

Batı ve Güneybatı Anadolu'nun Paleocoğrafya ve Jeoarkeolojisinde Santorini (Thera) Küllerinin Önemi

Importance of the tephra of Santorini (Thera) in the paleogeography and geoarchaeology of the western and southwestern Anatolia

Serdar Vardar*¹, Ertuğ Öner²

¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü

²Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

Öz: Tephra örnekleri kronostratigrafik yorumlarda kılavuz bir katmandır ve paleocoğrafya ile jeomorfoloji değerlendirmelerinde farklı bölgelere ait morfolojik birimlerin korelasyonlarında bilimsel katkılar sağlamaktadır. Volkanik küller, püskürme zamanlarına ait kapladıkları rölyefi çok iyi yansıttıkları için genel bir rölyef korelasyonunu mümkün kılmaktadır. Santorini volkanının patlamasına ait küller ve dağılışı özellikleri Batı Anadolu paleocoğrafyası ve jeoarkeolojisi için hem kronolojik bir referanstır hem de belirli bir dönemin morfolojik özelliklerini yansıtmaktadır. Bunun yanında volkanik küllerin kıyı bölgelerindeki tsunami etkileri ve izleri de paleocoğrafya- jeoarkeoloji araştırmaları için önemlidir. Bu çalışmada Eşen ovası, Bayraklı (Symirna) antik kenti ve Gölcük gölü (Ödemiş-İzmir) sondajlarından alınan volkanik küllerin element analizleri sonucunda Santorini'nin (Thera) Minoan patlamasına (GÖ 1650) ait olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçları Batı Anadolu'da daha önce yapılmış diğer çalışmaların sonuçları ile ilişkilendirilmiştir. Bu bilgilerin yardımı ile küllerin Batı ve Güneybatı Anadolu'daki dağılışı üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Eldeki analiz-bulgular paleocoğrafya ve jeoarkeolojik değerlendirmelerinde kullanılmış ve tephra örneklerinin analizlerinin bu çalışmalara katkısı üzerinde durulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Güney Ege volkanik ada yayı, Santorini, Eşen ovası, Bayraklı höyüğü, Gölcük.

Abstract: Tephra samples is a guide layer in chronostratigraphic interpretations and in paleogeographic - geomorphologic evolutions provide scientific contributions to correlations of morphological units belonging to different regions. Volcanic ashes enable the overall relief correlations because of their well reflecting surface that they cover belong the eruption time. Features of Santorini tephra and its distribution is both chronological reference and important indicator because of reflecting the morphological features of a particular period for Western Anatolian paleogeography and geoarchaeology. Besides that, paleogeographical effects of tephra, tsunami effects in coastal regions and its terraces are also important for paleogeography-geoarchaeology research. In this research, element analysis of volcanic ashes obtained from drillings in Eşen plain, Bayraklı (Symirna) ancient city ve Gölcük lake (Ödemiş-İzmir) indicates that the tephra belong to Santorini Minoan eruption (1650 BP). Results of analysis correlate with other research that is done before. Element analysis of tephra is associated with the outcomes of research previously done in Western Anatolia. According to these data, interpretations on distribution of Minoan Tephra were carried out. Analysis and findings are used in paleogeographical and geoarchaeological interpretations and the contribution of the analysis of tephra samples to these works are emphasized.

Keywords: South Aegean volcanic island arc, Santorini, Eşen plain, Bayraklı mound, Gölcük.

* İletişim yazarı: Serdar Vardar, e-posta: serdarvardar@yahoo.com

Makale Geliş Tarihi: 27.10.2016

Makale Basıma Uygun Tarihi: 10.11.2016

Gölcük gölünde de (Vardar ve Altiner 2003) yaptığımız sondajlarda da yine volkanik küllere ulaşılmıştır (Foto 2).

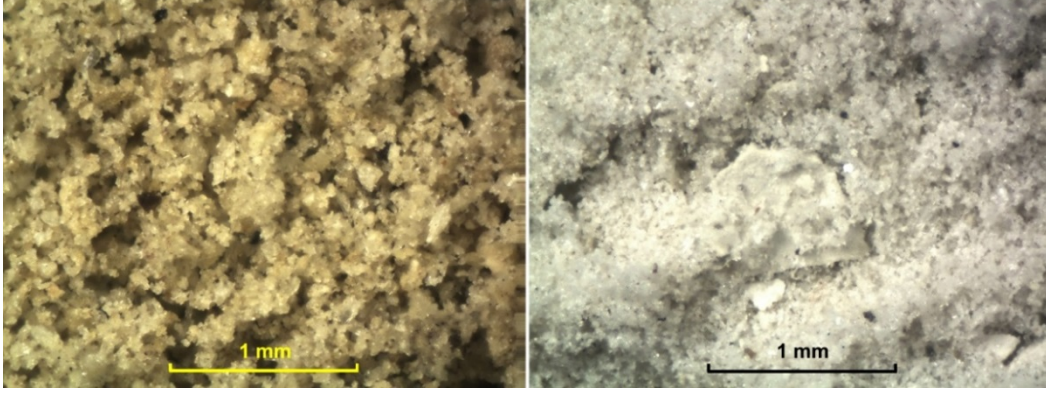


Foto 1 - Eşen Ovasında Letoon kazısında delgi sondajda (1995) elde edilen volkanik küllerin mikroskop altındaki görünümü.



Foto 2. Gölcük sondajında ulaşılan volkanik kül tabakası

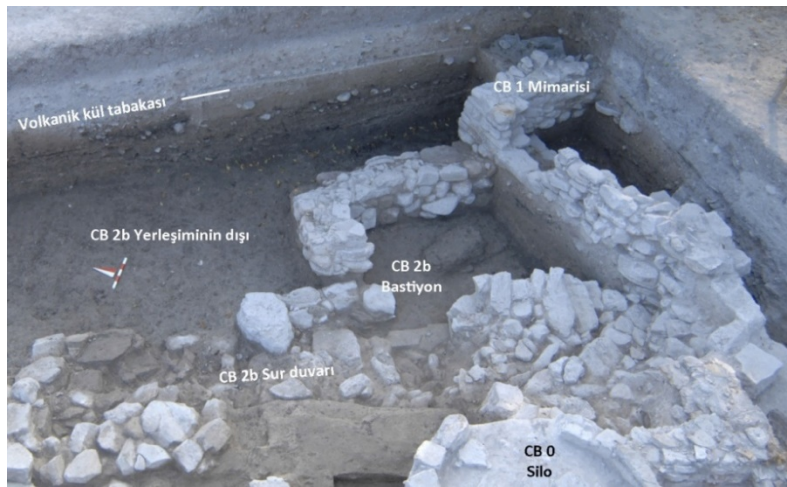


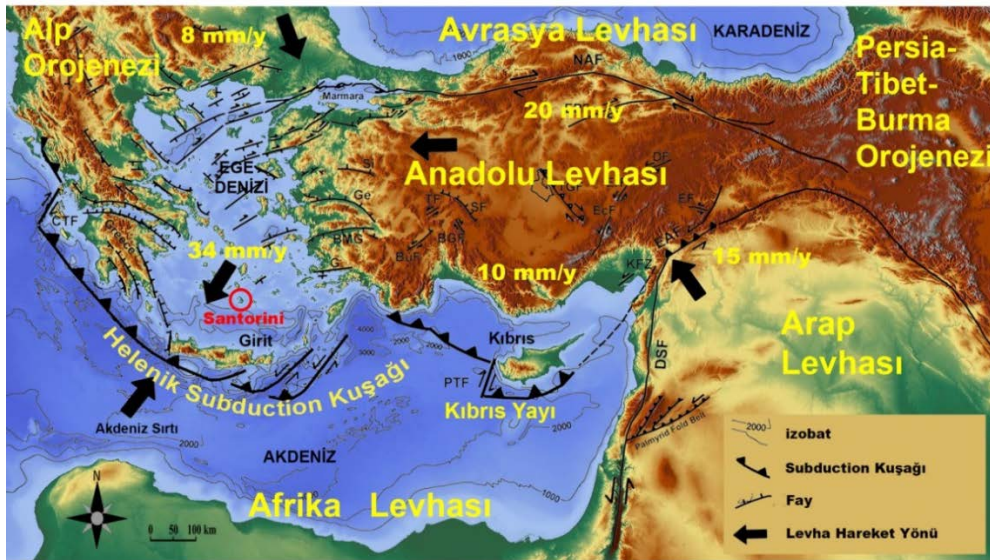
Foto 3. Çeşme Bağlararası kazı çukurluğunda Minoan volkanik kül katmanı (Foto, Şahoğlu ve vd. 2014'den alınmıştır).

Son yıllarda arkeolojik kazı alanlarında da volkanik kül tabakalarına rastlanmıştır. İzmir'in Çeşme ilçesindeki Bağlararası (Foto 3) ve Aydın'ın Çine ilçelerindeki arkeolojik kazılarda Santorini külleri bulunmuştur. Küllerin göl-bataklık-sığ deniz-lagün gibi ortamlarda birikmesi olağan bir durum iken höyüklerde de bulunmuş olması önemli bir veridir. Bütün bu küller genellikle bugünkü yüzeyin birkaç metre altında ve üzeri geçen sürede sedimanlarla örtülmüş olarak yer almıştır.

Bu çalışmanın amacı; literatür bilgilerinden yola çıkarak Eşen ovası, Bayraklı ve Gölcük'te yaptığımız sondajlardan elde edilen volkanik küllerin element analizleri, RC14 sonuçları yardımıyla Batı Anadolu'daki dağılışı özelliklerinin ve paleocoğrafya-jeoarkeoloji çalışmalarına katkılarının ortaya konulmasıdır. Bu amaçla pilot uygulama olarak küllere ulaştığımız sondaj alanları seçilmiştir. Tephra örneklerinin dağılışının açıklanabilmesi için öncelikle Minoan volkanizmasını ortaya çıkaran Ege denizi havzasının ve çevresinin yapısal-tektonik özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu yaklaşımla Ege volkanik ada yayı ve volkanik birimleri ele alınacaktır.

1.1. Ege Volkanik Ada Yayı

Tektonik özelliklerin kontrolünde ortaya çıkan volkanik aktiviteler Ege denizi havzasının güney kesiminde bir kuşak halinde uzanan volkanik adaların oluşumuna neden olmuştur (Şekil 2). Güney Ege volkanik ada yayı, Afrika plakasının Avrasya plakası altına dalmasıyla meydana gelmiştir (Şekil 2). Bu volkanik etkinlik kuzeye doğru ilerleyen Afrika levhasının Girit'in güneyinde Ege-Anadolu levhasının altına yılda 2,5-2,7 cm hızla dalmasıyla oluşmuştur (Şekil 2). Afrika ve Anadolu levhaları arasında kalan ve 34 mm/yıl hızla güneye itilen Ege levhasının güneyi güçlü bir gerilme ve açılma kuşağı oluşturmaktadır ve Helenik ada yayı sistemi ile üzerindeki volkanlar bu kuşakta yer almaktadır (Şekil 2, 3). Bu süreç, zaman zaman volkanik patlamalar, depremler ve tsunamilere yol açmaktadır. Bütün volkanik etkinlikler, Kameni ve Kolombos hattı gibi tektonik açıdan zayıf bölümlerde gelişmiştir (Şekil 2, 3) (Friedrich, 2013). Santorini Yunanistan'ın anakarasından, Türkiye'de Bodrum Yarımadasına uzanan Güney Ege volkanik ada yayı üzerindeki Niysros, Milos ve Methana gibi aktif volkanlardan biridir (Şekil 3). Santorini tektonik açıdan oldukça hareketli olan bu zonda tarih çağları boyunca defalarca patlayan volkanik bir birimdir. Aktif tektonik-volkanik kuşak üzerinde bulunan Santorini güneyindeki subduction zonu (Ege güneyi-Akdeniz) deniz tabanını gösteren batimetrik eğrilerle de takip edilebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Hellenik dalma-batma kuşağı, levhalar, tektonik ve batimetrik özellikler

Çeşitli araştırmalarda yaklaşık olarak 13-26 milyon yıl önce oluşmaya başladığı ifade edilen dalma batma kuşağı 3 milyon yıl kadar öncesinde ilk volkanik etkinlikleri oluşturmaya başlayarak ada yayını meydana getirmiş ve faaliyetlerini günümüze kadar sürdürmüştür (Yiğitbaşıoğlu, 2003; Friedrich ve vd., 2000).



Şekil 3. Güney Ege volkanik yayı, aktif volkanlar, Santorini ve faylar

1.2. Santorini

Santorini (Yunanca adı: Thera), Ege Denizi'ndeki Kiklad takımadaları içinde yer alan volkanik adalardan biridir. Adayı, Santorini kalderasının su üstünde kalan yarım ay şeklindeki bölümü oluşturmaktadır. 75.8 km² yüzölçümüne sahip adanın en yüksek yeri 564 metredir (Friedrich ve vd., 2000, Yiğitbaşıoğlu, 2003). Santorini (Thera) adaları, merkezinde aktif bir volkanik adanın bulunduğu körfez şekilli bir kaldera olup dairesel şeklindeki ada grubudur (Şekil 3). Dairesel şekilli bu adalar topluluğu birbiri üstüne gelen kalkan tipli volkanlar ile onları kesen kalderadan oluşur. İlk volkanik etkinlik yaklaşık bir milyon yıl önce denizaltında başlamış ve bugünkü Thera, Therasia ve Aspronisi adalarının bulunduğu bölge, deniz yüzeyinden itibaren 800 m yükseklikte büyük bir tek volkanik ada şeklinde oluşmuştur (Şekil 3) (Bennet ve Galaty 1997; Lamarche ve Hirschboeck 1984; Manning 1988; Manning ve vd., 2006; Antonopoulos, 1992; Panagiotakopulu ve Buckland 1991; Pyle, 1997; Yiğitbaşıoğlu, 2003; Ramsey ve vd. 2004; Friedrich ve vd., 2006; Friedrich ve Heinemeier 2009; Hamann, 2010; Friedrich, 2013).



Şekil 4. Minoan patlamasının oluşturduğu Tsunami (Hedervari 1976, Yalçiner ve vd. 2005, Salamon ve vd. 2007, Beverley ve vd. 2009'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Eski kaldera güney kaldera olup günümüzden 180000 yıl önce oluşmuştur. Bunun ardından yaklaşık 70000 yıl önce Skaros kalderası ve ardından da Cape Riva yaklaşık 21000 yıl önce meydana gelmiştir. Genç kaldera ise günümüzden yaklaşık 3600 yıl önce Geç Bronz yaşlı Minoan püskürmesi sırasında oluşmuştur. Çeşitli evrelerle süregelen volkanizma yaklaşık MÖ 1600 yıllarında çok şiddetli bir patlama sonucu adanın büyük bir kısmını havaya uçurmuştur. Bu patlama ile küller 200 km² lik geniş bir alana yayılmış ve oluşan tsunami Kıbrıs adası sahillerine kadar ulaşıp Kıbrıs'ın batı kıyılarını tahrip etmiştir (Şekil 4) (Kastens ve Cita 1991; Antonopoulos, 1992; McCoy ve Heiken 2000; Minoura ve vd. 2000; Friedman 2005; Salamon ve vd. 2007; Dominey-Howes 2000; Bruins ve vd., 2009; Goodman-Tchernov ve vd., 2009; Novikova ve vd., 2011; Tobias ve Stiassnie 2012; Papadopoulos ve vd., 2014).

Ayrıca Santorini adasında yaşayan o devirdeki Minos uygarlığını kuran insanlar bu şiddetli patlama ile yok olmuşlardır. Santorini'nin bu külleri ülkemizde İzmir Bayraklı höyüğünde (Öner ve Kayan 2006; Öner, 2012; Kayan ve Öner 2013), Ödemiş ilçesindeki Gölcük gölünde (Sullivan 1988), Eşen ovasında (Öner 1997a, 1997b, 1998, 1999a, 1999b, 2001, 2009, 2013; Öner ve Akbulut 2015; Écochard ve vd. 2009; Fouache ve vd., 2012; Écochard 2012), Burdur'un Gölhisar gölünde (Eastwood ve vd. 1998, 1999, 2002), Köyceğiz'de (van Zeist ve vd. 1975; Sullivan 1988, 1990) bulunmuştur. İzmir'in Çeşme ilçesindeki Bağlararası arkeolojik sit alanında ve Çine depresyonundaki Tepecik kazısında bu kül tabakasına arkeolojik yapı kalıntıları üzerinde rastlanılmıştır. Daha sonra tarihsel kayıtlara geçen MÖ 900 ve MÖ 197 püskürmeleri olmuştur. MÖ 197 püskürmesinden itibaren Santori'nin kalderası içinde Kameni adaları meydana gelmiştir. Bu püskürmeler çeşitli tarihlerde tekrarlanmıştır (Orcell ve Blanquet 1955). Thera kalderasının KD tarafında MS 1650 yılında bir denizaltı püskürmesi gerçekleşmiş olup Santorini adalarında günümüzde de fümeroller izlenmektedir. Son püskürme patlayıcı aktivite eşliğinde, 1950 yılında küçük bir lav domu ve akıntısı oluşturmuştur (Orcell ve Blanquet 1955).

1.3. Minoan (Minos) patlaması

Santorini'nin MÖ 1613 yılındaki Minos (Minoan) patlaması olarak ifade edilen ve en güçlü patlamalarından biri olarak nitelenen etkinliği sonucu Akdeniz'in büyük bir kısmı üzerinde volkanik kül tabakası yayılmıştır (Friedrich, 2009; Friedrich ve vd., 2006). Literatürde takip edilen birçok çalışmada Minoan patlamasına ait tarihlemelerin farklılıklar gösterdiği dikkati çekmektedir. Genel bir kabul ile GÖ 3600 tarihi ön plana çıkmaktadır. Tarihlemelerinde görülen farklılıklar hem analizlerin hem de örneklerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle Santorini adasında kısa mesafeden alınan örneklerde dahi farklı tarihlemelere ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Santorini'nin bu etkinliği ile püskürttüğü sünger taşı ve kalın bir kül tabakasının altında kaplı kalan dönemin gelişmiş Tunç Çağı yerleşimlerinde yaşam tümüyle yok olmuştur. Bu feci patlama ile bağlantılı oluşan tsunamiler, Girit'in kuzey kıyılarındaki Minos yerleşimleri ile Doğu Akdeniz kıyılarındaki diğer yerleşmelere kadar (Bruins ve vd., 2009) ulaşmıştır. Minos uygarlığı yerleşimleri kıyıya yakın yerlerde olduğu için ağırlıklı olarak deniz ticaretine bağımlı bir ekonomileri bulunuyordu. Bu olay sonucunda pek çok Girit'li insan büyük olasılıkla yaşamlarını ya da geçim kaynaklarını kaybetmiştir. Knappett ve vd., (2011) volkanizma'nın çağının önemli ama narin ekonomik ve politik ağlarını bozması sonucunda, bölgede önemli kültürel değişimlerin gerçekleştiğini ileri sürmüşlerdir (Renfrew, 1979, Driessen ve McDonald 1997). Ayrıca, Minos patlamasından önce Santorini yanardağının üzerinde çok sayıda deprem gerçekleşmiştir ve insanlar bunlara karşı önlem almak zorunda kalmıştır. Akrotiri kazılarında taş duvarların yapımına ahşap kirişler eklenmiş olmasından anlaşıldığı gibi, halkın depreme karşı evlerini korumak için etkili bir yol bulduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak, duvarlar eskisine göre daha esnek hale gelmiş ve depreme karşı daha iyi korunmuştur. Ayrıca bu afet patlama belki Galanopoulos ve Bacon'un (1969) iddia ettiği gibi, Platon'un Atlantis

efsanesinin çekirdeği olabileceği şeklinde bazı eski Yunan efsanelerinde (Marinatos, 1972) yansıtılmıştır.

2. Yöntem

Santorini adasında günümüzden yaklaşık 3600 yıl önce meydana geldiği bilinen Minoan patlamasının küllerinin Batı Anadolu'daki dağılışının ortaya konulabilmesi için Eşen Ovası, Bayraklı ve Gölcük'te yapılan karotlu sondajlar ve el burgusu sondajları ele alınmıştır. Sondajlarda ulaşılan katmanlar içinde volkanik kül tabakalarının konumu kronostratigrafik olarak ele alınmış, bazı tabakalardan yapılan RC14 tarihlemeleri ile kesin tarihler elde edilmiştir. Kronostratigrafik-göreceli değerlendirmelerde kül tabakaları diğer katmanlar için kılavuz bir tabaka olmuştur. Ödemiş, Eşen ve Bayraklı örneklerinden element analizleri yapılmış ve Minoan patlamasının kül analizleri ile ilişkilendirilmiştir. Arazi çalışmaları ve araştırmalar sırasında küllerin dağılışının ortaya koyan literatür bilgileri değerlendirilmiş ve alan çalışmalarımızın bulguları ile birlikte ele alınarak yorumlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Daha önce de ifade edildiği gibi Batı-Güneybatı Anadolu'nun farklı yerlerinde Minoan patlamasına ait küllerin bulunduğu literatürdeki çalışmalarda belirtilmiştir. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda Batı Anadolu'da gerçekleştirdiğimiz sondaj çalışmaları ve ulaşılan kül bulguları Eşen ovası, Bayraklı ve Gölcük örnekleri ile değerlendirilecektir.

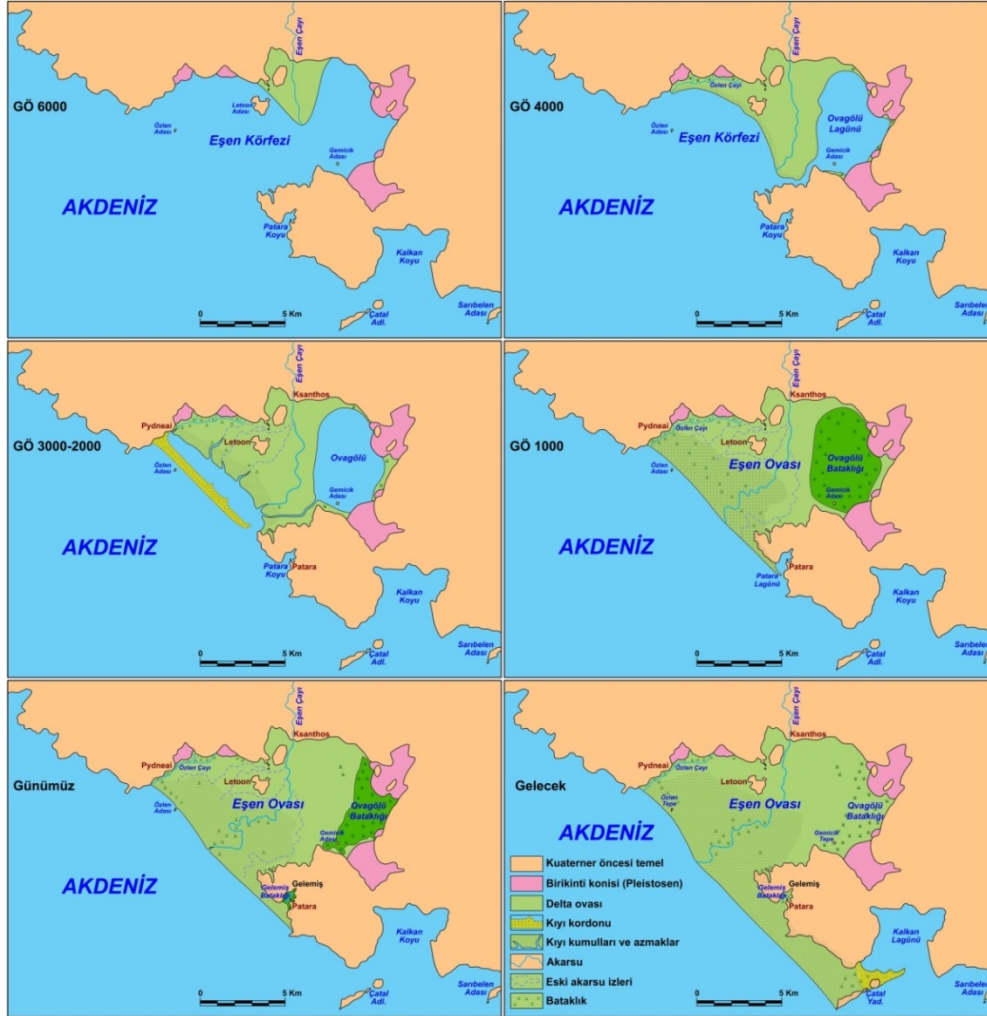
3.1. Eşen ovası ve Patara

Güneybatı Anadolu'daki Likya medeniyetinin önemli kentlerinden biri olan Patara ve limanının gerek kuruluşu gerekse kullanılmaz hale gelişi ile Eşen ovasının gelişme aşamaları arasında yakın ilişki olduğu belirlenmiştir. Eşen ovasının jeomorfolojik gelişimi araştırmalarımız sırasında ovada ve Patara oluğu çevresinde olmak üzere 60 adet delgi sondaj yapılmıştır (Şekil 5) (Öner, 2013).



Şekil 5. Eşen ovasındaki delgi sondaj yerleri ve numaraları (Öner 2013).

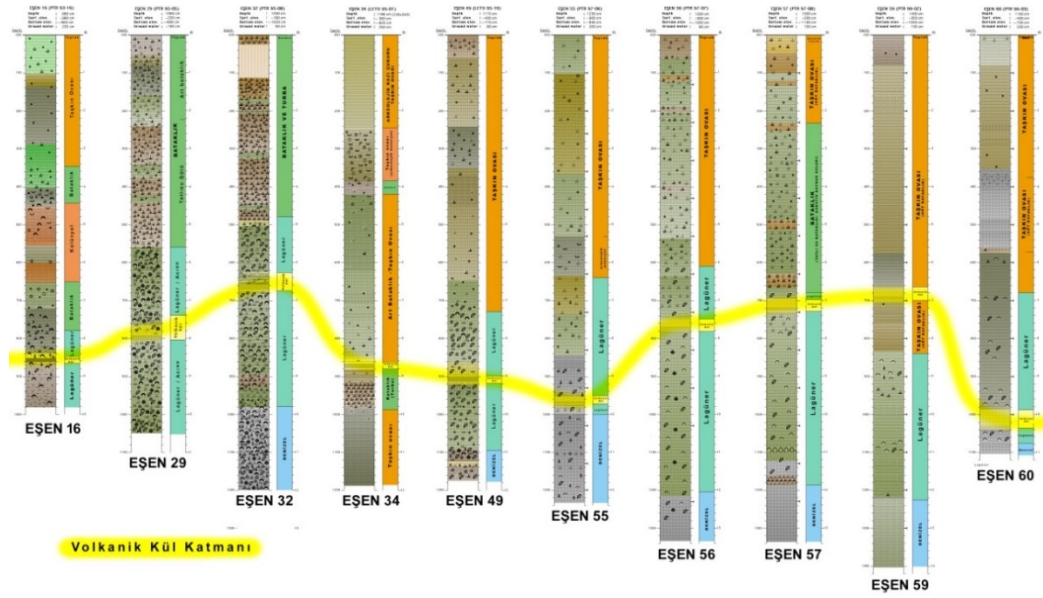
Eşen ovası, Eşen çayının (Kocaçay; antik adı Ksanthos) taşıdığı alüvyonlarla oluşmuş ve şekillenmiş bir delta-taşkın ovasıdır. Eşen ovası, özellikle son 15000 yıllık sürede genel jeomorfolojik süreçlerle ve küresel ölçüde değişen deniz seviyesi – kıyı çizgisine bağlı olarak gelişme göstermiştir. Eşen ovasının alüvyal jeomorfolojisinin incelenmesi, doğal çevrede meydana gelen değişimleri belirlemek açısından önemlidir.



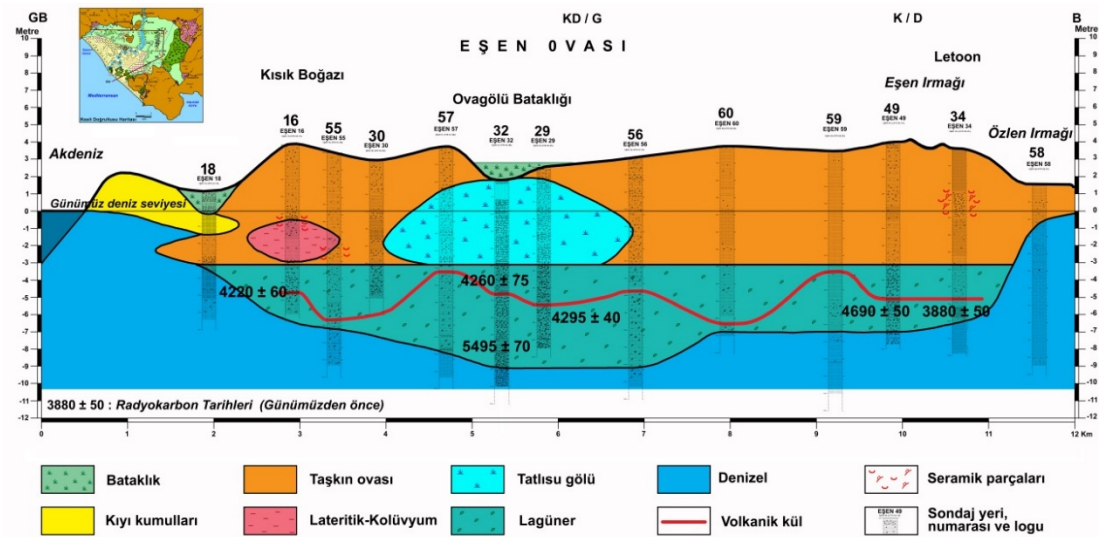
Şekil 6. Eşen ovasının Geç Holosen'deki gelişme dönemleri (Öner 2013).

Son Buzul çağı maksimumunda (MIS 2) –130 metrelerde olan deniz seviyesi, günümüze doğru hızla yükselerek 7000-6000 yıl öncelerde bugünkü düzeyine ulaşmıştır. Deniz seviyesinin yükselmesi ile özellikle alçak kıyılarda kıyı çizgisi karaya doğru ilerlemiştir. Eşen ovasının bulunduğu alanda da mevcut kıyı düzlüğünde yükselen deniz bu alanda geniş körfez oluşturmuştur. Erken Holosen'de yükselen deniz seviyesi, Orta Holosen'de yaklaşık bugünkü seviyesine erişmiştir. Eşen körfezinin en geniş kıyı çizgisi bu döneme ait olmalıdır. Eşen çayı Erken Holosen'de de alüvyonlarını bu alana taşımasına rağmen, deniz seviyesinin hızlı yükselmesine karşı koyamamış ve kıyı çizgisinin kara yönünde ilerleyişi sürmüştür. Deniz seviyesi yükselmesinin yavaşlaması ve Orta Holosen'de durmasıyla birlikte, Eşen çayının taşıdığı alüvyonları ile körfezi doldurmaya ve yeni deltasını oluşturmaya başlamıştır (Şekil 6).

Bu dönemde Patara koyu açık denizle bağlantılı olup buraya ulaşmak ancak dağlık alanı aşmakla mümkündür. Orta Holosen'den itibaren Eşen çayının taşıdığı alüvyonlarla körfez içinde güneye doğru deltası gelişmiştir. Delta gelişmesi bu doğrultuda sürmüş ve güneydeki Kısık boğazına doğru ilerlemesi ile körfezin doğu bölümü açık denizden sınırlanmış ve bir lagüne dönüşmüştür. Bu dönemden itibaren Likya medeniyetine ait yerleşmeler kurulmaya başlamıştır. Gelişen delta – taşkın ovasına bağlı olarak Patara oluğuna Kısık boğazı üzerinden ulaşımın kolaylaşması ile de burası bir liman olarak kullanılmaya başlamış ve Liman kenti gelişmiştir. Bu dönemden itibaren Patara çağının önemli limanlarından biri olmuştur. Likya birliğinin önemli kentlerinden biri durumundaki Patara, aynı zamanda Noel Baba olarak tanınan Aziz Nikolaos'un doğum yeridir. Uzun zaman döneminin Dünya'da önemli limanlarından biri olan Patara, Eşen ovasının kıyı çizgisinin açığa doğru ilerlemesi sonucu giderek kıyı boyunca taşınan kumlarla dolmaya başlamıştır.



Şekil 7. Eşen ovasında yapılan ve volkanik kül katmanlarına rastlanan 10 adet sondaj.



Şekil 8. Eşen ovasında yapılan delgi sondaj sonuçlarına göre hazırlanan genelleştirilmiş kesit ve volkanik kül katmanı (Öner 2013).

Eşen ovasının kıyı çizgisi bugünkü konumuna yaklaşmasıyla, kumların dalga ve akıntılarla Patara limanına taşınması yanında kıyıda biriken kumlar rüzgârlarla da taşınmaya başlamıştır. Bunun sonucu Patara limanı giderek bir bataklığa dönüşmüş ve eski önemini yitirmiştir (Şekil 6). Görüldüğü üzere Patara koyunun Geç Holosen'deki doğal çevre değişimlerinde Eşen ovasının gelişme aşamaları çok fazla etkili olmuştur. Bu nedenle Patara çevresinin doğal çevre değişimlerini belirlemek için Eşen ovasında alüvyal jeomorfoloji araştırmaları yapılmış, ovanın sedimanlarını inceleyebilmek için Patara çevresi ile birlikte sayısı 60'a ulaşan delgi sondajlar yapılmıştır.

Patara ve Eşen ovasında yapılan sondaj örneklerinin RC 14 tarihleri

| Örnek Numarası | Laboratuvar Numarası | Örnek Özelliği | Yüzeyden Derinlik (cm) | Deniz Seviyesinden Derinlik (cm) | RC 14 Yaşı (GÖ) | Kalibrasyonlu Yaş |
|---------------------|----------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| EŞEN 12 PTR93-12 | 3519 | Kavkı | 225 | 125 | 2170 ± 50 | 1812 – 1691 GÖ |
| EŞEN 16 PTR93-16 | 3520 | Kavkı | 800-920 | 550-670 | 4220 ± 60 | 4393 – 4220 GÖ |
| EŞEN 32 PTR95-08 | 10816 | Kavkı | 970 | 870 | 5495 ± 70 | 3949 – 3610 MÖ |
| EŞEN 32 PTR95-08 | 10817 | Kavkı | 540-580 | 440-480 | 4260 ± 75 | 2444 – 1958 MÖ |
| EŞEN 34 PTR95-01 | 10818 | Turba | 920-980 | 420-480 | 3880 ± 50 | 2467 – 2150 MÖ |
| EŞEN 49 LET95-16 | 10819 | Kavkı | 910-950 | 560-600 | 4690 ± 50 | 2915 – 2576 MÖ |
| EŞEN29 PTR95-05 | 10821 | Kavkı | 850-900 | 650-700 | 4295 ± 40 | 2438 – 2090 MÖ |

Yaş kalibrasyonu STUIVER ve REIMER (1993) 'e göre yapılmıştır.

1993 yılı örnekleri UNIVERSITEIT UTRECHT Fakülteit der natuur- en sterrenkunde, R.J.Van de Graaff laboratorium.

1995 yılı örnekleri CENTRE DES FAIBLES RADIOAKTIVITES LABORATOIRE MIXTE C.N.R.S.-C.E.A (Cedex – FRANSA).

Çizelge 1. Patara ve Eşen ovasında yapılan sondajlarının tarihleme sonuçları.

Eşen ovasında yapılan sondajların 10 adedinde yüzeyden itibaren 6 ila 10 metre derinlikler arasında kalınlığı 5-10 cm arasında bir katman halinde beyaz renkli volkanik kül katmanına rastlanılmıştır (Şekil 7, 8) (Öner, 2013). Bu katmanın yakın birimlerindeki fosil kavkı ve turba katmanına ait örneklerden elde edilen tarihler GÖ 3800-4200 yıllarını vermiştir (Çizelge 1). Bu tarihler genellikle kül tabakasının alt bölümündeki sedimanlardan alınan kavkı ve turba örneklerine aittir. Bu bakımdan kül tabakasının söz konusu tarihlerden günümüze doğru etkinlik göstermiş bir volkana ait olmalıdır. Bu bölgede bu tarihlerde etkinlik gösteren önemli bir volkan Santorini'dir. Eşen ovasında ortalama yaklaşık yüzeyden 7-8 metre kadar derinde rastladığımız bu kül tabakasının da (Şekil 7) Santorini'ye ait olma olasılığı yüksek görülmüştür. Nitekim kül örneğinin element analizleri, Santorini volkanının küllerinin element özelliklerine uygun sonuçlar vermiştir (Çizelge 2). Santorini'nin Minoan etkinliği olarak adlandırılan ve günümüzden yaklaşık 3600 yıl önce meydana gelen püskürmesi ile taşınan küllerine Güneybatı Anadolu'da bazı noktalarda rastlanmıştır. Bu volkanik küller de Santorini'nin külleri ile element yapısı açısından benzer özellikler göstermiştir.

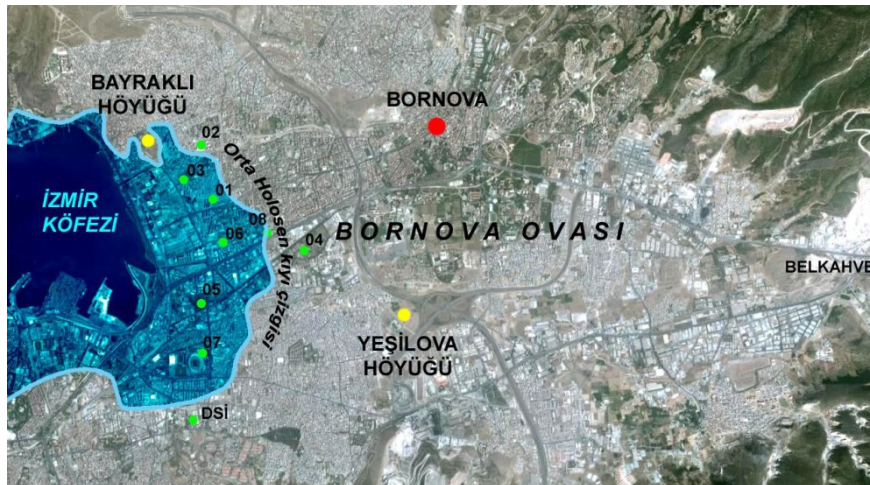
3.2. Bornova Ovası ve Bayraklı (Smyrna – Tepekule) Höyüğü

Bornova ovasındaki 8000 yıllık Yeşilova höyüğü bulununcaya kadar (Derin ve Batmaz 2004), 5500 yıllık tarihi ile İzmir'in en eski kuruluş yeri olarak bilinen (Akurgal 1950 ve 1987) Bayraklı höyüğü çevresinde paleocoğrafya ve jeoarkeoloji araştırmalarımız sırasında delgi sondajları

yapılmıştır (Şekil 9) (Foto 2) (Öner ve Kayan 2006; Öner 2012; Kayan ve Öner 2013). Bayraklı höyüğü, Bornova düzlüğünün KB köşesinde, kıydan 400 m kadar içeride yer alır. Holosen transgresyonu ve bunu izleyen hızlı çevresel değişimler Bayraklı höyüğü ve çevresinde de etkili olmuş, ilk yerleşmenin kuruluşunu ve sonraki dönemdeki kültür gelişimini yönlendirmiştir. Bu nedenle bölgedeki arkeoloji araştırmalarında coğrafi çevrenin evrimi konusundaki bilgi ve değerlendirmeler özel bir önem taşımaktadır. Bayraklı höyüğünün çevresel değişmelerini belirlemek amacıyla 1996-1998 yıllarında en derininde 16 m'ye kadar inilen 8 sondaj yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, Holosen'de yükselen denizin Bayraklı çevresine transgresyonun sonlarında (Orta Holosen: Günümüzden 6000 yıl önce) ulaştığı ve fazla arızalı olmayan, Holosen öncesi kırmızımsı-kahverengi, killi-siltli matriks içinde her boy kum, çakıl ve yer yer büyük taş bloklarından oluşan karasal dolgu yüzeyini kapladığı belirlenmiştir. Daha sonraki çalışmalarımızda da (Öner, 2012) bugünkü kıydan çok içeriye (doğuya) sokulmadığı ortaya konulan kıyı zonunda denizin çok derin olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 9, 10).



Şekil 9. Bayraklı höyüğü sondaj sonuçlarına göre Orta Holosen kıyı çizgisi (Öner 2012).



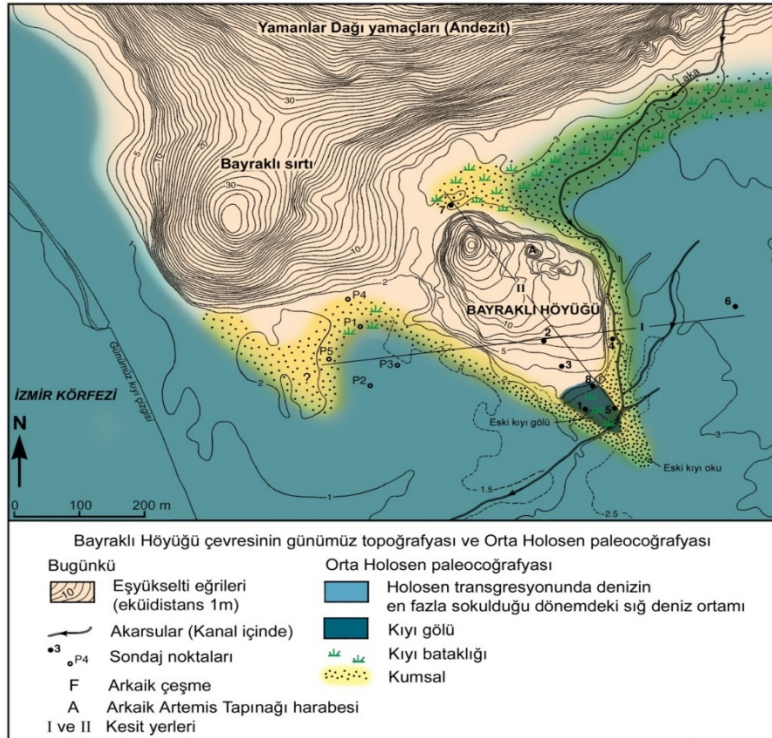
Şekil 10. Bornova ovası sondaj sonuçlarına göre Orta Holosen kıyı çizgisi (Öner 2012).

Bayraklı höyük alanı güneyinden doğuya sokulan denizin, kuzeye doğru daha sığ ve küçük bir girinti yaptığı belirlenmiştir (Şekil 9, 10). Ancak doğudan ve kuzeyden gelen derelerin getirdiği kaba kumlu akarsu birikintileri bu sığ körfezi hızla doldurmuştur.

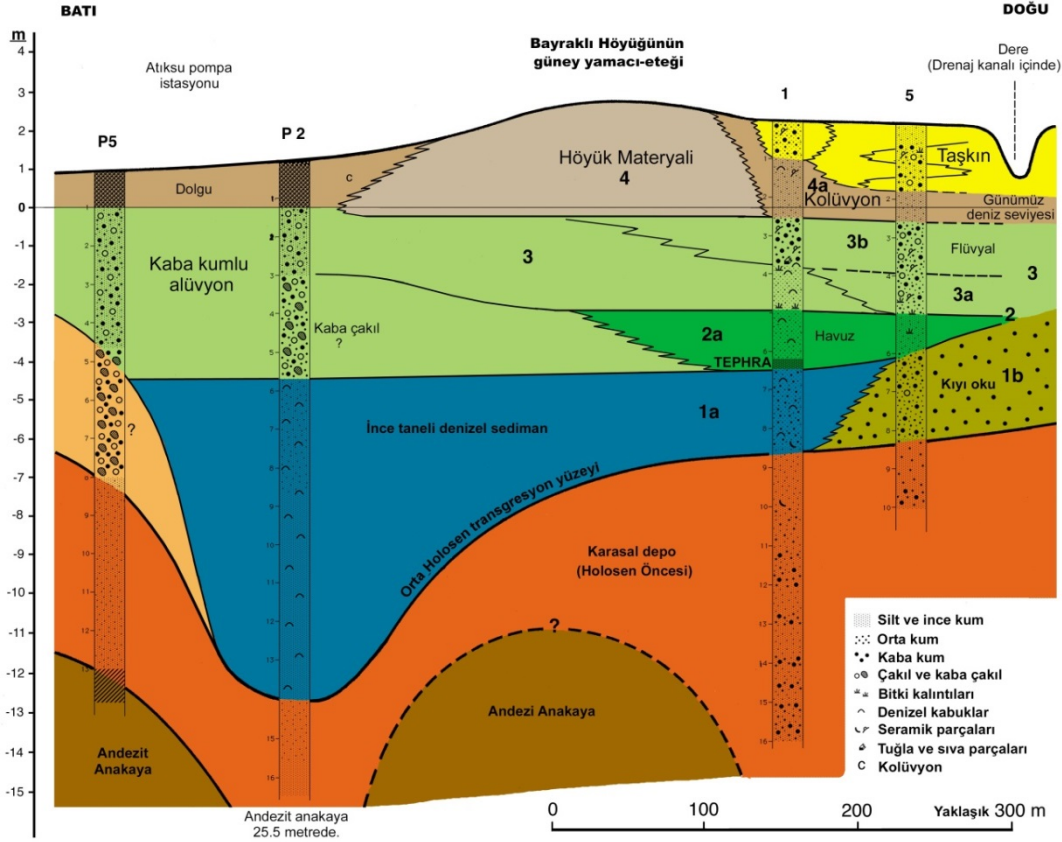
Bayraklı höyüğü güneyinde, bir kıyı oku ile sınırlanan kesimde denizel sedimantasyonun sonunda veya sonrasında küçük ve sığ bir çukurluk bulunduğu, bunun içinde önce volkanik kül katkılı, ince kumlu bir sediman bandının biriktiği, bunun üstüne bol organik katkılı, ince kumlu, laminalı bir çamur dolgunun geldiği belirlenmiştir (Şekil 11, 12, 13). Volkanik kül bandı höyük kuzeyindeki çukurlukta da bulunmuştur. Küllerin analizi sonucunda Santorini (Thera) volkanının Minoan püskürmesi olarak bilinen patlamasına ait olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

Bu alanda tarihlendirme sonucu bulunmama ile birlikte, bu kül bandı tarih olarak Santorini (Thera) volkanının Minoan püskürmesi ile uyumludur. Bu durumda kılavuz bir seviye olarak değerlendirilmesi mümkün olacaktır (Sullivan, 1988, Bennet ve Galaty, 1997; Lamarche ve Hirschboeck 1984; Manning, 1988; Manning ve vd. 2006; Antonopoulos, 1992; Panagiotakopulu ve Buckland 1991; Pyle, 1997; Yiğitbaşıoğlu, 2003; Ramsey ve vd. 2004; Friedrich ve vd. 2006; Friedrich ve Heinemeier 2009; Hamann, 2010; Friedrich, 2013).

Bu volkanik kül tabakası, dalga etkisi ile taşınmayacak kadar sığ ve hareketsiz su ortamlarının tabanında, genellikle de bataklık alanlarda kolay korunmaktadır. Kara yüzeyinde biriken küller dış etkenlerle aşındırılmakta, hareketli su ortamlarında ise kolay taşınmaktadır. Bu şekilde korunan ve üzeri hızla sedimanla kaplanan kül birimi, kılavuz seviye halinde alüvyal morfoloji çalışmalarında belli bir zamandaki ortamı yansıtır (Öner, 1999). Volkanik kül tabakasının denizel sedimanların üzerindeki bataklıkta bulunması, bu alan için denizel ortamın sona ermesinin günümüzden 3600 yıl kadar önce olduğunu göstermektedir. Kuşkusuz höyük yerleşiminin günümüzden 5000 yıl öncesinde olduğu düşünülürse, uzun bir süre bu alanın liman olarak kullanılabileceği düşünülebilir.



Şekil 11. İzmir Bayraklı höyüğünün topografyası ile höyük çevresinde yapılan sondajların yerleri ve Holosen Paleocoğrafyası (Öner-Kayan 2006; Kayan-Öner 2013).



1. Denizel transgresyon (Orta Holosen: 7000-6000 yıl kadar önce)

- İnce kumlu sığ deniz sedimanları.
- Kıyı oku.
- Kıyı yakını kaba kumlu, bitkili, kavrık sedimanlar. Delta kıyısı.

2. Bronz Çağı regresyonu

- 1b batısındaki kıyı gölcüğü. Kül tabakası. Gölcüğün dolması.

3. Bronz Çağı sonrası deniz seviyesi yükselmesi

- Eski delta üzerinde yaygın taşkın yatakları, azmaklar.
- Kaba kumlu kıyı bataklıkları. Daha dar yataklar.

4. Höyük dolgusu

- Höyükten çevreye yayılan kolüvyal birikintiler.

Şekil 12. İzmir Bayraklı höyüğünün topografyası ile höyük çevresinde yapılan sondajların yerleri ve Holosen Paleocoğrafyası (Kayan-Öner 2013).

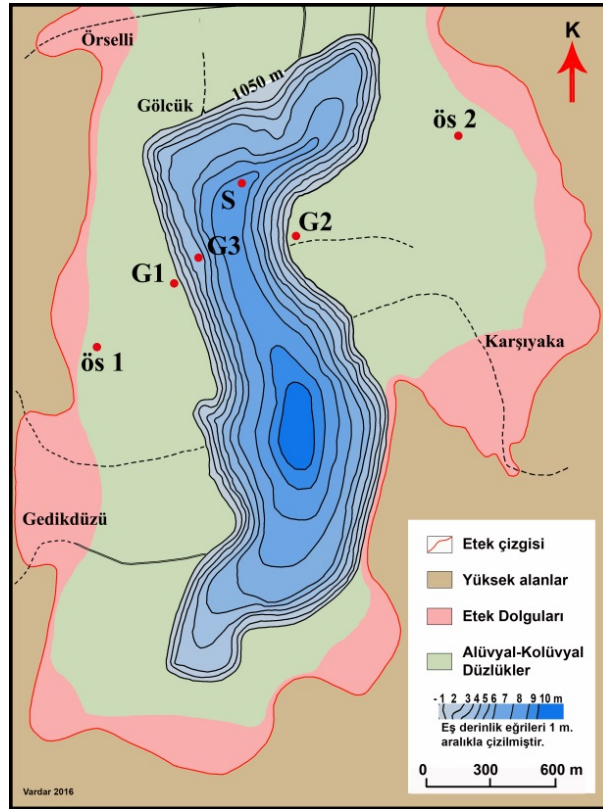
Höyük yüksekliğine doğru kumlu bataklıklara dönüşen sedimanlar içinde höyükten yıkanan kolüvyal katkılara ve başta seramik kırıntıları olmak üzere bol arkeolojik materyale rastlanmaktadır (Şekil 12, 13).

Asıl höyük dolgusu bugünkü deniz seviyesinin birkaç desimetre altında başlamakta, kuzeye doğru 20 m ye kadar yükselmektedir (Şekil 12, 13). Arkeolojik kazı ve araştırmalarla bu dolgu içinde Bronz Çağı ve sonrasına ait birçok yerleşme tabakası belirlenmiştir (Akurgal, 1950).

Bayraklı höyüğü çevresindeki coğrafi değişim ve gelişimi kronolojik olarak izlemek için burada belirlenen stratigrafik birimlerin tarihlendirilmesine gerek vardır. Bunun için C14 analizlerine uygun organik materyalin hemen her sondajdan sağlanması mümkündür. Alınacak tarihler, buradaki küllerin de daha kesin bir şekilde Santorini'ye ait olmasını kesinleştirecektir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar bölgesel paleocoğrafya bilgilerine önemli katkılar sağlayacaktır.

3.3. Gölcük

Bozdağlar üzerinde yer alan Gölcük gölü, kendi adı ile anılan "Gölcük yaylasının" güneyinde yer almaktadır (Şekil 14). Göl ve kıyı bölümünde 3 sondaj yapılmıştır (Şekil 14). Daha önceki yıllarda Sullivan (1988)'ın sondaj verileri bu sondajların verileri ile karşılaştırılmıştır.



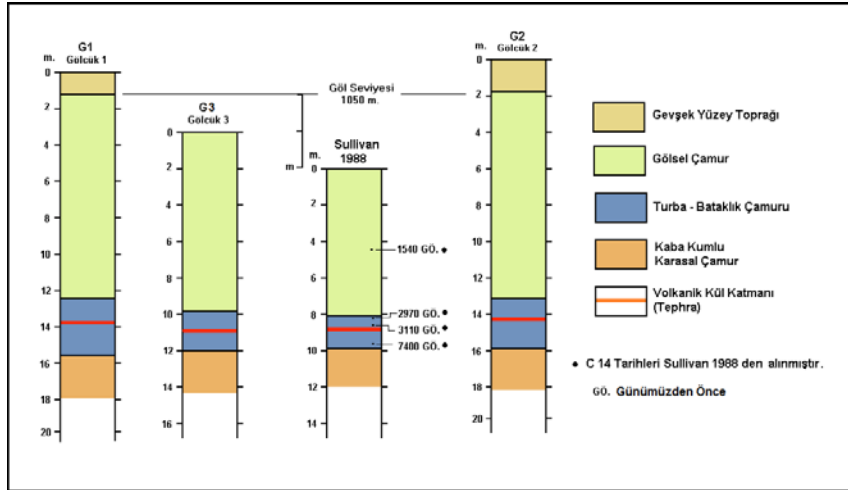
Şekil 14. Gölcük gölü sondaj yerleri ve batimetrik özellikleri

Yaptığımız sondajların 12. metrelerinde volkanik kül katmanına rastlanmıştır. Kül katmanının kalınlığı ortalama 10 cm'dir. G1, G2, G3 (Foto 4) sondajlarının (Şekil 15) kül katmanı Sullivan'ın sondajında ulaştığı kül katmanı ile ilişkilendirilmiş ve aynı kotta biriktikleri ve gölün o zamanki taban morfolojisini verdikleri dikkati çekmiştir.

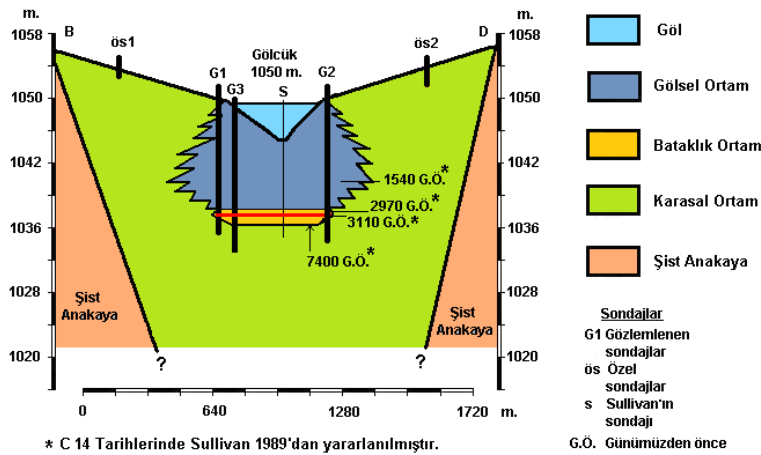
Yapılan element analizleri her üç sondajda da ulaşılan tephra örneklerinin Santorini'nin Minoan patlamasına ait küllerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Nitekim Sullivan'ın (1988) verileri de gölsel çamur içinde bulunan volkanik kül tabakasının yaşının GÖ 3110 a tarihlenen turba katmanının altında bulunduğu için yaklaşık GÖ 3600 olduğunu göstermektedir (Şekil 15). Bu tarih Minoan patlaması ile dönem olarak uyumludur. Daha sonra yapılan tüm sondajların yorumunda volkanik kül katmanı kılavuz seviye kabul edilmiş ve bu tabakanın altındaki turba katmanından yapılan C14

tarikhlemesine dayanarak, Gölcük'ün Holosen boyunca var olmuş yaklaşık "7400" yıllık genç bir göl olduğun anlaşılmış ve gölsel ortama ait bulgular elde edilmiştir (Şekil 16).

Yapılan tarihlemeler ve fasiyes özellikleri dikkate alınarak gölün Holosen kıyı değişimleri ele alınmış ve belirgin evreleri haritalanarak değerlendirilmiştir. Gölün 7400, 3000, 1500, 1000 ve 500 yıl öncesine ait kıyıları belirlenmiştir (Şekil 17).



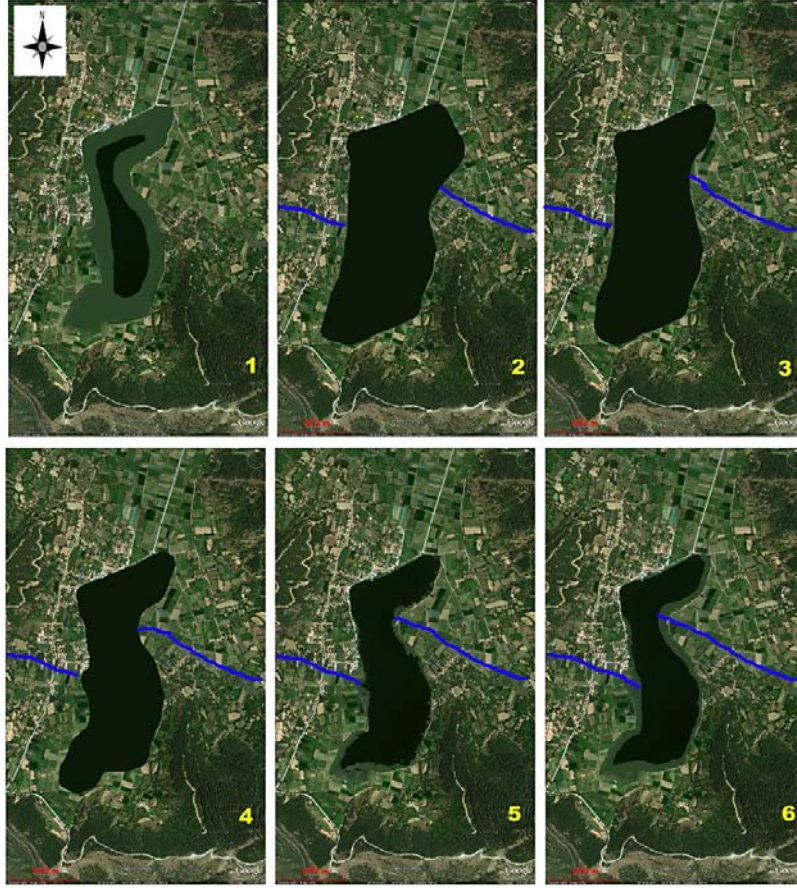
Şekil 15. Gölcük gölü sondaj loğları ve volkanik kül katmanları



Şekil 16. Gölcük depresyonunun göl kesiminde enine kesiti ve sondajlar



Foto 5. Gölcük gölü tabanında G3 numaralı sondajın yeri



1. 7400 yıl önceki kıyı ve gölün ortaya çıkışındaki K-G uzanımlı bataklık alanı.
2. 1500 yıl önce gölün kuzeyindeki setin gelişmesine bağlı olarak gölün en çok genişlediği evre.
3. 1000 yıl önce kıyının çok hızlı değişmediği ancak göl çanağının hızla dolmasıyla gölün genişlediği evre ve göl kıyısı.
4. 500 yıl önce gölün sığlaşmasına bağlı olarak hızlanmaya başlayan kıyı çizgisinin değişimi ve o dönemin kıyısı.
5. Günümüzdeki kıyı çizgisi ve göl alanı.
6. Gölün hızla dolmasına bağlı olarak önümüzdeki elli yıl içinde kara haline gelecek bölüm ve o dönemin tahmini kıyısı

Şekil 17. Gölcük gölünün Holosen kıyı değişimleri ve paleocoğrafyası

3.4. Eşen ovası, Bayraklı ve Gölcük sondajlarının ilişkilendirilmesi ve höyük buluntuları ile Tsunami izleri üzerine değerlendirmeler

Eşen ovasındaki volkanik kül tabakaları günümüzden 4000 yıl kadar önce mevcut lagün ve bataklık tabanlarına çökelmiştir. Üzerleri ise yaklaşık 6-8 metre kadar taşkın sedimanları ile örtülmüştür (Şekil 8). Bayraklı Symrna kazı alanında bulunan volkanik küller de yüzeyden 5-6 m derinde alüvyal-kolüvyal materyalle örtülü olarak bulunmaktadır (Şekil 12, 13). Gölcük gölünde yapılan sondajlarımızda da volkanik küllere göl tabanından 8-8,5 m (göl yüzeyinden 12 m) aşağıda rastlanmıştır (Şekil 16). Her üç çalışma alanında da küller bataklık ya da sığ su ortamında korunmuş halde bulunmuş ve üstü ortalama 8-9 m kalınlığındaki alüvyal dolgu ile örtülmüştür. Eşen Ovası, Bayraklı ve Gölcük örnekleri üzerinde yapılan element analizleri literatürde bulunan daha önce yapılmış sondajlar ve analizleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 2). Bu karşılaştırmaya göre her üç bölgeden alınan kül örneklerindeki SiO₂ miktarı %74,26-74,48 aralığında kalmaktadır. Bu oran Santorini'den alınan %74,92 değeri ile uyumludur. Bunun yanında Eşen Ovası ve Gölcük örneklerinin RC14 tarihleri ile element analizleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Eşen ovasındaki kül tabakalarının ilişkili olduğu katmanlardan yapılan tarihllemeler ile Gölcük örneklerinden yapılan tarihllemeler kül katmanının günümüzden yaklaşık 3650 yıl önceye ait olduğu verisini doğrulamaktadır. Nitekim Sullivan'ın (1988) çalışmasındaki GÖ 3110 tarihli tabakanın hemen altında kül katmanının bulunduğu düşünüldüğünde örneklerin Minoan patlaması ile uyumlu olduğu görülmektedir. Böylece her üç merkezdeki küllerin de Santorini adasındaki Minoan patlamasında ait olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 2). Daha önce ifade edildiği gibi, literatür bilgilerine ve çalışma verilerimize göre Santorini küllerinin dağıldığı alanlardan yapılan tarihllemelerin hassasiyetlerine bağlı olarak farklılıklar gösterebildiği anlaşılmaktadır. Hatta Santorini adasında yerinden alınan örneklerden yapılan analizler dahi farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu konuda RC14 tarihlerinin güvenilirliği iyi bir kronostratigrafinin ortaya konulması için önemlidir. Yapılan çalışmalar genel olarak incelendiğinde RC14 tarihllemelerinin yeterli görülmediği noktalarda zaman zaman dendrokronoloji çalışmaları ile destek veriler ortaya konulduğu dikkati çekmektedir (Cherubini ve vd., 2014).

| Örnek Yeri | Elementler (Oranlar % cinsindedir) | | | | | | | | | | | Uyumlu tephra | Çalışma | Tephra kalınlığı cm |
|---------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------|------|---------------|----------|---------------------|
| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | Cl | F | | | |
| Eşen | 74,32 | 0,31 | 13,84 | 2,09 | 0 | 0,29 | 1,3 | 4,57 | 3,28 | 0 | 0 | Santorini | E.Öner | |
| Bayraklı-1 [7] | 74,23 | 0,29 | 13,97 | 2,11 | 0 | 0,28 | 1,28 | 4,55 | 3,29 | 0 | 0 | Santorini | İ.Kayan | |
| Bayraklı-2a (8 alt) | 74,48 | 0,29 | 13,89 | 2,12 | 0 | 0,28 | 1,31 | 4,36 | 3,27 | 0 | 0 | Santorini | İ.Kayan | |
| Bayraklı-2b (8 üst) | 69,06 | 0,41 | 16,02 | 3,92 | 0,06 | 0,34 | 1,46 | 3,96 | 4,41 | 0,34 | 0,02 | Ref. Yok ? | İ.Kayan | |
| Gölcük-1 | 74,26 | 0,31 | 14,07 | 2,09 | 0 | 0,29 | 1,35 | 4,35 | 3,28 | 0 | 0 | Santorini | S.Vardar | 8 |
| Gölcük-2 | 74,27 | 0,29 | 14,08 | 2,01 | 0 | 0,28 | 1,37 | 4,42 | 3,28 | 0 | 0 | Santorini | S.Vardar | 10 |
| Gölcük-3 | 74,28 | 0,29 | 14,06 | 2,01 | 0 | 0,28 | 1,38 | 4,41 | 3,29 | 0 | 0 | Santorini | S.Vardar | 8 |

Analizi Yapan: Şennur Gürler, Serdar Vardar Analiz Tamamlanma Tarihi: 07.10.2015

Metod: ICP, AAS, FSM.

Laboratuvarlar: Demirci Ziraat Odası Laboratuvarı, CBÜ MERAL Laboratuvarı

Açıklamalar

Bayraklı örneğinde iki farklı kül karışık santoriniden daha az asidik bir kül karışımı var

Referans tephra Santorini

| Örnek Yeri | Elementler (Oranlar % cinsindedir) | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|------|-----|-----|------|-------------------|------------------|----|---|
| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | Cl | F |
| Santorini | 74,92 | 0,21 | 12,94 | 2,09 | 0 | 0,3 | 1,28 | 4,86 | 3,4 | 0 | 0 |

Eastwood, W.J.; Pearce, N.J.G.; Westgate, J.A.; Perkins, W.T.; Lamb, H.F.; Roberts, N., (1999)

Geochemistry of Santorini Tephra in Lake Sediments from Southwest Turkey.

Referans tephra örneği Gölcük

| Örnek Yeri | Elementler (Oranlar % cinsindedir) | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|------|-----|-----|------|-------------------|------------------|----|---|
| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | Cl | F |
| Gölcük | 74,29 | 0,3 | 14,12 | 2,12 | 0 | 0,3 | 1,43 | 4,27 | 3,17 | 0 | 0 |

Sullivan D. (1988)

Çizelge 2. Eşen, Bayraklı, Gölcük örneklerinin tephra analizleri.

Çalışmalarımız sırasında Minoan patlamasına ait olduğu anlaşılan küllerin yanında. Bayraklı höyüğündeki 8 numaralı sondajın (Şekil 11, 13) tephra örneklerinde iki farklı külün bulunduğu dikkati çekmiştir (Çizelge 2). Bu karmaşık kül örneği içinde ince ve kaba olmak üzere iki tane gurubun bulunduğu gözlemlenmiştir. İnce olan küller %74 SiO₂, kaba küller %68 SiO₂ içermekte ve uyumlu görünmemektedir (Çizelge 2). Bunun yanında kaba kül unsurlu Bayraklı örneklerinin eser miktarda Cl ve F elementleri içererek diğer örneklerden ayrıldığı dikkati çekmektedir. Bayraklı höyüğü örneklerinin içerdiği küller Minoan patlamasının fazlarından birine mi ait ya da farklı bir volkana mı ait? bunu ayırabilmek henüz güçtür. Bu konuda Santorini'deki tüm volkanik fazların örneklerinin element analizlerinin yapılması ve daha sonra Bayraklı'da ve Batı Anadolu'da rastlanan kül örneklerinin detaylı element analizlerinin tekrar edilmesi gereklidir. Bunun yapılması ise sondajların tekrarlanması ve daha iyi örneklere ulaşılması ile mümkün olacaktır. Kül örnekleri üzerine son yıllarda yapılan çalışmalarda Bayraklı örneklerine benzer sonuçlara Çeşme Bağlararası kazılarında da rastlandığı ifade edilmektedir (Foto 3) (Şahoğlu ve vd., 2014). Çeşme ve Bayraklı örneklerindeki ikinci bir volkanik patlamaya ait olduğu düşünülen küllerin analizlerinin dikkatli bir şekilde ve çok sayıda yeni örnekle tekrarı ve yapılacak yeni değerlendirmelerle aydınlatılması mümkündür.

Santorini volkanik külleri Eşen, Bayraklı ve Gölcük'te yapılan paleocoğrafya ve jeoarkeoloji çalışmaları için bir kılavuz katman niteliğindedir. Bu katman kronostratigrafik yorumlarda hem göreceli tarihlendirme için hem de ortam yorumlarını desteklemesi bakımından önemlidir. Bu patlamadan önce biriken sedimanlar ile sonra biriken sedimanlar kolayca ayrılabilirdiği gibi Holosen birimleri içinde tarihlendirme yapılamayan kesimlerde göreceli bir tarihlendirme verebilmektedir. Küllerin biriktiği ortamların tümünün sığ ve durgun su ortamları olması Minoan patlaması sırasındaki eski ortam koşullarını da ortaya koymaktadır (Şekil 8, 12, 13, 16). Eşen ovası, Bayraklı ve Gölcük'te yapılacak yeni sondajlarda bu ortam koşullarını yansıtan katmanlardan alınacak örneklerden izotop analizlerin yapılması durumunda iklim ile ilgili yorumların da yapılması mümkün görünmektedir.

Eşen ovası kül tabakasının örttüğü morfolojik yüzey az engebeli bir düzlük niteliğinde olup Gölcük'teki kül tabakasının örttüğü yüzey ile aynı özellikleri göstermekte olup Minoan patlamasının olduğu döneme ait eş zamanlı rölyef ve yüzeyini sunmaktadır. Diğer bir deyişle küller o döneme ait rölyefi hem Eşen ovasında hem Gölcük'te vermiştir. Kılavuz kül katmanı ile Gölcük'te 1042 m yüksekliğinde bulunan eski bir yüzeyin (Şekil 16) buna karşın Eşen ovasında deniz seviyesine yakın bir kıyı ovasına ait eski bir yüzeyin rölyefi (Şekil 7, 8) ortaya konulmuştur. Her iki ortam birbirinden oldukça farklı yükselti değerlerine sahip olmasına rağmen her ikisinin de ortak yönü küllerin birikerek korunabileceği sığ su ortamlarına sahip olmasıdır.

Höyükler ve çevresinde yapılacak volkanik kül çalışmalarının hassas olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bayraklı höyüğü çevresinde denizin sığ kesimlerinde gözlenen küllerin varlığı olağandır. Bu gibi ortamlar küllerin çökelerek birikmesi için uygun ortamlardır. Buna karşın son yıllarda arkeolojik kazılarda da küllere rastlanmıştır. Özellikle Çine-Tepecik ve Çeşme-Bağlararası höyüklerinde olduğu gibi arkeolojik yerleşim alanlarında olağan bulunuşunun dışında korunmuş olan küllerin varlığı oldukça anlamlı ve önemlidir. Bu küller için yerinde yapılacak sondajlardan element analizleri ve yeni tarihlendirmeler yapılabilir. Yerleşim tarihi, arkeoloji ve jeoarkeoloji çalışmaları için detaylı bilgiler sunabilecek bu gibi kül tabakalarının dağılışı özelliklerinin korelasyonu da önemlidir. Bu yaklaşımla Batı Anadolu höyükleri arasında kronostratigrafik ilişkilendirmeler yapılabilir. Böylece tephra örnekleri, hem bir doğa olayı olarak hem de arkeolojik alanlarda bırakabildiği izlerle önemli bir veridir. Volkanik küller doğal çevre değişmesi değerlendirmelerine önemli katkılar sağlayabilmektedir.

Ege kıyılarında yapılan sondaj çalışmalarımızda literatürde sözü geçen Minoan patlamasının yarattığı tsunaminin izlerine rastlanmamıştır. Ancak eldeki literatür verilerine göre Girit kıyılarında, Didim ve Fethiye kıyılarında bu izlerin var olduğu ifade edilmektedir (Yalçın ve vd., 2005, Hendrik ve vd., 2008). Tsunami'nin izlerinin adaya çok uzak bir mesafede Kıbrıs'ın batı kıyılarında ve İsrail'in

Caesarea kıyılarında da bulunduğu düşünülmektedir (Salamos ve vd., 2007, Beverley ve vd., 2009). Bu konuda kıyı bölgelerimizde daha nitelikli ve multidisipliner bir ekip eşliğinde çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir. Tsunami izlerine delgi sondajlarda ulaşılması durumunda detaylı çalışmalar yapılması mümkündür.

4. Sonuç ve değerlendirme

Minoan patlamasının külleri Batı Anadolu Holosen paleocoğrafyası için gösterge niteliğindeki bir doğa olayının izidir. Bunun yanında jeoarkeolojik ve arkeolojik açıdan höyük çevresinde yapılacak ortam değişimi yorumlarına ve fasiyes değerlendirmelerine de önemli katkılar yapmaktadır. Eşen, Bayraklı ve Gölcük örneklerinden yapılan element analizleri ve RC14 tarihlemeleri Minoan patlaması ile uyumludur. Minoan patlamasına ait küller Eşen ve Gölcük gölünde biriktiği günümüzden yaklaşık 3600 yıl önceki yeryüzünün üstünü örterek o döneme ait rölyefi ortaya koymuştur. Ayrıca bu yerler arasında yapılan korelayonlara katkı sağlamıştır. Bugünkü deniz seviyesine yakın bir düzlük olan Eşen ovasında göl-bataklık ortamında biriken ve korunan küller; denizden 1050 m yükseklikte olan Gölcük gölünde tamamıyla benzer bir durumda bataklık-sığ göl ortamında birikmiştir. Bayraklı höyüğü çevresinde ise bir kıyı bataklığı-sığ deniz ortamında korunarak günümüze ulaştığı anlaşılmıştır. Küllerin biriktiği ortamların tümünün sığ ve durgun su ortamları olması ilgili alanların Minoan patlaması sırasındaki eski ortam koşullarını da ortaya koymaktadır. Küllerin bu gibi ortamların yanında Çine ve Çeşme Bağlararası höyüğünde yerleşim katmanları içinde de bulunduğu tespit edilmiştir. Küllerin sığ su-göl-bataklık ortamında korunabilmesi daha olağan bir durumdur. Buna karşın höyük yerleşimlerdeki kültürel katmanlarda korunmuş olması araştırılması gereken dikkat çekici bir durumdur. Bunun yanında, element analizleri sonucunda, Bayraklı ve Bağlararası höyüklerinde tephraların farklı patlamaların ürünü olabileceğine dair bulgulara da rastlanmıştır. Minoan patlamasının Tsunami meydana getirdiği ve etkisinin Batı Anadolu kıyılarına hatta Doğu Akdeniz kıyılarına kadar ulaştığı literatür bilgilerinden anlaşılmaktadır. Buna karşın tsunaminin izlerine yaptığımız sondaj çalışmalarında henüz rastlanmamıştır. Çalışmalarımız sonucunda Tephra araştırmalarının hassas ve detaylı yapılması gerektiği belirtilebilir. Batı Anadolu tephra kronolojisi çalışmalarının belirlenecek farklı uygun alanlarda yapılacak çok sayıda sondajla başlatılması, koordineli olarak aynı proje içinde sürdürülmesine önemle ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

Teşekkür

Çalışmanın element analizlerini yapan ve hassas çalışmaları ile değerli zamanını ayıran Şennur Demirel'e teşekkürlerimizi sunarız.

Referanslar

- Akurgal, E., 1950. *Bayraklı, Erster Vorlaufger Bericht über die Aausgrabungen in Alt-Symrina*, DTCF Band VIII No.1, Ankara.
- Akurgal, E., 1987. *Anadolu Uygarlıkları*, Net Turistik Yay. San. ve Ticaret Şirketi.
- Antonopoulos, J. 1992. "The Great Minoan Eruption of Thera Volcano and the Ensuing Tsunami in the Greek Archipelago", *Natural Hazards* 5, 153-168.
- Barton M, Huijsmans J P P, 1986. Post-caldera dacites from the Santorini volcanic complex, Aegean Sea, Greece: an example of the eruption of lavas of near-constant composition over a 2,200 year period. *Contr Mineral Petr*, 94: 472-495
- Bennet, J., Galaty, M. 1997. "Ancient Greece: Recent Developments in Aegean Archaeology
- Beverley N. Goodman-Tchernov, Hendrik W. Dey, Eduard G. Reinhardt, Flody McCOy, Yossi Mart 2009. Tsunami waves generated by the Santorini eruption reached Eastern Mediterranean shores, *Geology, American Geology Society*, v. 37 no. 10 p. 943-946.

- Bruins, H. J., van der Plicht, J., MacGillivray, J. A. 2009. "The Minoan Santorini Eruption And Tsunami Deposits In Palaikastro (Crete): Dating By Geology, Archaeology, 14c, And Egyptian Chronology", *Radiocarbon*, 51 (2), 397–411.
- Cherubini P., Humbel T., Beeckman H., Gartner H., Mannes D., Pearson C., Schoch W., Tognetti R., Lev-Yadun S., 2014. The olive-branch dating of the Santorini eruption. *Antiquity publications LTD.*, *Antiquity* 88, 267-291.
- Derin Z., Batmaz. 2004. Bornova-Kemalpaşa (İzmir) Arkeolojik Envanteri 2003. *TÜBA Kültür Envanteri Dergisi* 2. S.75-100.
- Dominey-Howes, D. T. M., Papadopoulos, G. A., Dawson, A. G. 2000. "Geological and Historical Investigation of the 1650 Mt. Columbo (Thera Island) Eruption and Tsunami, Aegean Sea, Greece", *Natural Hazards*, 21, 83–96.
- Dominey-Howes, D. 2002. "Documentary and Geological Records of Tsunamis in the Aegean Sea Region of Greece and their Potential Value to Risk Assessment and Disaster Management", *Natural Hazards*, 25, 195–224.
- Driessen J., Macdonald C., 1997. *The troubled island: Minoan Crete before and after the Santorini eruption*. Liège: Aegaeum 17.
- Druitt T H, Francaviglia V, 1992. Caldera formation on Santorini and the physiography of the islands in the late Bronze age. *Bull Volc*, 54: 484-493
- Dunn, S. E. 2002. *The chronology of the Aegean late bronze age with special reference to the Minoan eruption of Thera*, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses.
- Düvenci, Y. R. 2013. Bağlararası'nda Santorini Külleri (Çeşme Bağlararası'nda 4600 yıl öncesine ait tarihi kalıntılar)" *Bütün Dünya* 2000, 16 (185), 55-58.
- Eastwood, W.J., Pearce, N. J. G., Westgate, J. A., Perkins, W. T. 1998. "Recognition of Santorini (Minoan) Tephra in Lake Sediments from Gölhisar Gölü, Southwest Turkey by Laser Ablation ICP-MS," *JAS* 25, 677-687.
- Eastwood, W.J., Pearce, N. J. G., Westgate, J. A., Perkins, W. T., Lamb, H.F., Roberts, N. 1999. "Geochemistry of Santorini tephra in lake sediments from Southwest Turkey", *Global and Planetary Change*, 21, 17–29.
- Eastwood, W. J., Tibby, J., Roberts, N., Birks, H. J. B., Lamb, H. F. 2002. "The environmental impact of the Minoan eruption of Santorini (Thera): statistical analysis of palaeoecological data from Gölhisar, southwest Turkey", *The Holocene*, 12 (4), 431-444.
- Écochard, É., Fouache, É., Kuzucuoğlu, C., Carcaud, N., Ekmekçi, M., Ulusoy, İ., Çiner, A., Des Courtils, J. 2009. "Reconstitution paléogéographique des dynamiques paysagères Durant l'Holocène autour de Xanthos et Létôon dans l'ancienne Lycie (Turquie) : premiers résultats", *Noroi*, 213 (4), 59-71.
- Ecochard, E. 2012. *Approche géoarchéologique et valorisation du patrimoine géomorphologique autour du Létôon (plaine de Xanthos, Turquie)*. Université Paris Est Créteil, Thèse.
- Ercan, T., 1980. "Akdeniz ve Ege Denizindeki Pliyo-Kuvaterner ada yayı volkanizması", *Jeomorfoloji dergisi*, 9, 37-59.
- Fouache, E., Ecochard, E., Kuzucuoğlu, C., Carcaud, N., Ekmekçi, M., Ulusoy, İ., Robert, V., Çiner A., Des Courtils, J. 2012. "Palaeogeographical reconstruction and management challenges of an archaeological site listed by UNESCO: the case of the Letoon shrine in the Xanthos Plain (Turkey)", *Quaestiones Geographicae*, 31 (1), 37-49.
- Francalanci, L., Vougioukalakis, G.E., Perini, G., Manetti, P. 2005. "A West-East Traverse along the magmatism of the South Aegean volcanic arc in the light of volcanological, chemical and isotope data", *Developments In Volcanology*, 7, 65-111.
- Friedman, G. M. 2005. "Tephra, Tsunamis, and Modern Carbonate Beachrock", *Carbonates and Evaporites*, 20 (2), 2005, 99-106.
- Friedrich W L, 2000. *Fire in the Sea, The Santorini Volcano: Natural History and the Legend of Atlantis*. London: Cambridge Univ Press, 258 p
- Friedrich, W. L., Kromer, B., Friedrich, M., Heinemeier, J., Pfeiffer, T., Talamo, S. 2006. "Santorini Eruption Radiocarbon Dated to 1627–1600 B.C.", *Science*, 312, 548.
- Friedrich, W. L., Heinemeier, J. 2009. The Minoan eruption of Santorini radiocarbon dated to 1613 ± 13 BC - geological and stratigraphic considerations. 57-63. *Time's Up! Dating the Minoan Eruption of Santorini, Monographs of the Danish Institute at Athens Volume 10*, Editor: Hallager, E., Athens: Aarhus University Press.
- Friedrich, W. L. 2013. "The Minoan Eruption of Santorini around 1613 B.C. and its consequences", *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, 9, 37-48.
- Galanopoulos A. G., Bacon E., 1969. *Atlantis: Truth Behind the Legend*. Thomas Nelson & Sons Ltd; First Edition edition, 216 pages.
- Goodman-Tchernov, B. N., Dey, H. W., Reinhardt, E. G., McCoy, F., Mart, Y. 2009. "Tsunami waves generated by the Santorini eruption reached Eastern Mediterranean shores", *Geology*, 37, 943-946.
- Hamann, Y., Wulf, S., Ersoy, O., Ehrmann, W., Aydar, E., Schmiedl, G. 2010. "First evidence of a distal early Holocene ash layer in Eastern Mediterranean deep-sea sediments derived from the Anatolian volcanic province", *Quaternary Research* 73, 497–506.
- Heiken G, McCoy F, 1984. Caldera development during the Minoan eruption, Thira, Cyclades Greece. *J Geophys Res*, 89: 8441-8462
- Hedervari, P-, 1976, Some comparisons between Santorini and Krakatau volcanoes: Inter, Cong. Therm. Wat. Geoth. Ener. and Volcan. of the Medit- Area, *Proceedings* 3, 63-75.

- Kastens, K.A., Cita, M.B. 1991. "Tsunami-induced sediment transport in the abyssal Mediterranean Sea", *Geological Society of America Bulletin*, 92, 845-857.
- Kayan, İ., Öner, E. 2013. "Bayraklı Höyüğü (İzmir) Çevresinin Holosen'deki Jeomorfolojik Gelişimi [Holocene Geomorphological Evolution of Coastal Environment Around Bayraklı Mound (İzmir)] (135-158)". *Profesör Doktor Asaf KOÇMAN'a Armağan*. Editör: Öner, E. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Knappett C., Evans T., Rivers R., 2011. The Thera eruption and Minoan palatial collapse: new interpretations gained from modeling the maritime network, *Antiquity* 85 (329), 1008-1023.
- LaMarche, V. C. Jr, Hirschboeck, K. K. 1984. "Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions", *Nature*, 307, 121-126.
- Manning, S. 1988. "The Bronze Age Eruption of Thera: Absolute Dating, Aegean Chronology and Mediterranean Cultural Interrelations", *Journal of Mediterranean Archaeology*, 1(1), 17-82.
- Manning S W, Ramsey C B, Kutschera W, Higham T, Kromer B, Steier P, Wild E M, 2006. Chronology for the Aegean Late Bronze Age 1700-1400 B.C.. *Science*, 312: 565-569
- Marinatos S., 1972. Thera: Key to the riddle of Minos. *National Geographic* 141:702-26.
- McCoy F W, Heiken G, 2000. The late-Bronze age explosive eruption of Thera (Santorini), Greece: regional and local effects. In: McCoy F W, Heiken G (eds), *Volcanic Hazards and Disasters in Human Antiquity*, *Geol Soc Amer Spec Pap*, 345: 43-70.
- Megalovasilis, P. 2014. "Partition Geochemistry of Hydrothermal Precipitates from Submarine Hydrothermal Fields in the Hellenic Volcanic Island Arc", *Geochemistry International*, 52 (11), 992-1010.
- Minoura, K., Imamura, F., Kuran, U., Nakamura, T., Papadopoulos, G. A., Takahashi, T., Yalciner, A. C. 2000. "Discovery of Minoan tsunami deposits", *Geology*, 28, 59-62.
- Ninkovich, D., Hays, J. D. 1972. "Mediterranean island arcs and origin of high potash volcanoes", *Earth and Planetary Science Letters*, 16 (3), 331-345.
- Novikova, T., Papadopoulos, G. A., McCoy, F. W. 2011. "Modelling of tsunami generated by the giant Late Bronze Age eruption of Thera, South Aegean Sea, Greece", *Geophysical Journal International*, 186, 665-680.
- Omaç, F. 2014. "Çeşme kazısında bugüne kadar bilinmeyen bir volkan patlamasının külleri ortaya çıktı", *Çeşme Aktüel*, 73, 24-27.
- Orcell, J., Blanquet, E., 1955. *Les Volcans*. Editions Bourlier 56, *Rue Saint-Placide*, Paris. 128 s.
- Öner, E. 1997a. "Eşen Çayı Taşkın - Delta Ovasının Jeomorfolojisi ve Antik Patara Limanı", *Ege Coğrafya Dergisi* 9, 89-130.
- Öner, E. 1997b. "Eşen Ovasının Alüvyal Jeomorfolojisi ve Likya Antik Kentleri". *A.Ü.Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 6, 203 - 242.
- Öner, E., 1998. "Likya Limanlarının Kaderi (Teke Yarımadası Kıyılarında Jeoarkeolojik Araştırmalar)". XIX. Uluslararası Kazi, Araştırma ve Arkeometri Sonuçları, *Araştırma Sonuçları Toplantısı I.*, 419-440.
- Öner, E. 1999a. "Letoon ve Çevresinde Paleo-Jeomorfolojik Araştırmalar", *Ege Coğrafya Dergisi* 10, 51-82.
- Öner, E. 1999b. Zur Geomorphologie der Eşen -Deltaebene und des Antiken Hafens von Patara. *Südwesttürkei* 98-104. *Marburger Geographische Schriften* 134, Marburg.
- Öner, E. 2001. Eşen Çayı Delta Ovasının Alüvyal Jeomorfolojisi ve Jeoarkeolojik Değerlendirmeler 103-121. *Türkiye Kuvatleri Çalışmaları Makaleler Kitabı*. İstanbul.
- Öner, E. 2009. *Güneybatı Anadolu'nun Kıyı Jeomorfolojisi (Teke Yarımadası Kıyı Bölümü)*. TÜBİTAK - ÇAYDAG Proje No: 199Y078, 819 s. İzmir: Yayınlanmamış.
- Öner, E. 2012. *Bornova Ovasının (İzmir) Jeomorfolojisi ve Yeşilova Höyüğü*. EÜ. BAP, 2006/EDB/002, 304 s., İzmir: Yayınlanmamış.
- Öner, E. 2013. Likya'da Paleocoğrafya ve Jeoarkeoloji Araştırmaları. Bornova, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Öner, E. ve Akbulut, H. 2015. "Paleocoğrafik - Jeoarkeolojik Bulgular Işığında Patara Apollon Tapınağı'nın Yerinin Tartışılması: Patara Apollon Tapınağı Kısık Boğazı'nda mıydı?", *Ege Coğrafya Dergisi*, 24 (2), 69-105.
- Öner, E. ve Kayan, İ. 2006. "İzmir Körfezi Kıyılarında Alüvyon Birikimi ile Karşıyaka ve Bayraklı Kıyılarının Şekillenmesi", *Karşıyaka Kültür ve Çevre Sempozyumu, Bildiri Kitabı*, 8 - 22, İzmir.
- Papadopoulos, G. A., Gràcia, E., Urgeles, R., Sallares, V., De Martini, P. M., Pantosti, D., González, M., Yalciner, A. C., Masclé, J., Sakellariou, D., Salamon, A., Tinti, S., Karastathis, V., Fokaefs, A., Camerlenghi, A., Novikova, T., Papageorgiou, A. 2014. Historical and pre-historical tsunamis in the Mediterranean and its connected seas: Geological signatures, generation mechanisms and coastal impacts, *Marine Geology*, 354, 81-109.
- Petersen, Heidelberg, M.D. 1975. Recent Tuffic Sediments around Santorini (Greece). *AAN.Jb.Geol.Palaont.Abh.*, 149, p.162-179 Stuttgart.
- Pyle, D. M. 1997. "The global impact of the Minoan eruption of Santorini", Greece, *Environmental Geology* 30 (1/2), 59-61.
- Ramsey, C. B., Manning, S. W., Galimberti, M. 2004. "Dating The Volcanic Eruption At Thera", *Radiocarbon*, 46 (1), 325-344.
- Renfrew, C. 1979. System collapse as social transformation. In C. Renfrew and K.L. Cooke (Eds). *Transformations: mathematical approaches to culture change* (pp. 481-506). New York: Academic Press.

- Saminger, S., Peltz, C., Bichler, M. 2000. "South Aegean volcanic glass: Separation and analysis by INAA and EPMA", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 245 (2), 375-383.
- Salamon A., Rockwell T., Ward S. N., Guidoboni E., Comastri A. 2007. Tsunami Hazard Evaluation of the Eastern Mediterranean: Historical Analysis and Selected Modeling. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97 (3), No. 3, 1-20.
- Sullivan, D.G. 1988. "The Discovery of Santorini Minoan Tephra in Western Turkey", *Nature*, 333, 552-554. Amsterdam.
- Sullivan, D.G. 1990. "Minoan tephra in lake sediments in Western Turkey, dating the eruption and assessing the atmospheric dispersal of the ash. In Thera and the Aegean World III, *Volume Three: Chronology. Proceedings of the Third International Congress, Santorini, Greece*". Thera Foundation, London, 114-119.
- Şahoğlu V., Büyükkulusoy Ü.Ç., Erbil Y.H., Erkanal H. Tuğcu İ., 2014. 2012 yılı Çeşme –Bağlararası kazıları, *Anatolia* 40, 179-198.
- Tobias, J., Stiassnie, M. 2012. "Synthetic tsunamis along the Israeli coast", *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 370, 1677-1686.
- van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. "Late Quaternary vegetation and climate of the southwestern Turkey", *Paleohistoria*, 17, 53-143.
- Vardar, S., Altiner, A. 2003. "Gölcük Gölünün (İzmir/Ödemiş) Jeomorfolojisi (Bir Tephra Kronolojisi Örneği)", *CBÜ Sosyal Bilimler*, 1 (2), 93-104.
- Vardar S., 2013. Gölcük Gölünün (İzmir / Ödemiş) Holosen Kıyı Değişimleri, *Prof. Dr. Asaf Koçman'a armağan kitap*, 393-401.
- Vardar S., 2015. *Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünde Paleocoğrafya Araştırmaları, Ödemiş Ovasında Jeoarkeolojik Değerlendirmeler*, İzmir Kent Kitaplığı 107, Basılmış Doktora Tezi, İzmir.
- Yalçiner C. A., Kuran U., Minoura K., Imamura F., Takahashi T., Papadopoulos G., Ersoy Ş., 2005. Türkiye Kıyılarında Depreşim Dalgaları (Tsunami) İzleri, *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*, s. 438, 50/2005-4, 38-42.
- Yiğitbaşıoğlu, H. 2003. "Santorini Volkanı ve Minoan Püskürmesinin Türkiye'deki İzleri", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1 (1), 69-74.

