

HALIKARNASSOS LİMANI'NIN JEOARKEOLOJİK ARAŞTIRMASI GEOARCHAEOLOGICAL SURVEY OF HALICARNASSUS HARBOR



* Harun Özdaş



** Nilhan Kızıldağ

Anahtar Kelimeler: Sualtı liman kalıntıları, Halikarnasos antik limanı, deniz jeoarkeolojisi, deniz seviyesi değişimi, tektonik çökme.

Keywords: Submerged harbor remains, ancient harbor of Halicarnassus, marine geoarchaeology, sea level change, tectonic subsidence.

ÖZET

Karya bölgesinin başkenti olan Halikarnasos antik kentinin limanında yer alan sualtında kalmış menderrek üzerinde denizel jeoarkeolojik çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapının mevcut durumunu ve orijinal zeminini belirlemek amacıyla batimetrik ve sismik veri toplanmıştır. Mimari kalıntının güncel seviyesinin detaylı ölçümü yapılarak buzul östatik-izostatik deniz seviyesi değişimleri ile karşılaştırılmıştır. Mendireğin yanı sıra, Bodrum Kalesi'nin güneyinde yer alan arkeolojik ve jeomorfolojik yapılar üzerinde de bir inceleme yapılmıştır. Antik çağın en önemli şehirleri arasında yer alan Halikarnasos limanına ait kalıntı üzerindeki ilk detaylı jeoarkeolojik çalışma tarafımızdan gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Bodrum kıyılarındaki görelî deniz seviyesi değişimlerinin büyük oranda düşey tektonik hareketlerden kaynaklandığını ortaya çıkarmıştır.

ABSTRACT

A marine geoarchaeological survey was performed on submerged mole remains located in the harbor of ancient Halicarnassus, the capital city of the Caria region. Bathymetric and seismic data were collected in order to reveal the current condition of the structure and to identify its original foundation. Current elevation of the remains was measured in detail, and compared to the eustatic – isostatic sea level changes. In addition to the mole, a survey was also carried out on the archaeological and geomorphological structures along the southern shoreline of Bodrum Castle. We have performed the first detailed geoarchaeological study on the remains of Halicarnassus harbor, which is one of the most important cities of antiquity. The results suggest that the relative sea level changes along the coast of Bodrum are mostly due to vertical tectonic movements.

*Doç. Dr. Harun ÖZDAŞ, Orcid ID: 0000-0002-6695-2130. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü Ege Bölgesi Araştırmaları Merkezi (EBAMER) Müdür Yardımcısı.

*Assoc. Prof. Dr. Harun ÖZDAŞ, Orcid ID: 0000-0002-6695-2130. Vice Director of the Aegean Research Center (EBAMER) and Institute of Marine Sciences and Technology (IMSt), Dokuz Eylül University/ İzmir.

**Yrd. Doç. Dr. Nilhan Kızıldağ, Orcid ID: 0000-0002-0247-8353. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Bakü Blv. No:100 İnciraltı, İzmir.

**Assist. Professor Doctor Nilhan Kızıldağ, Orcid ID: 0000-0002-0247-8353. Maritime Sciences and Technology Institute, Dokuz Eylül University, Bakü Blv. No: 100 İnciraltı, İzmir.

1. GİRİŞ

Güneybatı Anadolu coğrafyasını kapsayan antik Karya bölgesi, doğu ve batı kültürleri arasındaki deniz ticaret ilişkisinde oldukça önemli bir konuma sahip olmuştur (Fig. 1). Girintili çıkıntılı kıyı yapısı ile gemiler için elverişli doğal limanlar sağlayan bölgede Geç Hellenistik Dönem'den Bizans Dönemi'ne kadar tarihlenen çok sayıda önemli yerleşim kurulmuştur. Yoğun bir denizel faaliyeti gösteren söz konusu kıyı yerleşimleri arasında gelen Myndos (Gümüşlük), Halicarnassos (Bodrum), Kedrai (Sedir Adası), Knidos (Datça), Tymnos (Bozburun), Thyssanous (Söğüt) vd. kentlere ait bazı yapılar, östatik-izostatik deniz seviyesi yükselimi ve bölgesel tektonik çökmenin beraber etkisi nedeniyle günümüzde sular altında bulunmaktadır¹.

Sualtında kalmış mimari yapılar, deniz seviyesi değişimleri üzerine yapılan jeoarkeolojik çalışmalar için önemli veriler sağlar². Doğrudan deniz seviyesi ile ilişkili olduklarından özellikle mendirek, rıhtım, dalgakıran, çekek yeri ve balık havuzları gibi yapılar güvenilir deniz seviyesi göstergeleridir³. Mimari kalıntıların modern deniz seviyesine göre derinliği; inşa edildiği ya da son kullanıldığı dönem ile buzullara bağlı deniz seviyesi değişimi göz önüne alınarak, bölgesel düşey tektonik hareket oranı hesaplanabilmektedir. Sualtında kalmış arkeolojik kalıntıların yanı sıra, kireçtaşı sahillerinde görülen gel-git çentiği gibi jeomorfolojik oluşumlar da eski deniz seviyelerini gösteren önemli yapılarıdır⁴.

Günümüzden yaklaşık 20 bin yıl önce buzullar erimeye başlamış ve bunun sonucunda deniz seviyesi yaklaşık 135 m yükselerek günümüz konumunu almıştır⁵. Jeoarkeolojik çalışmalar, buzulların erimesine bağlı östatik-izostatik deniz seviyesi yükselme miktarının son 2500 yılda yaklaşık 1 m.yi geçmediğini göstermektedir⁶. Karya bölgesinin antik kıyı kentleri üzerinde yapılan jeoarkeolojik çalışmalarda, Halicarnassos kıyılarında görece düşey yer değiştirme miktarının son 2400 yılda 1 m; yakın bölgedeki Myndos'da ise 2000 yılda 1.2 m olduğu belirtilmektedir⁷.

1. INTRODUCTION

The region of Caria, an ancient district of southwestern Anatolia, had an important geographical position in classical antiquity in terms of maritime trade relations between east and west (Fig. 1). Several coastal settlements dating from Hellenistic period to Byzantine period are located in the region, which has an intended coastline offering natural harbors for the ships. These coastal settlements, such as Myndus (Gümüşlük), Halicarnassus (Bodrum), Cedrai (Sedir Adası), Cnidus (Datça), Tymnos (Bozburun), and Thyssanous (Söğüt), indicate dense maritime activity in the Caria region. Some constructions of these settlements are currently under water due to the combined effect of the eustatic – isostatic sea level rise and the regional tectonic subsidence¹.

Submerged archaeological remains provide significant data for geoarchaeological studies on sea level change². In particular, moles, quays, breakwaters, jetties, shipsheds and fish tanks are reliable sea-level indicators since they are directly related to the sea level³. Considering the current elevation of archaeological remains relative to the modern sea level, construction or last usage period, and eustatic-isostatic sea level change, the rate of local vertical tectonic movement can be estimated. In addition to submerged archaeological constructions, geomorphological formations, such as tidal notches, are also important indicators of former sea levels on limestone shorelines⁴.

As the last glacial period ended about 20,000 years ago, glaciers began to melt and sea-level rose by 135 m to its present level⁵. The geoarchaeological studies reveal that the eustatic-isostatic sea-level rise did not exceed approximately 1 m over the 2,500 years⁶. The geoarchaeological studies performed on the ancient coastal cities of the Caria region reported that the relative vertical displacement was 1 m during the last 2,400 years in Halicarnassus shores and 1.2 m during the last 2,000 years in Myndus⁷.

¹ Söz konusu hareketlerin beraber etkisi “görelî deniz seviyesi değişimi” olarak adlandırılmaktadır. Östatik (küresel ölçekte) ve izostatik (bölgesel ölçekte) değişimler buzulların erimesi sonucu gerçekleşir.

² BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978; PIRAZZOLI 1991; ÖZDAŞ – KIZILDAĞ 2013; KAYAN 2014; MORHANGE – MARRINER 2015.

³ MORHANGE – MARRINER 2015.

⁴ PIRAZZOLI 1986.

⁵ LAMBECK vd. 2014.

⁶ VACCHI vd. 2017, 782.

⁷ FLEMMING 1978, 412.

¹ The combined effect of the eustatic-isostatic sea-level changes and vertical tectonic movements is called “relative sea-level change”. Eustatic (global scale) and isostatic (regional scale) changes occur due to glacier melt.

² BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978; PIRAZZOLI 1991; MORHANGE – MARRINER 2015.

³ MORHANGE – MARRINER 2015.

⁴ PIRAZZOLI 1986.

⁵ LAMBECK et al. 2014.

⁶ VACCHI et al. 2017, 782.

⁷ FLEMMING 1978, 412.

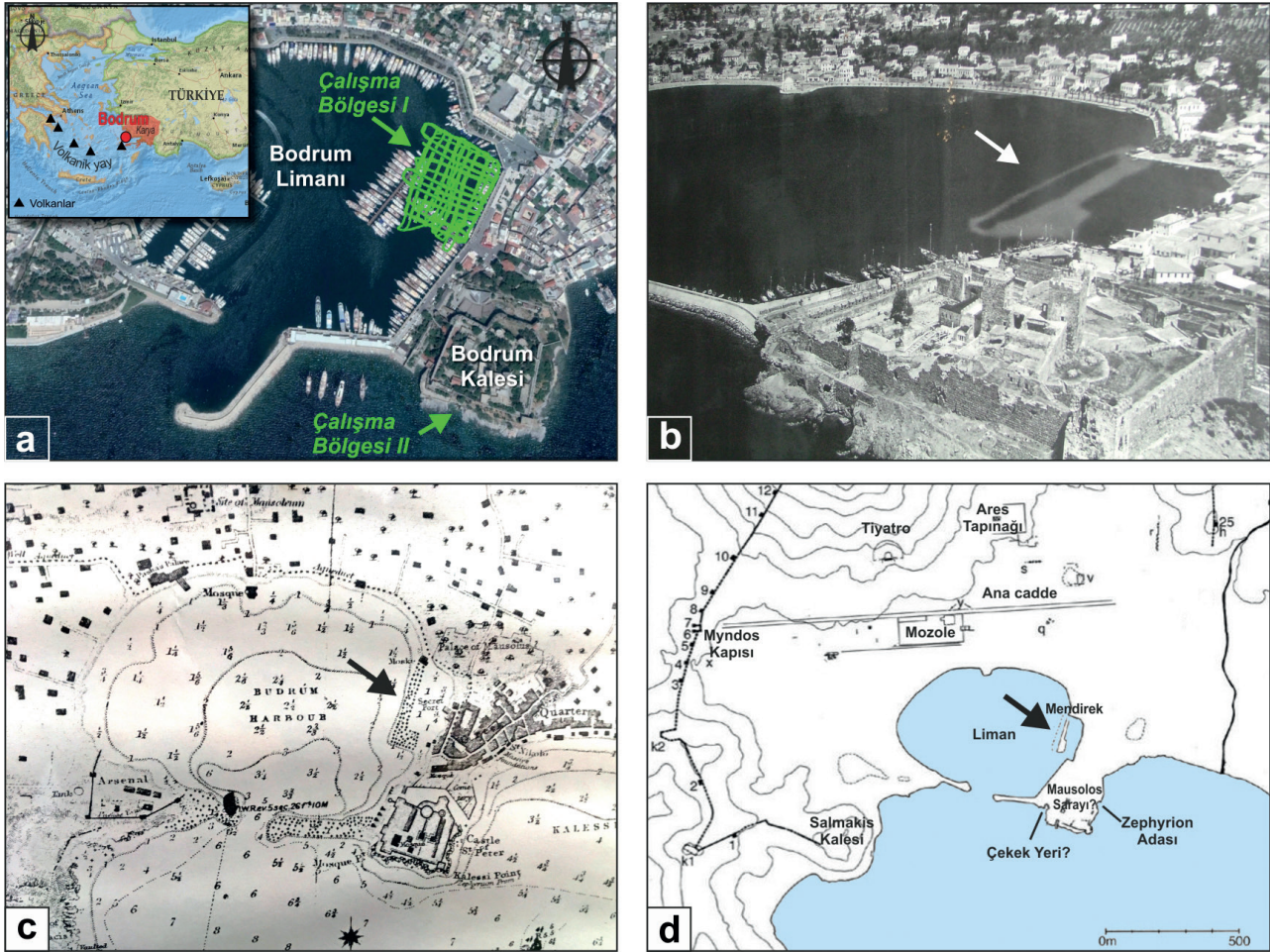


Fig.1 (a): Halikarnassos limanının konumu ve arkeolojik liman kalıntısı üzerinde yapılan deniz jeofiziği çalışma hatları (yeşil çizgiler); (b) 1967 yılına ait hava fotoğrafı; (c) 1847 yılında Spratt tarafından çizilen ve antik mendirek kalıntısını gösteren harita; (d) Pedersen (2010) tarafından yeniden çizilen plan.

Fig.1 (a): The location of Halicarnassus Harbor and marine geophysical survey lines on the archaeological harbor remanin (green lines); (b) the aerial photograph from 1967; (c) Spratt's map drawn in 1847 showing the ancient mole remains; (d) Pedersen's recent map (2010).

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Jeoarkeolojik çalışmanın gerçekleştirildiği Halikarnassos antik kenti (modern Bodrum), tektonik olarak aktif bir bölge olan güneybatı Anadolu kıyısında yer almaktadır (Fig.1). Çalışmada öncelikle doğuda bir yarımada ile sınırlanan Halikarnassos limanında yer alan sualtında kalmış mimari yapı incelenmiştir (Fig. 1a, b). Diğer bir çalışma ise, üzerinde Bodrum kalesinin bulunduğu yarımadanın güneyindeki küçük koyda bulunan arkeolojik ve jeomorfolojik yapılar üzerinde gerçekleştirilmiştir (Fig. 1a).

2.1. Halikarnassos Antik Limanı

Antik Karya'nın ikinci başkenti olması açısından büyük öneme sahip Halikarnassos kenti, Ege ekonomisini destekleyen bir coğrafi konumda yer almaktadır⁸. Kent, doğal bir limanın gerisinde yer alan ve tiyatro formunu andıran bir topografya üzerinde inşa edilmiştir⁹.

⁸BEAN – COOK 1955, 85.

⁹BEAN – COOK 1955, 87.

2. STUDY AREA

The geoarchaeological survey was carried out in the ancient city of Halicarnassus, modern Bodrum, which is located in a tectonically active region on the southwestern Anatolian coast (Fig.1). The first investigation was performed on the submerged architectural remains to the east of Halicarnassus harbor, which is bounded by a peninsula to the east (Fig. 1a, b). Another study was carried out on submerged archaeological and geomorphological structures in the small cove to the south of the peninsula, where Bodrum castle is located (Fig. 1a).

2.1. Ancient Harbor of Halicarnassus

Halicarnassus, the second capital of the ancient Caria, is located in a geographically important region that contributed a great deal to the Aegean economy⁸. The city was built in the form of a theater, behind a natural harbor⁹.

⁸BEAN – COOK 1955, 85.

⁹BEAN – COOK 1955, 87.

Halikarnassos limanı, doğusunda Zephyria (ya da Zephyrion) denilen bir ada ile sınırlanmaktadır (Fig. 1c, d). Bir kıstak ile anakaraya bağlanan Zephyria adasının üzerinde, günümüzde Rodos'un St John şövalyelerine ait Aziz Peter Kalesi yer almaktadır.

Hekatomnus'un oğlu Mausolos (MÖ.377-353)¹⁰, gerek donanma için bir üs olabilecek limana sahip olması ve kolay savunulabilecek bir bölgede yer alması, gerekse deniz gücünü destekleyecek keresteye ulaşılabilir ormanların bulunması nedeniyle Halikarnassos'u Karya'nın yeni başkenti olarak seçmiş ve kentte büyük bir imar faaliyeti gerçekleştirmiştir¹¹. MÖ.4.yy'dan itibaren Halikarnassos Ege bölgesindeki coğrafi konumuna bağlı olarak Karya'nın en önemli ticari limanlarından bir tanesi olmuştur.

Mausolos, sarayı için Zephyria adasını tercih etmiştir¹². Zephyria adası ve Mausolos sarayından birçok antik yazar¹³ söz etmekte olup liman ile ilişkisine de değinilmiştir. Vitruvius (II.8.11,13-15) şehrin alt kısmında limanın yanında agora yer aldığını, Mausolos'un sarayından bakıldığında sağ tarafta agora, liman ve surların en ucu ile sol tarafta surların aşağısına gizlenmiş bir liman olduğundan söz etmektedir. Scylax Periplus'unda (99.1) Halikarnassos'un kapalı bir limanı olduğundan ve adanın çevresinde diğer bir liman ile bir nehirden söz eder. Ana limanda yer alan ve bu makalenin konusunu oluşturan sualtında kalmış mendirek kalıntısı Vitruvius'un bahsettiği gizli liman ile ilişkilendirilmiştir¹⁴.

Vitruvius (II.8.14) Rodosluların Halikarnassos'u ele geçirmek için bir filo gönderdiklerini, Artemisia'nın kendi filosunu küçük limandan denize açılan bir kanaldan geçirerek büyük limana getirerek Rodos filosunu ele geçirdiğinden söz eder¹⁵. Spratt gizli limandan, kıstağın kuzeybatısındaki ana limanda uzanan bir dizi duvar olarak bahseder¹⁶.

The harbor is bounded by an island to the east called Zephyria (or Zephyrion), which connects to the mainland via an isthmus (Fig. 1c, d). The Castle of St Peter, which is currently located on the island, belonged to the Knights of St John of Rhodes.

Mausolus (377-353 BCE),¹⁰ son of Hecatomnus, decided to make Halicarnassus a new capital of Caria in order to provide a harbor suitable as a base for a fleet in an easily defensible area, with forest to provide timber for the ships¹¹. Thanks to its location, Halicarnassus turned out to be one of the most important commercial harbors in the Aegean after the 4th century BCE.

Mausolus preferred Zephyria Island for building his palace¹². Many ancient writers¹³ mention Zephyria Island, the palace of Mausolus, and their relation to the harbor. Vitruvius (II.8.11,13-15) described a view of the forum, the harbor, and the entire line of fortifications from the palace to the right, and a secret harbor just below the walls to the left. Ps.-Scylax (99.1) wrote that Halicarnassus had a closed harbor, and mentioned the presence of another harbor somewhere around the island and a river. The submerged mole in the main harbor is assumed to be related to the secret harbor in Vitruvius' description¹⁴.

Vitruvius (II.8.14) also mentioned that the Rhodians sent a fleet to seize the kingdom, however Mausolus' sister-wife, Artemisia, had her fleet sail from the small harbor into the open sea through a channel, arriving from there to the main harbor, where her men seized the Rhodian fleet¹⁵. Spratt stated that the secret harbor had a line of wall in the main harbor on the northwest of the isthmus¹⁶.

¹⁰ SEVİN 2001, 49, 122.

¹¹ MCNICOLL 1997, 16.

¹² Bugün Aziz Peter'a adanmış kalenin bulunduğu yarımada yapılan kazılardan ilk yerleşimin Mikenlere (MÖ.1400) kadar gittiği ve daha sonra da 15. ve 16. yy.larda Haçlılar tarafından iskan edildiği anlaşılmaktadır (PEDERSEN 1994a, 216). Kalede yapılan araştırma ve kazılarda Mausolos'un sarayına ait bazı duvarlar da tespit edilmiştir (PEDERSEN 1994b, 329).

¹³ VITRUVIUS II.8.10-11; PLINY II.204; STRABON XIV.2.16; PS.-SKYLAX 99.1; HERODOT VII.99.

¹⁴ Pedersen'in yanı sıra (1994a, 219), Blackman da (1973, 125) bir çalışmada söz konusu yapıdan "gizli limanın mendireği ve bir kulenin temeli" olarak bahsetmiştir. Ancak bu yapıdaki geniş kanalın fonksiyonu açıklanamamıştır.

¹⁵ BEAN – COOK 1955, 87, dn.6.

¹⁶ SPRATT, 1856, p.1 ff.

¹⁰ SEVİN 2001, 49, 122.

¹¹ MCNICOLL 1997, 16.

¹² Based on the archaeological excavations on the peninsula of the Castle of St Peter, the early settlement belonged to the Mycenaean (1,400 BCE) and it was inhabited by Crusaders in 15th and 16th centuries (PEDERSEN 1994a, 216). The remains of the palace walls of Mausolus were also found during the survey and excavation performed in the castle (PEDERSEN 1994b, 329).

¹³ VITRUVIUS II.8.10-11; PLINY II.204; STRABON XIV.2.16; PS.-SKYLAX 99.1; HERODOT VII.99.

¹⁴ In addition to Pedersen (1994a, 219), Blackman (1973, 125) also mentioned the submerged structure as "the mole of the secret harbor and the foundation of a tower". However, he did not explain the function of the large channel of the structure.

¹⁵ BEAN – COOK 1955, 87, Dn.6.

¹⁶ SPRATT, 1856, p.1 ff.

Newton, 1862'de çizdiği haritasında, gizli limanı, çalışma mendirek ile büyük limandan ayırmaktadır¹⁷. Vitruvius (II.8.11,13-14) anlatımında büyük "ticari liman" ve "gizli liman"ın dışında "küçük liman"dan söz etmektedir¹⁸. Spratt (Fig.1c) ve Newton'un haritalarında ayrıca Halikarnassos limanının girişinde her iki yanda sualtında kalmış büyük dalgakıranlar görülmektedir. 20.yy.da bu yapılar üzerine modern dalgakıranlar inşa edilmiştir.

Önceki çalışmalarda, kalenin güneyindeki küçük koyda, ana kayanın kesilmesiyle açığa doğru derinleşen bir yapı tespit edilmiş ve çekek yeri olarak değerlendirilerek bu koyun gizli liman olabileceği şeklinde yorum yapılmıştır¹⁹.

¹⁷ PEDERSEN 1994, 224, Fig.1

¹⁸ Burada geçen "gizli liman" ile "küçük liman"ın aynı olabileceği ihtimali bulunmaktadır.

¹⁹ 2005 yılında Paul Pedersen ile birlikte kalenin güneyinde yaptığımız kısa süreli bir sualtı araştırmasında söz konusu yapı belgelenmiştir. Mausolos'un saltanat veya özel savaş gemileri için bir bölge olması ihtimali bulunmakta olup, Pedersen burayı çekek yeri veya gizli liman olarak tanımlamıştır (2010, 276, Fig.1). Baika (2013, 204, Fig.A10.11) çalışmasında bu yapıya yer vermiştir. Baika'ya göre (2013, 203), demokratik şehir devletlerinde çekek yerleri ve deniz cephaneliği, güçlü komuta merkezleriyle veya yakındaki akropollerle ilişkilidir ve bu yaklaşım, Vitruvius'un Halikarnassos tanımlarıyla desteklenmektedir.

In the map he drew in 1862, Newton separated the secret harbor from the main harbor by a mole¹⁷.

Vitruvius (II.8.11,13-14) mentioned a "small harbor" in addition to the large "commercial harbor" and the "secret harbor."¹⁸ Furthermore, Spratt (Fig.1c) and Newton mapped two large submerged breakwaters on both sides of the entrance of Halicarnassus harbor. Modern breakwaters were built above them in the 20th century.

In previous studies, a submerged rock-cut structure, which continues further down into the sea, was identified in the small cove to the south of the castle¹⁹.

¹⁷ PEDERSEN 1994, 224, Fig.1

¹⁸ "Secret harbor" and "small harbor" are probably the same place.

¹⁹ We performed a short underwater survey on the northern coast of castle with Paul Pedersen in 2005 and the submerged structure was documented as a part of this work. This area was probably for Mausolos' battle ships, which was interpreted by Pedersen as a shipshed or a secret harbor (2010, 276, Fig.1). Baika (2013, 204, Fig.A10.11) also mentioned this structure and suggested that in democratic city-states, shipsheds and naval arsenals were related to fortified command-posts or an acropolis. According to Baika (2013, 203), this interpretation is supported by Vitruvius' description of Halicarnassus.

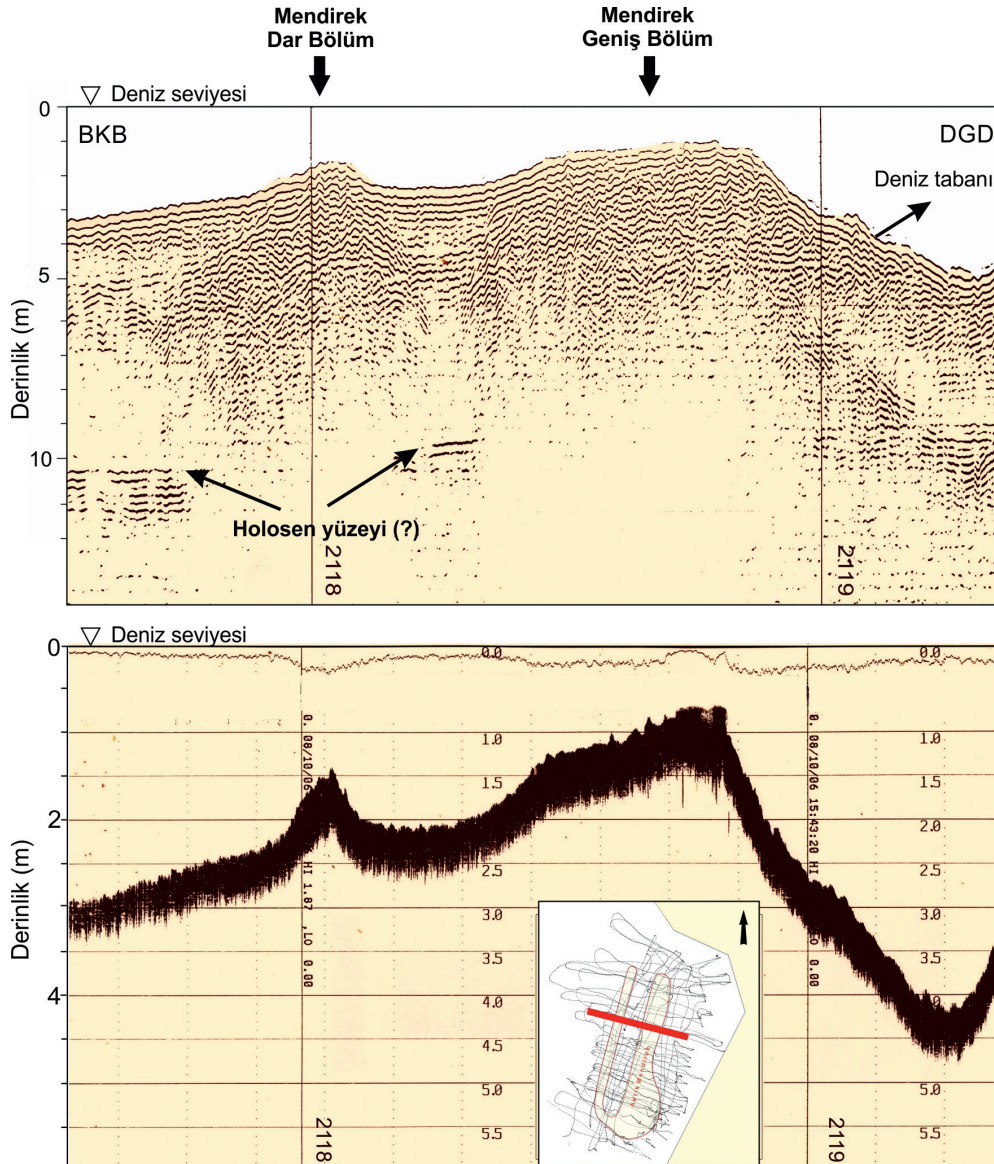


Fig. 2: Mendirek üzerinden eş zamanlı alınan sismik (üstteki) ve batimetrik (alttaki) kesit. Kırmızı ile gösterilen hat üzerinden alınmıştır. **Fig. 2:** Seismic (upper) and bathymetric (lower) cross-sections of the mole taken simultaneously over the red survey line.

Halikarnassos'un gizli limanı konusu halen tam olarak çözümlenmemiş ve tam yeri belirlenememiştir²⁰.

2.2. Çalışma Bölgesinin Tektonik Yapısı

Bodrum Yarımadası'nın içinde bulunduğu tektonik yapılar, Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhasına göre kuzeye doğru hareketi ve Miyosen döneminden buyana da Anadolu bloğunun saat yönünün tersine rotasyonu sonucu gelişmektedir. Anadolu levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonları boyunca batıya doğru hareketi ise, Batı Anadolu'da kuzey-güney yönlü genişleme ve buna bağlı olarak doğu-batı yönünde sırt ve basen oluşumları ile sonuçlanmaktadır. Bodrum'un yer aldığı Gökova grabeni bu yapılardan en büyüğüdür²¹. Grabeni şekillendiren doğu-batı yönlü fayların yanı sıra, 2004 yılında üzerinde çok sayıda depremin olduğu bir fay kuşağı körfezin ortasından geçmektedir. Bu fay sistemleri tarihler boyunca çok sayıda yıkıcı depreme sebep olmuştur. Bunlardan en önemlileri MS.141 ve Bodrum'u tamamen yok ettiği söylenen 1493 depremleri²³ olarak bilinmektedir. MS.155 ve 344 Rodos ile MS.335 ve 554 Kos depremleri de yıkıcı hareketler arasındadır. Bölge jeolojisi, Kuvaterner yaşlı sedimanter kayalar ile Üst Miyosen yaşlı volkanik kayalardan oluşmaktadır. Yarımada'nın batısında volkanik kayalar hakim iken, doğusu kireçtaşı ile kaplıdır²⁴.

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

3.1. Deniz Jeofiziği ve Tüplü Dalış Çalışması

Halikarnassos limanı ve çevresinin jeoarkeolojik araştırması için deniz jeofiziği ve tüplü dalış yöntemleri uygulanmıştır. Öncelikle, limanda yer alan mendireğin bulunduğu bölgede yaklaşık 150 m x 150 m'lik bir alanda jeofiziksel çalışma gerçekleştirilmiştir (**Fig. 1a**). Doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde çizilen hatlar boyunca akustik veri toplanmıştır. Mimari kalıntı ve çevresinin hassas derinlik verisini elde etmek amacıyla ekosounder cihazı kullanılarak batimetri haritası oluşturulmuştur. Çalışmada çift frekanslı (33 ve 210 kHz) Odom Echotrac dijital ekosounder ile uyumlu olarak hassas konum verisi sağlayan Trimble Differential küresel konum belirleme sistemi kullanılmıştır. Kalıntının inşa edildiği deniz tabanının düşey kesitini akustik olarak görüntülemek amacıyla da 3-7 kHz frekans aralığında ORE 3010P Subbottom Profiler cihazı kullanılarak yüksek ayrımlı deniz sismği verisi toplanmıştır.

This structure has been interpreted as a shipshed, leading to the conjecture that the cove may have been the secret harbor. The exact location of secret harbor of Halicarnassus is still in question²⁰.

2.2. Tectonic Setting

The tectonic structures around Bodrum Peninsula are generated by the movement of the African and Arabian plates towards the north, in accordance with the Eurasian plate and the counter-clockwise rotation of the Anatolian block since the Miocene. Westward escape of the Anatolian plate along the Northern and the Eastern Anatolian fault zones results in north to south extension in western Anatolia and corresponding ridge and graben formations in the east – west direction. The Gökova Graben, south of Bodrum, is the largest of these formations²¹. In addition to the faults in an east - west direction that form the graben, a fault zone where intense earthquake activity took place in 2004 runs through the center of the bay²². The fault zones have caused a large number of destructive earthquakes in the past. The notable ones took place in 141 CE and in 1493, which caused a complete collapse of Bodrum²³. The events that took place in Rhodes in 155 CE and 344 CE, and in Kos in 335 CE and 554 CE can be listed among the destructive earthquakes. The geological features of the region consist of Quaternary sedimentary rock formations and Upper Miocene volcanic rock formations. The western part of the peninsula is covered by volcanic rocks, while the eastern part is covered by limestone²⁴.

3. METHODS

3.1. Marine Geophysical and Scuba Diving Survey

Marine geophysical and scuba diving survey was performed for the geoarchaeological study of the Halicarnassus harbor and its surroundings. Firstly, geophysical survey was carried out on the submerged archaeological structure in the harbor, in an area of approximately 150 m x 150 m (**Fig. 1a**). Acoustic data were collected along the survey lines drawn in east-west and north-south directions. Odom Echotrac digital echosounder (33 / 210 kHz double frequency) was used to provide the precise depth data over the archaeological structure and environs. Trimble Differential GPS system was used to obtain the precise location.

²⁰ BEAN – COOK 1955, 89.

²¹ YOLSAL-ÇEVİKBİLEN vd. 2014, 101.

²² ULUĞ vd. (2005) tarafından söz konusu fay kuşağı "Gökova Transfer Fay Zonu" olarak literatüre geçmiştir.

²³ LUTTRELL 1999.

²⁴ ULUSOY vd. 2004, 73.

²⁰ BEAN – COOK 1955, 89.

²¹ YOLSAL-ÇEVİKBİLEN et al. 2014, 101.

²² ULUĞ et al. (2005) are named the fault zone as "Gökova Transfer Fault Zone" in the literature.

²³ LUTTRELL 1999.

²⁴ ULUSOY et al. 2004, 73.

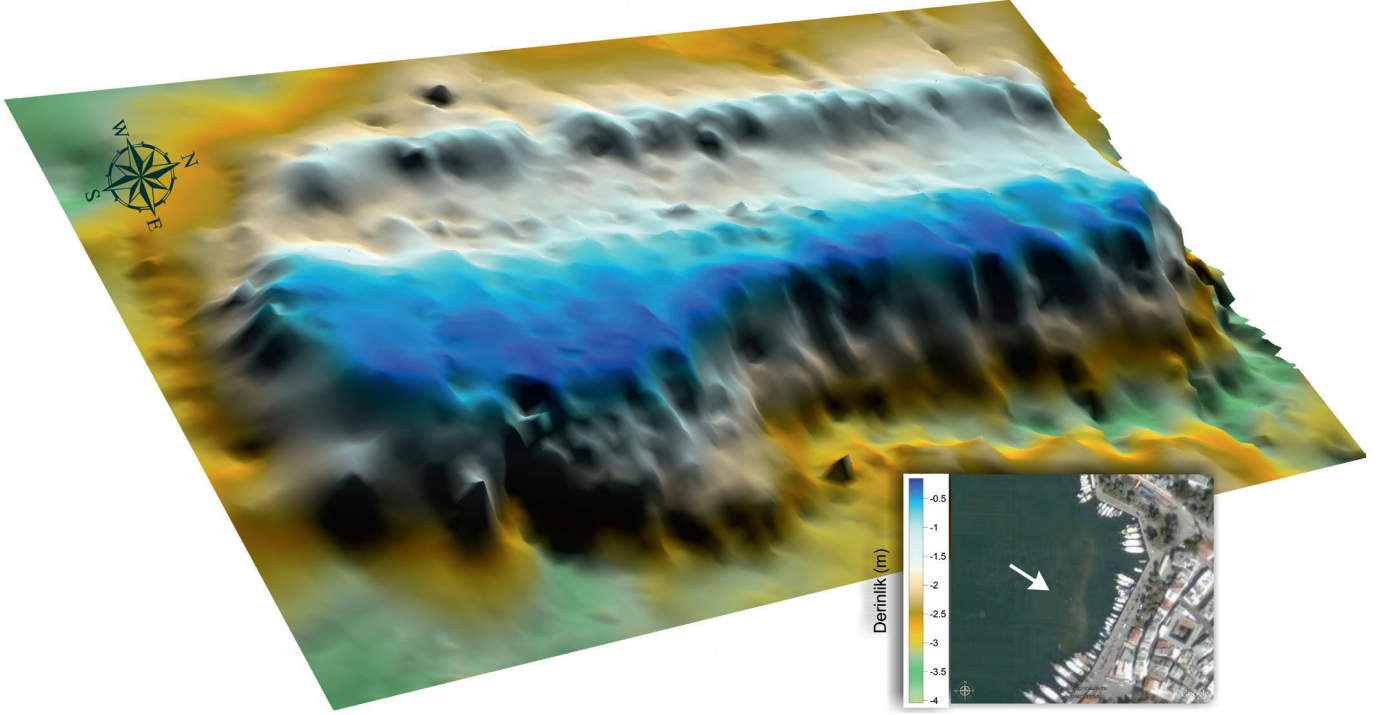


Fig. 3: Mendireğin üç boyutlu batimetri haritası.
Fig. 3: 3D bathymetric map of the mole.

Liman içinde gerçekleştirilen jeofiziksel çalışma sonrasında, mendirek kalıntısı dalış yapılarak görüntülenmiş; derinlik ölçümleri ve örnekleme yapılmıştır. Sualtında görüş mesafesinin 50 cm'nin altında olması ve zeminde suyu bulandıran ince bir balçık tabakasının bulunması çalışmaları zorlaştırmıştır. Yapı malzemesini anlamak için, kalıntı üzerinde 3 farklı noktadan, 50 ile 100 cm arasında değişen uzunluklarda örnek alınmıştır. Alınan örneklerden DEÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde ince kesitler alınmış ve elektron mikroskobu ile numunelerin kayaç ve mineral içerikleri analiz edilmiştir²⁵.

Kale'nin güneyindeki küçük koyda yer alan ikinci çalışma alanında da tüplü dalış yöntemi ile fotoğraf- lama ve derinlik ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir (**Fig. 1a**).

3.2. Deniz Seviyesi Değişim Miktarının Hesaplanması

Çalışma bölgesindeki deniz seviyesi değişim miktarının hesaplanması için, güvenilir bir deniz seviyesi göstergesi olan mendirek üzerinde yapılan ölçümler göz önüne alınmış ve aşağıdaki adımlar izlenmiştir²⁶:

²⁵ Katkılarından ötürü Mine Sezgül Kayseri Özer ve İsmail İşintek'e teşekkür ederiz.

²⁶ KIZILDAĞ 2019, 299.

Additionally, high definition seismic data were acquired by the ORE 3010P Subbottom Profiler (in a frequency range of 3-7 kHz) to acoustically image the vertical cross section of the sea floor that lies below original foundation of structure.

Following the geophysical research in the harbor, submerged remains in the harbor were imaged, measured, and sampling was done by scuba diving. The poor visibility below 50 cm and the presence of a mud layer on the sea floor adversely affected the study. Three core samples between the lengths of 50 and 100 cm were taken in order to reveal the construction material. The specimens were prepared and analyzed by electron microscope for rock and mineral content by the Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University²⁵.

The second study area, which is located in the small cove at the south of the castle, was imaged and measured by scuba dives (**Fig. 1a**).

3.2. Calculation of Sea Level Change

In order to estimate the amount of sea level change in the region, we considered the measurements on the submerged mole, which is a reliable sea level indicator, and performed the following steps²⁶:

²⁵ We would like to thank to Mine Sezgül Kayseri Özer and İsmail İşintek for their contributions.

²⁶ KIZILDAĞ 2019, 299.

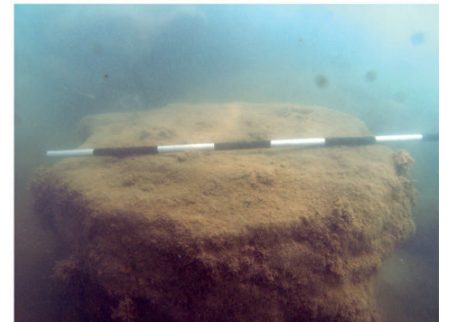
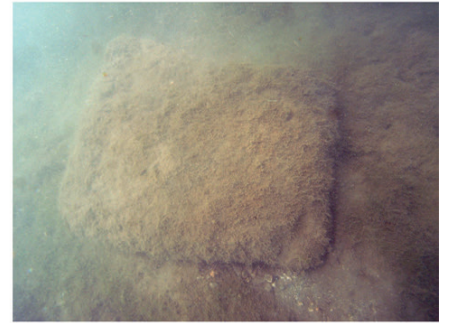
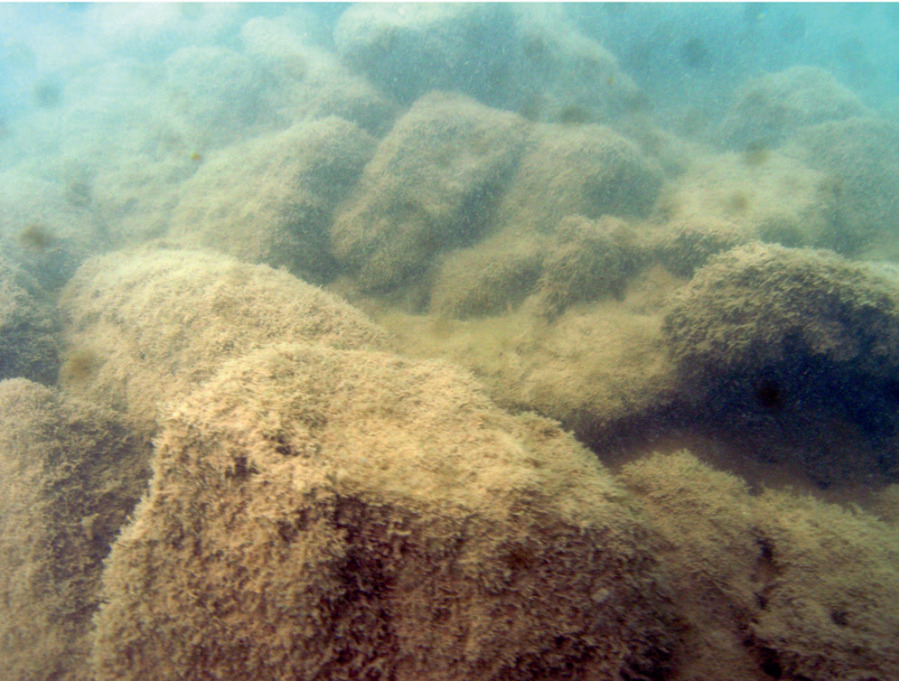


Fig. 4: Mendireęe ait yzey ve sualtı fotoğrafları.
Fig. 4: Some photographs of the mole.

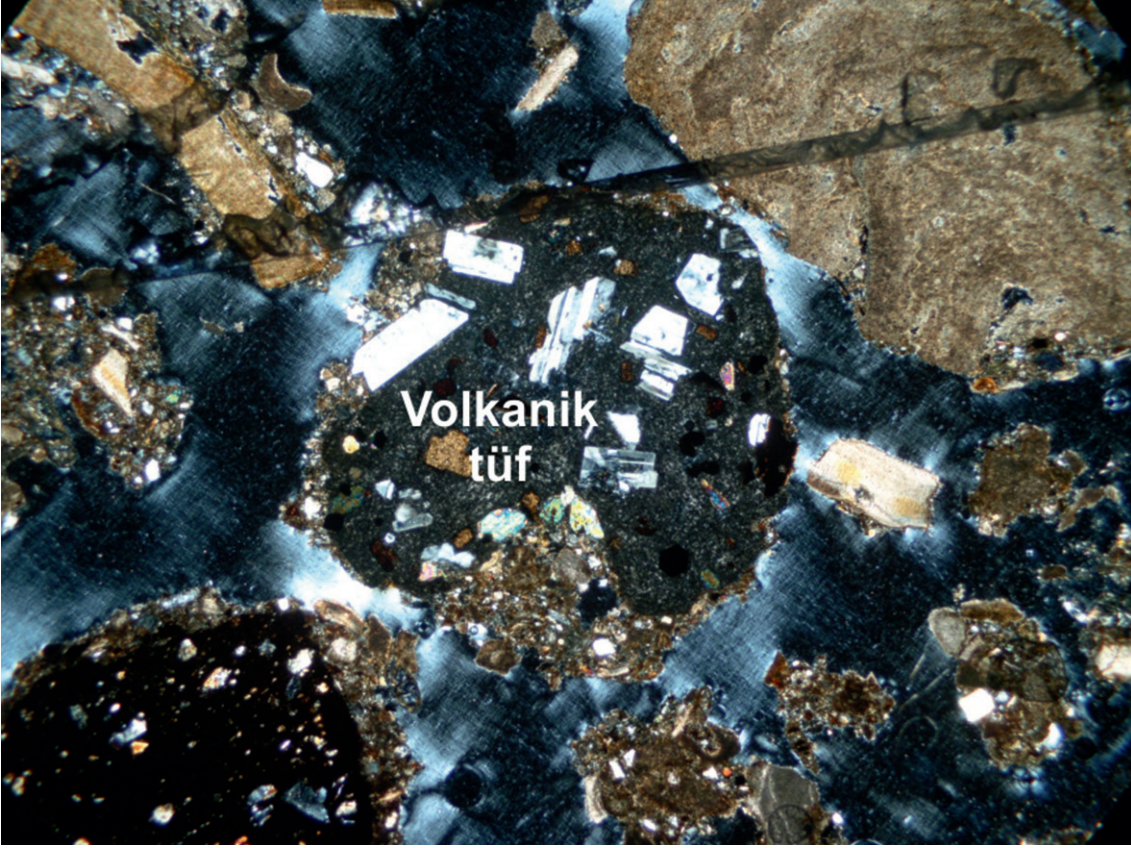


Fig. 5: Karotlar üzerinde yapılan analizler.

Fig. 5: Electron microscope analysis of core sampling.

(a) Mendireğin üst yüzeyi, modern deniz seviyesine göre hassas olarak ölçülmüştür²⁷.

(b) Mendireğin yapıldığı dönemde, deniz seviyesinin üzerinde olması gereken minimum orijinal yükseklik belirlenmiştir. Bu değer, yapının üst seviyesinin, dalga ve gel-git faktörlerinden etkilenmeyecek ve üzerinde kuru bir zeminin kalacağı en az yükseklik olacak şekilde düşünülmüştür. Girişinde iki büyük dalgakıranla kapatılarak korunaklı hale getirilmiş limanda, böyle bir yapının ortalama deniz seviyesinin en az 0,8 m üzerinde inşa edilmesi gerekmektedir²⁸. Mendireğin minimum orijinal yüksekliği ve güncel yüksekliği göz önüne alınarak görelî deniz seviyesi

değişim miktarı bulunmuştur.

(c) Tüm ölçümlere belirli hata payları eklenmiştir. (i) Ölçümlerin hassasiyeti için; ölçü alınan yüzeylerin kısmen tahrip durumda olması ve dalga etkisi nedeniyle ± 0.1 m ve (ii) belirlenen orijinal minimum yüksekliğin yaklaşık bir değer olması nedeniyle ± 0.2 m hata payları göz önüne alınmıştır.

(d) Görelî deniz seviyesi değişim miktarını hesaplamak için, mendirek için belirlenen minimum orijinal yükseklikten buzul östatik-izostatik deniz seviyesi yükselimi etkisi çıkarılmıştır.

(e) Yapının inşa edildiği dönem göz önüne alınarak düşey bölgesel tektonik hareket oranı hesaplanmıştır.

²⁷ Tüm ölçümler gel-git seviyesinin en düşük olduğu sırada yapılmıştır. Akdeniz'de gel-git aralığı 0,4 m'yi geçmemektedir. Ortalama deniz seviyesine göre düzeltme yapılması için ölçümlere 0,2 m eklenmiştir.

²⁸ ÖZDAŞ – KIZILDAĞ 2013, 508.

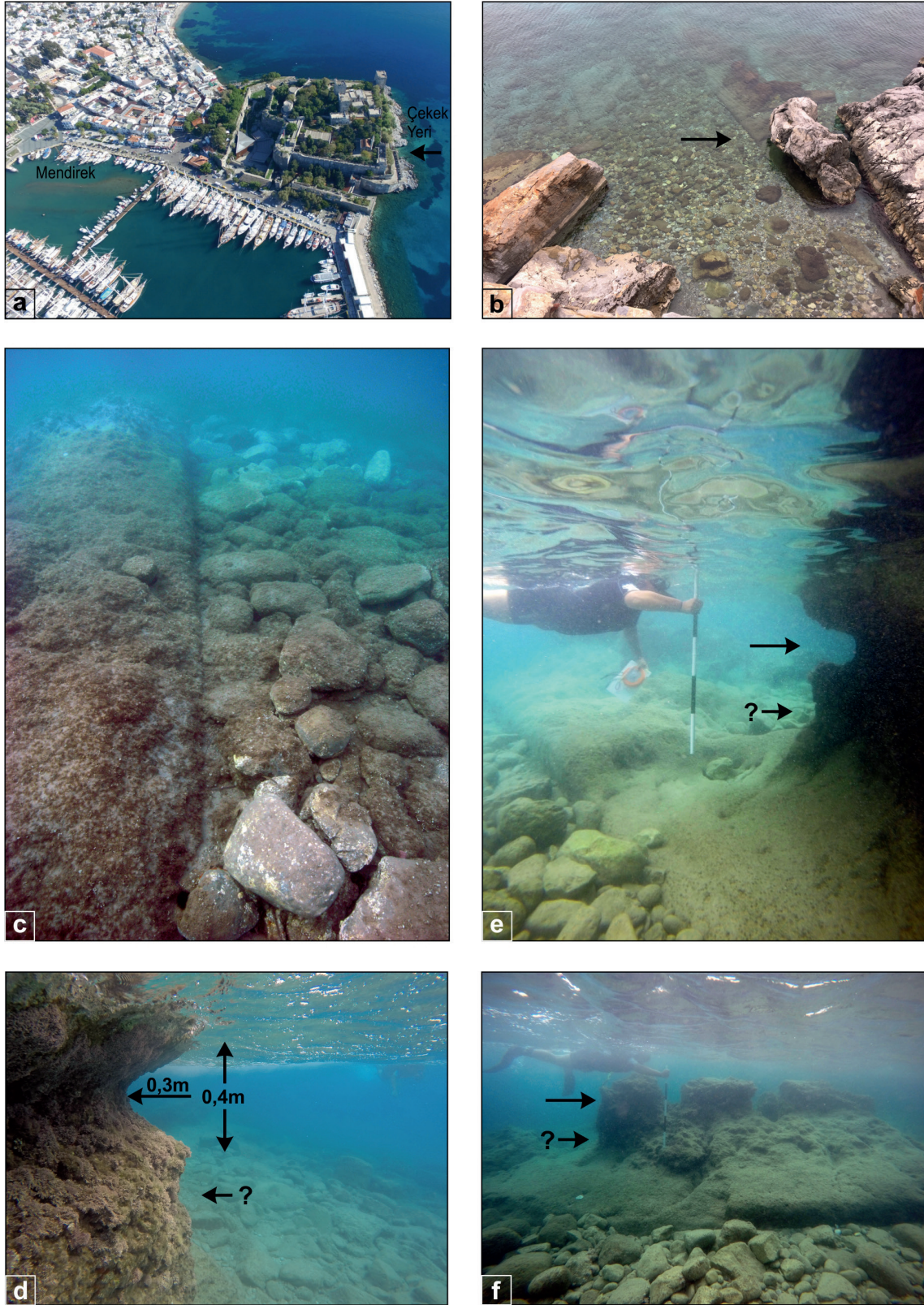


Fig. 6: Kalenin güneyindeki sualtında kalmış arkeolojik ve jeomorfolojik yapılar. (a) Yapıların konumu; (b) çekerek yerinin Kaleden çekilmiş fotoğrafı; (c) tabanı moloz taşlarla örtülmüş durumdaki çekerek yeri rampasının sualtı fotoğrafı; (d) sualtında kalmış gel-git çentiklerinin ölçüleri; (e, f) çekerek yerinin oyulduğu ana kayada, sonradan oluşan gel-git çentiği yapıları (ok ile gösterilen oyuklar).

Fig. 6: Submerged archaeological and geomorphological structures to the south of the castle. (a) Locations of the structures; (b) a photograph taken from the castle; (c) the shipshed ramp that its floor is covered by rubble stones; (d) Distinct differences are observed in tidal notch formations formed after the shipshed had been carved (d, e).

4. BULGULAR

Halikarnassos limanı içerisinde yer alan arkeolojik kalıntı üzerinde yapılan akustik çalışmalar, yapının birbirine paralel uzanan iki bölümden oluştuğunu ve her iki bölümün de günümüzde tamamen su altında kaldığını göstermektedir (Fig. 2). Mimari kalıntı üzerinden alınan hassas batimetrik veri, yapının derinliğinin yanı sıra, boyutlarını ve mevcut durumunu ortaya çıkarmıştır (Fig. 3). Kuzey-kuzeydoğu – güney-güneybatı yönünde uzanan yapının daha geniş olan doğu bölümü yaklaşık 120 m uzunluğunda, güneyde 27 m ve kuzeyde 14 m genişliğinde olup en fazla 3 m yüksekliğindedir. Güneyde genişleyen bölüm bir platform yapısı göstermekte olup, üst yüzeyi modern deniz seviyesinden $0,5\pm 0,1$ m aşağıdadır²⁹ (Fig. 2b). Yapının temelinde su derinliği en fazla 4 m'yi bulmaktadır. Dar olan batı bölümü 110 m boyunda, 7 m genişliğinde ve 0,7 m yüksekliğinde olup, deniz seviyesinden $1,7\pm 0,1$ m aşağıdadır. İki bölüm arasında yaklaşık 15 m mesafe ve 1,2 m kot farkı bulunmaktadır.

Mendirek üzerinde ve yakın çevresinde alınan sismik kesitlerde, yapının doğu bölümünün yaklaşık 8 m altında güçlü ve devamlı bir yansıtıcı yüzey tespit edilmiştir (Fig. 2a). Söz konusu yüzey olasılıkla Holosen Dönemi deniz tabanına karşılık gelmektedir. Sismik kayıta, mendirek temelini oturabileceği bir ana kayaya ilişkin veriye rastlanmamıştır.

Mendirek üzerine yapılan tüplü dalışlarda, doğu bölümüne ait geniş platformda, yerel volkanik yeşil taş ocaklarından kesilmiş kaba yontu büyük dikdörtgen bloklar görülmüştür (Fig. 4). Platformda, iki kat taş sırasının bir bölümü günümüze kadar gelebilmiş olan muhtemel bir yapıya ait bir temel bulunmaktadır. Taşların ortalama ölçüleri $2,0\times 1,5\times 0,5$ m'dir. Zaman içinde çeşitli nedenlerden ötürü meydana gelen tahribat nedeniyle bu kesme taş bölümü dışında mimari bir yapı özelliği yansıtan bir kalıntı tespit edilmemiştir.

a) We measured the upper surface of the mole in detail relative to the current sea level²⁷.

b) We determined a minimum original elevation for the mole with respect to mean sea level at the time of use. This value was considered as the minimum height of the upper level that would not be affected by wave or tide activity and remained dry. We assumed that the mole would have been built at least 0.8 m above the mean sea level in such a sheltered harbor (Halikarnassus harbor has been protected by two large breakwaters²⁸). Taking into account the minimum original elevation and current elevation, we deduced the amount of relative sea level rise.

c) We added some errors to measurements. (i) For measurement precision; an error margin of $\pm 0,1$ m was added for destruction of original upper surface and wave effect. (ii) an error margin of $\pm 0,2$ m was added for the uncertainty of the assigned value for original minimum height.

d) In order to estimate the amount of the vertical tectonic movement, we reduced the effect of eustatic-isostatic sea level rise from the assigned minimum original height.

e) We finally calculated the rate of local vertical tectonic movement based on the period of building's construction.

4. RESULTS

The acoustic survey performed over the archaeological remains in the Halikarnassus harbor revealed that the structure consists of two sections in parallel and that both sections are currently submerged (Fig. 2). Detailed bathymetric data obtained over the remains provided information about the dimensions and the current condition of the structure (Fig. 3). The structure lies in a north-northeast to south-southwest direction. The wider eastern section has an approximate length of 120 m with a width of 27 m at the southern end and 14 m at the northern end, and a maximum height of 3 m. The eastern section is widened on the southernmost part forming a platform shape, for which the upper surface is $0,5\pm 0,1$ m below present sea level (Fig. 2b²⁹). The foundation level of the structure reaches a maximum depth of 4 m. The narrower western section is 110 m long, 7 m wide, and 0.7 m high. Its upper surface lies at a depth of $1,7\pm 0,1$ m below present sea level. The distance between the two sections is approximately 15 m and the difference of elevation is 1.2 m.

The seismic survey revealed that a strong and continuous reflector lies about 8 m below the eastern section of structure (Fig. 2a). This layer most probably corresponds to the paleo seafloor during the Holocene period. A bedrock formation that would support the mole could not be observed in the seismic section.

²⁷ All measurements were taken at the lowest tide. Tidal range of Mediterranean Sea does not exceed 0.4 m, for this reason 0.2 m was added to measurements in order to make correction relative to mean sea level.

²⁸ ÖZDAŞ – KIZILDAĞ 2013, 508.

²⁹ $\pm 0,1$ m was added as margin of error (see Chapter 3.2.c).

²⁹ $\pm 0,1$ m ölçüm hatası olarak eklenmiştir (Bknz. Bölüm 4.3.c).

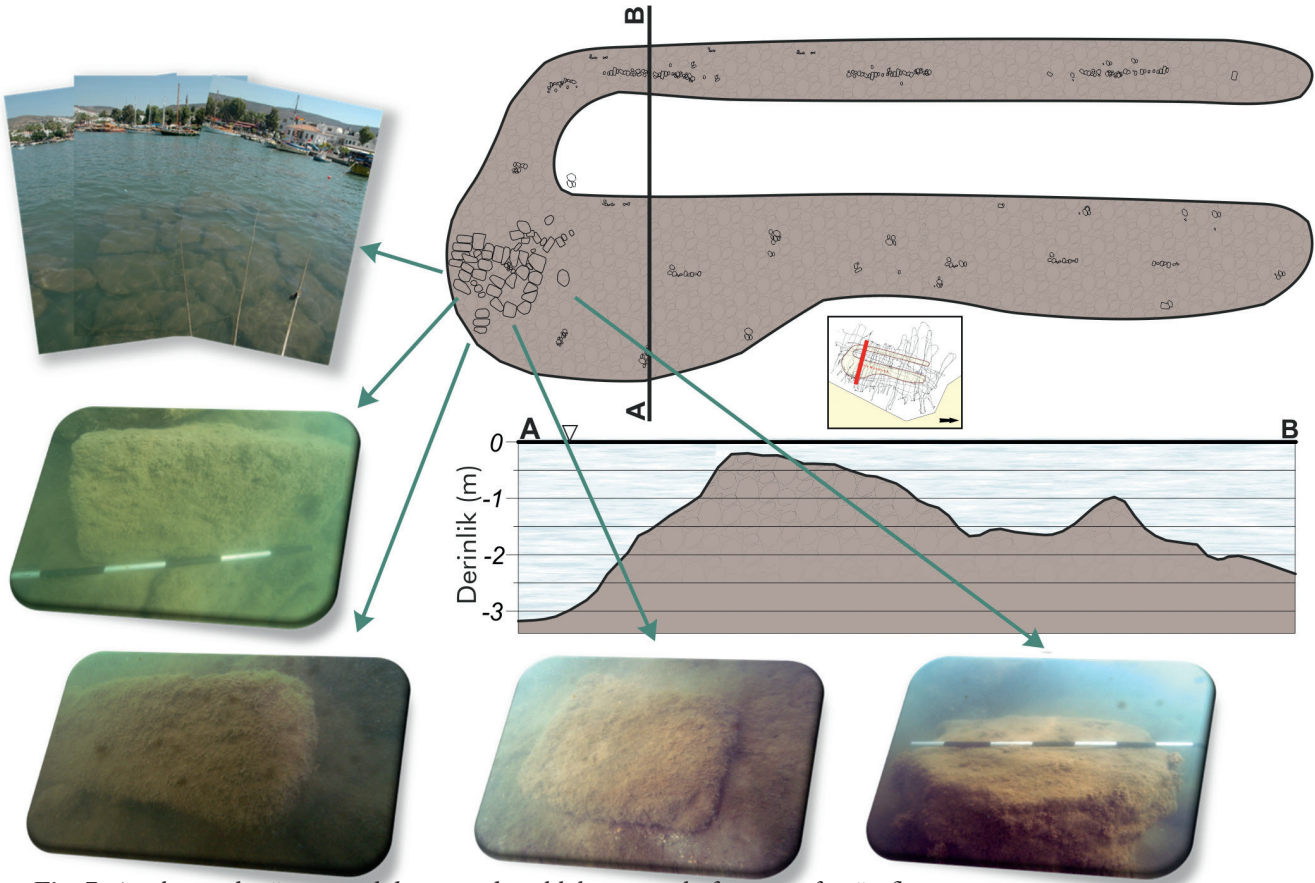


Fig. 7: Antik mendireğin güncel durumu, derinlik kesiti ve platforma ait fotoğraflar.

Fig. 7: Actual condition of the ancient mole, depth cross section and platform photography.

Yapı malzemesi içeriğini anlamak amacıyla mendirek üzerinde farklı noktalardan alınan karotlar üzerinde elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, örneklerin volkanik ve mineral bileşenler içerdikleri saptanmıştır (Fig. 5). Bileşenler arasında, volkanik, karbonat ve tortul kaya kırıntılarının yanı sıra, kuvars ve feldspat mineralleri ile kabuklu organik bileşenler bulunmaktadır.

Kalenin güneyindeki küçük koyda yaptığımız çalışmada, daha önceki yıllarda çekek yeri olarak değerlendirilen yapı üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir (Fig. 1a-II, 6a). Bu alanda, ana kayanın bir yüzeyinin düzleştirildiği, kıyıda kale duvarlarının altından başlayarak eğimli bir şekilde derine doğru devam ettiği ve tamamının sualtında kaldığı görülmüştür (Fig. 6b). Yaklaşık 30 m uzunluğundaki yapının en derin bölümü deniz yüzeyinin 3.1 ± 0.1 m altındadır. Ancak zemin irili ufaklı moloz taşlarla tamamen dolmuştur (Fig. 6c). Yakın çevrede çok sayıda kesme taş blok ile

Mausoleum yapımında kullanılanlar ile aynı ölçülere ve şekle sahip yeşil volkanik taşlar gözlenmiştir. Buluntular içinde özellikle bu taşlar dışında tarihleyici bir başka materyale rastlanmamaktadır.

Aynı çevrede sualtında kalmış gel-git-çentiği jeomorfolojik yapısı gözlenmiştir (Fig. 6d). Eski deniz seviyesini gösteren söz konusu yapının varlığı, bölgedeki görelî deniz seviyesi yükselimini ispatlayan diğer bir kanıt olmuştur³⁰. Gel-git çentiğinin orta seviyesinin, deniz yüzeyinin $0,5 \pm 0,1$ m altında kaldığı tespit edilmiştir. Yatay derinliği 0,3 m olan çentiğin yüksekliği yaklaşık 0,4 m olup, bölgesel gel-git aralığını göstermektedir. Belirgin yapıya sahip çentiğin altında, deniz seviyesinin daha eski bir konumunu gösteren muhtemel bir çentik daha gözlenmiştir. Ancak bu ikinci çentiğin yatay derinliği 0,1 m.den azdır. Her iki jeomorfolojik yapı da, çekek yeri olarak değerlendirilen yapının daha üzerindeki bir seviyede yer almaktadır (Fig. 6e, f).

³⁰ Denizel gel-git çentiği, kireçtaşı sahillerinde biyolojik aşınma ve/veya dalga sebebiyle ortalama deniz seviyesinde gelişen bir jeomorfolojik yapıdır (PIRAZZOLI 1986). Genellikle yarı-oval şekle sahip yapının yüksekliği yaklaşık gel-git aralığına denk gelmektedir. Deniz seviyesinin durağan olduğu zamanda gelişen söz konusu yapı kesin bir deniz seviyesi göstergesi olup, bu yapının güncel deniz seviyesinin üzerinde veya altında bulunması, nispeten hızlı bir tektonik yükselme veya çökmeyi göstermektedir.



Fig. 8: 1967 (solda) ve 2019 (sağda) yıllarına ait hava fotoğraflarının karşılaştırılması.
Fig. 8: Comparison of aerial photographs from 1967 (left) and 2019 (right).

During the scuba diving survey, we observed roughly-cut rectangular stones produced from a quarry of local green lava stone on the wide platform of eastern section (**Fig. 4**). The platform contains the foundation of a potential structure consisting of two layers of stones. The average dimensions of the stone blocks are 2.0 x 1.5 x 0.5 m. Due to destruction that occurred over time, we could not identify any remains with an architectural form besides this rock-cut stone section.

The electron microscope analyses of core samples taken from the mole to reveal the construction material indicated that the structure contains some volcanic and mineral elements (**Fig. 5**). Among the components, volcanic, carbonate, and sedimentary detrital rocks were observed, in addition to quartz and feldspar minerals and mollusks.

During the survey performed at the small cove to the south of the castle, we took some measurements on a structure that was evaluated as a shipshed in previous studies (**Fig. 1a-II, 6a**). In this second study area, we documented a totally submerged rock-cut structure, which descends into deeper water with a slope starting under the walls of the castle (**Fig. 6b**).

The structure is approximately 30 m long, and its deepest end is located at 3.1 ± 0.1 m below present sea level. However, the sea floor was completely filled with rubble (**Fig. 6c**). A large number of rock-cut stone blocks and green lava stones were observed in the surrounding area, which have similar dimensions and shape to the ones used in the construction of the Mausoleum. We did not observe any dating materials except for those stones.

We also detected submerged tidal notches in the same area (**Fig. 6d**). The presence of this type of geomorphological formation, which indicates the paleo sea level, provided evidence for relative sea level rise³⁰. The mid-level of the notch is located at 0.5 ± 0.1 m below present sea level. The maximum inward (lateral) depth is 0.3 cm with a vertical height of about 0.4 m, which corresponds to local tidal range. Below this remarkable formation, another hardly visible notch formation was observed at a deeper level, which indicates former sea level. Its inward depth is less than 0.1 m. Both submerged geomorphological features are located above the rock-cut structure (**Fig. 6e, f**).

³⁰ Marine tidal notch is a geomorphological formation which develops around mean sea level in the limestone shorelines due to biological erosion and/or wave action (PIRAZZOLI 1986). It generally has a half-ellipsoidal shape and its height corresponds to intertidal zone. This formation that develops during sea level stability is a precise sea level marker, and its presence above or below modern sea level indicates more or less rapid tectonic uplift or subsidence.

5. TARTIŞMA

5.1. Sualtında Kalmış Arkeolojik Yapının İşlevi, Dönemi ve İnşa Malzemesi

Antik Halikarnassos, ticari ve askeri limanların yanı sıra gizli liman ile ilişkilendirilmektedir. Spratt ve Newton sualtında kalmış mimari kalıntıyı ticari ve gizli limanı ayıran bir yapı olarak çizerken; Pedersen kalıntının askeri yapıların bir parçası olduğunu ve askeri limanın batı kenarını oluşturduğunu ifade etmektedir³¹. Söz konusu mimari yapı, çeşitli araştırmacılar tarafından çizilen planlarda ve yayınlanan çalışmalarda mendirek olarak anılmıştır³². Mendirek, aralarında kot farkı olan, biri dar ve diğeri geniş iki uzun platformdan oluşmaktadır. Her iki platformun arasında yer alan kanalın fonksiyonu tam olarak anlaşılamamaktadır. Bölgede bu tip bir yapı benzerine daha önce rastlanmamıştır.

Mendireğin üzerinin yaklaşık 10 cm kalınlığında bir balçık tabakasıyla kaplı olması, buluntuların tanımını güçleştirmekle beraber, yapımında seramik parçalar ve çakıl taşlarıyla karışık bir tür hidrolik harç kullanıldığı anlaşılmaktadır. Mendireğin, moloz taş, kum ve hidrolik harç karışımı büyük bir kütle şeklinde inşa edildiği görülmektedir. Doğudaki geniş bölümün güneyinde bulunan platformun üzerinde, askeri limanın giriş güvenliği için savunma amaçlı bir kule³³, fener ya da anıtsal bir yapı olduğu düşünülmektedir (Fig. 7).

1967 yılında çekilen hava fotoğrafına dayanarak, mendirek üzerinde yapılan hafriyatlar nedeniyle, her iki bölümün kuzey kısımlarının tıraşlandığı anlaşılmaktadır (Fig. 8). Eski fotoğrafta, mendireğin kuzey ucunun kıyıya bitişik olduğu görülmekte olup, günümüzde bu bölümün kıyı ile bağlantısının ortadan kalktığı tespit edilmiştir.

Kesin bir bilgi bulunmamakla birlikte limanın ve mendireğin Mausolos döneminde (MÖ. 377-353) inşa edildiğini kabul etmek mümkün görünmektedir. Bölge tarihine baktığımızda Halikarnassos'un en büyük imar faaliyeti Mausolos döneminde gerçekleşmiştir. İskender ve sonrasında (MÖ 334)³⁴ ise kentteki imar faaliyetlerinin giderek azaldığı ve özellikle Bizans Dönemi'nde şehrin bölgedeki öneminin ortadan kalktığı söylenmektedir. Sonraki dönemde şehirdeki önemli bir imar faaliyeti MS.15.yy'da St.

Jean şövalyeleri tarafından gerçekleştirilmiş ve bu dönemde Bodrum Kalesi (Aziz Peter Kalesi) inşa edilmiştir³⁵. Kale inşasında ise Mausoleum taşlarının yanı sıra, antik kent dokusundaki yüzeyde bulunan mermer sütun parçaları ve sütun başlıkları ile kesme taşlar kullanılmıştır. Şövalyelerin kaleyi inşa ederken, tehdidin karadan geleceği düşüncesiyle savunma sistemleri ve duvarlarını kuzey ve batı cephelelerinde güçlendirdiği görülmektedir. Bu genel yapı göz önüne alınırsa, mendireğin şövalyeler tarafından yapılmış olması mümkün değildir. Aksine, olasılıkla o dönemde üzerinde ek yapılar da bulunan ve kuzeydoğusundaki top koruganlarına ve istinat duvarlarına çok yakın bir konumda olan mendirek, karadan gelecek bir saldırı için bir zemin oluşturacağından şövalyeler tarafından sökülerek tahrip edilmiş olmalıdır. Ayrıca, şövalyelerin genel inşa tarzına bakıldığında, yakınlarında bulunan kullanabilecekleri her türlü inşa malzemesini sökerek, devşirme olarak kalede kullandıkları görülmektedir.

Mausoleum'un yapı malzemesi olan taşların taşınmasında deniz yolunun kullanıldığı bilinmektedir. Yeşil taş olarak tanımlanan yapı taşları, Bodrum Yarımadası'nın kuzeybatı sahilindeki Koyunbaba mevkiinden deniz yoluyla getirilmiş ve Halikarnassos limanında boşaltılarak inşa alanına taşınmıştır. Ayrıca, anıtın dış cephe süslemesini oluşturan beyaz mermerlerin de Marmara Adası mermerleri olduğunu düşündüğümüzde, bu mermerlerin de deniz yoluyla taşınarak limana getirildiği anlaşılmaktadır. Bu ölçekte bir taşımacılık ile yükleme ve boşaltmanın yapılabilmesi için yeterli düzeyde altyapıya sahip bir limana ihtiyaç olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle liman, Mausoleum'un inşa döneminde son halini almış olmalıdır.

Sismik verilerin yorumlanması sonucu, antik mendireğin ana kayanın üzerine oturtulmayıp gevşek sediman üzerine inşa edildiği ve günümüze kadar geçen süreçte etrafının dolduğu, tektonik olaylar nedeniyle de genel yapısının bozulduğu söylenebilir. Mendireğin temel seviyesi nispeten daha sert ve sağlam kayalardan; üzeri ise harçla karışık bir malzemedir inşa edilmiştir. Mendireğin kaplama taşları, Bodrum Kalesi inşası sırasında ya da öncesinde savunma amaçlı sökülüş olmalıdır.

³¹ Kaptan Spratt'ın 1847'de, Newton'un 1862'de ve Pedersen'in 2010'da çizdiği Halikarnassos planlarında söz konusu yapı yer almaktadır. Bununla birlikte, gizli liman ile askeri liman tanımları arasında tutarsızlık bulunmaktadır.

³² BLACKMAN 1973; 125-126, PEDERSEN 1994a, 219; 2010.

³³ BLACKMAN 1973, 125. Pedersen (2010) mendireğin doğu bölümünün savunma duvarı ve geniş platformun da büyük bir kule taşıma olasılığından bahsetmektedir. Bununla birlikte olası bu yapılara ait az sayıda taş mendireğin sadece uç bölümde görülmektedir.

³⁴ SEVİN 2001, 108.

³⁵ PEDERSEN 1994a, 216.

5. DISCUSSION

5.1. Function, Period, and Construction Material of the Submerged Archaeological Remains

Ancient Halicarnassus has been associated with a secret harbor, in addition to commercial and naval harbors, in the past. Spratt and Newton mapped the submerged structure separating the commercial and secret harbor; however, Pedersen assumed that the structure was a part of the military installations forming the west side of the naval harbor³¹. According to the maps, plans, and publications of various researchers, the structure was assumed to be a mole³². The mole consists of two long platforms, one larger than the other, with an elevation difference between them. The function of the channel between the two platforms is still a question. This kind of structure has not been observed before in the region.

The fact that the mole is covered with a 10 cm-thick-layer of mud makes it hard to identify the remains. However, we observed hydraulic mortar among the construction materials, which consists of ceramic fragments and pebbles. The mole was apparently built as a massive structure, a mixture of rubble stones, sand, and hydraulic mortar. The large platform of the eastern section is assumed to be the substructure of a tower³³, probably related to the entrance security for the military harbor: a lighthouse or a monumental structure of some sort (Fig. 7).

Based on the aerial photography of 1967, we can clearly state that both sections of the mole were partly excavated on the north end in recent decades (Fig. 8). While the north end was connected to the shoreline in the 1967 photograph (Fig. 8a), today this section is apparently missing (Fig. 8b).

Although there is no concrete evidence, we can accept that the harbor and the mole were likely built during the period of Mausolus (377-353 BCE).

The largest construction activity in Halicarnassus took place during this period. According to written sources, construction activity in the city gradually decreased after Alexander (334 BCE)³⁴ and the city lost its importance, particularly during the Byzantine period. In the following periods, the most significant construction operation took place in the 15th century, and the Castle of St. Peter was built by the Knights of St. John³⁵. The Castle was con-

structed using stones from Mausoleum, including ashlar blocks from the ancient building and marble column capitals that belonged to the ancient city. The knights must have fortified the defense systems and walls of the castle on the northern and western sides expecting to be attacked there, rather from the land. Considering its general idea and construction techniques, the mole could not have been built by the knights. On the contrary, since it supplied a base for a potential land attack, with possible additional constructions on the top of the mole, and since its position was close to the cannon-proof retaining walls, it should have been destroyed by the knights for defense purposes. Additionally, considering the general construction techniques of the knights, they would have collected all the useful stones and reused them during the construction of the castle.

It is known that maritime routes were used for the transportation of the stones used as building material of the Mausoleum. The building stones known as the green stones were brought by the sea from Koyunba-ba quarry, which is located on the northwest coast of Bodrum peninsula. They would have been unloaded at Halicarnassus harbor and transported to the construction zone. Additionally, since the white marbles that made up the façade ornamentation of the monument are from the island of Marmara, those marbles were also most likely transported by sea. The harbor must have had adequate infrastructure to be able to perform transportation on this scale, including the loading and unloading of materials. Therefore, the harbor must have been completed during the period of the Mausoleum.

The subbottom profiler seismic data reveals that the ancient mole was not built directly on the bedrock; it was built on a sedimentary seabed. Subsequently, its surroundings were filled and its general structure was deformed, mostly likely due to tectonic events. The foundation level of the mole was built with rather rigid and solid rocks, while the upper level was built with a material mixed with mortar. The stones on the top of the mole must have been removed during the construction of the Castle of St. Peter or an earlier period for the purpose of defense.

Core sampling taken from the mole contains volcanic and mineral elements.

³¹ The structure was drawn in the Halicarnassus plans by Captain Spratt in 1847 and Newton in 1862 and Pedersen in 2010. Meanwhile, there is confusion between the descriptions of the secret harbor and the naval harbor.

³² BLACKMAN 1973, 125-126; PEDERSEN 1994a, 219; 2010.

³³ BLACKMAN 1973, 125. Pedersen (2010) assumed that the eastern section of the mole carried a fortification wall that ended in a large tower on the platform. However, only a few stones remain from the possible constructions, which can be seen at the southern end of mole.

³⁴ SEVİN 2001, 108.

³⁵ PEDERSEN 1994a, 216.

Mendirek üzerinden alınan karotların, volkanik ve mineral bileşenler içerikleri görülmektedir. Bu veriler ışığında mendireğin inşasında volkanik malzemenin kullanıldığı anlaşılmakta olup, bu malzeme antik dönemin liman yapımında kullanılan hidrolik harç (*pozzolana*?) olarak yorumlanmaktadır³⁶. Bodrum Yarımadası volkanik bir yapı göstermektedir³⁷. Bununla beraber söz konusu malzemenin yöresel ya da ithal olup olmadığı ileriki çalışmalarda yapılacak ayrıntılı bir malzeme analizi ile anlaşılabilir. Mendirek deniz teknoloji tarihi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle önümüzdeki çalışmalarda, mendireğin mimari özelliklerinin daha detaylı incelenmesi için bir sondaj kazısı gerektiği anlaşılmaktadır.

5.2. Deniz Seviyesi Değişimleri

Buzulların erimesine bağlı östatik-izostatik deniz seviyesi yükselme miktarının 2500 yılda 1 m.yi geçmediği bilinmektedir. Bununla birlikte, Ege kıyılarında görülen sualtında kalma olayının büyük ölçüde, süregelen tektonik aktivitenin etkisinde geliştiği açıktır. Özellikle MS.6.yy'ın ortalarında gerçekleşen deprem fırtınası, kıyılarda çökmeye neden olarak liman yapılarını sular altında bırakmış ve işlevsiz hale getirmiştir³⁸.

Flemming³⁹, Bodrum Yarımadası'ndaki görel deniz seviyesi değişiminin Myndos antik kentinde son 2000 yılda -1,2 m (0,6 mm/yıl); Halikarnassos'da son 2400 yılda -1 m (0,4 mm/yıl); Loryma'da son 1500 yılda 1 m olduğunu (0,7 mm/yıl); Knidos'da ise son 2300 yıl içinde deniz seviyesinin değişmediğini önermektedir.

Halikarnassos limanına ait mendireğin genel yapısına bakıldığında, birbirine paralel uzanan iki bölümden oluştuğu ve bu bölümler arasında bir kot farkı bulunduğu görülmüştür. Doğudaki geniş bölümün üst yüzeyi modern deniz seviyesinin 0,5-0,9±0,1 m altındadır. Batıdaki dar bölüm ise diğerinden daha derinde olup, üst yüzeyi 1,7±0,1 m suyun altındadır. Kot farkının nedeni tam olarak bilinmese de, geniş bölümün daha sonraki bir dönemde bir onarım ya da ek yapılarla yükseltilmiş olma ihtimali bulunmaktadır. Halbuki mendireğin inşa edildiği dönemde her

iki bölümünün de deniz seviyesinin üzerinde olması gerekmektedir. Bu nedenle, jeoarkeolojik yorum için -1,7±0,1 m suyun altında kalan derindeki dar bölüm göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Mendireğin inşa edildiği MÖ.4.yy'da, üst yüzeyinin deniz seviyesinden en az 0,8±0,2 m⁴⁰ yukarıda olması gerekirdi. Bu değer mevcut derinliğe eklendiğinde, 2,5±0,3 m.lik bir görel deniz seviyesi yükselimi olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu miktarın en fazla 1,0 m.si buzulların erimesine bağlı küresel yükselmeye aittir⁴¹. Geriye kalan 1,5±0,3 m ise depremlere bağlı düşey tektonik hareketle açıklanabilmektedir. Buradan da son 2400 yılda 1,5±0,3 m.lik bir tektonik çökme gerçekleştiği görülmektedir. Bu da 1000 yılda 0,62±0,3 m, diğer bir deyişle 0,62±0,3 mm/yıllık bir tektonik çökme oranına karşılık gelmektedir. Bozburun Yarımadası kıyılarındaki sualtında kalmış Hellenistik Dönem liman yapıları üzerine gerçekleştirilen jeoarkeolojik çalışmalarda yakın sonuçlara ulaşılmıştır⁴².

Çalışma kapsamında ikinci bölgede ölçümü yapılan ve kesin olmamakla birlikte çekek yeri olarak yorumlanan yapı, üzeri açık şekilde kullanılan ve belirli bir rampa eğimine sahip olup ana kayanın kesilmesiyle şekillenmiştir. Karaya çekilen geminin karinasının kuru alanda kalması gerektiği için, çekek yeri yapıldığı dönemde deniz seviyesinin üzerinde bulunmalıdır. Bu nedenle, gemi çekek yerleri deniz seviyesi değişimleri için bir göstergedir. İyi korunmuş çekek yerlerinin ±0.25 m güvenilirlikle doğru bir deniz seviyesi hesabı için kullanılabileceği önerilmektedir⁴³. Ancak yine de, eğimin alt kısmının orijinalde hangi seviyede olması gerektiği konusunda çelişkiler bulunmaktadır⁴⁴. Kıyıdan başlayarak 8° eğimle -3.1±0.1 m derinliğe ulaşan 30 m uzunluğundaki çekek yeri, bir geminin çekilmesi için ideal ölçüde ve eğimdedir. Ancak, tabanının çakıl, kesme taş ve kayalarla tamamen dolması ve rampanın orijinal alt seviyesinin tartışmalı olması nedeniyle deniz seviyesi hesabı için kesin bir veri sunmamaktadır. Bununla birlikte, yapının günümüzde tamamıyla sualtında bulunması, yapıldığı dönemden buyana düşey tektonik harekete maruz kaldığının açık bir kanıtıdır.

³⁶ VITRUVIUS, II.6.1.

³⁷ ULUSOY vd. 2004, 73.

³⁸ PIRAZZOLI vd. 1996.

³⁹ FLEMMING 1978, 412.

⁴⁰ Bknz. Bölüm 3.2.c: yapı için belirlenen orijinal minimum yükseklik için ±0,2 m hata payı eklenmiştir.

⁴¹ Tektonik olarak durağan bölgelerde (örn. Sardinya Adası) yapılan çalışmalarda, arkeolojik yapıların sualtında kalma miktarı sadece **östatik** ve izostatik deniz seviyesi değişimlerinden kaynaklanmaktadır (ANTONIOLI vd. 2007, 2480). Araştırmacılar tarafından farklı görüşler ileri sürülse de, çalışmamızda Vacchi vd. (2017, 782) tarafından önerilen değer kabul edilmiş olup, hesaplarımızda **östatik-izostatik** deniz seviyesinin son 2500 yılda ~1 m yükseldiği göz önüne alınmıştır.

⁴² KIZILDAĞ vd. 2012, 227.

⁴³ EVELPIDOU – PIRAZZOLI 2013, 5.

⁴⁴ Çekek yerinin rampası suyun içine doğru ne kadar devam etmelidir, diğer bir deyişle, rampanın tabanı orijinalde kaç metre derinde olmalıdır sorusuna Blackman "bir geminin rampanın içine yüzebileceği kadar derin, yani en fazla 1 m" olarak yorum getirmektedir (1973, 128).

This data reveals that volcanic material, which has been interpreted as hydraulic mortar (*pozzolana?*), was used in the construction of the mole. This material was frequently used in harbor construction during antiquity³⁶. The Bodrum peninsula has a volcanic structure³⁷. However, detailed analysis in further studies is needed to understand whether the material is local or imported. The mole is highly significant for the history of maritime technology. Therefore, an excavation is also necessary to reveal the architectural features of the mole.

5.2. Sea Level Changes

Eustatic – isostatic sea level rise that resulted from the melting of a glacier did not exceed 1 m over 2,500 years. In addition, it is clear that the inundation of the Aegean coasts is associated with ongoing tectonic activity. In particular, the earthquake activity that took place in mid 6th century CE caused subsidence of the coasts, which gave rise to submersion of harbor structures, making them useless³⁸.

According to Flemming³⁹, relative sea level change for the Bodrum peninsula reached 1.2 m over the last 2,000 years in Myndus (0.6 mm/year), 1 m in the last 2,400 years in Halicarnassus (0.4 mm/year), and 1 m in the last 1,500 years in Loryma (0.7 mm/year), while sea level was stable in Knidus over the last 2,300 years.

The mole in the Halicarnassus harbor consists of two sections in parallel, and there is an elevation difference between them. The wider section to the east lies at 0.5–0.9±0.1 m below the modern sea level. The relatively narrower section to the west is located in deeper water, and its upper level is at -1.7±0.1 m. Although we have no evidence on height difference, it may be assumed that the wider section was raised in the later periods by repairs or additional construction. However, both sections of the mole must have been built above sea level. Therefore, we will consider for geoarchaeological interpretation just the narrow section that is located in deeper water at -1.7±0.1 m.

The upper surface of the mole must have been 0.8±0.2 m⁴⁰ above the mean sea level at the time of construction (4th century BCE). Adding this value to

the current elevation, we estimate the relative sea level rise as 2.5±0.3 m. Maximum 1.0 m of this value is related to global sea level rise due to glacier melt⁴¹. If we remove this value, the rest of the 1.5±0.3 m can be explained by the vertical tectonic movements related to earthquakes. This means that 1.5±0.3 m of tectonic subsidence took place in the last 2,400 years, in other words 0.62±0.3 m during the last 1,000 years with a rate of tectonic subsidence at 0.62±0.3 mm/year. Our results are relevant to geoarchaeological studies on the submerged harbor structures dated to the Hellenistic period along the coast of the Bozburun peninsula⁴².

The submerged structure measured in the second study area, which was interpreted as the shipshed in question, was formed by cutting bedrock having a distinguished ramp. Since the hull of the ship should remain dry, the shipshed should be located above the sea level at the time of construction. Therefore, shipsheds are indicators for sea level change. A well-preserved shipshed can be used for sea level estimation with ±0.25 m certainty⁴³. However, there is still a question of the original level of the ramp's lower part⁴⁴. A 30 m long shipshed in the study area, which begins from the shore and reaches a depth of -3.1±0.1 m with an 8° of slope, has the ideal dimensions and ramp for dragging a ship. Nevertheless, it does not provide precise information for sea level estimation, since both the bottom is completely filled with pebbles and rubble stones, and the original base level of the ramp is questionable. However, from the fact that the structure is entirely submerged today, it is obvious that it has been under the effect of vertical tectonic movements since the time of construction.

Similarly, the submerged tidal notches in the same location of the shipshed also support this tectonic movement. A lateral depth of 0.3 m and a height of 0.4 m that are compatible with the local tidal range suggest that the paleo sea level stayed at this level for a long period and submerged following a sudden tectonic subsidence⁴⁵. In addition, a possible notch formation was also observed below the distinctive notch, which indicates older sea level stability.

³⁶ VITRUVIUS, II.6.1.

³⁷ ULUSOY et al. 2004, 73.

³⁸ PIRAZZOLI et al. 1996.

³⁹ FLEMMING 1978, 412.

⁴⁰ See Chapter 3.2.c: Margin of error ±0.2 m for the minimum original elevation determined for the structure.

⁴¹ Studies performed in tectonically stable regions (i.e. Sardinia island) revealed that the amount of submersion of archaeological structures is only due to eustatic and isostatic sea level changes (ANTONIOLI et al. 2007, 2480). Although researchers suggest different values, we considered the eustatic-isostatic sea level rose of ~1 m in the last 2,500 years for our calculations, suggested by Vacchi et al. (2017, 782).

⁴² KIZILDAĞ et al. 2012, 227.

⁴³ EVELPIDOU – PIRAZZOLI 2013, 5.

⁴⁴ It is questionable how far the shipshed's ramp would have continued into the sea, in other words, what the water level in the base should be. Blackman (1973, 128) answered this question as “deep enough for ships to be able to float into the base of ramp, which is maximum 1 m”.

Aynı şekilde, çekek yerinin bulunduğu mevkide, modern deniz seviyesinin altında bulunan gel-git çentikleri de bu tektonik hareketi desteklemektedir. Yatay derinliğin yaklaşık 0,3 m'yi bulması ve yüksekliğin gel-git aralığı ile uyumlu olarak 0,4 m olması, eski deniz yüzeyinin uzun süre bu seviyede kaldığını ve ani bir tektonik çökme sonucu sualtında kaldığını göstermektedir⁴⁵. Bununla birlikte, söz konusu belirgin çentiğin altında, muhtemel bir çentik oluşumu daha gözlenmiş olup, bu yapı daha eski bir deniz seviyesini işaret etmektedir.

Gel-git çentikleri, çekek yerinin oyulduğu ana kayada, çekek yeri rampasının üzerinde bir seviyede yer almaktadır (Fig. 6d, e). Mendirek ve çekek yerinin gel-git çentiğinden daha derinde bulunması, arkeolojik yapıların jeomorfolojik yapılardan daha önce sualtında kaldığını göstermektedir. Bu da, deniz seviyesinin birden fazla kere değiştiğini işaret etmektedir. Önce çekek yeri sualtında kalmış, daha sonra yeni deniz seviyesinde gel-git çentiği oluşmuş ve sonrasında da bu oluşum da sualtında kalmıştır. Bu gözlem, Bodrum kıyılarının kademeli bir şekilde tektonik olarak çöktüğünü ortaya çıkarmaktadır.

6. SONUÇ

Halikarnassos antik limanına ait mendirek üzerinde yapılan jeoarkeolojik çalışmada, yapının birbirine paralel uzanan ve aralarında kot farkı bulunan iki farklı bölümden oluştuğu görülmüştür. Söz konusu arkeolojik kalıntı, deniz seviyesinin yükselmesi sonucunda günümüzde sular altında kalmıştır. Depremlerden kaynaklanan etkinin yanı sıra, limanda gerçekleşen güncel faaliyetler nedeniyle de, mendirek üzerinde büyük bir tahribat olduğu ortaya çıkmaktadır. 1967 yılında çekilen hava fotoğrafında, mendireğin kuzey ucu kıyıya bitişikken, güncel fotoğraflarda daha sonraki yıllarda yapılan hafriyat çalışmaları ile kıyı ile bağlantısının ortadan kalktığı görülmektedir.

Liman içindeki mendireğin yanı sıra, Bodrum Kalesi'nin güneyinde yer alan çekek yeri ve gel-git çentiklerinin günümüzde modern deniz seviyesinin altında bulunması, bölgedeki görelî deniz seviyesinin yükseldiği konusunda önemli kanıtlar sunmaktadır. Tektonik olarak aktif bir bölgede yer alan arkeolojik ve jeomorfolojik yapıların sualtında kalma sebebinin, küresel ölçekteki buzul-izostatik deniz seviyesi yükseliminden ziyade, birden fazla tektonik çökme hareketine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Deniz jeofiziği verilerinin toplanmasında emeği geçen Prof.Dr. Atilla Uluğ'a; hava fotoğrafları desteği için Akademia Vakfı ve Özay Kartal'a; katkılarından ötürü ve Göksu Tatoğlu ve diğer tüm ekip arkadaşlarımıza teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca, değerli önerileriyle makalenin gelişmesinde katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz. Bu makale, İrem Uygur ve Mete Oymaklı'nın anısına yazılmıştır.

Tidal notches are located at a higher level of shipshed's ramp (Fig. 6d, e). The fact that the mole and the shipshed is located at deeper than tidal notch suggests that the archaeological structures were submerged before the geomorphological structures. This proves that sea level must have changed more than once. First, the shipshed was submerged, then the notch was formed at a new sea level stability, and in the following periods the notch was also submerged. This observation reveals that the Bodrum shores subsided gradually due to active tectonics.

6. CONCLUSION

The marine geoarchaeological survey performed on the ancient submerged mole of Halicarnassus harbor revealed that the structure consists of two parallel sections, which are located at different depths. The archaeological remains are currently submerged due to sea level rise. We observed serious damage on the mole due to both excavation operations inside the harbor and earthquake activity. Aerial photographs confirm that while the mole's north end was adjacent to the shore in 1967, this link to the shore was destroyed due to the excavation operations performed in the following years.

In addition to the mole in the harbor, the submerged shipshed and the tidal notches to the south of Bodrum Castle provide important evidence for the relative sea level rise in the region. The reason for the submersion of the archaeological and geomorphological structures located in a tectonically active region is mostly due to gradual tectonic subsidence, rather than the global eustatic-isostatic sea level rise.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Prof. Atilla Uluğ for his contribution in the marine geophysical data collection; the Academia Foundation and Özay Kartal for providing aerial photography; Göksu Tatoğlu and all other team members for their contribution. The author is also thankful to reviewers for constructive suggestions that improved a previous version of this paper. This paper is dedicated to the memory of İrem Uygur and Mete Oymaklı.

⁴⁵ Adriyatik'in kuzey kıyılarında Roma Dönemi'ne tarihlenen ve yaklaşık -0,5 m.lerde ölçülen gel-git çentiklerinin MS.361 depremiyle sular altında kaldığı belirtilmiş olup (PIRAZZOLI 1980; FOUACHE vd. 2000), tarafımızdan yapılan ölçümlerle uyumludur.

⁴⁵ Tidal notches on the north Adriatic shore dated to Roman Period were measured at about -0.5 m, which submerged with the earthquake in 361 AD (PIRAZZOLI 1980; FOUACHE et al. 2000). This value is compatible with our measurements.

KAYNAKÇA-BIBLIOGRAPHY

- Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K., Auriemma, R., Gaddi, D., Furlani, S., ... Surace, L., 2007, "Sea-level Change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from Archaeological and Geomorphological Data", *Quaternary Science Reviews*, 26, 2463–2486.
- Baika, K., 2013, "The Topography of Shipshed Complexes and Naval Dockyards", in Eds. Blackman et al., *Shipheds of the ancient Mediterranean*. Cambridge University Press., 185-209.
- Bean, G. E., Cook, J. M., 1955, "The Halicarnassus Peninsula", *Annual of the British School at Athens*, 50, 85-171.
- Blackman, D. J. 1973, "Evidence of Sea Level Change in Ancient Harbours and Coastal Installations", *Marine Archaeology*, 115-139.
- Evelpidou, N., Pirazzoli, P., 2013, "Rocky Coasts, Paleoseismology of", in Eds. Patelli, E. et al., *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Springer, 1-14.
- Flemming, N.C., 1978, "Holocene Eustatic Changes and Coastal Tectonics in the Northeast Mediterranean: Implications for Models of Crustal Consumption" *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 289, 405-458.
- Fouache, E., Faivre, S., Dufaure, J., Kovacic, V., Tassaux, F., 2000, "New Observation on the Evolution of the Croatian Shoreline between Poreč and Zadar over the past 2000 Years", *Zeitschrift für Geomorphologie*, 122, 33–46.
- Herodotos, *Herodot Tarihi*, Ökmen, Müntekim, (Çev.), 1. Baskı, İstanbul, 2002.
- Kayan, İ., 2014, "Geoarchaeological Research at Troia and its Environs", in Eds. Pernicka, E., Rose, C.B., Jablonka, P., *Troia 1987-2012: Grabungen und Forschungen I*, Tübingen: Verlag, 694-727.
- Kızıldağ, N., Özdas, A.H., Uluğ, A., 2012, "Late Pleistocene and Holocene Sea Level Changes in the Hisarönü Gulf, Southeast Aegean Sea. *Geoarchaeology*, 27, 220–236.
- Kızıldağ, N., 2019, "Late Holocene Sea Level Change along the Coast of Fethiye Gulf in Southwestern Turkey. *Geoarchaeology*, 34, 295-310.
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y., Sambridge, M., 2014, "Sea Level and Global Ice Volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene" *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 15296-15303.
- Luttrell, A., 1999, "Earthquakes in Dodecanese; 1303–1513", in Ed. Zachariadou, E., *Natural Disasters in the Ottoman Empire*, Crete University Press, 145–151.
- Mcnicoll, A.W., 1997, *Hellenistic Fortifications from the Aegean to The Euphrates*, Clarendon Press, Oxford.
- Morhange, C., Marriner, N., 2015, "Archaeological and Biological Relative Sea-Level Indicators", in Eds. Shennan, I., Long, A. J., & Horton, B. P., *Handbook of Sea-level Research*, Chichester: John Wiley & Sons, 146–156.
- Newton, C.T., 1862, *A History of Discoveries Halicarnassus, Cnidus and Branchidae*, London.
- Özdas, H., Kızıldağ, N., 2013, "Archaeological and Geophysical Investigation of Submerged Coastal Structures in Kekova, Southern Coast of Turkey", *Geoarchaeology*, 28, 504–516.
- Pedersen, P., 1994a, "The fortifications of Halikarnassos", *Revue des Études Anciennes*, 96(1), 215-235.
- Pedersen P., 1994b, "Excavation and Research in Halikarnassos 1993", *XVI. Kazı Sonuçları Toplantısı*, vol.2, Ankara, 327-334.
- Pedersen, P. 2010, "The City Walls of Halikarnassos" in Eds. Van Bremen, R., Carbon, J.-M., *Hellenistic Karia*, Bordeaux, 269-316.
- Pirazzoli, P.A., 1980, "Formes de Corrosion Marine et Vestiges Archeologiques Submerges: Interpretation Neotectonique de Quelques Exemples En Grece Et En Yougoslavie", *Annales de l'Institut Oceanographique*, 56, 101–111.
- Pirazzoli, P.A., 1986, "Marine notches" in Ed. van de Plassche, O., *Sea-Level Research: A Manual for the Collection and Evaluation of Data*. Geo Books, Norwich, 361–400.
- Pirazzoli, P. A., 1991, *World Atlas of Holocene Sea-level Changes*, Vol. 58, Amsterdam, Elsevier Oceanography Series.
- Pirazzoli, P.A., Laborel, J., Stiros, S.C., 1996, "Earthquake Clustering in the Eastern Mediterranean during Historical Time", *Journal of Geophysical Research*, 101, 6083–6097.
- Pliny, *Natural History*, in Ed. Rackham, H. 1938, Cambridge, Harvard University Press.
- Pseudo-Skylax's Periplus, in. Ed. Shipley, G.J. 2011, Bristol Phoenix Press.
- Sevin, V., 2007, *Anadolu'nun Tarihi Coğrafyası I*, Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Spratt, 1856, "On Halicarnassus" in Transactions of the Royal Society of Literature, 5, 1-23.
- Strabo, *Geography*, Books: XIII-XIV, in Ed. Jones H.L., 1929, Cambridge, Harvard University Press.
- Uluğ, A., Duman, M., Ersoy, S., Özel, E., Avcı, M., 2005, "Late Quaternary Sea-level Change, Sedimentation and Neotectonics of the Gulf of Gökova: Southeastern Aegean Sea", *Marine Geology*, 221(1-4), 381-395.
- Ulusoy, I., Cubukcu, E., Aydar, E., Labazuy, P., Gourgau, A., Vincent, P. M., 2004, "Volcanic and Deformation History of the Bodrum Resurgent Caldera System (Southwestern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 136(1-2), 71-96.
- Vacchi, M., Ghilardi, M., Spada, G., Currás, A., Robresco, S., 2017, "New Insights into the Sea-level Evolution in Corsica (NW Mediterranean) since the late Neolithic" *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, 782-793.
- Vitruvius, 1999, *Ten Books on Architecture*, Ed. Rowland, I.D., Howe, T.N., Cambridge, U.K.
- Yolsal-Çevikbilen, S., Taymaz, T., Helvacı, C., 2014, "Earthquake Mechanisms in the Gulfs of Gökova, Sığacık, Kuşadası, and the Simav Region (western Turkey): Neotectonics, Seismotectonics and Geodynamic Implications", *Tectonophysics*, 635, 100-124.