



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Edremit Körfezi (KB Anadolu) karot sedimanlarının jeokimyasal özellikleri: Kaynak ve dağılım koşullarının araştırılması

Pir Çağatay KARTAL^{a*}, Şule GÜRBOĞA^b, Mustafa Batuhan ERTEKİN^a, Özgür TÜRKMEN^a, Ayhan YAVUZOĞLU^a, Uğur Zeki KIRAT^a, Önder KAYADİBİ^b, Eşref AYLAN^a ve Zehra DEVECİ ARAL^c

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi, Ankara, Türkiye

^bMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, Türkiye

^cMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Sediman Karotları, jeokimya, denizaltı jeokimya haritaları, μ XRF, ITRAX, Edremit Körfezi.

ÖZ

Edremit Körfezi, ülkemizin KB kıyılarında yer alan jeolojik olarak oldukça karmaşık bir yapıya sahip ve maden potansiyeli ile bilinen Biga Yarımadası'nın güney deniz sınırında yer almaktadır. Biga Yarımadası olarak adlandırılan karasal alanda yapılan çalışmalar hariç körfezde depolanmış denizel sedimanlar hakkında literatürde oldukça kısıtlı bilgiler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, körfezden ilk defa sistematik olarak alınmış 60 adet denizel karot üzerinde μ XRF analizi yapılarak jeokimya dağılım haritaları hazırlanmıştır. Sediman karotları 30-150 cm uzunlukta, 2,5-3 km yatay mesafede ve 23-85 m arasında değişen su derinliklerinden alınmıştır. Farklı uzunluklara sahip olan karotların en üstteki 10 cm'lik sediman kalınlığı analiz sonuçlarının ortalamaları haritalama çalışmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak elde edilen yaklaşık 30 adet element verisi incelenmiş, yorumlanmış ve haritalanmıştır. Bu çalışma kapsamında ise Ca, Sr, Fe, Ti ve Pb dağılım haritaları sunularak karşılaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler, karasal birimlerin formasyon bazındaki özellikleri, denizdeki karasal beslenme alanlarına yakın olan element ve denizel kökenli (Ca, Sr) elementlerin dağılımları, sedimentolojik çökelim süreçlerini net olarak yansıttığını göstermektedir. Ülkemizde gravite karot yöntemi ile ilk defa Edremit Körfezi'nde yapılan bu sistematik çalışmanın yaygınlaştırılması ile gelecekte ülkemiz plaser yataklarına ilişkin kıymetli veriler ortaya konabilecektir.

Gönderim Tarihi: 17.12.2021

Kabul Tarihi: 24.01.2022

Keywords:

Sediment Core, Geochemistry, Submarine Geochemistry Maps, μ XRF, ITRAX, Edremit Gulf.

ABSTRACT

Edremit Gulf is located on the southern sea border of the Biga Peninsula, which has a very complex geological structure on the NW of Türkiye and is famous for its mining potential. Except for the studies carried out in the terrestrial area called the Biga Peninsula, there is very limited information in the literature about the marine sediments in the Edremit Gulf. Within the scope of this study, μ XRF analysis was performed on 60 marine sediment cores systematically taken from the Gulf for the first time, and geochemical distribution maps were prepared. The distance between the cores varies between 2.5-3 km and they have 30-150 cm sediment length with 23-85 m water depths. Analysis of the top 10 cm sediments of the cores were made and the average values were used to map. As a result, approximately 30 different element data were analysed, interpreted and mapped. Within the scope of this study, Ca, Sr, Fe, Ti and Pb distribution maps were presented and their comparisons were made. The data show that the formation-based features of the terrestrial units, the distributions of the elements close to the terrestrial feeding areas and the elements of marine origin (Ca, Sr) clearly reflect the sedimentological depositional processes. With the dissemination of such systematic studies, which was carried out for the first time in Edremit Gulf with the gravity core method in our country, valuable data on the placer deposits will be revealed in the future.

Received Date: 17.12.2021

Accepted Date: 24.01.2022

*Başvurulacak yazar: Pir Çağatay KARTAL, cagatay.kartal@mta.gov.tr

1. Giriş

Karasal alanlarda uzun yıllardır yürütülmekte olan jeokimyasal haritalama çalışmaları özellikle ekonomik değere sahip metal, ametal ve hidrokarbon sahalarının keşfi ve işletilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda denizel karotlar üzerinde yapılan jeokimyasal araştırmalar sayesinde ise plaser yatakları ve jeokimyasal dağılımın tespit edilmesi amacıyla denizaltı jeokimya dağılım haritaları hazırlanabilmektedir (Ito vd., 1991; Tanaka vd., 1994, 1996; Ohta vd., 2004). Bu tür çalışmalar göstermiştir ki sistematik örnekleme ve bu örneklerin jeokimyasal analizleri birçok jeolojik yaklaşımda bulunulmasına imkân sağlamaktadır.

Deniz sedimanları ve özellikle de kıyı ya da körfez sedimanlarının araştırılması çalışmaları birçok jeolojik olgunun araştırılmasına katkı sağlamaktadır. Karasal kaynak ve drenaj sistemlerinin tespiti, antropojenik çevre/deniz kirliliği, deniz seviyesi değişimi, iklimsel değişimler, değişen paleo-öşinografik ortamsal taşınma ve çökeltme koşulları, kıyı ve deniz dibi ekonomik maden ve mineral yataklarının tespiti, sismotektonik süreçler ve etkileri, dalga ve akıntuların varlığı ve dağılımı gibi birçok çalışma sediman araştırmalarına dayanmaktadır. Deniz sedimanlarının jeokimyasal analizi, okyanus özellikleri ve süreçlerinin incelenmesinde jeokimyasal verilerin değeri 1930'lerden itibaren anlaşılmaya başlanmış ve zaman içinde bu tür çalışmalar artmıştır (Correns, 1937; Bramlette ve Bradley, 1940; Arrhenius, 1952; Goldberg, 1954; Goldberg ve Arrhenius, 1958). Buna ek olarak ilk çalışmalarda çevresel süreçleri ve değişiklikleri belgelemek için dokusal ve mineralojik varyasyonlar kullanılmış olmasına rağmen zaman içinde bunlar deprem kayıtları, paleo-öşinografik araştırmalar, insan yaşamına ilişkin veriler ve ekonomik çalışmalara yönelerek çeşitlilik göstermiştir (Goldberg ve Arrhenius, 1958; Dymond ve Collier, 1996; Klump vd., 2000; Lin vd., 2019). Bu tür çalışmalarda ana yöntem olarak kullanılan XRF analizleri, X-ışını floresansının keşfi ile mümkün hale gelmiş ve deniz araştırmaları dünyasında ayrıntılı çevresel kayıtları etkin bir şekilde ortaya çıkarma yeteneği ile devrim yaratmıştır. Bu sayede, XRF analizinin temelde, elektronları X-ışını uyarımı yoluyla iç atomik kabuklardan fırlatılmasıyla ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Ortaya

çıkan boş alanlar, elektromanyetik radyasyon olarak yayılan enerji farkı ile dış elektron kabuklarından hareket eden elektronlarla doldurulur ve elde edilen dalga boyu her element için karakteristiktir (Jenkins ve De Vries, 1970). Böylelikle, X-ışını vasıtasıyla analiz edilen element miktarları ölçülebilir hale gelmiştir. Sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda farklı bilimsel alanlarda X-ışını kullanımı yaygınlaşmış ve yerbilimleri alanındaki çalışmalara da jeokimyasal parametrelerin belirlenmesi amacıyla önemli katkılar sağlamıştır. Bu tür çalışmalara dünyanın diğer birçok denizel bölgelerinden örnekler verilebilir. Türkiye'yi çevreleyen denizlerde de benzer konularda sediman örneklerinde çalışmalar yapılmış ve özellikle AAS, ICP ve XRF gibi yaygın analiz yöntemleri kullanılmıştır. Söz konusu çalışmalar özellikle sedimanlardaki çevre kirliliğinin araştırılması hakkında olup, İstanbul Boğazı (Ergin vd., 1991; Algan vd., 1999; Tuncer vd., 2001), Doğu Ege Denizi (Ergin vd., 1993; Ergin, 2020), İskenderun Körfezi (Ergin vd., 1996), Marmara Denizi (Bodur ve Ergin, 1994; Algan vd., 2004; Çağatay vd., 2006; Alak ve Sümer, 2017), Erdek Körfezi (Balkıs ve Çağatay, 2001), Gemlik Körfezi (Ünlü vd., 2007), İzmit Körfezi (Tolun vd., 2001; 2002; Yaşar vd., 2001) ve İzmir Körfezi (Aksu vd., 1998; Küçüksezgin vd., 2006)'nde yapılmıştır.

Edremit Körfezi'nde yapılan çalışmada ise, sedimanların jeokimyasal analizleri μ XRF yöntemi kullanılarak ITRAX karot tarayıcı cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem dünyada son 25 yıldır kullanılmakta ise de, Türkiye'de kullanımı oldukça yeni ve sınırlıdır. Edremit Körfezi sedimanlarında ulaşılabilir jeojenik ve antropojenik jeokimyasal araştırma sonuçlarının yok denecek kadar azdır (Eryılmaz ve Eryılmaz, 2012). Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü μ XRF analizi olan yeni bir yöntemin kullanılması ile amaçlanan; çeşitli karasal ve denizel taşınma ve çökeltme koşulları ile karasal jeojenik ve antropojenik kaynak koşullarının etkilerini nispeten yeni bir yöntem ile araştırmaktır.

Denizel sedimanların jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma için Edremit Körfezi'nin seçilmiş olmasının nedeni, maden potansiyeli yüksek ve oldukça fazla sayıda maden işletmesi olan Biga Yarımadası'ndan taşınan sedimanların depolandığı bir körfez niteliğine sahip olmasıdır (Şekil 1). Birçok farklı kaya topluluğunu



Şekil 1- Edremit Körfezi bulduru haritası.

barındıran Biga Yarımadası'nın denizel alandaki yansımalarının jeokimyasal bakımdan incelenmesi ve ortaya çıkan sonuçların yorumlanması ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir.

1.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Biga Yarımadası, değişik yaşta ve farklı kökenden türemiş kayaç topluluklarının yüzlek verdiği bir alandır. Bölge, farklı zamanlarda farklı koşullarda deformasyon ve magmatizma olayları geçirmesi sebebiyle oldukça karmaşık bir jeolojik geçmişe sahiptir. Biga Yarımadası'nın büyük bir kısmı çekirdek kompleksleri ve onların yüzeylenmesiyle ilişkilendirilen volkanik, sub-volkanik ve plutonik kayaçlardan oluşmaktadır (Okay vd., 1991; Okay ve

Satır, 2000; Beccaletto vd., 2007; Şengün vd., 2011; Tunç vd., 2012; Duru vd., 2012).

Kazdağ Masifi üzerine muhtemelen tektonik dokanakla, metasedimanter kayalardan oluşan Kalabak Birimi yerleşir (Sazak formasyonları) (Okay vd., 1991; Aysal vd., 2012a). Kalabak Birimi içerisine Devoniyen dönemde granitik kütleler (Çamlık ve Yolindi Metagranitoidleri) yerleşmiş olup, Kalabak Birimi'yle birlikte metamorfizmaya uğramıştır (Okay vd., 1991; Aysal vd., 2012b; Yiğit, 2012; Akıska ve Demirela, 2014). Kalabak Birimi, yer yer tektonik yer yer de uyumsuz dokanakla Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi tarafından üzerlenir (Şengör vd., 1984; Okay vd., 1991). Karakaya Kompleksi kendi içerisinde tektonik dokanaklar boyunca karşı karşıya

gelen spilitik bazalt, metavolkanik arkozik kumtaşları, rekristalize kireçtaşları birimleri ve Permiyen kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Bingöl vd., 1975; Okay vd., 1996; Pickett ve Robertson, 1996; Okay ve Göncüoğlu, 2004). Biga Yarımadası'nın doğusunda, Kalabak Birimi üzerine Geç Triyas yaşlı kumtaşı ve şeyllerden oluşan Balya formasyonu çökelmiştir (Duru vd., 2012). Geç Kretase-Paleosen yaşlı ofiyolitik melanj (Çetmi Melanjı) Alpin Orojenezi esnasında sıkışmalı rejimde deformasyona uğramıştır (Okay vd., 1991; Duru vd., 2012). Çetmi Melanjı'nın batısında, temel olarak Karadağ Grubu, Çamlıca Metamorfittleri ve Denizgören Ofiyoliti'nden oluşan Ezine Zonu yer alır. Çamlıca Metamorfittleri, Geç Kretase döneminde metamorfizmaya uğramış, stratigrafik olarak altta metaserpantinitle mercekli ve mermer ardalanmalı mikaşitler, üstte ise daha düşük dereceli metamorfittlerden oluşur. Karadağ Grubu ise erken Paleozoyik yaşlı metamorfittler üzerine gelen Permo-Triyas yaşlı rekristalize kireçtaşlarından oluşur. Bu iki birim üzerine tektonik dokanakla Kretase yaşlı Denizgören Ofiyoliti yerleşir (Okay vd., 1991; Duru vd., 2012).

Geç Kretase döneminde, Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı boyunca Anatolid-Torid Bloğu ile Sakarya Zonu karşı karşıya gelmiş ve Kuzeybatı Anadolu'da dalma-batma ve kıta-kıta çarpışmasıyla alakalı farklı fazlarda magmatizma olayları meydana gelmiştir. Bölgedeki ilk magmatik faz, çarpışma sonrası Eosen döneminde gelişen yay magmatizmasıdır. $45,3 \pm 0,9$ – $38,1 \pm 1,8$ My (Zirkon U-Pb izotop metodu ile) aralığında yaş elde edilen magmatik kayalar, bazalttan dasite kadar değişen karakterdedir (Altunkaynak ve Genç, 2008). Eosen granitoidleri, Sakarya Zonu temeline sokulan epizonal kütlelerdir ve yarı derinlik ve volkanik eşlenikleri de görülmektedir. Eosen volkanitleri, stratigrafik olarak üst zonlarda kırıntılı Fıçitepe formasyonu ve Soğucak Formasyonu ile geçişlidir ve bu da Eosen volkanizmasının su altında geliştiğini gösterir (Okay vd., 1991; Ercan vd., 1995; Genç ve Yılmaz, 1997; Genç vd., 2012; Delaloye ve Bingöl, 2000; Bingöl vd., 1982; Harris vd., 1994; Altunkaynak, 2004).

Biga Yarımadası, Oligosen döneminde karasallaşmış ve magmatik aktivite devam etmiştir. Biga Yarımadası'nda geniş yayılım gösteren bu faz,

kabuk kirlenmesine uğramış yay magmatizması özelliği gösterir (Yılmaz vd., 2001). Yarı derinlik ve volkanik eşlenikleri de bulunan kütleler, Kazdağ Masifi'nin yüzeylemesine sebep olan sıyrılmaya faylarıyla oluşan makaslama zonlarına da sokulmuştur. Harita üzerinde genel olarak KD-GB uzanımlı yüzlek veren bu kütlelerden bazıları Evciler, Eybek ve Kozak plütonlarıdır.

Biga Yarımadası'nda, Erken-Orta Miyosen döneminde, gösel çökellerle eş zamanlı olarak yoğun bir volkanik etkinlik gözlenir. Genellikle andezit, trakiandezit, trakit, latit, bazaltik andezit türde lav ve bunların piroklastiklerinden oluşan volkanitler, Şapçı Volkaniti ($21,2 \pm 0,9$ My, Tüm kayaç K/Ar metodu) ve Yürekli Dasiti (Tmy) ($19,8 \pm 0,3$; $19,5 \pm 0,1$; $20,3 \pm 0,6$ My Krushensky, 1975; Benda vd., 1974) olarak adlandırılmıştır. Biga Yarımadası'nda son magmatik faz, Geç Miyosen dönemine ($11,0 \pm 0,4$ – $8,32 \pm 0,19$ My) denk gelir. Genellikle mafik karakterli kayaların olduğu bu dönemde, alkalin bileşimli magmatik aktivite baskındır. Doğrultu atımlı fay tektoniği ile alakalı gelişen bu fazdan $8,4 \pm 0,3$ – $11,0 \pm 0,4$ My (tüm kayaç, K/Ar metodu, Ercan vd., 1995) aralığında yaşlar elde edilmiştir.

Literatürde yer alan kaya birimlerinin harita (Şekil 2) ve stratigrafik dizilimleri (Şekil 3) literatür bilgileri ışığında derlenerek ayrı ayrı sunulmuştur. Edremit Körfezi oldukça farklı ve maden potansiyeli yüksek birimler içermektedir. Bölge morfolojisi dikkate alındığında yükseklik farkının oldukça değişken olduğu ve akarsu ağının kontrolünde oldukça yüksek oranda sediman diyajenez sürecinin varlığını ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmanın amacı kapsamında denizden alınan karot örnekleri, bu birimlere ait farklı boyutlarda kayaç ve mineral parçaları içermektedir. Hazırlanan denizaltı jeokimya haritaları ile ileride yapılacak birçok bilimsel çalışmaya katkı sağlayacak veri üretilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Denizel Örnekleme Çalışmaları

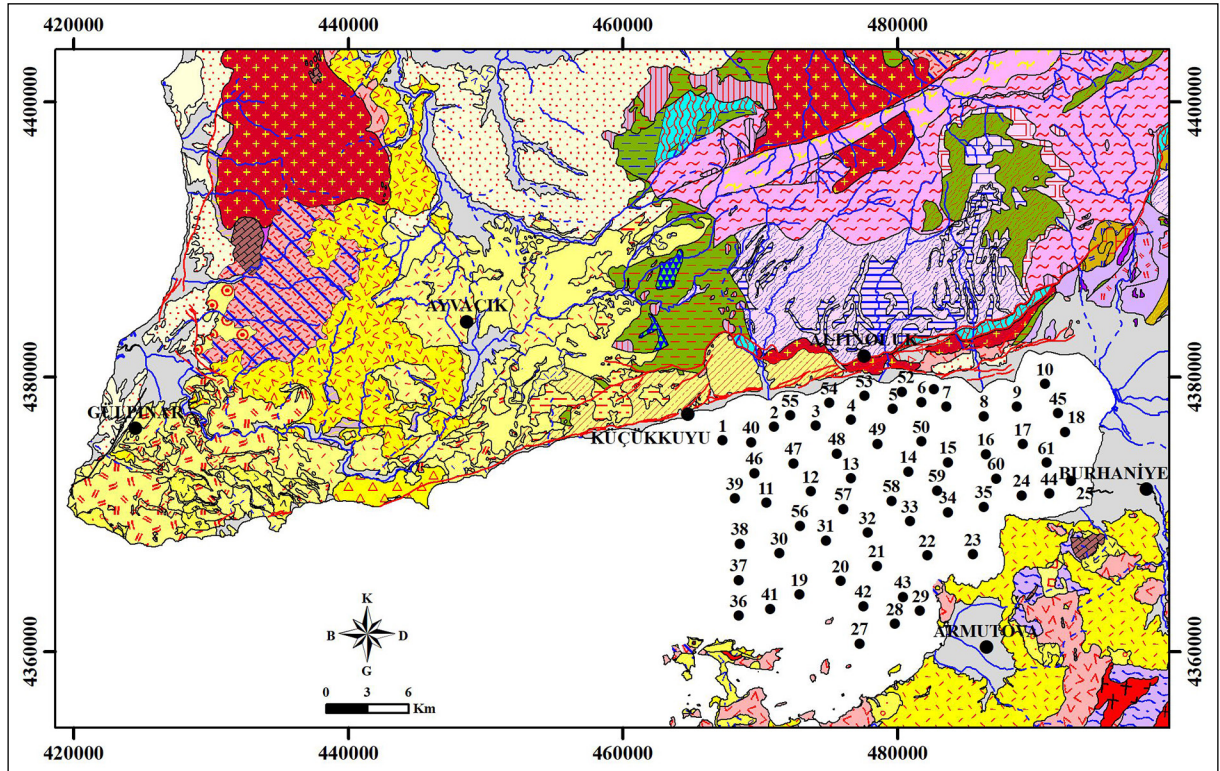
Edremit Körfezi sediman karotları örnekleme çalışmaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı bünyesinde faaliyet gösteren R/V MTA SELEN Araştırma Botu

kullanılarak tamamlanmıştır. Bu kapsamda, çalışmanın amacı doğrultusunda körfez içinde bulunan İ17c3-c4-d3 ve J17a2-b1 kodlu 1/25.000 ölçekli paftaların denizel kısımlarında homojen dağılıma sahip olacak şekilde (2,5-3 km mesafelerle) toplam 60 adet karot noktası belirlenmiştir (Şekil 2). Karotların alındıkları su derinlikleri ve sediman uzunlukları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Denizel örnekleme çalışmalarından önce piston karotiyerin baş ve tutucu (catcher) kısmı çıkarıldıktan sonra karotiyerin içi temiz su ile yıkanır. 150 cm uzunluğundaki bir PVC boru piston karotiyer tutucunun yerleştirilmesinden sonra karotiyer içine yerleştirilir (Şekil 4). Ardından piston karotiyerin baş kısmı takılarak özel bir çivi yardımı ile sabitlenir. Sabitlemeyi müteakip karotiyer, teleskopik vinç vasıtasıyla havaya kaldırılıp, yardımcı vinç de devreye sokularak ileri hareketle denize mayna edilir. Deniz tabanı derinlik bilgisi deniz seyir sistemlerinden okunarak, ana vince bağlı bulunan derinlik sayacı ile deniz tabanına toplam derinliğin yüzde 10-20 arası mesafe kala piston karotiyer durdurulur. Ana vincin

serbest düşüşünü sağlayan boşalma kolu çekilerek vincin serbest düşmesi sağlanır. Karotiyerin deniz tabanına saplanması ile birlikte içerisine dolan sediman örneği karotiyerin ana vinç ile yukarıya çekilmesi işlemi ile devam eder. Karotiyer deniz seviyesinin üstüne çıkarılarak yardımcı vinç yardımıyla bota alınır. Karotiyerin baş kısmında bulunan özel yapım çiviler ve keçir sırasıyla çıkarılır. Bu işlemin ardından PVC borunun her iki tarafı herhangi bir kimyasal kirlenmenin olmaması amacıyla tecrid ve dik konumda muhafaza edilir.

PVC boru içinde alınan sediman miktarı kontrol edilerek karotun boş kısımlarının kesilmesi gereklidir. Kesim sırasında elektrikli testere yerine kıl testere vb. ekipmanın kullanılması, numunenin minimum düzeyde kirlenmesi için elzemdir. Bu sayede hem sediman kalınlığı tespit edilmiş olur hem de karot taşıma esnasında sedimanın karışması engellenmiş olur. En son karotun alındığı lokasyona ait olan derinlik, koordinat bilgisi ve karot numarası bilgilerini içeren etiketleme işlemi tamamlanır ve uygun koşullarda (+4 °C ve -4 °C) muhafaza edilir.



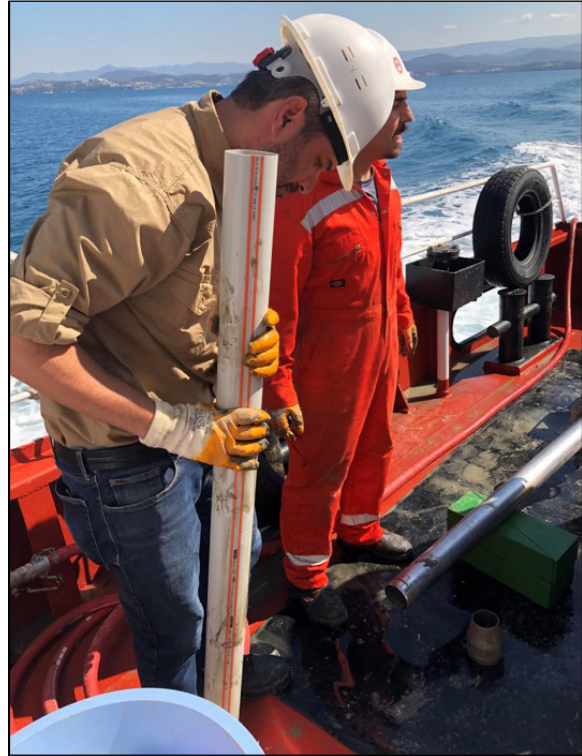
Şekil 2- Edremit Körfezi ve yakın çevresinin Türkiye Jeoloji Veri Tabanı (TJVT) 1/100.000 ölçekli haritalarından alınan jeoloji haritası (Duru vd., 2007a, b; Ilgar vd., 2008; Dönmez, 2013). Denizel alanda numaralandırılmış siyah noktalar karot alınan yerleri göstermektedir.

Çizelge 1- Şekil 2’de gösterilen karotlara ilişkin koordinat, su derinliği ve sediman uzunluğunu gösteren tablo.

Karot Adı	Koordinat		Su Derinliği (m)	Karotun Sediman Uzunluğu (cm)
	Enlem (K)	Boylam (D)		
1	39°31,5995'	26°37,1295'	68	65
2	39°32,1384'	26°39,7586'	58	50
3	39°32,1860'	26°41,8643'	57	110
4	39°32,4297'	26°43,6740'	55	145
5	39°32,8620'	26°45,7826'	49	115
6	39°33,1314'	26°47,2343'	50	150
7	39°32,9490'	26°48,5189'	49	150
8	39°32,5811'	26°50,4135'	45	120
9	39°32,9540'	26°52,0845'	40	150
10	39°33,8542'	26°53,5348'	31	150
11	39°29,1534'	26°39,3714'	78	125
12	39°29,6048'	26°41,6424'	73	95
13	39°30,1208'	26°43,6705'	68	70
14	39°30,3907'	26°46,5957'	59	50
15	39°30,7568'	26°48,5914'	52	85
16	39°31,0807'	26°50,5338'	47	80
17	39°31,4769'	26°52,4153'	48	150
18	39°31,9580'	26°54,5570'	40	115
19	39°25,5492'	26°41,0669'	68	35
20	39°26,0859'	26°43,1730'	60	50
21	39°26,6763'	26°45,0177'	60	35
22	39°27,0963'	26°47,5594'	56	45
23	39°27,1453'	26°49,8789'	51	150
24	39°29,4661'	26°52,3570'	37	60
25	39°30,0421'	26°54,8497'	23	70
26	39°23,8823'	26°41,0332'	41	0
27	39°23,6256'	26°44,1391'	46	30
28	39°24,4058'	26°45,9146'	40	50
29	39°24,9172'	26°47,1941'	39	55
30	39°27,1680'	26°40,0522'	76	150
31	39°27,6697'	26°42,4061'	69	73
32	39°27,9916'	26°44,5486'	65	64
33	39°28,4366'	26°46,6879'	60	60
34	39°28,8025'	26°48,6164'	54	65
35	39°29,0079'	26°50,4377'	48	40
36	39°24,7021'	26°37,9921'	84	150
37	39°26,1027'	26°38,0075'	85	150
38	39°27,5308'	26°38,0517'	82	150
39	39°29,3200'	26°37,7728'	82	148
40	39°31,5288'	26°38,6027'	71	120
41	39°24,9756'	26°39,5846'	76	110
42	39°25,0940'	26°44,3311'	49	20
43	39°25,4660'	26°46,3212'	47	35
44	39°29,5413'	26°53,7652'	29	35
45	39°32,6961'	26°54,1994'	38	75
46	39°30,3150'	26°38,7670'	80	150
47	39°30,6953'	26°40,7416'	76	150
48	39°31,0872'	26°42,9590'	71	140
49	39°31,4785'	26°45,0132'	65	143
50	39°31,5826'	26°47,2575'	57	137
51	39°33,6429'	26°47,8740'	44	145
52	39°33,5260'	26°46,2522'	33	60
53	39°33,3710'	26°44,3502'	41	126
54	39°33,0840'	26°42,5682'	33	47
55	39°32,5828'	26°40,5907'	46	58
56	39°28,2525'	26°41,0883'	73	115
57	39°28,9130'	26°43,3065'	68	65
58	39°29,2440'	26°45,7398'	64	88
59	39°29,6476'	26°48,0628'	55	85
60	39°30,1268'	26°51,0646'	45	60

HARİTA BİRİMLERİNİN AÇIKLAMASI	
	Alüvyon
	Yamaç Molozu
	Bayramiç Formasyonu: Çakıltaşı, Kumtaşı, Kilitaşı, Silttaşı vb. (Akarsu-Gölsel)
	Gülpınar Formasyonu: Çakıltaşı, Kumtaşı, Kireçtaşı, Silttaşı vb. (Gölsel)
	Taştepe Bazaltı: Olivin Bazalt ve piroklastik kayalar
	Alçetepe Üyesi: Kalkarenit, Mactra'lı Kireçtaşı, Kumtaşı, Marn, Kilitaşı vb. (Gel-Git Karbonatları)
	İlyasbaşı Formasyonu: Çakıltaşı, Kumtaşı, Kilitaşı, Çamurtaşı, Kireçtaşı, Marn vb. (Gölsel)
	Babadere Dasiti: Dasit ve piroklastik kayalar
	Çamkabalak İgnimbiriti: Fiyammetli İgnimbirit
	Ayvack Volkaniti: Bazalt, Bazaltik Andezit, Andezit ve piroklastik kayalar, İgnimbiritik Tuf
	Arıklı İgnimbiriti: İgnimbirit ve Tüfler (Gölsel)
	Hüseynifaki Volkaniti: Bazaltik Andezit, Bazalt ve piroklastik kayalar
	Küçükkuşu Formasyonu: Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Bitimli Şeyl, Çamurtaşı Tuf, Marn vb. (Gölsel)
	Ezine Volkaniti: Andezit, Trakiandezit, ve piroklastik kayalar
	Behramkale Volkaniti: Andezit ve piroklastik kayalar
	Bademli Volkaniti: Andezit ve piroklastik kayalar
	Babakale Volkaniti: Bazalt, Bazaltik Andezit ve piroklastik kayalar
	Araplar Volkaniti: Andezit ve piroklastik kayalar
	Yumdağ Volkanitleri: Tuf, Kül-Blok Akmaları, Andezit, Bazaltik Andezit, Piroksenandezit
	Yüreklı Dasiti: Dasit ve piroklastik kayalar
	Halazdağ Volkaniti: Andezit ve piroklastik kayalar
	Hallaçlar Volkaniti: Andezit, Dasit, piroklastik kayalar
	Granodiyorit Porfir
	Oligo-Miyosen Granitoidleri: Granit, Granodiyorit, Monzonit vb.
	Çetmi Melanji: Ofiyolitik Kayalar, Kumtaşı, Kilitaşı, Radyolarit, Kireçtaşı, Muskovit Şist, Eklojit vb. Bloklar
	Serpantin
	Eklojit
	Triyas Yaşlı Kireçtaşı Bloğu
	Karakaya Formasyonu: Metakumtaşı, Metaçamurtaşı, Metavolkanit
	Bozalan Formasyonu: Rekrystalize Kireçtaşı, Konglomera, Metakumtaşı, Fillit
	Karakaya Kompleksi (Ayrılmamış): Metakonglomera, Metakumtaşı, Kumtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Tuf, Metavolkanit, Permo-Karbonifer yaşlı Kireçtaşı
	Mehmetalan Formasyonu: Metadiyabaz, Metatuf, Rekrystalize Kireçtaşı
	Sazak Formasyonu: Metatuf, Fillat, Şist, Mermer vb.
	Mermer Üyesi: Mermer
	Alakeçili Milonit Zonu: Kataklastik Kayalar, Ultramilonit
	Sütüven Formasyonu: Gnays, Sillimanit Gnays, Granitik Gnays, Mermer, Migmatit (Metamorfizma Yaşı: Karbonifer)
	Granitik Gnays: Metagranit
	Sarıköz Mermeri: Mermer, Gnays
	Tozlu Formasyonu: Metaperidotit (Metadunit, Metalerzolit), Ortoamfibolit, Serpantin
	Fındıklı Formasyonu: Amfibollü Gnays, Kalksıkatik Gnays, Granatlı Şist, Mermer (Metamorfizma Yaşı: Triyas)
	Babadag Mermer Üyesi: Mermer
	Altınoluk Mermer Üyesi: Mermer

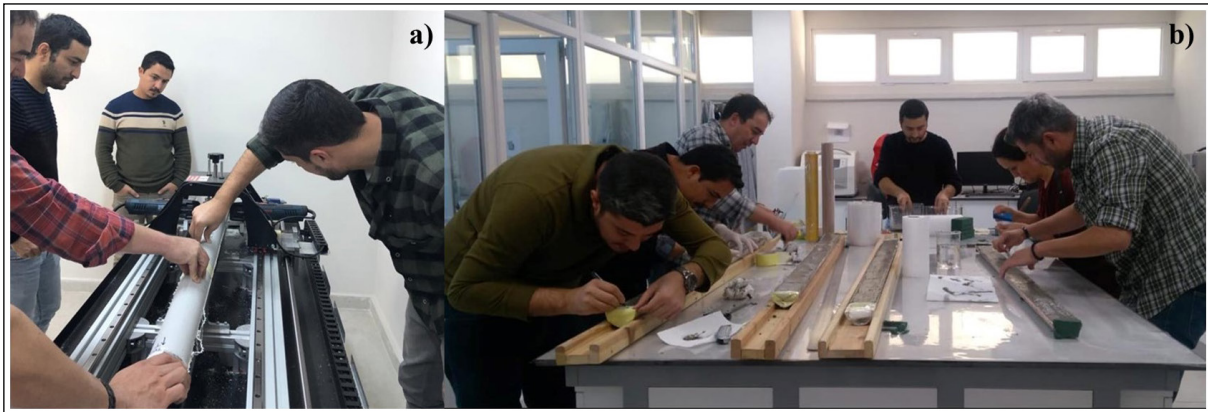
Şekil 3- Edremit Körfezi ve yakın çevresinin MTA bünyesinde hazırlanan 1/100.000 ölçekli haritalar esas alınarak hazırlanmış birimlerin dizilimi ve açıklamaları (Duru vd., 2007a, b; Ilgar vd., 2008; Dönmez, 2013).



Şekil 4- Piston karotiyerin hazırlanması çalışmasından alınan bir görüntü.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Alınan karotların uygun ortam koşullarında taşınması ve saklanması büyük önem taşımaktadır. Bu karotlar, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (Ankara) yerleşkesindeki soğuk hava deposunda saklanmıştır. Karot analizleri için ilk aşama PVC boruları boyuna yarılama sürecidir. Deniz Araştırmaları Laboratuvarı'nda bulunan karot kesme cihazı yardımıyla PVC borular kesilir (Şekil 5a). Kesilmiş



Şekil 5- Karot yarılama sürecinde a) karot kesme ve b) temizleme çalışmalarından birer görünüm.

olan PVC borular misina ve spatulalar yardımı ile iki eşit parçaya ayrılır. Her defasında misina yenilenerek ve kullanılan aparatlar temizlenip saf suda bekletilerek kimyasal kirlenmenin önüne geçilmiş olur (Şekil 5b). İki eşit parçaya ayrılan sediman karotlarından biri analiz için temizlenmek üzere, diğeri ise şahit örnek olarak saklanması amacıyla paketlenir ve etiketlenir.

2.2.1. μ XRF Veri Analizi ve Yorumlama

Deniz ve göl çökelleri, element analizleri yardımı ile ayrıntılı paleo-çevre bilgisi sağlayabilir. Bu veriler genellikle geçmişte iklim değişikliği bilgisini kaydeder ve yapılan analizler ile bu bilgileri yansıtır. Örneğin, kıtalarda yağış, sıcaklık ve bitki örtüsü, kimyasal ayrışma ve fiziksel erozyonu kontrol eden başlıca faktörlerdir. Nehirler ve rüzgârlar tarafından derin deniz veya göle taşınan tortulların kimyası ve mineralojisi korunur. Ayrıca, okyanuslarda bulunan elementer veri, su kütlesi hareketi ve diyajenez gibi özelliklerin belirlenmesinde de kullanılabilir (Rothwell ve Croudace, 2015). Bu amaçla, denizel sedimanların elementer analizlerinin yapılabilmesi için farklı cihazlar geliştirilmiştir. μ XRF cihazları, çevresel değişime bağlı yüksek çözünürlüklü kimyasal değişkenliği incelemek amacıyla tasarlanmıştır. Sedimanter arşivler üzerinde yapılan yüksek çözünürlüklü çalışmalar sadece mevsimsel ve bin yıllık ölçeklerde iklim değişikliği ile ilgili değil son yıllarda özellikle deprensellik alanında da önemli veriler sunar hale gelmiştir. Bu tür çalışmalar için önem teşkil eden modelleme esnasında kullanılan elementler olan Ca, Fe, Sr, K ve Ti gibi elementler deniz sedimanlarında yaygın olarak bulunur (Vidal vd., 2002; Grütznert vd., 2003; Arz vd., 2001, 2003; Kuhlmann vd., 2004; Calvert ve Pederson, 2007; Van Rooij vd., 2007; Romero vd., 2008; Gebhardt vd., 2008). μ XRF analizleri benzer elementlere ilişkin ortaya koyduğu sonuçlar sayesinde birçok bilimsel çalışmaya ışık tutmaktadır.

Edremit Körfezi'nden alınan 60 adet gravite karotu 1 mm/5 sn çözünürlük ile ITRAX cihazında μ XRF analizine tabi tutulmuştur. Bu analizlerde yaklaşık 30 adet element sayım (counts) cinsinden ölçülmüştür. Bunlardan başlıcaları Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Ag, Ba, Ce, Pr, Au, Pb elementleri ve Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , P_2O_5 majör oksitleridir. Karot analizlerinin tamamı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi Deniz Araştırmaları Laboratuvarı'nda

yapılmıştır. Analizlerin tamamlanmasının ardından 60 adet karotun ilk 10 cm'lik kısımlarından elde edilen element değerleri farklı stratejiler belirlenerek haritalanmıştır. Böylelikle ülkemizde ilk kez denizel sedimanlardan alınmış olan yaklaşık 1,5 m'lik sistematik karot örneklerinden mm hassasiyetinde μ XRF analizi yapılarak her bir element için dağılım haritaları hazırlanmıştır. Buna benzer birçok çalışmanın ülke kıyı alanlarımızda yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Geçtiğimiz son 20 yıl içerisinde μ XRF taramalarının çeşitli deniz bilimi uygulamalarında önemli bir yer sahibi olduğu görülmektedir. Bahsedilen deniz bilimi uygulamaları (Croudace ve Rothwell, 2015);

- Karot tanımlama çalışmaları,
- İklimsel salınımlarının belirlenmesi çalışmaları,
- Sedimantolojik yapıların (kül katmanları, türbiditler, aeolian toz akıntıları, buzul akıntıların) tanımlanması çalışmaları,
- Kaynak alanlarındaki tortulların kimyasal özelliklerine dayalı çalışmalar,
- Sedimanter ortamların sınıflandırma analizi ve fasiyes yorumlamaları,
- Diyajenez çalışmaları,
- Karot korelasyonu çalışmaları,
- Çevresel etkilerin önemi ve olumlu-olumsuz katkıları,
- Deprem aktivitesi ve tekrarlanma aralığı çalışmaları,
- Antropojenik etki çalışmaları,

μ XRF analiz sonuçları ışığında her bir elementin temsil ettiği karakteristik özellikler kullanılarak farklı çalışma amaçları doğrultusunda yorumlanabilmektedir. Edremit Körfezi çalışması özelinde dikkate alınan elementler Ca, Fe, Sr, Pb ve TiO_2 değerlendirilerek (Croudace ve Rothwell, 2015). Kalsiyum (Ca) elementinin denizel ortamda bulunması iki farklı kökeni işaret eder. Bunlar biyojenik veya diyajenetik süreçlerdir. Ancak biyojenik kaynaklara denizel alanlarda daha sık rastlanır. Örneğin, Ca ve $CaCO_3$, deniz planktonunun her bölgede bulunan grupları olan foraminifer kaynaklıdır. Ca elementi; $CaCO_3$ stratigrafisi, deniz verimliliği, iklim çalışmaları, taban suyu aşındırma ve alkalinite özelliklerin belirlenmesi,

okyanusal su kütlelerin değişimi ve uzak havza iklimi özelliklerin belirlenmesi çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sayede, denizel üretkenlik bakımından kayda değer veriler sunan Ca, karasal kökenli elementlerle karşılaştırıldığında zıt dağılım grafikleri göstermektedir (Croudace ve Rothwell, 2015). Bu sayede, denizel üretkenlik bakımından kayda değer veriler sunan Ca, karasal kökenli elementlerle karşılaştırıldığında zıt dağılım grafikleri göstermektedir (Croudace ve Rothwell, 2015).

Stronsiyum (Sr) elementi denizel organizmaların Ca ile aynı zamanda çökelişi ile sabitlenen bir alkalın toprak metalidir. Bu sebepten Sr tamamen biyojenik kökene sahip bir element özelliği sunarken aynı zamanda Ca ile karşılaştırıldığında Ca'un kökensel bakımdan irdelenmesine de imkân sağlamaktadır. Ca'un litolojik olarak karasal kaynaklardan da (örneğin feldispatlar ve killer) temin edilebildiği göz önüne alındığında, Ca ve Sr'un birlikte değerlendirilmesi biyojenik ve karasal köken ayrımını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, karbonatça zengin birimlerin veya inorganik aragonitik kayaçların tespitinde kullanılabilir (Croudace ve Rothwell, 2015).

Demir (Fe), O, Si ve Al'dan sonra yer kabuğunda bulunan dördüncü en bol elementtir. Ayrıca, dünyadaki kütlece en yaygın elementtir. Deniz çökellerinde Fe, karbonat/kil oranlarındaki değişiklikleri doğruya en yakın şekilde yansıtması nedeniyle ekolojik çalışmalarda tercih edilmektedir. Sediman taşınımındaki değişiklikler, drenaj alanındaki iklim değişiklikleri, yağış ve yüzey akış değişimleri, karbonat verimliliği ve çözünmesindeki değişiklikler, su akışı ve su kütlesi değişimleri, stratigrafik gelişimin ortaya konması ve diyajenez çalışmalarında aktif bir biçimde kullanılmaktadır. (Croudace ve Rothwell, 2015).

Kurşun (Pb) insan aktivitesinin en önemli göstergelerinden biridir. Özellikle maden işletmeciliği artmış olan bölgelerde Pb konsantrasyonunun doğruluk payı oldukça yüksektir. Yapılan çalışmalar son 500 yılda Pb artışında insan etkisi (kirlilik) ve madenciliğin birincil faktör olduğunu göstermiştir (Miller vd., 2014; Croudace ve Rothwell, 2015).

Ti ve TiO₂ genellikle iri taneli sediman depolanma süreçlerini işaret eden önemli bir göstergedir. Ti'un diğer kaynakları ise anataz (TiO₂), brookit (TiO₂),

ilmenit (FeTiO₃), sfen (CaTiSiO₅) ve titanomagnetit (Fe²⁺ (Fe³⁺ Ti)₂O₄) olup tüm mineraller genellikle kum ve silt fraksiyonları ile ilişkilidir. Ti, iklimsel olarak özellikle göreceli olarak yağış artışını ve nemli iklimi gösterir bir element olması nedeniyle, sediman çökelişindeki farklılıkları, türbiditler ve kül tabakaları ile kıyının gerisindeki sediman beslenme bölgesindeki iklim değişikliklerini net bir şekilde yansıtmaktadır (Croudace ve Rothwell, 2015).

2.3. Haritalama Çalışmaları

Haritalama çalışmaları, her element için ayrı ayrı derinlik/element grafikleri çizilerek ve karotların üst-alt kısımlarında bulunan anlamsız okumalar elendikten sonra yapılmıştır. Element bazlı her karottan alınan ortalama sonuçlar, çalışma alanında ArcGIS programının yardımı ile interpolasyon kullanılarak yoğunluk dağılım haritalarına dönüştürülmüştür. İnterpolasyon istatistik metodunun kullanılmasının sebebi çalışma alanında her noktadan karot almanın mümkün olmamasıdır. Bunun için karot noktaları arasının normalize edilmesi amacıyla bir istatistik yöntemi olan interpolasyon kullanımı tercih edilmiştir. İnterpolasyonun iki ana yaklaşımı vardır. Bunlardan ilki; değeri bilinen noktaların etki alanı bulunarak, etki alanına göre öz nitelik atanmasıdır. Diğeri ise hürelere bölünen alanda her hücrenin orta noktası için hesaplama yapılarak bilinmeyen değerlere ulaşılması esasına dayanmaktadır. ArcGIS programının alt yapısında kullanılan deterministik modeller; ters mesafe ağırlıklı (IDW), küresel polinom, yerel polinom, radyal temel fonksiyonların stokastik modelleridir (basit kriging, evrensel kriging, blok kriging ve ko-kriging). Bu modellerin avantaj ve dezavantajları ve elde edilmiş olan verinin özellikleri göz önünde bulundurularak ters mesafe ağırlıklı deterministik model kullanılmıştır. Bu çalışmada ters mesafe ağırlıklı interpolasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yöntem içinde yer alan deterministik modelde, bilinen noktanın yakınındaki noktaya daha fazla ağırlık verirken uzağında bulunan noktaya daha az ağırlık verilir. Kullanılan bu metod sayesinde 60 adet karotun her bir element için ortalama yoğunluk dağılım haritası hazırlanmıştır.

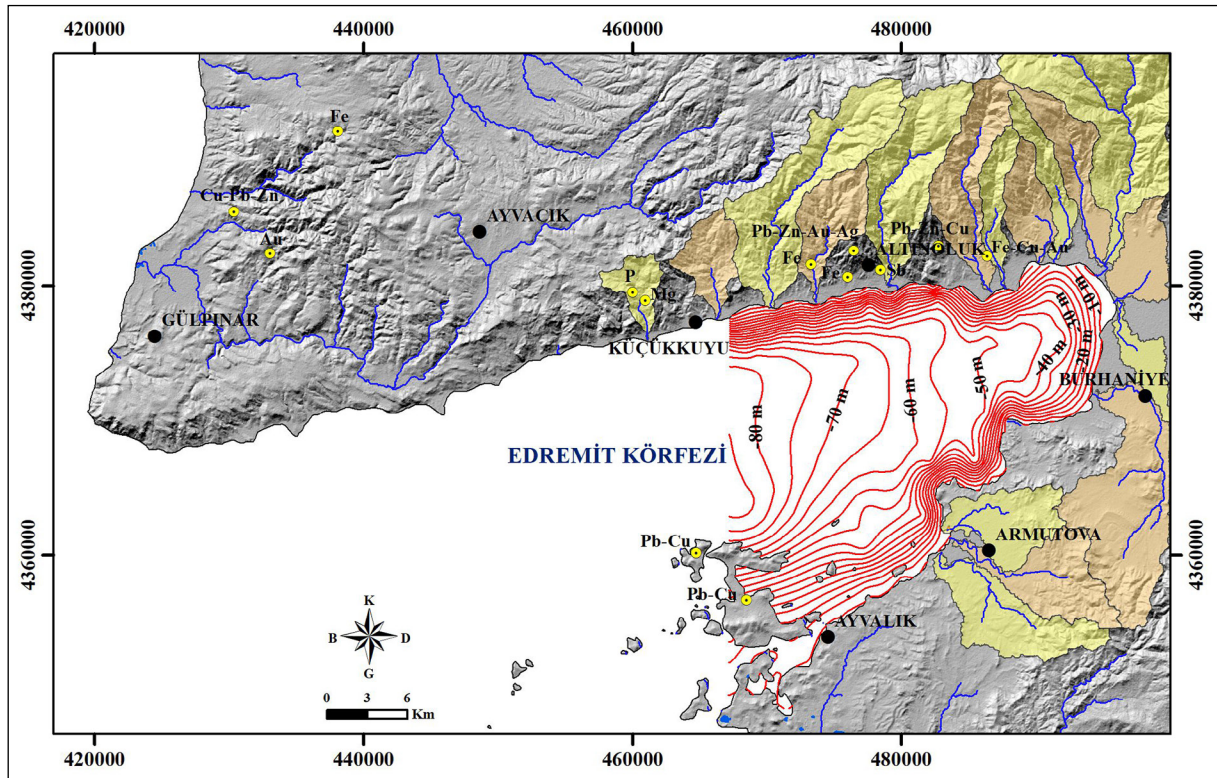
Çalışmada kullanılan gölgeli rölyef haritası, 30 m alansal çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Data Topography Mission (SRTM) (NASA JPL, 2014) sayısal yükseklik verisi (DEM) kullanılarak hazırlanmıştır. Arc Hydro Tools, su kaynakları

uygulamalarını desteklemek için tasarlanmış ArcGIS tabanlı bir araçtır (ESRI, 2014). Edremit Körfezi'ne akan akarsu ağları ve bu akarsuların su havzaları (watershed), SRTM verilerinin ArcGIS yazılımında Arc Hydro Tools ile analiz edilerek belirlenmiştir. Deniz tabanı eş yükselti eğrileri, derinlik noktalarından oluşturulan ters mesafe ağırlıklandırma (inverse distance weighting-IDW) alansal enterpolasyon haritasından üretilmiştir.

3. Bulgular

Tüm kıyı alanlarımıza yaygınlaştırılması planlanan denizel alan jeokimya haritalarının oluşturulması çalışması kapsamında pilot çalışma olarak önerilen Edremit Körfezi jeokimya haritaları planlanan şekilde tamamlanmıştır. Toplam 60 adet sediman karotunda, yaklaşık 30 adet element ve oksitler mm hassasiyetinde μ XRF analizine tabi tutulmuş ve her bir analiz sonucu için farklı haritalar üretilmiştir. Bu makale kapsamında ise sayfa sınırlaması nedeniyle sadece 5 adet element sonucu sunulmaktadır. Ayrıca karotların bulunduğu su derinliği (23-85 m

arasında) ve kıyı çizgisi dikkate alınarak yine benzer bir interpolasyon uygulanmış ve deniz tabanı batimetri haritası oluşturulmuştur (Şekil 6). Bu haritaya aynı zamanda karasal alanda bulunan ve MTA envanterinde kayıtlı halen işletilmekte olan maden ocakları ile Edremit Körfezi'ne sediman taşıyan akarsuların su toplama havza sınırları dahil edilmiştir. Bu sayede, körfez içinde depolanan sedimanların taşınma alanları hakkında da önemli bilgiler elde edilmiştir. Edremit Körfezi özelinde sedimantasyon oranının tespitine ilişkin bir çalışma bulunmamasıyla birlikte Ege Denizi'nde yapılmış bir çalışmada bölgesel nitelikte sedimantasyon hızı yer almaktadır. Aksu vd. (2008) tarafından Ege Denizi'nde tespit edilen ve yaşları belirlenmiş volkanik patlamalar arasındaki sediman kalınlıklarına dayanılarak, yaklaşık sediman depolanma oranı 0,1 mm/y olarak sunulmuştur. Edremit Körfezi'nde yapmış olduğumuz bu çalışmada sedimantasyon oranını dikkate alarak, Körfez'in ortalarında bulunan sediman karotlarında ulaşılan yaklaşık yaş 10.000 yıldır. Jeokimya haritalaması için karotların ilk 10 cm'lik kısmı kullanılmış olup bu kısım yaklaşık son 1000 yıllık periyodu kapsamaktadır.



Şekil 6- Edremit Körfezi'ne sediman taşıyan akarsuların su toplama havzalarının net olarak görünmesi amacıyla sarı ve turuncu renk örtüsü ile sunulmuştur. Ayrıca, karasal alanda bulunan ve halen işletilmekte olan maden ocaklarının lokasyonları (sarı noktalar) ile karot noktalarındaki su derinlikleri dikkate alınarak batimetri haritası oluşturulmuştur (kırmızı çizgiler).

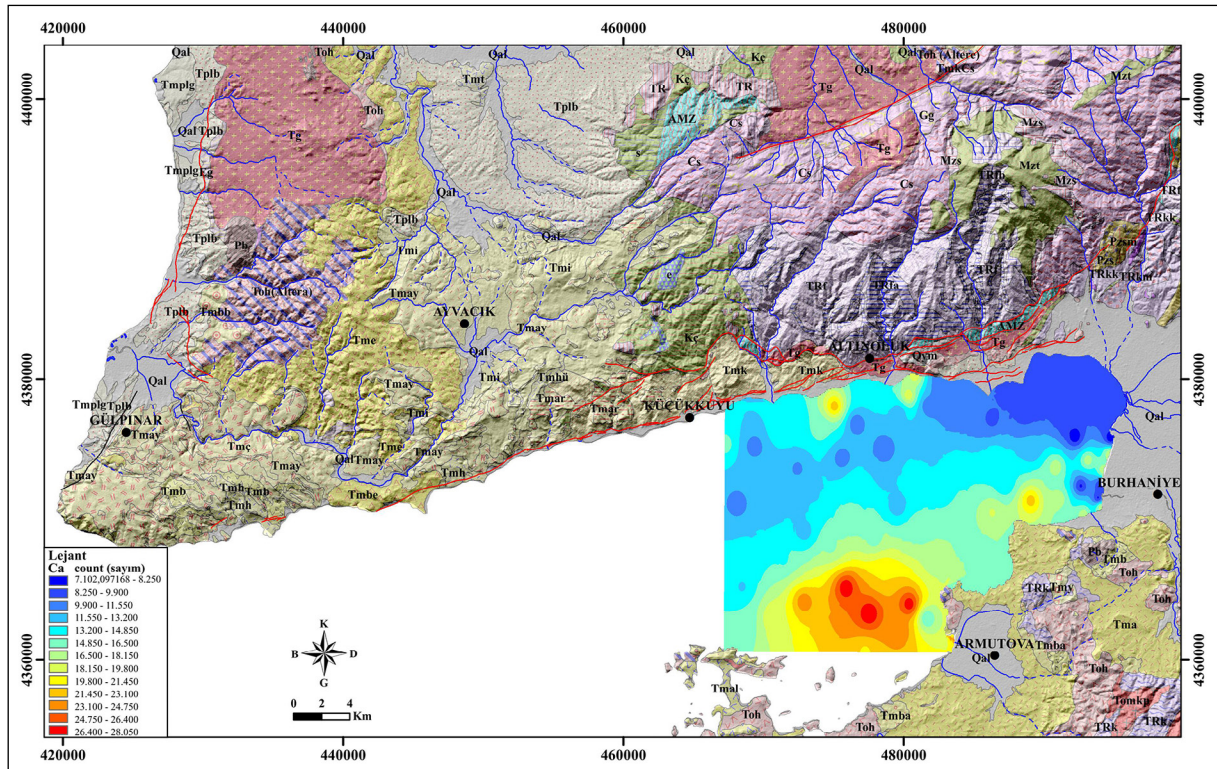
Söz konusu jeokimya haritalarında elementlerin sayım (count, cps) cinsinden ölçümleri yapılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi Ca (Şekil 7) ve Sr (Şekil 8) benzer çökelim davranışı göstermekle birlikte, özellikle Sr elementi mafik ve ultramafik volkanik kayaların olduğu kesimlerde artış göstermektedir. Bu nedenle, Armutova açıklarında Sr dağılım haritasında Ca elementine göre önemli bir artış görülmektedir. Bu durum, Armutova GD kesiminde bulunan volkanitlerin akarsu sistemi vasıtasıyla denizel alana taşınmasının bir yansımasıdır. Elde edilen verilerin sayım cinsinden olması başka bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalar ile karşılaştırılmasına olanak sağlamasa da dağılım haritaları hazırlanırken karotların birbirlerine göre görece element değişimleri ve karot boyunca gözlenen kıyıya yakın ve Körfez içindeki karotların karşılaştırılması sonucunda yorumlar yapılabilmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalarda, Ca ve Fe elementlerinin özellikle iklimsel ve oşinografik çalışmalarda ana parametre olarak kullanıldığı ve bu iki element arasındaki ilişkinin genel olarak zıt yönlü bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir (Rothwell ve Croudace, 2015). Ayrıca, stratigrafik değişimlerin tespitinde Ca ve Fe miktarlarındaki

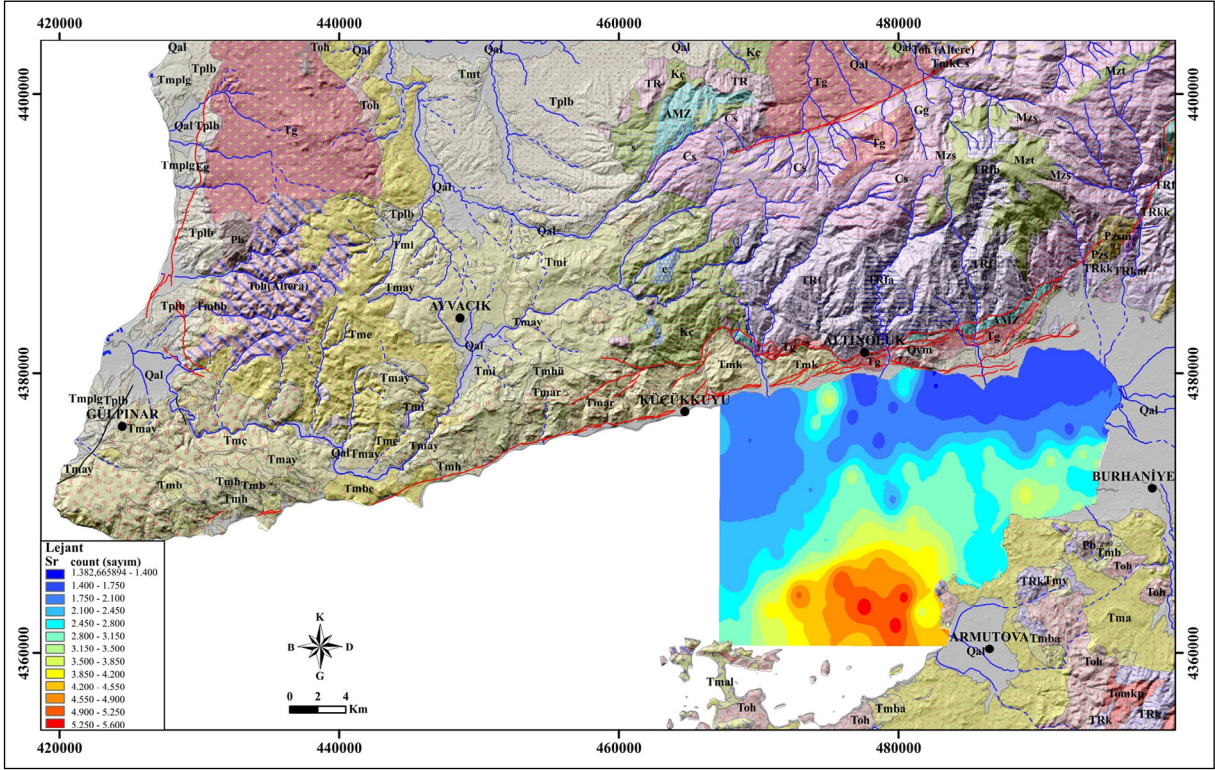
salınımlar biyojenik karbonat ve karasal malzeme miktarının birbirlerine göre görece değişimini göstermektedir (Richter vd., 2006).

Şekil 7 ve 8'de görülen benzerlik durumu, Fe gibi diğer karasal kökenli elementler ile tam tersi bir dağılım sergilemektedir (Şekil 9). Bunun nedeni, körfezin kuzeyinde bulunan akarsu ağından kaynaklanan önemli miktardaki karasal girdinin varlığıdır (Şekil 6). Karasal girdinin bir diğer önemli göstergesi olan Ti elementine ait dağılım haritasında da Fe ile benzer bir dağılım gözlenmektedir. Özellikle tane boyunda gözlenen artış nedeniyle Ti elementinin Fe dağılımına göre daha yaygın olduğu görülmektedir (Şekil 10). Ayrıca Ti elementi dağılım haritası olarak değil de karotlar boyunca incelenecek olursa iklimsel değişimleri ve özellikle yağışlı dönemleri gösteren önemli bir veri seti sunmaktadır.

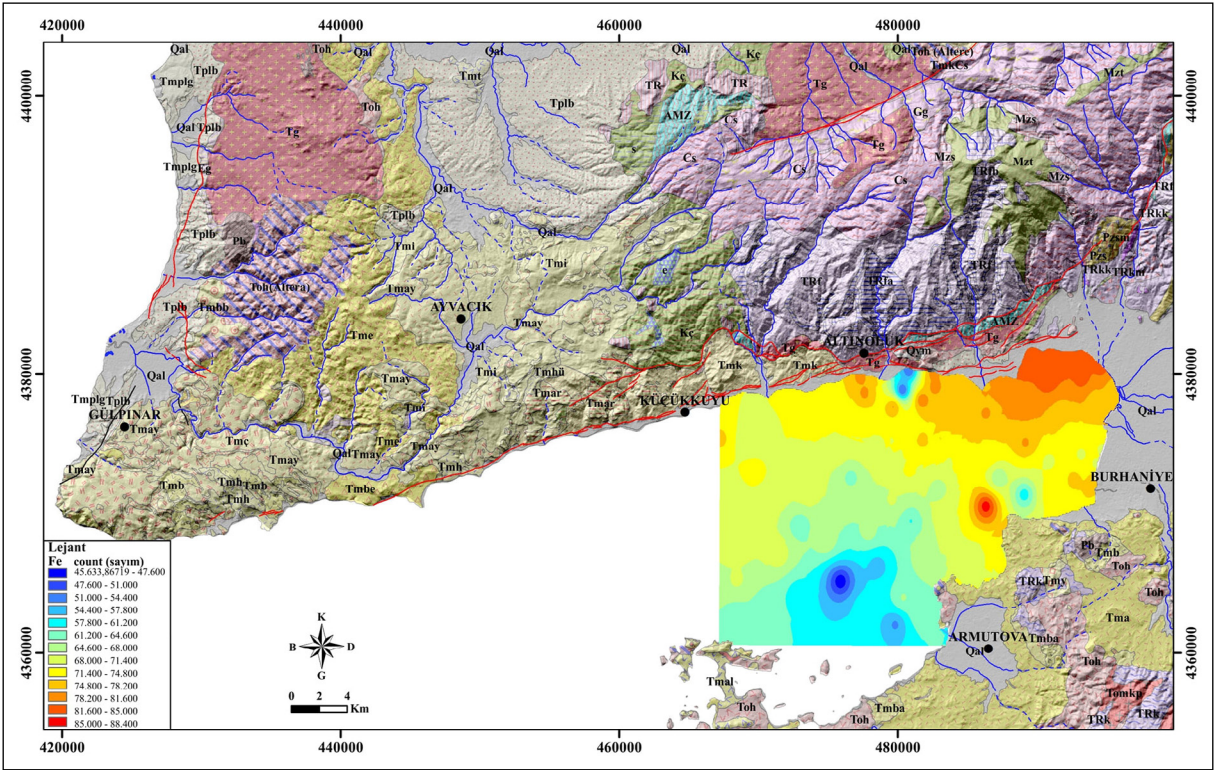
İnsan etkisi (kirlilik) ve madencilik faaliyetlerinin yürütülmesi ile birlikte denizel alanda Pb oranlarında önemli bir artışın varlığı literatürde bilinmektedir (Miller vd., 2014). Benzer bir durum madenciliğin etkin olarak yürütüldüğü Edremit ve civarında, körfeze taşınan sediman bünyesindeki Pb dağılım haritasında



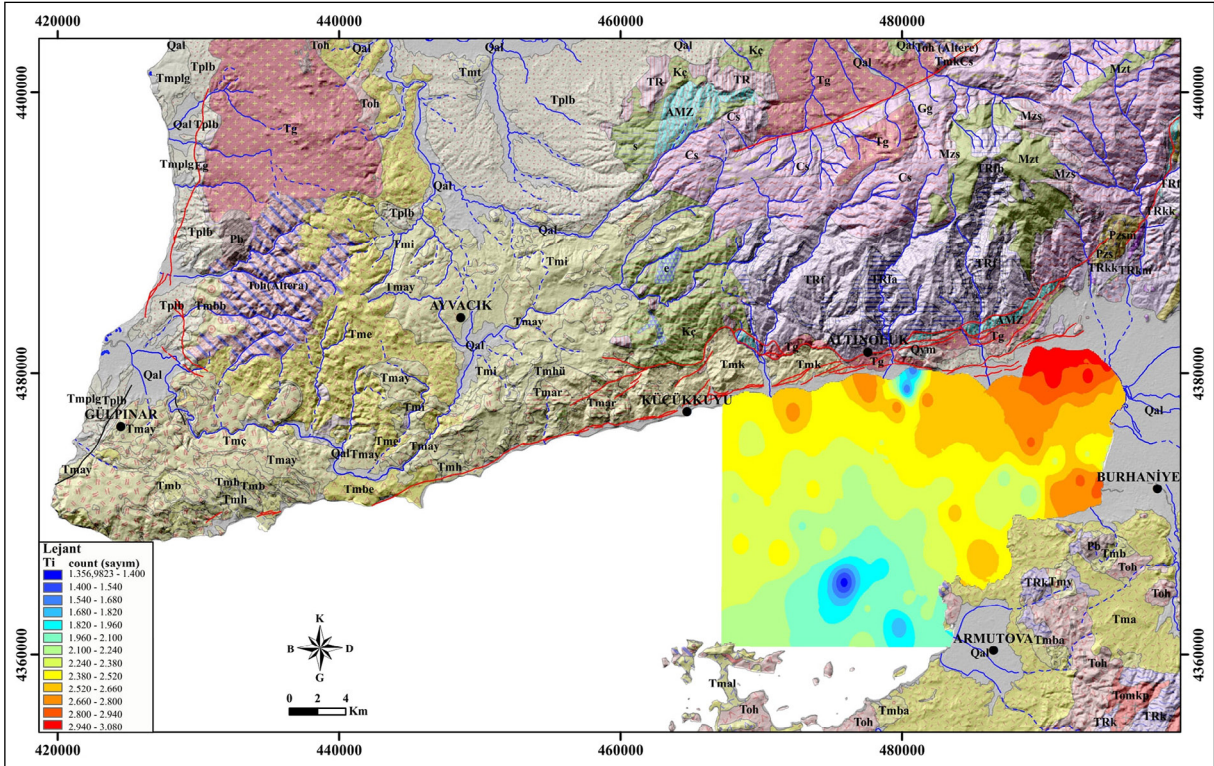
Şekil 7- Örneklenen alanda Ca elementi dağılım haritası. Litolojik açıklamalar Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 8- Örnekleme yapılan alanda Sr elementi dağılım haritası. Litolojik açıklamalar Şekil 3'te yer almaktadır.



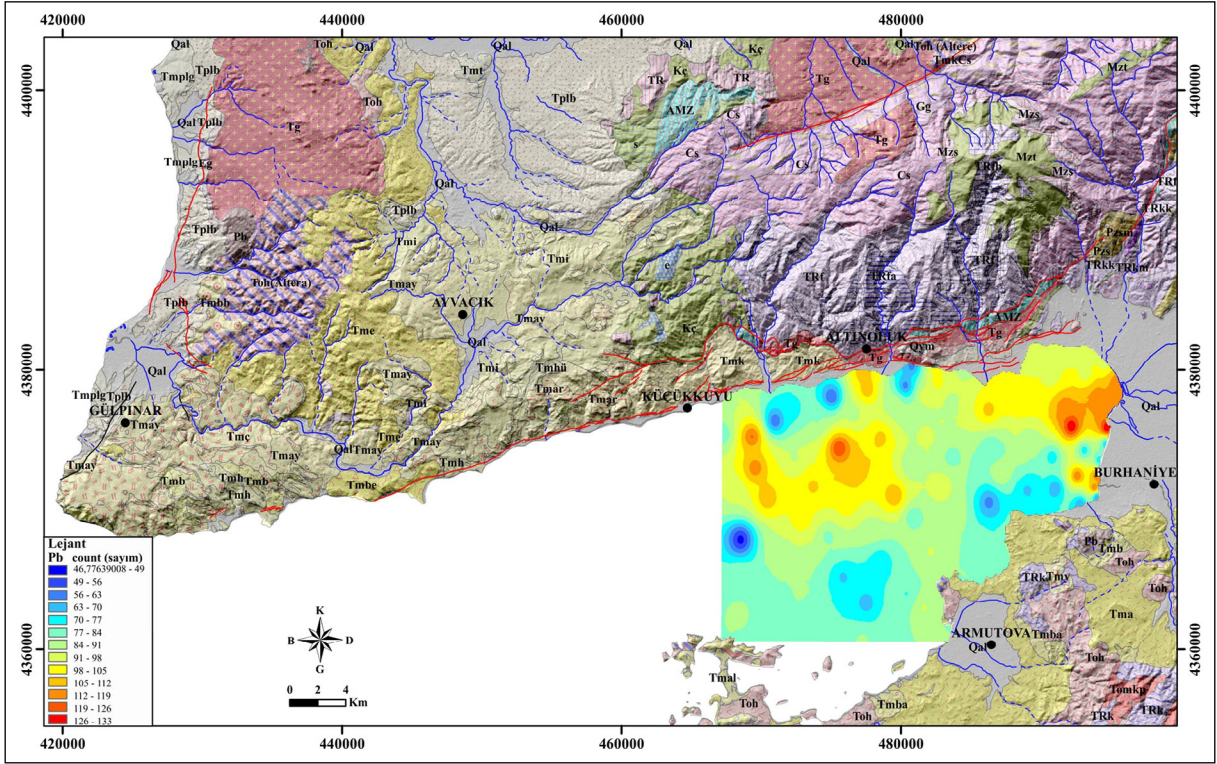
Şekil 9- Örnekleme yapılan alanda Fe elementi dağılım haritası. Litolojik açıklamalar Şekil 3'te yer almaktadır.



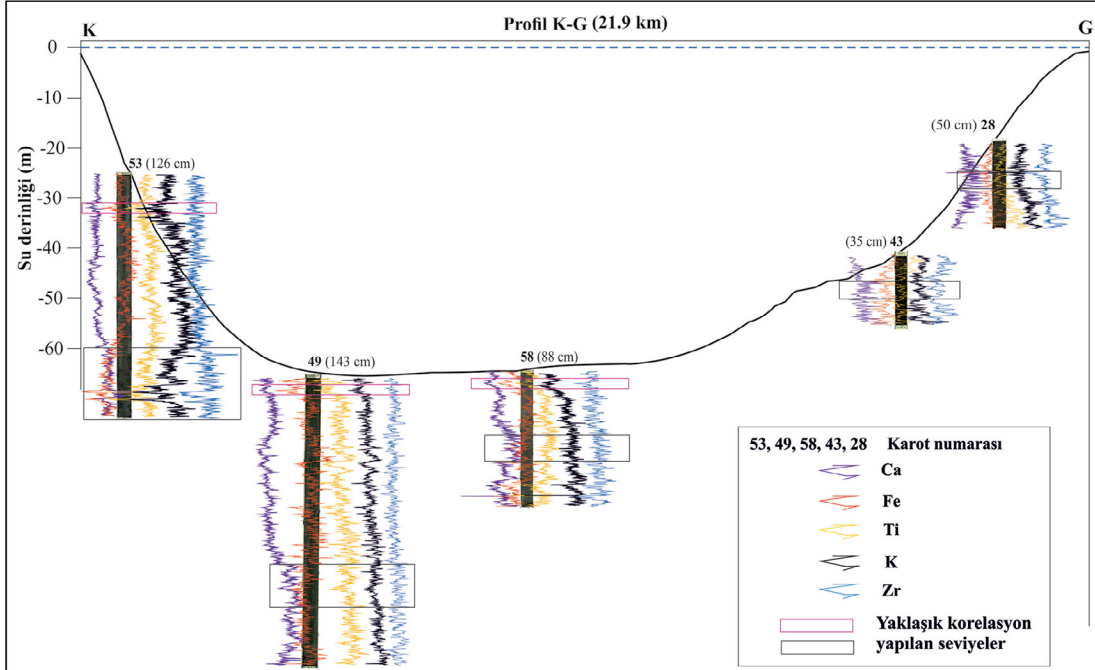
Şekil 10- Örneklemeye yapılan alanda Ti elementi dağılım haritası. Litolojik açıklamalar Şekil 3'te yer almaktadır.

da gözlenmektedir (Şekil 11). Element değerleri ile hazırlanmış haritalar karotların en üstteki 10 cm'lik kesimini temsil ettiğinden, bununla birlikte, Körfez içindeki karotlarda yanal yöndeki değişimi görmek amacıyla korelasyon yapılmıştır. Yaklaşık K-G ve DKD-BGB yönünde olmak üzere iki profil boyunca dizilmiş olan karotlardaki yanal değişim Ca, Fe, Ti, K ve Zr elementleri dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Ca özellikle denizel köken, Fe ve Ti karasal girdi, K ve Zr iklimsel salınımlar hakkında bilgi verebileceği için bu grafiklere dahil edilmiştir. K-G yönlü profile 28, 43, 49, 53 ve 58 numaralı (Şekil 12) ve DKD-BGB yönlü profile 45-17-59-30 numaralı (Şekil 13) karotlar yer almaktadır. Yaklaşık K-G yönlü alınan profile (Şekil 12); körfezin güney kıyısına yakın olan kesimde biyolojik üretkenliğin fazla olması ve kavkı yoğunluğu nedeniyle karot uzunlukları yaklaşık 50 cm ortalama ile alınabilmektedir. Bu nedenle, korele etmek güçleşmiş olmasına rağmen 28 ve 42 numaralı karotlar kendi içinde korele edilebilmiştir.

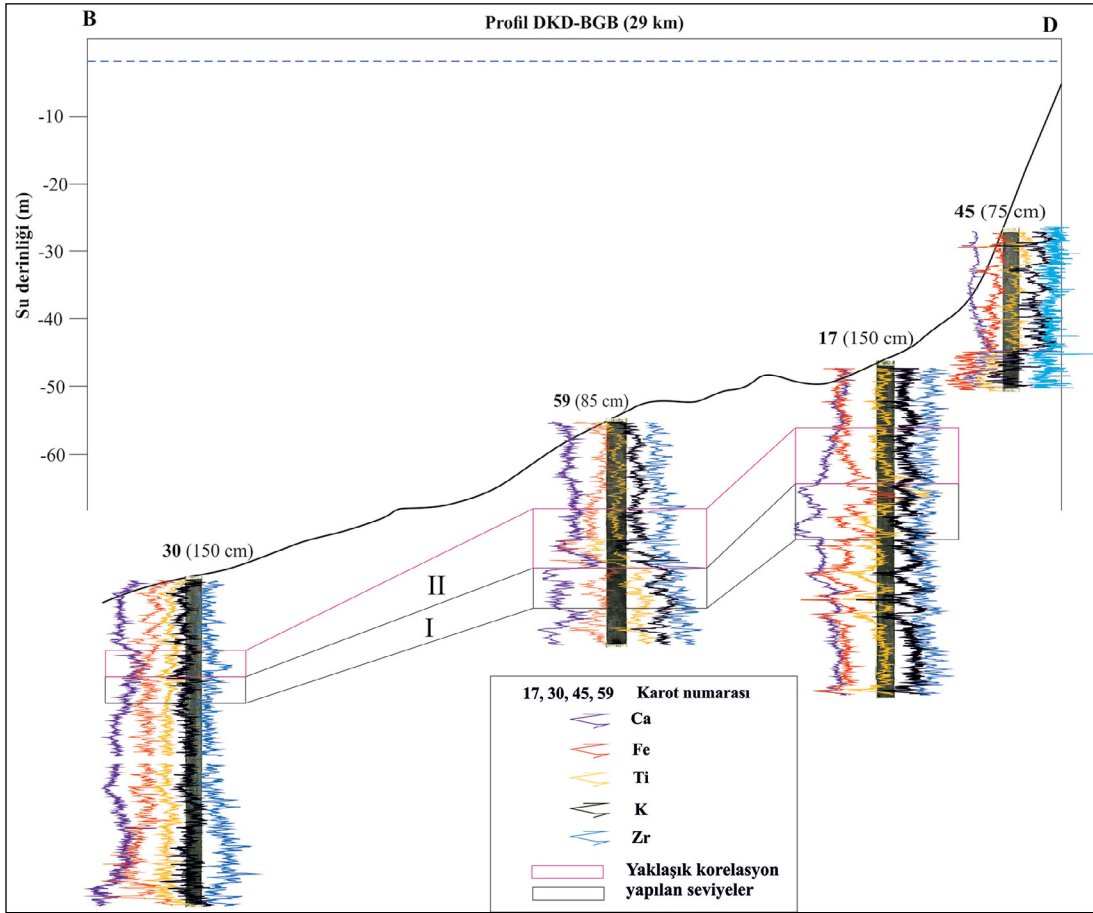
Öte yandan, kuzey kıyıda bulunan 53, 49 ve havza ortasına doğru konumlanmış 58 numaralı karotlardaki element grafiklerine bakılarak 2 seviyede korelasyon yapılabilmektedir. 49 ve 53 numaralı karotlarda pembe ve siyah dikdörtgenlerle belirtilen kısımlar arasındaki çökel paketinin oldukça benzer trendler gösterdiği de tespit edilmiştir. DKD-BGB yönlü alınan profile (Şekil 13); körfezin en doğu kesiminde başlayarak su derinliğinin artışı yönünde alınan karotlardaki grafiklerde 45 numaralı karot hariç karşılaştırılabilir seviyeler tespit edilmiştir. 45 numaralı karotun kıyıya çok yakın oluşu ve karasal girdiden en çok etkilenen karot olmasının bu duruma sebep olduğu yorumlanmıştır. Öte yandan I ve II numara ile gösterilen seviyelerdeki element grafiklerindeki uyum oldukça net bir şekilde görünmektedir. Körfezin derin kesimine doğru gidildikçe karotlarda yer alan farklı sediman paketlerinin kalınlıklarında azalma gözlenirse de element grafiklerinin göstermiş olduğu sonuçların uyumu net olarak gözlenmektedir.



Şekil 11- Örneklemeye yapılan alanda Pb elementi dağılım haritası. Litolojik açıklamalar Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 12- Yaklaşık K-G yönlü profil boyunca 5 adet karot noktasından geçecek şekilde bir kesit alınmış ve element değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 13- DKD-BGB yönlü profil boyunca 4 adet karot noktasından geçecek şekilde bir kesit alınmış ve element değerleri karşılaştırılmıştır.

4. Sonuçlar

Ülkemiz jeolojik özellikleri dikkate alındığında birçok çeşitliliği ve zenginliği (litoloji çeşitliliği, yaş dağılımı, ekonomik potansiyeli vb.) bünyesinde bulundurmaktadır. Edremit Körfezi tektonik, jeolojik ve maden potansiyeli bakımından değerlendirildiğinde önemli alanlardan biridir. Bu nedenle, MTA Deniz Araştırmaları Dairesi bünyesinde Edremit Körfezi'nin deniz tabanı jeokimya haritalarının oluşturulması amacıyla bir çalışma başlatılmıştır. Çalışma alanından toplanan sediman karotları üzerinde μ XRF analizi yapılarak yaklaşık 30 adet elemente ilişkin dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu makale kapsamında, 6 element karakteristik özelliklere sahip oldukları için seçilerek sunulmuştur. Bu 6 elementin grafikleri kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Edremit Körfezi'ne 60 adet sediman karot örneği μ XRF analizi yapılarak tanımlanmış ve bu karotlara ait en güncel 10 cm'lik sedimanlara

ait deniz tabanı jeokimya haritası hazırlanmıştır. Sediman karotları arasındaki yatay mesafe ortalama 2,5-3 km arasında değişmektedir.

- Aksu vd. (2008) tarafından Ege Denizi'nde yapılan çalışmada yaklaşık sediman depolanma oranı 0,1 mm/y olarak tespit edilmiştir. Edremit Körfezi'nde yapılan bu çalışmada ise karotların haritalama yapılan en güncel 10 cm'lik kısmı yaklaşık 1000 yıllık bir zaman dilimine karşılık gelmektedir.
- Ca ve Fe arasındaki zıt yönlü değişimler sayesinde, Fe referans alınarak Ca oranının denizel veya karasal olduğu konusunda da kestirimde bulunulabilmektedir. Edremit Körfezi'nin kuzey kesiminde Fe elementinde gözlenen artış miktarı görece güney kenarına göre daha fazla karasal girdiyi işaret etmektedir. Öte yandan, körfezin güney kesiminde artış gösteren Ca oranının denizel kökenli canlılara

ait kavkılara bağlı olarak artış gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Çünkü, ortamsal olarak değerlendirildiğinde ada topuklarına bağlı olarak su derinliğinin az olması denizel üretkenliğe uygun ortam hazırlamaktadır.

- Körfezin güney kesiminde (karasal girdinin düşük olduğu alan) yüksek Ca-Sr oranları görülmektedir. Ca ve Sr'un benzer dağılım göstermesi Ca elementinin denizel kökenli olduğunu gösteren önemli bir veridir. Ayrıca Sr elementi mafik ve ultramafik karakterli volkanik kayaların olduğu bölgelerde artış göstermektedir. Bu nedenle, Armutova açıklarında elde edilen Ca oranına göre yüksek Sr miktarı, Sr'un karasal bir kökene de sahip olduğunu göstermektedir.
- Ca elementi hem denizel hem de karasal kökenli oluşumlar tarafından ortaya çıkmaktadır. Edremit Körfezi için Ca ve Sr büyük oranda uyum göstermekte iken Fe elementi ile tamamen zıt bir dağılım sergilemektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde Edremit Körfezi'nde çökelen Ca elementinin ağırlıklı olarak denizel kökenli olduğu söylenebilir.
- Ti ve Fe tamamen karasal beslenmeyi işaret eden elementlerdir. Edremit Körfezi'nin kuzey kısmında yoğun akarsu ağı, karasal girdinin yüksek olmasının nedenidir. Bu nedenle Ti ve Fe oranı körfezin kuzey kesiminde kayda değer bir artış sergilemektedir.
- Pb miktarı, antropojenik ve maden işletmelerinin ortaya çıkması ile artış göstermektedir. Edremit yerleşkesi açıklarında görülen Pb oranındaki artış bu veriyi destekler niteliktedir. Buna ek olarak Pb miktarının özellikle kirlilik açısından da önemi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Körfezden alınan karotlardaki yanal değişimin tespit edilmesi amacıyla K-G ve DKD-BGB yönlü iki profil alınmıştır. Bu profiller boyunca elde edilen element değerlerindeki korelasyon yapılabilmektedir. Bu oranların oldukça yüksek olduğu ve verilerin birbirleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir.

Değerlendirilen Belgeler

Akiska, S., Demirela, G. 2014. Handeresi, Bağırkaçdere ve Fırıncıkdere (Kalkım, Yenice ÇANAKKALE)

Pb-Zn±Cu Distal Skarn Yataklarında Akışkanların Kökeni. *Yerbilimleri* 35, 3, 199-218.

- Aksu, A. E., Yaşar, D., Uslu, O. 1998. Assessment of marine pollution in İzmir Bay: Heavy metal and organic compound concentrations in surficial sediments. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 22, 5, 387-416.
- Alak, A., Sümer, Ö. 2017. Marmara ve Karadeniz kıyılarındaki güncel sedimanlar içinde Antroposen'in varlığına ait yeni bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 60, 145-168.
- Algan, O., Çağatay, N., Sarıkaya, H. Z., Balkıs, N., Sarı, E. 1999. Pollution monitoring using marine sediments. A case study on the İstanbul Metropolitan Area. *Tr.J. of Engineering and Environmental Science* 23, 39-45.
- Algan, O., Balkıs, N., Çağatay, M. N., Sarı, E. 2004. The sources of metal contents in the shelf sediments from the Marmara Sea, Turkey. *Environmental Geology* 46, 932-950.
- Altunkaynak, Ş. 2004. Post collisional multistage magmatism in northwest Anatolia (Turkey): geochemical and isotopic study of Orhaneli magmatic associations. *International Geological Congress, Florence, Italy, August 20–28.*
- Altunkaynak, Ş., Genç, Ş.C. 2008. Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). *Lithos* 102, 316–340.
- Arrhenius, G. 1952. Sediment cores from the East Pacific. *Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition (1947–1948)*, 5, 1127, Goteborg.
- Arz, H. W., Pätzold, J., Moammar, M.O., Röhl, U. 2001. Late Quaternary climate records from the Northern Red Sea: results on gravity cores retrieved during the R/V METEOR Cruise M44/3. *Journal of King Abdulaziz University, Marine Science* 101–113.
- Arz, H.W., Pätzold, J., Müller, P. J., Moammar, M. O. 2003. Influence of Northern Hemisphere climate and global sea level rise on the restricted Red Sea marine environment during termination I. *Paleoceanography* 18, 1053.
- Aysal, N., Öngen, S., Peytcheva, I., Keskin, M. 2012a. Origin and evolution of the Havran Unit, Western Sakarya basement (NW Turkey): new LA-ICP-MS U-Pb dating of the metasedimentary-metagranitic rocks and possible affiliation to Avalonian microcontinent. *Geodinamica Acta* 25, 3-4, 226-247.

- Aysal, N., Ustaömer, T., Öngen, S., Keskin, M., Köksal, S., Peytcheva, I., Fenning, M. 2012*b*. Origin of the Lower–Middle Devonian magmatism in the Sakarya Zone, NW Turkey: geochronology, geochemistry and isotope systematics. *Journal of Asian Earth Sciences* 45, 201–222.
- Balkıs, N., Çağatay, M. N. 2001. Factors controlling metal distributions in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environment International* 27, 1-13.
- Beccaletto, L., Bonev, N., Bosch, D., Bruguier, O. 2007. Record of a Palaeogene syncollisional extension in the north Aegean region: evidence from the Kemer micaschists (NW Turkey). *Geological Magazine* 144, 393–400.
- Benda, L., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F., Steffens, P. 1974. Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 125, 183-193.
- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. 1975. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Enstitüsü, 70–77.
- Bingöl, E., Delaloye, M., Ataman, G. 1982. Granitic intrusion in Western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 75, 2, 437–446.
- Bodur, M. N., Ergin, M. 1994. Geochemical characteristics of the recent sediments from the Sea of Marmara. *Chemical Geology* 115, 73-101.
- Bramlette, M. N., Bradley, W. H. 1940. Geology and biology of North Atlantic deep-sea cores between Newfoundland and Ireland. Part 1. Lithology and geologic interpretations. *US Geological Survey professional paper* 196, 1–34.
- Calvert, S. E., Pedersen, T. F. 2007. Elemental proxies for palaeoclimatic and palaeoceanographic variability in marine sediments: interpretation and application. *Proxies in Late Cenozoic paleoceanography*. *Developments in marine geology*, 1. Elsevier Science, Amsterdam, 567–644
- Correns, C. W. 1937. Die sedimente des aquatorialen Atlantischen Ozeans II. *Geochemie der Sedimente*. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Vermessungsschiff Meteor 1925–1927*, 3, 205–245.
- Croudace, I. W., Rothwell, R. G. 2015. *Micro-XRF studies of sediment cores: perspective on capability and application in the environmental sciences*. Springer Netherlands. ISBN: 9789401798488.
- Çağatay, M. N., Görür, N., Flecker, R., Sakıncı, M., Tünoğlu, T., Ellam, R., Krijgsman, W., Vincent, S., Dikbaş, A. 2006. Paratethyan–Mediterranean connectivity in the Sea of Marmara region (NW Turkey) during the Messinian. *Sediment Geology* 188–189, 171–188.
- Delaloye, M., Bingöl, E. 2000. Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Reviews* 42, 241–268.
- Dönmez, M. 2013. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ayvalık-J17 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A. İ., Şentürk, Y., Kar, H. 2012. Biga Yarımadası'nın Tersiyer Öncesi Jeolojisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi 28, 7-74.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Ilgar, A., Dönmez, M., Akçay, A. E. 2007*a*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1:100.000 ölçekli Ayvalık İ17 Paftası Jeoloji Haritası.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, A. E. 2007*b*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1:100.000 ölçekli Balıkesir İ18 Paftası Jeoloji Haritası.
- Dymond, J., Collier, R. 1996. Particulate barium fluxes and their relationships to biological productivity. *Deep Sea Research Part II* 43, 1283–1308.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H. J., Yıldırım, T. 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 117, 55-86.
- Ergin, M., Saydam, C., Baştürk, Ö., Erdem, E., Yörük, R. 1991. Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara. *Chemical Geology* 91, 3, 269-285.
- Ergin, M., Bodur, M. N., Ediger, D., Ediger, V., Yılmaz, A. 1993. Organic carbon distribution in the surface sediments of the Sea of Marmara and its control by the inflows from adjacent water masses. *Marine Chemistry* 41, 311-326.

- Ergin, M., Kazan, B., Ediger, V. 1996. Source and depositional controls on heavy metal distribution in marine sediments of the Gulf of İskenderun, Eastern Mediterranean. *Marine Geology* 133, 223-239.
- Ergin, M. 2020. Investigation of Anthropogenic Heavy Metal Pollution in Core Sediments from the Eckernförder and Geltinger Bays in the Western Baltic Sea, Germany. *Geological Bulletin of Turkey* 63, 21-42.
- Eryılmaz, M., Eryılmaz, F. Y. 2012. Dikili Kanalı'nın (Kd Ege Denizi) Oşinografisi. SBT 2012, Sualtı Bilim ve Teknolojileri Toplantıları 17-18 Kasım 2012 Bildiriler kitabı 152, İstanbul.
- ESRI, 2014. Arc Hydro Overview Document #1, Arc Hydro Tools Overview, Environmental Systems Research Institute. <http://downloads.esri.com/archydro/archydro/>
- Gebhardt, H., Sarnthein, M., Grootes, P. M., Kiefer, T., Kühn, H., Schmieder, F., Röhl, U. 2008. Paleonutrient and productivity records from the subarctic North Pacific for Pleistocene glacial terminations I to V. *Paleoceanography* 23, 4212.
- Genç, Ş. C., Yılmaz, Y. 1997. An example of postcollisional magmatism in Northwestern Anatolia: the Kızderbent volcanic (Armutlu peninsula, Turkey). *Turkish Journal of Earth Science* 6, 33-42.
- Genç, Ş. C., Dönmez, M., Akçay, A. E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, Ilgar, M. Y. 2012. Biga Yarımadası Tersiyer Volkanizmasının Stratigrafik, Petrografik ve Kimyasal Özellikleri. Yarımadası'nın Tersiyer Öncesi Jeolojisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi 28, 122-162.
- Goldberg, E. D. 1954. Marine geochemistry I. Chemical scavengers of the sea. *The Journal of Geology* 62, 249-265.
- Goldberg, E. D., Arrhenius, G. 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments. *Geochemica Cosmochimica Acta* 13, 153-212.
- Grützner, J., Rebesco, M. A., Cooper, A. K., Forsberg, C. F., Kryc, K. A., Wefer, G. 2003. Evidence for orbitally controlled size variations of the East Antarctic Ice Sheet during the late Miocene. *Geology* 31, 777-780.
- Harris, N. B. W., Kelley, S., Okay, A. I. 1994. Post-collisional magmatism and tectonics in Northwest Anatolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 117, 241-252.
- Ilgar, A., Demirci, E. S., Dönmez, M., Akçay, A. E., Duru, M., Pehlivan, Ş. 2008. 1:100.000 ölçekli Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Ayvalık İ16 ve J16 Paftaları Jeoloji Haritası.
- Ito, S., Kamioka, H., Tanaka, T., Togashi, S., Imai, N., Kanai, Y., Terashima, S., Uto, K., Okai, T., Ujiie, M., Shibata, K., Kamitani, M., Sato, K., Sakamoto, T., Ando, A. 1991. Geochemical Atlas of Japan – Northern Kanto Area, Geological Survey of Japan.
- Jenkins, R., De Vries, J. L. 1970. Practical X-ray spectrometry. Macmillan, London, 189.
- Klump, J., Hebbeln, D., Wefer, G. 2000. The impact of sediment provenance on barium-based productivity estimates. *Marine Geology* 169, 259-271.
- Krushensky, R. D. 1975. Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the karalar-yesiller area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin Volcanologique* 39, 336-360.
- Kuhlmann, H., Meggers, H., Freudenthal, T., Wefer, G. 2004b. The transition of the monsoonal and the N Atlantic climate system off NW Africa during the Holocene. *Geophysical Research Letters* 31, 22204.
- Küçüksezgin, F., Kontas, A., Altay, O., Uluturhan, E., Darılmaz, E. 2006. Assessment of marine pollution in Izmir Bay: Nutrient, heavy metal and total hydrocarbon concentrations. *Environment International* 32, 41-51.
- Lin, Z., Han, X., Jin, X., Zhu, C., Yi, L., Li, Z. 2019. Magnetostratigraphy and paleoenvironmental significance of sediments from ANT29-P7-09 core in Prydz Bay, Antarctica. *China Geology* 3, 4, 495-503.
- Miller, H., Croudace, I. W., Bull, J. M., Cotterill, J. C., Dix, J. K., Taylor, R. N. 2014. A 500 year sediment lake record of anthropogenic and natural inputs to Windermere (English Lake District) using double-spike lead isotopes, radiochronology, and sediment microanalysis. *Environmental Science and Technology* 48, 7254-7263.
- NASA JPL 2014. NASA Shuttle Radar Topography Mission Combined Image Data Set. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/MEaSURES/SRTM/SRTMIMG03>. Nisan 21, 2021.
- Ohta, A., Imai, N., Terashima, S., Tachibana, Y., Ikehara, K., Nakajima, T. 2004. Geochemical mapping in Hokuriku, Japan: Influence of surface geology,

- mineral occurrences and mass movement from terrestrial to marine environments. *Applied Geochemistry* 19, 9, 1453–1469.
- Okay, A. I., Siyako, M., Bürkan, K. A. 1991. Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula. Special Issue on Tectonics, *Bulletin of the Technical University of Istanbul* 44, 191-255.
- Okay, A. I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monié, P., Metzger, R., Akyüz, S. 1996. Paleo and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. *Tectonics of Asia*. Cambridge University Press 420–441.
- Okay, A. I., Satır, M. 2000. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine* 137, 495-516.
- Okay, A.I., Göncüoğlu, M. C. 2004. The Karakaya Complex: a review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences* 13, 77–97.
- Pickett, E.A., Robertson, A. H. F. 1996. Formation of the Late Palaeozoic–Early Mesozoic Karakaya Complex and related ophiolites in NW Turkey by Palaeotethyan subduction-accretion. *Journal of the Geological Society* 153, 995–1009.
- Richter, C., Venuti, A., Verosub, K. L., Wei, K. 2006. Variations of the geomagnetic field during the Holocene: relative paleointensity and inclination record from the West Pacific (ODP Hole 1202B) *Phys. Earth Planet. Inter.* 156, 179-193.
- Romero, O. E., Kim, J. H., Donner, B. 2008. Submillennial-to-millennial variability of diatom production off Mauritania, NW Africa, during the last glacial cycle. *Paleoceanography* 23, 3218.
- Rothwell, R., Croudace, I. 2015. Twenty Years of XRF Core Scanning Marine Sediments: What Do Geochemical Proxies Tell Us? *Micro-XRF Studies of Sediment Cores. Developments in Paleoenvironmental Research*, 17. Springer, Dordrecht, 25-102
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., Sungurlu, O. 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society, London, Special Publications 17, 77–112.
- Şengün, F., Yiğitbaş, E., Tun, İ. O. 2011. Geology and tectonic emplacement of eclogite and blueschists, Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 20, 273–285.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Hirahara, Y., Iwamori, H., Mimura, K., Sugisaki, R., Asahara, Y., Ito, T., Yurai, H., Yonezawa, C., Kanda, S., Shimizu, O., Hayashi, M., Miura, N., Mutoh, K., Ohta, A., Sugimura, K., Togami, K., Toriumi, T., Matsumura, Y. 1994. Geochemical survey of the Sanage-yama area in Aichi Prefecture for environmental assessment. *The journal of earth and planetary sciences, Nagoya University* 41, 1–31.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Yamamoto, K., Iwamori, H., Hirahara, Y., Mimura, K., Asahara, Y., Minami, M., Ito, T., Dragusanu, C., Miura, N., Aoki, H., Ohta, A., Togami, K., Toriumi, T., Matsumura, Y., Sakakibara, T., Tanimizu, M., Mizutani, Y., Miyanaga, N., Murayama, M., Takayanagi, Y. 1996. Geochemical mapping of the northern area of Toyota City, Aichi Prefecture, central Japan: distinct chemical characteristics of stream sediments between granitic and sedimentary rock area. *The journal of earth and planetary sciences, Nagoya University* 43, 27–47
- Tolun, L. G., Okay, O. S., Gaines, A. F., Tolay, M., Tüfekçi, H., Kıratlı, N. 2001. The pollution status and the toxicity of surface sediments in Izmit Bay (Marmara Sea), Turkey. *Environment International* 26, 163-168.
- Tuncer, G., Tuncel, G., Balkas, T. I. 2001. Evolution of metal pollution in the Golden Horn (Turkey) sediments between 1912 and 1987. *Marine Pollution Bulletin* 42, 5, 350–360
- Tunç, İ. O., Yiğitbaş, E., Şengün, F., Wazec, J., Hofmann, M. Linnemann, U. 2012. U-Pb zircon geochronology of northern metamorphic massifs in the Biga Peninsula (NW Anatolia-Turkey): new data and a new approach to understand the tectonostratigraphy of the region, *Geodinamica Acta* 25, 3-4, 202-225.
- Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y. Z. 2007. Heavy metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. *Environmental Monitoring and Assessment* 144, 169-178.
- Van Rooij D., Blamart, D., Richter, T., Wheeler, A., Kozachenko, M., Henriot, J. P. 2007. Quaternary sediment dynamics in the Belgica mound province, Porcupine Seabight: ice-rafting events and contour current processes. *International Journal of Earth Sciences* 96, 121–140.
- Vidal, L., Bickert, T., Wefer, G., Röhl, U. 2002. Late Miocene stable isotope stratigraphy of SE Atlantic ODP

- Site 1085: Relation to Messinian events. *Marine Geology* 180, 1-4, 71-85.
- Yaşar, D., Aksu, A. E., Uslu, O. 2001. Anthropogenic Pollution in İzmit Bay: Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25, 4, 299-313.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics* 31, 243–271.
- Yiğit, Ö. 2012. A prospective sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and geochronology of mineral deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Ore Geology Reviews* 46, 118-148.