşmuş 1989 yılında bulunmuş pithosun onarım sonrası (Resim: 23-b) tespit edilen durumuna göre yaklaşık üçte biri eksiktir. Bu eksikliğin bazı kısımlarda yoğunlaşıp büyük boşluklar oluşturması, parçaların aynı yerden çıkarılan diğer pithosların konduğu sandıkların içine karışmış olabileceği tahminini gözönünde bulundurmamıza neden olmaktadır. Fakat yanılma ihtimalimizde vardır. Ancak araştırma sonucunda bu belirlenebilir. Zamanımızın kısıtlı olması nedeniyle 8 günlük onarım çalışması sırasında bunu yapma imkanımız olmamıştır. Parçalar onarılarak dip ve ağızda olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Eksik parçaların bulunabileceği düşüncesiyle bütüne doğru gidilmemiş ve onarım tamamlaması başka bir kazı dönemine bırakılmıştır.

KAYNAKLAR

- AKSEL, T., 1991, "Porsuk 1990 Çalışmaları". Kazı Sonuçları Toplantısı XV-I. Ankara, s.353-359,
- AKILLI, H., 1986, "Eski Seramik Onarımında Yeni Bir Uygulama: Kum Püskürtme Yöntemi", Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, İstanbul, s.8-11.
- AKILLI, H., 1987 "İmikuşağı ve Perge Seramiklerinin Onarımında Uygulanan Metal Çubuk ve Kum Püskürtme Yöntemi Kullanımı", Arkeometri Sonuçları Toplantısı III, Ankara, s.163-176.

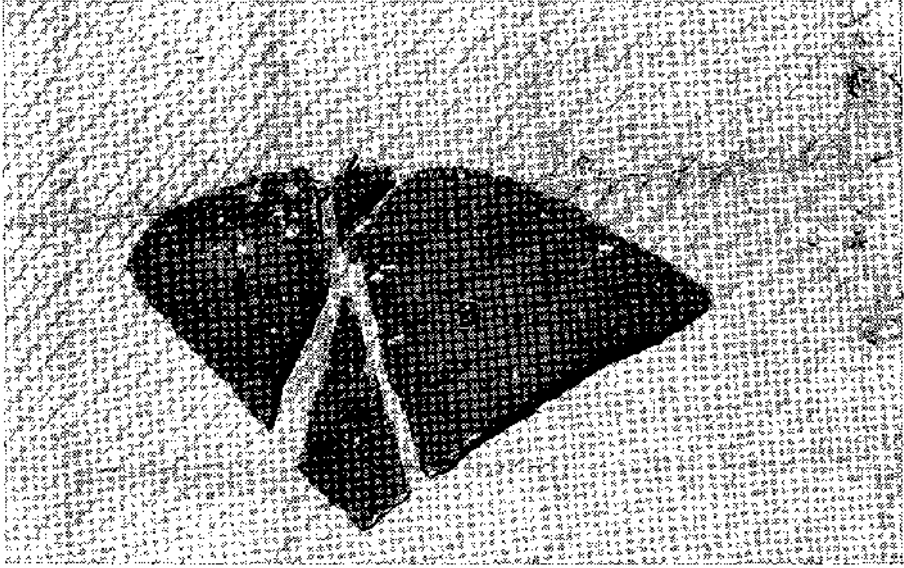
- AKILLI, H., 1991, "Toprakaltı Kil Buluntularına Ülkemizde Uygulanan Koruma Çalışmaları ve Yöntem Araştırması" Mahmut Sayın Kil Minerali Sempozyumu 1991, Adana, s.260-268.
- AKILLI, H., 1988, "İznik Çini Fırınları Kazılarında Uygulanan Sertleştirme Yöntemleri", Arkeometri Sonuçları Toplantısı IV, Ankara, s.215-238.
- AKILLI, H., 1989, "Kazı Buluntusu Kil Eserlere Uygulanan İlk Koruma Çalışmaları" Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, Sayı: 6, İstanbul, s. 58-66.
- AKILLI, H., 1990, "Taş Eser Onarımında Kaldırma ve Yapıştırma Yöntemleri" Belleten, Sayı: 209, Ankara, s. 47-98 ve 42 fotoğraf.
- PELON, O. - AKSEL T., 1992 "Porsuk'ta Dört Kazı Mevsimi (1986-1989) Genel Değerlendirme", Kazı Sonuçları Toplantısı XIV-I, Ankara, s.259-265.



Resim: 1- Üst yüzey kir tabakasının fırça kullanılarak çıkartılması.



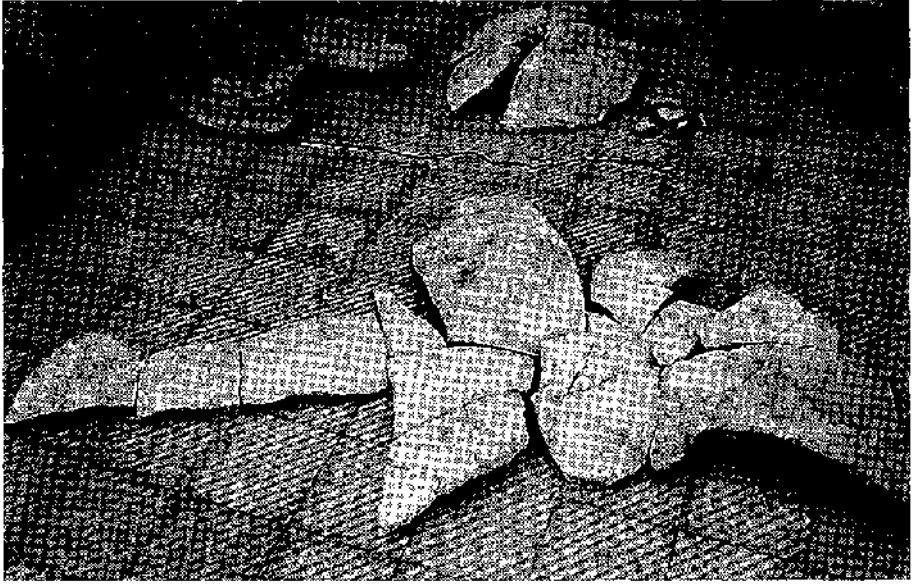
Resim: 2- Kazıyarak kirin atılması



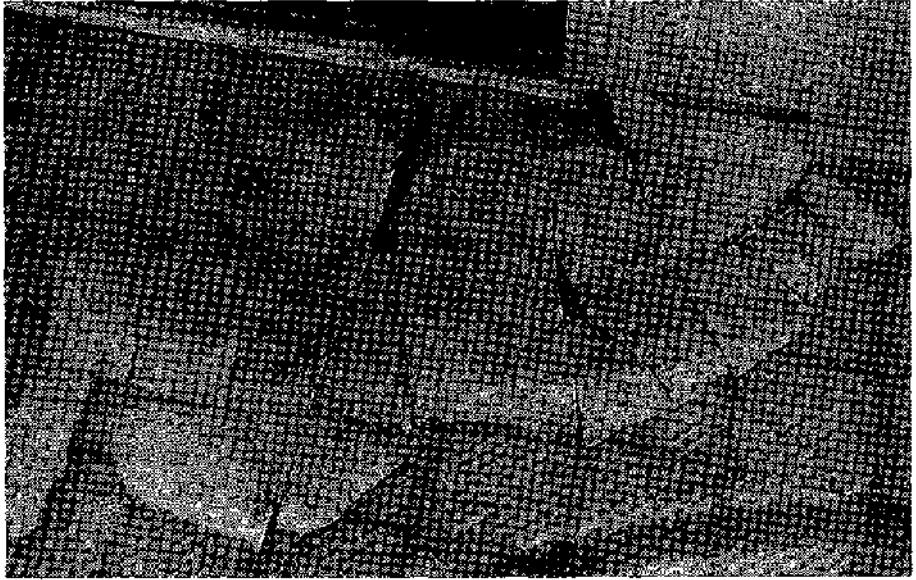
Resim: 3- Yapıştırma öncesi kırık birleşme yerlerini belirleme



Resim: 4- Ağız parçalarının kırık birleşme durumuna getirilmesi.



Resim: 5- Karın parçalarının tasnifi



Resim: 6- Ağıza yakın parçaların kırık birleşme tasnifi



Resim: 7- Tebeşir ve kalker tortusunun atılması için madeni sivri alet kullanımı



Resim: 8- Kırık yüzey temizlemede çelik tel fırça kullanımı



Resim: 9- Eski yapışkan artıklarının çıkartılması



Resim: 10- Kırık birleşme yüzeylerinin sertleştirilmesi



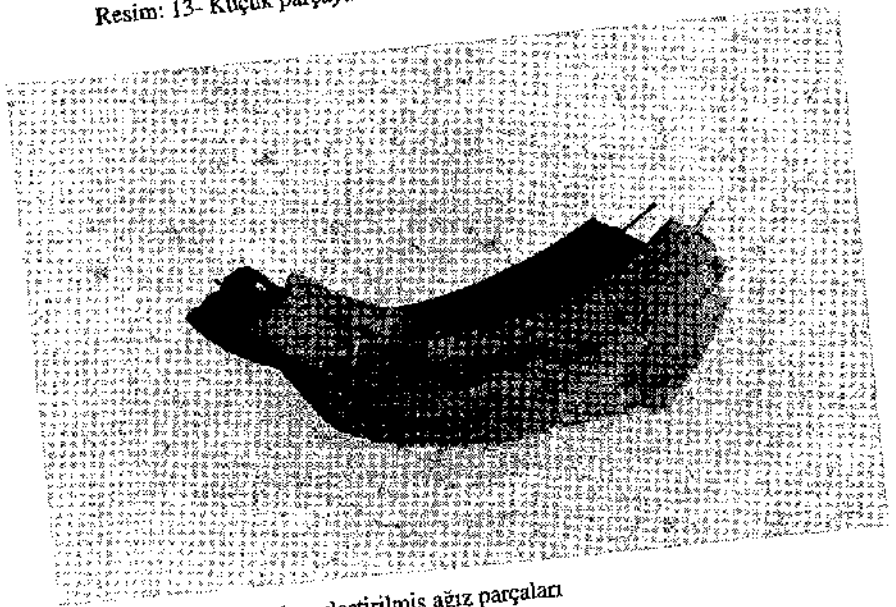
Resim: 11- Yapışmış parçalara uzanan delik açma



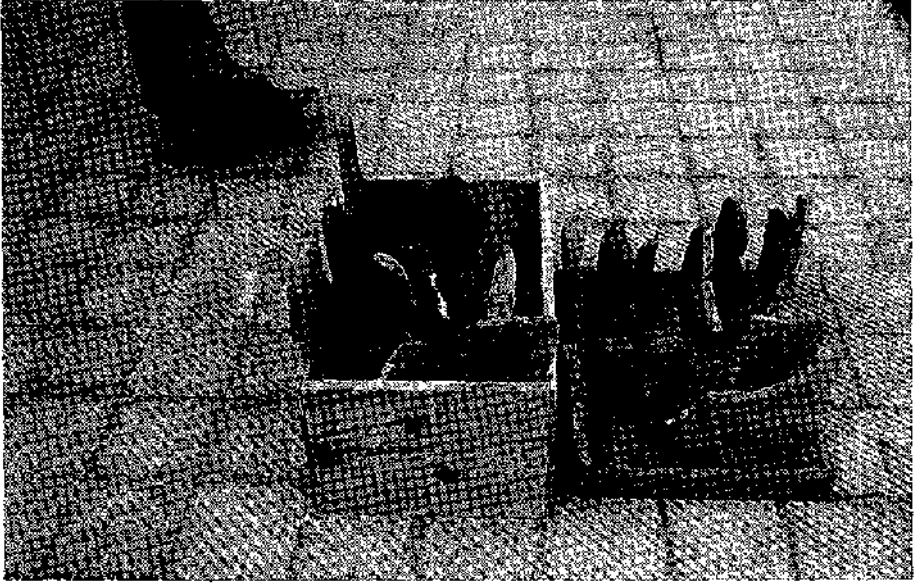
Resim: 12- Kırık yüzeye delik açma



Resim: 13- Küçük parçaya delik açma



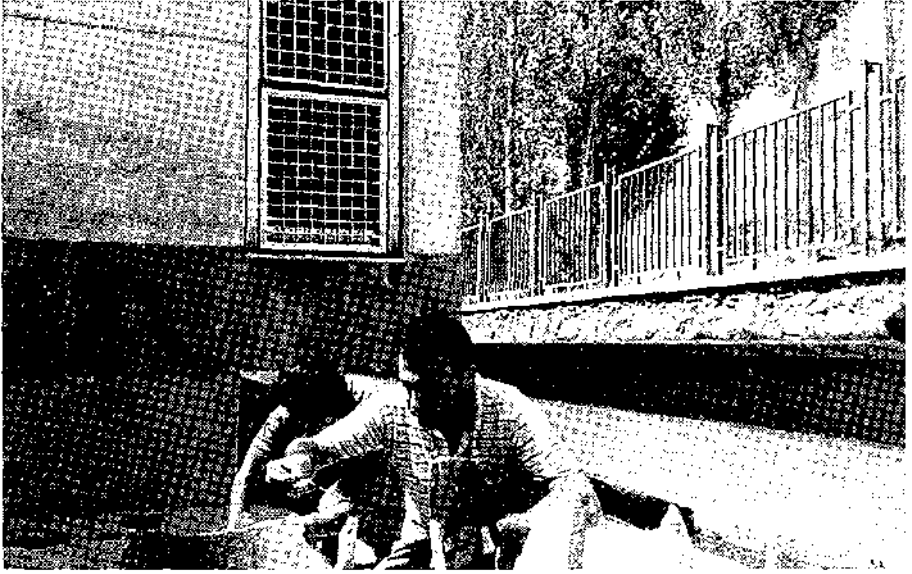
Resim: 14- Metal çubuk yerleştirilmiş ağız parçaları



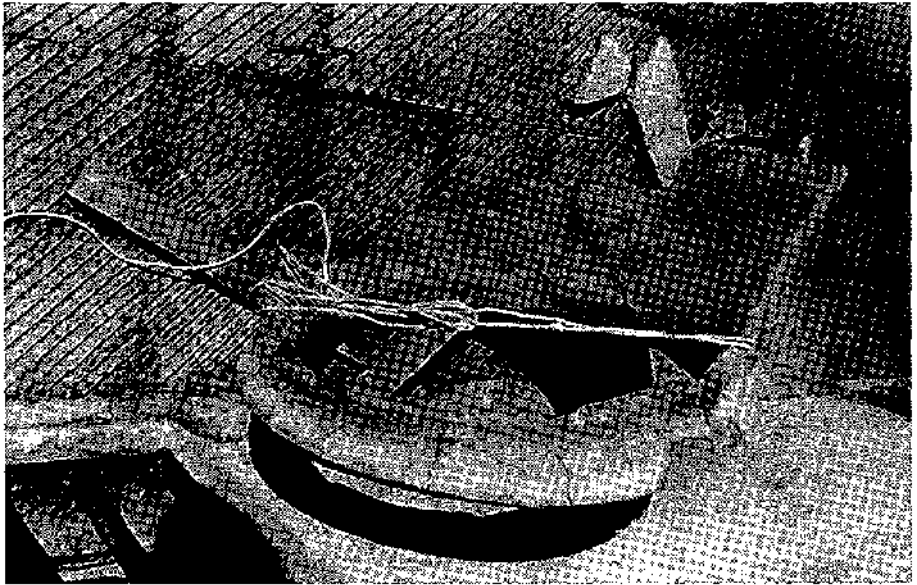
Resim: 15- Düşey doğrultuda kırık kırığa birleştirilmeleri



Resim: 16- Kırık Kırığa oturtulan parçaların kurşun kalemle işaretlenmesi



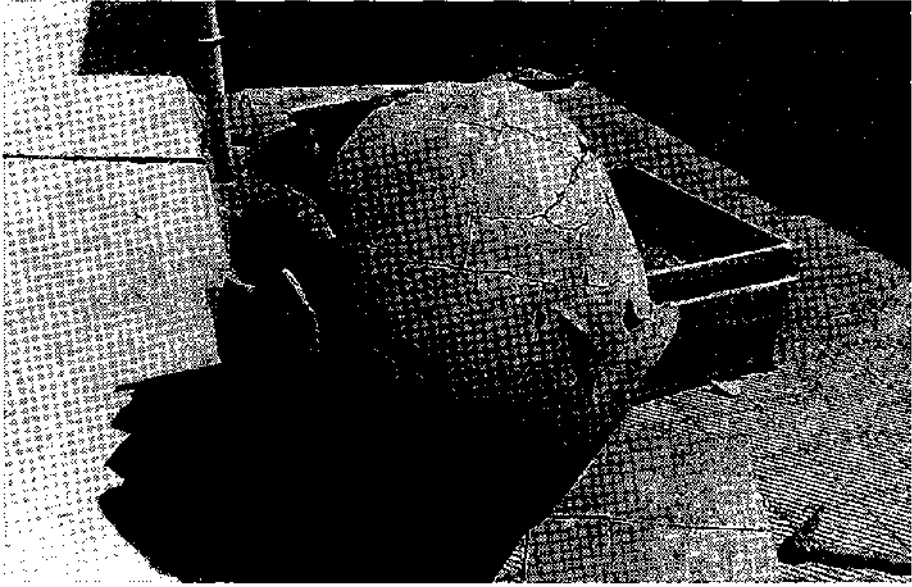
Resim: 17- Spatula kullanılarak yapışkan sürülmesi



Resim: 18- Ağız parçalarının birleştirilmesi



Resim: 19- Çok parçadan oluşturulmuş iki grubun birleştirilmesi



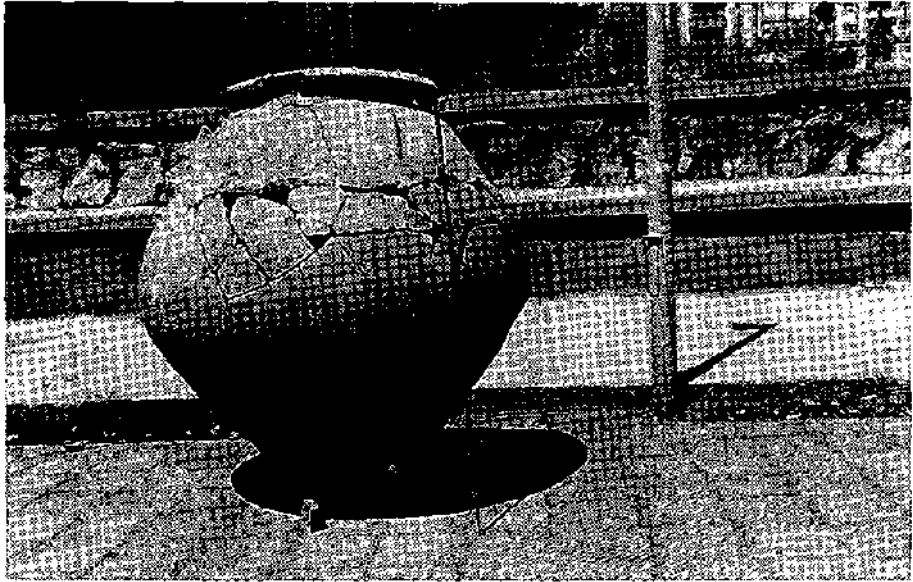
Resim: 20- Taban parça grubunun yapıştırma öncesi görünümü



Resim: 21- Dolgu ile taban güçlendirme



Resim: 22.a- 1976 yılında gün ışığına çıkarılan pithosun onarım öncesi görünümü



Resim: 22.b- Onarım sonrası görünümü



Resim: 23.a- 1989 yılında gün ışığına çıkarılan pithosun onarım öncesi görünümü



Resim: 23.b- Onarım sonrası görünümü

DIACHRONIC STUDY OF COASTAL CHANGES AT ANEMURIUM: GEOMORPHOLOGICAL AND ARCHAEOLOGICAL APPLICATIONS

F.Sancar OZANER *
James RUSSELL

Introduction

As a result of collaborative investigations conducted along the stretch of coast fronting the ancient site of Anemurium in July 1993, it is possible to document the changing character of the shore-line at various periods in the city's history from the mid-third century after Christ up to the present time. The resulting information is especially revealing in light of the serious erosion that has occurred along this coast in recent decades. The elucidation of the city's shore-line during the late Roman and mediaeval periods is based on the interpretation of archaeological evidence by James Russell who has directed excavations at Anemurium since 1970. Changes in the configuration of the shore-line in recent decades have been established by geomorphologist F.Sancar Ozaner as part of a larger project of investigation of coastal erosion between Cape Anamur (Mersin) and Samandağ (Antakya) carried out in 1992-1993.¹

* F.Sancar OZANER, M.T.A. Genel Müdürlüğü 06520 - ANKARA
Prof. Dr. James RUSSELL, Department of Classics, University of British Columbia, VANCOUVER, B.C., CANADA

- (1) This investigation was carried out in conjunction with a study season at Anemurium directed by J.Russell devoted largely to the drawing of architectural fragments. The collaboration was facilitated by a visit to Anamur by S.Ozaner to take measurements in the district related to his coastal erosion project. J.Russell is deeply grateful to the Amflar ve Müzeler Genel Müdürlüğü for permission to conduct research at Anemurium; he also acknowledges with gratitude the financial assistance in the form of research grants provided by the University of British Columbia and Dumbarton Oaks Research Center, Washington, D.C. S.Ozaner wishes to thank the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for financial support of his project. Both authors also wish to thank Bay Ramazan Peker, Director of the Anamur Museum, for kindly putting various services of the Museum at their disposal, and Bay Velbi Uysal, Research Associate of the Anamur Museum, for kindly serving as temsilci during the project and for assisting the research in other ways.

Anemurium (Eski Anamur) is located on the eastern flank of Cape Anamur, the southernmost point of Asia Minor, about 7 kilometres south-west of the modern town of Anamur (Fig. 1). The site extends along an open stretch of shore running northwards from the Cape for about 1.4 km (Figs. 2-4). This shore has undergone a number of major changes at various periods in its history since Roman times, some of which can be identified by noting the relationship between structures believed at one time to have been adjacent to the sea and the present shore-line. The presence of ancient buildings now largely concealed by sand-dunes also indicates a considerable build-up of beach in the intervening centuries. More recent changes are documented by measuring the distance to the sea from certain fixed reference points in the ancient city (Fig. 2). These measurements are based on maps, archaeological plans and aerial photographs of varying date (Fig. 2). Data from these sources have been supplemented by measurements taken in the field in February and July 1993.

Archaeological Evidence for the Ancient Shore-line of Anemurium

The importance of Anemurium as a coasting station for ships passing between Cyprus and the Turkish mainland is well documented in sailing manuals from Pseudo-Skylax (*Periplus* 102) in the fourth century B.C. to the Portolans of the Middle Ages (Russell, 1987, p. 15, n.2). The site provided a relatively secure anchorage on the east side of Cape Anamur, especially from the southwest wind that blows fiercely here almost daily for several hours during the sailing season. Though none of the sources mentions a harbour at Anemurium, some sort of harbour is implied both by (Tacitus, *Ann* 12.55) and the tradition dating from the fifth century that the Apostle Barnabas set sail from Anemurium for Cyprus at the end of his journey along the Isaurian coast (Russell, 1987, p. 19).

Material evidence for the city's waterfront facilities are visible at a number of places along the present beach. Careful scrutiny of these remains makes it possible to reach some conclusions about the shore's configuration at the time when these structures were in use. From this it is clear that the expanse of gravel beach and sand-dunes that exists today is a relatively recent phenomenon, dating from sometime after the final abandonment of the mediaeval settlement on the Cape, probably around the end of the thirteenth century. That the city's seashore presented a very different appearance in antiquity is evident from the massive sea-front wall, considerable lengths of which can be seen extending northwards from the promontory cliff for a distance of 400 metres along the shore. Much of it is lost to view beneath the beach gravel and sand-dunes that

have accumulated in subsequent centuries, but winter storms and the effects of coastal erosion in recent years, as well as limited archaeological sondages, have exposed portions of this structure in several places. Although it varies a little in its details, the wall's basic character, composed of a tough concrete aggregate of rubble and occasional terracotta fragments, remains largely uniform throughout its length. The full height of the structure remains unknown, but as much as three metres of the height of its seaward (east face) have been exposed at several points (Figs. 5 and 6). In a later phase of the city's history the structure provided a base for the new city-wall erected in the late fourth century where it fronted the sea, but there can be no doubt that its original function was to protect the city's waterfront from heavy seas at a time when there was no shingle beach to obstruct the sea's encroachment.

The presence of the sea can best be demonstrated at the southern extremity of the sea-wall where it turns sharply westwards to disappear into the earth fill that has accumulated between the sea-wall's southeast corner and the steep slope of the promontory to the south (Fig. 6). A remarkable feature in the scarp of this fill is the total absence, except near the surface, of any sign of construction or of artificial floors. Pottery and other artefacts are also very scarce, in contrast to the overburden in other parts of the city. This suggests that there was once a small natural bay enclosed by higher ground at this point which would have served as a modest harbour. Its entrance may be identified in the 25 metre gap that separates the southeast corner of the sea-wall from the remains of an ancient structure built into a massive rock at the southern extremity of the modern beach. The harbour was subsequently concealed by earth deposits washed down from the hill above and by the formation of the gravel beach to a considerable depth along the front of the ancient city².

The most striking evidence that the sea once penetrated as far as the sea-front wall, however, is provided by the mouth of a large vaulted passage 2.60 m in width running through the wall at a point 65 m south of the northernmost extremity of the longest existing stretch of the wall (Figs. 4 and 7). This is in fact the outlet of a major drain that traverses the full breadth of the city from west to east. For a considerable portion of its course it runs underneath and supports the mosaic pavement of the city's large palaestra. Since this building was nearing completion around

(2) The presence of a secondary port may also be noted. Still employed as an anchorage for small fishing boats, it nestles in a small bay located on the east flank of the outermost rocky spur of the promontory. Evidence for its use in antiquity appears in rock cut steps leading from it and in a small building situated on a flat ledge immediately above the harbor. For details, see Russell. 1987. 34-36.

A.D.260, the drain must already have been in place at the time of the palaestra's construction (Russell, 1987, p.34). Given the massive scale of the sea-wall and the existence of a large drain issuing from it, there can be no doubt that the sea reached as far as the wall, and that it was the intention of its builders that waste water from the drain should flow directly into the sea at this point. This contrasts markedly with the present condition of the wall, entirely concealed by mixed earth and beach sand. In fact, before excavation, the ground level lay above the crown of the vault of the drain.

Evidence of a similar sort has appeared in 1993 and 1994 some 150 m further north along the shore where continuing erosion of sand-dunes and beach shingle has revealed substantial remains of a number of ancient structures at various points along the beach. The most striking is the upper surface of a wall exposed for a length of 60.45 m (Fig. 8). With a maximum thickness of 2.89 m, its massive appearance and length, and the gentle inclination of its upper surface towards the sea, suggest the presence of a breakwater to protect the structures situated immediately behind it. Also recently brought to light by erosion at a distance of 75 m south of the massive wall is a vaulted drain descending towards the sea (Fig. 9). Though much smaller than the large drain described previously, it too must have discharged its contents directly into the sea. Flanking the drain on each side are two walls, which may perhaps have served as groynes to prevent the build-up of silt carried by longshore currents around the mouth of the drain. The date of these newly exposed structures is uncertain, but they are probably not later than the end of the fourth century, by which time the northern part of the city had been enclosed within a new city-wall (Russell, 1987, p.19). At the time of their construction, however, the beach must have increased considerably, for the newly exposed breakwater follows a line about 35 m east of the earlier sea-front at the south end of the city.

Even in the vicinity of the earlier sea-wall the beach had undergone substantial growth by the first half of the fifth century. The evidence for this appears in the construction of a church identified as that of the Holy Apostles (II 16) datable to that period. It project 31 metres eastwards from the line of the original sea-wall, which in fact had to be reduced to its foundation courses to accommodate the church's atrium (Figs. 3 and 4). On the other hand, the amount of solid ground available for building was probably still quite limited, for the entire eastern end of the building rests on a massive platform consisting in part of rubble concrete construction and partly of large architectural spolia from earlier structures. This can

best be explained by a sharp fall-off in ground level at that end of the building and the need for strong protection against high seas.

There is one further piece of evidence for the condition of the shore-line in the city's past. In 1987 winter storms swept away much of the shingle at the south end of the beach where it meets the steep slope of the acropolis on the cape. As a result, only a narrow band of beach was left between the sea and the east face of the ancient sea-wall (Fig. 5). This phenomenon exposed many fragments of ancient architecture, column drums and bases, cornices and pieces of entablature lying on the sandy sea-bottom and projecting from the much reduced gravel on the beach. The return of the gravel during the following winter covered them again and they have not reappeared since. The circumstance that deposited these pieces on the sea-bed and the date of its occurrence are alike unknown, but there is reason to suppose that it occurred at the very end of the community's life, perhaps towards the end of the thirteenth century, when the finer masonry was being systematically removed from the site by the Karamanoğlu authorities engaged at the time in building the new castle known as Mamure Kale at the opposite end of the plain. Material from Anemurium was extensively employed in the lower courses of the castle, much of it still visible. One can readily imagine the intense activity involved in transferring these large and heavy spolia from the ancient site to the new castle. It is also easy to conjecture the occasional accident when a boat capsized, tipping its load into the sea. The closeness of these fragments to the sea-wall suggests that the boats may even have been able to tie up to the sea-wall itself, which would have provided a very convenient platform for moving the blocks on board. This scenario is best understood if we suppose that the sea at that time flowed right up to the sea-wall, and that little, if any, of the present beach had as yet taken shape.

Changes in the Shore-line of Anemurium in Modern Times

Measurement and interpretation of the changes in shore-line at Anemurium in recent decades were realized by S.Ozaner. In order to document coastal change along the sea-front at Anemurium in modern times, eight reference points were established at regular intervals from south to north (Figs. 1 and 2). With one exception (no. 8), a modern beach building, the reference points were tied to structures belonging to the ancient city; nos. 1-3 are points on the ancient sea-wall, nos. 4 and 5 are barrel-vaulted structures, no. 6 is a curvilinear wall of a theatre-like structure and no. 7 a large single tomb. The distance of these fixed points from the sea as measured in a series of large-scale plans and aerial photographs

ranging in date from 1812 to 1990 supplied the basic data. The documents used in the study were as follows:

1) British Admiralty chart of the anchorage at Cape Anamur at a scale of approximately 1:9000 prepared by F. Beaufort in 1812.

*2) Aerial photographs at a scale of approximately 1:8000 taken by Harita Genel Komutanlığı (HGK) (Turkish State Mapping Agency) in 1954 (Fig. 10, left).

*3) Cadastral maps at a scale of 1:5000, prepared from aerial photographs taken in 1966 by Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü.

4) Archaeological plan of Anemurium at a scale of 1:3000 prepared by G. Huber in 1965 (Fig. 2).

*5) Archaeological Plan of Anemurium at a scale of 1:2500 prepared by T. Boyd in 1978 (Fig. 4).

In a number of cases (nos. 1, 6 and 7) the scales employed were too imprecise to furnish reliable data, and in one case (no. 4) the inaccurate representation of the coast renders it unsuitable for precise measurement. Consequently only those documents marked with an asterisk, along with the measurements taken in the field in 1993, have been employed in establishing the comparative table of distances between the eight reference points and the shore-line. This covers a period of 40 years.

Table of Reference Points

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
1954	90 m	96 m	112 m	96.5 m	141 m	92 m	90 m	85.0 m
1966	70 m	69 m	78 m	86.5 m	-	-	-	-
1978	-	63 m	72 m	-	-	-	-	-
1986	-	-	-	-	-	-	-	91.5 m
1993 Feb.	45 m	49 m	55 m	62 m	132 m	84 m	88 m	-
1993 July	44 m	48 m	54 m	-	-	87 m	90 m	85 m

From this table it is clear that the extent of the beach, especially at the southern end of the area surveyed, has narrowed appreciably since the earliest of the measurements recorded in 1954. This contraction is evident, for example, at reference point no. 1 where the sea stood at a distance of about 90 m from the ancient sea-wall in 1954. At this time the

Church of the Holy Apostles was largely concealed by the depth of shingle along the beach at the time. By 1966 the distance to the sea had diminished to around 70 m, with the eastern end of the Church now protruding clearly above the beach (Fig. 3). Measurements taken in July 1993 record a further shrinkage to 44 m, the apse and northeast corner of the Church having now collapsed from the rest of the structure through erosion. Even greater reduction has occurred at points 2 and 3, where the beach has diminished by a distance of 48 m and 58 m respectively in forty years. Beyond this to the north, however, the rate of erosion during this period is much less severe, diminishing from 34.5 m at point 4, to 9 m and 5 m at points 5 and 6 respectively, and to zero at points 7 and 8.

Interpretation of the Evidence

The shape of the shore at Anemurium in antiquity was clearly very different from its present appearance. The two most striking changes are the formation of the sand-dunes which have largely buried ancient structures near the shore at the north end of the site and the development of an extensive shingle beach which formed in place of the receding sand-dunes and now separates the ancient waterfront from the sea.

The date when the dunes began to form is unknown, but the probable abandonment of the city around the end of the seventh century offers a likely context for a process that had probably been held in check up to that time (Russell, 1987, p.23). The subsequent widening of the dunes in a northeasterly direction reflects the effect of the prevailing winds of the summer months which blow from the southwest. This must account for the lack of dunes at the southern end of the site sheltered in the lee of Cape Anamur. Thus this part of the beach has undergone least expansion in antiquity.

It is clear that no beach remotely comparable to that of the present existed in front of ancient Anemurium. Indeed, there are clear indications that the sea penetrated as far as the city's protective sea-wall in Roman times and that there may have been a small harbour at its southern end. The best evidence for this lies in the exit of the city's main drain directly into the sea immediately in front of the sea-wall, an arrangement firmly datable no later than the mid-third century. Some build-up of beach had certainly taken place by the time that the Church of the Holy Apostles (II 16) was built on a site outside the sea-wall in the first half of the fifth century. The massive substructures at its east end, however, suggest that the sea was still close enough to pose a serious threat. That a beach serving as a buffer zone some 30 m wide had formed by early Byzantine

times is also indicated by the structures recently exposed by erosion further north along the shore. Most notable of these is the impressive stretch of sea-wall. This build-up of sand and gravel along the shore was no doubt caused largely by the gradual accretion of sediments carried from the mouth of the neighbouring Sultan Çay. Even so, the formation of the beach probably evolved slowly and may still have been far from complete at the south end of the site in the thirteenth century, if as the evidence suggests, ships were still able to sail close to the ancient sea-wall.

Nothing is known of developments along the shore-line at Anemurium from the Middle Ages until 1954 when the beach appears to have reached its largest extent, the end result of the natural deposition of sand in large quantity and of lighter amounts of gravel carried south-westwards from the Sultan Çay. It may therefore be assumed that this process had continued uninterrupted from ancient times with no human interference. The drastic erosion that succeeded in the twelve year period from 1954 through 1966, amounting to 30 m, 37 m, 34 m and 10 m, at reference points nos. 1 through 4 respectively, can probably be attributed to the intensive and continuous extraction of gravel and sand from this part of the coast from 1960 through 1966 for construction of a regulator on the Anamur (Dragon) Çay and the irrigation channels associated with it. The excessive erosion at point no. 3 probably indicates the area of greatest activity. The additional erosion that has occurred during the subsequent period (1966-1993), at a rate of 26 m, 21 m, 24 m and 24.5 m for the same four reference points, is hardly less serious. It was largely caused by the inordinate removal of sand from the mouth of the Sultan Çay during the period 1976-1982, when it served as a source of sand for public works.

The marked contrast between the erosion at the southern end of the shore (ref. points nos. 1-4) and that at the northern end (ref. points 5-8) may be explained by reference to a rose diagram representing the frequency of wind direction based on official meteorological data from Anamur (Fig. 1). The prevailing winds on this coast blow from the north and south-west respectively. The north(Poyraz), an off-shore wind in winter, creates no appreciable current along the shore. By contrast, the south-west wind, which blows strongly from spring through autumn, generates a considerable current flowing in a northeasterly direction. Thus sediments discharged by the Sultan Çay tend to be carried eastwards along the coast rather than in the direction of Cape Anamur, where a much slower rate of deposit occurs. This is evident also in the configuration of the coastal shelf to the east of Cape Anamur (Fig. 11), which contracts

from its widest expanse opposite Gafurdamı to its narrowest at Cape Anamur itself (Alavi *et al.*, 1989, Fig. 4). A further factor inhibiting the build-up of sediment in front of Anemurium is the behaviour of the well-known Asia Minor current in the Eastern Mediterranean. This flows at the rim of the shelf in a westerly direction. At the same time it also tends to create counter-currents and whirlpools in proximity to rocky promontories such as Cape Anamur, thus isolating and blocking the inshore currents flowing along the coast. These factors account for the very gradual way in which the wide gravel and sand beach along the shore at Anemurium has formed over the centuries.

Only in recent decades has the process of beach formation been reversed. Whether or not any of this can be attributed to absolute change in sea-level, a phenomenon noted in other oceans and seas since the nineteenth century (Kunz, 1993), is uncertain, since no long-term measurements of sea-level exist for the coast at Anamur. In any case the effects of any global rise in sea-level would be minuscule compared to recent human intervention. There can be no doubt that the extraction of enormous quantities of gravel and sand since 1960 is the principal cause of the erosion that has accelerated since that date. In one single generation the character of this stretch of shore has suffered a far more dramatic transformation than in the many centuries that it has taken this beach to form. Unfortunately, the cessation of excavation has neither reversed nor even halted the speed of erosion at Anemurium. The damage continues unabated, with imminent threat to the existence of ancient structures along the shore. Only a well planned, and probably costly, programme of countermeasures is likely to reverse the damaging process set in train by improvident human activity and lax regulation in the past. This will require a determined exercise of political will on the part of the several authorities responsible for the protection of a major ancient site on one of the most beautiful beaches of this part of Turkey.

REFERENCES

- ALAVI S.N., EDIGER V. and ERGIN M., 1989. Recent sedimentation on the shelf and upper slope in the Bay of Anamur, southern coast of Turkey. *Marine Geology* 89, 29-56.
- BEAUFORT, F., 1812. *Anchorage on the South Coast of Turkey*, H.M. Hydrographic Office, Taunton, Gl. Britain. Preliminary Chart 241, revised 1959.
- KUNZ H., 1993. Coastal protection responses to sea level rise and to changing social needs. Case study Ley Bay, southern North Sea, Germany. *Proceedings of the First International Conference on the Mediterranean Coastal Environment. November 2-5, Antalya, Turkey*, 1059-1073

- OZANER F.S., 1993. Anamur (Mersin) ve Samandağ (Antakya) Kıyılarındaki kıyı (plaj) erozyonunun araştırılması (Investigation of the coastal erosion at Anamur and Samandağ coasts) TÜBİTAK Report No: DEGAG - 62, Ankara, 55 pp.
- ROSENBAUM, E., HUBER G. and ONURKAN S., 1967. *A survey of coastal cities in Western Cilicia* (Türk Tarih Kurumu Yayını, VI-8), Ankara, 85 pp.
- RUSSELL, J., 1980. Anemurium: the changing face of a Roman city. *Archaeology* 33: 5, 31-40.
- RUSSELL, J., 1987. *The mosaic inscriptions of Anemurium* (Oesterreich. Akademie der Wissenschaften: Denkschrift, phil.-hist. Kl., 190), Vienna, 93 pp.
- ÖNLÜATA, U., OĞUZ T. and ÖZSOY E., 1983. Blocking and steady circulation by coastal geometry. *Journ. Phys. Oceanogr.* 13, 1055-1062.

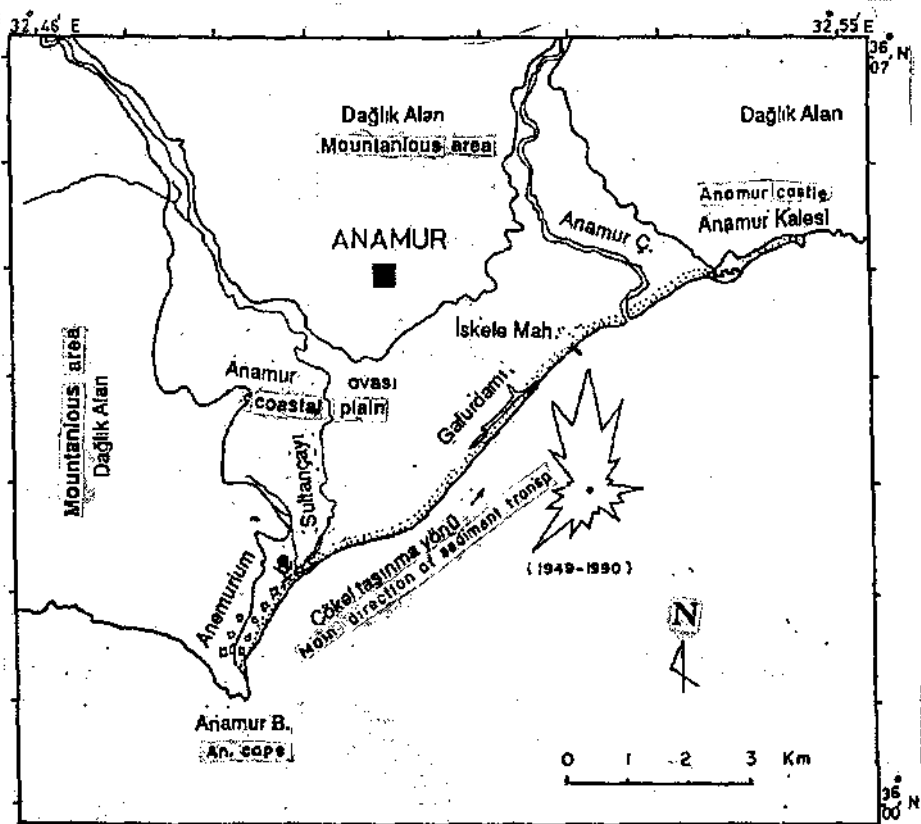


Fig. 1- Map of the Bay of Anamur with wind-rose diagram based on data for Anamur 1949-1990.

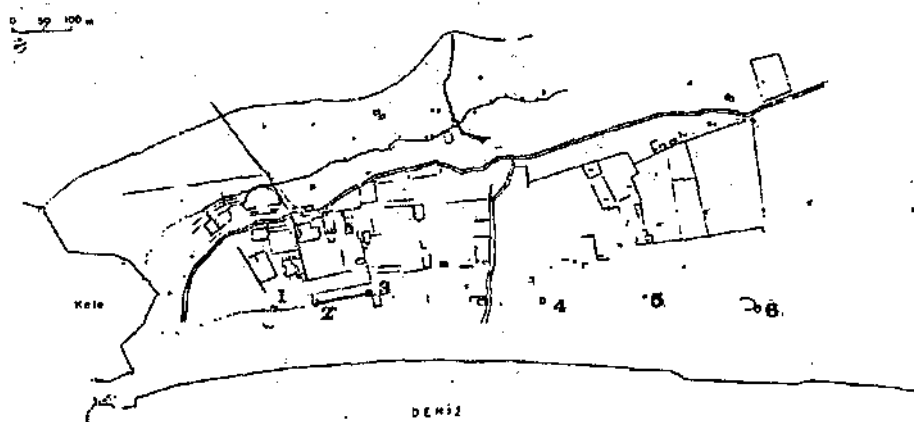


Fig. 2- Plan of Anemurium with numbered reference points used to measure changes in shore-line. (G.Huber)

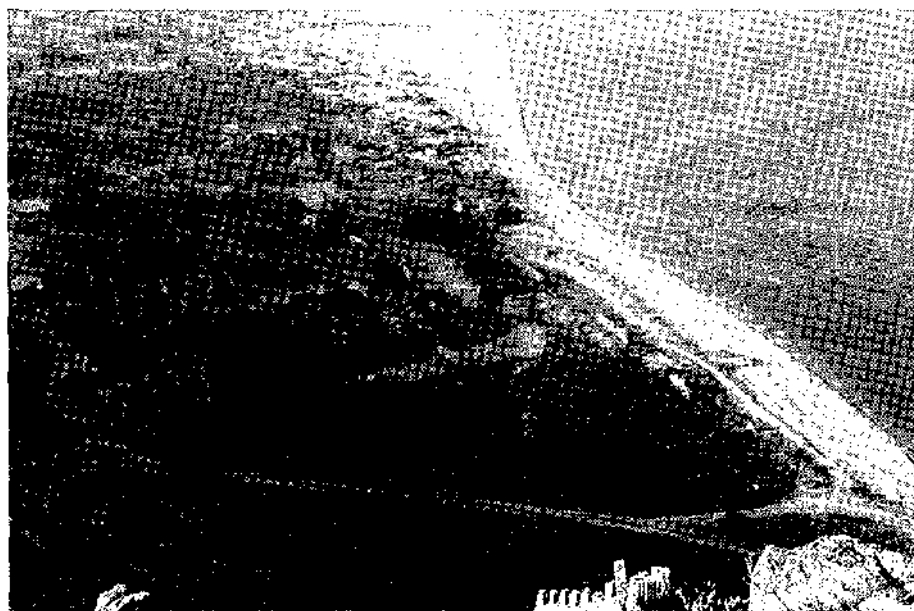


Fig. 3- Anemurium, general view from the acropolis of ancient city and shore. Note remains of Church of the Holy Apostles (II 16). (F.S. Ozaner)

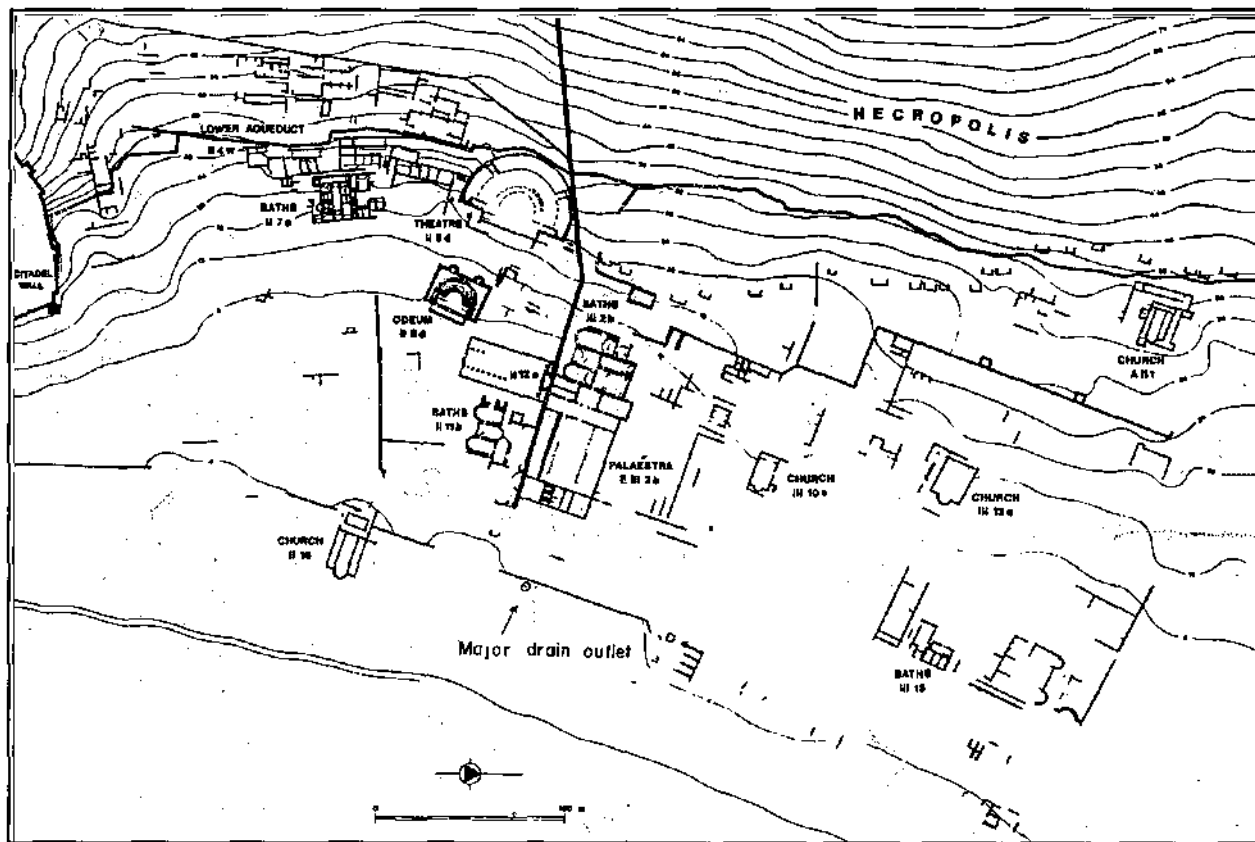


Fig. 4- Anemurium, archaeological plan of ancient city with location of major drain outlet (T.Boyd)



Fig. 5- Anemurium, exposed east face of original sea-wall at south end of beach, from north, with architectural fragments visible in foreground. (J. Russell)



Fig. 6- Anemurium, southern extremity of sea-wall and probable entrance to silted up harbour from southwest. (J. Russell)



Fig: 7- Anemurium, outlet of large vaulted drain through the ancient sea-wall (J. Russell).



Fig: 8- Anemurium, recently exposed breakwater at northern end of the beach, from south (J. Russell)



Fig: 9- Anemurium, outlet of vaulted drain recently exposed by erosion of beach with flanking walls to protect silting-up of the exit (F.S. Özaner)

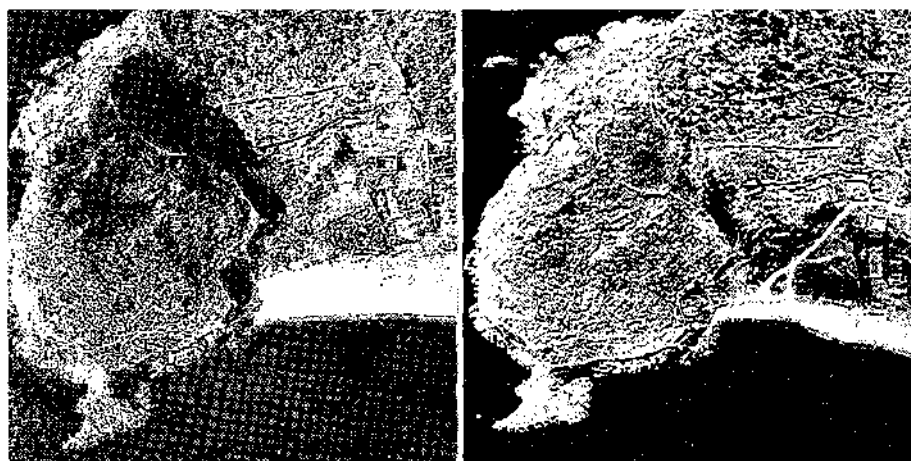


Fig: 10- Aerial photos of Anemurium, 1954 (left) and 1990 (right), to illustrate the degree of coastal erosion during this period. Scale: approx. 1:7000, (H.G. K.). Right photo enlarged from scale of 1:17.000.

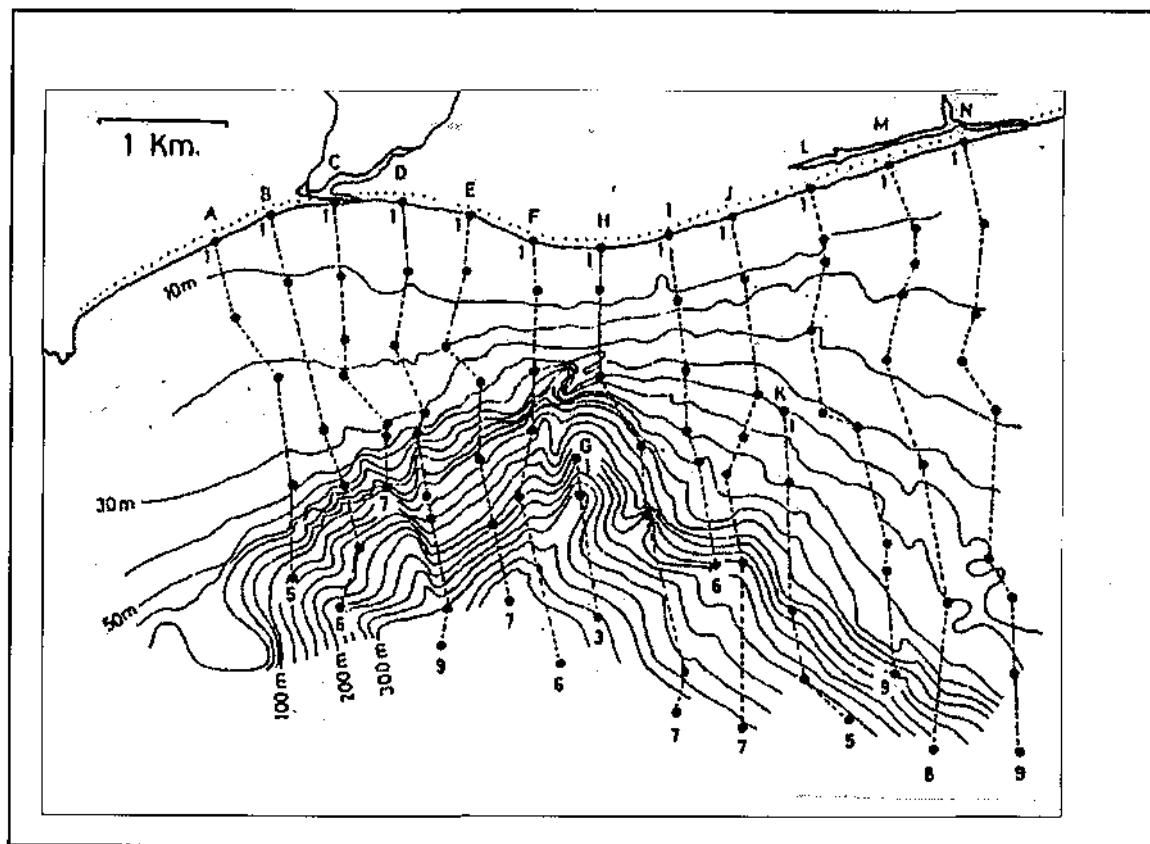


Fig: 11- Bathymetric map of coastal shelf of the Bay of Amamur. Canyon at centre indicates ancient valley of Sultan Çay (Alavi et al.)

NEW THOUGHTS ON THE BATTLEFIELD OF ISSUS

*F. Sancar OZANER **
Ayşe ÇALIK

A Survey/excavation team from the University of Bilkent, Department of Archaeology and Art History¹ and geomorphologist Sancar Ozaner from MTA (Geological Survey of Turkey) have been carrying out collaborative studies on the ancient sites around the gulf of Iskenderun since 1991.

During the summer of 1992, the archaeological team started to excavate Kinet Höyük which is supposed to be the ancient Issus, while Ozaner studied the geomorphological changes which had occurred the plain of Issus in historical times in order, to find out the exact location of the harbour of Issus and to interpret it better than in other related archaeological findings. During his study, he detected important changes in the river beds of the plain of Issus, as well as in the coastal line of Iskenderun Bay, which lies at the western edge of the plain. This led him to carry out detailed studies concerning the battle of Issus, which was held on both sides of the ancient Pinarus river in November 333 BC, making

* Dr. Geomorphologist Sancar OZANER, MTA Genel Müdürlüğü, 06520, ANKARA.
Ayşe ÇALIK, Ph. D. Student, Department of Classics, King's College London, University of London, London WC2R 2LS.

This joint paper was presented by Miss Ayşe Çalik, at the 16th International Symposium of Excavations, Surveys and Archaeometry, Ankara, 30 May-3 June 1994.

Abb: A: Arrian, P: Polybius

(1) The team consists of the lecturers and the students of Bilkent University: the head of department; Ass. Prof. İlknur Özgen, excavator of Kinet Höyük; Ass. Prof. Maria Henriette Gates. We are much indebted to them for letting us participate with their survey in the area, accommodating us during our field work and giving us a chance to present this paper. We are also most grateful to the General Directorate of monuments and Museums for permitting us to announce the result of this survey at an international symposium.

this plain remarkably famous. The location of the Pinarus continues to be a matter of scientific controversy, which calls for further detailed research.

Reading of relevant sources and literature was combined with an interpretation of aerial photographs and topographical maps of the area. We used the aerial photographs in a scale of 1: 40.000 and 1.20.000 which were taken in 1948 and 1975 respectively by the Cartography Authority of Turkey (Harita Genel Komutanlığı). We also used 1:25.000 scaled topographical maps of the area published in 1953, 1956 and 1976, which were prepared using the aerial photographs taken by the same authority in 1948, 1953 and 1974 respectively. We carried out field work in August 1993. During the field work we were in the most convenient place, where we could compare our cartographic interpretations with descriptions from ancient sources, as well as with the conclusions of modern writers which were gathered in advance².

Main Sources for the Battle of Issus

The main sources regarding the battle of Issus were provided by ancient historians. These are as follows:

Aristobulus: (Fourth century BC). A witness of the battle who participated as one of Alexander's generals. His reports have been transmitted to us by Arrian.

Arrian: (95-175 AD). A historian who lived in Nikomedia (İznik) and transmitted detail information about the battle in his book, *Anabasis Alexandri* which is based mainly on the statements of Ptolemy and Aristobulus. The battle of Issus: 'ii. 6-12'.

Callisthenes (360-328? BC): The court historian of Alexander who was in charge of the battle. He reported the tactics and logistics of the battle and also gave descriptions and measurements of the battlefield and its surroundings. His documents have not survived, but they were paraphrased by Polybius.

Curtius (First century BC): He wrote: *Historae Alexandri Magni Macedoniae*, A History of Alexander, (Books I-IV), Vol 1. The battle of Issus: 'iii. 7-11'.

(2) We would like to thank Prof. Hammond for his helpful letter regarding up-to-date bibliography concerning the battle.

Diodorus (Contemporary of Caesar and Augustus): A Greek historian who wrote a series of books under the title *Bibliothēke Historikē*. However, many of them have been lost in the course of time. The English translation of his writings about Alexander's eastern campaign was published in 1963, by C. B. Welles: *Diodorus: Siculus of Sicily*, (in XII volumes), vol. 8, books XVI, 66-95 and XVII, 1963. The battle of Issus: - 'xvii. 32. 4-37'.

Justin (Third century AD): "Justin was epitomising the very long work of Pompeius Trogus, *Historiae Philippicae* in forty-four books, which began with the first empire, that of Assyria, and ended with events in the principate of Augustus" (Hammond, *Three Historians...* p. 86. For the battle see: "xi. 9. 1-10"

Plutarch (46-119 AD): *Bioi Paraleloi* Parallel Lives (Life of Alexander), volume VII, with an English translation by B. Perrin, (in XI volumes), 1919. The battle of Issus: - '20. 1- 5'-

Polybius (200-120? BC): A Greek historian who transmitted to us Callisthenes' statements in his book *Historiai*., one translation by W. R. Paton, *Polybius, The Histories*, (in six volumes) London, 1924. The battle of Issus: "-xii. 17-22"-

Ptolemy (360-283 BC): One of Alexander's generals who acted as the special guard of Alexander at the battle. He wrote the history of Alexander's eastern campaign. His writings were mainly transmitted to us by Arrian.

Strabo (64 BC- 23 AD): *Geography*, 8 volumes, (the LOEB Classical Library). With an English translation by Horace L. Jones. (First printed in 1929) 1970. The battle of Issus: xiv. 14.5.19.

Many of the above-mentioned historians, who wrote about Alexander, gave propagandistic and exaggerated military information about the battle. Their descriptions of the battlefield and measurements of the distance between some reference points in the terrain do, however, provide valuable information regarding the paleogeographical situation, as well as the location of the Pinarus river.

Many books and articles have been written by modern scholars about Alexander's eastern campaign. However, a lot of them duplicated previous knowledge which relied on propagandistic ancient sources, as well as appearing to overlook the geographical details of the battlefield, as a

result of insufficient cartographic material. For these reasons, the modern scholars, predominantly historians, suggested different rivers of the plain of Issus as the ancient Pinarus, although they all used the same ancient sources.

The identification of the Pinarus river as the modern Payas river is the result of our geomorphological/archaeological survey with reference to ancient and modern sources. This identification has been previously made by some scholars. However, important mistakes are evident in their work, which arise from a lack of knowledge of the coastal geomorphology, in particular regarding the progradation of the river delta.

In this paper, we will limit our information to the ancient sources, and evaluate the work of the modern writers, who did valuable studies and identified the Payas river as the Pinarus. We will also introduce our own conclusion.

Approach to the battlefield

Most of the scholars are in agreement as to the route to the battle field, which Alexander followed after passing through the Cilician Gates (*Gülek Boğazı*). Fig. 1 We will summarise the events after that point: Alexander passed the narrow Gülek gorge in late June and captured Tarsus in July 333 BC. He suffered from malaria in Tarsus during August and September. After his recovery (mid October) he sent Parmenio, his general, to hold the passes in Eastern Cilicia, while he marched west and took over the cities in Cilicia Tracheia up to the Calycadnus (*Göksu*) river. On his way back he held a national festival at Soli (Pompeipolis, near modern Viranşehir) in early November, and came back to Tarsus again.

In the meantime, Parmenio captured two Greek cities, Magarsus (*Karataş*) and Mallus (*Misis*) as well as the Karakapı Pass³ leading from Cilicia into the plain of Issus -and afterwards occupied Castabalum⁴ on the Persian royal road. Then, he marched through the plain of Issus⁵ and occupied the Jonah Pass⁶ then turning back to Issus⁷. Leaving Tarsus, Al-

(3) The end of the Akpınar valley at the eastern boundary of the Ceyhan Doruk Plain.

(4) Muttalip Höyük; situated in the field of Toros Gübre Sanayii A. Ş. located in the NE corner of Iskenderun Bay.

(5) The coastal plain which extends between the towns of Dört Yol and Payas.

(6) The gorge of Derebanı Dere, which terminates in Sarıseki town, about 11 km north of Iskenderun.

(7) Most probably Kinet Höyük near the coast, which is located in the field of Delta Petrol A.Ş. about 6 km NW of Dört Yol.

alexander followed the route that Parmenio made safe, crossed the paleo bed of Pyramus (Ceyhan nehri), and visited Magarsus and Mallus to make sacrifices. At Mallus, he heard from Parmenio that Darius was encamped at Sochoi⁸, two days' march beyond the Jonah Pass. He met with Parmenio on Castabulum and the whole army advanced to Issus. After consulting his generals, he decided to march south, through the coastal route and to pass the Amanus mountains via the Belen Pass (Belen Geçidi). Marching from Issus, he passed the Jonah Gates and reached Myriandrus⁹ in two days and allowed his army to rest near Myriandrus.

Meanwhile, Darius decided to advance from Sochoi into Cilicia, to make an unexpected attack on Alexander, because he believed that Alexander's forces were spread out from Rough Cilicia to the plain of Issus. He took the northern route in the Karasu valley through the most convenient river plains and mountain passes-through İslahiye -Bahçe and Osmaniye- and came to Issus via the Kaleköy Pass (Kısık Boğazı). When he heard at Issus that he was behind Alexander, he decided to follow him, hoping to catch him in the Amik-Karasu plain.

(8) The exact location is unknown.

(9) The location of Myriandrus is not known yet. Xenophon locates it 5 parasangs or 150 stades (28 km) south of the Cilician Gates. When a 28 km distance is measured from the Jonah pass, its location is found to be near Adatepe, a large cape with scattered ruins on top, about 13 km SW of modern İskenderun. Engels (1978, p. 47) and Murison (1972, p. 407) indicate Adatepe as Myriandrus. However, Seton-Williams (1954, p. 147) states "in view of the fact that no pre-Hellenistic material was found during survey, identification as Myriandros seems unlikely". When a 28 km distance measured from the Belen Pass, the location of Myriandrus appears to be somewhere near Rhosus (Arsuz), a settlement on the coast about 32 km SW of İskenderun. Again, Seton-William describes Rhosus as "extensive traces of ancient settlement on both sides of road. No mound, no pre-Hellenistic material" (1954, p. 147). In addition, Strabo mentions Myriandrus and Rhosus as different cities on the Mediterranean coast. He states "and the gulf is called the Issic Gulf. On this gulf are situated the city Rhosus, the city Myriandrus, Alexandria, Nicopolis, Mopsuestia and Pylai, as it is called, which is the boundary between the Cilicians and the Syrians." (Strabo, Geography, 14.5.19, p. 357, translation by Jones). Janke (1910, p. 142) puts it about 11 km away from the Jonah Pass (or Sarıseki), which is located close to İskenderun. Hammond (1989, p. 96) puts about 7 km SW of İskenderun. We support Janke's claim. If the city had existed, it would have been located either near İskenderun or somewhere within a 5 km coastal strip south of İskenderun. Logically, the city could not have been far from the Belen Pass. If Myriandrus had been located at the far south of the Belen Pass, Alexander would not have marched there. The coastal plain from İskenderun 5 km to the south is only about 2 km wide. This plain represents a former bay which was filled by alluvial deposits of the torrents derived from mountains nearby. We already know that a stretch of sea about 1500 m long had been transformed into land in the Payas delta since the forth century B.C. (Ozaner, 1994) Therefore, Myriandrus might be buried under the alluvial deposits in any location in the above-mentioned coastal strip (probably near Karaağaç district). It needs further investigation.

At Myriandrus, Alexander learnt that Darius was behind him. He turned back and marched north quickly, to take an advantageous position against Darius in the plain of Issus (Fig.1).

When Darius heard that Alexander was marching back he was near the Pinarus (Payas) river. He decided to take a defensive position on the northern bank of the river and to palisade. Afterwards, Alexander positioned his army on the southern bank of the river. Interpretation of all the events clearly indicates that the battlefield was the location for a change meeting rather than a planned confrontation.

Location of the Battlefield According to Different Authors

The location of the battlefield has been estimated on three main rivers of the plain of Issus by the following scholars:

Deligay: Janke (1910), Judeich (1929), Murison (1971), Hamilton (1973), and Faure (1985).

Kuru Çay: Kromayer (1914), Stark (1958) and Bosworth (1988).

Payas Çay: Wilson (1884), Dittberner (1908), Delbrück (1920), Green (1970), Renfroe (1975), Engels (1978), Fox and Lane (1980), Devine (1980) and Hammond (1980 and 1989).

Some authors mentioned only the ancient name *Pinarus* without indicating any modern river of the plain of Issus. These scholars are: Wright (1934), Schachermeyr (1973), Burn (1974), Will (1986) and Wilken (1967).

Why the Payas River Should be Identified with the Pinarus¹⁰:

It must have been fruitful for the few scholars, who, like Hammond, visited the location, to have available the measurements and the descriptions stated by the ancient sources, along with satisfactory cartographic materials. This enabled them to set out more credible arguments although their work has some mistakes, which we will be discussing towards the end of this paper.

(10) Although the Payas river has been identified as the Pinarus by recent valuable works, it seems that the location of the battlefield is still in doubt. This is exemplified by the BBC television series and publication "The Great Commanders" which included a re-enactment of the battle of Issus. According to the producer Phil Grabsky: "Deligay was strongly recommended as to the battlefield but we also shot the river Payas as an alternative place" (telephone conversation with Phil Grabsky on 28.4.1994).

It was Callisthenes, as the chief military historian, who left a considerable amount of information which helps us to identify along which river the battle was fought.

The most valuable information, related to the length of the battlefield is given by Polybius, based on a statement of Callisthenes "the distance from the sea to the foothills of the Amanus range at the point where the river crosses the coastal plain is not more than 14 stades"¹¹ (2.6 km) (P.12.17.4). Callisthenes' measurement suggests that the Payas river was the ancient Pinarus, although the present length of the river plain has reached about 4.1 km due to progradation of its delta since 333 BC (Figs. 2,5). When we compare the distance given by Callisthenes with the present length of the rivers of the plain of Issus, it becomes evident that the Payas river is the most probable candidate for Pinarus. The present distances of the rivers from north to south are: Deliçay; 8.5 km, Özerli Çay: 6.5 km, Kuru Çay: 4 km and the Payas Çay 4 km (Fig. 2). Although the length of the present plain of Kuru Çay is the same as the present plain of Payas, two additional descriptions, one given by Callisthenes, the other given by Arrian, compel us to dismiss Kuru Çay. Callisthenes indicates that the Pinarus river was flowing obliquely to the coast during the battle. In figures 2 and 3, it can be seen that the first 2.6 km of the Payas river from the foothills of the Amanus run obliquely to the coast in a SE-NW direction. Kuru Çay does not show such a peculiarity (Fig.2). Arrian states "He (Darius) also stationed about 20.000 men on the ridge on his left over against Alexander's right: some of these actually got to the rear of Alexander's force, since the mountain ridge where they were posted was deeply indented in one part and formed something like a bay as in the sea: Then bending outwards, again it brought those posted on the foothills to the rear of Alexander's right wing" (A. 2.8.7). Indeed, the foothills of the Amanus Mountains, which are mainly seen in the form of steep colluvial fans, spread out in a sickle shape towards the sea on the southern bank of the Payas river (Figs. 2,3,5). The situation is the reverse in the case of Kuru Çay: The hills of the Amanus chain bend towards the west on the northern bank of the river (Fig. 2). On the grounds of the above-mentioned explanation we may dismiss the identification of Kuru Çay as Pinarus.

(11) We must trust Callisthenes' information because, as we know, Alexander paid professional Greek surveyors, the *Bematists*, to measure distances in the land accurately by pacing. Callisthenes gives an approximate measurement of the Pinarus plain, omitting windings of the river bed, because the dangerous conditions on the battlefield precluded a detailed survey.

Can the distance given by Callisthenes indicate Deliçay or Özerli Çay, i. e., the rivers that might have advanced about 6 and 4 km since the battle? Ozaner's study of geomorphological changes in the plain during earlier times has proven that the northern part of the plain of Issus, which was occupied by Deliçay and Özerli Çay has expanded little since antiquity (Ozaner, 1994). He explained that Deliçay, the longest river of the plain of Issus was merging into the sea immediately to the south of the Kinet Mound which supposed to be ancient Issus- around the 1st century BC, then changed its course twice, shifting about 2.5 km towards the south (Fig. 2). The first estuary of the river was used as the harbour of Issus in Strabo time¹². Due to the continuous change of the river bed, and because of an active normal fault¹³, which has been controlling straight configuration of the coast, a distinct delta could not develop at this section of the coastal plain. Ozaner concluded that the Payas river is the only river in the plain of Issus, which has changed its main bed since antiquity. Neither has it been affected by the fault- the fault does not extend that far- thus, it could have formed a distinct delta at the south of the plain. If we assume that the Payas River, whose present plain measures 4.1 km, is the ancient Pinarus, whose length was given by Callisthenes as 2.6 km- we can estimate that about 1500 m (67 cm in a year) accretion of the river delta has taken place since 333 BC. This is very possible in the light of the explanation mentioned above.

There are more measurements between some reference points on the land and the battlefield given by Callisthenes, which indicate Payas as Pinarus and dismiss Deliçay as a claimant. It is not necessary to mention them again since they have been interpreted correctly by Devine "The location of the battlefield of Issus", 1980, p.4, and Hammond *Alexander the Great. King, Commander and Statesman*, 1989, p. 97.

Of all the modern writers, Hammond carried out the most detailed studies on the strategy and tactics of the battle, as well as on the morphological aspects of the battlefield. Having visited the area in January 1941, Hammond explained that the measurements fit the Payas River better than the Deliçay (N. G. L. Hammond, *A History of Greece to 322 BC*, Oxford, Clarendon, 1959, p. 609). Then he studied the Payas valley in

(12) At present, Issus is an isolated mound about 525 m from the coast, due to the result of alluviation.

(13) Due to the effect of this fault, alluvial material brought by the torrents has been sedimented vertically on the collapsed part of the coast. Therefore the coastal plain could not be expanded much to form a distinct delta.

detail in June, 1976. He published a map which shows the ancient river course of the Pinarus, as well as the ancient coastline at the time of the battle (Fig. 4). This is the only detailed map of the plain of Pinarus to show present and paleo configurations of the river and the coast since antiquity. Unfortunately, Hammond's analysis of the paleo configurations is not correct. He measured correctly 2.6 km on the Payas river from the foothills of the Amanus to find the paleo location of the coast. However, he found the exact location only at one point (i. e. where the ancient coastal line cuts the modern river), because he incorrectly drew a concave coastline to show the extension of the paleo coast in both directions (Fig. 4).

It is a well-known fact that any kind of delta at a mouth of a river progradates by continuously forming a typical convex delta shape. If a delta is formed in a convex shape today, it must have been formed in the same shape in the past. The right configuraton of the ancient coastline can be seen in Fig. 5. As can be observed in the map (Fig. 5), the ancient coast was more or less parallel to the present coast, showing a typical delta shape, located about 1500 m east of the present coastline.

The paleo course of the Pinarus river which is seen in the map of Hammond (Fig. 4) does not exist in the field. We walked through his assumed paleo bed step by step, and could not find any trace of an abandoned river bed. At present this location is a fertile plain with very fine soil. During our field work, the real abandoned paleo bed was found and indicated on the map (Fig.5). It starts at about 1250 m from the river mouth and passes near the northern edge of Payas Castle¹⁴, in a NE-SW direction and meets the coast near the western side of an ancient observation tower called Çin Kule. A small, but typical, delta form is seen at the terminal point of the paleo river bed (Fig. 3-5). As is clear from its location, the Pinarus (Payas) river must have flowed along this paleo bed some time later than the battle of Issus. The small diameter of the delta suggests that the river must have flowed this mouth for a relatively short time. In fact, a lagoon located at the edge of this small delta was used as a harbour until the end of the Ottoman period because the delta had been abandoned a long time before and consequently had not been sedimented any more. The trace of the lagoon is evident as two black patches on the aerial photograph taken in 1948 (Fig. 3).

(14) It is part of a building complex, which also includes a caravanserai and a bath, all built by Sokullu Mehmet Paşa in 16 th century.

Hammond's unrealistic depiction of the paleo bed of the Pinarus river and the coastline can be regarded as a means of accommodating Darius' army, the size of which was greatly exaggerated in the ancient sources. The modern writers reduced this figure to between 75.000 and 150.000¹⁵. On the other hand, the total for the whole army of Alexander was reportedly between 25.000 and 40.000¹⁶. Hammond does acknowledge that this exaggeration was for propagandistic purposes, evident in the estimates of Callisthenes and others, who claimed Darius' army to number between 300.000 and 600.000. Like Judeich, he draws on the work of Arrian (ii. 8.5-7) and Curtius (iii. 9. 1-5), which leads him to approximate a total of at least 143.000 men¹⁷. Where Judeich attempts to find space for this army by locating the battle along the Deliçay, Hammond draws an erroneous coastline and paleo river bed.

Hammond might also have been affected by one of the statements of Arrian: "Alexander heard that Darius was in the rear but did not credit the report: he embarked some of the companions in a thirty-oared ship and sent them back to Issus, to see if it was true. They discovered more easily that the Persians were camped there, since the sea takes the form of a bay there, and reported to Alexander that Darius was at hand". (A.2.7.2). Perhaps due to this description, the ancient coast looks more like a bay than a delta. In fact, the delta has been transformed into bays on both sides, as can be observed from the present Payas Delta in Figs. 2 and 3. Since the delta was similarly shaped in the past, it could be argued that Arrian is referring to one of the bays on both sides of the ancient delta (most probably the one located on the southern side, close to Alexander).

Some scholars analysed the battlefield (the Payas valley) without having knowledge of an extension of a coastal plain by progradation of a delta in the course of time. Devine, for instance, who correctly estimated the Payas river to be the ancient Pinarus with the help of ancient sources, was correct with all the measurements except for the distance of the an-

(15) See Hamilton "It is not clear that the Persian army considerably outnumbered Alexander's forces; perhaps 75.000 would not be wildly wrong" p.66.

(16) Tarn states "He (Alexander) may have had from 20.000 to 24.000 infantry in action but he probably had 5000 horses. (Tarn 1979, p.26). Hammond indicates a total of 40.000 men on his map. Hammond 1989, p.102.

(17) This total is not given explicitly by Hammond but is the sum of the constituent units mentioned in: *Alexander the Great, King, Commander and Statesman*, (1989), pp. 101 and 103.: according to Callisthenes 30.000, heavy-armed infantry (Greek mercenaries); according to Arrian 60.000, Persian imitators (the Cardaces); "a cavalry force of 30.000"; "a light-armed infantry force to the number of 20.000"; and "the 3.000-man Royal Cavalry Guard".

cient plain of Pinarus which is given as 14 stades (2.6 km) by Callisthenes. Devine¹⁸ criticises Callisthenes' measurement: "Callisthenes, however states that the distance from the sea to the foothills of the Amanus was only 14 stades (2.59 km) where the Pinarus crossed the plain. But at no suitable point is the coastal plain anywhere near so narrow and where the Payas crosses it, it is just over 4 km" and also accepts that " the rest of Callisthenes' description of the river and its environs fits the Payas"¹⁹, and he finds a reasonable explanation for Callisthenes' s incorrect measurement, stating" the anomaly is, nevertheless, patient of a satisfactory explanation. Janke pointed out in *Auf Alexanders des Grossen Pfaden: eine Reise durch Kleinasien*, Berlin, 1904, 54, that one of the characteristic optical effects of high mountain range (and Amanus rises to 2000 m) is to induce an underestimate of the width of the plain directly below"²⁰. Indeed, Callisthenes reports the correct length of the plain of Pinarus. The delta of the Payas river (Pinarus) has expanded about 1.5 km since 333 BC. Devine also incorrectly analyses the most downstream part of the present Payas River-which did not exist at the time of the battle- from the point of view of the cavalry charge (p. 8).

Analysis of the River Banks from the Strategic Aspect

Callisthenes' description of the morphological features of the Pinarus valley was paraphrased by Polybius 12.17.5: "In its upper section after emerging from the mountain ' the sides of its bed were torn away' "and also" Where the river ran through level areas as far as the sea, its bed was marked 'by precipitous ridges hard to climb' and Callisthenes described this feature as ' the eyebrow of the river, precipitous and thorny' " (P. 12.12.4).

During our field work, we examined the entire valley of the Payas River from the foothills of the Amanus Mountains to the coast.

The first part, which runs between the end of the canyon and the first bridge, is a rather large flood plain, which extends about 80 to 100 m in width and about 600 m in length (Figs; 5, 6). The ground is firm and consists of sand, gravel and boulders of different sizes and the river flows in a shallow course. This section of the river is similar to the first part of Callisthenes' description.

(18) A. M. Devine (Cambridge): "The location of the battlefield of Issus", *LCM*, 5.1 (Jan.1980), 3-10, p.7.

(19) *Ibid.*

(20) *Ibid.*

Between the first and the second bridge-a distance of about 1300 m including windings- the river flows in a very narrow valley, which is confined by continuous steep terrace scarps (Figs: 6, 7).

Terraces on both sides of the river are asymmetric in character. On the southern side, there are three surfaces bounded with three terrace scarps, while on the northern side, there are only two levels with two terrace scarps. The upper most surface on the southern bank is a gently sloping accumulation glaxis, formed on the alluvial/colluvial material from the foothills of the Amanus Mountains. (Indicated with figure "1", on the photo) this level drops down to the upper terrace surface of the Pinarus, with a distinct terrace scarp. The eyebrow-like terrace scarp 1400 m in length with a height of 2-3 m, is very distinct, as can be seen in Fig. 6. The width of the upper terrace ranges between 60-140 metres (indicated with Figure "2" on the photo). At the western part of the higher terrace there are eyebrow-like minor terrace scarps, which indicate a shift of the river towards the north (Fig. 6). The upper terrace descends into the lower terrace surface with almost vertical terrace scarps with a height of 3-5 m (Fig.7). The lower terrace is seen as small patches with a diameter of 15x30 m scattered on both sides of the river and forms a step down to the active river bottom with about 1.5 m high terrace scarp²¹. On the northern side of the river, there is only one more level on the lower terrace, with a distinct continuous vertical terrace scarp. On the whole, the southern bank of the river is distinctly higher than the northern²². As is clear from the above-mentioned morphological descriptions, this section of the valley is similar to the second part of Callisthenes' description. Neither sides of the valley in this section are suitable for cavalry charge.

Obviously, the higher topography on the southern flank of the river was a big advantage to Alexander for the purpose of observation and defence. Because of this advantage, Alexander could have made some manoeuvres secretly during the battle²³.

In spite of Alexander's clear advantages, derived from the terrain, many modern scholars claim that Darius was on much more ad-

(21) In our opinion, the lower terrace did not exist at the time of the battle.

(22) The reason for the asymmetry seems to be the gradual shift of the river towards its northern side.

(23) "Before the battle Alexander secretly moved the Thessalian cavalry from the right wing behind the front to the left." (U. Wilcken, *Alexander the Great*, 1967, p. 99).
"He also detached two squadrons of companion cavalry and sent them to a position on the right which they were to reach unobserved by moving behind other troops" (A. 2.9.3-4).

vantageous ground²⁴. On the other hand, ancient historians accused Darius of being slavish for constructing a palisade along the bank of the river²⁵. Indeed, Darius' disadvantageous position on the lower bank made it a necessity for him to create a palisade.

From the second bridge (an Ottoman single-arch bridge) about 2.2 km downstream-including curves-the river flows in a groove 7-15 m wide, which was confined with vertical banks but is not as continuous, and as high as the section upstream. In our opinion, only the first 850 m of this section existed at the time of the battle in the form of the last part of the Pinarus delta²⁶. Most probably, this part was subjected to an intense cavalry charge between Nabarzanes (Darius' general) and Parmenio (Alexander's general). In the last 500 m, the river runs in a broad bottom whose channels never rise more than 2 m. Obviously, this section did not exist also at the time of the battle.

There is no need to discuss the military aspects (grounding positions, tactics and strategy) of the battle in this article, since many scholars, especially Hammond, have given detailed explanations on the subject, mainly based on the ancient sources. However, there is full agreement that Alexander crossed the river through the right wing of the hills, with his "Hypaspists" attacked Darius directly and defeated him²⁷.

Where did Alexander Cross the Pinarus (Payas) River?

When we did our field work, we observed that there was only one suitable track to cross the river. The starting points of this track is located on the southern bank, about 250 m from the point where the river emerges from the Amanus mountains, or about 485 m east of the first bridge. At this point, the steep terrace scarp gradually changes into a gently inclining slope which is wide enough for horses and carts to go down²⁸ (Fig. 8). The large path on the slope first diverts into the flat bottom of a tributary creek (Küncüyeri Dere)²⁹, which leads through the flood plain

(24) "Persians and Macedonians were now divided by a river which ran straight across Alexander's path of advance, flowing from the foot of the mountains into the sea and forming a natural rampart which favoured Darius as its defender". (Robin Lane Fox, *Alexander the Great*, London 1973, p.171).

(25) "It is at this point that those around Alexander realised quite clearly that Darius was slavish in his ways of thought". Transmitted by Robin Lane Fox-Allen Lane p.173.

(26) When the delta extended forward, the river incised the palaeo delta plain.

(27) "Alexander his entourage and the Royal Brigade of Hypaspists could pick their way at the run through the riverbed and emerge in line on the far side". (A; 2.8.3)

(28) At present, carts also use the same path.

(29) We can state that, at the time of the battle, the tributary valley was not as deep as today's.

of Payas. After this, the track crosses a flood plain about 80 m wide in NE direction to reach the smooth slopes of the southern side of the northern bank (Figs. 6,8). The banks of the northern side at this section gently slope upwards and would not prevent an army getting through³⁰.

At present, the northern bank of the river (Darius's side) is covered by orchards, while the southern part is occupied by rolling mills (Fig. 7). Due to the construction of a new bridge on the new motorway (which runs close to the foothills of the Amanus) the upstream part of the river has been damaged completely. In addition to this the southern extension of the upper most glaciis surface on the southern bank of the river has almost completely disappeared due to a large amount of gravel extraction.

We searched for possible evidence in the upper sections of the battlefield in the southern flank, but our efforts turned out to be futile. This was largely due to the existence of a large amount of waste from the rolling mills which has been deposited on the terrace surface for more than a decade. This has resulted in the formation of an extra stratum on the section. An excavation or digging of trenches on the northern side of the river could prove fruitful in the future.

BIBLIOGRAPHY

- ARRIAN., *Anabasis Alexandri (History of Alexander and Indica)*, with an English translation by P. A. Brunt, Books: I-IV, vol. I, 1976.
- BOSWORTH, A. B., *Conquest and Empire, The reign of Alexander the Great*, Cambridge, 1988, esp. p. 60.
- BURN, A. R., *Alexander the Great and Hellenistic Empire*, London 1974, esp. pp. 109-110.
- CARLSEN, J., *Alexander the Great, reality and myth*, Rome, 1993, "Darius III-the Coward King Point and Counterpoint", by Carl Nylander, pp. 145-159.
- CURTIVS, Quintius: *Historiae Alexandri Magni Macedonis (History of Alexander)*, with an English translation by John C. Rolfe (Books: I-IV), vol. I, 1946.

(30) For Alexander's charge at the battle see: Hammond, "Alexander's charge at the Battle of Issus in 333 B.C.", *Historia*, Band XL-1992, pp. 395-407 particularly, p. 396, footnote; 2 and p. 402". Thus, on all counts, it was the Infantry Guard which Alexander was leading into action".

- DELBÜCK, H., *Geschichte der Kriegskunst im Rahmen der politischen Geschichte - I*, Berlin 1920, 180-206. translated by Renfroe, *History of the Art of War of war within the frame work of political history-I*, London, 1975. pp. 1912-209.
- DEVINE, A. M., "The strategies of Alexander the Great and Darius III in the Issus campaign and grand tactics at the Battle of Issus" *Ancient World*, 12(1985), pp: 25-38.
- "The location of the battlefield of Issus" *LCM* (=Liverpool Classical Monthly), 5 (1980), 3-10.
- DIODORUS., Siculus of Sicily, *Library of History*, with an English translation by C. B. Welles, (in XII volumes), vol. 8, books XVI. 66-95 and XVII, 1963.
- DITTBERNER, W., *Issos ein Beitrag zur Geschichte Alexanders des Grossen*, Chap. 4, Dissertation, Berlin 1907, published, Verlag Georg. Nauck (Fritz Rühle), Berlin, 1908.
- ENGELS, D.W., *Alexander the Great and the logistics of the Macedonian army*. London, 1978, esp. pp. 42-58.
- FAURE, P., *Alexandre (les Faits)*, Kayord, 1985, esp. pp. 62-68.
- GREEN, P., *Alexander of Macedon*, 351-323 B.C., 1970, 1974, 1991. esp.p. 226.
- HAMILTON, J.R., *Alexander the Great*, London, 1973, pp. 65-69.
- HAMMOND, N. G. L., *Three Historians of Alexander the Great* (The so-called Vulgate authors, Diodorus, Justin and Curtius), Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- Alexander the Great, King, Commander and Statesman*, New Jersey, 1980; 2nd edition Bristol Classical Press, 1989.
- A history of Greece to 322 B.C.* Oxford, 1959, 3rd edition, 1986.
- "Alexander's charge at the Battle of Issus in 333 B.C.", *Historia*, (XLI), 1992, pp: 395-409.
- Sources for Alexander the Great*, Cambridge, 1993.
- JANKE., "Annex to the Petermann's Reports' May 1911 (Beilage von Petermanns Mitteilungen' 1911, Maiheft), *Klio* 10 (1910) pp: 155-62
- JUDEICH, W., "Issos" in J. Kromayer & G. Veith (edd.), *Antike Schlachtfelder* 4, Berlin, 1929, pp. 368-371.
- JUSTIN., (Justini) *Historiae Philippicae*, Ex Editione Abrahami Gronovii, Cum Notis et Interpretatione. In Usum Delphini, Variis Lectionibus, Notis Variorum, Recensu Editionum et Codicum; et Indice Locupletissimo, Londini, Curante et Imprimente A.J. Valpy, A. M., 1822. (Vols. I-11). Vol. 1.
- KROMAYER, J., "Alexander der Grosse und die Hellenistische Entwicklung in dem Jahrhundert nach seinem Tode" *Historische Zeitschrift*, (1908), pp. 11-52.

- LANE FOX, R-LANE., A., *The search for Alexander*, London, 1980, esp. chapter. 9, pp. 163-199.
- MURISON, C. L., "Darius III and the Battle of Issus" *Historia* 21(1972), esp. p: 403.
- NYLANDER, Carl., "The standard of the great king- a problem in the Alexander mosaic", *Opuscula Romana*, XIV (1983), pp: 19-37, Stockholm, 1983.
- OZANER, F. S., Dörtöyl - Payas (Issos) Ovası'nda (Antakya) Tarihi Çağlardan Günümüze Süregelen Jeomorfolojik Değişikliklerin Kinet Höyük Üzerindeki Etkileri, XII. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1994.
- POLYBIUS., *Historiai (The Histories)*, Volume, IV, with an English translation by W. R. Paton, (in VI volumes), London, 1926.
- PLUTARCH., *Lives*, volume VII, with an English translation by B. Perrin, (in XI volumes), 1919.
- RENFROE, W.J., *History of the art of war within the frame work of political history*, I, Wesport & London, 1980, esp. chapter. 9, pp. 163-199.
- SCHACHERMEYR, F., *Alexander der Große. das Problem seiner Persönlichkeit und seines Wirkens*, Vienna, 1973.
- SETON - WILLIAMS, M. V., "Cilician Survey", *Anatolian Studies*, (1954), pp. 121-127.
- STRABO., *Geography*, 8 volumes, (the LOEB Classical Library). With an English translation by Horace L. Jones. (First printed in 1929) 1970. The battle of Issus: xiv. 14.5.19.
- STARK, F., *Alexander's Path*, London, 1958, esp. p. 6.
- TARN, W.W., *Alexander the Great*, London-Cambridge-Melbourne-New York, 1973, esp. pp. 22-28.
- WALBANK, F. W., *A Historical Commentary on Polybius*, I-III, Oxford, 1957-79.
- WELLES, C.B., *Alexander and Hellenistic World*, Toronto, 1970, esp. pp. 20-30.
- WILCKEN, U., *Alexander the Great*, New York, 1967, esp. p. 102.
- WILL, W., "Alexander der Große", *Geschichte Makedonians*, Band 2, Stuttgart 1968, pp. 67-77, esp. p. 69.
- WILSON, C., (a survey by Capt. F. Bennet), R. E., *Proc. R. Geog Soc ns.* 6 (1884), pp; 320-321.
- WIRTH, G., *Studien Zur Alexandergeschichte*, Darmstadt, 1985, esp. pp. 112-126.
- WRIGHT, F. A., *Alexander the Great*, London, 1934.

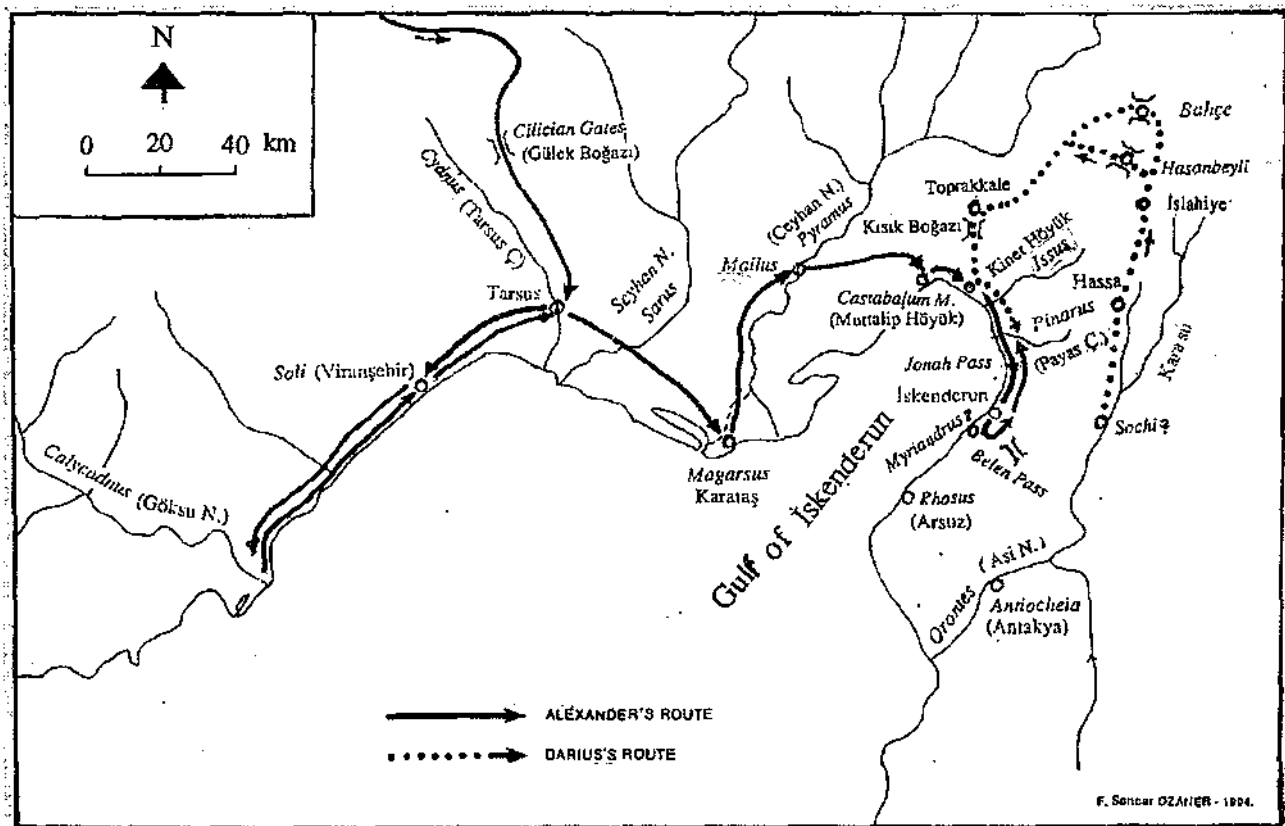


Fig. 1- Location map showing the routes of Alexander and Darius.

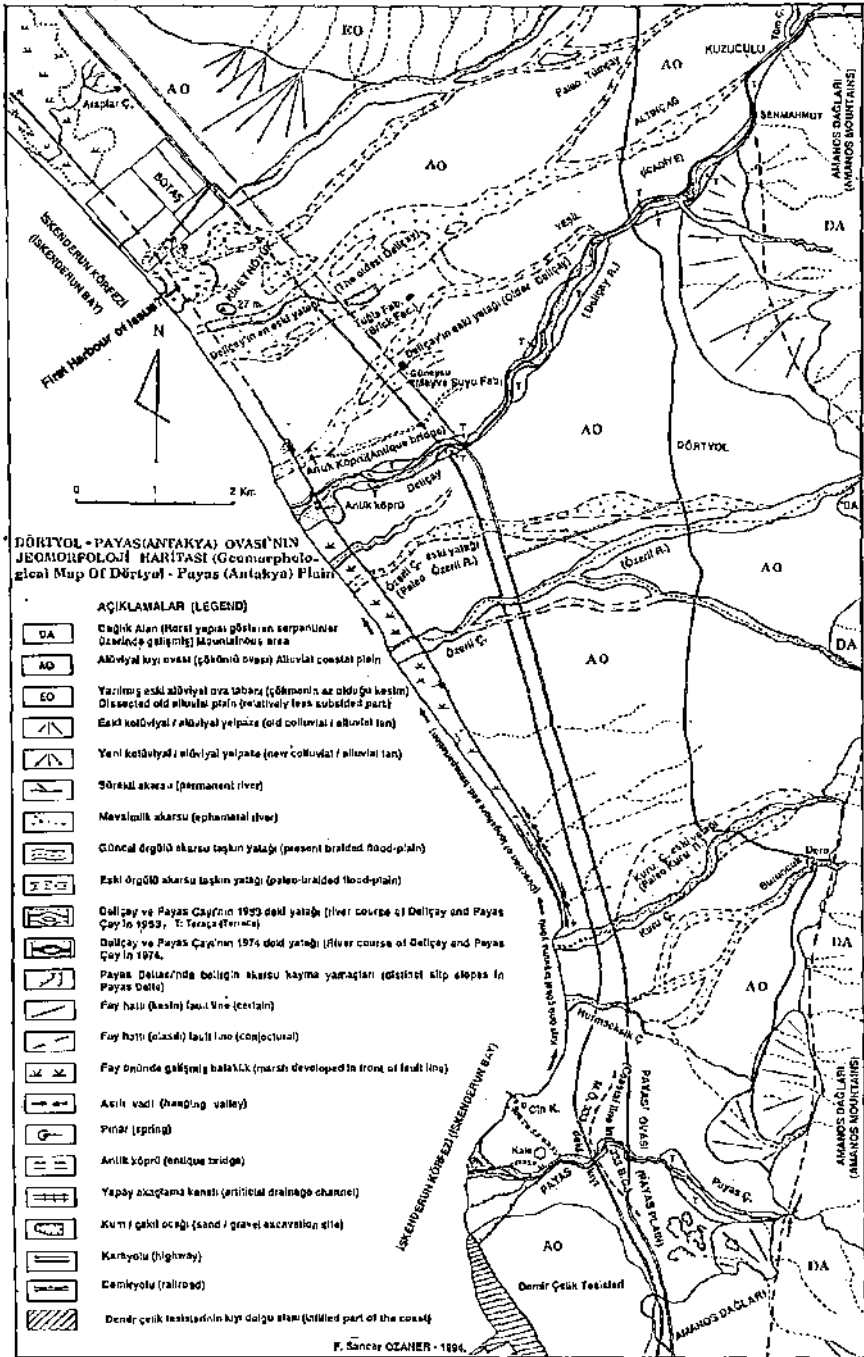


Fig. 2- Geomorphological map of Dört Yol - Payas (Issus) Plain.



Fig. 3- Aerial photo showing the Payas (Pinarus) River and its delta plain. Scale: Aprox. 1:80.000

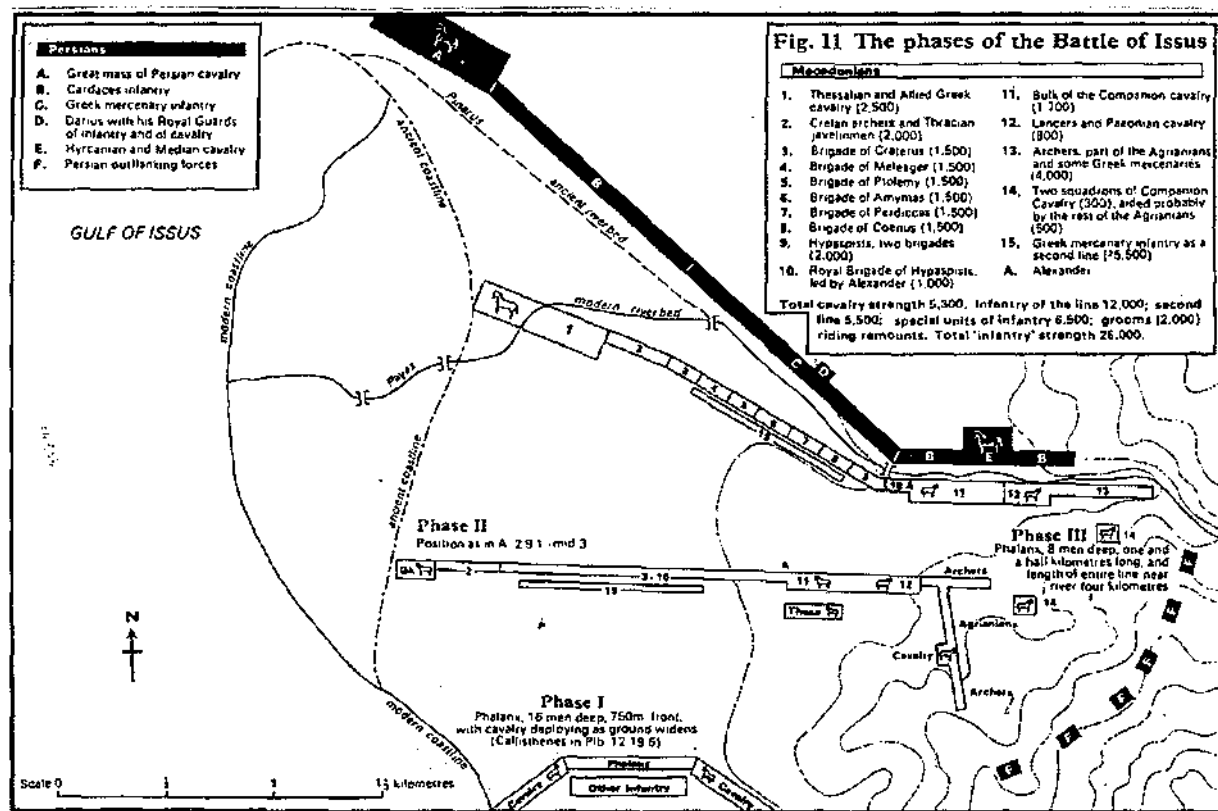


Fig. 4- The map of Hammond (Hammond 1989)

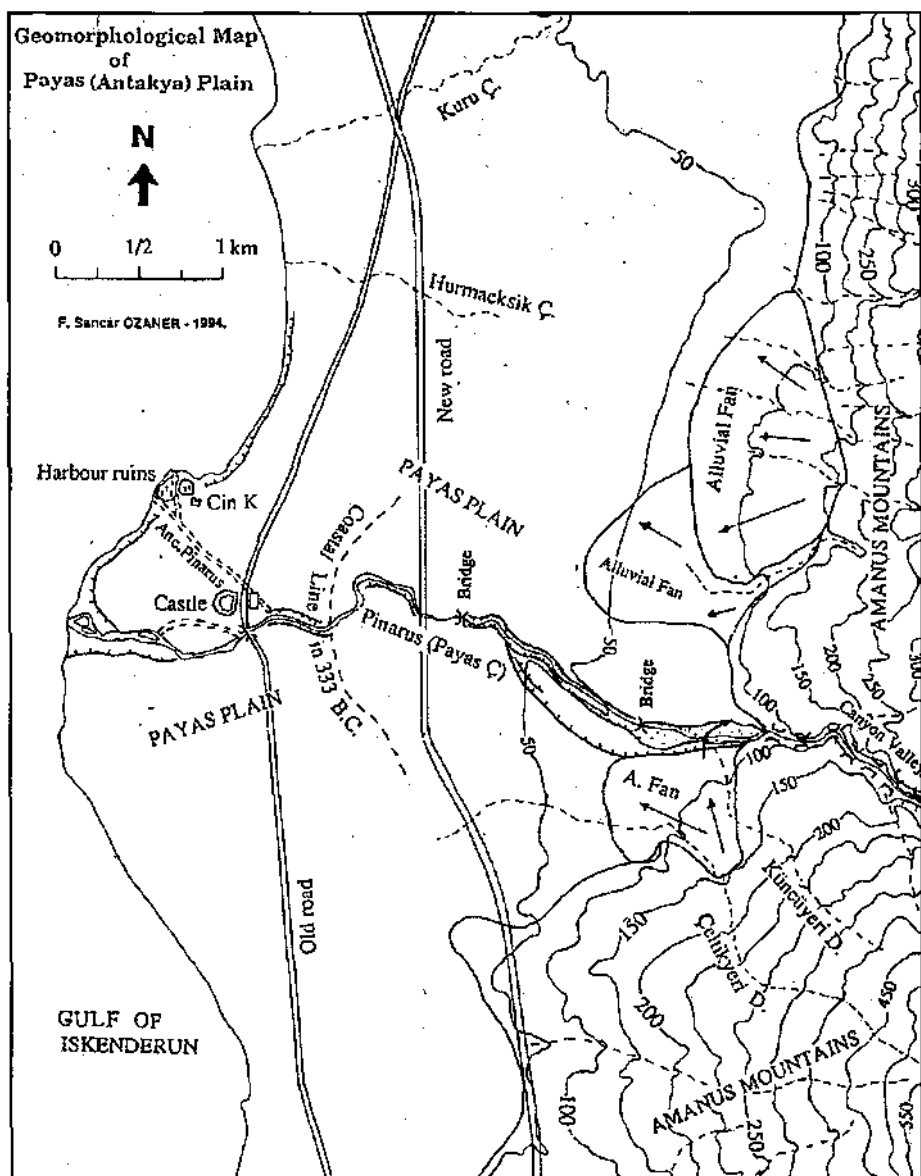


Fig. 5- Geomorphological map of Payas Plain and its environs. (Coastal line and river-bed show the situation in 1948). Contours are in metre.



Fig. 6- Aerial photo of 1948 showing the entire battlefield (Blown up the upper-mid section of the photo seen in Fig. 3). Scale: approx. 1:20,000 (The track which Alexander passed the river during battle is indicated with an arrow) Please also see fig. 5.



Fig. 7- The middle and the lower terraces and the distinct scarp in between, at the southern flank of the Payas River.



Fig. 8- The path, which Alexander must have used to pass the Pinarus River during the battle. (it starts near the single tree on the upper-right corner of the photo)

SURVEY REPORT FOR THE SINAP FORMATION PROJECT

Berna ALPAGUT *
Mikael FORTELIUS
John KAPPELMAN

INTRODUCTION

The Sinap Formation Project was initiated as an international collaborative effort under the directorship of Prof. Berna Alpagut in 1989. During four field seasons (1989-1992) an extensive survey extending over a wide area in the Ankara area was carried out, resulting in the discovery of over 100 fossil localities and the recovery of over 2700 catalogued fossils (Alpagut & Martin, 1991; Alpagut & Fortelius, 1992; Alpagut et al., 1993; in press). Additional surveying and mapping efforts were undertaken in 1993. The salvage excavation activities of the 1993 field season are described in a separate report (Temizsoy et al., these volumes).

The background of the Sinap Project has been given in the previous reports cited above, and the main results up to the 1992 field season are summarised by Kappelman et al (in press). Briefly, the later Miocene Sinap Formation of the Ankara region, Central Anatolia, has produced a rich fossil fauna including important hominoid remains (Ozansoy, 1955, 1957, 1965; Andrews & Takkaya, 1980), but the chronological and palaeoecological contexts of the fauna are not well understood. In addition

* Prof. Dr. Berna ALPAGUT, A.Ü. Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Paleontoloji Sıhhiye-ANKARA
Mikael FORTELIUS, Finnish Museum of Natural History, Division of Palaeontology, P.O. Box 11, SF-00014 University of Helsinki, FINLAND
John KAPPELMAN, Department of Anthropology, University of Texas, Austin, TX 78712-1086, U.S.A.

to investigating the context of the hominoid fossils the aims of the Sinap Project have increasingly turned towards use of the long stratigraphic sections and rich faunas to establish local geo- and biostratigraphies that can be tied to global chronologies. If this end is achieved and sufficiently rich faunas are recovered, the Sinap Formation has the potential of tying the floating European Neogene biochronology (the MN system; Mein, 1975, 1990) to the global chronology, and further of becoming a standard for intercontinental stratigraphic correlations for the Old World Neogene.

The mapping and survey team of 1993 was managed under the directorship of Prof.Dr.Berna Alpagut, Dr.Mikael Fortelius and Prof.John Kappelman. The team included Dr.Şevket Şen, Philip Gibbard, Dr.Juha-Pekka Lunkka, Mr.Hakan Aygün, Ms.Joy Becker, Mr.Hürkan Çelbi, Mr.Alexander Duncan, Mr.Ayhan Ersoy, Mr.Ünal Karaduman, Mr.Brian Richmond, Ms.Lena Selänne, Ms.Phoebé Stubblefield, Ms.Banu Taşçı, Ms.Suvi Viranta and, as government observer, Ms. Sena Mutlu. To all these we wish to express our sincere gratitude. We also wish to thank the students from the Ankara University Faculty of Language, History and Geography, who participated for various lengths of time.

We would like to express our thanks to the General Director of Antiquity and Museums and to the Head of the Excavation Department for their kind help in obtaining the necessary permissions. We would also like to express our gratitude to our excellent workmen, Mr.Ali Özcan, Mr.Bahattin Demir, Mr.Murat Metin and Mr.Ramazan Koçak, and to Mr.Celal Metin of Kazan Taksi for solving a hecatomb of logistic problems during the field season. Finally, our most sincere thanks to Mr.İbrahim Abacı of Yassıören village for valuable and patient instruction concerning the history of previous excavations and old place names around Sinapetepe. The survey was supported by grants from the National Science Foundation (to John Kappelman) and the Academy of Finland (to Mikael Fortelius).

THE SINAP FORMATION

The sediments of the Sinap Formation are well preserved and represented around the Village of Yassıören located about 55 km northwest of Ankara in central Anatolia. The sediments in this fossiliferous Formation consist mainly of mudstone (clay and silt), sandstone (sand) and conglomerate (gravel and boulder gravel). Several continuous siliclastic sedimentary sequences are over 100 m thick and the total thickness of the formation is expected to be ca. 500 m.

The geology of the area is rather complicated as a result of tectonic movements and volcanic activity during the Neogene. On a broad scale, sedimentation and basin evolution in central Turkey were probably related to the extensional neotectonics of Anatolia and the development of the North-Anatolian transform fault in the Neogene (cf. Erol, 1981; İnci, 1991; Angelier et al., 1981). Preliminary geological mapping by the project members has confirmed that the multiple layers of tuff and basalt underlie most of the sediments that belong to the Sinap Formation. However, the interrelationships between separate tuff and basalt units and meso-scale tectonic features are still largely unknown. Thick accumulations of clastic sediments rest on the basaltic basement of the Lower Member of the Sinap Formation and are extremely well exposed on the flanks of the prominent hills in the area.

It has recently become clear that the Sinap Formation spans about 13-14 million years of time, from the Middle Miocene (MN 6) localities known in the Sinap Project as 24 and 24A (= "İnönü I" of the older literature) to the earliest Pleistocene (MN 15/16) localities 82 and 85 of the Upper Sinap Member (Alpagut et al. 1993, in press; Kappelman et al., in press). Although considerable gaps still remain in the sequence each season has reduced them, to the extent that all MN units from 6 to 12 now appear to be represented by at least one locality (unpublished data as of the 1993 field season). The central part of the sequence, exposed on Sinaptepe itself and adjoining hills and in the Kavakdere syncline, has been found to span MN 8-11. The fossiliferous part of this sequence has been palaeomagnetically calibrated as spanning the time interval of about 11-6 Ma ago.

Although the Sinap Formation has been known to be rich in Neogene fossils since the pioneering work of Ozansoy (1955, 1957, 1965), its considerable temporal coverage remained unrecognised for a long time. Şen (1990b), writing only about the sequence on Sinaptepe itself, confirmed Ozansoy's interpretation of three members, of Astaracian, Vallesian and Pleistocene age, respectively. It was only during the third and fourth field seasons of the present project (Alpagut et al., 1993) that it became apparent, however, that the Sinap Formation presents a relatively continuous sequence, covering at least MN units 6-12, with a few localities in MN 14 (Şen, 1977) and MN 15/16 (Şen, 1990b).

A K/Ar date from a basalt flow underlying the basal part of the Sinap Formation provided the first radiometric tiepoint, at 15.2 $\pm$ 0.3 Ma (Alpagut et al., in press). The palaeomagnetic sequences from Sinaptepe and Kavakdere are among the longest known for the terrestrial Neogene of

the Old World, and the discovery of several biotite-bearing tuffs in the area promise further radiometric tiepoints in the near future (samples currently being dated by Carl Swisher at Berkeley). The main results of the Sinap Project up to the 1992 field season are summarised by Kappelman et al. (in press).

The latest (1993) field season brought full scale sedimentological research to Sinap for the first time, and we wish to elaborate on this new aspect here. Ozansoy (1957, 1965) divided Sinap Formation into three members. He noted a conformable contact between lower and middle members, and an erosional unconformity between the middle and the upper members. Öngür (1976) in his unpublished geological report recognized the validity of the lithostratigraphical name Sinap Formation and named an additional older unit, Pazar Formation. Öngür (1976) also noted that the Sinap and Pazar Formations are separated by a up to 15 m thick unit of volcanics.

Observations obtained during the palaeontological and palaeomagnetic studies by the members of the Sinap Project on sediments and their lithostratigraphy have largely been limited to the sites where palaeomagnetic sampling has been carried out. However, a tentative correlation and interpretation has emerged recently about the sediments in the Sinap Formation. Preliminary observations suggest that the Sinap Formation sediments were laid down in various sedimentary environments including alluvial and lacustrine systems. During 1993 field season detailed sedimentological logging by Drs. Lunkka and Gibbard in Sinaptepe, Delikayıncak and Yellidoruk (Fig. 1) revealed that the major part of the sediments were most probably laid down in an alluvial system. A total amount of over 400 m of sediments was logged at nine sections. Preliminary results indicate that the sediments in the Yellidoruk were laid down under pulsating turbulent flow conditions. Sedimentary structures and textures also indicate that the depositional events must have been very energetic and little or virtually no sorting have occurred during the sediment transport. It can be concluded that the sediments in the Yellidoruk do not represent fluvial deposits but were most probably laid down in the proximal alluvial fan system. Palaeocurrent analysis shows that the main sediment input (gravity flows) was mostly from the northwest.

Sediments in Sinaptepe consist mainly of silt, sand and gravel (Fig. 2). Four exposures, oriented broadly NW-SE, show relatively clear lateral and vertical facies changes. Sediments in the northwest (section ST 1 and ST 2) show relatively thick upward fining sequences from massive grav-

els (or conglomerates) into silts (or mudstones). This suggests more proximal sedimentary environment compared to the sedimentary sequence in the south (ST 3 and ST 4). Therefore the major part of the sediments in sections ST 3 and ST 4 were probably deposited in the distal alluvial fan environment. Vertical facies changes in Sinaptepe and Delikayıncak (DI) sections also suggest that sediments at least in the upper part of the sequence were deposited in a fluvial (braided river) environment. Palaeocurrent analysis of Sinaptepe sediments shows that the sediment input was from the NW in alluvial fan facies. However, fluvial sediments indicate wide range of current directions but contemporary flow was mainly from the north and the east. Several laterally continuous horizons in the exposures show characteristic features [e.g., distinctive colouring, mottling, secondary carbonate (laminae and possible pisoliths)] of palaeosol development particularly in Sinaptepe and Delikayıncak sections. Pilot samples from these horizons were taken and geochemical and textural analyses are under preparation. Sedimentological interpretations from the sediment sequences in the Kavakdere syncline and Igbek area are tentative. However, primary results suggest that at least part of the sediments in Kavakdere are lacustrine whereas sediments in the Igbek sequence may represent alluvial/fluvial deposits.

PALEOMAGNETIC REVERSAL STRATIGRAPHY

Our paleomagnetic field collecting and mapping this year was concentrated in following two topics: 1) we extended already existing palaeomagnetic sections, and 2) we conducted more mapping to provide accurate stratigraphic data for our paleomagnetic sections.

A new paleomagnetic section was placed on Yellidoruk to the east of Sinaptepe. This series of outcrops appears to be stratigraphically lower than the sediments of Sinaptepe or Gavur Tepe, but probably conformable with these other sections. Thus, the paleomagnetic section on Yellidoruk may provide us with a much longer section in the Sinaptepe section. These data will in turn would permit a more accurate dating of the fossil localities on Sinaptepe, Delikayıncak Tepe, and Gavur Tepe. Since localities in this region span MN zones 8, 9 and 10, we feel that this new paleomagnetic is essential to anchoring the European MN biozonation to absolute time.

A second paleomagnetic section was placed in Beyce Dere which is immediately to the east of Kavak Dere. Beyce Dere sediments are conformable with those of Kavak Dere, and stratigraphically lower. The addition of the Beyce Dere section provides a total paleomagnetic section

length (when considered with the Kavak Dere sections) of 500 m. This section is one of the longest conformable sections known in the region. Paleomagnetic reversal stratigraphy should provide us with an opportunity to more precisely date the Kavak Dere localities, and to determine the temporal position of the Kavak Dere localities relative to those of the Sinap region.

MAPPING WITH THE INFRARED TACHEOMETER THEODOLITE

We also extended our efforts from 1992 in mapping with the Infrared Tacheometer-Theodolite. This instrument enables us to more accurately map the fossil localities as well as the sedimentological sections. By linking station data from this year with that from previous years, we will eventually be able to create accurate three-dimensional geological maps, which will help us to understand the evolution of the local landforms through time.

FOSSIL LOCALITY SURVEY

The primary efforts of the survey team during 1993 were concentrated on paleomagnetic sampling, sedimentological studies, and mapping. Despite these constraints, the survey still managed to discover an additional 8 fossil localities, all in the central area around Sinaptepe. Some of these (loc 105) are important small mammal localities, while others (loc 108) have some of the best preserved large mammals that we have found to date. The Sinap Formation continues to produce large numbers of fossil mammals. Future work will continue to concentrate on the discovery of additional localities.

THE INTERNATIONAL ROLE OF THE SİNAP PROJECT

In addition to being a source of high-quality fossils of terrestrial Neogene mammals (including hominoid primates), the Sinap Formation offers an unusual opportunity to study, in detail and over long intervals, the physical and environmental changes that have taken place during the evolution of this sedimentary basin. The emerging database of stratigraphic, sedimentological, taphonomic, and palaeontological information is one of the most complete in existence. A main priority of the Sinap project is to make this unique primary data freely available to the scientific community. A first step in this direction is represented by a menu-driven computerised database on CD-ROM, featuring images of fossils and localities (Kappelman & Duncan, 1993).

GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE SİNAP TEPE

*Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU **
Süha KOCAKUŞAK

The Sinap Tepe (Tepe means hill) is located northwest of Ankara, near of Kazan which is situated on Ankara-İstanbul road. Hill has been formed with large flat surface when his first stage of occurrence. Later, this flat surface, affect of tectonic movements and climatic changes, is cutted by rivers and separated to smaller parts. The Sinap Tepe is preserved part of that plateau until today.

Volcanic activity has begun Paleocene in Ankara region and continued rather dynamic until middle Miocene. Volcanic activity gradually lost his violency towards to Miocene-Pliocene boundary. Meanwhile, materials of Köroğlu Mountains has been transported by rivers and accumulated on valley and basins. Today, this pieces of plateau has about 1100 m elevation that has been cutted into pieces affect of neotectonic movements. The Sinap Tepe is separated by steep slope from higher erosional surface.

The Sinap Tepe is preserved with conglomerate layer which formed from bonded volcanic pebble and blocks. The Sinap Tepe has rather flat surface on top. Inclination of slope is less than % 1. It is surrounded with conglomerate layer which looks like a wall by a majority. Neogene sediments can has easy weathering feature for this reason, slope which is under conglomerate, is gently inclination. Cement of conglomerate is not enough strong, as a result of this some big pieces of rocks can leave from conglomerate.

This area has a humid region in Pliocene, as a result of this, large materials has been transported by rivers.

The Sinap Tepe surrounded with V shaped valleys. They have been cutted surface 80-90 m depth. Neogene sediments has been cutted rapidly by rivers and valleys have developed to backward. After that erosion, narrow ridges occurred, like Seyit Tepe, Dedelik Tepe, Deli Kayıncak Tepe and Gavur Tepe, southwest and northwest side of the Sinap Tepe.

* Yard.Doç.Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sıhhiye ANKARA
Yard.Doç. Dr. Süha KOCAKUŞAK, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sıhhiye ANKARA

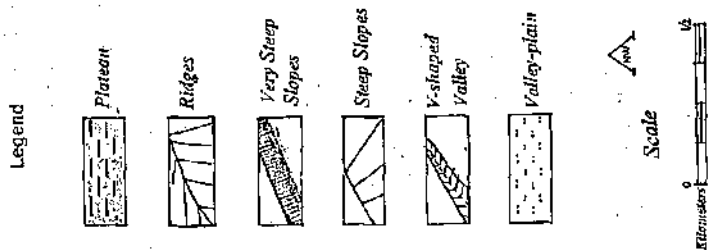
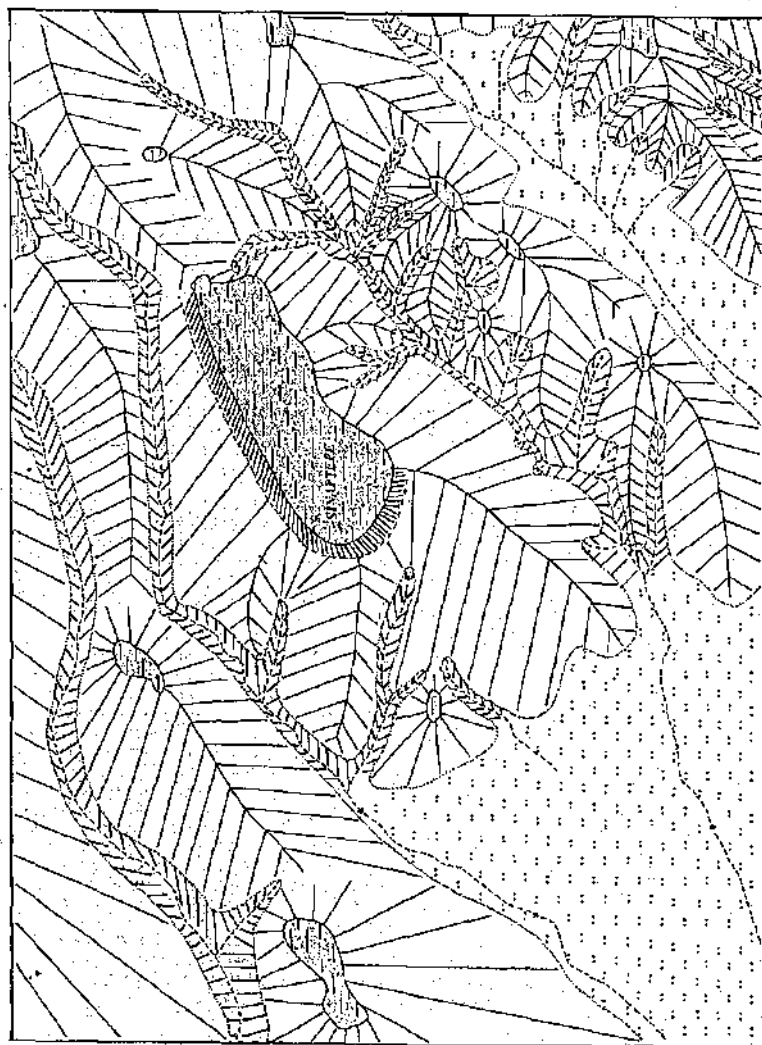
There is a slightly undulating plain between the Sinap Tepe and Yasstören village. This area called Çukurambar and Ahlat Tarlası on topographic map.

LITERATURE CITED

- ALPAGUT, B. & FORTELIUS, M. 1992: Survey results for the Sinap Project, Kazan and Çubuk provinces, Ankara, Turkey, 1990 - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü. IX. Araştırma Sonuçları Toplantısı, pp.333-356.
- ALPAGUT, B., FORTELIUS, M., KAPPELMAN, J. & MARTİN, L. 1992: Paleontology, Stratigraphy, and Chronology of the Sinap Formation, Central Turkey (Abstract). - Jour. Vertebrate Paleontology 12: 15 A.
- ALPAGUT, B., FORTELIUS, M. & KAPPELMAN, J. 1993: Survey report for the Sinap Formation Project (Ankara, Turkey), 1991, - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü X. Araştırma Sonuçları Toplantısı, pp.256-278.
- ALPAGUT, B. & MARTİN, L. 1991: Survey of the Sinap Formation (Kazan, Ankara) 1989. - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü VIII. Araştırma Sonuçları Toplantısı, p.55-67.
- ANGELIER, S., DUMONT, J.J.F., Karamandersci, H., Poisson, A., Sinsek, S. and Uysal, S. 1981. Analyses of fault mechanisms and expansion of southwestern Anatolia since the Late Miocene. Tectonophysics 75, T1-T9.
- EROL, O. 1981. Neotectonic and geomorphological evolution of Turkey. Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Supplement Band 40, 193-211.
- İNCİ, U. 1991. Miocene alluvial fan-alkaline playa lignite-trona bearing deposits from an inverted basin in Anatolia: sedimentology and tectonic controls of deposition. Sedimentary Geology 71, 73-97.
- KAPPELMAN, J. & DUNCAN, A. 1993. A digital fossil catalog on CD-ROM. (Abstract). Journal of Vertebrate Paleontology 13 (3, Suppl.): 43A.
- KAPPELMAN, J., ŞEN, S., FORTELIUS, M., DUNCAN, A., ALPAGUT, B., CRABAUGH, J., GENTRY, A., McDOWELL, F., SOLOUNIAS, L., VIRANTA, S. & WERDELIN, L. (in review). Chronology and biostratigraphy of the Miocene Sinap Formation of central Turkey. In R.L. Bernor, V. Fahlbusch & S. Rietschel (eds), Later Neogene European Biotic Evolution and Stratigraphic Correlation. Columbia University Press.
- MEIN, P. 1975. Proposition de biozonation du Néogène méditerranéen à partir des mammifères. Trabajos Sobre Neogeno Cuaternario 4: 112.
- MEIN, P. 1990. Updating of MN zones. In E. H. L. INDSEY, V. FAHLBUSCH, and P. MEIN (eds.), European Neogene Mammal Chronology: 73-90. Plenum Press, New York.
- OZANSOY, F. 1955: Sur les gisements continentaux et les mammifères du Neogen et du Villafranchien d'Ankara (Turquie). - C.r. Acad. Sc., Paris 240: 992-994.
- OZANSOY, F. 1957: Faunes de Mammifères du Tertiaire de Turquie et leurs revisions stratigraphiques. - Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey (Foreign Ed.) 49:29-48.

- OZANSOY, F. 1965: Étude de gisements continentaux et de mammifères du Cénozoïque de Turquie. - Mem. Soc. géol. France (N.S.) 44:1-92.
- ÖNGÜR, T. 1976. Kızılcahamam, Çamlıdere, Çeltikçi ve Kazan dolayının jeoloji durumu ve jeotermal enerji olanakları. Unpubl. rept., MTA, Ankara
- ŞEN, Ş. 1977. La faune de rongeurs pliocènes de Çalta (Ankara, Turquie). Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris, 3 sér., 61: 89-171
- ŞEN, Ş. 1990a: Hipparion datum and its chronologic evidence in the Mediterranean area. In E.H.Lindsay et al. (eds), European Neogene Mammal Chronology, pp. 495-505. Plenum Press, New York.
- ŞEN, Ş. 1990b: Stratigraphie, faunes de mammifères et magnetostratigraphie du Néogène de Sinap Tepe, Province d'Ankara, Turquie. Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris, 4 sér., 12 C (3-4): 243-277.

GEOMORPHOLOGICAL MAP OF SINAPTEPE AND SURROUNDINGS



Map

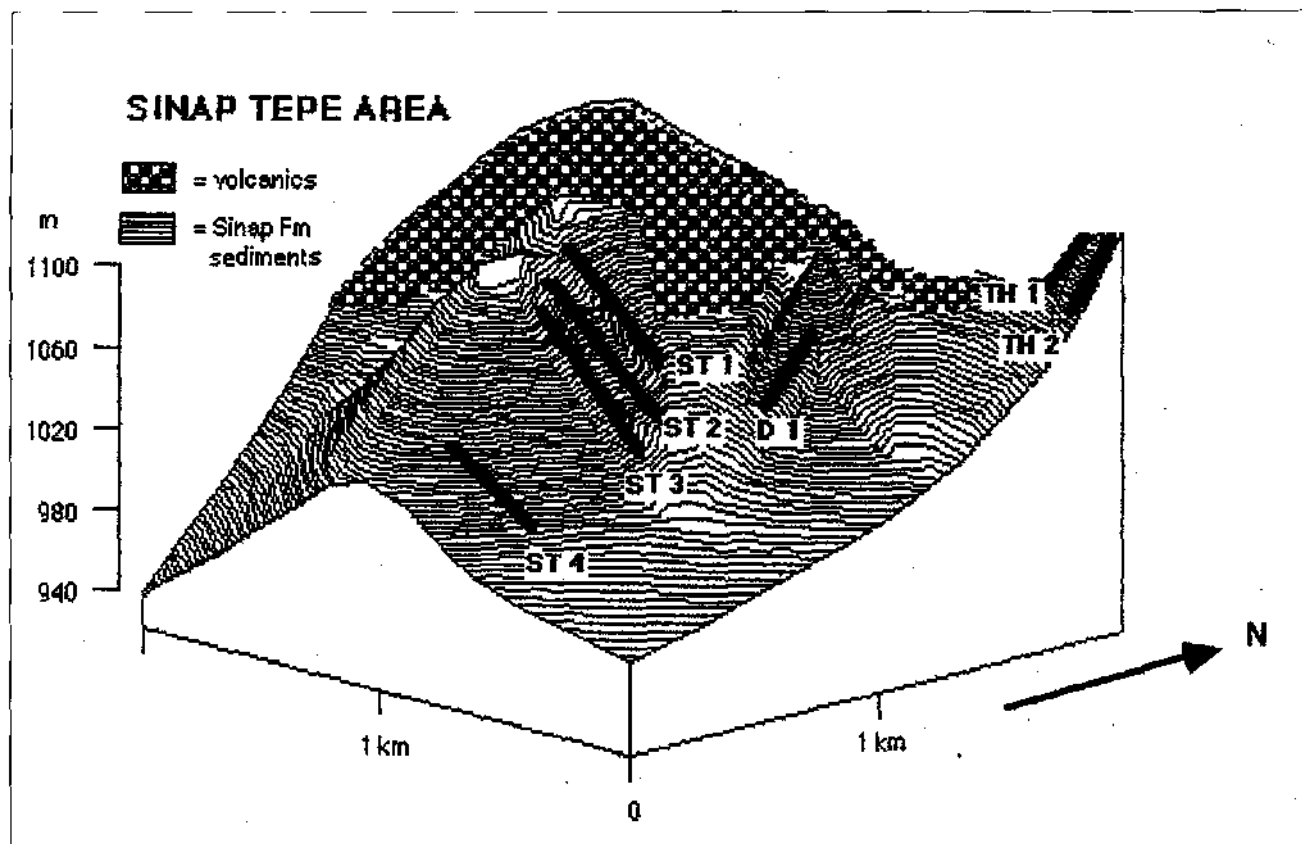


Fig: 1- Three-dimensional view of the Sinap area showing logged sections. ST=Sinap-tepe, D=Delikayınca Tepe, TH=Yellidoruk. Contour interval 2 m

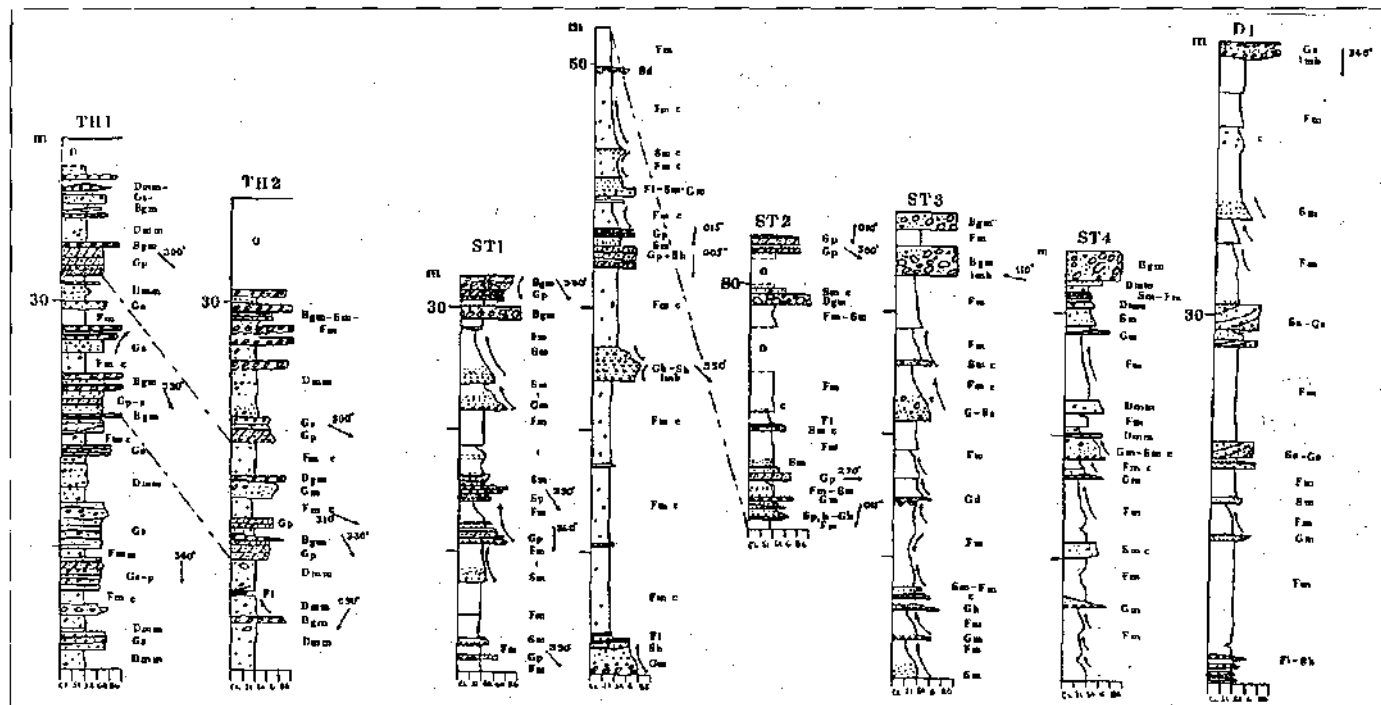


Fig. 2- Facies logs from the sections in the Sinap area (see Fig. 1). X-axis indicates grain-size and Y-axis the height of the section in metres. Facies codes: Dmm=diamicton matrix supported massive; Bgm=boulder gravel massive; Gs=gravel stratified, Gm=gravel massive, Gp=gravel planar cross bedded, Gh=gravel horizontally bedded; Ss=sand stratified, Sm=sand massive, Sp=sand planar cross bedded, Sh=sand horizontally bedded, Sd=sand deformed; Fm=finest massive, Fl=finest laminated; imb=imbrication; c=clasts. Curved arrows indicate upward fining or coarsening cycles and straight arrows show dominant palaeocurrent directions.

SALVAGE EXCAVATION REPORT FOR THE SINAP FORMATION PROJECT

İlhan TEMİZSOY *
Berna ALPAGUT
Mikael FORTELIUS
John KAPPELMAN

INTRODUCTION

The Sinap Formation Project was initiated as an international collaborative effort under the directorship of Prof. Berna Alpagut in 1989. During four field seasons (1989-1992) an extensive survey extending over a wide area in the Ankara area was carried out, resulting in the discovery of over 100 fossil localities and the recovery of over 2700 catalogued fossils (Alpagut & Martin, 1991; Alpagut & Fortelius, 1992; Alpagut et al., 1993; in press). Soundings taken at selected localities during the 1991 and 1992 field seasons revealed rich fossil occurrences in situ and provided microstratigraphical and sedimentological information. It was also discovered that much of the fossil material was in immediate danger of destruction due to rapid erosion. The first salvage excavations were commenced in 1993 under the directorship of Prof. İlhan Temizsoy. This report summarises the excavation activities and discusses their implications as far as the preliminary identifications allow. The survey and mapping activities of the 1993 field season are described in a separate report (Alpagut et al., these volumes).

* İlhan TEMİZSOY, Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürü, Ankara-TÜRKİYE
Prof. Dr. Berna ALPAGUT, A.Ü.Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Paleontoloji, Ankara-TÜRKİYE
Mikael FORTELIUS, Finnish Museum of Natural History, Division of Palaeontology, P.O. Box 11, SF-00014, University of Helsinki, FINLAND
John KAPPELMAN, Department of Anthropology, University of Texas, Austin, TX 78712-1086, U.S.A.

The background of the Sinap Project has been given in the previous reports cited above and the main results up to the 1992 field season are summarised by Kappelman et al. (in press). Briefly, the later Miocene Sinap Formation of the Ankara region, Central Anatolia, has produced a rich fossil fauna including important hominoid remains (Ozansoy, 1955, 1957, 1965; Andrews & Tekkaya, 1980), but the chronological and palaeoecological contexts of the fauna are not well understood. In addition to investigating the context of the hominoid fossils the aims of the Sinap Project have increasingly turned towards use of the long stratigraphic sections and rich faunas to establish local geo- and biostratigraphies that can be tied to global chronologies. If this end is achieved and sufficiently rich faunas are recovered, the Sinap Formation has the potential of tying the floating European Neogene biochronology (the MN system; Mein, 1975, 1990) to the global chronology and further of becoming a standard for intercontinental stratigraphic correlations for the Old World Neogene.

The excavation team of 1993 was managed under the directorship of Prof. İlhan Temizsoy jointly by Prof. Dr. Berna Alpagut, Dr. Mikael Fortelius and Prof. John Kappelman. The team included Dr. Şevket Şen, Dr. Philip Gibbard, Dr. Juha-Pekka Lunkka, Mr. Hakan Aygün, Ms. Joy Becker, Mr. Hürkan Çelebi, Mr. Alexander Duncan, Mr. Ayhan Ersoy, Mr. Ünal Karaduman, Mr. Brian Richmond, Ms. Lena Selänne, Ms. Phoebe Stubblefield, Ms. Banu Taşçı, Ms. Suvi Viranta and as government observers, Ms. Şerife Gül, Ms. İsmet Aykut and Ms. Ayşe Karaduman. To all these we wish to express our sincere gratitude. We also wish to thank the students from the Ankara University Faculty of Language, History and Geography, who participated for various lengths of time.

We would like to express our thanks to the General Director of Antiquity and Museums and to the Head of the Excavation Department for their kind help in obtaining the necessary permissions. We are greatly indebted to the DSI of Ankara (Örencik Gölet construction site) for the use of their heavy machinery for clearing operations at loc 12. We would also like to express our gratitude to our excellent workmen Mr. Ali Özcan, Mr. Bahattin Demir, Mr. Murat Metin and Mr. Ramazan Koçak and to Mr. Celal Metin of Kazan Taksii for solving a hecatomb of logistic problems during the field season. Finally, our most sincere thanks to Mr. İbrahim Abacı of Yassören village for valuable and patient instruction concerning the history of previous excavations and old place names around Sinaptepe. The survey was supported by grants from the National Science Foundation (to John Kappelman) and the Academy of Finland (to Mikael Fortelius).

EXCAVATIONS 1993

Based on the survey and soundings from previous field seasons, localities 4, 12, 42, 49, 91 and 94 were selected for excavation. The newly discovered locs 105 and 108 were also excavated. Excavations at several sites were run in parallel during the field season, from 2 June to 8 July, according to a schedule determined by a multitude of factors including availability of observers and transportation, coordination with the survey party, various other logistic considerations and the weather. Individual members of the field party alternated between excavation and survey activities as well as between excavations.

Excavation Procedures

The sites were carefully cleared, removing vegetation and loose soil over an area of a few square metres. For each site, a permanent datum point was selected and marked and a small 1 m grid oriented N-S was laid out and the squares named by combinations of letters and numbers (A1, B2 etc.). The clearing and grid were later extended as necessary.

Excavations were conducted stepwise, using conventional tools and techniques. Field conservation was carried out as necessary, mostly with PVA in a water solution. All identifiable or otherwise significant specimens were measured in (x, y & z coordinates) and catalogued with a field number. In addition to identification (taxon and element), the dip and compass orientation of each specimen's long axis (measured down dip) were recorded. For each specimen the recovery method, condition, taphonomic details and other relevant information were also noted. Dry sieving of the excavated matrix was conducted using a 5 mm grid, but only produced a small number of additional fossils of minor importance. Wet sieving was undertaken for a limited volume of matrix from all sites, and for substantial volumes when a significant content of small fossils was encountered.

The specimens were transported back to the lodgings for preparation and laboratory conservation. The field data were successively transferred to a computerised database, during which process the preliminary identifications were updated and a catalog number was assigned (AS. year, running number; e.g., AS. 93. 113) and written on the specimen using permanent India ink. (All Sinap fossils are assigned such a unique single-sequence running catalog number, and the origin [excavation, trenching, dry sieving, wet sieving, surface] is coded for. Thus any one category [e.g., excavation] can easily be extracted for separate examination, and no ambiguity of specimen identification can arise). The original field

number is preserved as part of the record for each catalogued specimen, and the original field record sheets are also preserved.

Excavation activities

Excavation at the individual sites is described here in the order in which their datum points were established. All excavations were closed and covered at the end of the season. The sites are shown in Figure 1.

Loc 94 (6 June)

This locality is situated near the northern saddle of Sinaptepe, low in the Middle Sinap series. It is the stratigraphically second-lowest locality which has produced *in-situ* fossils of the equid *Hipparion* (the lowest is the adjacent loc 4, see below). Small soundings taken here in 1992 produced 127 fossils from a dense concentration, mostly of the hyaenid *Thalassictis montadai* and a small gazelle-like bovid. This association and the unusual taphonomy suggested that the locality might represent a carnivore den. These stratigraphic and taphonomic considerations prompted choice of this locality for excavation.

No rich concentrations like that of the 1992 soundings were encountered in excavation, but the locality continued to yield specimens throughout operations. 153 specimens were recovered in 1993, bringing total up to 280. The assemblage recovered is taxonomically unusual for Sinap, and contains several rare elements, such as the first hyracoid specimen ever recovered from the Sinap Formation (AS.93.546, a fragmentary premolar - a second specimen was taken later at loc 49, see below). Three additional specimens of *Hipparion* were recovered, confirming both the presence of this taxon and its extreme rarity at this level.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

Chelonia indet.
Rodentia indet.
?Tragulidae indet.
Giraffidae indet.
Bovidae indet. (smaller than *Gazella*)
Hipparion sp. indet
Hyracoidea indet.
Mustelidae indet.
Protictitherium crassum
Thalassictis montadai

Loc 91 (7 June)

The locality is situated high up on the E side of Sinaptepe, in the middle region of the Middle Sinap Series. Discovered in 1992, the fossils eroding out of the slope included associated *Hipparion* dentitions and several partial ovibovine crania with horn cores as well as other remains, totally 51 catalogued specimens.

The excavation produced altogether 97 catalogued specimens, bringing the total up to 148. These included several sets of associated elements, such as the neck vertebrae of *Hipparion* and some of the first good-quality rhinoceros post cranial material recovered from Sinap by the present project. Partial skulls of additional bovids and of the hyaenid *Ictitherium* were also recovered. Once specialists' identifications are available, this locality will assume a key role for the Sinap bio-chronology, especially for the bovids.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

Chelonia indet.

Giraffidae indet.

Nisidorcas sp. indet.

Prostrepsiceros sp. indet.

Hipparion sensu stricto (*prostylum/dietrichi* complex)

Rhinocerotidae indet.

Ictitherium sp. indet.*

Loc 108 (8 June)

This locality is situated in E Sinap at a level between 94 and 91. It was discovered during soundings at the adjacent loc 8b at the beginning of the 1993 field season. A small sounding revealed a rich concentration of partly associated limb bones in the loose soil above the sediment. Since these fossils were in danger of destruction an unplanned excavation was interpolated into the programme.

Excavation proved the site to be rich in high-quality material, with several instances of articulated limbs recovered. The locality also produced some of the first good postcranial material referable to the newly recognised carnivore family Percrocutidae (Werdelin & Solounias, 1991). Probably the most important discovery, however, was that of a horse skull definitely identifiable as a member of the "*Hippotherium*" *primigenium* complex. This is the first unequivocal evidence that the hippar-

ions in the lower part of the Middle Sinap series belong to this group, the original immigrants arriving from the New World. Other skulls so far studied, including those from the nearby but stratigraphically slightly higher loc 8b, belong to *Hipparion* s.str. (*H. prostylum/dietrichi* complex; Watabe, personal communication 1992), a group of hipparions that evolved from the "*H.*" *primigenium* group in the Old World (Bernor et al., 1990).

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

Chelonia indet.
Orycteropodidae indet.
Suidae indet.
?Giraffidae indet.
Bovidae indet. cf. *Gazella*
Hipparion ("*Hippotherium*") *primigenium*-group
Gomphotheriidae indet.
Percrocuta sp. indet.
Felidae/Nimravidae indet.

Loc 4 (12 June)

This locality was discovered in 1989 on the saddle immediately north of Sinaptepe. So far it is the stratigraphically lowest locality (slightly lower than the adjacent loc 94) to have produced *in-situ* remains of *Hipparion*. The material recovered from this locality during the previous field seasons has shown an unusually perfect preservation and an abundance of small mammal remains. Excavation and confirmed the presence here of *Hipparion*, and increased the number of known specimens from 2 to 5. The total of specimen count for this locality increased from 49 to 223, with ruminants making up about 50 % of the total. Good carnivore material was recovered, including remains of *Protictitherium* and *Percrocuta*. A large number of small mammal fossils was collected by excavation (instead of by conventional wet sieving). The considerable difference between the spatially and stratigraphically proximate localities 4 and 94 presents an interesting taphonomic case for future study.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

?Serpentes
?Aves indet.
Chelonia indet.
Rodentia indet.

Giraffidae indet.
Bovidae indet.
Hipparion indet
Rhinocerotidae indet.
Protictitherium sp. indet.*
Percrocuta sp. indet.
Felidae indet.

Loc 49 (18 june)

The fossils at this locality were eroding out of a steep slope and were in great danger of being destroyed. Because of the steepness of the slope, and the unconsolidated cobble and boulder conglomerates that outcrop above the site, we elected to erect a 1.5 m fence in order to protect the excavation crew. This site proved to be particularly rich and was the focus of much of our energy. The site includes large and small mammals. Before this field season we had surface collected 213 specimens. This year's excavation produced an additional 300 specimens, some of which were of superb quality, and the total is now 513. We estimate that the stabilization of this site will require several additional seasons of work.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

Nummulites indet. (secondary)
Bivalvia indet. (secondary)
Aves indet.
Rodentia indet
Palaeotragus coelophrys
Cervidae indet.
Boselaphini sp. indet.
Gazella sp. (?ancyrensis, capricornis)
Prostrepsiceros zitteli
Palaoreas asiaticus
Hipparion spp. (small and large)
Brachypotherium sp. indet.
Acerorhinus cf. *A. zernowi*
Chilotherium cf. *C. samium*
Hyracoidea indet.
Gomphotheriidae indet.
Protictitherium sp. indet.
Percrocutidae indet. (large)

Loc 12 (29 June)

This locality is the site of the *Sivapithecus* fossil that was recovered in the 1960's. Bone was eroding out at the base of a 5 m thick unconsolidated boulder/cobble conglomerate. Because workers were in danger of being struck by one of these falling rocks, we elected to remove the conglomerate with a bulldozer. This operation took place at the very end of the field season, and required more time than we anticipated. We feel that the site is now prepared for salvage excavations to commence next season.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

?Aves
Chelonia indet.
Orycteropodidae indet.
Rodentia indet.
Lagomorpha indet.
Sivapithecus meteai (in MTA collections)
Suidae indet.
Giraffidae indet.
Gazella sp. (?*ancyrensis*, *capricornis*)
Hipparion sp. indet.
Rhinocerotidae indet.
Gomphotheriidae indet.
Carnivora indet.

Loc 42 (4 July)

Our salvage excavations at locality 42 included a limited excavation at the end of the 1993 field season. This work was somewhat hindered by a wheat field that is planted on top of the locality. Our excavations revealed rich concentrations of bone, and this site will be a focus of next year's activities.

The faunal list for this locality now comprises the following taxa:

Gastropoda indet.
Microstonyx sp. indet.
Giraffidae indet.
Caprotragoides stehlini
Boselaphini indet.

Hipparion sp. indet.
 Rhinocerotidae indet. (*Chilotherium* sensu lato)
 Gomphotheriidae indet.
Ictitherium pannonicum
 Felidae indet.

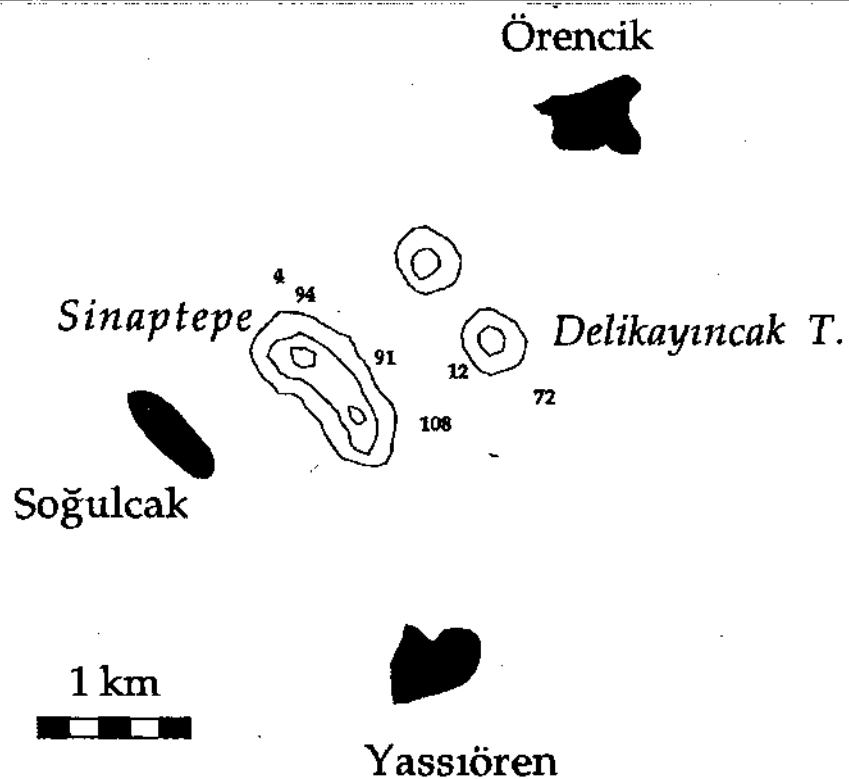
CONCLUSIONS

One season's salvage operations in the Sinap Formation have clearly shown that material of superb quality and greatest scientific importance is, indeed, being destroyed by erosion. This material can be recovered with the careful salvage excavation techniques as outlined above, and can add critically to our understanding of the Neogene history of Anatolia and the Old World. A major task for the next few years will be the creation of satisfactory conservation and storage facilities for the growing collection of high-quality fossils.

REFERENCES

- ALPAGUT, B. & FORTELIUS, M. 1992: Survey report for the Sinap Project, Kazan and Çubuk provinces, Ankara, Turkey. 1990 - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü. IX. Araştırma Sonuçları Toplantısı. p.333-356. Çanakkale.
- ALPAGUT, B., FORTELIUS, M. & KAPPELMAN, J. 1993: Survey report for the Sinap Formation Project (Ankara, Turkey) 1991 - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Araştırma Sonuçları Toplantısı.
- ALPAGUT, B. & MARTIN, L. 1991: Survey of the Sinap Formation (Kazan, Ankara) 1989. - T.C.Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü. VIII. Araştırma Sonuçları Toplantısı, p.55-67. Ankara.
- ANDREWS, P. & TEKKAYA, İ. 1980: A revision of the Turkish Miocene hominoid *Sivapithecus mezei*. - *Palaentology* 23: 85-95.
- BERNOR, R.L., TOBIEN, H. & WOODBURNE M.O. 1990. Patterns of Old World hipparionine diversification and biogeographic extension. In E. H. Lindsay et al. (eds.), *European Neogene Mammal Chronology*, pp. 263-319. Plenum Press, New York.
- MEIN, P. 1975. Proposition de biozonation du Néogène méditerranéen a partir des mammifères. *Trabajos Sobre Neogeno Cuaternario* 4: 112.
- MEIN, P. 1990. Updating of MN zones. In E. H. Lindsay, V.Fahlbusch, and P.Mein (eds.), *European Neogene Mammal Chronology*: 73-90. Plenum Press, New York.
- OZANSOY, F. 1955: Sur les gisements continentaux et les mammifères du Neogen et du Villafranchien d'Ankara (Turquie). - *C.r.Acad. Sc.*, Paris 240: 992-994.

- OZANSOY, F. 1957: Faunes de Mammifères du Tertiaire de Turquie et leurs revisions stratigraphiques. - Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey (Foreign Ed.) 49: 29-48.
- OZANSOY, F. 1965: Etude des gisements continentaux et de mammifères du Cénozoïque de Turquie. - Mem. Soc. géol. France (N.S.) 44: 1-92.
- WERDELIN L. & SOLOUNIAS, N. 1991: The Hyaenidae: taxonomy, systematics and evolution. - Fossils & Strata 30: 1-104.



Map of the Sinaptepe region showing localities excavated in 1993.
Localities 42 and 49 are outside the area covered by this map.

1993 YILI TEKİRDAĞ VE BALIKESİR İLLERİ HOŞKÖY-GAZİKÖY JEOFİZİK (manyetik), MARMARA ADALARI SUALTI ARAŞTIRMASI

Nergis GÜNSENİN *

1993 yılı Tekirdağ ve Balıkesir illeri yüzey araştırması, birbirine bağlı olarak iki aşamada yapılmıştır:

A- Hoşkøy-Gazikøy Amphora Fırınları Jeofizik Araştırması¹.

28 Temmuz - 18 Ağustos 1993 tarihleri arasında Hoşkøy ve Gazikøy arasındaki on iki parselde (16.750 m² lik alanda), jeofizik saha araştırması yapılmıştır. Amacımız yörede iki senedir sürdürülen arkeolojik çalışmaları², jeofizik bulgular (elektrik, mikrogravite, sismik, SP -doğal potansiyel-, vb.) ile güçlendirmektir. Jeofizik araştırmalar sonucu, toprak altında varlığı bilinen, -ve/veya bilinmeyen, ama tam yeri saptanamayan, çukur, hendek, kuyu, fırın, botros (seramik çöplüğü) gibi insanlar tarafından kullanılmış ve arkeolojik değeri olan yerleşimler bulunur. Toprak altında kalmış bu dolgular, manyetik bir alan içerir ve bu oluşumlar *proton manyometre* ile ölçülür. Ölçümler sonucu bölgedeki amphora fırınlarının yerleri ve geometrik dağılımları daha duyarlı olarak belirlenir. Bilindiği gibi demir oksitçe zenginleşmiş fırın yapımında kul-

* Dr. Nergis GÜNSENİN, İ. Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı teknolojisi Programı, Avcılar-İSTANBUL.

- (1) Araştırmaya, Fransız Uluslararası Bilimsel araştırma Merkezi (CNRS)'nden Prof. Albert Hesse ve asistanı Florence Tixier katılmışlardır. Kendilerine, araştırmaya maddi katkıda bulunan Fransız Anadolu Araştırmaları Enstitüsü'ne ve bizleri Gazikøy'de ağırlayan Sn. Turhan Akbaş'a teşekkürlerimi sunarım. Çizimlerde bana yardımcı olan Korhan Bircan'a da ayrıca teşekkür ederim.
- (2) Nergis Günsenin, "1991 Yılı Tekirdağ İli, Hoşkøy-Gazikøy Amphora Atölyeleri Yüzey Araştırması" X. Araştırma Sonuçları Toplantısı, Ankara (1993), s. 85-102. M. Akif Işın-Nergis Günsenin, "Tekirdağ İli, Hoşkøy-Gazikøy Amphora Fırınları Kurtarma Kazısı- 1992. IV. Müze Kurtarma Kazıları Semineri, Ankara (1994), s. 417-512.

lanılmış malzeme, fırının son kullanıldığı tarihte Curi sıcaklığının altında o andaki arz manyetik alanın şiddeti ve yönünde bir mıknatıslanma özelliğini bu malzemeye kazandıracaktır. Bu mıknatıslanma, çevredeki kayaların mıknatıslanma özelliklerinden farklılık gösterdiğinden, manyetik anomalilere neden olacaktır. Böylece amphora fırınlarının mimari konumlarının belirlenmesi sağlanacaktır³.

Ölçümler, yüzeydeki amphora kırıklarının en yoğun kümelendiği üç bölgede yapılmıştır (Resim: 1).

I. Bölge: Hoşköy ve Gaziköy'ü birbirinden ayıran *sınır deresinin* her iki yanındaki tarlalar⁴. Derenin güneyinde⁵ BKB/DGD yönünde, botros olabilecek büyük bir manyetik anomali saptandı. Diğer önemli altı manyetik anomali kapanını ise bu anomalilerin doğrultusunda, büyük bir olasılıkla, bir fırın yeri olarak yorumlanabilir.

Derenin kuzeyinde, haritada görülen dört manyetik yükselimin en kuzeyde olan iki tanesinin köşeli olduğu görülmektedir. Bu bulguyu, elimizde var olan verilerle birleştirdiğimizde, iki adet fırın yeri daha saptandığını düşünebiliriz⁶ (Resim: 2)⁷.

II. Bölge: Gaziköy yönünde kuzeye doğru, *Dalyan deresinin* her iki yanındaki tarlalar⁸. Derenin güneyinde, sahil yoluna paralel geniş bir alanda yoğun bir manyetik anomali dağılımı saptandı. Tarlanın aşağı kısmındaki bu alanın botros olabileceğini düşünüyoruz. Daha güneyde ve batıda saptanan üçer adet toplam altı daha kuvvetli anomalinin ise fırın alanı olduğu fikrindeyiz. En kuzeydeki manyetik alan ise, yüzeyde görülen harçlı tuğla parçalarını da göz önüne alarak, fırının geometrik dağılımına ait başka bir yapıya ait olarak yorumlanabilir.

Derenin kuzeyinde dar ve uzun bir çizgi halinde botros olarak yorumlanabilen iki ayrı bölgede, çevrelerine göre, manyetik anomaliler be-

(3) Konuyla ilgili bkz. Albert Hesse, *Manuel de Prospection Geophysique appliquee à la Reconnaissance Archéologique*, Dijon (1978) ve Prof. Dr. I. Özdoğan, Doç. Dr. A. M. Işıkara, Doç. Dr. N. Orbay, Dr. Z. Düzgüt, Arzmağnetizması İlkeler ve Uygulamalar, I. Ü. Jeofizik Mühendisliği Bölümü (1986).

(4) Bkz. Günsenin 1993. Res.3.

(5) Ibid., Res.4-6.

(6) 1991 yılı yüzey araştırması sonucu belirlenen fırın kalıntıları, ibid., Res. 7-9 ve 1992 yılı yapılan kurtarma kazısı sonuçları, Işın-Günsenin 1994, s. 499, Res.10.

(7) Renk tonları aşıktan koyuya doğru manyetik yükselimleri gösterir. Manyetik anomali haritaları Fransız Uluslararası Araştırma Merkezi (CNRS)'nin Garchy'deki jeofizik laboratuvarında, A.Hesse ve F. Tixier tarafından hazırlanmıştır.

(8) Günsenin 1993. Res. 9-10.

lirgin bir kapanım gösterirler. Botrosun batısında yine, benzer bir manyetik kapanım alanı daha saptandı. Alanın çevresinde görülen, üç adet, daha düşük manyetik anomali alanları ise, olasılıkla çiftçilerin toprağı sürmesi sonucu ortaya çıkan amphora parçalarına ait oluşumlardan kaynaklanabilir. Sözü geçen bu botros alanlarının, haritada da görüldüğü gibi en kuzey ucundaki dört büyük manyetik anomali kapanımının ise fırın olduğu düşünülebilir (Resim: 3).

III.Bölge: Gaziköy girişine yakın bölge. Sahil yoluna paralel, tarlaların alt kısmında manyetik anomali konturlarının sıklaştığı bir alan saptandı. Yüzeydeki amphora kırıklarının daha yoğun kümelendiğı göz önüne alındığında, diğer bir botros alanının da varlığı ayrıca düşünülebilir. Tarlaların yukarısında görülen üç kuvvetli manyetik yükselim ise büyük bir olasılıkla fırınları işaret eder (Resim: 4).

Üç bölgede elde ettiğimiz jeofizik ölçümlere dayanarak yörenin seramik atölyeleri ile ilgili şu sonuçları çıkarabiliriz: Atölyelerin konumlanmasında en önemli etken su faktörüdür. I. ve II. bölgede gözlemlendiğı gibi, her iki yerleşim de akarsu kenarlarında kurulmuştur. Ayrıca, III. bölgenin de atölyelerin çalıştığı dönemlerde, günümüzde kurumuş olan bir dere kenarında bulunduğu anlaşılmaktadır. Deniz suyu da çömlek ustaları tarafından kurak mevsimlerde kullanılmıştır.

Diğer önemli bir konu da, fırınların yerleşim geometrilerinin açıklık kazanmasıdır. Manyetik yükselimler genelde, yüzeyde amphora kırıklarının çoğaldığı denize (sahil yoluna) yakın yerlerin aksine, yüksek yamaçlardaki tarlalara doğru artar. Bu durum, fırın artıklarının jeomorfolojik süreçler sonucu (yağmur, tarla sürümleri, vb.) aşağı kısımlara sürüklendiklerine işaretir. Burada, jeofizik yöntemlerin arkeolojiye önemli katkılar sağladığını vurgulamak gerekir. Ölçümler için seçilen üç pilot bölgenin özelliğı, Hoşköy ve Gaziköy arasındaki beş kilometrelik alanda en fazla yüzey malzemesini (kırık amphora) vermiş olmasıydı. Görüldüğü gibi fırın yerleri malzeme yoğunluklarının aksine, tarlaların yukarı kısımlarında belirdi. Sadece on iki parselde en az otuz civarında botros ve fırının manyetik anomalilerinin saptandığı göz önüne alınırsa, her iki köy genelinde ilerde yapılacak jeofizik ölçümler sonucunda saptanacak fırın sayısının daha da artacağı söylenebilir.

Yüzey Toplaması

1993 yılında yapılan jeofizik araştırmaların yanı sıra, sistemli bir şekilde Gaziköy ve Hoşköy arasındaki sahil yolunu takip eden bütün tarlalarda amphora kırıkları incelendi. Bölgenin sadece tek tip amphora (tip

D) ürettiği kesinleşti. Diğer saptamak istediğim özellik, sözü geçen amphoralarda gözlenen profil farklılıklarının⁹ atölyeler ile olan bağlantılarıydı. Toplanan yüzey malzemesinden çıkan sonuç, atölyelerdeki ustaların ufak değişikliklerle aynı tip üzerinde oynadığını göstermektedir (Resim: 5). Ayrıca kırık parçalardan gözlenen diğer bir özellik amphoralarındaki boyut farklılıklarıdır¹⁰. Aşağıdaki satırlarda okuyacağınız, 1993 yılı sualtı araştırmaları sonucu tip I amphorasının genellikle kulp-larda ve boyunda görülen değişikliklerini gösteren iki tip amphorayı aynı batıkta bulduk¹¹. Bu durum da, -teknenin aynı atölyeden yüklendiğini göz önüne alıp-, atölyelerde birden fazla ustanın olduğuna diğer bir işarettir.

Yüzey toplamasının önemli bulgularından biri de, Dalyan deresinin güneyindeki alanda (II. bölge) bulunan üç adet monogramlı kulptur. Bindiği gibi, -bu konudaki kendi araştırmalarıma da dayanarak-, Bizans Devri'nde Antik Devir amphoralarının aksine herhangi bir mühür sistemi gelişmemiştir. Ganos yöresinde bulunan bu monogramların¹², ilerideki araştırmalar sonucunda devrin ticaretine ışık tutacağına inanıyorum (Resim: 6a, b, c)¹³.

Yine yüzey araştırması sırasında, gerek fırın bölgelerinde gerekse Gaziköy ve Ganos kalesi çevresinde bol miktarda sırlı seramik bulundu. Yörenin sırlı seramik üretim tarihi hakkında daha etraflı bir çalışma da ilerideki araştırma konularından olacaktır¹⁴.

Topografik Araştırma

Ganos'un Orta Çağ manastır topografyasını belirlemek için, dağlık bölgeye iki tırmanış gerçekleştirildi. Yerel halkın *Künük deresi* diye adlandırdığı dere yatağı boyunca yaklaşık üç kilometre yüründü. Şu anda kurumuş olan derenin Ganos'un su kaynağı olduğu belli. Yatak son derece oyuk, yaklaşık beş yüz metre uzunluğunda ve iki yüz, üç yüz metre eninde. Köyün çıkışında dere yatağının her iki yanında taş örgü duvarlar mevcut. Duvarlar dere yatağı boyunca belirli bir uzunlukta devam etmekte. Derenin her iki yanında, eski çağlarda işlendiği belli olan tarlaları

(9) Ibid., s. 86, prg. 1.

(10) F.H. Van Doorninck, Serçe Limanı batığı amphoraları üzerine yaptığı çalışmalar ile, tip I amphoralarının kapasite sorunlarına açıklık getirecektir.

(11) Res.13.

(12) Diğer bir monogram için bkz., ibid. Res. 17-18.

(13) Monogramlar genellikle, seramik ustalarının isimleri olarak yorumlanmaktadır.

(14) On bir çalışma olarak bkz. Armstrong-Nergis Günsenin, "Glazed Pottery Production at Ganos", *Anatolia Antiqua III*, İstanbul-Paris (1995), s.179-201

ayırmak için de, aynı yapıdaki duvarlar kullanılmış. Duvarlar yapım teknikleriyle çağdaşlarından farklılık göstermekte.

Künük deresi yatağının bitiminden itibaren dağlık bölgeye devam eden tırmanışımız sırasında, yine aynı taş örgü duvarlar ile birbirinden ayrılmış tarlalar ve yapı kalıntısı olabilecek döküntüler saptadık. Orta Çağ'da manastırlarda yaşayan papazlar dağlık bölgelerde de bağcılık yapmışlar¹⁵.

Diğer tırmanışı, Gaziköy'ün "ark başı" denilen, akar durumda olan deresini takiben at sırtında yaptık. Amaç, halkın "manastır" dedikleri kalıntıları bulmaktır. Gaziköylü rehberin birçok yerel isimle anılan bölgelerden geçirdiği yollarda, -tanımlaması mimari ile ilgilenen meslektaşlarımızca daha sıhhatli olarak yapılacak-, antik devirlere ait yapı elemanları saptandı. Halkın manastır olarak yorumladığı kalıntılara yaklaşık üç saatlik bir tırmanıştan sonra ulaştık.

Kalıntı kırk metre boyunda, yirmi metre eninde taş örgü duvarla çevrili olduğu belli dikdörtgen bir yapı. Aynı teknikteki bir duvarla ortadan ayrılmış. Bir dar ve bir geniş oda mevcut. Geniş oda avlu görünümünde, önünde üç küçük oda daha var. Yapının bir manastıra mı, yoksa çevre manastırlara ait bir komplekse mi (ağıla mı ?) ait olduğunu yine ilerde konunun uzmanlarınca yapılacak çalışmalara bırakmak istiyorum (Resim: 7)¹⁶. Belirtmek istediğim, kalıntının coğrafi konumu : Yapı dağlarla çevrili bir vadinin ortasında. Vadiden güneydoğuya baktığınızda, tam karşınıza Ganos antik limanı geliyor ve Marmara adaları görülüyor. Ganos dağlarının muhkem bir yerinde olmasına karşılık antik limana hakim durumu, yapıyı tanımlanmamıza yardımcı olabilir düşüncesindedim.

Ganos antik yerleşiminin bir koloni şehri olarak kurulması, özellikle Orta Çağ'ın günümüzde bilinen en önemli şarap ticaretine sahne olması araştırmamı sadece karada değil, denizde de devam etmemi gerektirdi.

B- Marmara Adaları Sualtı Araştırması¹⁷ (Resim: 8)

Araştırmamızın amacı, Adalar çevresindeki sualtı tarihine ışık tutmanın yanı sıra, Ganos'dan yüklenen amphoraları taşıyan teknelerin izini sürmektir.

(15) Günümüz Hoşköy ve Gaziköy halkı daha aşağılardaki vadilerde bağcılık yapmayı tercih ediyorlar.

(16) Kalıntının bir eskizini mimari ile ilgilenen meslektaşlarımızın dikkatine sunmak istiyorum.

(17) Ekip üyeleri ODTÜ SAT dan, Gökhan Türe, Erkut Arcak, Haldun Ülkenli, Serhat Şahakalkan ve sualtı görüntü uzmanı Emre Omur'dan oluştu. Araştırmanın giderleri, başta Emre Omur olmak üzere ekip üyelerinin özverileriyle karşılandı. Ekibe ve bizlere yalnız bırakanayan yöre balıkçılarına sonsuz teşekkürlerini sunuyorum.

28 Ağustos 12 Eylül tarihleri arasında toplam onyedî dalış yapıldı. Dalışlar Marmara Adası Marmara yerleşiminden başlayıp, Saraylar' a kadar adanın batı ve kuzeyinde yoğunlaşmış, adanın doğusu Asmalı'da bir dalış, batıda Hayırsız adada üç dalış yapılmıştır. Bugüne kadar literatürde adı geçmeyen "sekiz adet" batık bulunmuştur. Batıkların altı tanesi Ganos (*tip I*) üretimi amphoralar ile yüklüdür.

Ocaklar Burnu Batığı : Kıyıdan 70-80 derecelik bir eğimle inen kayalığın yirmibeşinci metresinden itibaren, kırkbir metreye kadar *tip I* amphoralarıyla yüklü bir batığın döküntüleri bulundu. Geminin kargosunu meydana getiren yüz adetten fazla amphora kırkbir metredeki kumluk alana topluca yayılmış durumda.

Batığın döküntülerinin başladığı yirmibeş metrelik derinliğe kadar, üç metreden başlayan, günümüz oluklu kiremitleri ile yüklü diğer bir tekne batmış. Aralarında yaklaşık dokuzyüz yıllık zaman farkı olan teknelerin buruna çarparak aynı konumda batmış olması, bölgenin tehlikeli bir geçiş noktası olduğuna işaret.

Çamaltı Burnu Batığı : Burundan koya girince, koyun güney yüzündeki kayalıklardan yaklaşık elli metre açıktaki 20 m derinlikten 30 m derinliğe kadar hafif bir eğimle üç küme halinde kuma yayılmış bir batık. Batığı amphoralarından (*Tip IV*) İ.S. 13. yüzyıla tarihlemek mümkün (Resim: 9)¹⁸.

Amphora kümelerinden ilk küme ile ikinci küme arası yaklaşık 2.50 m, ikinci küme ile en derindeki üçüncü küme arası 6.00 m . Kümelerin özelliği, tip IV amphoralarının küçük ve büyük boyutlarının deniz tabanındaki dağılımı : İlk kümeden başlamak üzere son kümeye doğru boyutlar büyüyor. Teknenin ahşabı büyük bir ihtimalle son kümenin altında. Amphora yüksekliklerinin bir metreye yaklaştığını ve birçoğunun sadece kulplarının görüldüğüne bakarak, batığın kumun altına iyice gömüldüğünü söyleyebiliriz. Batıkta tip IV amphoralarının yanı sıra tip III amphoraları da saptandı (Resim: 10)¹⁹. Büyük kümede iki adet *T* tipi, koyun girişinde bir adet *Y* tipi, batığın koyun çıkışına doğru yaklaşık on metre batısında on adet üst üste yığılmış *Y* ve *T* tipi çapalar bulundu. Çapaların çevresinde midyeler ile örtülü alanda detecteur ile yapılan araş-

(18) Tip IV amphoraları için bkz. Nergis Günsenin, "Recherches sur les Amphores Byzantine dans les Musées Turcs", V. Deroche et J. -M. Spieser éd., *Recherches sur la céramique byzantine*, Suppl. BCH XVIII (1989), s. 274-276 ve Nergis Günsenin, *Les Amphores Byzantines (Xe-XIIIe siècles): Typologie, Production, Circulation d'après les Collections Turques*. Université Paris I (Panlëon-Sorbonne), Paris (1990), doktora tezi, s. 31-34 (IV f).

(19) Tip III amphoraları için bkz. ibid. s.271-274 ve s. 28-30.

tırmada aldığımız sinyallere göre batığa ait daha fazla çapanın gömülü olduğunu söyleyebiliriz. Kalıntıların dağılımına bakarak; tekne fırtınadan kaçmak için koya girmiş ve çapa atmış. Çapa tutturamayınca , yükü kademeli olarak boşaltmış ama batmaktan kurtulamamıştır.

Tekmezar Burnu Batıkları: Burundan yaklaşık elli metre uzaklıkta, kumluk zemine oturmuş yan yana iki tane *tip 1* amphorası yüklü batık bulundu. Batıklardan birinin en büyük özelliği, binlerce amphora taşıyor olması (Resim: 11a, b). Bugüne kadar Türkiye karasularında (yabancı literatürde de rastlanmamış bir örnek) bulunmuş en büyük kargo. Kargo ile orantılı en büyük tonajlı tekne. Doğu-batı doğrultusunda yatan batığın yükü otuzbeş metreden, kırkbeş metreye kadar dökülüyor. Döküntünün boyutları yaklaşık bir ölçümle kırk metreye yirmi metre olarak, 800 m² bir alanı kapsıyor. Görünürde üst üste üç sıra amphora var. Amphoralar deniz dibinde yaptığımız ölçümlerle 40-50 cm yüksekliğinde. Gövde çevresi 90 cm. Tip 1 amphoralarının ortak özelliği olan profil değişiklikleri gözlenmedi. Büyük bir ihtimalle aynı atölye ve ustalarının ürünü. Batığa yaklaşıırken ve amphora yığınlarının üzerinde iki adet tüm, yine amphora yığınlarının üzerinde kırık parçalar halinde, 11. yüzyıla özgün Y tipi çapalar saptandı (Resim: 12a, b)²⁰. Batığın yaklaşık oniki metre güneyinde ikinci batık aynı konumda yatmakta. Onbeş metreye oniki metrelik bir ölçümle, amphora yığını yaklaşık 180 m² bir alanı kaplamakta. Döküntülerin doğu ve batı ucunda (muhtemelen teknenin başı ve kıç) ikiye, kuzeyinde bir adet olmak üzere toplam beş adet Y tipi çapa sayıldı. Her iki batığın da, yükünü Ganos'dan alıp, aynı sebeplerle battığını düşünüyoruz.

Anataş Adacık (Palapetra) Batığı: Adanın kuzey burnundan dik bir eğimle kumluk alana iniliyor. Batık 34 m dipte. Yaklaşık olarak yaptığımız sayım sonucu yüze yakın Ganos amphorası saptadık. Tekne büyük bir ihtimalle adaya çarpıp batığı için, teknenin yükü olan amphoralar adanın su altındaki eğimiyle yuvarlanmışlar. Amphora yığınları arasında iki taşın arasına sıkışmış kırık bir Y tipi çapa bulduk. Amphoralar, kulplar boyun üzerinde tek tip ve büyük boyutlu.

Kuyu Burnu Batığı: Badalan Körfezi'nin kuzeydoğu çıkışında, Kuyu Burnu'nu geçtikten sonra kayalık kıyı şeridi başlamakta. Burundan yaklaşık yüz metre sonra kıydan yaptığımız dalış sonucu, 25 m derinlikte kiremit yüklü bir batık saptadık. Kiremitler 30 x 70 cm boyutlarında ve 3

(20) bkz. F. H. van Doornick, Jr., "The Anchors" in INA Newsletter, Vol. 15, No. 3, September 1988, s. 24-25.

cm kalınlığında. Tekne kıyıya çarpma sonucu batmış ve dağılmadan deniz tabanına oturmuş. Batığa ait olduğunu düşündüğümüz bir çapadan ve çevredeki amphora kırıklarından batığı Erken Bizans Dönemi'ne tarihleyebiliriz.

Taşada (Viranköy) Batığı: Baba limanının kuzeydoğu çıkışındaki küçük adanın kuzey burnundan dalınca, 22 m de Ganos amphoraları yüklü bir batık saptadık. Tekne muhtemelen kuzey rüzgarı sonucu buruna çarpmış ve batmış.

Saraylar, Eşek Adaları Batığı: Saraylar limanının kuzey çıkışındaki küçük adanın kuzey burnundan dalınca, 12 m den itibaren dik bir eğimle 22 m ye kadar dökülmüş ve kumluk zemine yayılmış bir batık. Görünürdeki Ganos amphoraları yaklaşık bir sayımla 150-160 adet. Birçok amphora kuma gömülmüş sadece kulpları görünüyor. Bu da yükün büyük bir kısmının kumun altında kaldığına işaret. Yığınlar arasında uçları kırık bir Y tipi çapa var.

Batığın özelliği, Ganos yani tip I amphoralarının ortak özelliği olan boyun ve kulplardaki farklılıkların döküntüler içinde gözlenmesi. Bu olgu, bize Ganos atölyelerinde, -belki de aynı atölyede-, aynı tipin ustalar tarafından yorumlanmış farklı şekillerinin yapıldığına bir örnek teşkil etmekte⁽²¹⁾. Tekne kuzey rüzgarı yedikten sonra adanın kuzey burnuna çarpmış, batmaya başladıktan sonra 12 m derinlikteki çıkıntıya vurup yükünü dökmeye başlamış ve 22 m derinlikte kuma oturmuş. Amphoralar toplu halde, çapa ise döküntülerin en kuzey ucunda (Resim: 13)⁽²²⁾.

Marmara Adası Fırın Buluntusu

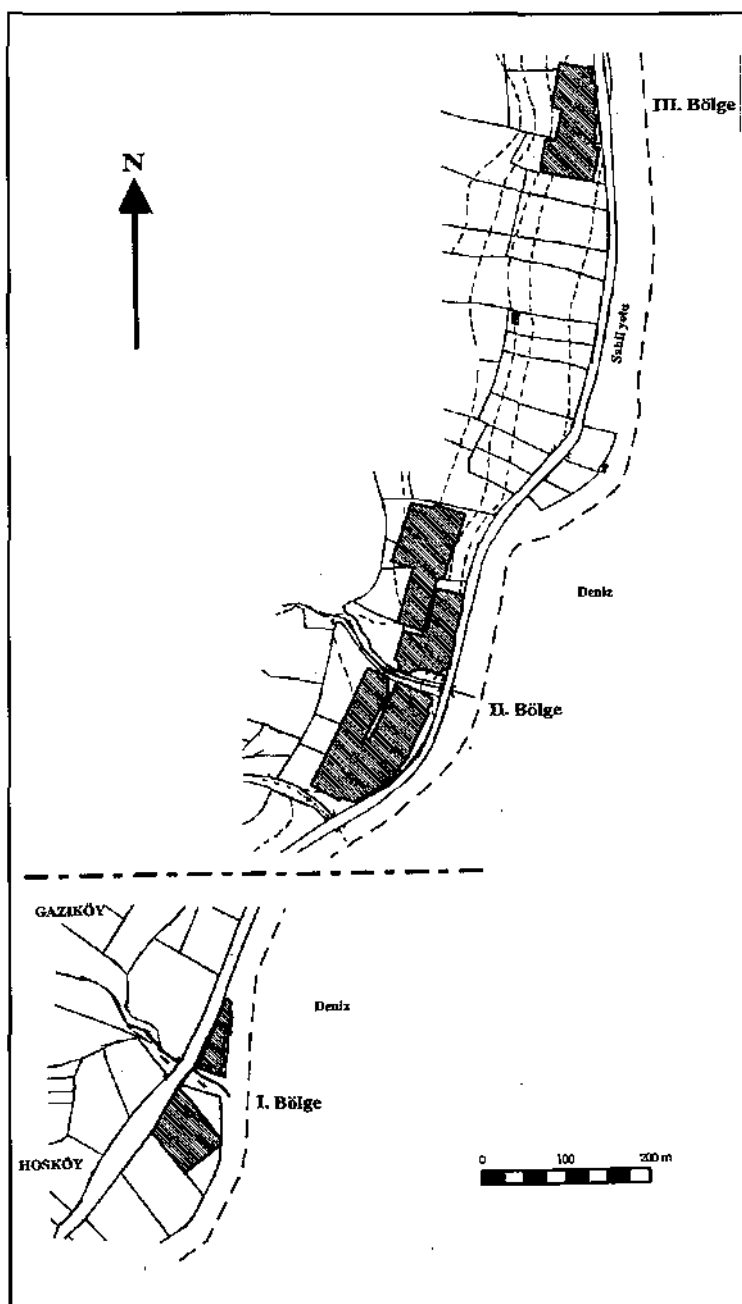
Topağaç limanının güneydoğu çıkışında, yerel halkın *Manastır Koyu* olarak adlandırdığı koyda bir fırın kalıntısı bulundu. Çevrede yapılan araştırma sonucu, Ganos üretimi benzeri amphora kırıkları ve sırlı seramikler saptandı. Atölyenin, Ganos amphora atölyelerinin çağdaşı ve oradaki üretimi taklit eden küçük bir yerel atölye olduğunu tahmin ediyorum. Adada diğer fırın kalıntılarının ve amphora üretimi ile paralel şarap üretiminin olup olmadığını ise devam eden araştırmalarımız cevaplayacaktır.

(21) XI-XIII. yüzyıl Bizans Devri amphora tipolojinde, tip I amphorası olarak geçen Ganos amphoralarını alt tiplere ayırmamıştım, bkz. Günsenin 1989 ve Günsenin 1990.

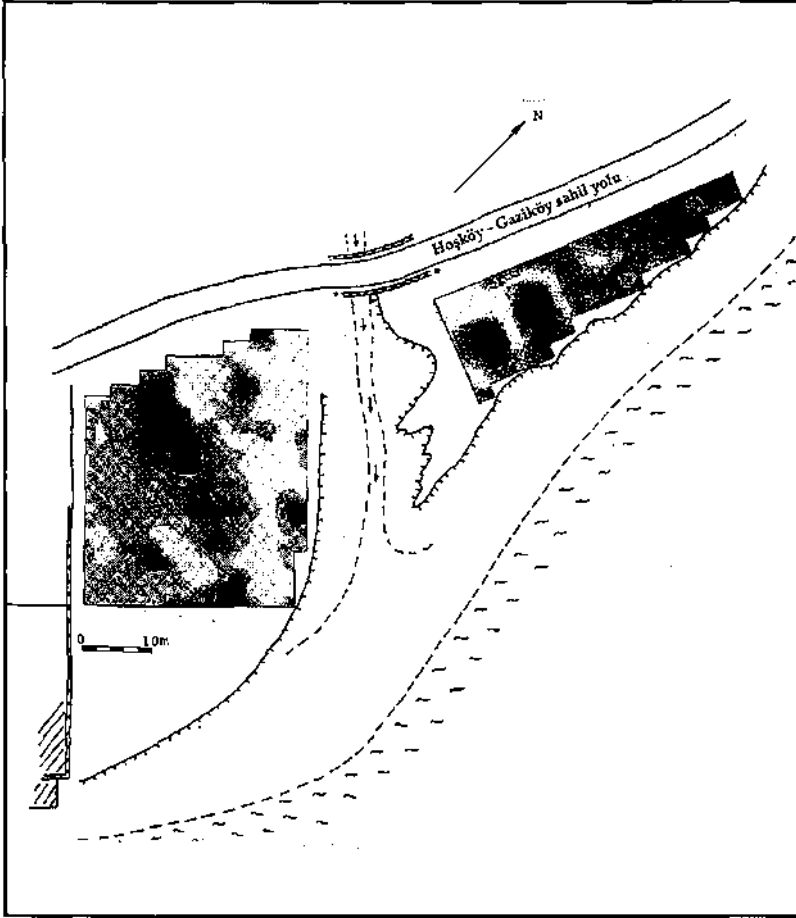
(22) Batıktan çıkarılan iki amphora ve bir sürahi, Saraylar Belediyesi deposuna teslim edilmiştir.

1993 yılı araştırmamız, 1991 yılından beri Gaziköy'den başlayarak sistemli bir şekilde sürdürdüğümüz projemize çok önemli bilgiler katmıştır. Tarihi dokümanlarda Ganos hakkında çok az bilgi buluyor, sadece manastırlarda papazların yaşadığını öğreniyorduk. Son yıllarda elde ettiğimiz arkeolojik ve jeofizik bulgular sonucu Ganos'un belki de Bizans İmparatorluğu'nun en önemli şarap ve amphora/seramik, üretim merkezlerinden biri olduğu anlaşılmıştır. Sualtı araştırmalarımız sonucu batıklarda bulduğumuz amphora yükünün sayıları ise, yörenin şarap ticareti kapasitesine ışık tutmaktadır.

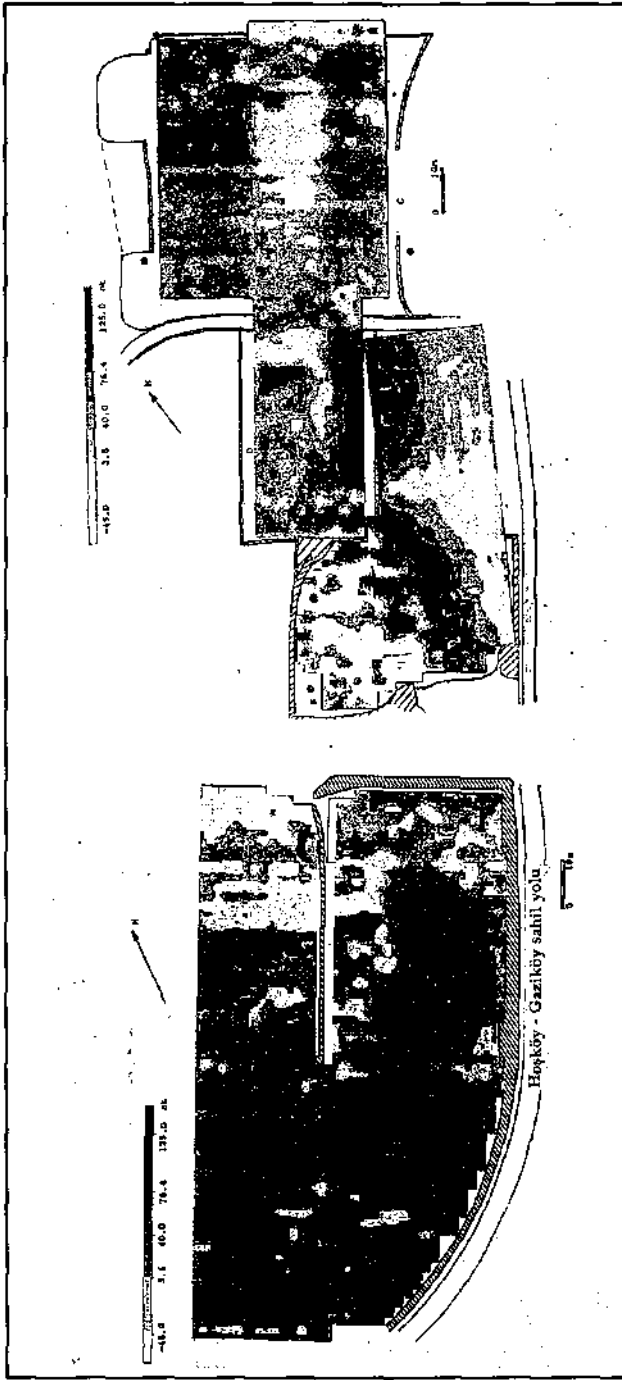
Koloni şehirleri üzerine araştırma yaparken, bu yerleşimler özellikle de ticarete yönelikse, çalışmalarımızı denizde de sürdürmeliyiz. Ganos bunun güzel bir örneğidir. 1994 araştırma yılını, Marmara Adası çevresinde saptanan batıklara ayırmak istiyorum. Özellikle Tekmezar Burnu ve Çamaltı Burnu batıkları üzerinde daha detaylı araştırma yapmak gerekiyor. Tekmezar Burnu batığının önemi, binlerce sayıdaki amphorayı taşıyabilen teknenin tonajının devrine göre incelenmesi. amaltı Burnu batığı ise dönem olarak önemli. İ.S.13. yüzyıla ait bir batık şimdiye kadar kazılmadı ve dolayısıyla devrin tekne yapım teknolojisi hakkında bilgi sahibi değiliz. Amacım ve dileğim, çalışmaları bu batık üzerinde yoğunlaştırıp, yakın bir gelecekte kazısına başlayabilmektir. Ada çevresindeki dip akıntıları ve soğuk su, görsel açıdan çalışırken deniz suyunun kirliliği ve ışık yetersizliği gibi olumsuz faktörlere rağmen Marmara Adası sualtı çalışmalarının devamını getirmek, bir dönem denizcilik ve ticaret tarihini aydınlatmak açısından büyük önem taşımaktadır.



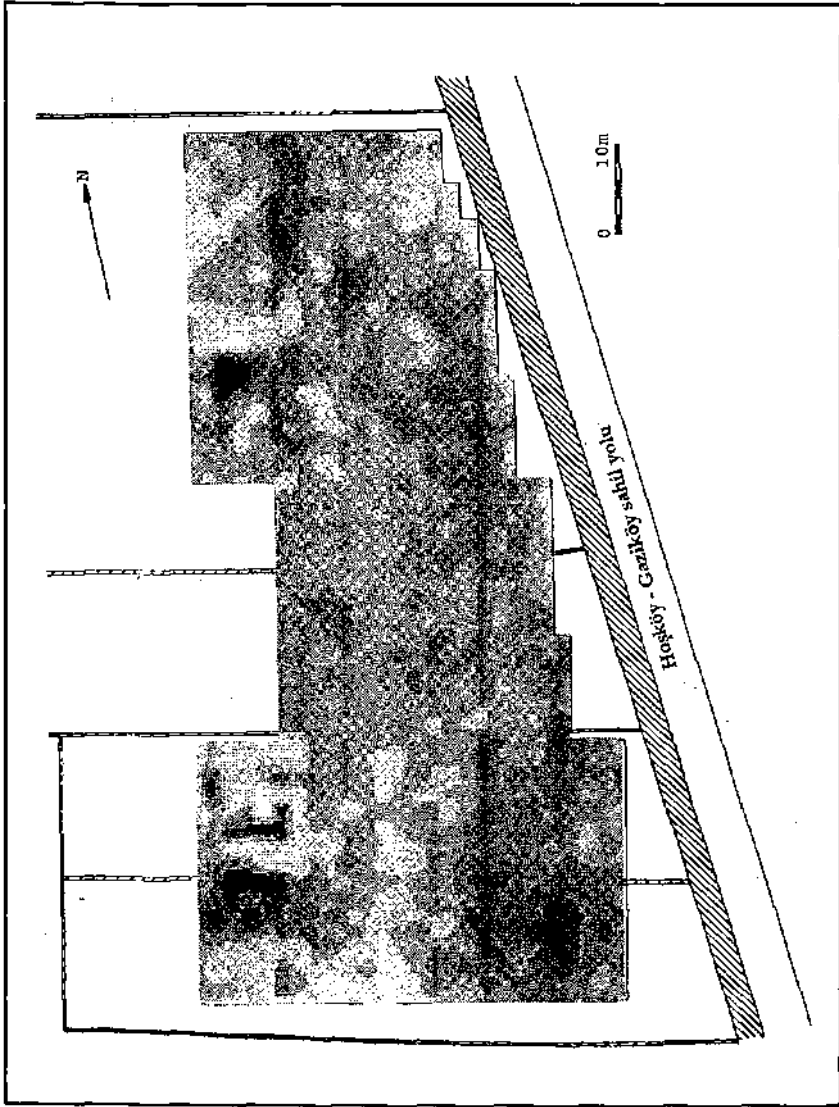
Resim: 1- Manyetik araştırma yapılan bölgeler.



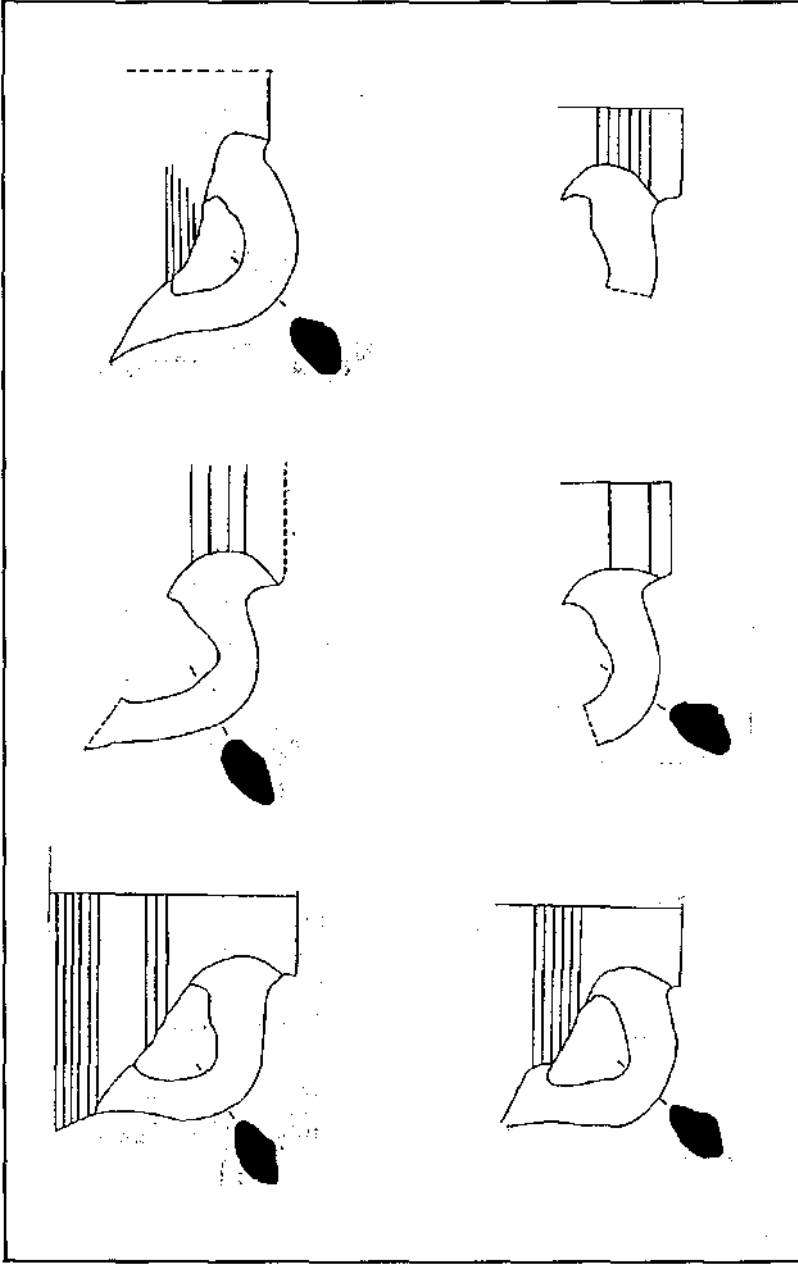
Resim: 2- I. bölge manyetik anomali haritası.



Resim: 3- II Bölge manyetik anomali haritası.



Resim: 4- III. Bölge manyetik anomali haritası.



Resim: 5- II. bölgeden toplanan amphora profilleri. Ölçek: 1/4.



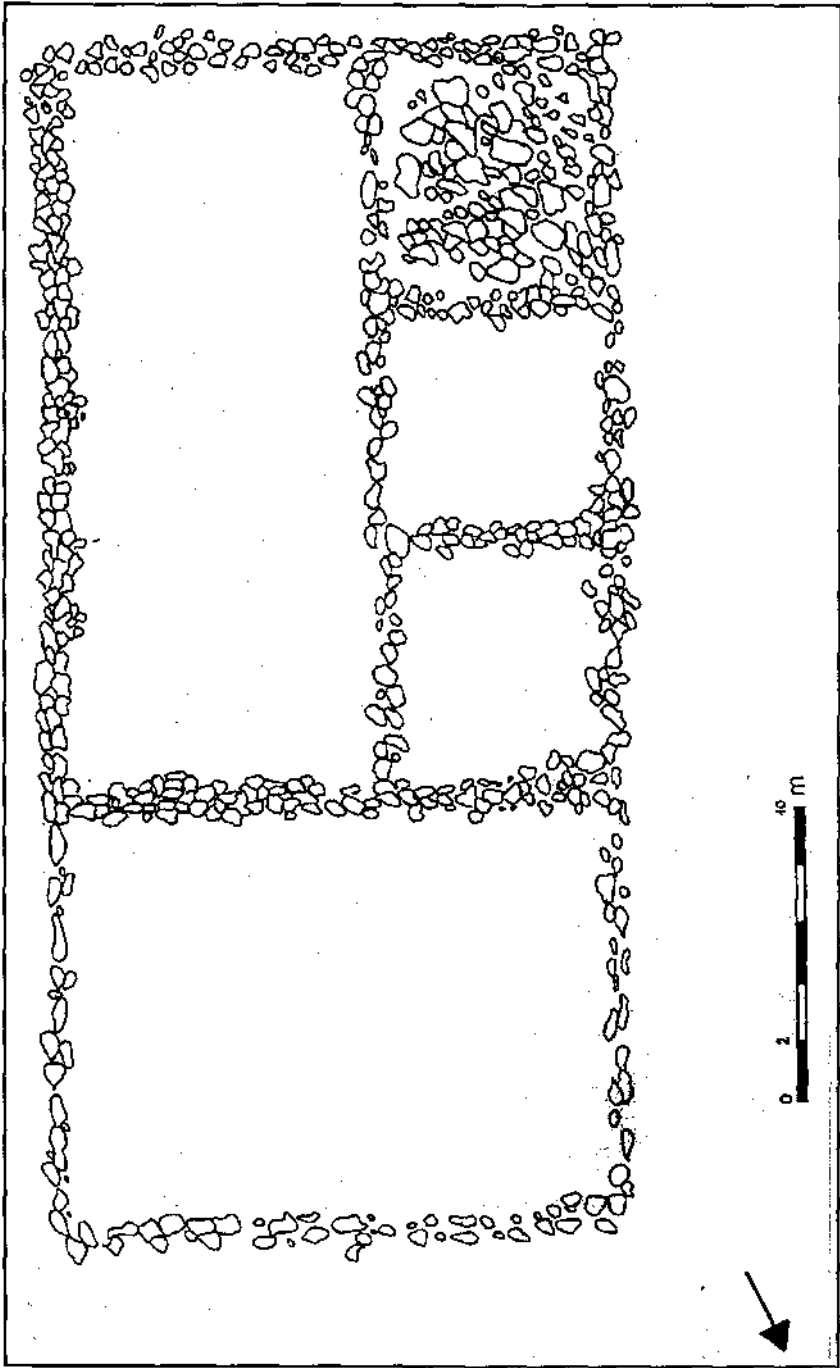
Resim: 6a- φωτιος?



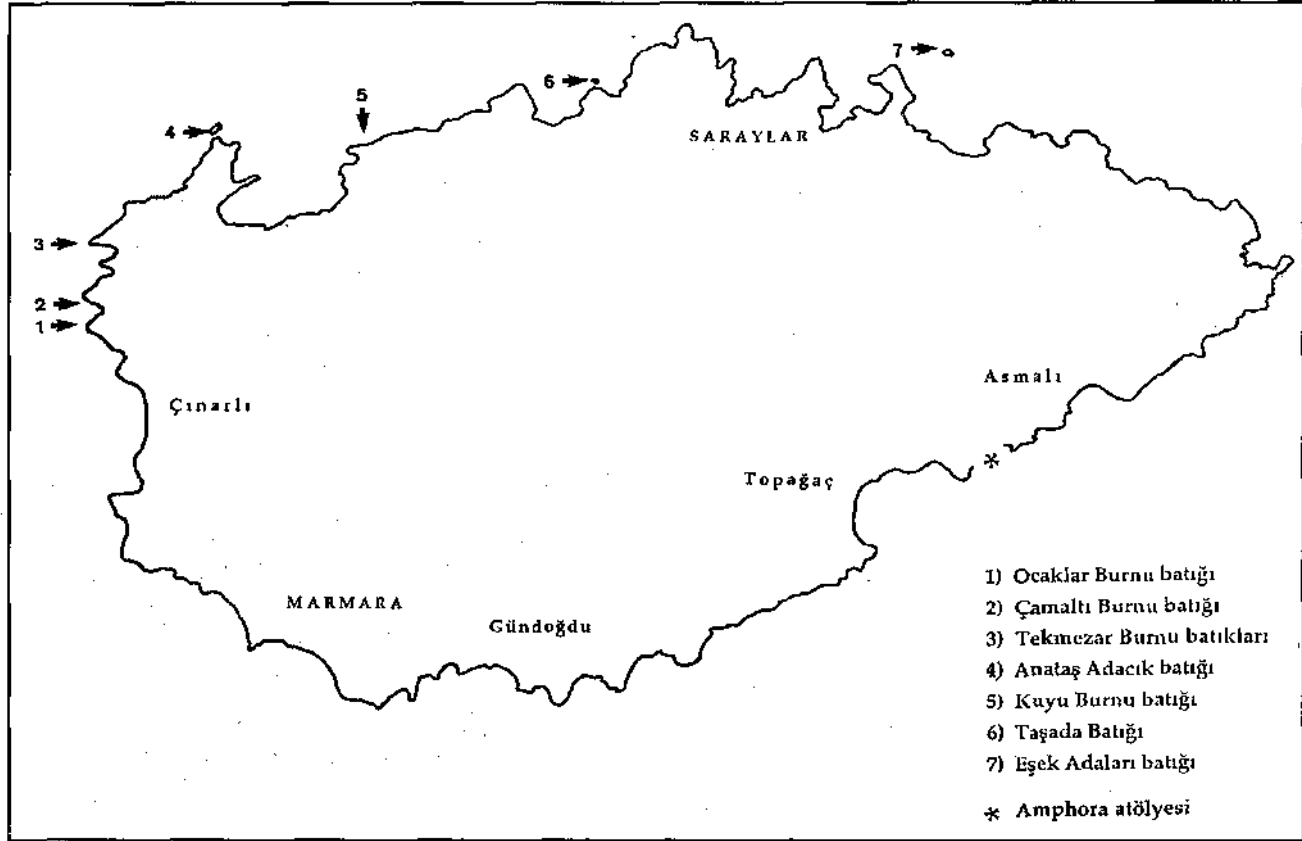
Resim: 6c- ?



Resim: 6b- Mikael?



Resim: 7- Ganos dağlarında manastır (?) olabilecek bir yapı kalıntısı.



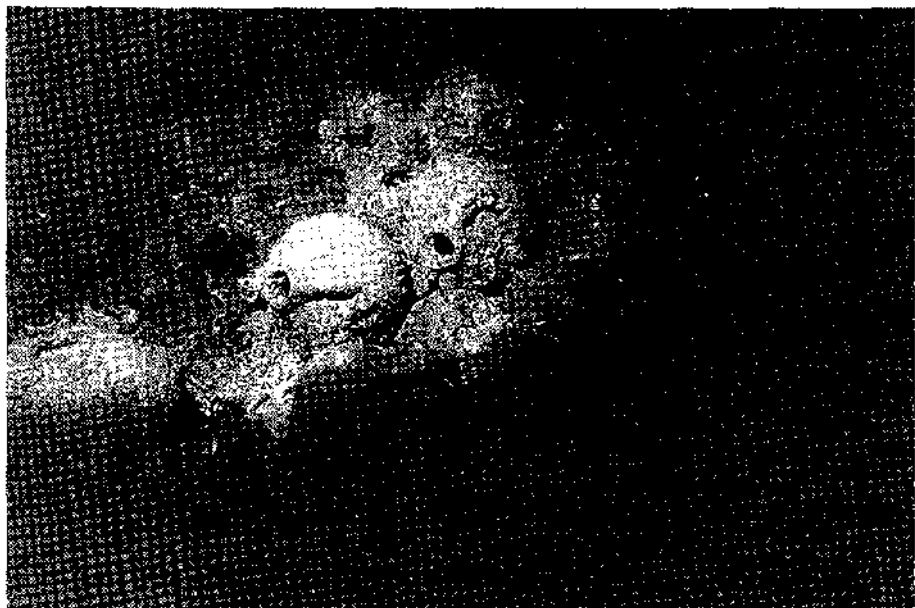
Resim: 8- 1993 araştırma yılında saptanan batıkların konumu.



Resim: 9- Çamaltı Burnu batığı tip IV amphoraları.



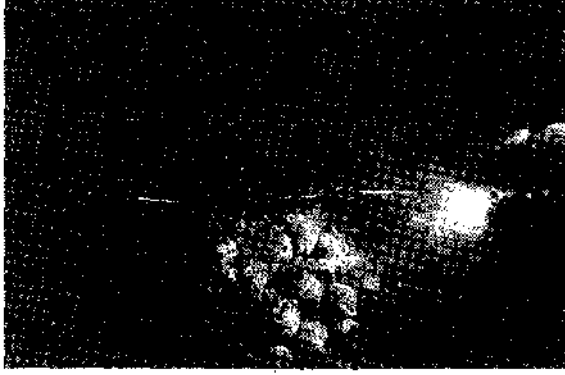
Resim: 10- Çamaltı burnu batığı tip III amphorası.



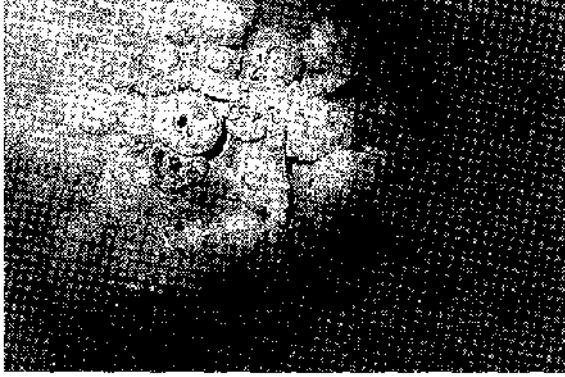
Resim: 11a- Tekmezar Burnu batığı amphoraları.



Resim: 11b- Tekmezar Burnu batığı amphoraları.



Resim: 12a- Tekmezar Burnu batığı Y tipi çapaları.



Resim: 12b- Tekmezar Burnu batığı Y tipi çapaları.



Resim: 13- Saraylar batığından çıkarılan amphoralar ve tek kulplu sürahi

BALIKESİR, ÜÇPINAR TÜMÜLÜSÜ ARABA BULUNTULARI KONSERVASYON PROJESİ SONUÇLARI VE SARDES, BİNTEPELER TÜMÜLÜSÜ ARABA BULUNTULARI ÖN ÇALIŞMASI

*Hande KÖKTEN **

Bu proje ile, Achaemenid Dönemi'ne tarihlenen, Bursa Müzesi, Balıkesir-Üçpınar Tümülüsü araba buluntularının koruma altına alınarak, konservasyonlarının bilimsel yöntemlerle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Balıkesir-Üçpınar Tümülüsü araba buluntuları, Bursa ve Balıkesir Müzeleri tarafından yapılan kurtarma kazısı sırasında ortaya çıkarılmış ve 1992 Nisan ayında gerçekleştirilen ön incelemeye kadar, kazıdan geldiği şekli ile depolanmıştır. Üçpınar Tümülüsü bronz ve demir araba buluntularının aktif konservasyonunun Başkent Meslek Yüksekokulu, Konservasyon Programı Proje Laboratuvarı'nda yapılması kararı¹ ile buluntular Bursa Müzesi'nden Ankara'ya getirilmişlerdir.

Konservasyonları bronz objelere göre daha büyük ve ciddi bir sorun oluşturan demir buluntular, mekanik yöntemle temizlendikten sonra XV. Uluslararası Kazı ve Araştırma Sonuçları Sempozyumu'nda özelliklerini ve metale etkilerini sunduğumuz "alkali sülfid yöntemi" ile arındırma işlemine sokulmuş, söz konusu uygulamanın ilk kesin sonuçları Haziran 1993'de alınmıştır.

* Uzman Hande KÖKTEN, Başkent Meslek Yüksek Okulu Restorasyon ve Konservasyon Bölümü, Sıhhiye- ANKARA

(1) Bu noktada, söz konusu bilimsel konservasyon projesinin gerçekleştirilebilmesi için sürekli destek veren ve konservasyon işlemlerinin Yüksekokul Proje Laboratuvarı'nda uygulanabilmesi için konservasyon programının tüm maddi olanaklarını seferber eden Başkent Yüksekokulu Müdürü hocam Prof. Dr. Orhan Bingöl'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Alkali sülfid yönteminde, suda çözilemeyen ve demir içindeki klorürlerin yarısını oluşturan " demiroksiklorürler" in "alkali sıvılar" da çözülme özelliğinden yararlanılarak, arkeolojik demir objelerin tüm demir klorürlerden arındırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu yöntemde ; obje üzerindeki korozyon tabakaları kuvvetlendirilir ve stabil hale getirilir, metalin metalografik özellikleri uygulamadan etkilenmez, uygulanması kolay ve maliyeti düşüktür, arkeolojik demir için uzun vadede tehlike oluşturmaz.

Alkali sülfid işleminin ardından, demir buluntular deiyonize su içine daldırılarak, demir klorürlerden arındırma işlemine geçilmiş ve arındırma 1 haftalık periyodlar halinde, 18-22 hafta arası devam etmiştir. İşlem, arındırma banyolarında saptanan "tuz ve pH ölçüm" sonuçlarına göre, objelerin gerektirdiği sürede tamamlanmaktadır. Arındırma sırasında tutulan kayıtlar, objeler genelinde 1.hafta daldırmadan sonra alınan sonuçların 2050-1950 μs / pH 13-12 olduğunu, 10-11. haftalar sonunda bu değerlerin 200-150 μs / pH 9-7'ye gerilediğini ve işlemin bitişine işaret eden 18-20. haftalarda 15-10 μs / pH 7'ye ulaşıldığını göstermiştir. Tüm arındırma banyolarına uygulanan ara ölçüm sonuçları, klorür miktarında düzenli ve sürekli bir azalmaya işaret etmiştir.

Demir klorürlerden arındırma tamamlandıktan ve objeler tamamen kurutulduktan sonra ise, demir buluntuların sağlamlaştırılması amacıyla toluene içinde %10'luk paraloid B 48-N, korozyon önleyici madde olarak seçilen %10' luk sodyum benzoatla birlikte kullanılmıştır. Sağlamlaştırılmayı ve yüzey kaplamayı amaçlayan konsolidasyon ardından ise, kırık durumdaki objeler için yapıştırma işlemine geçilmiştir. Konsolidasyonda kullanılan paraloid B 48-N, buharlaşma katsayısı toluen'e göre daha yüksek olan aseton içinde %50 oranında çözülerek yapıştırıcı olarak hazırlanmıştır. Paraloid B 48-N kalıcı ve dayanıklı birleşmeler sağladığı halde, yapıştırılan objelerin ağırlığı ve birleşme alanlarının küçüklüğü, yapıştırılan alanlarda ek bir kuvvetlendirme yapılmasını gerektirmiştir.

Söz konusu ek kuvvetlendirme; objenin birleşme alanlarındaki mekanik ve fiziksel direncini, bütün olarak korunmuş bölümlerdeki düzeye getirmek, birleşme yerlerini lokal olarak kuvvetlendirmek ve konservasyon sonrasında aynı noktalarda yeni kırıkların oluşmasını önlemek için yapılmıştır.

Kuvvetlendirme işleminde %10 oranında hazırlanmış paraloid B-72 çözeltisi ile ince cam elyafı kullanılmıştır. Objelerin dış yüzeyinde yer alan ve demirin rengi ile kontrast yapan kuvvetlendirme bantları, daha

sonra "akrilik boyalarla renklendirilmekte" ve maskelenmektedir. Kuvvetlendirme işleminde kullanılan malzemelerin geriye dönüşü vardır.

Konservasyon ve restorasyon çalışmaları sonrasında, Balıkesir-Üçpınar Tümülsü demir buluntuları arasında tekerleklerle ait objeler şöyle sıralanabilir:

1. Arabanın iki tekerleğine ait şına çemberlerini oluşturan ve her bir tekerlek için 3 segment halinde hazırlanmış (6 adet) demir segmentler,

2. Araba tekerleklerinin ahşap konstrüksiyonunu oluşturan ispit segmentlerini birbirine tutturmak ve sabitleştirmek için kullanılan U (2 adet) ve T (4 adet) formu kenetler,

3. Tekerlek parmaklarının saplandığı ve tekerleğin dingil üzerinde dönmesini sağlayan ahşap tekerlek topunun hareket nedeniyle parçalanıp dağılmasını önlemek için kullanılan ve tekerlek topunun ön (baş taşı) ve arka (arka taşı) bölümleri ile parmakların saplandığı yuvaların ön kısmına (top halkası) takılan halkalar.

Konservasyon sonrasında tekerleklerin rekonstrüksiyon tasarımı ise şöyle yapılmıştır (Resim: 1). Ahşap tekerlek ispitinin dışına geçirilen şına çemberi, tekerleklerin çapını belirlememizi sağlar. Kurtarma kazısı sırasında buluntular kaldırılırken, altı şına segmentinden oluşan buluntuların nasıl iki gruba ayrıldığı belirtilmemiştir. Ele geçen şına segmentlerinin eşit uzunluklarda olmayışı nedeniyle, birarada ve aynı tekerlek ispitinin çevresinde yer alması gereken şına segmentleri, çember oluşturacak yay kavisleri, yay uzunlukları ve segmentlerin üzerinde bulunan çivilerin pozisyonları gözönüne alınarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile aynı tekerleğe ait oldukları düşünülen şına segmentleri, 1. tekerlek için D.1-D.2-D.3 ve 2. tekerlek için D.4-D.5-D.6 olarak adlandırılmıştır².

Tekerlek çapları 1.12 m olarak belirlendikten sonra³, şına demirleri üzerinde bütün olarak ele geçen mekik başlı çivilerin boyu yardımıyla

- (2) Şına segmentlerinin yay uzunlukları toplanmış ve bulunan değer 2'ye bölünerek, eşit iki tekerleğin çember uzunluğu saptanmıştır: 349.5 cm . Daha sonra ise, yay uzunluklarının toplamı bu değeri veren üç şına segmentinin iki grup halinde birleştirilmesi sağlanmıştır.
- (3) Tekerlek çevresinin hesaplanması için, kazı sırasında ele geçen iki tekerleğe ait şına demiri segmentlerinin yay uzunlukları ölçülmüş ve aşağıdaki rakamlar saptanmıştır: B.ÜP/D.1: 1.12m, D.2: 1.35 m, D.3: 1.03 m, D.4: 1.26 m, D.5: 1.17 m, D.6: 1.06 m; her biri değişik uzunluktaki şına yaylarının oluşturabileceği eşit iki tekerleğin çevresini hesaplayabilmek için bu rakamlar toplanmış (6.99 m) ve sonuç ikiye bölünerek, eşit tekerlek çemberlerinin çevre uzunluğuna ulaşılmıştır (6.99:2=349.5). Çemberlerin çevre uzunluğu π sayısına bölünerek, çemberin çapı bulunabilmiştir: 349.5: 3.14=1.11 m. Bunun yanı sıra, kazı sırasında birarada bulunan ve aynı tekerleğe ait olan şına segmentleri belirtilmediği için,

aħşap ispitiñ kalınlığı saptanmıştır. Buna göre, 1. tekerleğin 9.5 cm ve 2.tekerleğin ise 9.2 cm kalınlığında olduğu anlaşılmıştır. T ve U kenetlerin,  segmentli tek ispiti birleştirmekte kullanıldığı ve kenetlerden her birinin şına segmentlerinin  kısımlarına gelecek şekilde yerleştirildikleri anlaşılmıştır. Söz konusu saptamalar, in-situ halde korunmuş U kenetli şına demiri segmenti yardımıyla yapılmıştır. Buna göre T kenetlerin de tekerlek üzerinde dengeli yerleştirilmesi amaçlanmış ve onlar da şına segmentlerinin  kısımlarına oturtulmuştur. Tekerleklerin parmak sayıları, tekerlek çapından yola çıkılarak matematiksel olarak belirlenmiştir: Tekerlek apı büyüdükçe, tekerleğin hareket halindeki dayanıklılığını sağlamak için parmak sayısının da artması gerekmektedir. Böylece, teknik olarak tekerlek çapı ile parmak sayısı arasında da doğru orantı bulunmaktadır. Tekerleğin dayanıklılığı açısından bakıldığında, iki tekerlek parmağı arasındaki yay uzunluğunun yaklaşık 25-30 cm olması gerektiği bilinmektedir. Bu durumda, pınar tekerlekleri için yapılan hesaplama sonucunda, 10 (parmaklar arasındaki yay uzunluğu 30 cm) parmağın kullanılması gerektiği sonucuna varılır. Kenetler, şına segmentlerinin  kısımlarına yakın yer alacak şekilde düzenlendiğinde, T kenetlerin her ikisinin de parmaklar üzerine oturduğu grlmştir. Öyle ki, kenetlerin geniş olan st kısımları ispit segmentlerinin birleşmesini sağlarken, daha dar bir bant şeklinde aşağıya doğru uzanan alt kısımları ise, segmentlerin birleşme noktasında ispite saplanan parmağın dayanıklılaştırılmasını sağlamaktadır.

pınar Tmlşt arabasının tekerlek topu, kazı sırasında ele geçen ve işlevlerini saptadığımız demir buluntular yardımıyla tasarlanabilmiştir. Demir halkalar, tekerlek topunun değişik bölümlerinin sağlamlaştırılmasında ve hareketten kaynaklanacak dağılmaların önlenmesi amacı ile kullanılır. Buna göre, tekerlek topu üzerinde parmakların saplandıkları yuvaların n veya arkasında yer alan top halkası, tekerlek topunun çapını belirler ve 16 cm olarak ölçülür. Tekerlek topunun n kısmındaki silindirik bölüme geçirilen baş tası ise altıgen bir halkadan oluşur. Tekerlek buluntuları arasında dingil çivisi ele geçmemiştir; bu nedenle büyük olasılıkla dingil sabit değildir ve tekerlekle birlikte hareket etmektedir.

Konservasyon ve restorasyonu tamamlanan Balıkesir-pınar Tmlşt araba buluntularının ait olduğu Bursa Arkeoloji Müzesi'nde hazırlanacak sergileme sırasında, orijinal buluntuların modern malzeme

rekonstrüksiyonu yaparken, birbirini tamamlayan şına demirlerinin belirlenmesi de gerekmiştir. Bu belirlenimin yapılabilmesi için, yay uzunluklarının toplamı 3.49 m olan üç şına segmentinin iki grup halinde belirlenmesi yeterli olmuştur. Buna göre: D.1-D.2-D.3 segmentlerinin oluşturduğu çemberin evre uzunluğu = $1.12+1.35+1.03=3.50$ m ve D.4-D.5-D.6 segmentlerinin oluşturduğu çemberin evre uzunluğu = $1.26+1.17+1.06= 3.49$ m dir.

yardımla sergilenmesi amaçlanmaktadır. Bunun yanı sıra, konservasyon sonrası elde edilen arkeolojik veriler ışığında hazırlanacak bir replikanın, orijinal buluntularla yan yana sergilenmesine ve açıklayıcı çizim ve fotoğraflarla bu rekonstrüksiyonun tamamlanmasına karar verilmiştir⁴.

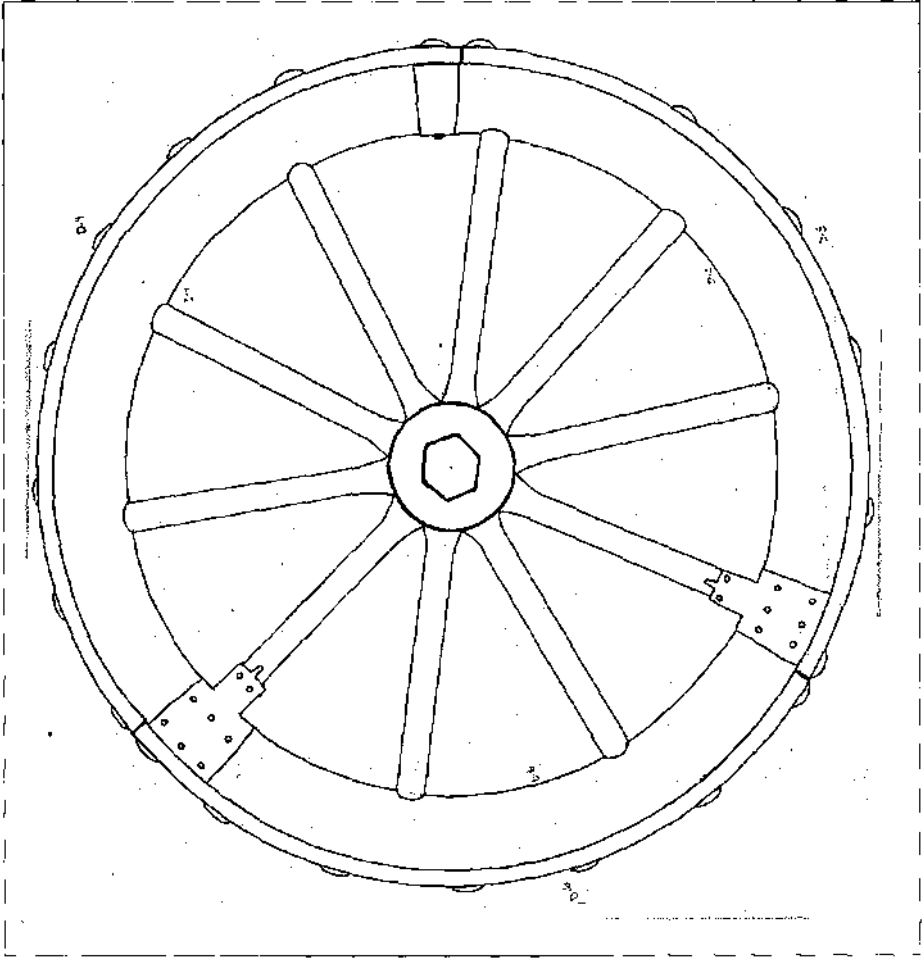
Balıkesir-Üçpınar Tümülüsü buluntularının konservasyon ve restorasyon işlemlerinin bilimsel standartlara uygun olarak, etkinliği ve koruma özellikleri kanıtlanmış, geriye dönüşü olan yöntemlerle gerçekleştirilmesi 17 ay sürmüştür. Bu süre içinde, 12 adet bronz obje ile, toplam sayıları 50'ye yaklaşan demir buluntu belgelenmiş, temizlenmiş, deionize edilerek sağlamlaştırılmış, yapıştırılmış ve restore edilmiştir. Konservasyon uygulamalarının %60'ını demir objelere uygulanan pasif daldırma ve arındırma süreci oluşturmuştur ve 1993 yılında 4, 1994 yılında ise 2 kişiden oluşan ekip çalışmasının ön inceleme/belgeleme ve mekanik temizleme için harcadıkları toplam süre 7 aydır⁵.

Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün izni ile başlatılan "Anadolu'da Ele Geçen Akhaemenid Dönemi Araba Buluntuları" konservasyon projesinin diğer malzeme grubu, Manisa Müzesi tarafından Sardes - Bintepe nekropolünde gerçekleştirilen kurtarma kazısı sırasında ele geçen demir tekerlek buluntularıdır (Resim: 2). Söz konusu araba buluntuları arasında yer alan bronz dingil çivileri, koç başlı çiviler ve çanlar 1992 yılında Sardes kazı laboratuvarında koruma altına alınmakla birlikte, demir objelerin planlanan konservasyonu Üçpınar Tümülüsü buluntularının koruma çalışmasına öncelik verilmesi ve söz konusu proje bütçesini karşılayacak kaynak bulunamadığı için gerçekleştirilememiştir.

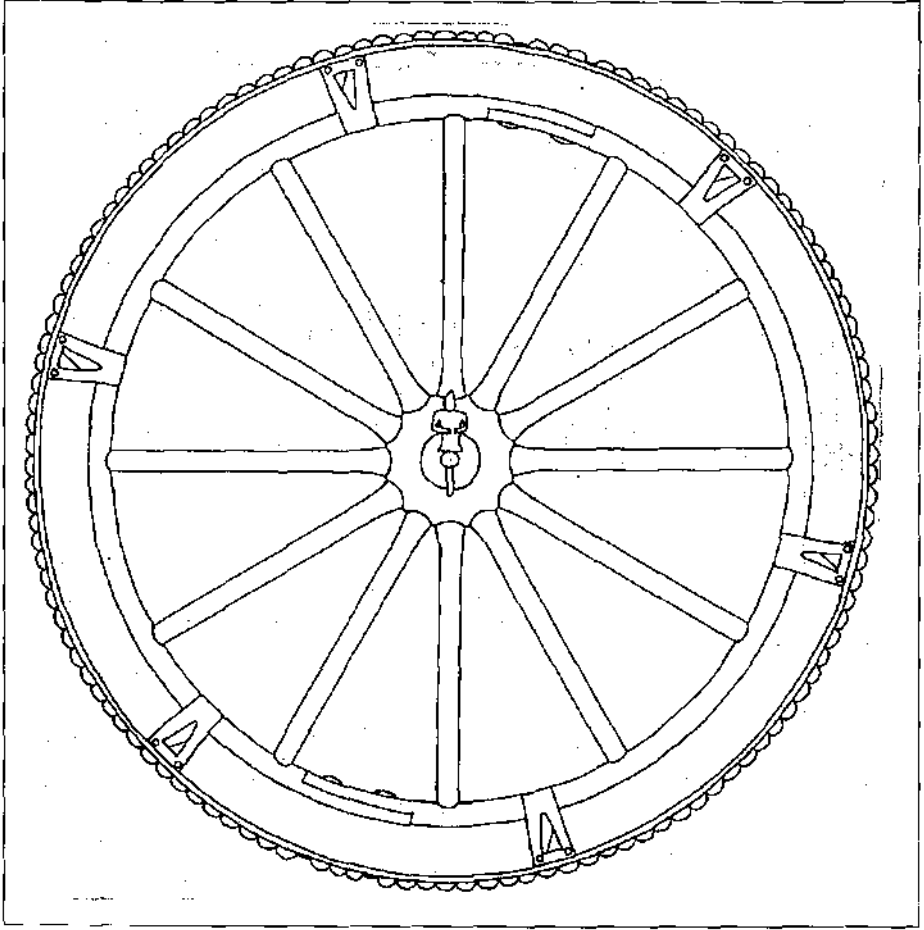
Bilimsel konservasyonun uygulanabildiği Üçpınar Tümülüsü buluntuları kadar eşsiz ve arkeolojik açıdan türünün Anadolu'daki ilk örneği olan Bintepe 89 Tümülüsü buluntularını da en yakın sürede koruma altına alabilmek dileğiyle.

(4) Benzer bir çalışma Salamis Nekropolü 79. no lu tümülüsünde bütün olarak ele geçen savaş arabası için yapılmıştır. Bu yöntemle, sergileme sırasında orijinal malzemenin stabilizasyonu sağlanabileceği gibi, replika yardımıyla antik dönemdeki görünüşü de izleyiciye sunulacaktır. Söz konusu sergileme çalışması, Bursa Müzesi ile işbirliği içinde sürdürülecektir.

(5) Uygulama projesinin, yöntem belirleme aşamasındaki yayın taraması ve ön araştırma giderlerini İngiliz Kültür Heyeti, tüm malzeme ve gereç masraflarını ise A.Ü. Başkent Meslek Yüksekokulu karşılamıştır.



Resim: 1- Balıkesir-Üçpınar Tümülüsü araba tekerleği rekonstrüksiyonu



Resim: 2- Sardes-Bintepeler 89 Tümlüsti araba tekerliğı rekonstrüksiyonu



ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDA DOĞAL GERİLİMİN İŞLEYİŞİ (MECHANISM)

*Mahmut G. DRAHOR **

Topraktaki gözeneklilik, ısı, sıvı göçü, öz direnç ve pH değişimleri gibi etkiler, süreksizlikteki iyon hareketinin ana nedenleridir. Doğal gerilim çalışmalarında, öncelikle belirtiyi oluşturan işleyişlerin bilinmesi gerekir. Bunlar; ısı elektrik bağlaşım (thermoelectric coupling), elektrokinetik bağlaşım ya da akma gerilimleri, tellürik akımlar, iletken mineral birikimleri, kültürel etkinlik, topoğrafya ve elektrokimyasal etkiler nedeniyle oluşur.

Isıl elektrik bağlaşım jeotermal alanlarda görülen bir gerilim türüdür. Temel nedeni, sıcaklık ayrılığı ve çözelti yoğunluğudur. Isıl elektrik bağlaşım, uzun dalga boylu ve büyük genlikli belirtiler üretir. Corwin (1976), sıg kömür yamaları üzerinde de ısı elektrik bağlaşımın ortaya çıktığını belirtmektedir.

Elektrokimyasal etkiler; jeotermal, maden ve kırık sınırlarının araştırılmasında önemli olmamasına karşın, arkeolojik araştırmalarda mutlaka gözönüne alınmalıdır. Bu etki ortamın kuru olduğu durumlarda, ± 10 mV değerine ulaşır. Corwin (1976)' e göre, çok kısa dalga boyuna sahiptir ve genliği de genellikle tekdüze toprağınkinden çok, ama nemli toprakta görülden azdır. Bu, arkeolojik aramacılıkta önemli ve dikkat edilmesi gerekli bir durumdur. Mac Innes (1961) ve Corwin (1976), gerilimlerin kimyasal yoğunluk hücreleri yoluyla da oluştuğunu ve bunların metalik elektrodlarla yapılan ölçümlerde birkaç yüz mV mertebesinde değerlere ulaştığını belirtmişlerdir. Bu özellik, uçlaşmaz elektrod kul-

* Mahmut G. DRAHOR, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-İZMİR.

lanımında birkaç mV değerini aşmaz. Toprağın nem içeriğindeki değişiklikler, doğal gerilim belirtilerinin oluşmasına neden olur. Poldini (1939)' ye göre ıslak topraktaki elektrodlar, belirtiyi pozitif doğru yöneltir. Bu değişimler, birkaç on mV luk belirtiler oluşturur. Bu nedenle arkeolojik araştırmalar sırasında, toprağın nemindeki değişikliklerin belirlenmesi önemli olacaktır.

Pirit, pirotit, kalkopirit, kalkosit, manyetit, kovellit ve grafit yığılımları; yığılmanın üzerinde negatif uçlaşmalı doğal gerilim belirtisi üretir (Şekil: 1). Belirtiler, birkaç yüz metre genişliğinde ve yüzlerce mV luk genliklere neden olabilir. Arkeolojik aramalarda antik madenler içinde ya da sülfürlü ve okside olmuş yığılımlar üzerinde, bunları keşcek ıslak ya da nemli bir ortam varsa belirtir oluşabilir. Bu tür yapılar, genellikle düşük genlikli ve kısa dalga boylu belirtiler üretir. Bunun en tipik örneği; Suudi Arabistan'ın güneyindeki Wadi Al Khadra antik maden alanında elde edilmiştir (Flanigan et al., 1982).

Elektrokinetik ya da akma gerilimi, arkeolojik aramalarda gerilimi oluşturan ana nedendir. Bu genellikle yüzey altı sıvı akışı ve ortamın gözenekliliğine bağlı olarak değişir. Kuramsal temeli Helmholtz tarafından ortaya konmuştur. Akma gerilimi, kayaç minerallerinin dengeye gelebilmek için gözenek suları yardımıyla elektrik yükü almaları sonucunda oluşur. Bu gerilim, gözenek suyu öz direncindeki artış ve sıvı kıvamlılığının (viscosity) azalmasıyla artar. Toprak gözenekliliğindeki değişimler ve çukurların kille dolması, doğal gerilim ölçümlerinde ölçülen gerilimin değişmesine neden olur. Gözenekli olmayan gömülü taş temeller de düşey su akışıyla kesildiği zaman, pozitif yönlü bir doğal gerilim oluşturmaları. Birçok çatlak ve gevşek taş dolgu yoluyla görel olarak suyun aşağıya doğru devinimi, yeryüzü üzerinde negatif bir doğal gerilim belirtisi oluşturur (Wynn ve Sherwood, 1984).

Tellürik akımlar, gömülü metalik hurdalar, güç kaynakları ve korozyona uğramış boru hatları da doğal gerilim belirtisi oluşturur. Bu nedenle aramalar sırasında; gömülü metalik hurdalar, güç kaynakları ve korozyona uğramış boru hatlarının bulunduğu yerler özenle belirlenmeli ve haritalar üzerine işlenmelidir.

DONANIM VE VERİ TOPLAMA

Doğal gerilim en ucuz donanımla uygulanabilecek bir yöntemdir. Araştırmada, sayısal bir multimetre ($\approx 10 \text{ M}\Omega$ giriş impedansına sahip), 2 adet uçlaşmaz (non-polarize) elektrod (Cu-CuSO_4 , Ag-AgCl vd.) ve

araştırma amacına bağlı uzunluğa sahip bir kablo yeterli olacaktır. Doğal gerilim araştırmalarında; ısı ile toprağın nem ve kimyasal içeriğindeki değişikliklerin ölçümler üzerindeki olumsuz etkilerini giderebilmek için, uçlaşmayan değişik elektrodların kullanılması önemlidir. Bu konuda değişik araştırmacılar; bakır-bakır sülfat, gümüş-gümüş klorit, kurşun-kurşun klorit, çinko-çinko sülfat ve kadmiyum-kadmiyum klorit gibi elektrodların laboratuvar ve alan ölçümleriyle özellikleri ve yanıtlarını incelenmiştir (Ewing, 1939, Semenov, 1974; Morrison vd., 1979a, 1979b). Uçlaşmayan elektrodlarla yapılan ölçümlerde bazı belirtiler algılanamayabilir. Bunları belirlemek ve değme (contact) dirençlerini artırmak amacıyla, küçük çaplı metal elektrodlarla ölçmenin de yararı olacaktır (Parasnis, 1966; Koester vd., 1984). Özellikle arkeolojik incelemelerde düşük genlikli belirtileri saptayabilmek için bu tür elektrodlarla ölçümler yapılmalıdır.

Doğal gerilim verisinin toplanması kolay olmasına karşın, arazi çalışmalarında dikkatli olunmalıdır. Özellikle arkeolojik çalışmalarda ölçüm yordamlarına (procedure) uyulmalı, alandaki toprak değişimi vd. etkiler not edilmeli, elektrod uçlaşması ve kayma (drift) etkileri en aza indirilmeye çalışılmalıdır. İnceleme; manyetik ve öz direnç aramalarında olduğu gibi alanı gridlere ayırarak, her bir gridin belirli bir doğrultu boyunca ölçülmesiyle yapılır. Grid aralıkları aranılan yapının boyutlarına bağlı olarak küçük seçilmelidir (genelde 1 ile 2 m aralık yeterlidir). Gerilim elektrodları arası uzaklık ise, 1 ile 5 m aralıklarında seçilebilir. Ayrıca yapının daha iyi belirlenebilmesi için, ölçümlerin birbirine dik iki ayrı doğrultuda alınması da yararlı olacaktır. Birçok arkeolojik özellik kısa dalgaboylu ve düşük genlikli belirtiler ürettiğinden, değişik gürültüler tarafından bastırılacaktır. Bu nedenle yapay ve doğal kaynaklı gürültü araştırmasından sonra, yapılacak kısa gerilim elektrod aralıklarına sahip ölçümler bu belirtilerin algılanmasını sağlayabilecektir. Ölçümlerin gradyent dizilimiyle yapılması daha sağlıklı sonuçlar verir. Ancak, gradyent ölçümlerinde veri dengeleme, düzeltme ve ölçüm yönünün işaretine çok dikkat edilmelidir.

Doğal gerilim ölçümlerinde; termal olmayan yüzeyaltı su akışı, tarım ilaçları, sulama, sürülmüş alanlar ve tarım gibi kültürel etkilerle, toprak niteliği ve toprağın nem oranındaki değişimler de çok önemlidir. Kentlere, demiryollarına ve yüksek gerilim hatlarına olan yakınlık ise, başıboş akımların oluşmasına neden olur ve arkeolojik yapılardan kaynaklanan doğal gerilim belirtilerini gizleyebilir. Bu nedenle arkeolojik aramalarda; ölçümler çok titiz biçimde yapılmalı ve toprağın tipi, nem durumu, bölgesel jeoloji, jeomorfoloji, bitki topluluğu ve topoğrafya gibi değişiklikler dikkatli gözlemlerle not edilmelidir (Drahor, 1993).

ÖLÇÜM İŞLEMİ VE DEĞERLENDİRME

Jeotermal ve mineral araştırmalarında belirtiler genellikle ± 50 - 200 mV civarında olduğundan, değme resistansları ve ölçüm yerlerinden oluşan yamılgıların büyük önemi yoktur. Ama arkeolojik aramalarda belirtiler genellikle ± 10 - 20 mV mertebesinde ve bu etkiler veri niteliğini bozabilir. Ayrıca, ölçülen profil boyunca toprak kimyası vb. gibi nedenlerden oluşan tanımsız değişimlerin de not edilmesi veri niteliği açısından önemlidir.

Ölçümlere başlamadan önce elektrodlar arasındaki uçlaşma dengelemesinin yapılması gereklidir. Bu amaçla ölçülecek alana belirli bir uzaklıkta baz noktası seçilir. Baz noktasında açılan geniş bir çukurda uygun kıvamda bir çamur hazırlanarak, her iki elektrod yan yana konur ve değeri okunur ($r=0$ olacak biçimde; r : elektrod aralığı). Böylece elektrodlar arası çözelti yoğunluğu dengelenir. Dengeleme değerinin ± 1 - 2 mV düzeyini aşmaması ve ± 5 mV'u geçen değerlerde ise ölçü alınmaması önerilir. Bu yamılgı elektrodların ya da elektrod çözeltisinin değiştirilmesiyle giderilebilir (Çözelti değişikliği Cu-CuSO₄ tipi uçlaşmaz elektrodlar içindir). Referans olarak seçilecek artı okumanın elde edildiği durumda; ölçü aletinin (+) ucunun gittiği elektrod artçı, (-) ucunun gittiği elektrod ise öncü seçilerek, ölçümlere başlanır. Gradyent ölçümünde; başlangıç noktasındaki çözelti yoğunluğu dengelemesi çizelgeye geçirildikten sonra, öncü uç bir grid ötelenerek gerilim ayrılığı okunur. Bundan sonra her iki elektrod grid aralığı kadar kaydırılarak, ölçümler profil boyunca sürdürülür. Ölçümler sırasında, her 5 noktada bir çözelti yoğunluğu dengelemesi de yapılarak çizelgeye işlenmelidir. Elde edilen veriler, çözelti yoğunluk gerilimi düzeltilmesinden geçirilerek düzeltilmiş gradyent değerleri elde edilir. Gradyent değerlerinin aritmetiksel olarak toplanmasıyla da toplam doğal gerilim değerleri oluşturulur (Tablo: 1).

Doğal gerilim verisindeki istenmeyen değişimler, basit sayısal süzgeçler kullanılarak yok edilebilir. Biz değerlendirmelerde 3 noktalı basit bir süzgeç kullandık. Bu süzgecin ağırlık katsayıları şöyledir;

$$0.26 \ 0.48 \ 0.26$$

Elde edilen veriler; verilen süzgeç katsayılarıyla evriştirildikten (convolution) sonra, istenilen yuvarlatmalar elde edilmiştir. Biz ayrıca, Press vd. (1987) tarafından bulunan bir yuvarlatma tekniğini de kullanarak, istenmeyen etkileri gidermeye çalıştık. Bu yöntemde; hızlı Fourier dönüşümünden yararlanılarak, veriler istenilen uzunluktaki bir pencereden geçirilir ve pencerelenmiş ortanca değeri (median) saptanır. Veriyi

hızlı ve duyarlı bir biçimde yuvarlatan yöntem, bir Fortran 77 programıyla tanımlanmıştır. Yöntemin iki önemli değiştirgeni vardır. Bunlar sırasıyla; pts: pencere uzunluğu, L: yuvarlatma yinemesidir (Şekil: 2).

Arkeolojik aramalarda sinyal/gürültü oranının artırılmasında en yararlı ve yaygın kullanılan yöntem çapraz ilişkidir (cross-correlation). Bu yöntemde aranılan yapının belirtilerini güçlendirebilmek amacıyla, elde edilen veriler aranılan yapıyı simgeleyebilecek işlemler ile ilişkiye sokulur. Biz çalışmamızda sinyal/gürültü oranını artırmak için, elde edilen verileri hesaplanmış kuramsal belirtiler ile normalize olmuş çapraz ilişkiye soktuk (Şekil: 2). Ayrıca elde edilen verilere veriye uyumlu Wiener süzgeçlemesi de (adaptive Wiener filter) uygulanarak, başka bir yolla sinyal/gürültü oranı artırılmaya çalışılmıştır.

Doğal gerilim verisi, diğer potansiyel alan yöntemleri gibi basit geometrik biçimlere yaklaştırılarak yorumlanabilir. Bu geometrik yapılar; küre, silindir ve eğimli ince çubuklardır. Modelleme çalışmalarıyla, bu tür yapıların oluşturacakları belirtiler farklı değiştirgenler kullanılarak hesaplanır (Poldini, 1928; Heiland, 1940; Roy ve Crowdhury, 1959; Meisner, 1962; Paul, 1965, Paul, 1968; Rao vd., 1970; Banerjee, 1971; Fitterman, 1979; Bhattacharya ve Roy, 1981). Bu çalışmada; küre, silindir ve ince çubuk tipi modeller kullanılmış ve bunların değişik değiştirgenlere göre oluşturduğu belirtiler bulunarak, kuramsal model eğriler elde edilmiştir (Şekil: 3). Yapılan bu çalışmalarda; çubuk ve silindir modellerinin gradyent ve toplam doğal gerilim belirtilerinin gürültü düzeyinin, küre modeline göre daha düşük olduğu görülmüştür. Arkeolojik aramalarda düşük genlikli belirtilerin ürettiği ve ortamın öz direnç farklılığı ile toprağın nem durumuna göre belirtinin etkilendiği düşünüldüğünde, model seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada; elde edilen verilerin düzeltilmesi ve gürültülerinden arındırılmasından sonra, düz (forward) ve ters (inversion) çözüm yöntemleri kullanılarak değiştirgenler saptanmıştır. Elde edilen veriler önce nomogram tekniğinde değerlendirilerek, model değiştirgenleri saptanmıştır. Belirlenen bu model değiştirgenleri, ters çözüm değerlendirmelerinde başlangıç değiştirgenleri olarak girilmiştir. İşlemler sırasında önce Ram Babu ve Atchuta Rao (1988) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Yöntem; küre, yatay silindir ve eğimli çubuk türü yapıların değiştirgenlerini ters çözüm işlemiyle hesaplar. Elde edilen verilerin bu yöntem ile değerlendirilmesinden sonra, yatay silindir modelinin diğerlerinden daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Kullanılan diğer bir yöntem ise, Jagannadha Rao vd. (1993)'nin bulduğu iki boyutlu çubuk modelinin doğal gerilim belirtilerinin ters çözüm işlemiyle

belirlenmesidir. Yapılan tüm değerlendirmelerin ışığında elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, yapıların değiştirgenleri belirlenmiş ve oluşturulan gösterim diyagramları yardımıyla birbirleriyle olan ilişkileri karşılaştırılmıştır. Böylece oluşturulan odak işleyiş gösterimleriyle, alanın modellenmesine çalışılmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda, kazılarla ortaya çıkan yapı uzanımlarının diyagramlarla büyük bir benzerlik göstermesi ise önemli bir sonuçtur.

BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ: ACEMHÖYÜK

Acemhöyük, Hasan Dağı eteklerindeki Aksaray ilinin 18 km kuzey batısında bulunan Yeşilova köyündedir. Höyük; doğu-batı yönünde 700 m uzunluğa, kuzey-güney yönünde ise 600 m genişliğe sahip, Anadolu'nun en büyük höyüklerinden biridir. Höyüğün en yüksek noktası ise, ovoiden yaklaşık olarak 20 m yüksekliktedir. 1962 yılından beri yapılan kazılar, yaklaşık olarak M. Ö. 1789 (± 50) yıllarında büyük bir yangın geçirdiğini ve kentin önemli yapılarının yandığını ortaya çıkarmıştır (Şekil: 4). Acemhöyük'deki III. kat yapı katmanları, geçirdiği büyük yangının etkisiyle, fiziksel ve kimsayal açıdan büyük bir değişim geçirmişlerdir. Bu değişimde, yanan kerpiç duvarların fiziksel yapıları değişerek cüruflaşmıştır. Böylece üstteki ve alttaki yapı katları arasında da önemli bir anomalik zon oluşmuştur.

Bu zon yapı katının belirlenmesi amacıyla yapılacak jeofizik çalışmalar için önemli bir katmandır. Jeofizik araştırmalarda höyük tipi yerleşimler; taş yapı temelleri, ocaklar, fırınlar, çöplük alanları ve yoğun seramik malzeme içerdiğinden ilginç ve önemli çalışma alanlarıdır.

Arkeolojik alanlarda yapılan jeofizik çalışmalarda en önemli öge, kültürel örtü toprağındaki değişimlerdir. Bu toprak insan etkinliği ile oluştuğundan, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Ayrıca toprakta; Ca, Mg vb. gibi oksidasyon oluşturan ortamlar ile önemli pH değişimleri görülür. Laboratuvarlarda yapılan doğal gerilim çalışmaları, bu tür ortamların $\pm 10-20$ mV düzeyinde gerilim oluşturduğunu göstermiştir. Acemhöyük arkeolojik alanında bu tür özelliklerin varlığı ve geçirdiği yangın etkisi gözönüne alınarak, 1992 ve 1993 yılı Temmuz-Ağustos ayları arasında doğal gerilim çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca doğal gerilimin diğer yöntemlerle ilişkilerini gösterebilmek amacıyla da, 1992-1993 yıllarında öz direnç, 1994 yılında da manyetik çalışmalar yapılmıştır. Araştırmaya Hatıpler Sarayı'nın kuzeyinde kazılmış bir alanın ölçülmesiyle başlanmıştır (Şekil: 5, 6). Buradaki profiller; doğal gerilim, öz direnç ve manyetik yöntemlerle ölçülmüştür. Profil üzerinde öz direnç ölçümleri 1, 2, 3 ve 4 m uzaylanmasıyla twin diziliminde

yapılmıştır. Elde edilen veriler; yuvarlatma normalize olmuş çapraz ilişki ve ters evrişim gibi sinyal gürültü oranını artırıcı işlemlerden geçirilmiştir. Doğal gerilim verileri, düz ve ters çözüm yöntemleriyle değerlendirilerek, model değiştirgenleri saptanmış ve odak işleyişleri çizilmiştir (Şekil: 5). Şekilden de görüldüğü gibi; yanık duvar, toprak ve temeller üzerinde doğal gerilim belirtileri elde edilmiş ve arkeolojik yapılarla karşılaştırılarak, doğruluğu sınanmıştır. Doğal gerilim çalışmaları test profilinden 17 m kuzeyde seçilen iki alan üzerinde (A ve E) yapılmıştır. Araştırmada grid aralıkları 1 m , elektrot aralıkları ise 2 ve 6 m seçilmiştir (Şekil: 7). Ayrıca E alanı üzerinde ölçümler, birbirine dik iki ayrı doğrultu üzerinde ve farklı elektrotlar kullanılarak ölçülmüştür (Cu-CuSO₄ ile metalik elektrot).

Elde edilen veriler benzer yöntemlerle değerlendirildikten sonra, haritalar oluşturulmuş ve saptanılan değiştirgenler düzlemsel koordinatlarda yerlerine yerleştirilerek, odak işleyiş haritaları oluşturulmuştur (Şekil: 8, 9 ve 10). Gradyent ve toplam haritalarda (+) ve (-) gerilim oluşturan alanlar arasındaki ayrımlar belirgin biçimde ortaya çıkmıştır. Belirtilerin uzanım yönleri ile bölgedeki yapılanma doğrultularının benzerliği önemli bir sonuçtur. Birbirine dik alınan ölçülerin değerlendirilmesinden sonra da, belirtilerin uzanım yönlerinde büyük değişiklik gözlenmemiştir. Ancak ölçüm doğrultusu farklı olduğundan, belirti değiştirgenlerinde değişiklikler oluşmuştur. Metalik elektrot ölçümlerinin sonuçları da benzer özellikler taşımaktadır. Bunları doğrulayabilmek amacıyla; A alanı üzerinde doğal gerilim ve öz direnç yöntemlerinin ikisinde de belirti veren yerde, 1992 yılında 5x5 m boyutlarında bir jeofizik test kazısı yapılmıştır. Kazı sonucunda; doğal gerilim odaklarının bulunduğu yerlerde, duvar sınırları ile ocak ve fırın alanlarının olduğu görülmüştür. Böylece; yöntemin bu tür yapılar üzerinde belirti üretebildiği ve yapıların yerlerini belirleyebildiği gözlenmiştir.

SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar; doğal gerilim yönteminin arkeolojik incelemelerde önemli sonuçlar üretebileceğini göstermiştir. Ancak, ölçümler sırasında ve değerlendirme işlemlerinde çok dikkatli olmak gerekir. Uygulama sonuçlarına göre; ocaklar, yanmış çukurlar, yanık duvar ve kuyular ile topraktaki kimyasal değişimlerin yoğun olduğu bölgelerde belirti oluşmaktadır. Bu nedenle doğal gerilim yönteminin bu tür özelliklerin yoğun olarak bulunduğu eski çağ alanlarında oldukça yararlı bir yöntem olabileceği belirtilmelidir. Ayrıca doğal gerim çalışmalarının; öz direnç, manyetik, elektromanyetik ve manyetik duyarlılık incelemelerini ve yorumlandırmayı güçlendireceği söylenebilir. Son olarak, uy-

gulama kolaylığı ve ucuzluğundan dolayı doğal gerilim yönteminin arkeolojik aramalarda stratejik önemi olabileceğini belirtmeliyiz.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma; herhangi bir maddi destek olmaksızın, araştırmacıların ve Acemhöyük kazı evinin olanaklarıyla başarılmıştır. Çalışmalar sırasında bize büyük destek olan Acemhöyük Kazı Başkanı Doç. Dr. Aliye Öztan'a ve tüm kazı üyelerine, ölçüm çalışmalarına katılan Jeofizik Mühendisi Özkan Bayrı ve Jeofizik Mühendisliği öğrencisi Şule Kuru'ya, araştırma sırasında ve sonrasında büyük desteğini gördüğümüz Elektronik Mühendisi A. Cemal Drahor'a sonsuz teşekkürler.

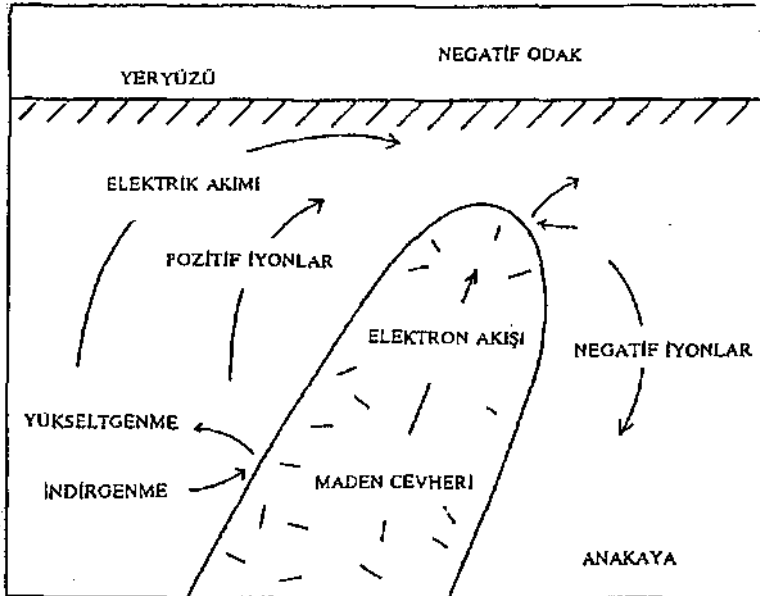
KAYNAKLAR

- AHMAD, M. U., 1964, A laboratory study of streaming potentials: *Geophys. Prosp.*, V. 12, no.1, p: 49-64.
- BANERJEE, B., 1971, Quantative interpretation of self-potential anomalies of some specific geometric bodies, *Pure and Applied Geophysics*: 90, 138-152.
- BHATTACHARYA, B. B., and ROY, N., 1981, A note on the use of a nomogram for self-potential anomalies: *Geophys. Prosp.*, V. 29, p: 102-107.
- BOGOSLOVSKY, V. A., and OGILVY, A. A., 1973, Deformations of natural electric fields near drainage structures: *Geophys. Prosp.*, V. 21, no.4, p: 716-723.
- CORWIN, R. F., 1976, Offshore use of the self-potential method: *Geophys. Prosp.*, V. 24, no.1, p: 79-90.
- CORWIN, R. F., and HOOVER, D. B., 1979, The self-potential method in geothermal exploration: *Geophysics*, V. 44, no.2, p: 226-245.
- CORWIN, R. F., 1990, The self potential for environmental and engineering applications: *Geotechnical and environmental geophysics* edited by S. H. Ward, SEG investigations in geophysics, no. 5, p: 127-145.
- DRAHOR, M. G., 1993 The determination of archaeological areas with resistivity and self-potential methods: (Ph. D. thesis) DEÜ Institute of Science, 210p. (in Turkish).
- ERCAN, A., DRAHOR, M. and ATASOY, E., 1986, Natural polarization studies at Balçova geothermal field: *Geophys. Prosp.*, V. 34, p: 475-491.
- FITTERMAN, D. V., 1979, Calculations of self-potential anomalies near vertical contacts: *Geophysics*, V.44, no.2, p:195-205.
- HEILAND, C. A., 1940, *Geophysical exploration*, Hafner Publishing Co., New York.

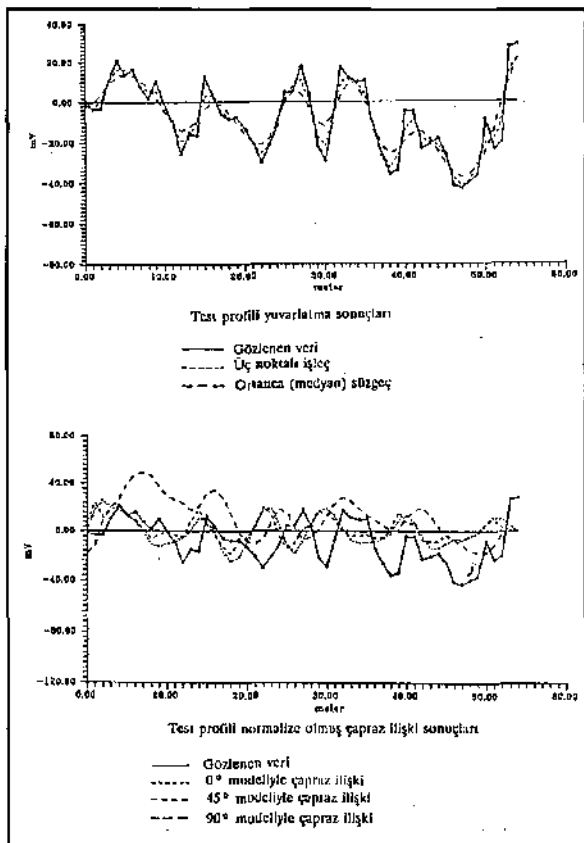
- JAGANNADHA Rao, S., RAMA Rao, P., and RADHAKRISHNA Murty, I. V., 1993, Automatic inversion of self-potential anomalies of sheet-like bodies: *Computer and Geosciences*, V. 19, no.1, p: 61-73.
- KOESTER, J. P., BUTLER, D. K., COOPER, S. S., and LLOPIS, J. L., 1984, Geophysical investigations in support of clearwater dam comprehensive seepage analysis: U. S. Army Corps of Engrs. Waterways Experiment Station Misc. Paper GL-84-3.
- MACINNIS, D. A., 1961, *The principles of electrochemistry*: New York, Dover Publishing Co.
- MEISNER, P., 1962, A Method for quantitative interpretation of self-potential measurements: *Geophys. Prosp.* V. 10, p: 203-218.
- OGILVY, A. A., AYED, M. A., and BOGOSLOVSKY, V. A., 1969, Geophysical studies of water leakages from reservoirs: *Geophys. Prosp.*, V.22, no. 1, p: 36-62.
- ÖZGÜÇ, N., 1968, Excavations at Acemhöyük: *Türk Tarih Kurumu*, 52p.
- PARASNIS, D. S., 1966, *Mining geophysics*: New York, Elsevier.
- PAUL, M.K., 1965, Direct interpretation of self-potential anomalies caused by inclined sheets of indefinite horizontal extensions: *Geophysics*, V. 30, p: 418-423.
- PAUL, P. A., 1968, Interpretation of self-potential anomalies caused by a line of dipoles, *Bull. NGRI*, V. 6, p: 147-152.
- PETROWSKY, A., 1928, The problem of a hidden polarized sphere: *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5, 334.
- POLDINI, E., 1939, Geophysical exploration by spontaneous polarization methods: *Mining Magazine*, V.60, p:22-27
- PRESS, W. H., FLANNERY, B.P., TEUKOLSKY, S. A., and VETTERLING, W. T., 1987, *Numerical recipes: The art of scientific computing*: Cambridge University Press, 818p.
- RAM BABU, H. V., and ATCHUTA Rao, D., 1988, Inversion of self-potential anomalies in mineral exploration: *Computer and Geosciences*, V.14, no.3,p: 377-387.
- RAO, B.S.R., MURTHY, I.V.R., and REDDY, S. J., 1970, Interpretation of self-potential anomalies of some simple geometric bodies: *Pure and Applied Geophysics*, 78, 66-77.
- ROY, A., and CHOWDHURY, D. K., 1959, Interpretation of self-potential data for tabular bodies: *J. Science and Engineering Res.*, V. 3, p: 35-54.
- SATO, M., and MOONEY, H. M., 1960, The electrochemical mechanism of sulphide self-potential: *Geophysics*, V. 25, no.1, p: 226-249.
- WYNN, J. C., and SHERWOOD, S. I., 1984, The self potential (SP) method: An inexpensive reconnaissance and archaeological mapping tool: *J. of Field Archaeology*, V. 11, p: 195-204

İstasyon numarası	Doğal gerilim değerleri	Düzeltilme	Düzeltilmiş DO (Türresat)	Yığılmış DO (Yığınsat)
1	18	-3	21	21
2	3	-2.87	5.87	26.87
3	0.5	-2.75	3.2	30.07
4	-2.5	-2.62	0.12	30.2
5	1	-2.5	3.5	33.7
6	6.75	-2.15	8.9	42.6
7	4.5	-1.8	6.3	48.9
8	-7	-1.45	-5.5	43.35
9	6.25	-1.1	7.35	50.7
10	4.5	-0.75	5.25	55.9

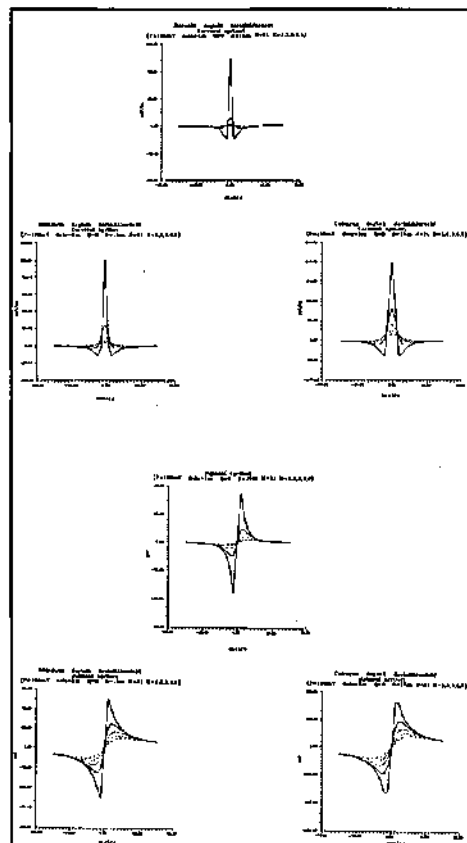
Tablo: Doğal gerilim değerleri düzeltme tablosu.

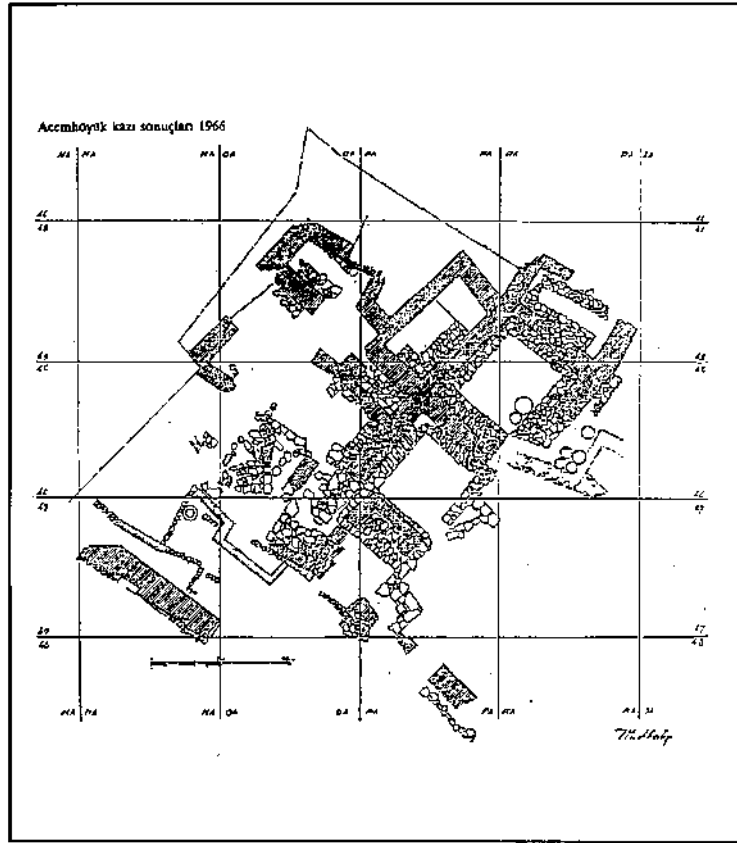


Şekil: 1- Sülfürlü ortamda doğal gerilim oluşturan elektrokimyasal işleyiş (Sato ve Mooney, 1960)

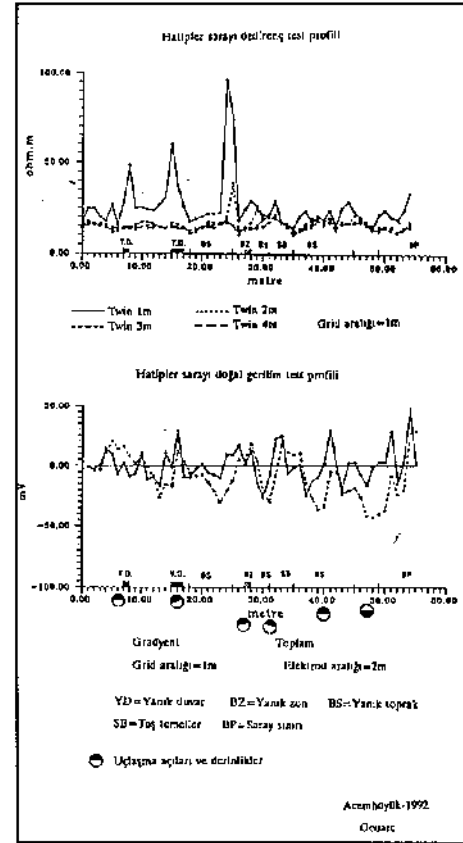


Şekil 2- Test profili üzerindeki yuvarlatma ve normalize olmuş çapraz ilişki sonuçları

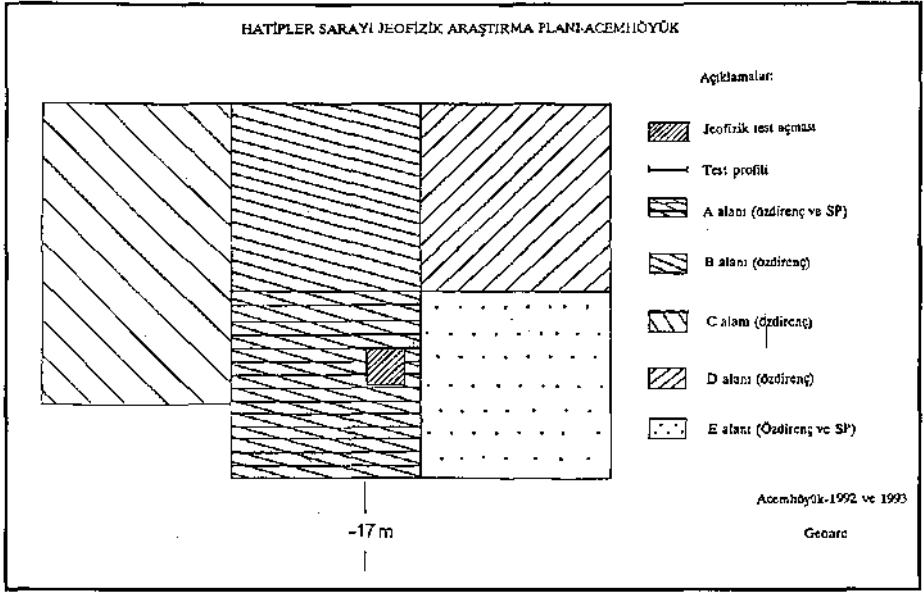




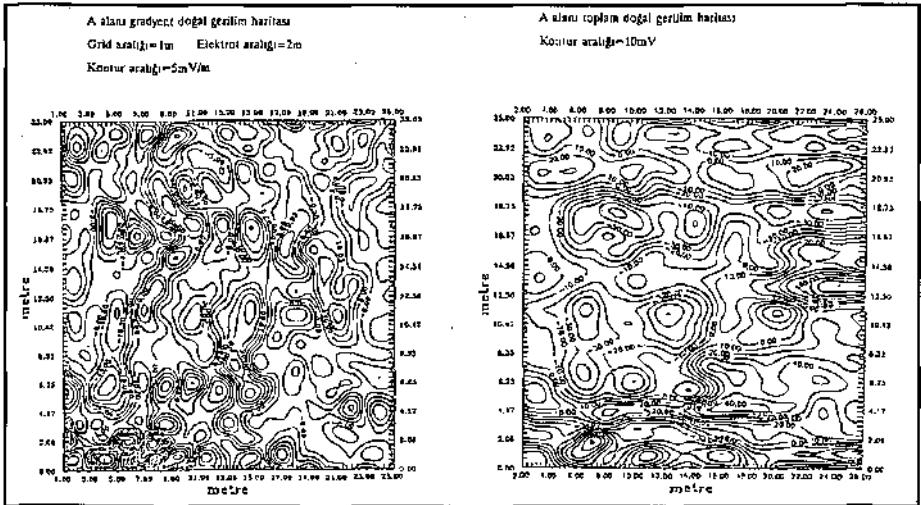
Şekil: 4- Accemhöyük 1966 kazı sonuçları
(Özgüç, 1968)



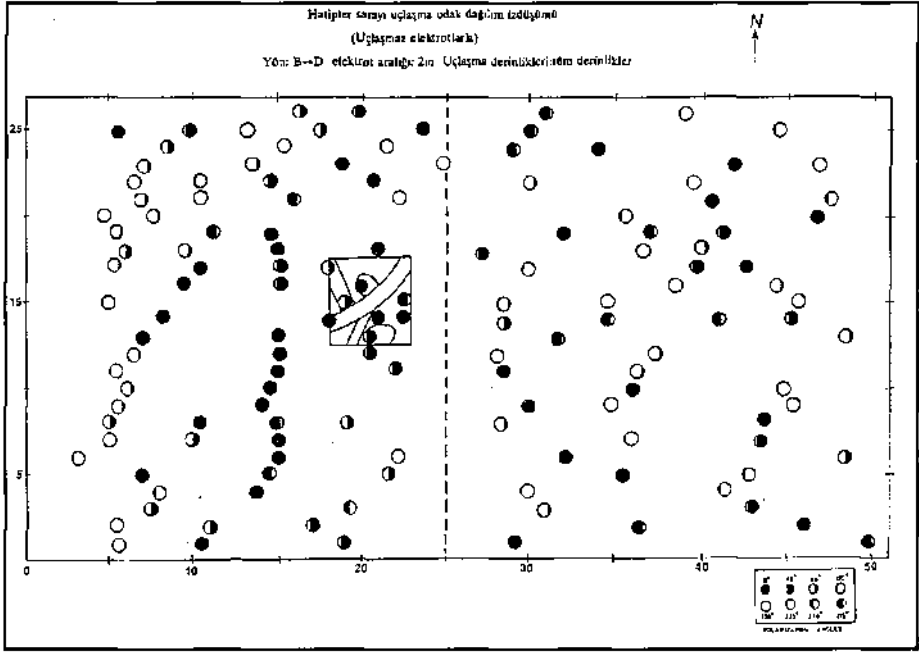
Şekil: 5- Hatipler Sarayı
özdirenç ve doğal gerilim
test profili



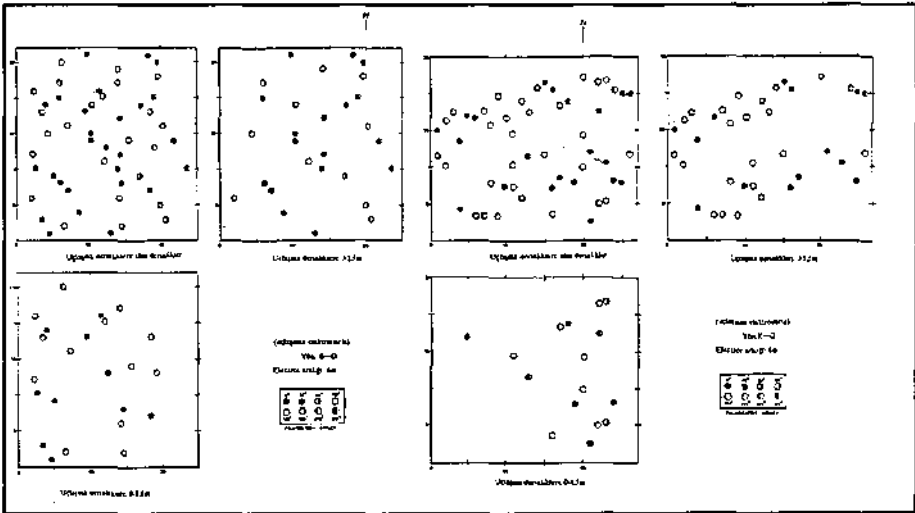
Şekil: 6- Hatipler Sarayı jeofizik araştırma planı



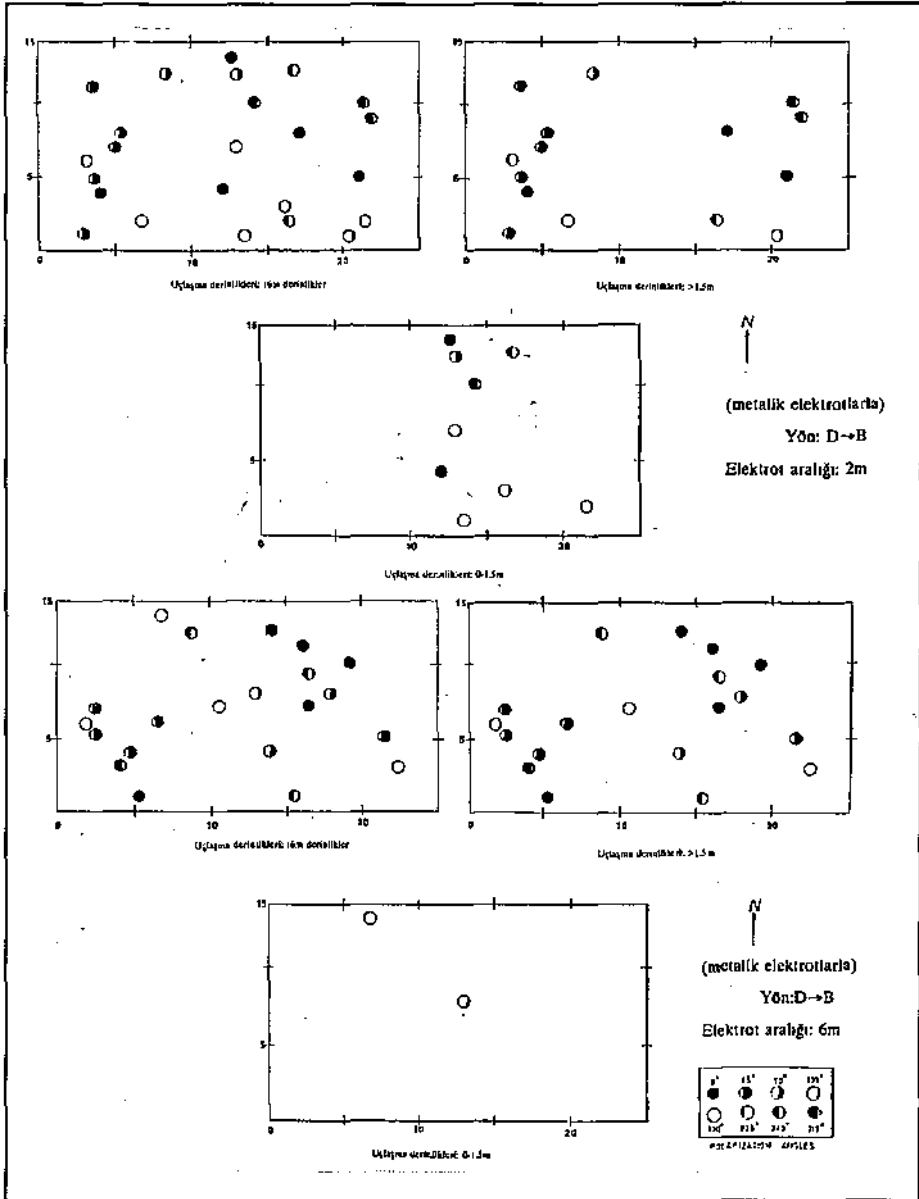
Şekil: 7- A alanındaki gradyent ve toplam doğal gerilim haritaları



Şekil: 8- Hatıpler Sarayı uçlaşma odak dağılım izdüşümleri (Alan A ve E)



Şekil: 9- Hatıpler Sarayı uçlaşma odak dağılım izdüşümleri (Alan E)



Şekil: 10- Metalik elektrotlarla ölçülmüş uçlaşma odak dağılım izdüşümleri.

