

ZEUGMA (GAZİANTEP) ANTİK KENTİ DUVAR RESİMLERİ ARKEOMETRİK ÇALIŞMALARI

Ali Akın AKYOL¹, Yusuf Kağan KADIOĞLU², Şahinde DEMİRCİ³

ÖZ

Çalışmada, Zeugma antik kentine ait duvar resimleri ve ilgili malzemelerden sediman ve taş/kayaç örnekleri incelenmiştir. Örnekler malzeme karakteristikleri, mineralojik ve kimyasal kompozisyonları ve yapısal özellikleri yönünden çeşitli analitik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bölgeye ait sedimanların Eosen kökenli kalkerli yapıda olduğu anlaşılmıştır. Taşların kayaç türü çoğunlukla kireçtaşı olup mikritik, biyomikritik ve rekristalize mikritik kireçtaşı olmak üzere üç kireçtaşı alt türünden oluşmaktadır. Kireçtaşlarının kaynağı yerel formasyona aittir. Duvar resimlerinin sıvalarında bağlayıcı kireçtir, dolgu maddesi (agrega) ise Fırat nehir yatağı birikintilerinden alınmış kumdan oluşmaktadır. Duvar resmi sıva katları; renkli resimlerin yer aldığı pigment tabakası, bu tabakanın altında üst sıva tabakası (intonaco) ve intonacunun altında da tek veya çift katlı iri taneli sıva tabakasından (arriccio) oluşmaktadır. Duvar resimlerinde kullanılan yapım tekniği fresko tekniğidir. Pigment tabakasında kalsit genel olarak bütün pigmentlerin ortak minerali olarak bulunmaktadır. Beyaz, siyah ve yeşil renkli pigmentlerin kaynağı olarak sırasıyla vaterit, grafit ve malahit bulunmuştur. Sarı renkli pigmentlerin kaynağı ankerit, siderit ve geotit olarak tanımlanmıştır. Kırmızı renkler, hematit, jasper ve toprak boya olarak tanımlanmıştır. Jasper ve vaterit, jasper ve kalsit, toprak boya ve kalsit ile hematit pembe renkli pigment oluşturan minerallerdir.

Anahtar Kelimeler: Arkeometri, Zeugma, Duvar resimleri, Pigmentler, Raman analizi, PED-XRF analizi.

ARCHAEOMETRICAL STUDIES ON WALL PAINTINGS OF ZEUGMA (GAZİANTEP) ANCIENT SITE ABSTRACT

ABSTRACT

In this study, Zeugma wall paintings and related materials including sediment and stone/rock had been examined. Samples were examined to get their raw material characteristics, mineralogical and chemical compositions, and microstructural properties using various analytical techniques. Sediments were calcereous soils of Eocene. Rock types of stones were mainly limestone which had 3 subgroups: micritic, biomicritic and recrystallised micritic limestones. The source of the limestones should be from the local formation. Binder of mortar samples were lime, aggregate materials come from the river deposits of Euphrates. Mural painting samples have different layers; pigment layer at the top, intonaco layer underneath, and single or double rather coarse grained arriccio layer(s) below intonaco layer. The mural painting technique was fresco technique. Calcite was common mineral identified for all pigments of different colours. The sources of white, black and green coloured pigments were found as vaterite, graphite and malachite respectively. The sources of yellow coloured pigments were identi-

¹ Ankara Üniversitesi, Başkent Meslek Yüksekokulu, Eser Koruma Programı, Gümüşdere Yerleşkesi, Gümüşdere Mah. No: 33/A, 06110, Dışkapı / ANKARA. Tel: (312) 3164926 1286, Faks: (312) 3164903, e-Posta: aliakinakyol@gmail.com

² Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

³ ODTÜ Fen - Edebiyat Fak. Kimya Bölümü, Fen Bilimleri Ens. Arkeometri Anabilim Dalı.

fied as ankerite, siderite and goethite. The red colours were identified as hematite, jasper and red earth/ochre. Jasper and vaterite, jasper and calcite, red earth/ochre and calcite, and hematite were the colour forming minerals of pink coloured pigments.

Keywords: Archaeometry, Zeugma, Mural paintings, Pigments, Raman analysis, PED-XRF analysis.

1. GİRİŞ

Zeugma arkeolojik alanı, Gaziantep ili, Nizip İlçesi, Belkıs Köyü sınırları içerisinde Fırat Nehri'nin kıyısında yer almaktadır (Şekil 1).

Büyük İskender'in generallerinden ve daha sonra Suriye Kralı da olan Selevkos Nikator kendi adıyla, Fırat nehrinin adını birleştirerek M.Ö. 300 yılında burada Selevkos Euphrates adında bir kent kurmuştur. Daha sonraları M.Ö. 1. yüzyılda kent Roma yönetimi altına girmiş ve adı da değişerek köprü, geçit anlamına gelen ve bütün dünyada bilinen şekliyle "Zeugma" adını almıştır. Roma İmparatorluğu'nun hem 4. Skitia Lejyon Garnizonu'nun burada konuşlandırılması, hem de ticaret sebebiyle kısa zamanda 80 bin nüfusa ulaşan Zeugma'yı döneminin büyük kentlerinden biri haline getirmiştir. Sasaniler'in gerçekleşen istilalarının yanı sıra yıkıcı depremlerin etkisi ile Zeugma gittikçe Roma dönemindeki zenginliğinden uzaklaşmış, ilerleyen yıllardaki Moğol ve Haçlı seferleri de şehrin önemini azaltarak tarih sayfısından yavaş yavaş silinmesine neden olmuştur. Zeugma adının geçtiği son kayıt Haçlı seferleri dönemine (1048) rastlamaktadır (Zeugma, 2006; Kennedy, 1994; Web2).

Zeugma Antik Kenti'nin yeri 1917 yılında F. Cumont tarafından saptanmıştır (Cumont, 1917). 1970'li yıllarda J. Wagner tarafından kentte bir yüzey araştırması yapılmış ve kentle ilgili önemli bilgiler elde edilmiştir (Wagner 1976; 1985). Birinci derece arkeolojik sit alanı olan Zeugma antik kentinde ilk sistematik kazılara, 1987 yılında Gaziantep Müze Müdürlüğü tarafından, Belkıs Tepesi'nin güneyinde başlanmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölge Kalkınma Projesi (GAP) kapsamında, Fırat nehri üzerinde yapımı öngörülen ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca, 1993 yılında Yap - İşlet - Devret Modeli ile inşa edilmek üzere uluslararası bir konsorsiyuma (Birecik A.Ş.) ihale edilmiş bulunan Birecik Barajı inşaatının başlaması nedeniyle, Zeugma'da yürütülen kazı çalışmaları ayrı bir boyut kazanmış ve baraj inşaatının belirlenmesinden sonra, Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından 1992 yılından itibaren "acil kazı ve

kurtarma çalışmaları" başlatılmıştır. Gaziantep Müzesi tarafından yürütülen bu kazı çalışmaları sonucunda, Roma dönemi villaları, villalardaki taban mozaikleri, duvar resimleri ve çok çeşitli arkeolojik buluntular ortaya çıkarılmıştır (Web2).

GAP İdaresi tarafından, Gaziantep Müzesi bahçesine yaptırılan iki restorasyon laboratuvarında Zeugma kurtarma kazıları ile (2000 yılında) ele geçen mozaik ve duvar resimlerinin korunması ve onarımına yönelik çalışmalar uzman ekipler tarafından yürütülmüştür. Bu amaçla GAP İdaresi ve Ankara Üniversitesi arasında bir protokol imzalanmıştır. Protokol kapsamında, Ankara Üniversitesi, Başkent Meslek Yüksek Okulu'ndan Dr. Y. Selçuk Şener başkanlığında bir ekip, Zeugma'da 10 Mayıs - 5 Haziran 2000 tarihleri arasında Euphrates ve Poseidon Villaları kazı alanından (Şekil 2a) kaldırılarak müzeye aktarılan toplam 91 adet duvar resmi panosunun sergilenilebilmeleri ve korunmaları amacıyla restorasyon ve konservasyon çalışmaları gerçekleştirmiştir (Şener vd., 2002; 2005). Duvar resimlerinin onarımı sürecinde (23 Ekim 2000 - 23 Mayıs 2001) arkeometrik çalışmaların gerçekleştirilmesi amacıyla etütlük parçalar toplanmıştır.

Zeugma arkeolojik alanında sistematik kazılar 2005 yılında Ankara Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Kutalmış Görkay başkanlığında yeniden başlatılmıştır. 2007 yılında Gaziantep İl Özel İdaresi ve Zeugma Kazı Başkanlığı tarafından başlatılan bir araştırma projesi kapsamında Zeugma Dionysos ve Danae Villaları kazı alanından (Şekil 2b) ele geçen çeşitli buluntular (sediman, taş/kayaç, tuğla, kiremit, harç, sıva gibi) üzerinde arkeometrik çalışmalar başlatılmıştır (Akyol vd., 2005; Akyol, 2009).

Bu çalışmanın amacını; 2001 yılı konservasyon çalışmaları sürecinde toplanan duvar resmi örnekleri ile 2007 yılı kazı döneminde ele geçen sediman ve taş/kayaç örnekleri üzerinde arkeometrik incelemeler yaparak Roma dönemi duvar resimlerinin malzeme özelliklerinin çeşitli analitik yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve yerel jeolojik formasyonla bağlantısının bulunması oluşturmaktadır.



Şekil 1. Roma döneminde Anadolu ve çevresindeki uygarlıklar (Web1).



Şekil 2. (a) Zeugma Euphrates (Fırat) ve Poseidon (denizlerin tanrısı) Villaları (2000 yılı) (Web1) ve (b) Dionysos (şarap tanrısı) ve Danae Villaları Bölgesi (2007 yılı).

2. YÖNTEM VE DENEYLER

Çalışmada 24 duvar resmi (pigment ve sıva katları ile), 7 sediman ve 18 taş örnek arkeometrik yönden incelenmiştir. Duvar resmi örnekleri Zeugma'nın Roma dönemine ait villalarından Euphrates ve Poseidon villalarının 11 odasının 15 duvarına, sediman ve taş/kayaç örnekleri ise Dionysos ve Danae villalarının bulunduğu bölgeye aittir (Şekil 3-6).

Arkeometrik incelemeler genelde buluntunun temel fiziksel özelliklerinin, kimyasal malzeme karakteristiklerinin, mineralojik ve petrografik yapısının belirlenmesi çalışmalarını kapsar. Temel fiziksel özellikler malzemenin birim hacim ağırlığı, sertlik ve gözeneklilik vb. gibi özelliklerini içerir. Kimyasal özellikler malzemenin kimyasal bileşim ve element içeriği ile ilgilidir. Mineralojik ve petrografik araştırmalar ise kristal yapı, tür ve jeolojik kaynak çalışmalarını kapsamaktadır. Ayrıca malzemenin rengi, elektriksel iletkenliği, içerdiği tuz türü ve tuz miktarı ile hammadde bileşimi gibi özelliklerinin araştırılması da arkeometrinin destekleyici diğer çalışma alanlarıdır.

Zeugma arkeolojik alanına ait örnekler önce görsel olarak değerlendirilmiş, fotoğraflanarak belgelenmiş, gruplandırılmış ve kodlanmıştır. Duvar resimleri temelde üç farklı katman içermektedir: arriccio ve intonaco sıva katları ile pigment katı. Zeugma duvar resmi sıva katlarının (arriccio ve intonaco katları) kalınlıkları belirlenmiştir (Tablo 1). Duvar resmi örneklerinde pigment katı renk analizleri standart CEI L*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılarak yapılmıştır (Tablo 1). (L) değeri rengin açıklık değerini, (+a) değeri renkteki kırmızı yoğunluğunu, (-a) değeri rengin yeşil yoğunluğunu, (+b) değeri rengin sarı yoğunluğunu ve (-b) değeri de rengin mavi yoğunluğunu temsil etmektedir.

Yapı malzemelerinin temel fiziksel özellikleri, belirlenmiş standart sınırlar içinde, ne durumda olduklarını (dayanımlı/dayanımsız) gösteren en önemli verilerdir. Görsel olarak sağlam/dayanımlı olarak algılanabilecek malzemelerin gerçekte öyle olup/olmadığı yapılan fiziksel testlerle belirlenebilmektedir (Ulusay ve diğ., 2005; RILEM, 1980). Birim hacim ağırlığı ve gözeneklilik testleri uygun nitelikteki taş ve duvar resmi örneklerine uygulanmıştır (Tablo 2 ve 3). Sertlik analizi (Mohs sertliği) taş örneklerinde uygulanmıştır.

Örneklerin suda çözünen toplam tuz miktarının belirlenmesi için standart yöntemeye uygun olarak hazırlanan çözeltide elektriksel iletkenlik

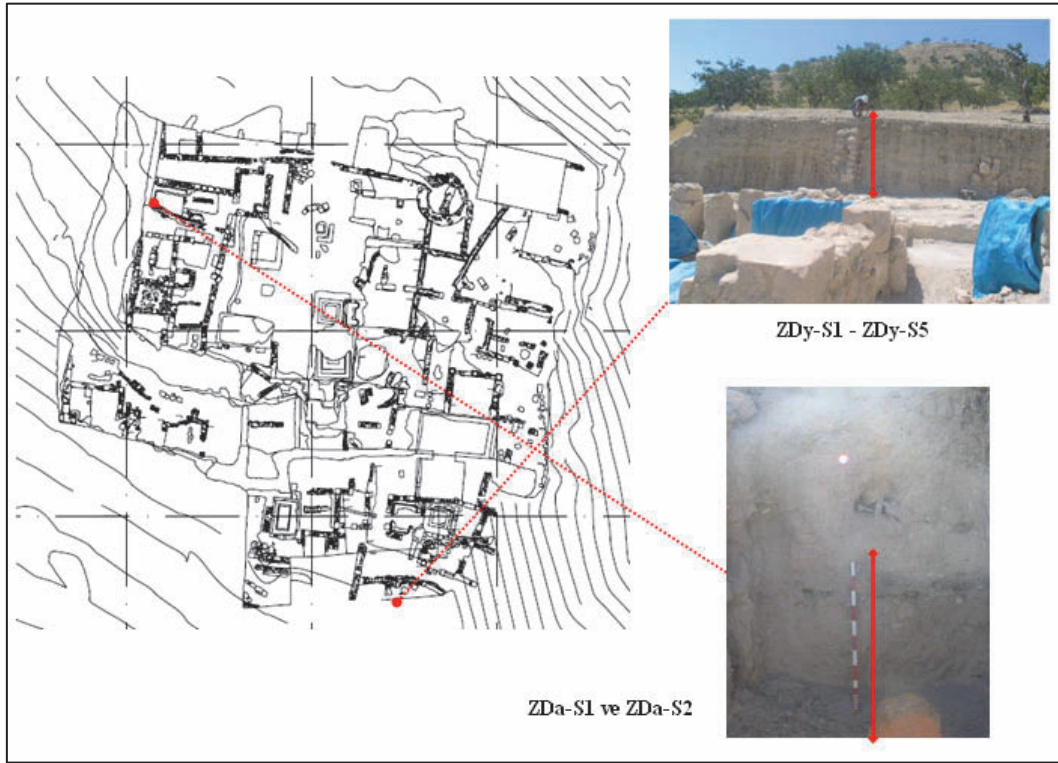
ölçümü yapılmış ve uygun matematiksel eşitlikler kullanılarak tuz miktarı (% w/w) belirlenmiştir (Tablo 4) (Black ve diğ., 1965; Means ve Parcher, 1963).

Duvar resmi sıva katları örneklerinde tuz türünün belirlenmesi spot tuz testleri ile yapılmıştır (Tablo 4). Çözeltilerde spot test türüne göre ya reaktifler eklenerek ya da şerit kullanılarak anyon ve pH analizleri yapılmıştır. Anyon analizlerinde standart Merck nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), sülfat (SO_4^{2-}) ve klorür (Cl) test kitleri kullanılmıştır (Feigl, 1966).

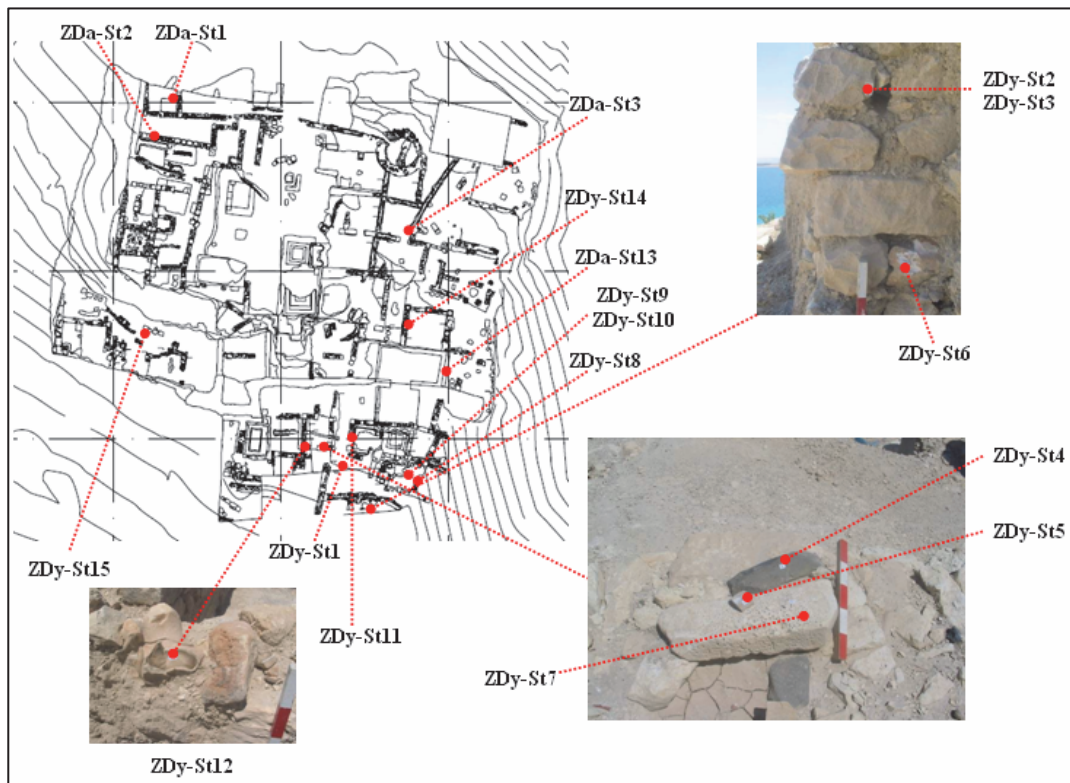
Örneklerin hammadde bileşimi duvar resimindeki agrega ve bağlayıcı miktarlarını ve agregadaki tane dağılımını ifade etmektedir. Öncelikle duvar resmi örneklerinin organik ve karbonat içeriği örneklerde termal analiz ile (loss on ignition analysis; 450 °C, 950 °C) belirlenmiştir (Tablo 5) (Dean, W.E., 1974). Daha sonra duvar resmi sıva katı örnekleri seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmişlerdir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile kireç ve tüm karbonat içeriklerinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agrega kısmı elde edilen örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega (%w/w) miktarlarına ulaşılmıştır. Örneklerin karbonat içerikli olmayan agregalarına sistematik eleme işlemi uygulanarak (bu amaçla 63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tane boyut dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir (Tablo 6).

Örneklerin element içeriği X-ışını floresans analizi (PED-XRF) kullanılarak, kimyasal bileşimleri de Raman konfokal spektroskopisi ve mikroskopisi analizi kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 8 ve 9). PED-XRF analizi tüm örneklerde, Raman spektroskopisi ise sadece duvar resimlerinin renk tabakasının kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanmıştır (Pollard ve Heron, 1996).

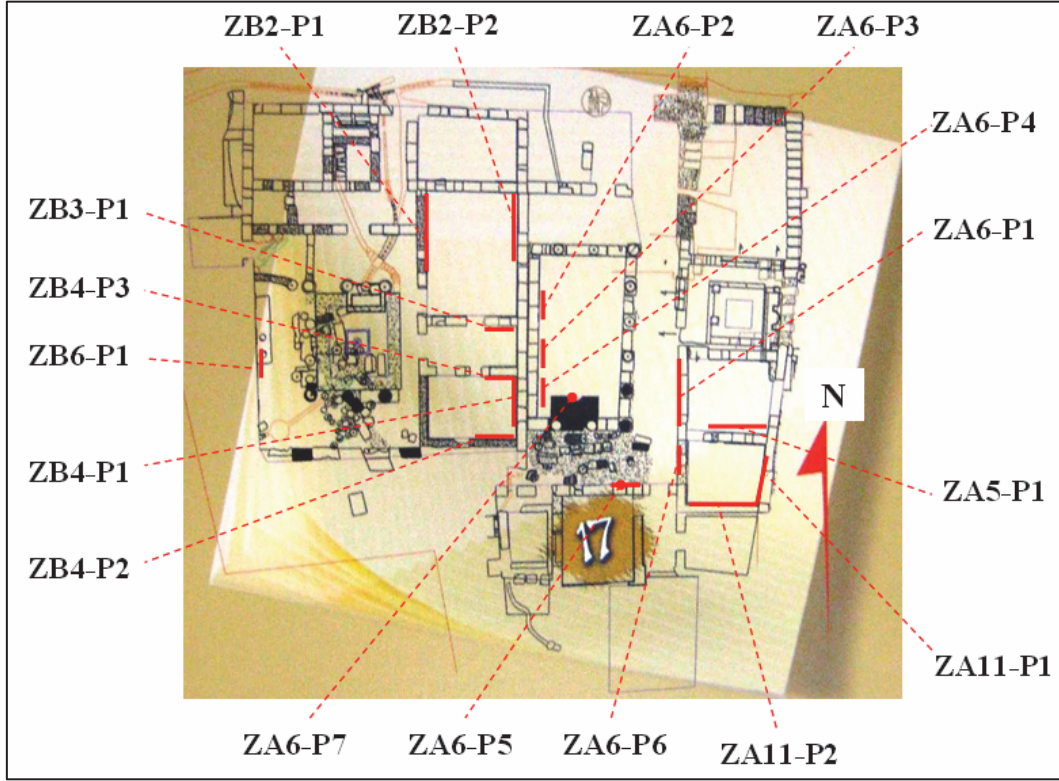
Taş ve sediman örneklerin kayaç türü ve petrografik dokusal özellikleri, duvar resmi örneklerinin sıva tabakalarının tanımlanması, bağlayıcı ve agrega içeriği, türü, agrega dağılımı ince kesit optik mikroskop analizi ile belirlenebilmiştir. Optik mikroskop analizlerinin yapılması için çalışılan örneğin farklı bölgelerini gösterecek şekilde uygun bir kesici ile kesilip inceltiye alınarak ince kesitleri hazırlanmıştır (Tablo 8 ve Şekil 9-11). İnce kesitler; taş örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde doğrudan, duvar resmi örneklerinde sertleştirme yapılarak, toprak örnekler ise uygun bir reçine üzerine serpilerek hazırlanmıştır (Kerr 1977; Rapp, 2002).



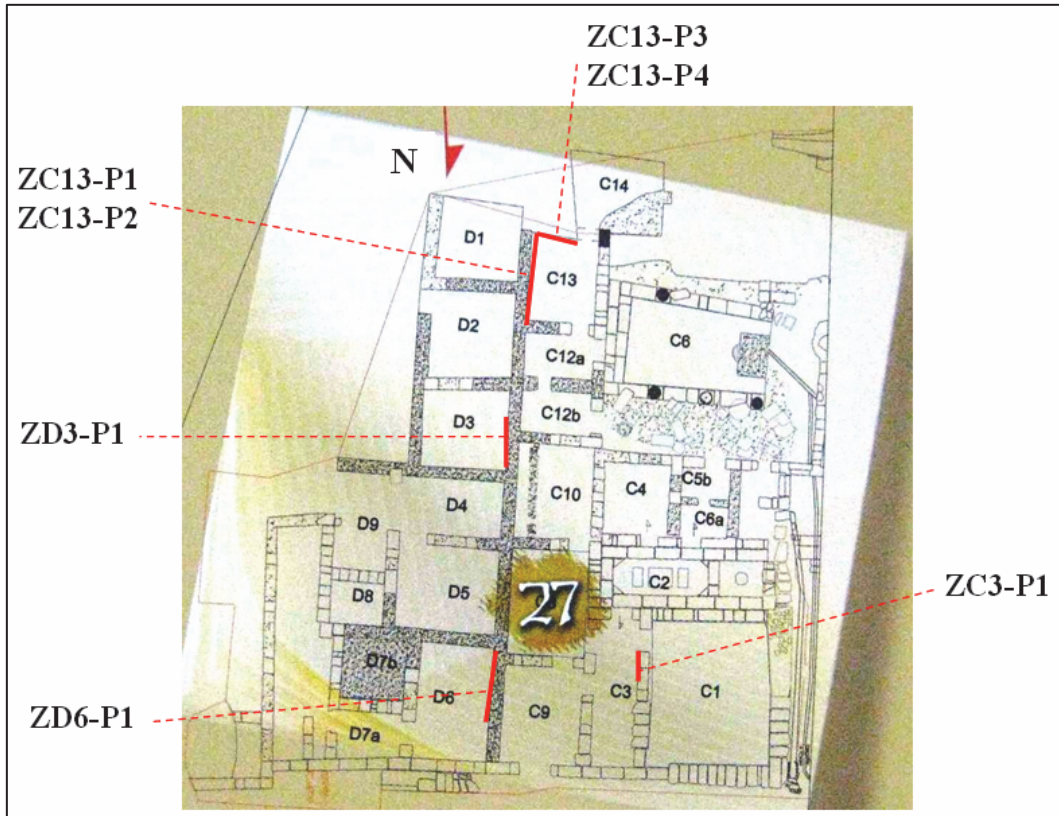
Şekil 3. Dionysos ve Danae Villaları Bölgesi'nden örneklenen sediman/toprak örnekler.



Şekil 4. Dionysos ve Danae Villaları Bölgesi'nden örneklenen taş/kayaç örnekler.



Şekil 5. Poseidon villasından örneklenen duvar resmi örnekleri (Plan: Ergeç, 2006).



Şekil 6. Euphrates villasından örneklenen duvar resmi örnekleri (Plan: Ergeç, 2006).

Tablo 1. Duvar resmi örnekleri sıva ve pigment katlarına ait kromatik koordinat, renk ve kalınlık tanımlamaları.

Örnekler*	Pigment Tabakası Renk Analizi				Sıva Tabakaları Kalınlığı (mm)		
	L	a	b	Renk	Intonaco	Arriccio	
ZA5-P1pp	71,37	48,86	-1,93	Pembe	1,2-2,5	3,8-8,3	3,2-3,8
ZA6-P1pr	50,54	76,99	64,60	Kırmızı	4,5-4,7	8,1-13,6	
ZA6-P1pg	70,77	-32,38	23,03	Yeşil			
ZA6-P2pr	37,30	61,67	51,71	Kırmızı	5,2-5,4	5,1-8,3	5,2-8,8
ZA6-P2pg	70,29	-34,68	15,81	Yeşil			
ZA6-P3pw	99,95	-0,34	0,94	Beyaz	6,7-7,8	9,8-27,3	
ZA6-P4pr	41,33	57,17	54,33	Kırmızı	4,4-8,5	7,8-22,2	
ZA6-P4pp	64,74	30,23	46,07	Pembe			
ZA6-P4py1	97,26	-20,52	85,50	Sarı			
ZA6-P4py2	84,89	-15,26	84,50	Sarı			
ZA6-P4pg	56,25	-51,47	36,59	Yeşil			
ZA6-P4pb	1,66	1,30	0,46	Siyah			
ZA6-P4pw	98,76	2,53	-1,81	Beyaz			
ZA6-P5pp	74,53	15,52	45,20	Pembe			
ZA6-P6pr	33,53	57,31	47,70	Kırmızı	4,3-6,2	16,3-17,1	
ZA6-P6pb	1,54	0,78	0,27	Siyah			
ZA6-P6pw	98,64	1,66	0,57	Bayaz			
ZA6-P7py	72,51	7,79	68,38	Sarı	4,4-5,6	?	
ZA11-P1pr	27,85	50,74	41,00	Kırmızı	4,0-4,3	8,9-15,9	6,2-10
ZA11-P2pr	32,86	56,53	46,95	Kırmızı	2,6-4,3	3,3-7,7	4,1-6,0
ZB2-P1pr	25,99	48,59	38,66	Kırmızı	3,3-3,5	6,6-10,5	9,7-11,2
ZB2-P2pr1	36,42	60,65	50,81	Kırmızı	1,9-7,6	7,4-17,5	
ZB2-P2pr2	29,69	52,86	43,25	Kırmızı			
ZB2-P2pr3	10,50	30,67	16,56	Kırmızı			
ZB2-P2pw	98,64	1,66	0,57	Beyaz			
ZB3-P1pr	40,79	65,71	55,14	Kırmızı	3,7-4,4	4,6-11,3	
ZB4-P1pr	37,08	61,42	51,49	Kırmızı	2,7-6,8	9,7-17,6	
ZB4-P2pr	35,09	59,12	49,41	Kırmızı	4,4-5,5	6,7-12,4	
ZB4-P3pr	28,77	51,80	42,14	Kırmızı	3,8-6,2	17,9-26,1	7,7-14,2
ZB4-P3pg	40,13	-26,71	23,85	Yeşil			
ZB6-P1pr	21,98	43,95	33,34	Kırmızı	2,3-4,4	19,4-38,5	6,9-11,6
ZB6-P1py	70,19	-2,56	72,90	Sarı			
ZC3-P1pr	25,99	48,59	38,66	Kırmızı	4,6-6,4	11,1-17,9	
ZC13-P1pr	29,69	52,86	43,25	Kırmızı	7,2-8,3	12,6-13,1	
ZC13-P1pp	67,55	34,94	34,08	Pembe			
ZC13-P2pr	23,88	46,15	35,90	Kırmızı	5,6-6,6	13,3-17,6	8,1-18,7
ZC13-P3pr	25,99	48,59	38,66	Kırmızı	6,1-7,8	21,6-25,1	
ZC13-P4pr	26,92	49,67	39,84	Kırmızı	4,8-5,8	11,3-17,3	
ZC13-P4pb	0,88	0,26	0,09	Siyah			
ZD3-P1pr	27,90	50,87	37,78	Kırmızı	6,6-7,5	8,3-13,4	
ZD6-P1pr1	15,87	36,88	24,67	Kırmızı	3,5-9,0	?	6,6-16,3
ZD6-P1pr2	25,99	48,59	38,66	Kırmızı			
ZD6-P1pb	0,05	0,26	0,09	Siyah			

(*) Örnek Kodlamaları;- Z harfi Zeugma Arkeolojik alanını ifade etmektedir.

- Da ve Dy Danae ve Dionysos Villarını; A, B Poseidon Villasındaki oda gruplarını ve C, D harfleri de Euphrates Villasındaki oda gruplarını ifade etmektedir.

- S: Sediman/Toprak, St: Taş ve P: Duvar Resimlerini ifade etmektedir.

- Son harf kodu - pigmentler; pr: kırmızı, pb: siyah, pg: yeşil, py: sarı, pp: pembe, pw: beyaz

Tablo 2. Taş/kayaç örneklerin türü ve temel fiziksel özellikleri.

Örnekler	d (g/cm ³)	P (%)	H (Mohs)	Taş/Kayaç Türü
ZDy-St1	1,84*	26,93*	3,0*	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St2	1,79	29,35	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St4	2,63	6,94	6,5	Bazalt***
ZDy-St5	2,67	6,50	3,0	Rekristalize Mikritik Kireçtaşı
ZDy-St7	1,93	24,04	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St8	2,12	17,95	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St9	1,88	24,75	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St10	1,56	34,99	3,0 - 3,5	Mikritik Kireçtaşı
ZDy-St11	1,75	29,23	3,0 - 3,5	Mikritik Kireçtaşı
ZDy-St12	2,43	3,79	3,0 - 3,5	Mikritik Kireçtaşı
ZDy-St13	1,95	22,83	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
ZDy-St14	1,96	21,29	3,0	Rekristalize Mikritik Kireçtaşı
ZDa-St1	1,60	35,99	3,0 - 3,5	Mikritik Kireçtaşı
ZDa-St2	2,00	22,12	2,5 - 3,0	Traverten
ZDa-St3	1,81	26,76	3,0	Biyomikritik Kireçtaşı
Ortalama**	2,01	21,12		

(*) d: Birim Hacim Ağırlığı, P: Gözeneklilik, H: Kayaç Sertliği

(**) Ortalama değerler sadece kireçtaşı örnekleri ifade etmektedir.

(***) Traverten kayaç yapısı ile dokanak ilişkisini gösteren bazalt taş örneği

Tablo 3. Duvar resmi sıva katı örneklerin temel fiziksel özellikleri.

Örnekler	d (g/cm ³)	P (%)	Örnekler	d (g/cm ³)	P (%)
ZB2-P1in	1,58	34,68	ZA6-P1ar	1,80	26,04
ZB4-P2in	1,41	42,62	ZA6-P3ar	1,73	30,23
ZB6-P1in	1,47	40,11	ZA6-P4ar	1,72	25,83
ZC3-P1in	1,39	43,87	ZA6-P5ar	1,84	23,08
ZC13-P3in	1,15	43,46	ZA6-P6ar	1,76	28,31
ZD3-P1in	1,62	36,10	ZB2-P1ar	1,67	30,29
ZD6-P1in	1,63	34,57	ZB2-P2ar	1,19	48,88
ZA6-P2ar2	1,73	26,32	ZB3-P1ar	1,81	28,70
ZA11-P1ar2	1,75	33,54	ZB4-P1ar	1,52	37,68
ZB4-P3ar2	1,55	34,01	ZB4-P2ar	1,59	31,95
ZB6-P1ar2	1,68	28,85	ZC3-P1ar	1,76	27,71
ZD6-P1ar2	2,15	19,61	ZC13-P1ar	1,74	31,07
ZA6-P2ar1	1,63	18,77	ZC13-P3ar	1,84	27,72
ZA11-P1ar1	1,79	32,01	ZC13-P4ar	1,76	29,15
ZB4-P3ar1	1,74	27,61	ZD3-P1ar	1,83	28,64
ZB6-P1ar1	2,00	21,22	Ort. (-ar)*	1,70	30,35
Ort. (-in)*	1,46	39,34			
Ort. (-ar2)*	1,68	30,68			
Ort. (-ar1)*	1,79	24,91			

(*) Ortalama Değerler;

(-in): Intonaco tabakası, (-ar1): Alt kat arricio tabakası

(-ar2): Üst kat arricio tabakası, (-ar): Tek kat arricio tabakası

Tablo 4. Örneklerin içerdiği toplam tuz miktarı ve türü ile pH değerleri.

Örnekler	Nitrit* (NO ₂ ⁻)	Nitrat* (NO ₃ ⁻)	Fosfat* (PO ₄ ³⁻)	Sülfat* (SO ₄ ²⁻)	Klorür* (Cl)	pH	SS (%)	
Duvar Resimleri	0,025	10	0,2-2,5	200-400	3	7,00-8,00	0,43-1,03	
						Intonaco (Ort.)	7,28	0,62
						Arricio (Ort.)	7,60	0,85
						Arriccio2 (Ort.)	7,51	0,82
						Arriccio1 (Ort.)	7,50	0,74
Sedimanlar	0,025	10	0,2-0,4	200-400	3-10	6,85-7,62	0,10-1,84	
						Sediman Ortalama	7,16	1,28
Taşlar	0,025-0,075	10-25	0-0,2	200-400	3-18	6,07-6,73	0,31-2,61	
						Taş Ortalama	6,49	1,03

(*) Testlerin Hassasiyeti; Nitrat (NO₂⁻): 0,025 mg/L, Nitrat (NO₃⁻): 10 mg/L,
Fosfat (PO₄³⁻): 0,2 mg/L, Sülfat (SO₄²⁻): 50 mg/L, Klorür (Cl): 3 mg/L

(**) %SS: Suda çözünen toplam tuz miktarı

Tablo 5. Duvar resmi ve sedimanlarda termal analiz ile belirlenen organik ve karbonat içerik.

Örnek Grubu / LOI*	Organik Karbon Miktarı (450°C)	Karbonat Miktarı (950°C)
Intonaco (Ort.)	1,55	69,80
Arricio (Ort.)	1,85	38,85
Arriccio2 (Ort.)	2,04	48,17
Arriccio1 (Ort.)	1,81	45,04
Sedimanlar (Ort.)	3,68	53,18

(*) LOI (Loss on Ignition): Isıtma ile ağırlık kaybı analizi

Tablo 6. Duvar resmi örneklerinin toplam agrega/bağlayıcı ve agrega tane boyutu dağılımı oranları

Örnek Grubu	Ba. (%)	Ag. (%)	Agrega Tanecik Dağılımı, µm (%)					
			<63	63-125	125-250	250-500	500-1000	>1000
Intonaco (Ort.)	86,49	13,51	11,35	11,32	21,18	26,93	22,41	6,82
Arricio (Ort.)	39,35	60,65	4,07	8,49	23,30	25,95	11,60	26,59
Arriccio2 (Ort.)	46,39	53,61	4,86	8,29	22,14	34,04	12,12	18,55
Arriccio1 (Ort.)	47,53	52,47	3,25	6,23	18,16	25,75	12,00	34,61
Sedimanlar (Ort.)	72,74	27,26	10,53	14,50	17,04	21,24	19,58	17,11

Notasyon (Tablo 7):

(*) A: Andezit, B: Bazalt, BP: Tuğla Kırığı Parçaları, By: Biyotit, C: Kalsit, Cl: Kil, Cm: Çimento, Ch: Çört, D: Diabaz, F: Feldispat, G: Gabro, Gr: Granit, Gy: Alçı, K: Kireçtaşı, L: Lisvenit, Lm: Kireç, O: Olivin, Op: Opak Mineral, Org: Kıtık, P: Piroksen, Pl: Plajiyoklas, R: Radyolarit, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, S: Serpantinit, Sr: Serizit

Tablo 7. İnce kesit analizi ile duvar resmi sıva katlarının agrega/bağlayıcı kompozisyonları.

Örnekler	Bağlayıcı Türü ve Dağılımı (%)				Agrega Türü ve Dağılımı (%)		
	Lm	Cl	Cm	Gy	Kayaç & Mineral	BP	Org
ZA5-P1in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZA5-P1ar2	95	5	-	-	94,6 (Q,K,Qs,Ch,S,Op,Pl)	5,4	-
ZA5-P1ar1	95	5	-	-	96,4 (K,Qs,Pl,P,Op,S,R)	3,6	-
ZA6-P1in	100	-	-	-	100 (Q,Op)	-	-
ZA6-P1ar	60	10	30	-	100 (Q,K,Pl,S,B,R,P,By)	-	-
ZA6-P2in	100	-	-	-	100 (K,Op,R)	-	-
ZA6-P2ar2	100	-	-	-	100 (Q,K,R,Op)	-	-
ZA6-P2ar1	100	-	-	-	100 (Q,P,Pl,Ch,O,S,B,Op)	-	-
ZA6-P3in	100	-	-	-	100 (K)	-	-
ZA6-P3ar	100	-	-	-	97,9 (Q,K,O,P,R,By,Op)	2,1	-
ZA6-P4in	100	-	-	-	96,4 (K,Op,R)	3,6	-
ZA6-P4ar	90	10	-	-	97,9 (Q,K,B,G,P,Pl,Ch)	2,1	-
ZA6-P5in	80	20	-	-	100 (K,R,Op)	-	-
ZA6-P5ar	100	-	-	-	100 (K,B,G,Ch,O,R)	-	-
ZA6-P6in	100	-	-	-	97,2 (Q,K,Op,C)	2,8	-
ZA6-P6ar	100	-	-	-	98 (Q,K,R,B,S,Ch,Qs,P,O)	2	-
ZA6-P7in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZA6-P7ar	100	-	-	-	96,8 (Q,Qs,O,P,Op,S,R)	3,2	-
ZA11-P1in	100	-	-	-	97,8 (Q,K,Op,Pl)	2,2	-
ZA11-P1ar2	-	30	70	-	100 (Q,K,Ch,B,Op,S,D)	-	-
ZA11-P1ar1	80	20	-	-	100 (Q,K,Ch,B,Op,S,D,Pl,Gr)	-	-
ZA11-P2in	100	-	-	-	100 (K,Op)	-	-
ZA11-P2ar2	100	-	-	-	100 (K,C,Op,P)	-	-
ZA11-P2ar1	100	-	-	-	100 (K,Qs,L,G,B,R,C,Op)	-	-
ZB2-P1in	100	-	-	-	100 (Q,C,Op)	-	-
ZB2-P1ar2	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZB2-P1ar1	100	-	-	-	100 (Q,K,Op,Ch)	-	-
ZB2-P2in	100	-	-	-	97,6 (Q,K,Op)	2,4	-
ZB2-P2ar	100	-	-	-	98,1 (Q,Qs,Op,S,R,O,Ch,Pl)	1,9	-
ZB3-P1in	100	-	-	-	100 (K,Op)	-	-
ZB3-P1ar	100	-	-	-	100 (K,Qs,B,Op,Ch,L,P)	-	-
ZB4-P1in	100	-	-	-	98,8 (Q,K,Op)	1,2	-
ZB4-P1ar	100	-	-	-	99 (Q,K,Ch,Qs,R,P)	1	-
ZB4-P2in	100	-	-	-	100 (Q,P,Pl,O,Op)	-	-
ZB4-P2ar	100	-	-	-	95,3 (Q,Ch,S,R,B,D,Pl,P,O,Op)	4,7	-
ZB4-P3in	100	-	-	-	98,2 (Q,K,Op)	1,8	-
ZB4-P3ar2	100	-	-	-	95,8 (Q,K,Op,R,Ch,F)	4,2	-
ZB4-P3ar1	100	-	-	-	97,2 (Q,Qs,B,Op,R,P,Pl)	2,8	-
ZB6-P1in	100	-	-	-	100 (K,Op,R)	-	-
ZB6-P1ar2	100	-	-	-	100 (K,Qs,R,Pl,P,Op)	-	-
ZB6-P1ar1	100	-	-	-	100 (Q,P,Op,O,S)	-	-
ZC3-P1in	100	-	-	-	98,5 (K,Op,G)	1,5	-
ZC3-P1ar	70	30	-	-	100 (Q,K,Op,S,Ch)	-	-
ZC13-P1in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZC13-P1ar	100	-	-	-	98,5 (Q,K,B,R,Op,Pl,P)	1,5	-
ZC13-P2in	100	-	-	-	98,1 (Q,Pl,Op)	1,9	-
ZC13-P2ar2	100	-	-	-	97,1 (Q,Qs,K,G,B,Pl,P)	2,9	-
ZC13-P2ar1	100	-	-	-	93,4 (Q,Qs,K,R,P,Op)	6,6	-
ZC13-P3in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZC13-P3ar	100	-	-	-	97,9 (Q,K,Pl,P,Op)	2,1	-
ZC13-P4in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op)	-	-
ZC13-P4ar	100	-	-	-	100 (Q,K,G,Qs,R,Pl,Ch,Op,P)	-	-
ZD3-P1in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op,Ch)	-	-
ZD3-P1ar	90	10	-	-	96,7 (Q,K,Op,G,P,Pl)	1,8	1,5
ZD6-P1in	100	-	-	-	100 (Q,K,Op,G)	-	-
ZD6-P1ar2	100	-	-	-	100 (Q,K,Pl,P,R,Op,B)	-	-
ZD6-P1ar1	100	-	-	-	100 (Q,K,Pl,P,R,Op,B)	-	-

Tablo 8. Duvar resmi sıva katı örneklerinin kimyasal bileşimi (PED-XRF).

Örnek Grubu / Elementler (%)	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO
Intonaco (Ort.)	0,08	0,19	1,02	4,86	0,09	0,12	0,04	0,29	53,59
Arricio (Ort.)	0,09	0,67	1,92	11,29	0,18	0,17	0,07	0,50	41,08
Arriccio2 (Ort.)	0,08	0,57	1,66	9,73	0,21	0,20	0,08	0,47	43,88
Arriccio1 (Ort.)	0,10	0,69	2,15	8,47	0,22	0,21	0,09	0,59	44,20
Sedimanlar (Ort.)	-	-	3,52	17,25	0,42	0,09	0,07	0,84	39,33
Kireçtaşları (Ort.)	0,08	0,43	0,83	5,00	0,08	0,04	0,01	0,18	56,15
Örnek Grubu / Elementler	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI*	CI**	Kireç Türü	
Intonaco (Ort.)	0,09	0,00	0,01	0,02	0,88	39,09	0,29	YK***	
Arricio (Ort.)	0,28	0,01	0,07	0,05	2,87	40,69	0,87	HK	
Arriccio2 (Ort.)	0,23	0,01	0,06	0,05	2,58	40,40	0,71	HK	
Arriccio1 (Ort.)	0,24	0,01	0,05	0,04	2,24	40,99	0,63	OHK	
Sedimanlar (Ort.)	0,29	0,01	0,03	0,05	2,40	35,59			
Kireçtaşları (Ort.)	0,05	0,00	0,01	0,02	0,60	36,81			

(*) LOI (Loss on Ignition): Isıtma ile ağırlık kaybı analizi

(**) Cementation Index

(***) YK: Yağlı kireç, HK: Hidrolik kireç, OHK: Ortalama hidrolik kireç

Tablo 9. Raman konfokal spektroskopisi ve mikroskopisi analizi ile pigmentlerde belirlenen renk veren mineraller.

Örnekler	Renk	Mineral	Örnekler	Renk	Mineral
ZA5-P1pp	Pembe	J,V	ZB2-P2pr1	Kırmızı1	H,C
ZA6-P1pr	Kırmızı	J,R,C	ZB2-P2pr2	Kırmızı2	H,C
ZA6-P1pg	Yeşil	M,C	ZB2-P2pr3	Kırmızı3	J,C
ZA6-P2pr	Kırmızı	J,C	ZB2-P2pw	Beyaz	C
ZA6-P2pg	Yeşil	M,C	ZB3-P1pr	Kırmızı	J,C
ZA6-P3pw	Beyaz	V	ZB4-P1pr	Kırmızı	J,R,C
ZA6-P4pr	Kırmızı	J,C	ZB4-P2pr	Kırmızı	J,C
ZA6-P4pp	Pembe	R,C	ZB4-P3pr	Kırmızı	J,C
ZA6-P4pg	Yeşil	M,C	ZB4-P3pg	Yeşil	M,C
ZA6-P4py1	Sarı1	A	ZB6-P1pr	Kırmızı	J,C
ZA6-P4py2	Sarı2	S	ZB6-P1py	Sarı	S
ZA6-P4pb	Siyah	G,C	ZC3-P1pr	Kırmızı	H,C
ZA6-P4pw	Beyaz	V	ZC13-P1pr	Kırmızı	H,C
ZA6-P5pp	Pembe	J,C	ZC13-P1pp	Pembe	H,C
ZA6-P6pr	Kırmızı	H	ZC13-P2pr	Kırmızı	H
ZA6-P6pw	Beyaz	V	ZC13-P3pr	Kırmızı	J,C
ZA6-P6pb	Siyah	G,C	ZC13-P4pr	Kırmızı	H,C
ZA6-P7py	Sarı	Gt,C	ZC13-P4pb	Siyah	G,C
ZA11-P1pr	Kırmızı	J,C	ZD3-P1pr	Kırmızı	H,C
ZA11-P2pr	Kırmızı	R,C	ZD6-P1pr1	Kırmızı1	H,C
ZB2-P1pr	Kırmızı	H,C	ZD6-P1pr2	Kırmızı2	H
			ZD6-P1pb	Siyah	G,C

(**) A: Ankerit, C: Kalsit, G: Grafit, Gt: Goetit/Limonit, H: Hematit, J: Jasper, M: Malahit, R: Toprak Boya/Okre, S: Siderit, V: Vaterit

3. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Gerçekleştirilen arkeometrik çalışmaların sonuçları ve değerlendirmeleri; temel fiziksel özellikleri, malzeme karakteristikleri, mineralojik ve petrografik özellikleri ile kimyasal özellikleri başlıkları altında değerlendirilmiştir.

3.1 Temel Fiziksel Özellikler

Arkeolojik alanlarda dekoratif amaçla özellikli (saray, kilise vb. mekanların duvar yüzeylerinde) ya da üst gelir grubunun yaşam mekanlarında (villalarda) duvar örgü üzerine estetik bir boya tabakası ve özel sıvama tekniği ile uygulanan duvar resimleri uygarlıklar hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Duvar resimleri; duvar örgü üzerinde tesviye amaçlı uygulanan ve arriccio adı verilen ilk sıva katını (veya katlarını) takiben üzerinde kireç içeriği daha yoğun olan ve boya tabakasını taşıyan intonaco adı verilen sıva katından (veya katları) oluşmaktadır (Şekil 8). Bir bağlayıcı (kan, idrar, süt, yumurta, reçine vb.) kullanılarak (secco veya tempera teknikleri) ya da kaya/duvar, sıva yüzeyine doğrudan veya sıva nemliken uygulanan (fresco tekniği) boyaların başarısı hem uygulanan teknikle, hem de pigmentlerin hammadde özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Antik çağlardan günümüze ulaşan belgelerden duvar resmi yapımında kullanılan boyalar ve hammadde özellikleri konusunda detaylı bilgiler mevcuttur (Vitruvius, 2005).

Zeugma arkeolojik alanında iki bölgedeki dört farklı villadan örneklenen 23 duvar resmi örneğinde farklı kalınlıkta bir (14 örnekte tek kat; -ar) veya iki (9 örnekte iki kat; alt kat -ar1 ve üst kat -ar2) arriccio sıva katı, tümünde tek katlı intonaco sıva katı ile farklı renklerde (hepsinde farklı tonlarda kırmızı/pembe ve beyazın yanında sarı, yeşil ve siyah) pigmentler içeren pigment katı bulunduğu anlaşılmıştır (Tablo 1). Destekleyici olarak ince kesit optik mikroskop analizi ile de sıva ve pigment katları detaylı olarak tanımlanabilmiştir (Tablo 7). Buradan hareketle uygulanan tekniğin fresko tekniği olduğu anlaşılmaktadır. Sıva katları içeren duvar resimlerinde yapım teknolojisine bağlı olarak ilk sıva katlarının (arriccio) birim hacim ağırlığı (ortalama 1,68, 1,70 ve 1,79 g/cm³) daha yüksek, gözeneklilikleri (ortalama %24,91, %30,35 ve %30,68) daha düşüktür. Buna karşın üst sıva tabakalarında (intonaco) birim hacim ağırlığı (ortalama 1,46 g/cm³) daha düşük, gözeneklilik (ortalama %39,34) ise daha yüksektir (Tablo 3).

Zeugma arkeolojik alanından örneklenen taşların üç farklı kayaç türünde olduğu ince kesit analizi ile belirlenmiştir: kireçtaşı, bazalt ve traverten (Tablo 2 ve Şekil 10). Bazaltın yüksek birim hacim ağırlığına (2,63 g/cm³) ve daha düşük gözenekliliğe (%6,94), kireçtaşlarının ise düşük birim hacim ağırlığına (ortalama 2,01 g/cm³) ve en yüksek gözenekliliğe (ortalama %21,12) sahiptir. Travertenin fiziksel özelliği ise bu iki taş grubu arasında yer almaktadır. Taşlar sertlikleri yönünden değerlendirildiğinde bazaltın yüksek (6,5 Mohs), kireçtaşı ve travertenin ise daha düşük kayaç sertliğinde olduğu belirlenmiştir (2,5 - 3,5 Mohs).

3.2 Malzeme Karakteristikleri

Zeugma arkeolojik alanına ait örneklerin malzeme karakteristikleri kapsamında suda çözünen toplam tuz miktarı, tuz türü ve pH değerlerinin belirlenmesi (Tablo 4), bağlayıcı/agrega oranlarının bulunması ve agregada tane boyut dağılımının belirlenmesi (Tablo 6) çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Zeugma arkeolojik alanındaki Euphrates ve Poseidon villalarından örneklenen duvar resimlerinin sıva katları malzeme karakteristikleri açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar resmi sıva katlarında toplam tuz içeriğinin %0,43-1,03 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Duvar resmi sıva katları yüksek tuz içeriğe sahiptirler (Dursun vd., 2008). Üst tabaka, intonaco, örneklerinde toplam tuz içerik %0,62, alt tabaka, arriccio, örneklerinden tek tabakalı arriccio katında %0,85, çift tabakalı arriccio örneklerinde alt tabakada %0,74, üst tabakada %0,82 oranındadır. Sıva katı örneklerin pH'sının 7,00-8,00 arasında değişim gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 4). Tüm sıva katları zayıf bazik özelliktedir. Tek tabakalı arriccio katı örnekler çift tabakalı olanlardan daha baziktir. Duvar resmi sıva katı örneklerinde sülfat ve fosfat tuzlarının miktarı yüksektir. Nitrit, nitrat ve klorür türü tuzlar ise oldukça düşük ve hassasiyet sınırında değerlere sahiptir (Tablo 4). Duvar resmi sıva katı örneklerinin agregata tane boyut dağılımının analizi sonucunda asitte çözünmeyen agregalarının intonaco katı örneklerinde orta kum boyutunda (250-500 µm), tek tabakalı arriccio örneklerinde ince, orta ve çok iri kum boyutunda (125-500 ve >1000 µm), çift tabakalı arriccio örneklerinin alt tabaka arriccio örneklerinde çok iri kum boyutunda (>1000 µm) ve üst tabaka arriccio örneklerinde orta kum boyutunda (250-500 µm) olduğu belirlenmiştir (Wentworth, 1922). Isıtma ile ağırlık kaybı analizi sonucunda duvar resmi sıva katı örneklerinin organik madde içeriği de %1,55-2,04 arasında değişim göstermektedir.

(Tablo 6). Arriccio katı örnekleri intonaco katı örneklerinden daha yüksek oranda organik içeriğe sahiptir.

Dionysos ve Danae villalarından stratigrafik olarak örneklenen sedimanların toplam tuz içeriği %0,10-1,84 arasında ve yüksek oranda tuz içerdiği (ortalama %1,28) ve pH'sının 6,85-7,62 arasında (ortalama pH 7,16) bulunduğu anlaşılmıştır (Tablo 4). Sedimanlarda sülfat ve fosfat tuzların miktarı yüksek, diğer tuz değerleri hassasiyet sınırındadır (Tablo 4). Sedimanların agrega tane boyut dağılımının analizi sonucunda asitte çözünmeyen agregaların orta kum boyutunda (250-500 µm) olduğu belirlenmiştir. Isıtma ile ağırlık kaybı analizi sonucunda organik madde içeriğinin de yüksek olduğu (%3,68) anlaşılmıştır (Tablo 6). Bu da, alandaki toprakta organik aktivite yoğunluğuna işaret etmektedir.

Taş örneklerin toplam tuz içeriği %0,31-2,61 arasında (ortalama %1,03) değişim göstermektedir. Taşların pH değerleri zayıf asidik bölgede (6,07-6,73) yer almaktadır. Taşlarda diğer örneklerde oranda daha yüksek miktarda nitrat, nitrit ve klorür türü tuzların bulunduğu anlaşılmıştır (Tablo 4).

3.3 Mineralojik ve Petrografik Özellikler

Örneklerin mineralojik, petrografik özellikleri, hazırlanan ince kesitlerinin optik mikroskop incelemeleri ile değerlendirilmiştir (Tablo 7 ve Şekil 9-11).

Taş örneklerin ince kesit analizleri sonucunda yapıtaşı niteliğindeki taş örneklerin kireçtaşı olduğu, ayrıca bazalt ve traverten türü taşların da yapıların duvar örgü moloz dolgularında kullanıldığı anlaşılmıştır (Şekil 10). Kireçtaşları; mikritik, biyomikritik ve rekristalize mikritik kireçtaşı olarak alt gruplara ayrılabilmiştir. Kireçtaşlarında numulites ve alvolina türlerinde fosillerin gözlemlenmesi taşların yerel Eosen (36,6-40 milyon yıl) formasyonla uyumlu olduğunu göstermiştir (Şekil 11) (Usta ve Beyazççek, 2006).

İnce kesit analizleri sedimanların kalker içerikli ve yerel formasyona uygun olarak Eosen jeolojik döneme ait olduğunu göstermiştir. Kil ve karbonat matrikse sahip sedimanların agrega içeriğini kuvars, kalsit, feldispatlar ile opak minerallerin oluşturduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, yapıda karbonize olmuş organik kalıntılar (bitki parçaları) da gözlenmiştir (Şekil 10d).

Duvar resmi örneklerinin ince kesit analizleri; örneklerin sıva katlarının ayrıştırılması,

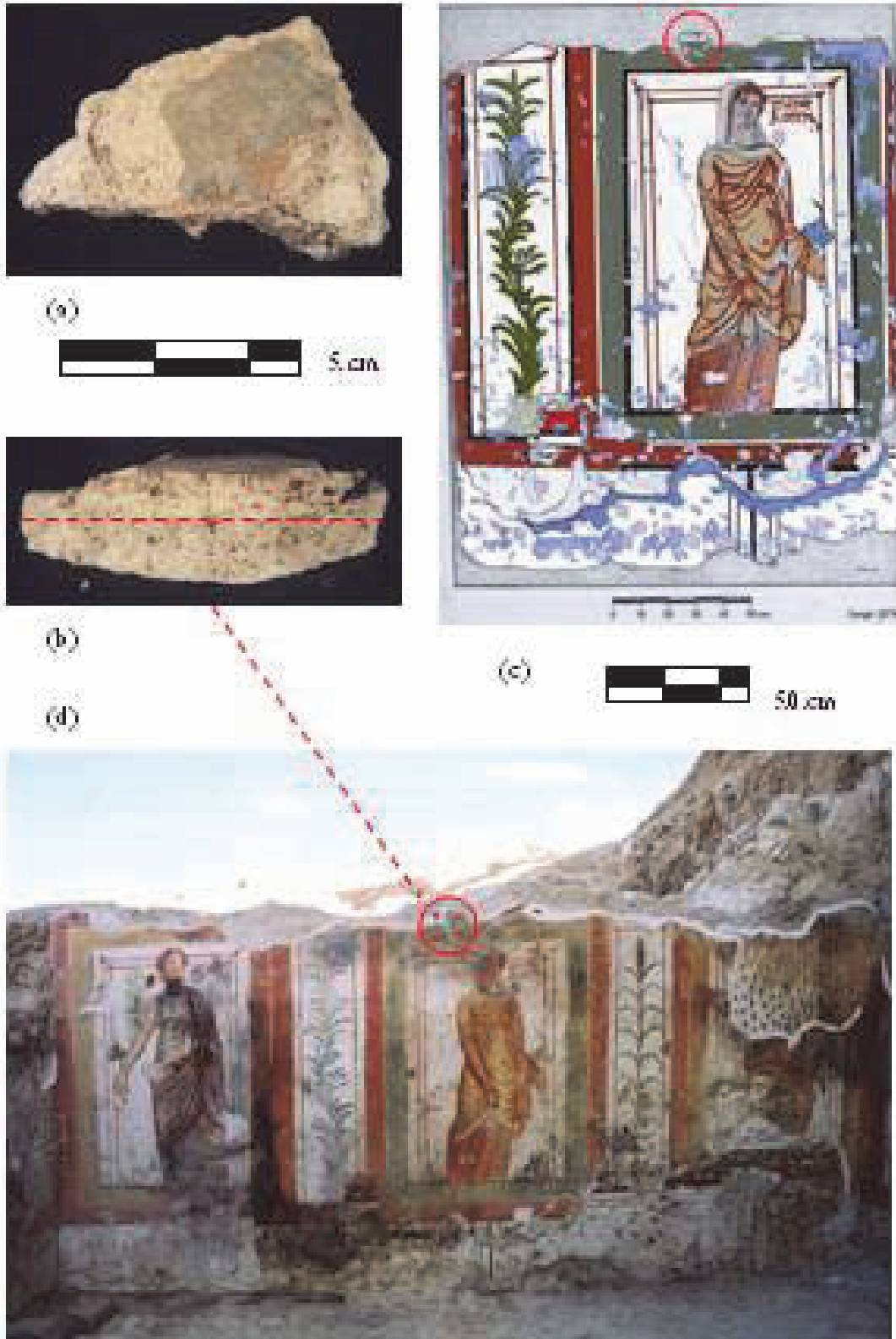
agrega/bağlayıcı türlerinin anlaşılması, agrega içeriğinin boyut, tür ve dağılımları açısından değerlendirilmesini sağlamıştır. Duvar resmi sıva katlarının tümünde kireç harcı kullanılmıştır. İncelenen duvar resmi sıva katı örneklerinin bazılarında kirecin yanında kil (9 örnekte; biri intonaco diğerleri arriccio katlarına ait) ve çimento (ZA6-P1ar ve ZA11-P1ar2) içerikli bağlayıcılara da rastlanılmıştır. %5-30 oranında harca eklenmiş olan kil içerik, yapıya agrega içerikle beraber taşınmayıp bilinçli olarak eklenmiş olmalıdır. Çimento içerikli duvar resmi katları ise yakın zamanda yapılmış uygun olmayan restorasyon uygulamalarını yansıtmaktadır. Sıva katı örneklerinin agrega yapısında kuvars, kalsit, piroksen, diabaz, kuvarsit, çört (mikrokristalin kuvars) ve opak mineraller, plajiyoklas, radyolarit ve kireçtaşı parçaları bulunmaktadır (Tablo 7). Agrega içindeki kireçtaşları da yapısal nitelikteki kireçtaşlarında olduğu gibi yakın çevre formasyonuna uyumlu bir yapı göstermiştir. Dolayısıyla duvar resmi malzemelerinde de yakın çevre kaynaklarının kullanıldığı söylenebilir (Usta ve Beyazççek, 2006) (Şekil 2006). İncelenen 57 duvar resmi sıva katı örneğinin 24'ünde agrega yapısına (7'si intonaco, 17'si arriccio katlarında) tuğla kırığı (BP) parçalarının (toplam agreganın %5-30'u oranında) da eklendiği anlaşılmıştır (Tablo 7). Tuğla kırığı parçaları agrega yapısında hem mukavemeti artırıcı, hem de nemliliği dengeleyici bir unsur olarak kullanılmıştır. Ayrıca, tek bir sıva katı örneğinde de agrega içeriğinde organik katkıya (ZD3-P1ar'de toplam agreganın %1,5'i oranında) rastlanmıştır (Tablo 7 ve Şekil 9).

3.4 Kimyasal Özellikler

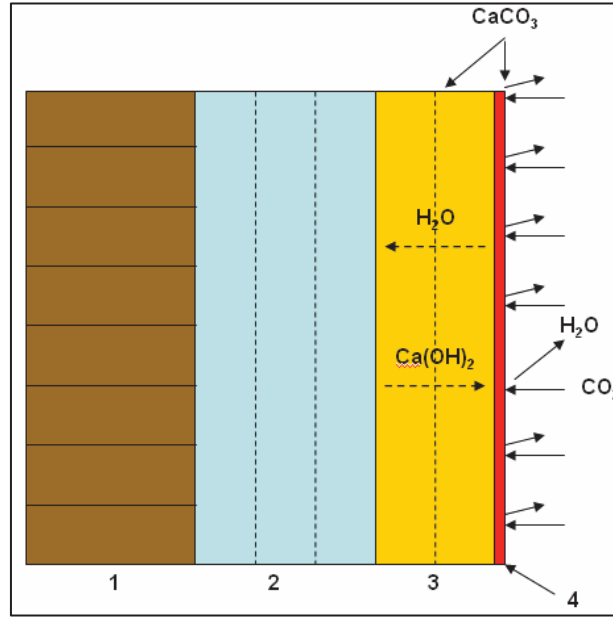
Örneklerin kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla X-ışını floresans analizi (PED-XRF) ve Raman spektroskopisi ve mikroskopisi analizleri yapılmıştır (Tablo 8 ve 9).

Sedimanların element analizi (PED-XRF) sonuçları kalsiyum oksit (%39,33 CaO) ve silisyum oksit (%17,25 SiO₂) yapıda ana elementler olduğunu göstermiştir. Örneklerde demir oksit (%2,40 Fe₂O₃) varlığı toprağın renginin (sarımsı) ana kaynağıdır (Tablo 8).

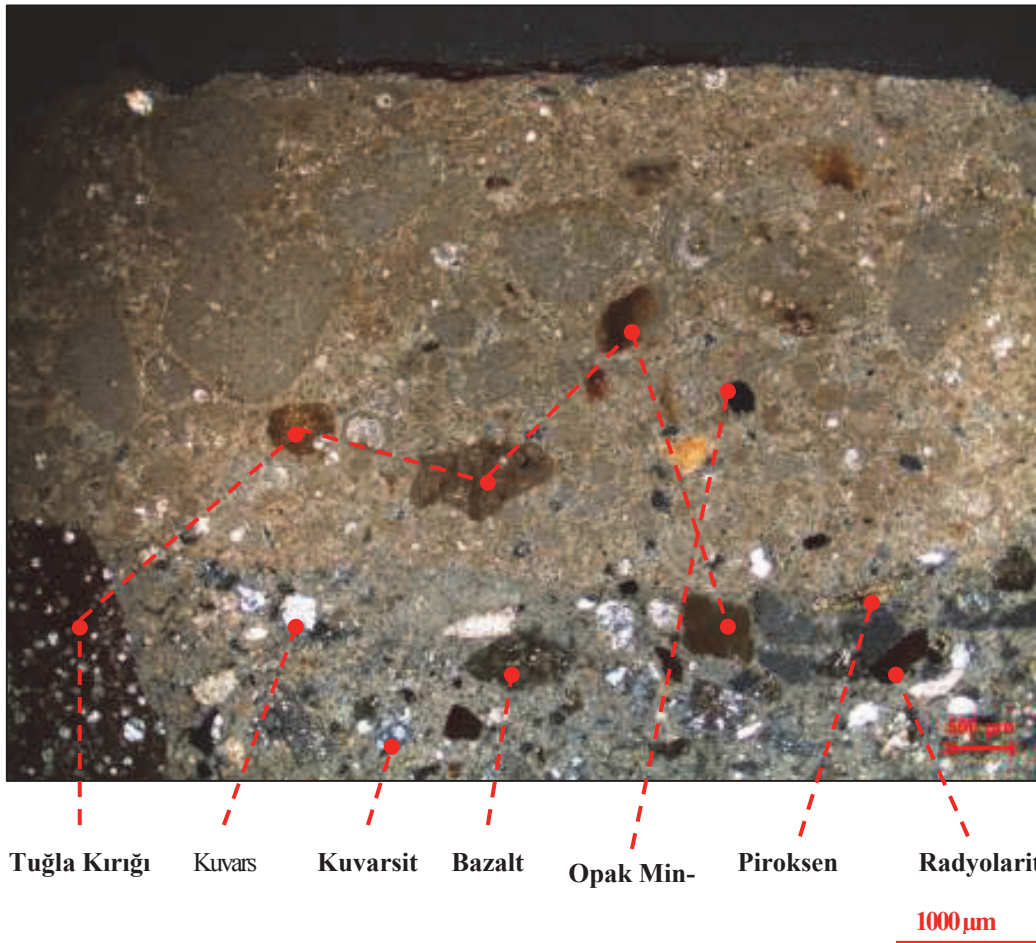
Yerel formasyona ait ve yapı taşı niteliğindeki kireçtaşlarında ana element beklenildiği gibi kalsiyum oksit (%56,15 CaO)'tir. Kireçtaşı örneklerde silisyum oksit (SiO₂) miktarı %1,53-7,21 arasında (ortalama %5,00) değişim göstermektedir. Bazı kireçtaşlarında silisyum oksit içeriğinin düşük (%1,57), bazılarında ise yüksek (%7,21) oluşu kireçtaşlarının iki farklı kireçtaşı kaynağına ait olduğunu düşündürmektedir.



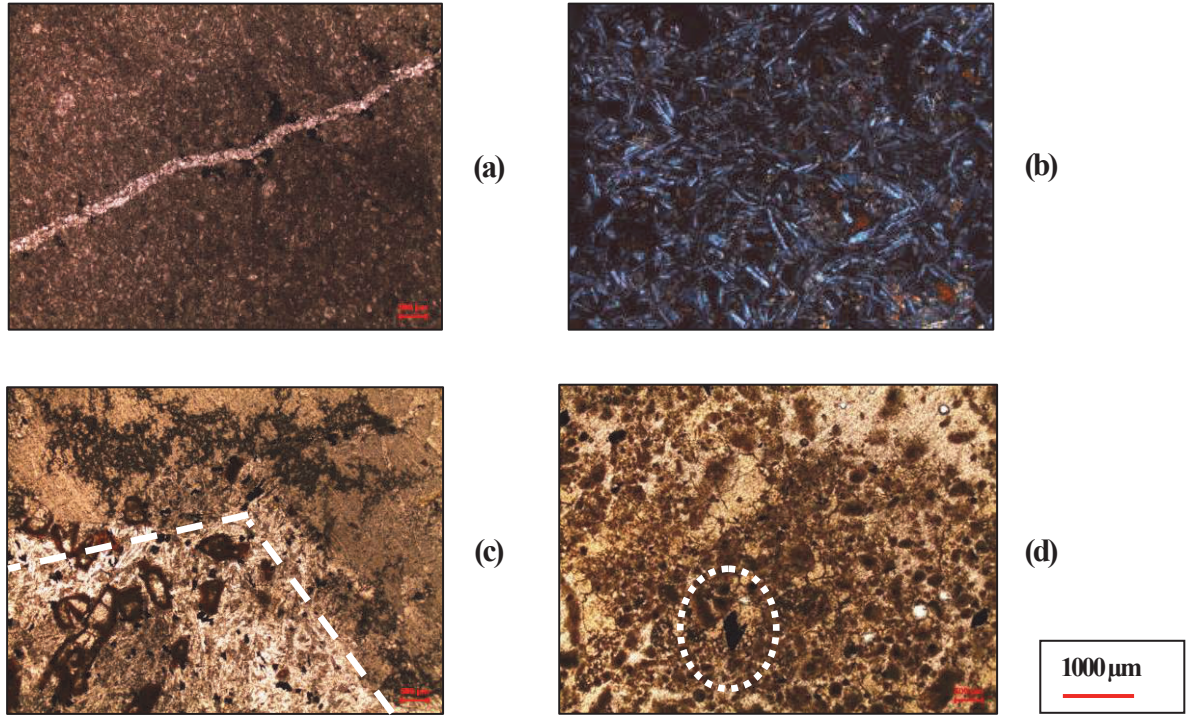
Şekil 7. Zeugma duvar resmi ZC13-P2 örneğinin üstten (a) ve kesitten görünümü (b), duvar resminin detay çizimi (c) ve Euphrates villasında D1 kodlu odanın batı duvarındaki in-situ pozisyonu (d).



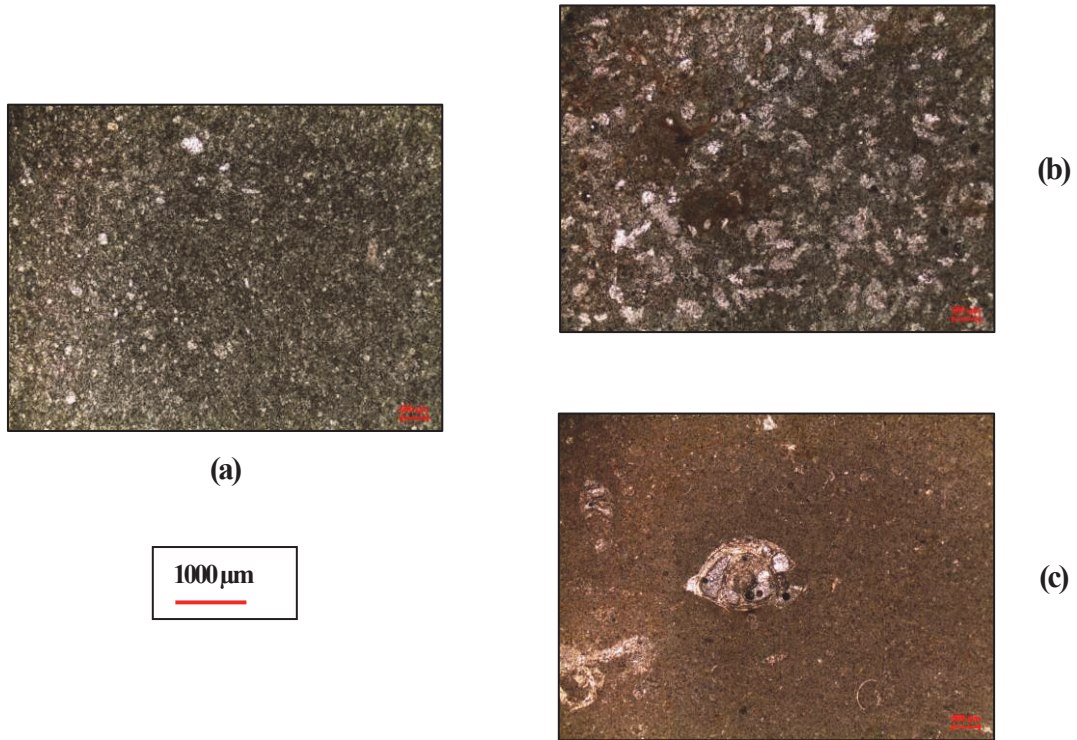
Şekil 8. Duvar resmi katları ve fresko reaksiyonunun şematik gösterimi (1: Duvar örgü, 2: Arriccio sıva kat(lar)ı, 3: Intonaco sıva kat(lar)ı, 4: Pigment katı) (Şekil: Mora vd., 1984; 1.4).



Şekil 9. ZB4-P1 duvar resmi örneğinin intonaco (üst kısım) ve arriccio (alt kısım) sıva katlarının mineral ve kayaç içeriği.



Şekil 10. Taş ve toprak/sediman örneklerin ince kesit optik mikroskop mikrofotografaları; (a) traverten (ZDa-St2), (b) bazalt (ZDy-St15), (c) traverten/bazalt dokanak ilişkili taş örnek (ZDy-St4; üst kısım traverten) ve (d) toprak örnek (ZDa-S1; işaretli kısımda karbonize bitki kalıntısı).



Şekil 11. Kireçtaşı örneklerin ince kesit optik mikroskop mikrofotografaları; (a) mikritik (ZDy-St3), (b) rekrystalize mikritik (ZDy-St14) ve (c) biyomikritik (ZDy-St2; merkezde numulites türü fosil bulunuyor) kireçtaşları.

Bu durumu örneklerin demir oksit (Fe_2O_3) içerikleri (%0,17-1,02) de destekler niteliktedir (Tablo 8).

Duvar resimleri daha ince taneli ve üzerinde boya tabakasının da bulunduğu “intonaco” tabakası ile bunun altında daha iri taneli “arriccio” tabakasından oluşmaktadır. Element analizleri de diğer analizlerde olduğu gibi bu tabakalar arasındaki farklılığı göstermiştir. “Intonaco” tabakasının kalsiyum oksit içeriği daha yüksek (%53,59 CaO), silisyum oksit içeriği daha düşük (%4,86 SiO_2), “arriccio” tabakalarının ise silisyum oksit içeriği daha yüksek (%8,47, %9,73 ve %11,29 SiO_2), kalsiyum oksit içeriği daha düşüktür (%41,08, %43,88 ve %44,20 CaO). Intonaco ve arriccio tabakaları arasında diğer elementler yönünden belirgin bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 8).

İncelenen duvar resmi örneklerinin bileşim özellikleri çimentolaşma indeksi (CI: Cementation Index) verileri ile de değerlendirilmiştir.

$$CI = \frac{[2,8 (\%SiO_2) + 1,1 (\%Al_2O_3) + 0,7 (\%Fe_2O_3)]}{[(\%CaO) + 1,4 (\%MgO)]}$$

Kireç harçlarında çimentolaşma indeksi; asitte çözünen kısmın alkali ortamda çözünen kısma oranı şeklinde ifade edilmektedir (Boynton, 1980; Holmes ve Wingate, 1997). Kireç içerikli harçlar agrega içeriği ve türüne bağlı olarak yağlı kireç harcı (YK) ve hidrolik kireç harcı olarak (ZHK: zayıf hidrolik kireç, OHK: ortalama hidrolik kireç ve HK: hidrolik kireç) ayrımlandırılmaktadır. Harçlarda toplam agrega içeriği %5’in altında olan yağlı harçlar, kalsiyum oksit (CaO) içeriği oldukça yüksek harçlardır. Toplam agrega oranı %5’in üzerinde olan harçlarda CaO oranı düşük, hidrolik özelliği yüksek olan harçlardır. Bu tür harçların bileşiminde silisyum oksit (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve demir oksit (Fe_2O_3) oranı yüksektir. XRF analizi ile element bileşimi tespit edilen duvar resmi sıva katı harçlarının CI değerleri Tablo 8’de verilmektedir. Duvar resmi örneklerinde intonaco katını oluşturan harçlar yağlı kireç özelliğinde ve zayıf, arriccio sıva katlarına ait harçlar ise hidroliklik özelliği CI değerleri ile doğru orantılı olarak daha yüksek ve daha dayanımlı harçlardır.

Duvar resmi örneklerinin pigment tabakası Raman konfokal spektroskopisi ve mikroskopisi analizi ile belirlenmiştir (Tablo 9 ve Şekil 13). Kalsit bütün pigmentlerin ortak mineralidir (Tablo 9). Beyaz, siyah ve yeşil renkli pigmentlerin kaynağı olarak sırasıyla vaterit

($CaCO_3$), grafit ve malahit [$Cu_2CO_3(OH)_2$] bulunmuştur (Tablo 9). Sarı renkli pigmentlerin kaynağı ankerit [$Ca(Fe, Mg, Mn)(CO_3)_2$], siderit ($FeCO_3$) ve geotit/limonit [$FeO(OH)$] olarak tanımlanmıştır (Tablo 9). Kırmızı renkler, hematit (Fe_2O_3), jasper ve toprak boya (Fe_2O_3 ; okre) olarak tanımlanmıştır (Tablo 9 ve Şekil 12). Jasper ve vaterit, jasper (SiO_2) ve kalsit, toprak boya ve kalsit ile hematit pembe renkli pigment oluşturan minerallerdir (Tablo 9).

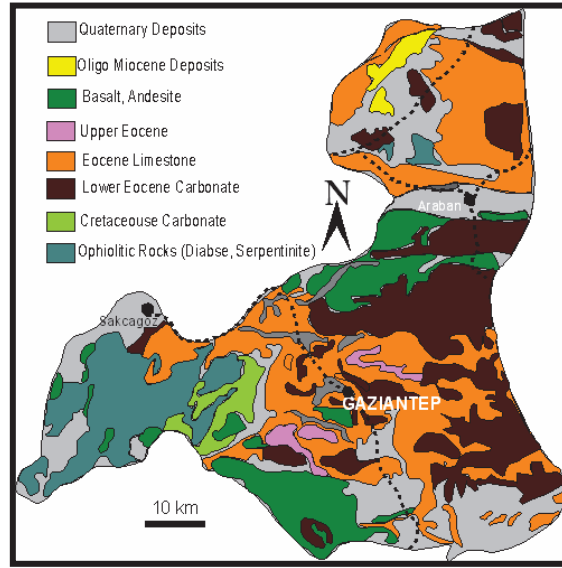
4. SONUÇLAR

Zeugma Arkeolojik Alanına ait duvar resimlerinin pigment ve sıva tabakalarının incelenmesi amacı ile gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada hammadde kaynaklarının yakın çevre ile ilişkisinin anlaşılması için ilgili malzemeler (sediman ve taş) de incelenmiştir.

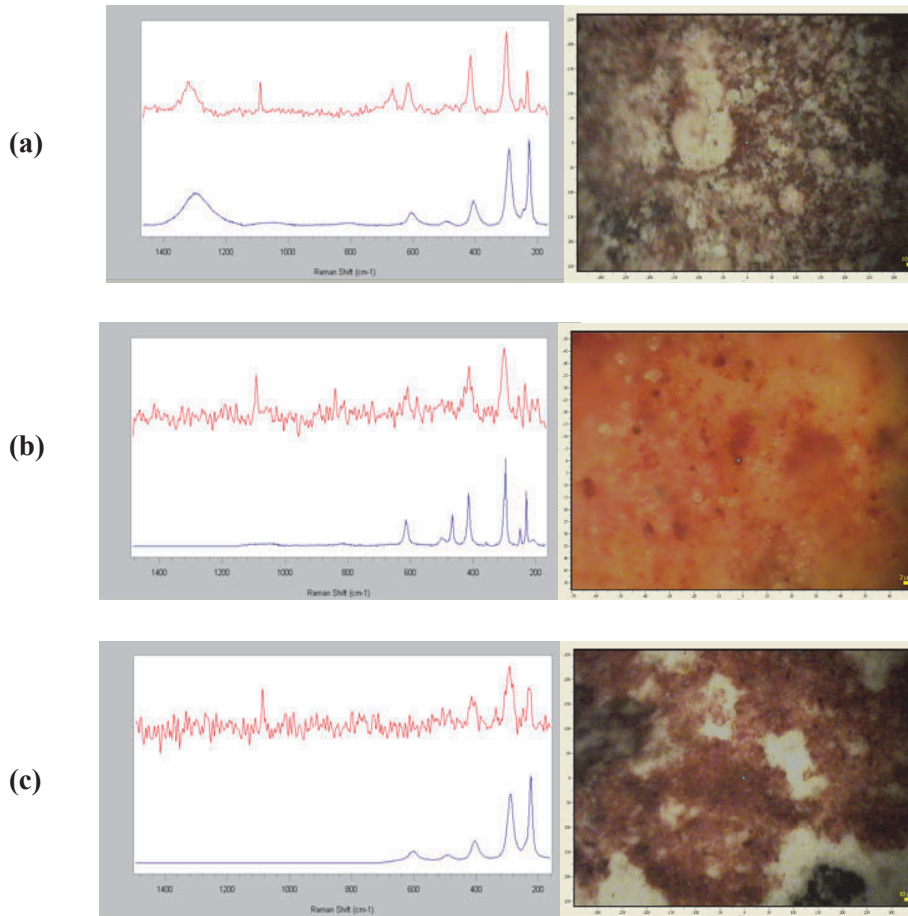
Danae ve Dionysos villalarından örneklenen kireçtaşlarında numulites ve alvolina türlerinde fosillerin gözlemlenmesi, taşların yerel (Eosen) formasyonla uyumlu olduğuna işaret etmektedir. Nitekim yerel formasyon, gerek sedimanlar gerekse kayaçlar açısından kireçtaşlarından oluşan formasyondur. Duvar resmi sıva katlarının agrega yapısında da aynı tür kireçtaşlarının belirlenmiş olması, yakın çevre kaynaklarının hammadde kaynağı olarak kullanıldığını göstermektedir. Euphrates ve Poseidon villalarından örneklenen duvar resimlerinin tümünde kullanılan özgün nitelikteki bağlayıcı kireçtir.

Duvar resimlerinde kullanılmış olan boyalar da yöreden elde edilen renk sağlayıcı malzemelerle ilgili olmalıdır. Kireçtaşı içeriği ifade eden kalsit, bütün pigmentlerin ortak minerali olarak belirlenmiştir. Siyah rengin kaynağı olarak bir tür karbon olan grafit, yeşil rengin kaynağı olarak bakır bileşiği olan malahit bulunmuştur. Sarı renkli pigmentler ankerit, siderit ve geotit olarak, kırmızı renkli pigmentler de hematit, jasper ve toprak boya/okre olarak tanımlanmıştır. Kırmızının bir tonunu oluşturan pembe renkte de jasper ve vaterit, jasper ve kalsit, toprak boya ve kalsit ile hematitin bulunduğu anlaşılmıştır.

Zeugma Roma Dönemi Vilları’nda, günümüze kadar ulaşmış çok çeşitli renklerde duvar resimlerinin bulunması dönemin duvar resmi teknolojisinin her yönden ileri aşamada olduğunu göstermiştir. Zeugma duvar resimleri hem hammadde özellikleri, hem de yapım teknoloji bakımından döneminin duvar resmi yapım tekniğini (fresko) temsil eden önemli örneklerdir.



Şekil 12. Gaziantep çevresine ait jeolojik harita (Usta ve Beyazççek, 2006; Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu tarafından basitleştirilmiştir).



Şekil 13. Pigmentlerin Raman spektrumları; (a) hematit (ZB2-P1pr), (b) jasper (ZA6-P4pr) ve (c) toprak boya /okre (ZA11-P2pr) (mavi renkle belirtilen spektrumlar hematit, jasper ve toprak boya/okre için referans spektrumlarıdır).

Örnekler hammadde malzeme karakteristikleri, mineralojik ve kimyasal kompozisyonları ve yapısal özellikleri yönünden, optik mikroskopi, PED-XRF ve Raman spektroskopisi gibi çeşitli analitik yöntemler kullanılarak incelenmiştir.

Sedimanlar Eosen kökenli kalkerli topraklardır. Taşların kayaç türü çoğunlukla kireçtaşıdır ve 3 alt türden oluşmaktadır: mikritik, biyomikritik ve rekristalize mikritik kireçtaşı. Kireçtaşlarının kaynağı yerel formasyona aittir. Duvar resimlerini oluşturan sıva katlarının agrega malzemeleri Fırat nehir yatağı birikintilerinden toplanmış olmalıdır.

Zeugma arkeolojik alanında farklı mekanlara ait duvar resimlerinde yapıyı oluşturan sıva katlarının tanımlanması, agrega/bağlayıcı içeriklerinin çeşitli analitik teknikler kullanılarak incelenmesi ile hem yörenin, hem de döneminin duvar resmi yapım teknolojisinin anlaşılması bakımından değerli bilgiler sağlamıştır. Duvar resmi örnekleri tek intonaco, tek ve çift katlı arriccio tabakalarına sahiptir. Duvar resmi yapım tekniği fresko tekniğidir.

Kalsit genel olarak bütün pigmentlerin ortak mineralidir. Beyaz, siyah ve yeşil renkli pigmentlerin kaynağı olarak sırasıyla vaterit, grafit ve malahit bulunmuştur. Sarı renkli pigmentlerin kaynağı ankerit, siderit ve geotit olarak tanımlanmıştır. Kırmızı renkler, hematit, jasper ve toprak boya (okre) olarak tanımlanmıştır. Jasper ve vaterit, jasper ve kalsit, toprak boya ve kalsit ile hematit pembe renkli pigment oluşturan minerallerdir.

Gerçekleştirilen incelemeler ile Zeugma arkeolojik alanına ait yapı malzemeleri arkeometrik yönden ele alınmış; malzemeler tanımlanmış, olası jeolojik kaynakları belirlenmeye çalışılmıştır.

Tarihi alan ve yapıların korunması, gerekli onarımların yapılması ve geleceğe uygun koşullarda iletilmesi için disiplinler arası niteliği ile arkeometrik çalışmaların/incelemelerin rolü önemlidir. Zeugma arkeolojik alanına ait tüm malzemelerin gelecek nesillere belgelenecek en iyi koşullarda iletilmesi gereklidir. Halihazırda kazıların sürdürüldüğü Zeugma'dan elde edilen her türlü arkeolojik malzemenin ilerleyen aşamalarda da arkeometrik yönden ele alınarak değerlendirilmeye devam edilmesi çalışmanın sürekliliği açısından değerli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Zeugma duvar resmi örnekleri üzerinde arkeometrik çalışmalarda bulunulması konusunda izin veren Gaziantep Müzesi'ne ve Zeugma Kazı Başkanı Doç. Dr. Kutalmış Görkay'a; dökümantasyon, örnekleme ve arkeolojik yaklaşımlarda değerli yardımlarda bulunan Doç. Dr. Y. Selçuk Şener, Doç. Dr. Bekir Eskici ve Öğr. Gör. Dr. Cengiz Çetin'e; örneklerin kataloglama ve analizlerde yardımcı olan Selver Tekin ve Gülşen Albuz'a; çalışma kapsamında analizlere katkı sağlayan ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı teknisyeni Orhan Karaman'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akyol, A.A., Demirci, S., Kadioglu, Y.K. and Turkmenoglu, A.G. (2005). Analyse Préliminaire Des Matériaux Des Espaces P9 (A6) Et P26 (C13) Du Secteur A (Chantier 12), Zeugma II Peintures Murales Romaines. Sous la direction d'Alix Barbet, Institut Français d'Etudes Anatoliennes Georges Dumézil-İstanbul De Boccard Edition-Diffusion, *Varia Anatolica* XVII, 248-268.
- Akyol, A.A. (2009). Material Characterization of Ancient Mural Paintings and Related Base Materials: A Case Study of Zeugma Archaeological Area. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Doktora Tez Çalışması, 283 s.
- Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J.L. and Clark, F.E. (1965). *Methods of Soil Analysis No. 9 in the Series Agronomy*. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Boynton, R.S. (1980). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*. 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc., New York, 578 s.
- Cumont, F. (1917). *Etudes Syriennes*. Paris, 379 s.
- Dean, W.E. (1974). Determination of Carbonates and Organic Matter in Calcereous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss on Ignition: Comparison with other Methods, *Journal of Sedimentary Petrology* 44(1), 242-248.

- Dursun, H., Dizdar, M.Y., Kırıştioğlu, Ş., Özcan, İ. ve Hamurkar, Y. (2008). *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, s. 70.
- Ergeç, R. (ed.), (2006). *Belkıs - Zeugma ve Mozaikleri*. Gaziantep Müzesi.
- Feigl, F. (1966). *Spot Test in Organic Analysis*. Elsevier Publication Company, Amsterdam.
- Holmes, S. and Wingate, M. (1997). *Building with Lime, A Practical Introduction*. Intermediate Technology Publications, London, 306.
- Kennedy, D.L. (1994). Zeugma, Une Ville Antique sur l'Euphrate. *Archaeologia* (306), 26-35.
- Kerr, P.F. (1977). *Optical Mineralogy*. McGraw-Hill Co. First Ed'n., New York.
- Means, R.E. and Parcher, J.V. (1963). *Physical Properties of Soils*. Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio, USA.
- Mora, P., Mora, L. and Philippot, P. (1984). *Conservation of Wall Paintings*. Butterworths, ICCROM, Glasgow, England, 494 s.
- Pollard, A.M. ve Heron, C. (1996). *Archaeological Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- RILEM. (1980). Research and Testing. Materials and Construction 13, Chapman and Hall, Paris. 73.
- Rapp, G. (2002). *Archaeomineralogy*. Springer-Verlag, Berlin.
- Şener, Y.S., Eskici, B. ve Çetin C. (2002). *Zeugma Antik Kenti Kurtarma Kazılarında (A Bölgesi) Ele Geçen Duvar Resimlerinin Restorasyonu ve Konservasyonu Çalışmaları. 17. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, T.C. Kültür Bakanlığı Yayın No: 2763 (83), 109-118.
- Şener, Y.S., Eskici, B. ve Çetin, C. (2005). Conservation, Restoration, Analyses Techniques: La Dépose Des Peintures Murales and La Restauration Des Peintures Murales, Zeugma II Peintures Murales Romaines. Sous la direction d'Alix Barbet, Institut Français d'Etudes Anatoliennes Georges Dumézil-İstanbul De Boccard Edition-Diffusion, *Varia Anatolica* XVII, 229-240.
- Ulusay, R., Gökçeoylu, C. ve Binal, A. (2005). *Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*. TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları: 58, Ankara.
- Usta, D. ve Beyazçiçek, H. (2006). *Gaziantep İlinin Jeolojisi*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Adana, 1-11.
- Vitruvius. (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap - The Ten Books On Architecture*, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, Translated from English to Turkish by Suna Güven, 4th Edn., Yapı Endüstri Merkezi, Ankara, 151-163.
- Wagner, J. (1976). *Seleukeia am Euphrat/ Zeugma*. Wiesbaden (Reichert, Beihefte TAVO B10), 132-146.
- Wagner, J. (1985). *Die RÄmer an Euphrat und Tigris*. Jona (Antike Welt, Sondernummer 16).
- Wentworth, C.K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Jour. of Geology*, Vol. 30, 377-392.
- Zeugma. (2006). *Mozaikler Kenti,- City of Mozaics*. Gaziantep - Zeugma, Halfeti ve Rumkale'de Turizm Etkinliğinin Artırılması Projesi, Gaziantep Ticaret Odası.
- Web1. Zeugma.
<http://www.zeugmaweb.com/zeugma/harita>.
- Web2. Güneydoğu Anadolu Projesi.
<http://www.gap.gov.tr/English/zeugma.html>.