

# JEOARKEOLOJİK VERİLER IŞIĞINDA TÜRKİYE'NİN GÜNEYBATI SAHİLLERİNDEKİ DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ SEA LEVEL CHANGES ALONG THE COASTS OF SOUTHWESTERN TURKEY INFERRED FROM GEOARCHAEOLOGICAL DATA

\* Nilhan Kızıldağ



\*\* Harun Özdaş



**Anahtar kelimeler:** Deniz seviyesi değişimleri, jeoarkeoloji, antik dönem kıyı yerleşimleri  
**Keywords:** Sea level changes, geoarchaeology, ancient coastal settlements



**Fig. 1:** Sualtında kalmış eski çağ yapıları üzerinde TUBEP kapsamında yapılan jeoarkeolojik çalışma bölgeleri.

**Fig. 1:** Geoarchaeological survey locations studied on submerged archaeological constructions within the scope of TUBEP.

## ÖZET

Türkiye'nin güneybatı sahilleri binlerce yıldır deniz seviyesi değişimlerinin etkisi altındadır. Bu sahil şeridinde antik çağlardan beri yerleşmiş toplumlar deniz seviyesi değişimlerinden olumsuz etkilenmiştir. Antik kıyı yerleşimlerine ait dalgakıran, rıhtım, mendirek vd. liman yapıları, balık ve salyangoz havuzları, binalar günümüzde deniz seviyesinin altında bulunmaktadır.

## ABSTRACT

The southwestern coast of Turkey has been affected by sea level changes for thousand years. Those changes have had a negative impact on the ancient coastal settlements. Ancient harbor constructions (breakwater, quay, mole, etc.), fish and snail tanks, the buildings, etc. are currently submerged. Geoarchaeological investigations have revealed that the submergence of ancient constructions located on the southwestern coast of Turkey are associated with vertical tectonic movement rather than sea level rise due to climate changes. Contemporary constructions on the Bozburun peninsula and Kekova are currently located at different sea levels. This indicates that tectonic subsidence varies region to region, and Kekova has been more affected by this subsidence.

\*Yrd. Doç. Dr. Nilhan Kızıldağ, Orcid ID: 0000-0002-0247-8353. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.

\*Assist. Prof. Dr. Nilhan Kızıldağ, Orcid ID: 0000-0002-0247-8353. Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül University, İzmir.

\*\*Doç. Dr. Harun ÖZDAŞ, Orcid ID: 0000-0002-6695-2130. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.

\*\*Assoc. Prof. Dr. Harun ÖZDAŞ, Orcid ID: 0000-0002-6695-2130. Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül University/ İzmir.

Jeoarkeolojik çalışmalar, Türkiye'nin güneybatı kıyılarında yer alan Antik Dönem yapılarının su altında kalma sebebinin iklim değişimlerine bağlı deniz seviyesi yükselminden çok, düşey tektonik hareketlere bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bozburun yarımadası ve Kekova kıyılarında çağdaş yapıların günümüzde farklı seviyelerde bulunduğu dair sonuçlar, tektonik çökmenin bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiğini, Kekova'nın çökmeden daha fazla etkilendiğini ortaya koymuştur.

## GİRİŞ

Deniz seviyesi değişimlerine ilişkin jeoarkeolojik çalışmaların temelini günümüzde su altında kalmış antik dönem kıyı yerleşimlerinin incelenmesi oluşturmaktadır. Türkiye'nin güneybatı sahil şeridi, Hellenistik Dönem'den Geç Roma Dönemi'ne kadar yerleşim görmüş ve bu yerleşimlere ait bazı yapılar günümüzde sular altında kalmıştır. Özellikle döneminde deniz seviyesine inşa edilmiş dalgakıran, rıhtım, mendirek vd. liman yapılarının yanı sıra balık veya tuz havuzları, taş ocakları, gemi çekek yerleri vd. yapıların günümüzde su altında bulunması, deniz seviyesi değişimleri için en önemli indikatör olarak kabul edilirler<sup>1</sup>. Birçok araştırmacı Türkiye kıyılarında su altında kalmış eski çağlara ait yapılar üzerinde jeoarkeolojik araştırmalar gerçekleştirmiştir. 1970'li yıllarda Flemming ve Blackman ile başlayan çalışmalar Türkiye'de bu alana öncülük etmiş<sup>2</sup> ve bu çalışmalar kıyılarımızda Holosen deniz seviyesi değişimlerinin jeomorfolojik ve arkeolojik veriler ışığında incelenmesiyle devam etmiştir<sup>3</sup>.

Tarihsel süreçte birçok toplum yerleşim için Türkiye'nin güneybatı kıyılarını tercih etmiştir. Ancak bölgenin aktif depremselliği kıyı yerleşimlerini olumsuz etkilemiştir. Yıkıcı depremler karadaki kent yapıları üzerinde izler bırakırken kıyıdaki yapıları sular altında bırakmıştır. Söz konusu yapılar üzerinde "Türkiye Batık Envanteri Projesi"<sup>4</sup> kapsamında gerçekleştirilen jeoarkeolojik çalışmalara ilişkin sonuçlar yeni veriler ışığında bu makalede karşılaştırılmıştır.

## INTRODUCTION

The geoarchaeological research regarding sea level change is mainly based on the investigation of coastal ancient settlements that are currently submerged. The southwestern coast of Turkey was inhabited from the Hellenistic period until the late Roman period, and some of the buildings in these settlements remain submerged at present. The submerged breakwaters, quays, moles and other harbor structures, as well as fish or salt tanks, quarries and shipsheds that were built at sea level at the time of construction are used as indicators of sea level changes<sup>1</sup>. Many researchers have conducted geoarchaeological studies on submerged ancient remains along the Turkish coasts. The studies that were performed in Turkey in the 1970s by Flemming and Blackman represent pioneering studies in the field<sup>2</sup>, and they have been followed by investigations of Holocene sea level changes based on geomorphological and archaeological data on the Turkey coast<sup>3</sup>.

Many people have chosen the southwestern coast of Turkey for settlement in ancient times. However, active seismicity of the region seems to have played a negative role in coastal habitation. Destructive earthquakes have left their mark on urban structures on land, while coastal structures have become submerged. We carried out geoarchaeological studies on such structures within the scope of "Turkey's Shipwreck Inventory Project" (TUBEP) and compared the results in this paper<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978; PIRAZZOLI 1991; EVELPIDOU vd. 2012; MORHANGE – MARRINER 2015; VACCHI vd. 2016.

<sup>2</sup> BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978.

<sup>3</sup> ÖNER 1998; FOUACHE-SIBELLA- DALONGEVILLE 1999; ÇİNER vd. 2009; KIZILDAĞ-ÖZDAŞ-ULUĞ 2012; ÖZDAŞ-KIZILDAĞ 2013; KAYAN 2014.; KAYAN vd. 2019; ÖNER vd. 2019.

<sup>4</sup> Türkiye Batık Envanteri Projesi (TUBEP), Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü tarafından Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan alınan izinle, ülkemiz kıyılarında uzun yıllardır kesintisiz yürütülen arkeolojik sualtı araştırma projesidir. Projenin finansal kaynakları; TÜBİTAK SOBAG 106K054 no.lu; DEÜ 2012.BAP.111 no.lu ve DEÜ 2012.BAP.013 no.lu bilimsel araştırma projeleri kapsamında sağlanmıştır. Desteklerinden ötürü Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'ne ve araştırmalarımızda büyük katkıları olan ekip üyelerimize, bakanlık temsilcilerimize ve araştırma gemileri personeline çok teşekkür ederiz.

<sup>1</sup> BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978; PIRAZZOLI 1991; EVELPIDOU et al. 2012; MORHANGE – MARRINER 2015; VACCHI et al. 2016.

<sup>2</sup> BLACKMAN 1973; FLEMMING 1978.

<sup>3</sup> ÖNER 1998; FOUACHE-SIBELLA- DALONGEVILLE 1999; ÇİNER et al. 2009; KIZILDAĞ-ÖZDAŞ-ULUĞ 2012; ÖZDAŞ-KIZILDAĞ 2013; KAYAN 2014.; KAYAN et al. 2019; ÖNER et al. 2019.

<sup>4</sup> TUBEP is a long-term archaeological underwater survey project that has been conducted continuously for years on the coasts of Turkey by Dokuz Eylül University, Institute of Marine Sciences and Technology with the permission of the Ministry of Culture and Tourism. The Project has been supported within the scope of the scientific projects of TÜBİTAK SOBAG 106K054; DEÜ 2012.BAP.111 and DEÜ 2012.BAP.013. We would like to thank the General Directorate of Cultural Heritage and Museums and representatives of the Ministry for their support; and also our team members and the crew of the research ships for their great contributions.



**Fig. 2:** Bozburun (solda), Söğüt (ortada) ve Hıdırlık'ta (sağda) bulunan dalgakıran kalıntıları.

**Fig. 2:** Archaeological breakwater ruins situated at Bozburun (left), Söğüt (center), and Hıdırlık (right).

### DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİM İNDİKATÖRÜ: SUALTINDA KALMIŞ MİMARİ YAPILAR

Eski çağlarda doğrudan deniz seviyesine inşa edilmiş liman ve havuz yapılarının günümüzde sular altında bulunması, deniz seviyesi değişimlerinin önemli bir kanıtıdır. Rihtım, mendirek, dalgakıran, iskele gibi yapılar, inşa edildikleri dönemde gel-git aralığı, dalga yüksekliği gibi faktörlere bağlı olarak ortalama deniz seviyesinin bir miktar üzerinde yapılmış olmalıydılar. Balık havuzu gibi yapılar ise, su giriş çıkışının sağlanabilmesi için tam olarak deniz seviyesinde yapılmakta olup, deniz seviyesi değişimi için daha kesin veriler sunar<sup>5</sup>. Kıyı kentlerinin diğer yapıları arasında gelen konut, dini yapılar, depo gibi binalar ise yapıldığı dönemde deniz seviyesi ile net ilişkisi bilinemediği için zayıf bir deniz seviyesi indikatörü olarak kabul edilirler. Yine de, söz konusu yapıların sualtında bulunması deniz seviyesinin değiştiğini göstermesi açısından değerli bilgiler sunar.

Günümüzde sualtında kalmış mimari yapıların güncel seviyelerinin ölçülmesiyle, eski kıyı şeridi paleocoğrafyası yeniden haritalanabilmekte, aynı zamanda lokal tektonik çökme miktarı hesaplanabilmektedir.

Yapıların güncel seviyeleri ile inşa dönemindeki tahmini seviye farkları ile, iklim değişimlerine bağlı küresel ölçekteki deniz seviyesi değişim etkisi karşılaştırılarak, göreceli değişim miktarı hesaplanmaktadır. Bu hesap yapılırken belli hata payları göz önünde bulundurulur. Örneğin, ölçümden kaynaklı hatalar, çalışma anındaki gel-git seviyesi, atmosferik basınç etkisi gibi faktörler, hesaplamalarda hata payı olarak değerlendirilmelidir<sup>7</sup>. Ayrıca, mimari kalıntıların yaşı ve döneminde olması gereken tahmini yüksekliği için de hatalar dikkate alınmalıdır.

### SUBMERGED ARCHAEOLOGICAL REMAINS AS SEA LEVEL INDICATORS

The fact that the submergence of ancient structures which were constructed directly at sea level is significant proof of sea level change. Coastal structures such as quays, moles, breakwaters, piers, etc. must have been built above the mean sea level, depending on variable factors such as tidal range and wave height. Other coastal installations such as fish tanks must be built directly at sea level for providing adequate circulation of sea water<sup>5</sup>. Such structures provide reliable data for estimating past sea levels. On the other hand, public or private buildings, storage facilities, etc. are considered as a weak indicator of sea level since their exact relation to the sea level at the time of their construction is unknown<sup>6</sup>. Nevertheless, their current position provides valuable information concerning the sea level change. Thus, it is important that the define the functionality of the submerged remains to obtain reliable data for past sea levels.

The measurement of current levels of submerged ancient architectural remains allows making the palaeogeographical reconstruction of the coastline, as well as estimation of local tectonic subsidence rate.

The amount of relative sea level change is calculated by comparing the current position and the presumed original elevation of an archaeological structure considering the global sea level change effect due to climate change<sup>7</sup>. Furthermore, error margins should be considered for dating of architectural remains and for presumed original elevation at the time of their construction.

<sup>5</sup> EVELPIDOU vd. 2012.

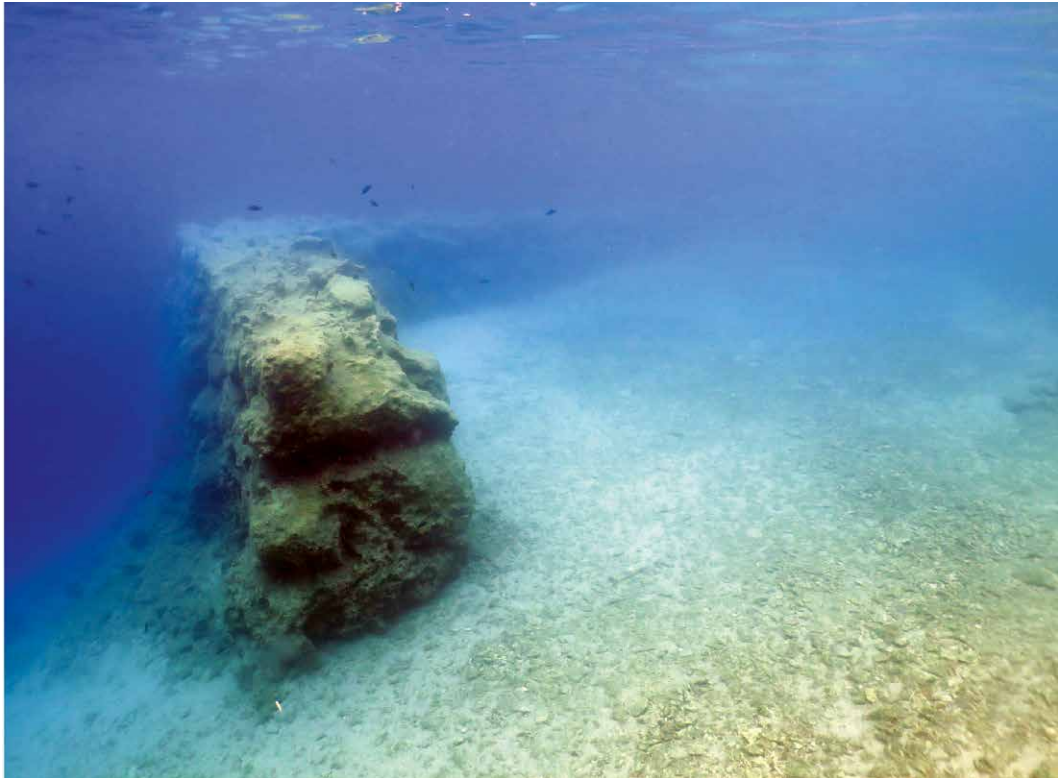
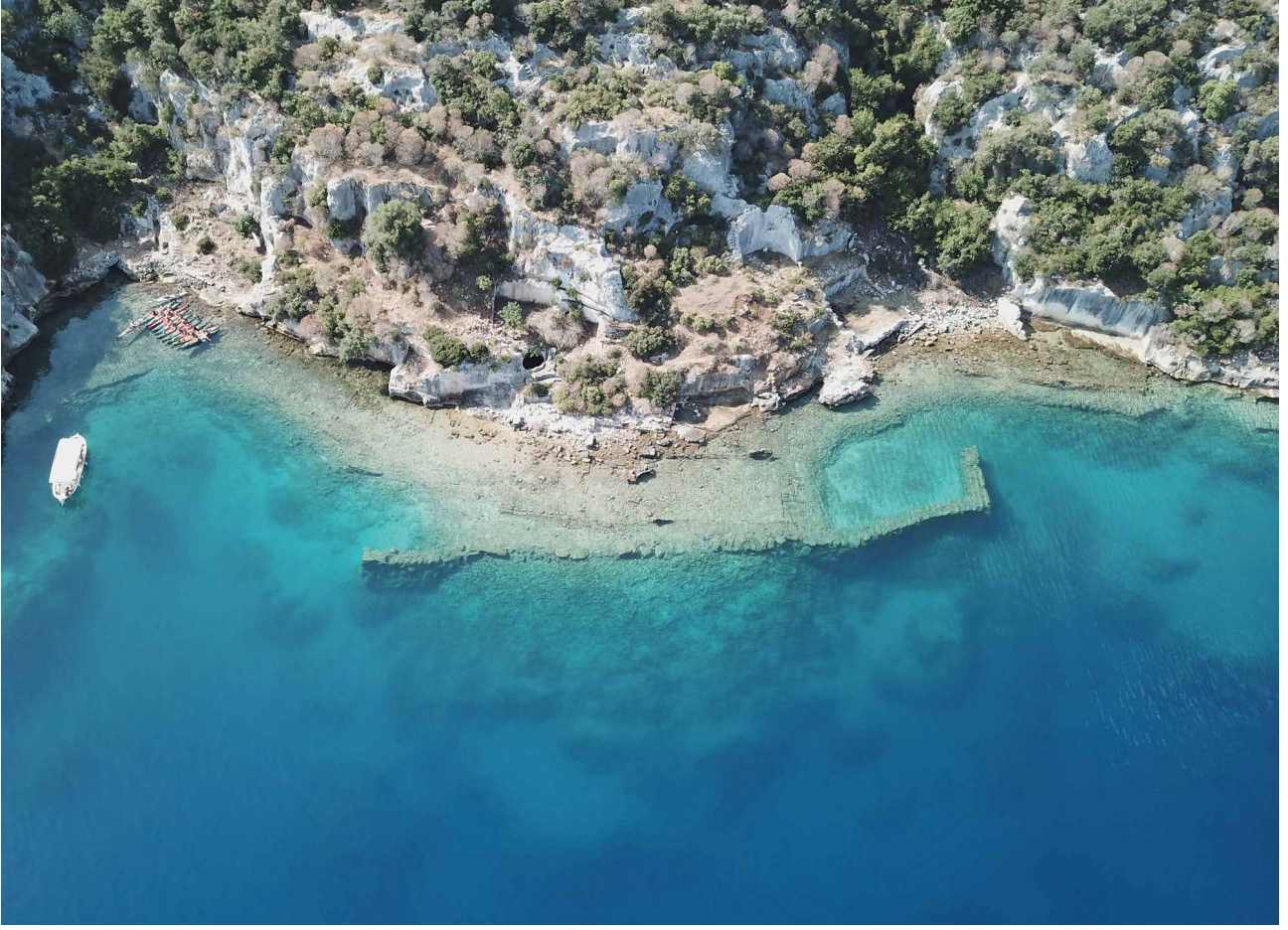
<sup>6</sup> MORHANGE - MARRINER 2015; VACCHI vd. 2016.

<sup>7</sup> VACCHI vd. 2016.

<sup>5</sup> EVELPIDOU et al. 2012.

<sup>6</sup> MORHANGE - MARRINER 2015; VACCHI et al. 2016.

<sup>7</sup> VACCHI et al. 2016.



**Fig. 3:** Kekova sualtı mimari kalıntılarının hava fotoğrafı (üstte) ve sualtı görüntüsü (altta).

**Fig. 3:** Aerial (above) and underwater (below) photography of the submerged architectural remains at Kekova.

**TÜRKİYE’İN GÜNEYBATI SAHİLLERİNDE JEOARKEOLOJİK ÇALIŞMALAR**

TUBEP kapsamında yürütülen arkeolojik sualtı araştırmaları kapsamında, Bozburun yarımadasının batı sahillerinde ve Kekova çevresinde sualtında kalmış eski çağ yapıları üzerinde jeoarkeolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Fig.1). Deniz seviyesi değişimlerinin kıyı yerleşimleri üzerine etkileri karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

**BOZBURUN YARIMADASI KIYILARI**

Bozburun Yarımadası’nın batı kıyıları-Yeşilova Körfezi’nde eski çağ kıyı yerleşimleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Fig.2)<sup>8</sup>. Tymnos antik kenti yakınında, Bozburun limanı çıkışında, günümüzde sualtında kalmış kıyı yapıları bulunmaktadır. Bunlar arasında yer alan bir mendireğin üst seviyesi güncel ortalama deniz seviyesinden 1,0 m aşağıda ölçülmüştür. Yığma taşlardan inşa edilmiş yapı kuzey yönünde kavis yaprak daralmakta olup, genişliği kıyı tarafında 9 m. ve deniz tarafında ise 5 m ölçülmüştür. Kalıntının dış kenarı 24,5 m uzunluğunda iken, iç kenarı yaklaşık 14 m.dir. Mendirek kalıntısı karadaki Geç Roma yapıları ile ilişkilendirilmektedir.

Bozburun’un yaklaşık 4 km doğusunda, Thyssanos antik kenti yakınındaki Söğüt limanında yer alan dalgakıranın ise üst seviyesi günümüzde 70 cm’de bulunmaktadır. Dış kenarı yaklaşık 17 m, iç kenarı ise 12,3 m olan ve yığma taşlardan oluşan kalıntının genişliği kıyı tarafında 5 m.yi bulmakta olup, deniz tarafında daralarak 2,2 m’ye düşmektedir. Bölgedeki kıyı yapıları Geç Roma dönemine tarihlenmektedir.

Yeşilova Körfezinin güney kıyısında, İncirliada’nın karşı sahilindeki Hıdırlık limanında bir başka dalgakıran kalıntısı yer almaktadır. Kıran Gölü kutsal alanına bir patika ile bağlı limanda bulunan dalgakıranın üst seviyesi deniz yüzeyinin 1,5 m altında kalmıştır. Kenarlarında kaba yontu bloklarla desteklenerek yığma taşlardan inşa edilmiş yapı kıyından kuzey yönünde yaklaşık 22 m devam etmekte, daha sonra hafifçe kuzey-batıya doğru dönmektedir.

Dış kenarı yaklaşık 45 m iken, iç kenarı 36 m olup, genişliği 5-10 m arasında değişmektedir. Yapının bulunduğu koyda, karada liman faaliyetleriyle ilişkili olabilecek Hellenistik döneme ait bir mimari yapı kalıntısı mevcuttur<sup>9</sup>. Bu nedenle dalgakıran da büyük olasılıkla aynı döneme tarihlenmektedir.

Her üç dalgakıran da aynı körfezi içerisinde yer almakta olup, tamamı modern deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. Dalgakıranlar için tek tarihleyici unsur, yakın çevrelerindeki karada bulunan mimari elemanlardır.

<sup>8</sup> KIZILDAĞ-ÖZDAŞ-ULUĞ 2012.

<sup>9</sup> CARTER 1991, 479-480; KUBAN- SANER 2001, 163.

**GEOARCHAEOLOGICAL SURVEYS ON THE SOUTHWESTERN COAST OF TURKEY**

Geoarchaeological surveys were performed on submerged ancient constructions on the western shore of Bozburun peninsula and around Kekova during the underwater archaeological surveys within the scope of TUBEP (Fig.1). The local impacts of sea level changes on coastal settlements were compared and assessed in this paper.

**THE COAST OF THE BOZBURUN PENINSULA**

An archaeological survey was performed on the ancient coastal settlements of the western shoreline of the Bozburun peninsula, Yeşilova gulf (Fig.2)<sup>8</sup>. Some submerged coastal archaeological structures are located off the Bozburun harbor, close to Tymnos ancient city. The upper surface of a submerged breakwater lies at an average depth of 1 m below the present mean sea level. The structure consists of a rubble mound narrowing toward north its seaward end with a width of about 5 m, while its maximum width reaches 9 m at the landward extend. Its length was measured 24,5 m on the outer side and about 14 m on the inner side. The breakwater remain is associated with the structures on land dated to late Roman period.

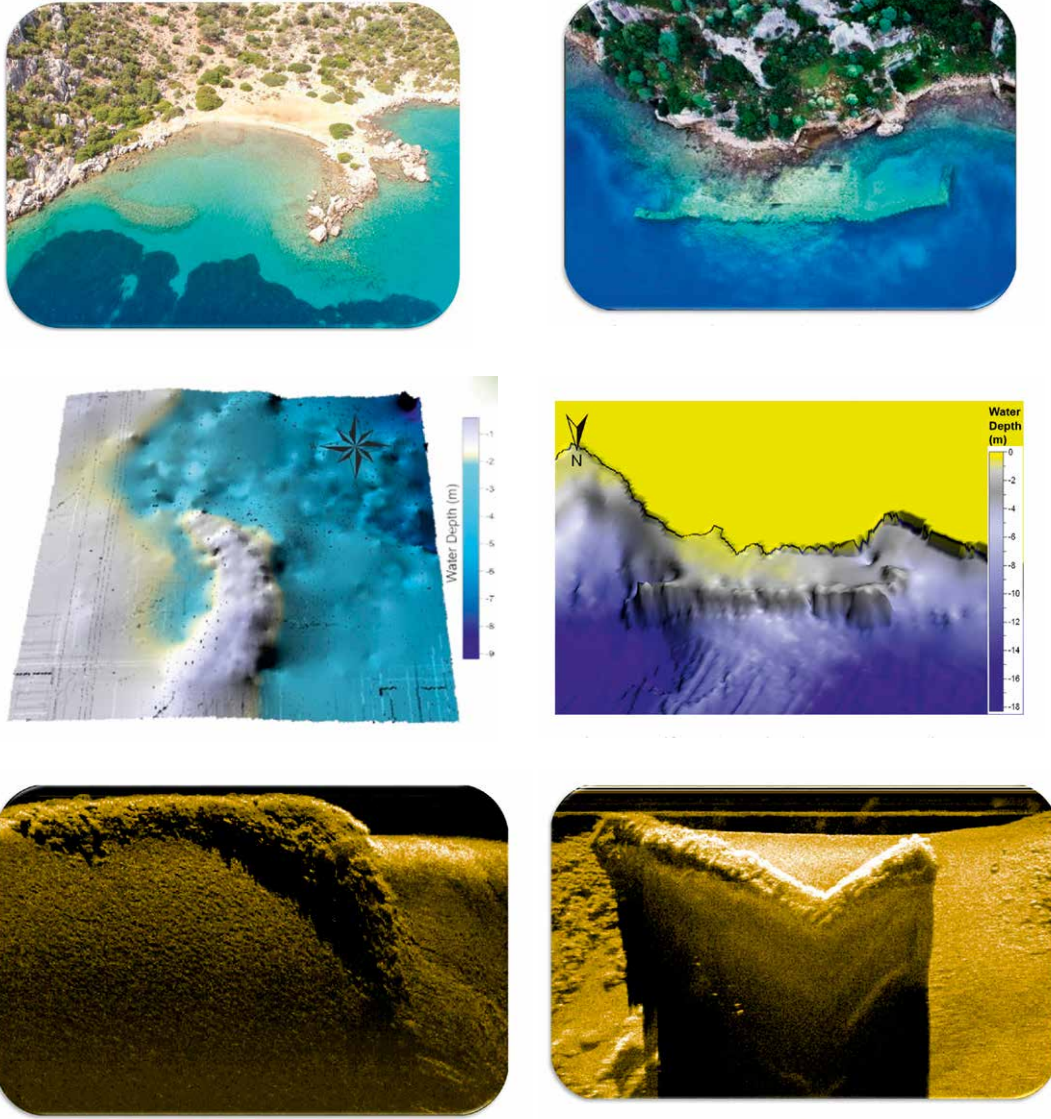
Another submerged breakwater is located at Söğüt harbor, about 4 km to the east of Bozburun, close to Thyssanos ancient city. Its upper surface lies at an average depth of 70 cm below present sea level. Rubble-mound breakwater has a length of about 17 m on the outer side and 12,3 m on the inner side. Its width varies from 2,2 m (seaward end) to 5 m. The archaeological structures on land are dated to the late Roman period.

A breakwater remain was situated in Hıdırlık harbor, across the İncirli island, to the south of Yeşilova gulf. The small harbor is linked to the Kıran Lake sanctuary by a path. The upper surface of the breakwater is located at -1.5 m. Rubble-mound breakwater armored with large rough blocks lies toward north and approximately 22 m from the shore, it curves slightly to the northwest with a total length of 45 m on the outer side and 36 m at the inner side. Its width varies from 5 to 10 m. A coastal architectural remain dated to Hellenistic period is located on land in the same harbor, which is probably associated with harbor activities<sup>9</sup>. For this reason, it is suggested that the breakwater is dated to the same period.

All three breakwaters are situated in the Yeşilova gulf and remained under the modern sea level. The only dating material for the breakwaters are the architectural remains on land at the vicinity.

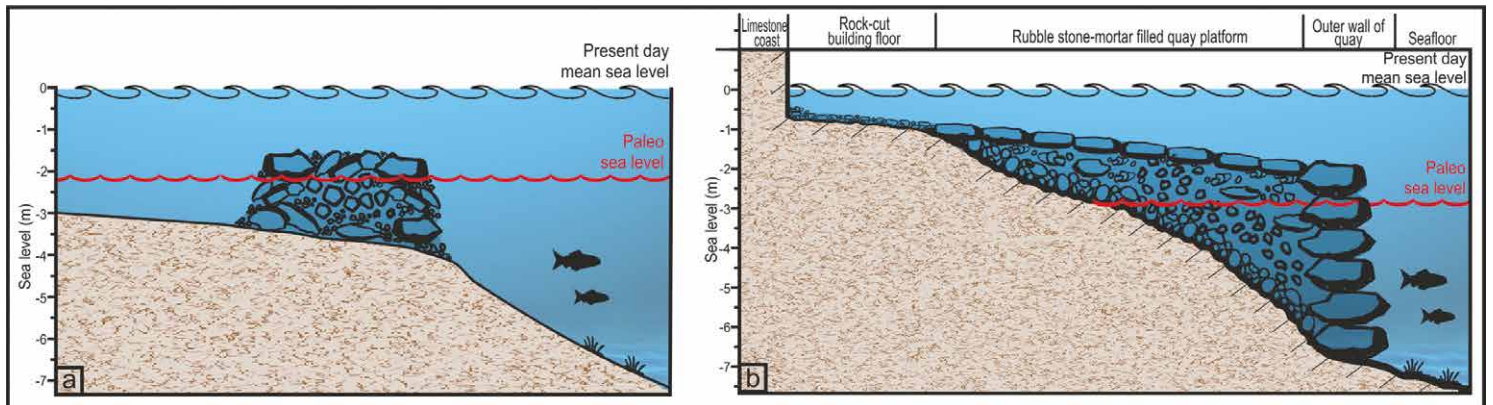
<sup>7</sup> VACCHI et al. 2016.

<sup>8</sup> KIZILDAĞ-ÖZDAŞ-ULUĞ 2012.



**Fig. 4:** Bozburun (Sol sütun) ve Kekova'da (Sağ sütun) bulunan sualtı mimari kalıntılarının güncel durumları. Bozburun mendirek kalıntısının sualtı fotoğrafı, yandan taramalı sonar görüntüsü ve batimetrik haritası (Solda); Kekova mendirek kalıntısının sualtı fotoğrafı, yandan taramalı sonar görüntüsü ve batimetrik haritası (Sağda).

Fig. 4: Present conditions of underwater archaeological ruins at Bozburun (left column), and Kekova (right column). Underwater photography, side-scan sonar visual and bathymetric map of the breakwater remain in Bozburun; Underwater photography, side-scan sonar visual and bathymetric map of the breakwater remains in Kekova.



**Fig. 5:** Bozburun ve Kekova'da bulunan sualtı mimari kalıntılarının karşılaştırmaları.

Fig. 5: Comparison of Bozburun and Kekova underwater archaeological ruins.

**KEKOVA KIYILARI**

Antalya'nın Kaş ilçesine bağlı Üçağız Köyü, Geyikova veya Kekova Adası ile Kaleköy çevresinde bulunan sualtında kalmış mimari yapılar önemli jeoarkeolojik veriler sunmaktadır (Fig.3)<sup>10</sup>.

Üst yüzeyleri sualtında bulunan 5 ila 7 sıra yığma taş bloklardan oluşan rıhtım yapıları, mendirek kalıntıları, tabanı sualtında bulunan lahitler ve kayaya oyulmuş mekan temelleri deniz seviyesi değişimlerinden önemli ölçüde etkilenmiştir.

Kekova Adası'nın kuzey kıyısında yer alan rıhtım ve mendirek yapılarının üst seviyeleri günümüzde deniz seviyesinin 2,0-2,5 m altında bulunmaktadır. Halbuki inşa döneminde mendirek ve rıhtımların orijinal seviyelerinin deniz yüzeyinden yukarıda olması gerekirdi. Bununla birlikte, iklim değişimlerine bağlı küresel ölçekteki deniz seviyesi yükselimi de göz önüne alındığında, bölgede görece deniz seviyesinin ortalama 2,8 m olduğu ortaya çıkmaktadır. Deniz seviyesi buzulların erimesiyle birlikte dünya genelinde son 2 bin yılda en fazla 0,5 m yükselmiştir<sup>11</sup>. Bu da Kekova kıyılarının sualtında kalma sebebinin büyük ölçüde tektonik hareketlerden kaynaklandığını göstermektedir.

12.yy'da bölgeyi ziyaret eden seyyahlar, yıkılmış yapılarla karşılaştıklarını yazmışlardır. Gerçekten de, Kekova Adası'nda Geç Roma döneminden sonra yerleşim izine rastlanmamaktadır<sup>12</sup>. Ayrıca, adanın kuzey kıyısı boyunca rıhtım kalıntılarının hemen önünde MS.6-7.yy'a tarihlenen çok miktarda seramik yığınları tespit edilmiştir. Söz konusu dönemde gerçekleşen deprem fırtınasının yanı sıra, Arap istilası ve veba salgını gibi felaketlerin etkisiyle yerleşim son bulmuş, kıyı yapıları da bu dönemde işlevini yitirmiş olmalıdır. Buradan hareketle Kekova kıyılarında son 1400 yıldan bu yana yılda 1,6 mm oranda tektonik çökme olduğu söylenebilir<sup>13</sup>.

**SONUÇ**

MS.344'de gerçekleşen IX şiddetindeki Rodos depremi; MS. 524-554 arasında VIII ila X şiddetindeki çok sayıda yıkıcı deprem, güneybatı Anadolu kıyılarını ve doğu Akdeniz'i etkisi altında bırakmıştır. Çalışma bölgesindeki yapıların son kullanıldığı dönemler söz konusu depremlere karşılık gelmektedir.

Bozburun yarımadası ve Kekova'da aynı dönemde inşa edilmiş yapıların günümüzde farklı seviyelerde bulunması, Türkiye'nin güneybatı sahillerindeki tektonik çökmenin bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiğini işaret etmektedir (Fig.4, 5). TUBEP kapsamında yapılan çalışmalarda Bozburun yarımadası batı sahillerinde bulunan Geç Roma dönemine tarihlenen mimari kalıntıların en az 0,7 m.lik deniz seviyesi değişimine maruz kaldığı görülmüştür. Kekova kıyılarında bulunan mimari yapıların MS 6. yüzyıla tarihlendiği düşünüldüğünde son 1400 yıllık veri gözönüne alınarak tektonik çökme miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar, Kekova'nın kıyı şeridinin Bozburun yarımadasına kıyasla çok daha fazla sualtında kaldığını göstermektedir.

**KEKOVA COAST**

The submerged architectural remains located at Üçağız village, Kekova island (or Geyikova island) and Kaleköy village in Kaş town in Antalya have provided significant geoarchaeological data for sea level changes (Fig.3)<sup>10</sup>. The quay installations, consisting of 5 to 7 rows of rough-cut stones, moles, sarcophagi, and rock-cut building foundations were significantly influenced by sea level rise.

The upper surfaces of the quay remains situated on the northern shore of Kekova island are located at 2 to 2.5 m below present sea level. However, the original levels of quays should have been above sea level when they were constructed. Considering that the global sea level rise due to climate change did not exceed 50 cm in the past two thousand years<sup>11</sup>, we suggest that the relative sea level rose around an average of 2.8 m. The results indicate that the submergence of Kekova coast was largely associated with tectonic movements rather than global sea level rise.

The travelers who visited the region during the 12<sup>th</sup> century noted that the region was completely surrounded by ruined constructions. Indeed, there is no traces of a settlement on Kekova Island after the late Roman period<sup>12</sup>. Additionally, a large number of ceramic piles dated to the 6th to 7th century AD were found on the seafloor along the submerged remains located on the northern coast of the island. Some disasters happened in the region during the same period. In addition to destructive earthquakes, the Arab invasion and the plague should have caused the settlements to be abandoned. The coastal structures must have lost their function during this period. Thus, we suggest that Kekova coasts have tectonically subsided at an average of 1.6 mm for the past 1,400 years<sup>13</sup>.

**CONCLUSION**

The earthquake that struck Rhodes with a magnitude of 9.0 in 344 CE and many destructive earthquakes with magnitudes of 8 - 10 between 524-554 CE influenced the southwestern Anatolian coastline and the eastern Mediterranean region<sup>13</sup>. This period is associated with the time of the last use of the harbor structures in the study area.

The fact that the structures in Bozburun and Kekova regions built during the same period are currently at different sea levels indicates that the tectonic subsidence on the southwestern coast of Turkey varied region by region (Fig.4, 5). The geoarchaeological surveys performed within the scope of TUBEP revealed that the late Roman constructions on the western coast of Bozburun peninsula were submerged at least 70 cm, while the constructions in Kekova dated to same period were submerged at least 2 m. This demonstrates that Kekova coast was more affected by tectonic subsidence than Bozburun peninsula.

<sup>10</sup> ÖZDAŞ - KIZILDAĞ, 2013.

<sup>11</sup> FLEMMING - WEBB 1986.

<sup>12</sup> FOSS 1996.

<sup>13</sup> Kekova kıyılarında bulunan mimari yapılar ile rıhtım kalıntıları önünde bulunan yoğun seramikler en geç MS.7. yüzyıla tarihlenmektedir. Dolayısıyla rıhtım yapılarının en son 1400 yıl önce kullanıldığı ve tektonik çökmenin bu tarihten sonra gerçekleştiği önerilmektedir.

<sup>10</sup> ÖZDAŞ - KIZILDAĞ, 2013.

<sup>11</sup> FLEMMING - WEBB 1986.

<sup>12</sup> FOSS 1996.

<sup>13</sup> The architectural structures on the coast of Kekova and the ceramic groups found in front of the quay remains are dated to the latest 7th AD. Therefore, it is suggested that the quay structures were last used 1400 years ago and tectonic subsidence occurred after this time.

**KAYNAKÇA-BIBLIOGRAPHY**

- ALTINOK vd. 2011 Altinok, Y., Alpar, B., Özer, N. & Aykurt, H., 2011, "Revision of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 273–291.
- BLACKMAN. 1973 Blackman, D.J., 1973, "Evidence of Sea Level Change in Ancient Harbours and Coastal Installations" in Ed. D.J. Blackman, *Marine Archaeology*, London: Butterworths, 115–139.
- CARTER 1991 Carter, R., 1991, "The Site On the North Shore of the Loryma Peninsula", *IsIMitt* 41, 479-480.
- ÇİNER vd. 2009 Çiner, A., Desruelles, S., Fouache, E., Koşun, E., Dalongeville, R., 2009, "Türkiye'nin Akdeniz Sahillerindeki Yalıtışlarının Holosen Deniz Düzeyi Oynamaları ve Tektonizma Açısından Önemi" *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52(3), 258-296.
- EREL-ADATEPE 2007 Erel, T.L., Adatepe, F., 2007, "Traces Of Historical Earthquakes in the Ancient City Life at the Mediterranean Region" *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 241-252.
- FLEMMING 1978 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.
- FLEMMING-WEBB 1986 Flemming, N.C., Webb, C.O., 1986, "Tectonic and Eustatic Coastal Changes during the last 10,000 Years Derived from Archaeological Data" *Zeitschrift für Geomorphologie*, 62, 1-29.
- FOSS 1996 Foss, C., 1996, *Cities, Fortresses and Villages of Byzantine Asia Minor*, Hampshire: Variorum.
- FOUACHE vd. 2011 Fouache, E., Sibella, P., Dalongeville, R., 1999, "Holocene Variations of the Shoreline Between Antalya and Andriake (Turkey)" *International Journal of Nautical Archaeology*, 28, 305–318.
- KAYAN 2014 Kayan I. 2014. *Geoarchaeological Research at Troia and its Environs*. In *Troia 1987–2012: Grabungen und Forschungen I – Forschungsgeschichte, Methoden und Landschaft*, Pernicka E, Rose CB, Jablonka P (eds). Verlag Dr. Rudolf Habelt: Bonn; 694– 731.
- KAYAN vd. 2019 Kayan, İ., Öner, E., Doğan, M., İlhan, R., Vardar, S., 2019, "Urla-İskele Kıyı Düzülüğünün Holosen Paleocoğrafyası ve Jeoarkeolojik Değerlendirmeler", *Ege Coğrafya Dergisi*, 28(1), 11-32.
- KIZILDAĞ vd. 2012 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.
- KUBAN-SANER 2001 Kuban, Z., Saner, T., 2001, "Kıran Gölü 1999", *Araştırma Sonuçları Toplantısı* 18 (1), 163-168.
- MORHANGE-MARRINER 2015 Morhange, C., Marriner, N., 2015, "Archeological and Biological Relative Sea-Level Indicators", in Eds. I. Shennan, A.J. Long, B.P. Horton, *Handbook of Sea-Level Research*, Chichester: John Wiley & Sons, 146-156.
- ÖNER 1998 Öner, E., 1998, "Likya limanlarının kaderi (Teke Yarımadası Kıyılarında Jeoarkeolojik Araştırmalar)", 15. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, Ankara.
- ÖNER vd. 2019 Öner, E., Vardar, S., Karadaş, A., İlhan, R., 2019, "Türkiye'nin Batı ve Güney Kıyılarındaki Antik Yerleşmelerin Paleocoğrafya ve Jeoarkeolojik Özellikleri" *TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi*, 11, s.9-50.
- ÖZDAŞ-KIZILDAĞ 2013 Özdas, H., Kızıldağ, N., 2013, "Archaeological and Geophysical Investigation of Submerged Coastal Structures in Kekova, Southern Coast of Turkey", *Geoarchaeology*, 28, 504–516.
- PIRAZZOLI vd. 1996 Pirazzoli, P.A., Laborel, J., & Stiros, S.C., 1996, "Earthquake Clustering in the Eastern Mediterranean During Historical Times" *Journal of Geophysical Research*, 101, 6083-6097.
- PIRAZZOLI 1991 Pirazzoli, P. A., 1991, *World atlas of Holocene Sea level Changes*, Vol. 58, Amsterdam, Elsevier Oceanography Series.
- VACCHI vd. 2016 Vacchi, M., Marriner, N., Morhange, C., Spada, G., Fontana, A., Rovere, A., 2016, "Multiproxy Assessment of Holocene Relative Sea-Level Changes in the Western Mediterranean: Sea-Level Variability and Improvements in the Definition of the Isostatic Signal", *Earth-science Reviews*, 155, 172-197.