



Çanakkale Boğazı, Özbek Denizel Sekisi Oluşum Yaşı için ESR Tekniği ile bir Ön Değerlendirme

Tolga Komut^{1,*}, Sevinç Kapan²

¹Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye,

²Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 22.01.2020

Kabul: 18.08.2020

Yayın: 29.12.2020

Araştırma Makalesi

Öz – Çalışmamızda incelediğimiz Özbek denizel sekisi deniz kıyısından 4 km içeride olup Çanakkale boğazı civarında, tespit edilen diğer denizel sekilere nispetle en yüksekte olanıdır. Marmara kıyılarında da yaygın olarak görülen denizel sekilerin oluşmasına sebebiyet veren düşey hareketlerin Marmara bölgesinin tektoniklerini ve ayrıca boğazların oluşumunu anlamak açısından anahtar bilgiler barındırdığı düşünülmektedir. Sekide Geç Pleistosen'deki Akdeniz koşullarını temsil eden bol miktarda *Ostrea edulis* kavrıkları tanımlanmıştır. Seki ESR tarihlendirme tekniği ile 16.2 ± 1.8 ka olarak tarihlendirilmiştir. O devirdeki küresel deniz seviyesi dikkate alındığında sekinin günümüze kadar toplamda yaklaşık olarak 250 metre kadar yükseldiği anlaşılmaktadır. Çanakkale Boğazının Akdeniz ile Marmara bağlantısını sağladığından beri bölgenin jeodinamik olaylarla yükseldiği ve bu süreçte boğaz tabanının derine kazıldığı düşünülmektedir. Tarihlendirme sonucuna göre bölgenin çok geniş bir sahaya yayılan batı Anadolu'nun yükselmesi olayı ile bağlantılı olarak yükselmiş olabileceği fikri öne çıkmıştır. Varlığı yeni verilerle artarak desteklenen yer kabuğunun altındaki astenosferin yukarı yönlü akımının etkileri, araştırma alanının içinde olduğu geniş bir bölgenin yükselmesine sebep olur. Bu yükselmenin deniz kıyısında oluşan denizel fosilli birimleri bölgeyle beraber yükseklerle taşıyıp denizel sekilerin gelişimine sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Diğer taraftan, seki birimleri çok ileri derecede mangan'ca kirlenmiş olduğundan numunelerin analizinde sorunlar vardır. Tarihlendirmeye tâbi tutulan numune sayısının çokluğu güvenilirliğin denetlenmesi bakımından bir gerek-sinim olmakla beraber haklarında yok denecek kadar az bilgi bulunan bölgedeki yüksek sekilere dair edindiğimiz ön nitelikteki tarihlendirme sonuçları bölgenin geçmişindeki jeodinamik olaylar hakkında, bölgedeki diğer yer-bilimsel verilerle tutarlı bir model kurulabilmesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler – Çanakkale boğazı, epirojeni, ESR tarihlendirmesi, Geç Pleistosen, denizel seki

A Preliminary Evaluation for the Formation Age of Özbek Marine Terrace, Çanakkale Strait with ESR Technique

¹Department of Geophysical Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

²Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

Article History

Received: 22.01.2020

Accepted: 18.08.2020

Published: 29.12.2020

Research Article

Abstract – The Özbek terrace we studied is 4 km inland from the seacoast and the highest one in the vicinity of the Çanakkale strait, relative to the other marine terraces. It is considered that the vertical movements causing the formation of marine terraces that are common along the Marmara coasts contain key information in order to understand the tectonics of the Marmara region and the formation of the straits. Plenty of *Ostrea edulis* seashell fossils that representing the Mediterranean conditions of the Late Pleistocene have been identified in the terrace. The terrace was dated to 16.2 ± 1.8 ka by ESR. According to the global sea level at that time, it appears to have risen, up to 250 meters. The region is probably have elevated in relation to geodynamic events and bottom of the strait was dug deep during this process since the strait connects the Mediterranean and Marmara. According to our dating, the idea that the region might have elevated in connection with the extensive rise of western Anatolia has come to the fore. We suggest that significant effects of upward asthenospheric flow beneath western Anatolia, whose presence is increasingly supported by new data cause elevation of a wide region including the units formed on seacoast and the development of the marine terraces. However, there are problems in dating because of Manganese contamination. Although the number of samples is a necessity for the control of reliability, our preliminary results on high marine terraces with nearly no information on them before, enabled the model to be built on the geodynamics of the region consistent with other geoscientific data in the region.

Keywords – Çanakkale strait (Dardanelles strait), epirogeny, ESR dating, Late Pleistocene, marine terrace

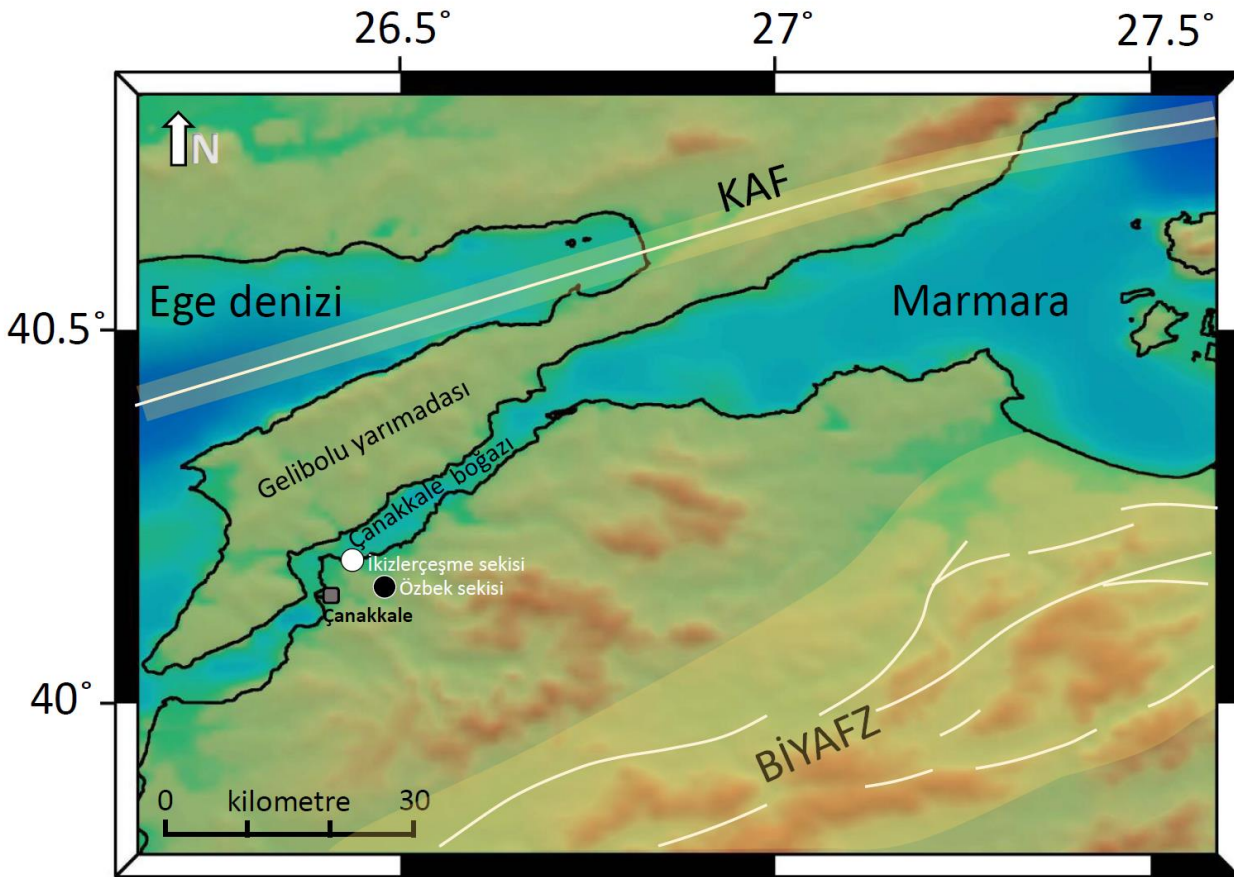
¹ tolgakomut@comu.edu.tr

² sevinckapan@comu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Marmara denizi ve Çanakkale boğazı kıyılarında yaygın olarak bulunan denizel sekiler 1900'lerin başından beri bilinmektedir (Newton, 1904; Gutzwiller, 1923; Chaput, 1947; Arıç, 1955; Ardel ve İnandık, 1957; Erol ve İnal, 1980; Taner, 1983; Meriç vd., 1988; Paluska ve Bargu, 1989). Çanakkale boğazı ve çevresindekiler araştırmacıların özellikle ilgisini çekmekte, fosil içeriklerine göre Pleyistosen yaşlı oldukları düşünülmekte ve oluşum sebepleri hakkında çeşitli fikirler öne sürülmektedir (Sakinç ve Yaltrak, 1997; Avcioğlu vd., 2013; Komut ve Kapan-Yeşilyurt, 2010). Küresel deniz seviyesi değişimlerine dair tüm çalışmalar oluşumlarından sonra deniz seviyesinde genel bir çekilme olmadığını gösterir. Yani östatik sebeplerle oluşmuş olmadıkları açıktır. Çanakkale boğazı ve civarındaki bu deniz sekilerinin, ispat edilememiş olsa da oluştukları zamandaki deniz seviyesinden fay hareketlerinin sebep olduğu deformasyonlar nedeniyle yükselmiş olabileceği akıllara gelen ilk fikir olup yaygın olarak kabul görmüştür (Sakinç ve Yaltrak, 1997). Pleyistosen'de deniz seviyesinde bulunan çökellerin yükselmesi gibi düşey hareketler Marmara denizinin oluşumunu ve dolayısıyla Marmara bölgesinin tektoniğini ve ayrıca boğazların oluşumunu anlamak açısından anahtar bilgiler barındırıyor olabilir. Arpat ve Şentürk (2000) önemleri nedeniyle deniz kıyısından uzakta 60 m'den yüksek denizel sekilerin de varlığı üzerinde durmuşlardır. Bunlardan Özbek köyü (Çanakkale) dolaylarında gözlenen birinin yüksekliği 115 m civarındadır (Şentürk ve Karaköse, 1987). Çalışmamızda incelediğimiz bu seki (Özbek denizel sekisi), Akdeniz faunası ile temsil edilmekte ve boğaz civarında, tespit edilip de literatüre girenlere oranla en yüksekte olanıdır ve deniz kıyısından 4 km içeridedir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada incelenen Özbek sekisi (siyah nokta), yakınındaki İkizlerçeşme sekisi (beyaz nokta) ve çevresindeki diri fay zonları. Kuzeybatı Anadolu'daki tektonik rejimi temsil eden sağ yanal faylar beyaz hatlarla gösterilmiştir. Kuzey Anadolu fayı (KAF) çevresi ve Biga yarımadası fay zonu (BİYAFZ) gölgelendirilmiştir.

Özbek sekisi çevresini de kapsayan, çeşitli ölçekte çalışma alanlarına sahip aktif tektonik araştırmalarda pek çok diri fay haritalanmış olup (Şaroğlu vd., 1992), hiçbirisinde boğaza yakın eğim atımlı bir faya işaret edilmemiştir. Bölgeye yakın faylar doğrultu atımlıdır. Bunlardan en yakın olan Kuzey Anadolu fayının (bkz. Şekil 1) sekiye olan en kısa mesafesi yaklaşık 35 km olup fay boyunca yer yer muhtemel olan lokal transpresyonal etkinin mesafeler dikkate alındığında seki bölgesine ulaşmış olabileceği mümkün gözükmemektedir. Gerek GPS hızlarına dayalı deformasyon modellemelerinde (Straub ve Kahle, 1997) gerekse de deprem stres analizlerinde (Pondard vd., 2007) 70 km çevreye yayılarak seki bölgesini yükseltecek ölçüde yerel bir sıkışmadan bahsedilmemektedir. Ayrıca, Gökaşan vd. (2010)'nin Çanakkale boğazı boyunca yaptığı ayrıntılı deniz altı yapısı araştırmaları için topladığı sığ sismik veri analizlerinin sonucunda, Akdeniz ile Marmara denizi arasında boğaz yolundan deniz geçidi oluşup Akdeniz'in Marmara'yı küresel deniz seviyesine kadar doldurması sürecinde Çanakkale boğazının kazılarak bugünkü derin morfolojisine ulaştığı anlaşılmıştır. Yani, boğazın eğim atımlı faylarla değil su akıntısı ile oyulmak suretiyle derinleştiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada, buna ek olarak, boğaz bölgesinde bulunabilecek fayların ancak ikincil olabileceği belirtilmiştir. Bu verilerin bize gösterdiği gerçekler çerçevesinde Özbek sekisinin de içerisinde bulunduğu geniş bir alanın diri faylardan bağımsız, epirojenik olarak yükselmiş olabileceği düşünülmüştür. Araştırmamız neticesinde bölgenin birçok çalışmada öne sürülmüş olan çok geniş bir sahaya yayılan batı Anadolu'nun yükselmesi olayı (Arpat, 1976) ile bağlantılı olarak yükselmiş olabileceği fikri öne çıkmıştır. Öne sürdüğümüz bu model göz önüne alındığında diri fay etkisinin bölgeye kadar tesir edebileceğine dair abartılı deformasyonların varlığını düşünmeye gerek kalmamaktadır.

Bouguer gravite modellerinde anomali değerlerinin, normal izostatik şartlarda, denizle kaplı alanlarda pozitif, karalarda ise negatif olması gerekir ve sıfır miligal konturunun kıyı şeritlerini takip etmesi beklenir. Ancak, eğer kompensasyon sağlanmadıysa izostatik dengesizlik doğar. Bu gibi durumlarda, az kompanse olmuş bölgeler beklenenden yüksek gravite anomalisi ile belirirler. Bu açıdan, çalışma alanının ve geniş çevresinin gravitasyonel modellere göre aşırı-az-kompanse olduğu 1970'li yıllardan beri (Özelçi, 1973) iyi bilinmektedir. İzostatik dengesizlik olduğu, hem gravite ve topoğrafya anomalisi dalga boyları arasında var olan sıkı ilişkide (atmittance) hem de pozitif yönde izostatik dengesizliğe işaret eden kabuğun astenosfer üstündeki yüzme ilişkilerinde kendini göstermiş olup kurulan termo-mekanik manto konveksiyonu modelleri ile anlaşılan astenosferdeki termal dengesizliğin sebep olduğu yukarı yönlü konveksiyon da bunu desteklemektedir (Komut vd., 2012). Ayrıca, batı Anadolu ve hatta Anadolu'nun tamamının kitle halinde yükseldiğini gösteren birçok jeomorfolojik verinin varlığı da çok eskiden beri iyi bilinmektedir (Ardos, 1995; Arpat ve Bingöl, 1969). Bu yaygın yükselme derindeki yukarı yönlü sıcak manto konveksiyonunun etkisinde gerçekleşmiş olmalıdır. Jeomorfolojik bulgulardan, bölge coğrafyasında yaygın bir şekilde görülen gömük menderesler, yüksekte kalmış aşınım düzlükleri ve alüvyal ve denizel sekiler yükselmeye dair güçlü deliller olarak kabul edilmektedir. Diğer taraftan, sismolojik tomografi çalışmalarında Kuzeybatı Anadolu'nun altında üzerindeki litosferi de yükseltmeye yetecek kadar geniş ve belirgin şekilde sıcak bir manto zonunun varlığının düşük sismik hız zonu ile temsil edildiği gerçeği ortaya konmuştur (Spakman, 1986; Meulenkamp vd., 1988; Ligdas, Main ve Adams, 1990; Ligdas ve Main, 1991). Jeokimyasal analizlere dayalı jeotermobarometrik modeller de buradaki incelenmiş litosferik mantonun altında ileri derecede ısınmış bir manto bölgesinin varlığına işaret etmekte (Aldanmaz, Gourgaud ve Kaymakçı, 2005) ve bu durum bölgedeki yüksek ısı akısı anomalisi ile uyum göstermektedir (Tezcan, 1995). Batı Anadolu'daki sıcak su kaynaklarının analizlerine göre, bu kaynaklar ergimiş bir mantodan açığa çıkan gazların sularla yüzeye taşınmış olduğunu göstermiştir (Mutlu, Güleç ve Hilton, 2008). Anadolu'nun tümünde mantonun, batıya doğru dereceli olarak artacak ve diğer verilerle uyumlu bir şekilde normalde olması gerekenden çok daha yüksek bir ısıya sahip olduğu genç bazalt volkanizması araştırmacıları tarafından da ortaya konmuştur (Çoban, 2007). Bulguların birbiri ile tutarlı olduğu açıkça görülmektedir.

Çanakkale boğazı kıyıları boyunca varlığı tespit edilen ve ayrıntılı olarak haritalanan nispeten alçak (<60m) denizel sekilerin bir kısmı için OSL ve ESR mutlak yaş tayinleri yapılmıştır (Avcioğlu vd., 2009; Aydaş vd., 2015). Ancak, yüksekte bulunan denizel sekiler kıyı şeridi kenarında bulunan deniz sekilerinden ayrı tutulması

gerekip özel önem taşımaktadırlar. Çünkü bu sekilerin deniz kıyısındakilerle olan ilişkileri üzerinde durulmamış ve bu denli yükseklerde bulunuş sebepleri şimdiye kadar araştırma konusu yapılmamıştır. Çalışmamızda, Özbek denizel sekisinin ilksel ESR tarihlendirmesi yapılmış buna göre, oluştuğu zamandan günümüze kadar kümülatif olarak yaklaşık 250 metre kadar yükseldiği sonucuna varılmıştır. Bu süreçte boğaz boyunca uzanan bir vadinin bölge alçaldığı ve Özbek sekisinin oluştuğu devirde Akdeniz'i Marmara havzasına bağlayan bir boğaza dönüştüğü, sonrasında Akdeniz sularının Marmara havzasına geçişi sırasında ve bölge yükselirken derine kazılarak derinleştirildiği ve ardından günümüze kadar muhafaza edilmiş olduğu düşünülmektedir.

2. Özbek Sekisi Stratigrafisi ve ESR Tarihlendirmesi

Şentürk ve Karaköse (1987)'nin Çanakkale boğazı ve çevresinin jeolojik raporunda ilk kez değinilen Özbek denizel sekisi, Akdeniz koşullarını temsil eden fosiller içerir. Arazi incelemelerimize göre Özbek ovası çevresinde, kıyından 4 km kadar uzak ve 100 m civarı yükseklikte yalıtışları ve denizel sekiler mevcut olup fosil içeren sekilerin birçoğu aşınmış vaziyettedir. Özbek denizel sekisi (bkz. Şekil 2) bunların en yükseği ve iyi derecede korunmuş olanıdır. Ortalama yüksekliği 2 m kadar olan mostra yaklaşık 21 m boyunca K70B doğrultusunda uzanmakta ve en üst seviyesi deniz seviyesinden 115 m yüksektedir. Sekiyi oluşturan birimlerin ve birbirleri ile ilişkilerinin geometrisinde heyelan ya da faylanmanın sebep olabileceği bir deformasyon görülmemektedir. Mostra ayrıntılı olarak incelenmiş, loglanıp örneklenmiş olup paleontolojik çalışmalarımızda Geç Pleyistosen'deki Akdeniz koşullarını temsil eden bol miktarda *Ostrea edulis* kavkıları tanımlanmıştır. Özbek sekisinde tanımlanan bu faunanın paleocoğrafik yayılımı ve paleoekolojik özellikleri (Erol ve Nuttall, 1973; Kapan-Yeşilyurt, Taner ve İslamoğlu, 1997, Kapan-Yeşilyurt, Taner ve Okan, 2000; Kapan-Yeşilyurt ve Taner, 2002; Neveskaya, 1963; Poppe ve Goto, 1991, 1993; Sevinçer, 1998; Taner, 1981) incelendiğinde sekinin, Geç Pleyistosen'de deniz seviyesinin göreceli bir yükselimi sonucunda, Akdeniz sularının bölgeye ulaşması ile oluştuğu düşünülmektedir.

Geç Pliyosen (Akçagiliyen) zamanında çökelmiş olan, *Avimactra*'lı karbonatlı kumtaşları üzerine uyumsuzlukla gelen Özbek sekisinin stratigrafisi ve litolojik özellikleri incelendiğinde; birbirleri ile yanal geçiş ilişkisi sunan A, B ve C olmak üzere üç paket ayırmak mümkün olmuştur (bkz. Şekil 3). Bunlar;

A paketi: Ortalama ~200 cm kalınlığında iri-kaba taneli, krem-bej renkli mikro gastropoda ve bivalvia (*Cardium* sp.) içeren altere kumtaşı,

B paketi: Ortalama ~150 cm kalınlığında, yanal olarak 2 m'ye varan kalınlığa ulaşan, bol *Ostrea edulis* kavkıları içeren, ince çakıllı, iri taneli, gri-bej renkli, tabakalanma ya da laminalanma sunmayan iyi çimentolanmış kumtaşı,

C paketi: Ortalama ~100 cm kalınlığında, ince çakıl, iri kum, killi-siltli, gri-bej renkli, aralarında düzensiz-seyrek *Ostrea* sp. kavkısı içeren pekleşmiş kumtaşı seviyesidir.

Bunları, yaklaşık 1m kadar toprak haline gelmiş, serbest çakıllar içeren bitki örtüsü örter.

Özbek sekisinin mutlak yaş verebilecek *Ostrea* kavkı ve sediman numuneleri mollusk-temelli Electron Spin Resonance tarihlendirme tekniği (ESR) ile analiz edilmiştir (Molodkov vd., 1998). Benzer numunelerin yaş tayinine tâbi tutulduğu önceki çalışmalarda (Göksu, Özer ve Çetin, 1990; Taner vd., 1991; Çetin, Çetin ve Ukav, 1995; Engin vd., 2006) da ESR yöntemi başarı ile uygulanmıştır. ESR tarihlendirme metodu, tarihlendirilecek malzemelerde doğal radyasyon tarafından oluşan paramanyetik kusurların zamanla birikimine dayanmaktadır. Numunede radyasyonla indüklenen kusurlara ait ESR sinyal şiddeti kusur yoğunluğu ile orantılı olduğundan, doz-cevap çalışması yapılarak geçmişte numunenin soğurduğu toplam doz (eşdeğer doz) miktarı bulunur. ESR tekniğiyle hesaplanan bu eşdeğer doz ve numunenin bulunduğu ortamdaki farklı yöntemlerle belirlenen yıllık radyasyon dozu kullanılarak yaş hesabı yapılır. ESR tarihlendirme metodu; 0.5 ky ile 2-5 My arasındaki yaşlara sahip numunelerin tarihlendirilmesine imkan sağlaması ve kısa süreli,

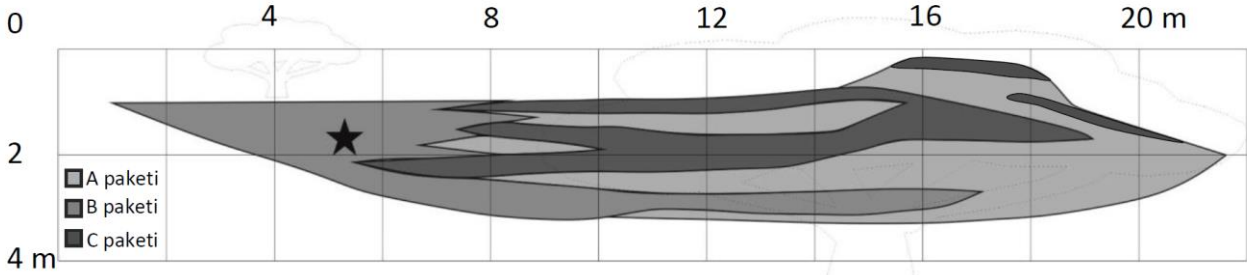
tahribatsız ölçüm avantajları nedeniyle jeolojik numuneler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Blackwell vd., 2016). CaCO_3 yapısındaki fosil kavkuları için ESR tarihlendirme çalışmalarında $g=2.0007$ değerine sahip kararlı ve radyasyona duyarlı izotropik CO_2^- radikali başarıyla kullanılmaktadır (Blackwell vd., 2012; Ikeya, 1993, Aydaş vd., 2015).



Şekil 2. Özbek denizel sekisi fotoğrafları. Konumu Özbek köyünün 0.7 km kadar güneyinde olan sekinin haritadaki yeri şekil 1’de gösterilmiştir. A) Fotoğraf B-GB yönüne bakacak şekilde çekilmiştir ve 20 m kadar uzunlukta mostrası olan Özbek sekisinin morfolojideki genel görünümü yer almaktadır. B) Sekinin yakın plan görüntüsü. Sekinin ayrıntılı kesiti şekil 3’te verilmiştir. C) B paketini temsil eden *Ostrea edulis* fosil kavkuları görülmektedir.

Numunelerimizin ESR tarihlendirmesi Estonya Tallinna Teknoloji Üniversitesi Kuvaterner Jeoloji Araştırma Laboratuvarı’nda yaptırılmıştır. Sekideki benzer yerden alınan (bkz. Şekil 3) iki numuneden Bivalvia sınıfına ait *Mytilaster* sp., *Cardium* sp. cinsleri tanımlanan ve cins tanımı yapılmaya müsait olmayan gastropodların da gözlemlendiği ÖT1 (Lab. Kod: RLQG 458-122) kodlu numune 41.3 ± 3.3 ka olarak tarihlendirilmiştir. Analiz edilen bu kavkılar kalsitten müteşekkil olup çok ileri derecede mangan ile kirlenmiş olduğundan tarihlendirmelerde önemli sorunlarla karşılaşmıştır. Sekiye ait fosil kavkılar ve çevrelerindeki sediman numunelerindeki temel sorunun Mn^{2+} sinyallerinin kabuğun yaşı ile ilgili oldukça zayıf radyasyon piklerini maskeleyen olduğu anlaşılmıştır. Kirlenmeden kaçınmak için kavkı ve çevre sedimanlarından, sekinin ön yüzeyini kırarak iç seviyelerden ve laboratuvar tarafından özellikle tarif edildiği şekilde tekrar örnekleme yapılmıştır. ÖT2 (Lab. kod: RLQG 459-024) olarak kodlanan bu ikinci numunenin içinde Bivalvia sınıfına ait *Ostrea edulis* türü tanımlanmıştır. Kirlenme sorununu aşmak için uygulanan aşırı modülasyon (OM), yüksek mikrodalga gücü (HMP) ve hassas detektör faz kayması gibi özel metotlardan faza duyarlı tespit (PSD, phase

sensitive detection) (Molodkov, 1993) tekniği yaşla ilgili radyasyona bağlı bilgiyi alabilme zorluklarını önemli derecede gideremese de radyasyonla ilgili zayıf sinyallerin hassas takibi ile bu numune 16.2 ± 1.8 ka olarak tarihlendirilmiştir (bkz. Tablo 1).



Şekil 3. Özbek denizel sekisi 2'şer metre aralıklarla alınmış 2x2 oranlı kesiti. Haritadaki yeri ve morfolojideki genel görünümü sırasıyla şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. Kesit G-GB'ya yönüne bakarak çizilmiştir. Birbirleri ile yanıl geçiş ilişkisi sunan A, B ve C olmak üzere üç paket mevcuttur. Numuneler (ÖT1 ve ÖT2) bol *Ostrea edulis* kavkısı ile temsil edilen iyi çimentolanmış B paketinden (bkz. Şekil 2) alınmış olup yıldız ile gösterilmiştir. Bu birim birbirleri ile de yanıl geçişli olan gri-bej renkli pekleşmiş kumtaşları (C paketi) ve altere kumtaşları (A paketi) ile yanıl geçişlidir. Şekil 1 ve 2'de sekinin sırasıyla haritadaki ve morfolojideki yeri gösterilmiştir.

Tablo 1

ESR analiz sonuçları

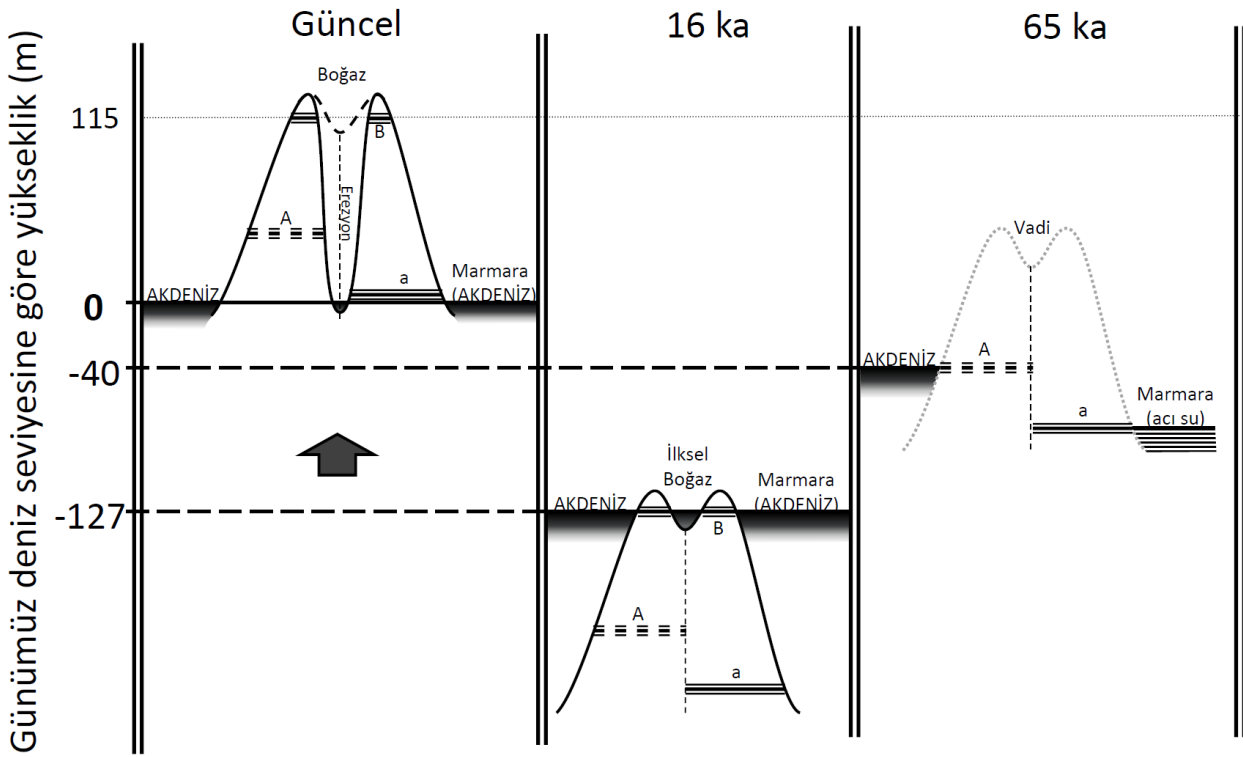
Numune	Lab No.	ESR yaş (ka)	P (Gy)	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	DS	H
ÖT1	RLQG 458-122	41.3 ± 3.3	41.0	2.01	1.81	0.40	-52	250
ÖT2	RLQG 459-024	16.2 ± 1.8	15.1	2.13	1.87	0.45	-127	150

P: palodoz, U: uranyum, Th: toryum, K: potasyum, DS: küresel deniz seviyesi, H: seki yüksekliği

3. Sonuçlar ve Tartışma

Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz ilksel ESR tarihlendirmelerine göre, deniz seviyesinden 115 m yüksekte bulunan Özbek sekisinin içinde olduğu bölgenin en az 16200 yıl kadar önce bulunduğu pozisyondan, o zamandaki -127 m olan deniz seviyesi de (Bailey, 2010; Lambeck vd., 2014) göz önünde bulundurulduğunda, kabaca 250 metre kadar alçakta olduğu anlaşılmaktadır. Özbek sekisinin 5 km kadar uzağında, deniz kenarında bulunan İkiizlerçeşme denizel sekisinden (bkz. Şekil 1) deniz seviyesinden 8 metre yüksekten alınan aragonit deniz kabuğu fosil numunesinin ESR tarihlendirmesi, stratigrafik ve paleontolojik bulgularla uyumlu olarak 65000 ± 7900 yıl olarak tespit edilmiştir (Aydaş vd., 2015). Aynı sekinin 5.5-7.2 metre yükseklik seviye aralığı yaşları ise OSL tekniği ile 240000-127000 yıl olarak önerilmiştir (Avcioğlu vd., 2013). Karadeniz gibi az tuzlu (tuzluluğu %26) bir acı su faunası ile temsil edilen sekinin günümüzdeki konumundan, üst seviyesinin oluştuğu ifade edilen zaman (~65ka) için -40 metre mertebesinde modellenen küresel deniz seviyesi (Bailey, 2010; Lambeck vd., 2014) dikkate alındığında, 48 metre kadar alçakta olduğu hesaplanabilir. Ancak, sekinin denizinin düşük tuzluluğuna işaret eden fosil türlerini içerdiği (Erol ve Nuttall, 1973; Avcioğlu vd., 2013) göz önüne alındığında küresel deniz seviyesini temsil eden denizlerle, diğer bir deyişle tuzluğu %30'u aşan Akdeniz ile, en azından tam olarak bağlantılı olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple, bu dönemde (65 ka) sekinin oluşumuna sebep olan az tuzlu deniz seviyesinin küresel seviyeler (Akdeniz'e) göz önüne alındığında daha aşağıda olduğu düşünülebilir (bkz. Şekil 4). Dolayısıyla miktarı tahmin edilememekle birlikte sekinin oluştuğu zamandan bu yana 48 metreden daha çok yükselmiş olabileceği dolayısıyla sekinin henüz tahminde bulunamadığımız daha düşük bir seviyede oluşmuş olabileceği de göz ardı edilmemelidir. Ancak, her iki seki

için eldeki yaş verilerini karşılaştırdığımızda İkizlerçeşme sekisini oluşturan bağımsız denizin açık denizlerle, muhtemelen Çanakkale boğazı yolu ile, bağlantısının İkizlerçeşme sekisinin oluşumundan sonra gerçekleştiği söylenebilir (bkz. Şekil 4). Eldeki verilere göre bugün bulunduğu konumundan 250 metre kadar aşağıda oluştuğunu sandığımız Özbek sekisinin, barındırdığı Akdeniz faunası göz önünde bulundurulduğunda, boğaz bağlantısının günümüzden 16200 ± 1800 yıl önce artık gelişmiş olduğu söylenebilir (bkz. Şekil 4). 65 ka ile bağlantının tesis edilmiş olduğu zaman arasındaki bir dönemde, bu bağlantı kurulduğunda açık denizlerle bağlantılı Akdeniz suyu yüksek debili akışı ile katastrofik bir biçimde, belki de o zaman yapısal zonları takip eden bir nehir vadisi durumunda olan, Çanakkale boğazı (Arpat ve Şentürk, 2000; Gökaşan vd., 2010) eşliğini aşıp geçerken boğazın tabanını kazımış ve derinleştirmiş olmalıdır. Bir taraftan bölge 16 ka'dan bugüne kadar, jeodinamik olaylarla, 250 metre yükselirken diğer taraftan boğaz tabanının tıpkı gömük menderesli akarsularda olduğu gibi derine kazıldığı ve bu arada boğazın geçit özelliğini muhafaza ettiği düşünülmektedir (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. Düşey kabuk hareketlerinin deniz seviyesi değişimleri ve denizel seki yaş ve konumlarına göre modeli. Üç paralel yatay çizgi, denizel taraçayı; A ve B, sırasıyla 65 ve 16 ka'da açık denizlerle bağlantılı kıyılarda oluşmuş taraçaları; a, denizlerle bağlantısı olmayan (az tuzlu) Marmara kıyısında acı-su fasiyesinde oluşmuş İkizlerçeşme taraçasını temsil etmektedir. Üç paralel kesikli yatay çizgi (A) 65 ka'da acı su denizi ile Akdeniz arasındaki eşğin Akdeniz tarafındaki kıyılarında oluşmuş olması muhtemel taraçaları temsil etmektedir. 65 ka'da Marmara denizinin seviyesi bilinmemekte olduğu için bölgenin düşey pozisyonu temsili olup (gri noktalı çizgi) sadece Çanakkale boğazı bağlantısının henüz gelişmemiş olduğunu göstermektedir. 16 ka'da Akdeniz ile Marmara denizi arası boğaz bağlantısı kurulmuş günümüze kadar hem bölge hem de deniz seviyesi sırasıyla 242 ve 127 m yükselmiştir. Aradaki 115 m fark kadar boğaz derine kazılmış ve bugünkü halini almıştır. Özbek deniz sekisi (B) 16 ka'daki deniz seviyesinde oluşumundan bu yana o seviyeye göre 242 m yükselmiş olup o dönemden buyana deniz seviyesinin yükselimi sonucunda bugün denizden 115 m yüksekte görülmektedir.

Fauna ve jeomorfoloji değerlendirmelerine göre (Taner, 1981) 65 ka – 16 ka arasında boğaz bağlantısı birkaç kez tesis edilmiş de olabilir. Ancak, bu değerlendirmelerin netleşmesi ve göz önüne alınabilmesi için Çanakkale boğazı boyunca yer alan sekilerde mutlak yaş tarihlendirmelerine gereksinim vardır. Bölgesel yükselmenin coğrafi sınırları ve zaman içindeki değişimi boğaz ve Gelibolu yarımadası ve hatta Marmara kıyılarındaki az tuzlu deniz faunası yayılımı ile de tutarlılığı tetkik edilecek şekilde daha kapsamlı çalışmalarda ele alınmalıdır. Henüz kısıtlı verilerle kurabildiğimiz çalışmamızdaki ilksel modelin tutarlılığının başka verilerle de denetlenmesi ve sekilerdeki paleontolojik bulgularla uyum göstermiş olan daha ziyade ESR gibi yaş tayinlerinin, kaybolmuş ve her geçen gün kaybolmakta olan bu ve boğaz boyunca nadir olarak görülebilen diğer sekilerde, ivedi olarak artırılması ve mangan kirliliği durumunda bunun gibi sakıncalardan kaçınmak ve tarihlendirme güvenilirliğini artırmak için ESR yaş tayinleri dışında IR-OSL (infrared optically-stimulated luminescence) ve Aydaş vd. (2015)'nin de vurguladığı üzere $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ gibi başka tekniklerin de uygulanması yerinde olacaktır. Diğer taraftan, Çanakkale boğazı boyunca boğazın her iki yakasında bulunabilecek ve bir örneği Özbek köyünde görülmüş olan, Pleyistosen yüksek denizel sekileri ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

Çalışmamızda öne sürdüğümüz gibi bölgenin bugün yükselmiş konumda bulunması bölgenin kabuğunun yine, yükselmenin göstergesi olan pozitif gravitasyonel dengesizlik içinde bulunduğu (Klinge ve Medici 1997) gerçeği ile uyum içerisindedir. Bundan dolayı, gravitasyonel anomaliye göre dengenin sağlanabilmesi için bölgenin 300 m'den fazla çökmesi gerekir. Kabuk altındaki yüksek sıcaklıktaki astenosferin varlığı (Ligdas ve Main, 1991) ve yukarı yönlü hareketi, bu sıcaklığın sebep olduğu yüksek ısı akısı (Tezcan vd., 1995), jeotermal etkinlik ve bunların kimyasal içeriği ve bu duruma özgü bazalt volkanizması (Mutlu, Güleç ve Hilton, 2008) ile birlikte bu dengesizlik birçok çalışmaya göre tüm Batı Anadolu için geçerlidir (Komut vd., 2012). İzostatik dengesizlik durumunun ve beraberindeki bununla ilgili olabilecek jeomorfolojik ve jeolojik hadiselerin en azından tüm Batı Anadolu gibi geniş bir alanda görülmesi bu ilginç durumun kaynağının litosfer-altı derinliklerde aranması gerektiği görüşünü (Komut vd., 2012) destekler. Diğer taraftan, hiçbir aktif tektonik çalışmada çevrede, burayı yükseltecek uzaktaki bir fayın transpresyonal etkisi ile gelişmiş, eğim atımlı diri bir fay ya da kıvrımın bulunduğu değerlendirilmemiştir. Yükselmenin doğrudan faylar tarafından olmadan da sağlanabileceği bölgenin sismik tehlike hesaplarında göz önünde bulundurulmalıdır. Kabuğun yüzdürülme dengesinin ifadesi olan izostatik pozitif yönde dengesizlik göstermesi bölgenin epirojenik olarak yükseldiğini göstermektedir ki; bu, ürünleri birçok farklı veri cinsi ile tutarlı olarak ortaya konmuş, sıcak bir manto zonunun yukarı yönlü konveksiyonu ile sağlanabilir (Komut vd., 2012). Yer kabuğunun altındaki bu yukarı yönlü astenosferik akımın etkilerinin, araştırmanın alanının içinde olduğu geniş bir bölgenin yükselmesine sebep olduğu ve bölgenin yükselmesinin de bölgedeki deniz kıyısında oluşan denizel fosilli birimleri bölgeyle beraber yükseklerle taşıyıp bölgedeki denizel sekilerin gelişimine sebebiyet verdiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma FBA-2014-166 kodlu proje kapsamında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversite Araştırma Fonu tarafından kısmen desteklenmiştir. Bu çalışmada bu projenin bir kısmı değerlendirilmiştir. Numunelerin ESR tarihlendirilmeleri A. Molodkov tarafından Estonya Tallinna Teknoloji Üniversitesi Kuvaterner Jeoloji Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Esen Arpat'a çalışmanın kritik aşamalarındaki yönlendirme ve önemli eleştirileri için teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Tolga Komut: Bulguların değerlendirme ve yorumlarını yapmış, model oluşturmuştur.

Sevinç Kapan: Numune toplamış. Bunların ve içlerinde bulunduğu istiflerin tanımlama ve analizlerini yapmış. Yorum ve modelleri gözden geçirip verilerle tutarlılığını denetlemiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Ardel, A. ve İnandık, H. (1957). Marmara Denizi'nin teşekkül ve tekamülü. *Türk Coğrafya Dergisi*, 17, 1-19.
- Arđos, M. (1995). Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi, cilt 1, 2. baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul. ISBN: 9757206032
- Arıç, C. (1955). *Haliç ve Küçükçekmece Gölü bölgesinin Jeolojisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Arpat, E. (1976). Doğal Uzanım Açısından Ege Denizinin Jeolojik Yapısı. *Yeryuvarı ve İnsan*, 1(4), 15-19.
- Arpat, E. ve Bingöl, E. (1969). Ege Bölgesi Graben Sisteminin Gelişimi Üzerine Düşünceler. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 73, 1-10.
- Arpat, E. ve Şentürk, K. (2000). Marmara Denizi'nin Gelişimi. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu (11-12 Kasım 2000)*, (pp. 231-237), İstanbul, Türkiye.
- Aldanmaz, E., Gourgaud, A. ve Kaymakçı, N. (2005). Constraints on the composition and thermal structure of the upper mantle beneath NW Turkey: Evidence from mantle xenoliths and alkali primary melts. *Journal of Geodynamics*, 39, 277-316. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2005.01.002>
- Aydaş, C., Engin, B., Kapan Yeşilyurt, S., Komut, T., Aydın, T. ve Paksu, U. (2015). Dose estimation kinetics and dating of fosil marine mollusc shells from Northwestern part of Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 105, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.07.053>
- Avcıoğlu, M., Erginal, A. E., Kıyak, N. G. ve Yiğitbaş, E. (2009). Çanakkale Boğazı'ndaki Denizel Taraçaların Çökeltme Nitelikleri ve Mutlak Yaşları. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 13. Çalıştayı (ATAG 13, 08-11 Ekim 2009) Bildiri Özetleri Kitabı*, (pp. 8), Çanakkale, Türkiye.
- Avcıoğlu, M., Erginal, A. E., Kıyak N. G., Kapan-Yesilyurt S. ve Yiğitbaş E. (2013). A Preliminary Note on Depositional Characteristics and Optical Luminescence Age of a Marine Terrace, Strait of Canakkale, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 29, 225-230. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00235.1>
- Bailey G. (2010). The Red Sea, Coastal Landscapes, and Hominin Dispersals. In: M. Petraglia, J. Rose (Ed.), *The Evolution of Human Populations in Arabia. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology*. Springer, Dordrecht. Print ISBN 978-90-481-2718-4. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2719-1_2
- Blackwell B. A. B., Skinner A. R., Mashriqi F., Deely A. E., Long R. A., Gong J. J. J., Kleindienst M. R. and Smith J. R. (2012). Challenges in constraining pluvial events and hominin activity: Examples of ESR dating molluscs from the Western Desert, Egypt, *Quaternary Geochronology*, 10, 430-435. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2012.01.005>
- Blackwell B. A. B., Skinner A. R., Blickstein J. I. B., Montoya A. C., Florentin J. A., Baboumian S. M., Ahmed I. J. and Deely A. E. (2016). ESR in the 21st century: From buried valleys and deserts to the deep ocean and tectonic uplift, *Earth-Science Reviews*, 158, 125-159. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2016.01.001>
- Chaput, E. (1947). Türkiyede jeolojik ve jeomorfojenik tetkik seyahatleri. Çev. A. Tanođlu, İstanbul Üniversitesi.
- Çetin, O., Çetin, T. ve Ukav, İ. (1995). İzmit Körfezi (Hersek Burnu - Kaba Burun) Kuvaterner İstifinde Gözlenen Mollusk Kavkılarının Elektron Spin Rezonans (ESR) Yöntemi İle Tarihlendirilmesi, In E. Meriç (Ed.), *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi* (pp. 269-275).
- Çoban, H. (2007). Basalt magma genesis and fractionation in collision- and extension-related provinces: A comparison between eastern, central and western Anatolia. *Earth-Science Reviews*, 80, 219-238. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2006.08.006>
- Engin, B., Kapan-Yesilyurt, S., Taner, G., Demirtaş, H. ve Eken, M. (2006). ESR dating of Soma (Manisa, West Anatolia – Turkey) fossil gastropoda shells. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 243(2), 397-406. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.09.008>
- Erol, O. ve Nuttall, C. P. (1973). Çanakkale Yöresinin Bazı Denizel Kuvaterner Depoları. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 5(6), 1-91.
- Erol, O. ve İnal, A. (1980). Çanakkale Yöresi Karacaviran Köyü Çevresindeki Kuvaterner Depoları ve Denizel Fosilleri. *Jeomorfoloji Dergisi*, 9, 1-36.
- Göktaşan, E., Tur, H., Engin, M., Görüm, T., Batuk, F. G., Sağcı, N., Ustaömer, T., Emem, O. ve Alp, H. (2010). Late Quaternary evolution of the Çanakkale Strait region (Dardanelles, NW Turkey):

- implications of a major erosional event for the postglacial Mediterranean-Marmara Sea connection. *Geo-Marine Letters*, 30(2), 113-131. <https://doi.org/10.1007/s00367-009-0166-2>
- Göksu, H. Y., Özer, A. M. ve Çetin, O. (1990). İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç in Geç Kuvaterner (Holosen) Dip Tortulları: Mollusk Kavkılarının Elektron Spin Rezonans (ESR) Yöntemi ile Tarihlendirilmesi, In E. Meriç (Ed.), *İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç in Geç Kuvaterner (Holosen) Dip Tortulları* (pp. 95-97).
- Gutzwiller, O. (1923). *Beitrage zur Geologie der Umgebung von Merefte (Mürefte) am Marmara Meer* (Yayımlanmamış tez). Basel Üniversitesi, İsviçre.
- Ikeya, M. (1993). New Applications of Electron Spin Resonance Dating Dosimetry and Microscopy, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. ISBN:981-02-1199-6.
- Kapan-Yeşilyurt, S., Taner, G. ve İslamoğlu, Y. (1997). Marmara Denizi Tortullarının Kuvaterner Mollusk Faunası (Türkiye). *Yerbilimleri Dergisi*, 30, 217-229.
- Kapan-Yeşilyurt, S., Taner, G. ve Okan, Y. (2000). Marmara Denizi Holosen Tortullarının Mollusk Faunası Kataloğu (Türkiye), Ankara Üniversitesi Araştırma Projesi Raporu.
- Kapan-Yeşilyurt, S. ve Taner, G. (2002). Datça Yarımadasının Geç Pliyosen Pelecypoda ve Gastropoda Faunası ve Stratigrafisi (Muğla-Güneybatı Anadolu). *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 125, 89-120.
- Klingele, E. ve Medici, F. (1997). Gravimetric Studies of the Marmara Sea Region. In C. Schindler, C. and M. Pfister, (Ed.), *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-Project*, (pp. 487-501).
- Komut, T. ve Kapan-Yeşilyurt, S. (2010). Çanakkale’de ortaya çıkan yüksek deniz sekileri ve bunların jeodinamik anlamları. In *Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi (23-26 Kasım 2010), Genişletilmiş Özet*, Ankara, Türkiye.
- Komut, T., Gray, R., Pysklywec, R. ve Göğüş, O. (2012). Mantle flow uplift of western Anatolia and the Aegean: Interpretations from geophysical analyses and geodynamic modeling. *Journal of Geophysical Research*, 117(B11), B11412. <https://doi.org/10.1029/2012JB009306>
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y. ve Sambridge, M. (2014). Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 111(43), 15296-15303. <https://doi.org/10.1073/pnas.1411762111>
- Ligdas, C. N., Main, I.G. ve Adams, R. D. (1990). 3-D Structure of the Lithosphere in the Aegean Region. *Geophysical Journal International*, 102, 219-229. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb00543.x>
- Ligdas, C. N. ve Main, I. G. (1991). On the Resolving Power of Tomographic Images in the Aegean Area. *Geophysical Journal International*, 107, 197-203. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1991.tb01168.x>
- Meriç, E., Sakinç, M., Özdoğan, M. ve Açıktur, F. (1988). Yarımburgaz Mağarası kazılarında gözlenen mollusk kavkıları hakkında. *Arkeoloji ve Sanat Dergisi*, 40/41, 27-31.
- Meulenkamp, J. E., Wortel, M. J. R., Van Wamel, W. A., Spakman, W. ve Hoogerduyn Strating, E. (1988). On the Hellenic Subduction Zone and the Geodynamic Evolution of Crete since the Late Middle Miocene. *Tectonophysics*, 146, 203-215. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(88\)90091-1](https://doi.org/10.1016/0040-1951(88)90091-1)
- Molodkov, A. (1993). ESR-dating of non-marine mollusc shells. *Applied Radiation and Isotopes*, 43, 145-148. [https://doi.org/10.1016/0969-8043\(93\)90209-S](https://doi.org/10.1016/0969-8043(93)90209-S)
- Molodkov, A., Dreimanis, A., Âboltiöd, O. ve Raukas, A. (1998). The ESR age of Portlandia arctica shells from glacial deposits of Central Latvia: an answer to a controversy on the age and genesis of their enclosing sediments. *Quaternary Science Reviews*, 17(11), 1077-1094. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(98\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(98)00030-4)
- Mutlu, H., Güleç, N. ve Hilton, D. R. (2008). Helium-carbon relationships in geothermal fluids of western Anatolia, Turkey. *Chemical Geology*, 247(1-2), 305-321. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.10.021>
- Nevekkaya, L. A. (1963). Bestimmungstabella zweiklappiger mollusken mariner Quartarsedimentedes Schwartzmeerbeckens. Akademie der Wissenschaften SSSR Arbeiten des Palaontologischen Institutes Bd. 96, Moscow, pp 1-211.
- Newton, R. B. (1904). Notes on the post-Tertiary Fossils obtained by Col: English from district surrounding the Dardanelles, Quarterly. *Journal of the Geological Society*, 60, 227-292. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1904.060.01-04.22>
- Özelçi, H. F. (1973). Doğu Akdeniz Bölgesi Gravite Anomalileri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 80, 54-89.
- Paluska, A. ve Bargu, S. (1989). Tectonics, Paleoseismic Activity and Recent Deformation Mechanisms in the Sapanca - Abant - Region (NW Turkey, North Anatolian Fault Zone), Turkish - German Earthquake Research Project (Zschau and Ergünay), 18-33.

- Pondard, N., Armijo, R., King, G. C. P., Meyer, B. ve Flerit, F. (2007). Fault interactions in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): earthquake clustering and propagating earthquake sequences. *Geophysical Journal International*, 171, 1185–1197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2007.03580.x>
- Poppe, G. T. ve Goto, Y. (1991). European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda). Vol: 1, Wiesbaden/Verlag Christa Hemmen. pp: 352.
- Poppe, G. T. ve Goto, Y. (1993). European Seashells (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda), Vol: 2, Wiesbaden/Verlag Christa Hemen. pp: 221.
- Sakınç, M. ve Yaltrak, C. (1997). Güney Trakya Sahillerinin Denizel Pleyistosen Çökelleri ve Paleocoğrafyası. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 119, 43-62.
- Sevinçer, N. (1998). *Marmara Denizi Güneybatısı (Erdek Körfezi'nde) Dip Çökellerinin Kuvaterner Mollusk Faunası*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Ankara, Türkiye.
- Spakman, W. (1986). Subduction Beneath Eurasia in Connection with the Mesozoic Tethys. *Geologie en Mijnbouw*, 65, 145-153.
- Straub, C. ve Kahle, H-G. (1997). GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia. *Journal of Geophysical Research*, 102(B12), 27587-27601. <https://doi.org/10.1029/97JB02563>
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. and Kuşçu, İ. (1992). Türkiye Diri Fay Haritası., M.T.A. Genel Müdürlüğü.
- Şentürk, K. ve Karaköse, C. (1987). Çanakkale Boğazı ve Dolayının Jeolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.
- Taner, G. (1981). Gelibolu Yarımadasının Kuvaterner Molluskaları. *Jeomorfoloji Dergisi*, 10, 71-115.
- Taner, G. (1983). Gelibolu Yarımadası Hamzakoy Formasyonunun Çavda (Baküniyen) Gastropoda'ları. *Jeoloji Mühendislik Dergisi*, 7(2), 55-61.
- Taner, G., Ünsal, İ., Özer, A. M., Göksu, Y. ve Çetin, O. (1991). İstanbul Boğazı Pelecypod - Gastropod ve Bryozoa Faunası ile Mollusk Kavkılarının ESR Yöntemine Dayanarak Tarihlendirilmesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 6, 3-19.
- Tezcan, A. K. (1995). Geothermal explorations and heat flow in Turkey. In M. L. Gupta ve M. Yamano (Ed.), *Terrestrial Heat Flow and Geothermal Energy in Asia* (pp. 23–42), Oxford and IBH Publ., New Delhi, India.