

Makale Gönderim Tarihi:26 Mayıs 2020
Yayına Kabul Tarihi:24 Haziran 2020

Daskyleion Doğu Nekropolü Kaya Mezarı II Buluntusu Hançerin Arkeometrik Analizleri

Archaeometric Analysis of a Dagger from Dascyleum Eastern Necropolis, Rock-cut Tomb II

Atalay Karatak^{1*}, Ali Akın Akyol¹

¹Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, Ankara/TÜRKİYE.

*Sorumlu yazar: E-Posta: atalay.karatak@hbv.edu.tr;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1079-9429>.

Özet

Manyas Gölü'nün (Bandırma, Balıkesir) güneydoğu kıyısında bulunan Daskyleion'un, yerleşim alanına ek olarak doğu ve güneyinde iki de nekropol alanı bulunmaktadır. Bu nekropol alanları, Daskyleion'un farklı dönemlerine ait çeşitli tip ve büyüklüklerde mezarları barındırmaktadır. Bu mezarlar arasında, Kaya Mezarı II olarak tanımlanan mezar, anakayaya oyulmuş uzun bir dromos ve mezar odasından oluşmaktadır. Mezarda 2014 yılında yapılan kazı çalışmalarında, anakayaya işlenmiş iki kline ile çeşitli tür ve biçimlerde ölü hediyeleri açığa çıkartılmıştır. Çalışmaya konu olan buluntu, bu klinelerden biri üzerine defnedilmiş olan bireye mezar hediyesi olarak bırakılmış çelikten yapılmış bir hançerdir. Kınıyla birlikte ve in situ olarak günümüze kadar korunmuş olması, bu hançere Anadolu ve bölge arkeolojisi açısından ender bir buluntu niteliği kazandırmaktadır. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Tarihi Malzeme Koruma ve Araştırma Laboratuvarı (MAKLAB) bünyesinde arkeometrik yönden incelenen hançer üzerinde XRF, X-ışını radyografi, metalografi, SEM-EDX ve LIPS analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen veriler ışığında, hançerin kimyasal kompozisyonu, üretim süreci ve olası hammadde kaynağı hakkında bilgilere ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arkeometalürji, Daskyleion, LIPS, metalografi, SEM-EDX, X-ışını radyografi.

Abstract

Dascyleum is located on the southeast coast of Lake Manyas (Bandırma, Balıkesir/TURKEY). In addition to the settlement, Dascyleum has two necropolis areas in the east and south. These necropolis areas contain various types and sizes tombs, from different periods of Dascyleum. Among these tombs, the tomb which is defined as the Rock-cut Tomb II, consists of a long dromos and a burial chamber cut into the bedrock. During the excavations at the tomb in 2014, two klines carved into the bedrock with grave goods various types and forms has been revealed. The subject of the study is a dagger made of steel left as a grave good for the individual buried on one of these klines. Owing to the still in its sheath and well preserved in situ, this dagger serves as a rarely encountered archaeological find in terms of Anatolian and regional archeology. On the dagger that archaeometrically examined at the Ankara Hacı Bayram Veli University, Historical Material Conservation and Research Laboratory (MAKLAB), XRF, X-ray radiography, metallography, SEM-EDX and LIPS analyzes were performed. As a result of the data obtained from the analysis, informations about the chemical composition of the dagger, its production process and possible raw material source has been reached.

Keywords: *Achaeometallurgy, Dascyleum, LIPS, metallography, SEM-EDX, X-ray radiography.*

1.Giriş

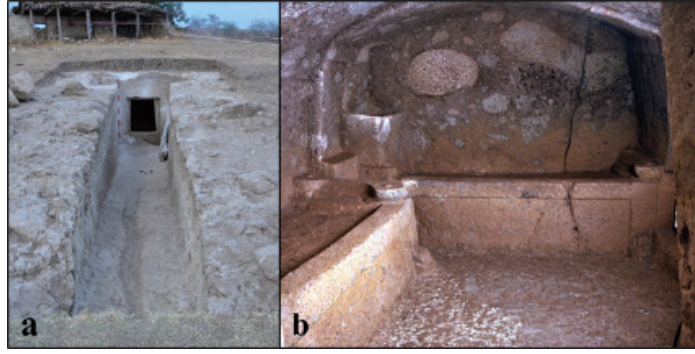
Daskyleion, Manyas Gölü'nün güneydoğu kıyısında, Balıkesir'in Bandırma ilçesine bağlı Ergili Köyü yakınlarında yer alan ve Hisartepa adı verilen mevki ile yakın çevresini kapsayan bir arkeolojik alandır (Şekil 1). Bu alanın doğusunda, Doğu Nekropol olarak adlandırılan bir nekropol mevcuttur. Nekropol içerisinde, kayaya oyulmuş mezarlar tespit edilmiştir. Tespit edilen mezarlardan, 2014 yılında kazısı yapılan ve Kaya Mezarı II (Şekil 2) olarak tanımlanan mezar, soyulmamış ve tahrip edilmemiş olması bakımından Daskyleion'da keşfedilen diğer mezarlardan ayrılmaktadır (İren ve Kasar, 2016).



Şekil 1. Daskyleion ve Kaya Mezarı II'nin konumu

Çalışmaya¹ konu olan anakayaya oyulmuş mezar (Şekil 2a), MÖ 3. yüzyılın ortalarına tarihlenmektedir ve kuzeybatı duvarı 10,14 m, güneybatı duvarı 9,90 m uzunluğunda bir dromosa ek olarak, 3,20x2,80 m ölçülerinde bir mezar odasına sahiptir. Mezar odası içerisinde ise yine anakayaya oyulmuş, kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı uzantılı olmak üzere iki adet kline (Şekil 2b) bulunmaktadır (İren ve Kasar, 2016).

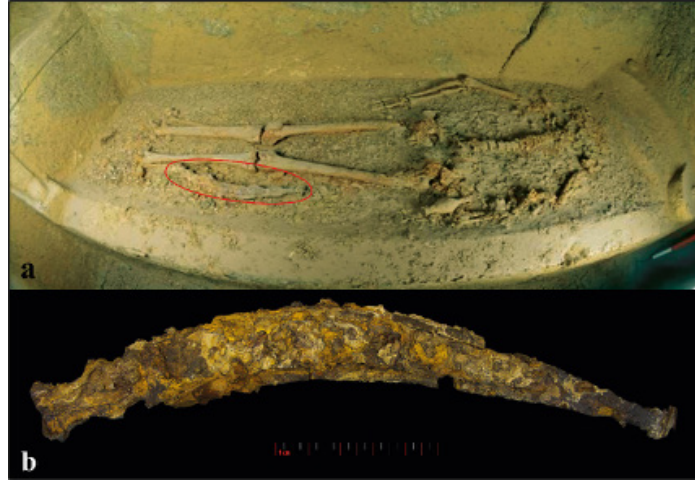
¹Bu çalışma Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı bünyesinde yapılan Daskyleion Arkeolojik Alanı Doğu ve Güney Nekropollerinden Ele Geçen Bir Grup Metal Buluntu Üzerine Arkeometrik İncelemeler başlıklı yüksek lisans tezinden (Karatak, 2018) geliştirilerek üretilmiştir. Çalışmaya konu olan hançerin de yer aldığı bir grup metalin ön çalışmaları, daha önce 32. Uluslararası Arkeometri Sempozyumu'nda Daskyleion Arkeolojik Alanı Metal Buluntuları Üzerine Arkeometrik Ön Çalışmalar başlığıyla bildiri olarak sunulmuş ve aynı başlıkla sempozyum bildirileri kitabında yayımlanmıştır (Karatak ve ark., 2017).



Şekil 2. Kaya Mezarı II'nin dıştan (a) ve içten (b) görünümü (Daskyleion kazı arşivi)

1.1. İncelenen Hançer

Çalışmaya konu olan hançer, kuzeydoğu-güneybatı uzantılı kline üzerine defnedilmiş bir bireyin diz hizasına bırakılmıştır (Şekil 3a). Ölü hediyesi olarak bırakılan ve in situ halde ele geçen bu hançer (Şekil 3b), kını içerisinde günümüze kadar ulaşabilen ender örneklerden biri olması bakımından oldukça önemlidir (İren ve Kasar, 2016; Karatak, 2018).



Şekil 3. Kline ve hançerin in situ görünümü (a) (Daskyleion kazı arşivi) ile hançerin mekanik temizlik sonrası görünümü (b)

Hançerin demir (III) oksit-hidroksit görünümüyle uyumlu renk ve dokularda korozyon tabakasıyla kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 3b). Bunun yanında, namlunun tamamının içinde bulunduğu kın üzerinde pseudomorfoz ahşap izleri de tespit edilmiştir. Bu kısımlarda yüzeysel analizlere başlamadan önce, hançere temel düzeyde mekanik temizlik ve hançerin yapısal bütünlüğünü güçlendirmeye yönelik konservasyon işlemleri uygulanmıştır². Bu işlemler öncesinde ise hançerin namlu kısmından koptuğu anlaşılan ve M1d kodu verilen parça metalografik inceleme için ayrılmıştır³.

²Hançerin mekanik temizliği ve yapısal bütünlüğünün güçlendirmesine yönelik çalışmalar, Gazi Üniversitesi (günümüzde Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi), Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'nden Öğr. Gör. Serap Özdemir ve gözetimindeki ekip tarafından yapılmıştır.

³Metalografik analizlerde metalin mikroyapısını tanımlamak amacıyla alınan örnekler, metalik gövdenin tamamını doğru olarak temsil edecek nitelikte olmalıdır (ASTM International, 2007: 6). Ayrıca kesici bir aleti veya silahı doğru bir biçimde tanımlayabilmek için gerekli olan en uygun metalografik örnekler, namlunun kesici kenarından başlayarak, gövdenin tamamını içerecek şekilde alınmalıdır (Blakelock, 2012: 85). Ancak envanterlik (müze sergilenmeye değer) nitelikte ve oldukça nadir bir arkeolojik eser üzerinde yapılacak böylesi bir örnek alma işlemi, kültür varlıklarını korunmasına yönelik etik ilkelere aykırıdır. Bu nedenle; metalografik incelemelerin yeni bir örnek alınmadan, kısıtlı da olsa bazı tanımlamaları yapmaya olanak sağlayabilecek söz konusu parçayla (M1d) yapılmasına karar verilmiştir.

2. Analizler ve Bulgular

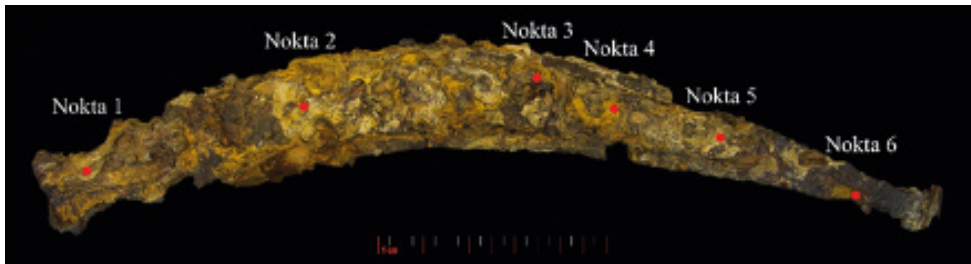
Hançer üzerinde yapılan test, ölçüm ve incelemelerin genel bilgileri ile bunlardan elde edilen bulgular, işlem sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

2.1. X-Işını Floresans (XRF) Spektrometrisi

X-Işını floresans spektrometrisi (*X-Ray fluorescence spectrometry-XRF*) ya da daha bilinen adıyla XRF analizi; bir maddenin element kompozisyonunun belirlenmesi için kullanılan işgal-siz (*non-invasive*) bir yöntemlerden biridir. Bu yöntem; örneğe yüksek enerjili X-Işınlarının gönderilmesinin ardından, örnekten geri salınan ışınların (floresans) uygun bir detektörle algılanarak element kimliğinin tanımlanması esasına dayanır (Ataman, 2012).

Hançerin mikro XRF ölçümleri, SPECTRO marka MIDEX-M model enerji dağılımlı masaüstü XRF spektrometresiyle yapılmıştır⁴. Bunun yanında hançerin 2 ve 4 nolu noktalarının ölçümü, Olympus marka Innov-X DS-2000 Delta model el tipi enerji dağılımlı XRF spektrometresiyle gerçekleştirilmiştir⁵. El tipi XRF ölçümleri, Alloy Plus (Turkish Museum) modunda, 40 kV gücündeki ışınla 45'er saniyelik atımlar şeklinde yapılmıştır.

Hançer üzerinde, toplamda 6 noktadan (Şekil 4) yapılan XRF ölçümlerinin 4 tanesi (Nokta 1, 2, 4 ve 5), kabza ve kına ait pseudomorfoz ürünlerin bulunduğu bölgelerden alınmıştır. Mikro XRF spektrometresinin yanı sıra el tipi XRF ile Alloy Plus Turkish Museum ve Soil modlarında yapılan ölçümler neticesinde, bu kısımlardaki genel yapının hafif element (LE) olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kın gövdesine denk gelen bu bölgelerdeki malzemenin (pseudomorfoz görüntüyle örtüşen bir biçimde) ahşap olması gerektiği şeklinde yorumlanmıştır. Namlu kısımdaki metalik bölgeden alınan ölçümde (Nokta 3) %98,33⁶ oranında, kının uç kısmındaki metalik bölgeden alınan ölçümde (Nokta 6) ise %97,97 demir (Fe) tespit edilmiştir. Bu noktalarda Fe yanında eser miktarda (%0,002-0,273) başka elementler de tespit edilmiştir (Karatak, 2018: Ek-2d).



Şekil 4. Hançerden XRF ölçümü alınan noktalar

2.2. Radyografik İncelemeler

Radyografi, X-ışını görüntülemesi veya daha yaygın olarak bilinen adıyla röntgen; X-ışınlarının penetrasyon özelliği yardımıyla madde, obje veya herhangi bir canlının iç yapısının görüntüsünü elde etme tekniğidir. Bu teknikte örnek, belli bir süre ve şiddette radyasyona maruz bırakılarak; açık ve koyu tonlarda değişen (kontrastlı) bir görüntü elde edilir. Radyasyona maruz kalan örneğin yoğunluk veya kalınlıkları değişen bölgelerinin radyasyon soğurma kapasiteleri de

⁴Mikro XRF (μ -XRF) ölçümleri, Ankara Üniversitesi, Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (YEBİM) yapılmıştır.

⁵El tipi XRF (HH-XRF) ölçümleri, Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

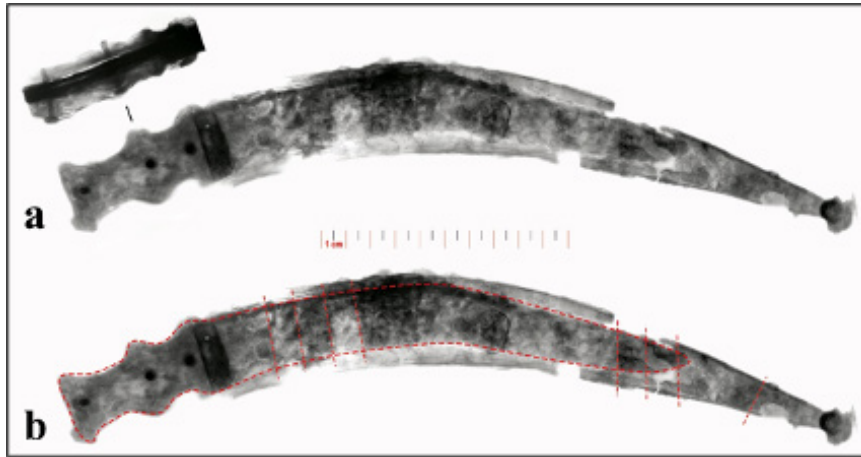
⁶Metinde ve tablolar içerisinde verilen tüm sayısal değer ve ortalamalar, virgülden sonra iki ondalık basamak olacak şekilde yuvarlanmıştır.

değişkenlik gösterdiğinden; elde edilen görüntüde farklı tonlarla birbirinden ayrılan bölgeler veya noktalar oluşur. Böylelikle de radyografik görüntüsü elde edilen örneğe dair çeşitli yorumlamalar yapılabilmesi mümkün hale gelir (Tuğrul, 2012).

Radyografik görüntüleme çalışmaları, Hitex marka HI-150 model X-Işını görüntüleme cihazıyla, 0,9 mA'lık 70 kV gücündeki ışınla ve 50 cm mesafeden gerçekleştirilmiştir⁷.

Hançerin negatif radyografik görüntüleri⁸ (Şekil 5) incelendiğinde; kabza, namlu ve kın gibi bölümlere ait detaylar (Şekil 5a) hakkında bilgi veren anomali alanlarının varlığı görülmüştür.

Bu alanların daha tanımlayıcı ve ayırt edilebilir olması için bu alanlar kırmızı renkli kesik çizgilerle belirtilmiştir (Şekil 5b). Böylelikle radyografik görüntüde izlenen kabza, namlu, kın ve kını oluşturan parçaların işlevsel detaylarının yanında, tipolojik detaylar da ortaya çıkarılmıştır. Eldeki bu görüntüden, hançerin kabzadan uca doğru incelen, tek kenardan keskinleştirilmiş, iç bükey bir namlusu olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca koyu renklerle karakterize olan malzeme kalınlığı, içbükey tarafının (ağız) keskinleştirildiği, dışbükey tarafın (sırt) ise küt bırakıldığı göstermiştir.



Şekil 5. Hançerin radyografisi (a) ve kırmızı ile işaretlenen anomali alanları (b)

2.3. Metalografik İncelemeler

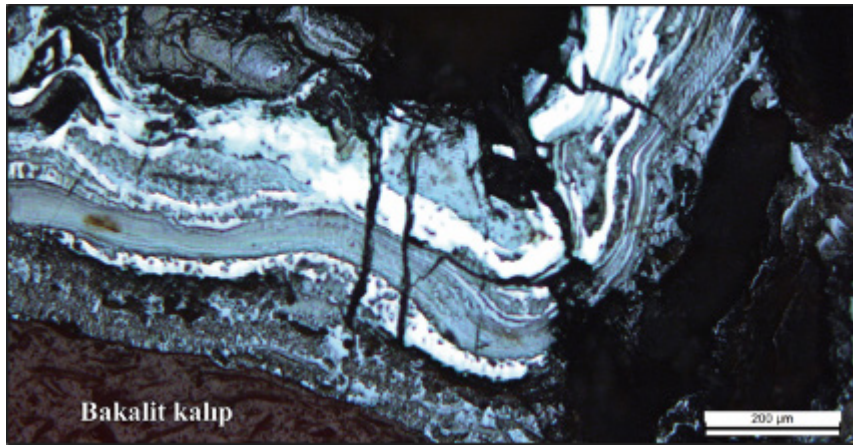
Metalografi, metal veya alaşımların mikroyapısının incelenmesi amacıyla bir dizi hazırlık işleminden geçen örneklerin; örnek yüzeyine üstten ışık vererek, yansıyan ışık demetleri sayesinde görüntü alan optik metal mikroskobu yardımıyla incelenmesi olarak özetlenebilecek bir malzeme inceleme yöntemidir. Bu yöntemle yapılan incelemelerde, örneğin mikroyapısına dair tüm detayları görebilme ve olabildiğince doğru tanımlama yapabilme olanağı alınan örneğin niteliği ve parlak kesit hazırlık sürecinin (kalıba alma, zımparalama, parlatma ve dağlama) başarısıyla doğru orantılıdır (Salman ve Gülsoy, 2004).

⁷Radyografik incelemeler, Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

⁸Hançere ait radyografik görüntüler, (bu örnek özelinde) detayların daha iyi görülebilmesi için negatif yani renkleri ters çevrilmiş olarak alınmıştır. Standart bir radyografik görüntüde (pozitif); izlenen açık renkli alanlar, malzeme kalınlığı veya yoğunluğunun fazla olduğu alanları, koyu renkli alanlar ise malzeme kalınlığı veya yoğunluğunun az olduğu alanları temsil etmektedir (Tuğrul, 2012: 370). Negatif radyografik görüntü için ise bu durum tam tersidir. Yani koyu alanlar malzeme kalınlığı veya yoğunluğunun fazla olduğu, açık alanlar ise malzeme kalınlığı veya yoğunluğunun az olduğu alanları temsil etmektedir.

Metalografik örnek hazırlamada arkeolojik ve tarihi metallerde izlenen standart metalografik örnek hazırlama prosedürü (Scott, 1991) referans alınmıştır. Örnek hazırlanmasında, kalıba alma işlemi için ATM marka, OPAL 460 model sıcak kalıplama cihazı, zımparalama ve parlatma işlemi için ATM marka, SAPHIR 330 model zımparalama-parlatma cihazı kullanılmıştır. Hazırlanan parlak kesitten görüntü alma işlemi için ise Leica marka, DMI5000 M model ters metal mikroskobu kullanılmıştır⁹.

M1d kodu verilen, hançere ait örneğin (örnek almadaki etik sınırlılıklardan kaynaklı olarak) tane yapısına dair istenilen düzeyde tanımlayıcı veriler sunan bir görüntüsü elde edilememiştir. Ancak buna rağmen, parlak kesitten alınan optik mikroskop (OM) görüntüsünde (Şekil 6) korozyon akıntıları ve korozyon katmanlarına dair temel düzeyde bilgi edinilmiştir. Buna göre M1d kodlu örnekte mermerimsi bir görüntü (*marbling/marbled aspect*) oluşturan çok sayıda katman olduğu görülmüştür.



Şekil 6. M1d kodlu örneğin parlak kesitinin OM görüntüsü

2.4. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işını (EDX) Ölçümü

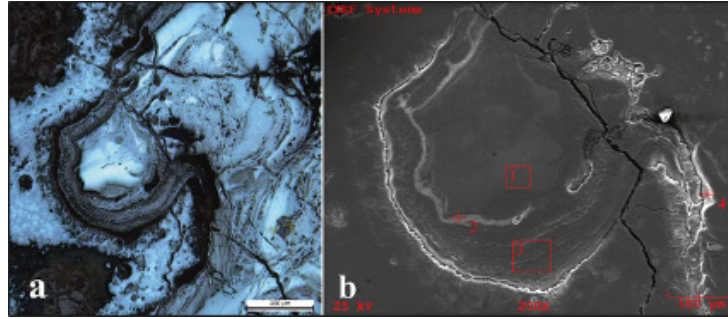
Taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscope) ya da daha yaygın kullanılan kısa adıyla SEM veya SEM analizi; yüksek vakum ve voltaj ortamında örneğin yüzeyine gönderilen odaklanmış bir elektron demeti vasıtasıyla, örnek yüzeyinin taranmasına dayalı bir görüntü elde etme yöntemidir. Örnek yüzeyine uygulanan elektron taraması sonucunda elde edilen görüntü, yüzeyin optik görüntüsü değil morfolojik bir görüntüsüdür. Görüntü elde etmek için yapılan elektron taramasında açığa çıkan fotonların, SEM'e bağlanacak uygun dedektör(ler) tarafından algılanması esasına dayanan ve EDS, EDX, EDXS veya XEDS kısaltmalarıyla anılan enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (energy dispersive X-ray spectroscopy) yardımıyla da örneğin element içeriği belirlenebilmektedir (Ataman, 2012).

M1d kodlu örneğin SEM görüntülemeleri ve EDX ölçümleri, JEOL marka, JSM-6060LV model K tipi tungsten filaman elektron kaynaklı cihazla, HV (High Vacuum) modunda yapılmıştır¹⁰.

⁹Metalografik örnek hazırlığı ve görüntü alma işlemleri Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Metalografi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

¹⁰SEM görüntülemeleri ve EDX ölçümleri, Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, SEM Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Parlak kesitinin OM görüntülemesi tamamlanan örnek, SEM incelemesi ve EDX ölçümüne alınmıştır. Örneğin mermerimsi doku sergileyen başka bir bölümü (Şekil 7a), SEM’de de görüntülenmiştir (Şekil 7b). SEM görüntülemesi sonucunda farklı renk ve doku özellikleri gösteren alanlardan, noktasal ve bölgesel EDX ölçümleri alınmıştır.



Şekil 7. M1d'nin parlak kesitinin OM (a) ve EDX ölçümü yapılan alanlarının işaretlendiği SEM görüntüsü (b)

EDX ölçümlerinden elde edilen sonuçlar (Tablo 1) incelendiğinde; açık renkte ince bir katman şeklinde gözükken 2 nolu nokta dışındaki tüm ölçümlerde, beklenildiği üzere kompozisyondaki ana elementin ortalama %63,76 oranındaki Fe olduğu görülmüştür. Bunun yanında, tüm ölçüm bölge ve noktalarında %4 üzerinde kurşun (Pb) varlığının yanında, çeşitli miktarlarda volfram/tungsten (W), kobalt (Co), galyum (Ga), çinko (Zn), bakır (Cu), niyobyum (Nb), antimon (Sb) ve molibden (Mo) gibi ağır elementler ile bu ağır elementlerle birlikte oluşabildiği bilinen antimon (Sb) (Miller, 1973) tespit edilmiştir.

Tablo 1. M1d kodlu örneğin EDX sonuçları (ağırlıkça >%1 elementler).

Bölge/ Nokta	Fe	O	Pb	W	Co	Ga	Zn	Ba	Cu	Nb	Sb	S	Mo
1 (Bölge)	61,20	8,88	7,08	7,29	1,65	1,62	0,94	0,83	1,62	0,84	0,73	0	0
3 (Bölge)	58,88	8,58	7,40	6,32	0,96	0,74	1,27	0,08	0,46	0,52	0,74	0	0
4 (Nokta)	71,19	4,36	4,14	4,45	1,58	1,40	1,12	0,26	1,01	1,11	0,64	0,03	0
Ortalama	63,76	10,61	6,21	6,02	1,40	1,25	1,11	0,39	1,03	0,82	0,70	0,01	0
2 (Nokta)	6,10	0	5,42	2,20	0,69	0,40	0,29	63,65	0,35	1,49	1,27	9,34	5,52

Açık renkli ince katmandan yapılan 2 nolu noktasal ölçüm, diğer üç ölçümdeki değerlerden oldukça farklı değerler vermiştir. Bu nokta dışındaki ölçümlerde ortalama %10,61 oranında oksit/oksijen (O) görülürken, korozyona uğrayan demir esaslı malzemelerde görülmesi beklenen oksidin 2 nolu noktada görülmemesi dikkat çekicidir. Ayrıca bu noktada yalnızca %6,10 oranında Fe saptanmıştır. Buna ek olarak, diğer üç ölçümde görülen ortalama %0,39 oranındaki baryum (Ba) varlığının, 2 nolu noktada diğer ölçümlerden oldukça yüksek düzeyde, %63,5 oranında olduğu belirlenmiştir. Yine bu noktada, diğer ölçümlerin ortalamalarından oldukça fazla olan sülfür/kükürt (S) varlığı da dikkat çekmektedir. Diğer ölçümlerde ortalama %0,01 seviyesinde olduğu görülen S, 2 nolu noktada %9,34 seviyesindedir.

2.5. Lazerle Oluşturulan Plazma Spektroskopisi (LIPS)

İzabe sürecinde demir oksitlerin indirgenmesinde (Yalçın, 2000), işleme sürecinde ise yapıya bağlanarak çelik oluşmasında (Güder, 2015) yani daha açık bir ifadeyle demirin eldesinde ve üstün nitelikler kazandırılmasında asıl ve en önemli etmen karbondur. Demirler, içerdikleri

karbon (C) miktarına göre demir, düşük karbonlu çelik, orta karbonlu çelik, yüksek karbonlu çelik ve dökme demir olarak sınıflandırılmaktadır (Uzun, 2012). Dolayısıyla demir esaslı buluntularda, yapıdaki karbonun ve miktarının (ağırlıkça yüzde) tespit edilmesi oldukça önemlidir. Ancak karbonun X-ışını floresans değeri oldukça düşüktür (Mantler, 1992). Bu nedenle de bir Fe-C alaşımı olan çeliğin, yapısındaki alaşım yapıcı karbon elementinin miktarını standart bileşenli bir X-ışını floresans spektrometresiyle belirlemek mümkün değildir (Nicolosi ve ark., 1986; Anzelmo ve Boyer, 1986; Weber ve ark., 1992). Buradan hareketle, M1d kodlu örneğin yapısındaki karbon miktarını belirlemek için karbon deteksiyonu yapılabilen yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemler arasından da hançerden başka bir örnek almaya ve yeni bir örnek hazırlama sürecine gerek olmadan, mevcut metalografik örnek (M1d) üzerinde uygulanabilecek bir yöntem olmasıyla öne çıkan LIPS yöntemi tercih edilmiştir.

Yaygın kullanılan kısa adı LIPS (*laser-induced plasma spectroscopy*) olan lazerle oluşturulan plazma spektroskopisi, farklı kaynaklarda LIBS (*laser-induced breakdown spectroscopy*) veya LSS (*laser spark spectroscopy*) kısaltmalarıyla da ifade edilmektedir. Bu yöntem, bir lazer yardımıyla oluşturulan plazmanın örneğe gönderilerek örnek yüzeyinin küçük bir alanının gaz haline getirilmesinin ardından, gaz haline gelen serbest atomların uygun bir detektörle algılanması ve böylelikle de element kimliğinin tanımlanması esasına dayanır (Cremers ve Radziemski, 2013).

Hançerin (M1d) LIPS ölçümleri SciAps marka Z-200 model el tipi LIPS cihazıyla yapılmıştır¹¹. El tipi (HH) LIPS ölçümleri, Carbon App¹² (karbon çeliği ölçümü) modunda, 5.5 mJ/atım gücündeki 1064 nm lazer ile 50 Hz tekraralama frekansında ve 5'er saniyelik üç ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir.

HH-LIPS cihazıyla yapılan ölçüm sonuçları incelendiğinde; M1d kodlu örneğin %96,20 (\pm %0,76) oranında Fe içerdiği tespit edilmiştir. Bu oran namludan alınan XRF ölçümü sonucuyla (%98,33 Fe) da yakın bir değer göstermektedir. Ek olarak ise M1d'nin yapısında %0,59 (\pm %0,18) oranında karbon (C) saptanmıştır.

3. Değerlendirmeler

Hançere (M1d) ait HH-LIPS sonuçları değerlendirildiğinde; yapısında bulunan %0,59 (\pm %0,18) oranındaki karbon (C) varlığından dolayı, hançerin çelikten (Fe-C) üretilmiş olduğu anlaşılmıştır. Fe-C alaşımlarının, yapısındaki C miktarı %0,2 ila %0,5 arasında olduğunda orta karbonlu çelik, %0,5 ila %2 arasında olduğunda ise yüksek karbonlu çelik olarak sınıflandırıldığı bilinmektedir (Uzun, 2012). Ancak HH-LIPS sonuçları, hançerin orta ila yüksek karbonlu çelik ayrımının yapıldığı sınır C değerlerinde olduğunu göstermiştir. Hançerin kompozisyonunda ortalama¹³ %5,06 miktarında olduğu saptanan volframın (W), yapıdaki karbonla birleşerek (Fe₃WC) çeliği karbonsuz bırakabildiği bilinmektedir (Yıldız, 2010: 221). Bu nedenle C bakı-

¹¹LIPS ölçümleri için gerekli el tipi LIPS cihazı Denge Teknik Cihazlar San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından sağlanmış, ölçümler ise Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Tarihi Malzeme Koruma ve Araştırma Laboratuvarı (MAKLAB) bünyesinde yapılmıştır.

¹²LIPS yöntemiyle yapılacak kantitatif analizler için LIPS cihazının, bileşimi bilinen standart numuneler (SRM) ile kalibre edilmesi gerekmektedir (Grant ve ark., 1991: 701). Özellikle demir esaslı arkeolojik buluntular için yerinde analiz imkânı sağlayan taşınabilir analiz cihazları repertuarına eklenebilecek bu cihazın, karbon çelikleri için özel olarak kalibre edilmiş Carbon App modundaki karbon deteksiyon limitinin 0,12 (3 σ), doğruluğunun (accuracy) %0,1 ve hassasiyetinin (precision) ise \pm %0,035 olduğu (üretici firma tarafından) ifade edilmektedir (SciAps, 2017).

¹³EDX ölçümlerinin tamamının (4 ölçüm) aritmetik ortalaması verilmiştir.

mından sınır değerlerde olduğu görülen hançerin, üretildiği dönemdeki C içeriğinin ağırlıkça yüzdesi kesin olarak bilinmemekle birlikte; yüksek karbonlu çelik sınıfında olduğunu söylemek mümkündür. Ancak çelikte sertliği ve kesme kabiliyetini artırdığı bilinen volframın (Yıldız, 2010), hançerin üretiminde bu özellikleri için bilinçli olarak kullanılıp kullanılmadığı hakkında kesin bir yorum yapmak mümkün değildir.

Radyografik görüntüler (Şekil 5) dikkate alındığında, hançerin sap kısmıyla birlikte tek parça halinde imal edildiği anlaşılmaktadır. Kabzayı oluşturan iki parça ahşabın ise sapın her iki yüzüne karşılıklı olarak üç adet perçinle sabitlendiği görülmektedir (Şekil 5a). Yoğun korozyon sebebiyle sap ile bağlantısı kopmuş halde ele geçen üç adet demir kabara başından (Karatak, 2018: 69, 101, Ek-1/18), perçinlerin bir tarafının kabara başlı olduğu, ancak sapın diğer tarafına gelen kısımlarının yayma tekniğiyle genişletilerek kabzanın ahşapların birbirine ve sapa sabitlendiği anlaşılmıştır. Kabzanın namluyla birleştiği kısımda ise demirden (çelik?) bir balçak yapıldığı görülmüştür (Şekil 5, 8a-b).

Pseudomorfoz ahşap izlerinden (Şekil 8a) anlaşılacağı üzere, kın gövdesinin üretiminde ahşap kullanılmıştır. Buna göre iki parça ahşabın hançer namlusunun içine oturacağı biçimde oyulduğu düşünülmektedir. Adından, U kesitli ince birer demir parçanın kının iki parçalı ahşap kabuğunu bir arada tutacak şekilde alt ve üst kenarına geçirildiği anlaşılmıştır. Radyografik görümlerde kının ucunda, dışarıda kalan kısmı küre, kının içinde kalan kısmı ise dik üçgen biçimli masif demirden (çelik?) başka bir parçanın daha olduğu tespit edilmiştir. Bu parçanın, görece daha zayıf olan uç kısmının olası düşmelere veya darbelere karşı kının mukavemetini artırmak amacıyla kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu parça da dahil olmak üzere, kının tüm ana parçalarının birleştirilmesinin ardından; söz konusu parçaların birleşim noktalarını örtecek genişlikteki demir bir şeritle sarılmasıyla kının uç kısmına son halinin verildiği anlaşılmıştır. Kının diğer zayıf noktalarının da yine aynı biçimde ancak daha ince 4 adet demir şeridin aralıklarla sarılmasıyla sağlamlaştırıldığı tespit edilmiştir (Şekil 8c)¹⁴.



Şekil 8. Hançer (a) ve olası otantik görünümünün restitüsyonu (b-c)

Yapılan korumaya yönelik incelemede, hançerin namlu kısmını kaplayan pseudomorfoz oluşumların, namlu yüzeyinde koruyucu etkisi olan bir tabaka oluşturduğu ve hançer namlusunun ileri derecede bozulmasını önlediği görülmüştür. Hançerin kabza ve namlu kısmının demir (III) oksit görünümüyle uyumlu ince bir kahverengi korozyon katmanıyla kaplı olduğu, gövdenin tamamında çukurcuk (*pitting*) ve namluda ise hem çukurcuk hem de kabarcık (*tubercle*)

¹⁴Hançer ve kının işlem zincirinin tamamının görsel canlandırması için bkz. Karatak, 2018: Ek-4b.

korozyonu bölgelerinin varlığı saptanmıştır (Şekil 5, 8a). Metalin içerisine doğru ilerleyen/büyüyen çukurcuk korozyonun (Yalçın ve Koç, 1997: 2-8; Landolt, 2007: 12) aksine, kabarcık tipi korozyon metalin hem içerisine hem de dışarisına doğru büyümektedir (Herro, 1998: 278/2). Kabarcık tipi korozyonun, yapıda oluşan demir hidroksitin oksijen içeren suya maruz kaldığında hızla ferrik hidroksite oksitlenmesiyle oluşan kabuğun altında iki yönlü olarak geliştiği bilinmektedir (Herro, 1998: 278/2). Mezar odası içerisine, anakayadaki büyük yapısal çatlaktan (Şekil 2b) kaynaklandığı düşünülen ve zamanı belirlenemeyen bir su girişinin olduğu görülmüştür. Kline üzerinde görülen, kuruma sonrası çatlaklı bir görünüm kazanmış tortul birikimiyle de (Şekil 3a) doğrulanmış bu durumun, bahse konu korozyon davranışına sebep olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında, kının ahşap kabuğunu sabitleyen metalik dış kısımlarının demir (II) oksit görünümüyle uyumlu siyah renkte ince bir homojen dağılımlı korozyon (üniform korozyon) tabakasıyla kaplı olduğu görülmüştür. Bunun yanında, kının ucunu sağlamlaştırmak için eklendiği değerlendirilen ve şerit kaplamanın altında kalan masif küresel parçada, sarı renkli demir hidroksit tabakasının derin çukurcuk korozyonu oluşturduğu tespit edilmiştir. Aynı gömü koşullarında, aynı malzemedan (demir) üretilmiş farklı parçaların, farklı korozyon davranışı sergilemesinin; kında ve hançerde kullanılan malzemenin gösterdiği yapısal ve teknik anlamdaki farklılıktan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Zira iyi kalitedeki bir çelikten imal edilmiş bir hançer ile kının yapımında kullanılan demirin (çelik?) işçilik ve malzeme kalitesi bakımından aynı olmaması muhtemeldir.

SEM-EDX sonuçlarında Fe dışında, miktar bakımından ağırlıkça %1 ve üzerinde çok çeşitli oran ve türde ağır element (Pb, W, Co, Ga, Zn, Ba, Cu, Nb ve Mo) olduğu görülmüştür (Tablo 1). Metalik demirin yapısında görülen çeşitli elementlerin, izabe (cevherden demir elde etme) işleminde kullanılan cevherden gelerek ve yapıda kaldığı bilinmektedir (Yalçın 2004: 98). Bunun yanında, hançerde (M1d) varlığı saptanan bu ağır elementlerin kullanılan cevherden kaynaklı olarak yapıda bulunabileceği de ifade edilmektedir (Erdal, 1976; Yıldız, 2010). Hançerin (M1d) element kompozisyonunda görülen ağır elementlerin, tür ve oran bakımından çeşitlilik göstermesinin; birçok ağır element ve/veya ağır element içerikli mineralin farklı doğal yollarla birikmesiyle oluşan, plaser tipi demir yataklarıyla ilişkili olması kuvvetle muhtemeldir (Gümüş, 1979; Yalçın, 1992; Yağmurlu ve ark., 2017). Buna ek olarak, üretim artığı olarak tanımlanan açık renkli ince tabakada (2 nolu noktasal EDX ölçümü) %63,65 oranında görülen baryumun (Ba) da cevher kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir. Zira bu ince tabaka izabe ve ocaktaki işleme süreçlerinde yapıdan ayrıştırılamayan gang mineralleriyle ilişkili olmalıdır. Ayrıca demir esaslı buluntularda görülen yüksek Ba varlığının bataklik veya göl yataklarıyla ilişkili olduğu da ifade edilmektedir (Buchwald, 2005). Bunun yanında, söz konusu noktadan alınan EDX sonuçlarında görülen %9,34 oranındaki sülfür/kükürt (S) de dikkat çekici bir düzeydedir. Burada görülen Ba ve S oranları, Anadolu'da yaygın zuhurları bulunan (Barit Araştırma Grubu, 1976) ve Biga Yarımadası'nda da varlığı bilinen (Alpan, 1968) barit (baryum sülfat, BaSO₄) minerali ile uyumaktadır. Eldeki tüm bu veriler birleştirildiğinde ise hançerin hammaddesinin gang minerali barit olan, plaser tipi bir yataktan gelmiş olabileceğini söylemek mümkündür.

Batı Anadolu'daki çeşitli ölçekteki demir yatak ve zuhurları arasında Ayvalık'ta (Balıkesir) Ayazmant (Altınova), Havran'da (Balıkesir) Eymir (Eğmir), Söke'de (Aydın) Çavdar, Torbalı'da (İzmir) Yazıbaşı (Hortuna) demir yatakları bölge için en önemli yataklar olarak gösterilmektedir (Cihnioğlu, 1994). Yazıbaşı (Hortuna) ve Çavdar demir yataklarının düşük tenörlü olması nedeniyle antik teknoloji ile işletilemeyeceklerine yönelik görüş, yazarların başka bir çalışmasında ortaya konulmuştur (Karatak ve ark., 2019). Yazıbaşı (Hortuna) ve Çavdar demir yatakları

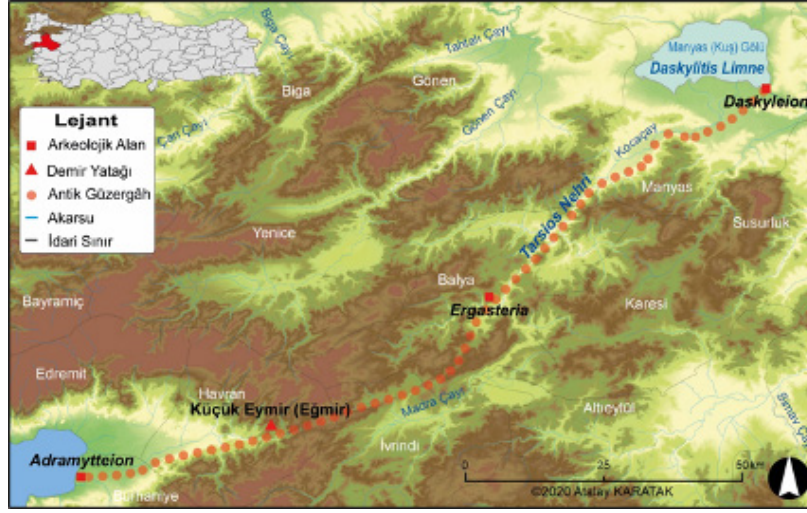
dışında, Daskyleion'un yakın çevresinde bulunan ve önemli yataklar arasında sayılan Ayazmant (Altınova) demir yatağının da hem yataklaşma türü hem de gang mineralleri bakımından (Cihnioğlu, 1994) mevcut verilerle uyuşmadığı görülmüştür. Bunlara ek olarak, çeşitli dönemlerde eski Anadolu madencileri tarafından da işletildiği bilinen, Türkiye'nin en büyük ve en önemli kurşun-gümüş sahası niteliğindeki Balya'da (Sayar, 1955; Wagner ve ark., 1984) bulunan demir yatakları da incelenmiştir. Ancak Balya'daki hiçbir demir yatağının da hançerden elde edilen verilerle örtüşmediği görülmüştür.

Ancak Batı Anadolu'nun önemli demir ayakları arasında sayılan Eymir (Eğmir) demir yatağının, yataklaşma türü ve gang minerali bakımından eldeki verilerle uyumlu özellikler sergilediği görülmüştür (Cihnioğlu, 1994). Daskyleion'un kuş uçuşu 90 km güneybatısında, Havran ilçe sınırları içerisinde yer alan ve bir göl çukurunda birikmiş olduğu ifade edilen (Gümüş, 1979) Eymir (Eğmir) demir yatağı, Büyük (Ana) Eymir ve Küçük Eymir olmak üzere iki farklı yataktan oluşmaktadır. Küçük Eymir demir yatağının, Büyük Eymir'in erozyonu sonucu oluşmuş bir plaser olduğu ifade edilmektedir (Cihnioğlu, 1994). Küçük Eymir'deki hematitli cevherin, ana yatak (Büyük Eymir) ile benzerlik göstermesine (Çağatay 1979) rağmen, Büyük Eymir'den farklı olarak bu yatağın gang mineralinin barit olduğu ifade edilmektedir (Cihnioğlu, 1994). Eymir demir yatağı hakkında jeolojik çalışmalar (Kaya, 1974; Erseçen ve Erseçen, 1979) bulunmasına rağmen, bu yatakla ilgili detaylı bir arkeolojik veya arkeometalürjik çalışmaya ulaşılamamıştır. Arkeoloji literatürüne Eymir ile ilgili ulaşılabilen tek atıfta ise önemli bir demir yatağı olduğu ve barındırdığı arsenik (As) safsızlığı (Muhly ve ark., 1985: 77) dışında bir bilgiye rastlanmıştır. Büyük ve Küçük Eymir demir yatakları, Antik Dönem'de Mysia ve Aeolis (Aeolia) olarak bilinen bölgelerin (Umar, 2006: 1) sınırında sayılabilecek bir noktada yer almaktadır. Küçük Eymir demir yatağının yakın çevresinde yapılan ve sonuçları yayımlanan arkeolojik yüzey araştırmalarında (Kökten, 1949; French, 1969; Özdoğan, 1989; Beksaç, 2004; Yalçıklı, 2019) ise yatağın yakın çevresindeki mağaralarda çalışma yapan İ. K. Kökten (1949) ve sonraki yıllarda Kökten'e yapılan atıflar dışında, arkeolojik dokuya dair detaylı bir veriye rastlanmamıştır.

Ancak Küçük Eymir demir yatağı, Propontis'ten (Marmara Denizi) güneye indiği ifade edilen ana yolun (Dumankaya 2019) çok yakınında bulunmaktadır. Söz konusu yol ile Daskylitis Limne'den (Manyas Gölü) güneye, Tarsios Nehri (Kocaçay) boyunca devam edilerek Ergasteria'ya¹⁵ (Balya) ve oradan da Pergamon'a (Bergama) ulaşıldığı ifade edilmektedir (Dumankaya, 2019). Roma Dönemi'nde ise bu bölgede Hadrianuthera'dan (Balıkesir), Adramytteion'a (Burhaniye, Eski Edremit) giden doğu-batı istikametli bir yolun daha olduğu önerilmektedir (French, 2014; French, 2016). Roma Dönemi için önerilen Hadrianuthera-Adramytteion güzergâhı, günümüzdeki D230 Karayolu (Edremit-Kütahya yolu) ile de büyük oranda örtüşmektedir. Bunun yanında, Küçük Eymir demir yatağının D230 Karayolu'nun, Edremit yönünden 11. kilometresinden sola saparak girilen Eğmir Köyü yolunun 8. kilometresinde olduğu ifade edilmektedir (Cihnioğlu, 1994). Buradan hareketle yapılan kuş uçuşu mesafe ölçümü, Küçük Eymir demir yatağının, Hadrianuthera-Adramytteion yolunun (French, 2014; French, 2016) ve aynı topografik özelliklerden faydalanılarak yapılmış günümüzdeki D230 Karayolu'nun yaklaşık 3 km kuzey-kuzeybatısında kaldığını göstermiştir.

¹⁵Bu yerleşmenin birçok araştırmacı tarafından ünlü madencilik şehri Pericharaxis ile eşleştirildiği bilinmektedir (Dumankaya, 2019: 581). Ancak bu metinde Pericharaxis veya Pericharaxis/Ergasteria yerine, yerleşmenin en önemli işlevine doğrudan vurgu yapan, adlaştığı sıfat niteliğindeki Ergasteria'nın kullanılması uygun görülmüştür.

Ancak doğu-batı aksında Adramytteion'a, kuzey-güney aksında ise Daskylitis Limne'ye (Manyas Gölü) giden ayrı ayrı yollar olduğu ifade edilmesine ve bu yolların birbiriyle çakışmasına rağmen; Adramytteion'dan, Daskylitis Limne'ye ve dolayısıyla Daskyleion'a giden bir antik yola/güzergâha dair somut verilere ulaşılamamıştır. Fakat eldeki veriler, bahse konu alanda kuzeydoğu-güneybatı aksında bir ara güzergâhın daha olması gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle, bölgenin yükselti (elevasyon) verilerinin coğrafi bilgi sistemleri (ESRI ArcGIS) yardımıyla sayısallaştırılmasıyla bir topografik harita oluşturulmuş (Şekil 9) ve söz konusu alanın değerlendirilmesine topografik veriler de dahil edilmiştir.



Şekil 9. Adramytteion-Ergasteria-Daskyleion antik güzergâhı önerisi (French, 2016 ve Dumankaya, 2019'dan uyarlanmıştır)

Buna göre Daskyleion'dan başlayıp, Tarsios Nehri havzasından güneybatı yönünde Adramytteion'a kadar düşük kotlardaki arazi boyunca devam eden yaklaşık 125 km uzunluğundaki doğal bir geçişin varlığı görsel olarak belgelenmiştir. Belgelenen doğal geçiş ile mevcut arkeolojik ve epigrafik verilerin çakıştırılmasıyla da söz konusu alan için bir güzergâh önerisi ortaya çıkmıştır. Harita üzerine işlenen bu öneriye göre; Adramytteion'dan başlayıp Tarsios Nehri havzasına, oradan da Daskyleion'a bağlanan¹⁶ 125 kilometrelik bu güzergâhın tam ortasında (63. km) ise prehistorik dönemlerden günümüze kadar madencilik aktivitelerinin devam ettiği bilinen (Pernicka ve ark., 2003) Ergasteria (Balya) yer almaktadır. Önerilen güzergâhın varlığı kabul edilecek olursa; Adramytteion'un 28 km kuzeydoğusunda, Ergasteria'nın ise 35 km güneybatısında kalan Küçük Eymir demir yatağının da bu güzergâh üzerinde sayılabilecek kadar yakın bir noktada yer aldığı görülmektedir. Bu durumda da Küçük Eymir demir yatağının hem Adramytteion'a hem de Ergasteria'ya yük hayvanlarıyla veya yaya olarak kabaca bir günlük mesafede bulunduğu sunucuna ulaşmak mümkündür. Dolayısıyla da yakın zamana kadar işletilmekte olan bir günlük mesafedeki bu yatağın; antik madenciler tarafından da kullanılmış olması kuvvetle muhtemeldir. Ancak Küçük Eymir demir yatağının antik madenciler tarafından işletilmiş olabileceğini ve hançerin hammaddesinin kökeninin burası olabileceğini ifade etmek, hançerin hammaddesinin izabe edildiği fırının ve üretildiği işliğin tam olarak neresi olduğu gibi soruları cevaplamak için yeterli değildir.

¹⁶Harita üzerinde önerilen güzergâha sadece bu çalışma içerisinde atıf yapılan arkeolojik alanlar işlenmiş, çalışma kapsamı dışında kalan arkeolojik alanlara yer verilmemiştir.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Daskyleion Doğu Nekropolü, Kaya Mezarı II'den ele geçen hançerin yüksek karbonlu, kesiciliği yüksek ve iyi kalitede bir çelikten yapıldığı anlaşılmıştır. Üzerinde görülen bozulma türleri ve olası nedenleri açıklanmış ve otantik görünümünün bilgisayar destekli restitüsyonu oluşturulmuştur. Ayrıca hançerin içyapısında görülen üretim artığının barit olması gerektiği ve bu mineralin de Küçük Eymir demir yatağıyla ilişkili olduğu öne sürülmüştür. Buradan hareketle de hançerin hammadde kökeninin Küçük Eymir demir yatağıyla ilişkilendirilebileceği ifade edilmiş, bu görüş oluşturulan topografik harita ve antik güzergâh önerisiyle de desteklenmeye çalışılmıştır.

Yapıdaki elementlerin bilinmesi, o elementlerin mineralin kristal yapısında oynadığı rolü veya rolleri tam olarak açıklamamaktadır (Köksoy, 1991). Bu nedenle üretim artığının yapısında görülen Ba ve S oranları üzerinden yapılan barit (baryum sülfat, BaSO₄) ve Küçük Eymir demir yatağı yorumu tartışmaya açıktır. Fakat örnek miktarının oluşturduğu teknik sınırlama ve yeni bir örnek alımındaki etik kısıtlardan kaynaklı olarak; hançere ait parçanın (M1d) kristal yapısının belirlenebilmesine dair bir analiz (XRD) için gerekli olan asgari miktarda (5g) örnek elde edilememiştir. Bu nedenle, mineral yorumlaması bu sınırlılıkların el verdiği ölçüde, ayrıntıya inilemeden ve topografik ve epigrafik verilerle desteklenerek yapılmıştır. Hem arkeometalürjik hem arkeolojik hem de epigrafik verilerle dayanarak incelenen hançerin Küçük Eymir demir yatağı ile olan ilişkisi, Küçük Eymir demir yatağıyla Daskyleion ilişkisini “kesin” olarak ortaya koymamaktadır. Zira oluşturulan antik güzergâhın tam ortasında (63. km), prehisto-rik dönemlerden günümüze kadar madencilik aktivitelerinin devam ettiği bilinen (Pernicka ve ark., 2003) Ergasteria (Balya) yer almaktadır. Ergasteria'nın, kelime olarak “işleme yeri” veya “maden işleme yeri” anlamı taşıdığı da bilinmektedir (Umar, 2006). Yataktan/ocaktan çıkarılan maden cevherinin, izabe işlemleri için daha elverişli olan ormanlık alanlardaki akarsu kenarlarına taşındığı ve cevherin bu elverişli alanlardaki işliklerde işlendiği (Belli, 1986: 367-369) göz önünde bulundurulduğunda; Antik Dönem'de bugün bile görülen yoğun orman örtüsü (karaçam, kızılçam ve meşe) ve orman ürünleri (terebentin ve kereste) ile de ünlü olan (Duman-kaya, 2019), aynı zamanda da Tarsios Nehri kıyısında¹⁷ bulunan Ergasteria'nın izabe ve işleme faaliyetleri için gerekli tüm koşullara sahip olduğu anlaşılmaktadır. İsmiyle müsemma bir yerleşme olan Ergasteria'da, başta kurşun ve gümüş olmak üzere çok çeşitli madenlerin işlendiği (Pernicka ve ark., 2003) düşünüldüğünde, bir günlük mesafedeki büyük ölçekli bu demir yatağının Ergasterialı madenciler tarafından da kullanılması akla yatkın gelmektedir. Ayrıca başka bir çalışmada (Karatak, 2018) MÖ 570-530 yıllarına tarihlenen Tepecik Tümülüsü'ndeki (İren ve ark., 2014) bir kurşun akıtmanın kökeninin Balya ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Dolayısıyla Küçük Eymir demir yatağı, Balya ve Daskyleion ilişkisinin kesin olarak ortaya konulduğu bir çalışma olmadan, hançerin hammaddesinin izabe edildiği ve hançerin işlendiği işliğin yeri hakkında kesin bir bilgi vermek mümkün değildir. Bu konuda kesin sonuçlar çıkarabilmek için bölgedeki maden yatakları ve antik dönemde işletildiği bilinen maden galerileri ile Daskyleion'dan alınacak çok sayıda örnekle birlikte yapılacak uzun erimli bir çalışmaya ve ileri düzey jeokimya analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Zira arkeolojik bir arkeolojik buluntunun hammadde kökeni ve üretim yeri hakkındaki “kesin” sonuçlardan bahsedebilmek için bahse konu yatağın ve kontekst verileri tanımlanmış çok sayıda arkeolojik materyalin parmak izinin çıkarılması elzemdir.

¹⁷Balya'da halihazırda faaliyet gösteren kurşun-çinko işletmesine ait maden havuzu da Tarsios Nehri'nin eski sekileri üzerindedir. Bu kesim olasılıkla antik madenciler tarafından da benzer bir işlev için kullanılmıştır.

6. Teşekkür

Yazarlar, bu araştırmada incelenen hançerin çalışılması için gerekli izinleri veren Daskyleion Arkeolojik Kazısı Başkanı ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Kaan İren'e, koruma-onarım çalışmalarındaki katkıları için Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü'nden Öğr. Gör. Serap Özdemir'e, radyografik görüntüleme ve el tipi XRF ölçümlerinin yapılabilmesindeki işbirliği ve katkıları için Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı'ndan Cengiz Özduygulu ve Latif Özen'e, mikro XRF ölçümlerinin yapılması konusundaki işbirlikleri için Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Müdürü Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu ve Dr. Öğr. Üyesi Kıymet Deniz'e, metalografik örnek hazırlama ve SEM-EDX analizlerinin yapılabilmesi konusundaki işbirlikleri için Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Dr. Ramazan Çıtak, Dr. Meryem Polat Gönüllü ve Arş. Gör. Yasemin Aksu'ya, el tipi LIPS ölçümlerinin yapılabilmesi konusundaki katkıları için Denge Teknik Cihazlar San. ve Tic. Ltd. Şti.'den metalurji ve malzeme mühendisi Burak Çığdaş'a teşekkür ederler.

Kaynakça

Alpan, T., 1968. Kuru-Balcılar (Çanakkale) Köyleri Civarının Jeoloji Etüdü. MTA Rapor No: 6840, 28 s (yayınlanmamış).

Anzelmo, J., Boyer, B., 1986. The Analysis Of Carbon And Other Light Elements Using Layered Synthetic Microstructures. *Advances in X-ray Analysis*, 30, 193-200.

ASTM International, 2007. ASTM MNL46-EB Metallographic and Materialographic Specimen Preparation, Light Microscopy, Image Analysis and Hardness Testing. Geels, K., Fowler, D., Kopp, W., Rückert, M., Editors. ASTM International, West Conshohocken, PA.

Ataman, O. Y., 2012. Arkeometride Spektroskopi Yöntemleri. Akyol A. A., Özdemir K., editörler. Türkiye'de Arkeometrinin Ulu Çınarları: Prof. Dr. Ay Melek Özer ve Prof. Dr. Şahinde Demirci'ye Armağan, Ankara: Homer Kitabevi, 87-96.

Barit Araştırma Grubu, Türkiye Madenciliğinde Gelişen Bir Dal Barit, *Madencilik* 15(1), 1-7.

Beksaç, E., 2004. Balıkesir İli Ayvalık, Gömeç, Burhaniye, Edremit ve Havran İlçelerinde Preve Protohistorik Yerleşmeler Yüzey Araştırması 2002, Araştırma Sonuçları Toplantısı. 21(1), 193-202.

Belli, O., 1986. Doğu Anadolu Bölgesi'nde Demir Metalurjisinin Araştırılması. Araştırma Sonuçları Toplantısı. 3, 365-378.

Blakelock, E. S., 2012. The Early Medieval Cutting Edge of Technology: An Archaeometallurgical, Technological and Social Study of the Manufacture and Use of Anglo-Saxon and Viking Iron Knives , and their Contribution to the Early Medieval Iron Economy. Division of Archaeological, Geographical and Environmental Sciences. Doktora Tezi, 213 s (yayınlanmamış).

Buchwald V. F., 2005. Iron And Steel in Ancient Times. Copenhagen, The Royal Danish Academy of Sciences and Letters.

Cihnioglu, M., 1994. Türkiye Demir Envanteri. Ankara, MTA Yayınları.

Cremers D. A., Radziemski, L. J., 2013. Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, 2nd Ed. West Sussex, Wiley.

Çağatay. A., 1979. Yamaç ve Akarsu Plaserlerine Dünya ve Türkiye'den Bazı Örnekler. Yeryuvarı ve İnsan. 4(4), 11-20.

Dumankaya O., 2019. Pericharaxis/Ergasteria'dan Propontis'e: Kuzey Mysia'nın Antik Çağ Ticaret Rotaları Üzerine Yeni Gözlemler. Dumankaya O., editör. Çağlar Boyunca Üretim ve Ticaret: Prehistorya'dan Bizans Dönemine. Ankara, Bilgin Kültür Sanat Yayınları, 579-594.

Erdal, I., 1976. Kimya Mühendisliği Eksraktif Metalurjisi. Ankara: Bizim Büro Matbaası.

Erseçen, S., Erseçen, N., 1979. Balıkesir-Eğmir-Balya Arası ve Eğmir Güneyindeki Fe Zuhurları Prospeksiyon Raporu. MTA Rapor No: 1665, (yayınlanmamış).

Esin, U., 1969. Kuantatif Spektral Analiz Yardımıyla, Anadolu'da Başlangıcından Asur Kolonileri Çağına Kadar Tunç Madenciliği, İstanbul, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

French, D. H., 1969. Prehistoric Sites in Northwest Anatolia II: The Balıkesir and Akhisar/Manisa Areas. Anatolian Studies. 19, 41-98.

French, D. D., 2014. Roman Roads and Milestones of Asia Minor, Vol. 3: Milestones, Fasc. 3.5, Asia. London, British Institute at Ankara.

French, D. D., 2016. Roman Roads and Milestones of Asia Minor, Vol. 3: Milestones, Fasc. 3.9, An Album Of Maps. London, British Institute at Ankara.

Grant, K. J., Paul, G. L., O'Neill, J. A., 1991. Quantitative Elemental Analysis of Iron Ore by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. Applied Spectroscopy. 45, 701-705.

Güder, Ü., 2015. Anadolu'da Ortaçağ Demir Metalurjisi: Kubad Abad, Samsat, Kinet Höyük, Hisn Al-Tinat ve Yumuktepe Kazı Buluntuları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Anabilim Dalı, Çanakkale, Doktora Tezi, 284 s (yayınlanmamış).

Gümüş, A., 1979. Metalik Maden Yatakları. İstanbul, Çağlayan Kitabevi.

Herro, H. M., 1998. MIC Myths - Does Pitting Cause MIC?, Corrosion: Annual Conference and Exposition, Proceedings. 53, 278/1-278/20.

İren, K., Doğan, Z., Atay, Ç., 2014. Tepecik: Daskyleion'da Bir Lydia Tümülsü, Aktüel Arkeoloji. 40, 52-55.

İren, K., Kasar, Ö., 2016. Daskyleion 2014 Yılı Kazı Çalışmaları. Kazı Sonuçları Toplantısı. 37(2), 63-80.

Karatak, A., 2018. Daskyleion Arkeolojik Alanı Doğu ve Güney Nekropollerinden Ele Geçen Bir Grup Metal Buluntu Üzerine Arkeometrik İncelemeler. Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı. Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 121 s (yayınlanmamış).

Karatak, A., Akyol, A. A., Bingöl, I., 2019. Magnesia'dan Ele Geçen Demir Cürüflerinde Arkeometrik İncelemeler. Arkeometri Sonuçları Toplantısı. 35, 25-42.

Karatak, A., Akyol, A. A., İren K., 2017. Daskyleion Arkeolojik Alanı Metal Buluntuları Üzerine Arkeometrik Ön Çalışmalar. Arkeometri Sonuçları Toplantısı. 32, 149-166.

Kaya, S., 1974. Balıkesir-Bursa-Çanakkale-Kütahya Bölgesi Demir Prospeksiyon Raporu. MTA Rapor No: 1528, (yayınlanmamış).

Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Kökten, İ. K., 1949. 1949 Yılı Tarihöncesi Araştırmaları Hakkında İlk Kısa Rapor. Belleten. 13(52), 811-831.

Landolt, D., 2007. Corrosion and Surface Chemistry of Metals, Florida, CRC Press.

Mantler, M., 1992. Quantitative XRFA of Light Elements by the Fundamental Parameter Method. Advances in X-Ray Analysis. 36, 27-33.

Moorey, P. R. S., 1994. Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence. Oxford, Clarendon Press.

Muhly, J. D., Maddin, R., Stech, T., Özgen, E., 1985. Iron in Anatolia and the Nature of the Hittite Iron Industry. Anatolian Studies. 35, 67-84.

Nicolosi, J., Groven, J., Merlo, D., 1986. The Use of Layered Synthetic Microstructures for Quantitative Analysis of Elements: Boron to Magnesium. Advances in X-Ray Analysis. 30, 183-192.

Özdoğan, M., 1989. 1987 Yılı Edirne ve Balıkesir İlleri Yüzey Araştırması. Araştırma Sonuçları Toplantısı. 6, 571-590.

Pernicka E., Eibner C., Öztunalı O., Wagner G. A., 2003. Early Bronze Age Metallurgy in the North-East Aegean. Wagner G.A., Pernicka E., Uerpmann H. P., editors. Troia and the Troad: Natural Science in Archaeology. Berlin-Heidelberg, Springer, 143-177.

Salman, S., Gülsoy, H. Ö., 2004. Metalografi Bilimi: (1. Kısım) Numune Hazırlama ve Dağlama Reaktifleri. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.

Sayar, M., 1955. Mineraloji ve Jeoloji. İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.

Sciaps, Apnote: Carbon Analysis in Low-Alloy and Carbon Steels with Handheld LIBS. https://www.sciaps.com/wp-content/uploads/2017/02/sciaps-apnote_carbon-analysis-hh-libs.pdf (Erişim Tarihi: 10/12/2019).

Scott, D. A., 1991. *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*. Los Angeles, Getty Conservation Institute.

Tuğrul, B., 2012. Metal Buluntular Üzerinde Yapılan Radyografik Çalışmalara Genel Bakış. Akyol A. A., Özdemir K., editörler. *Türkiye’de Arkeometrinin Ulu Çınarları: Prof. Dr. Ay Melek Özer ve Prof. Dr. Şahinde Demirci’ye Armağan*, Ankara: Homer Kitabevi, 49-56.

Umar, B., 2006. *Mysia*. İstanbul, İnkılap Kitabevi.

Uzun, H., 2012. *Mühendisler İçin Malzeme Biliminin Temel İlkeleri*. İstanbul, Değişim Yayınları.

Wagner, E. P., Seeliger, T. C., Öztunalı, Ö., Baranyi, I., Begemann F., Schmitt-Strecker, S., 1984. Kuzeybatı Anadolu’nun Erken Metalurjisi Hakkında Jeolojik Araştırmalar, *Maden Tetkik Arama Dergisi*. 101-102, 92-126.

Weber, F., Mantler, M., Wariwoda, L., 1992. XRFA of Carbon in Steels. *Advances in X-Ray Analysis*. 36, 41-46.

Yağmurlu, F., Tagliasacchi, E., Şentürk, M., 2017. Ofiyolitik Kayaçların Ağır Mineral Plaserlerinin Oluşumundaki Önemi: Burdur-Çamköy Örneği, *GB Türkiye. Yerbilimleri*. 38, 259-273.

Yalçıklı, D., 2019. Balıkesir İli 2017 Yılı Yüzey Araştırması. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*. 36(1), 543-562.

Yalçın, H., Koç, T., 1997. *Mühendisler İçin Korozyon*. Ankara, Kimya Mühendisleri Odası Yayınları.

Yalçın, Ü., 2000. Zur Technologie der Frühen Eisenverhüttung. *Arbeits-und Forschungsberichte Zur Sächsischen Bodendenkmalpflege*. 42, 307-316.

Yalçın, Ü., 2004. Anadolu’da Demir, *Arkeoatlas*. 3, 94–101.

Yalçın, N., 1992. Plaser Yatakları. *Coğrafya Dergisi*, 0 (3), 189-194.

Yıldız, N., 2010. *Demir Cevheri: Cevher Üretimi, Zenginleştirilmesi, Peletlenmesi, Sinter Üretimi, Sünger Demir Üretimi, Çelik Üretimi*. Ankara, Ertem Basım Yayın Dağıtım.