

Aliğa Körfezi Geç Kuvaterner-Güncel yüzey sedimanlarında ağır metal birikiminin incelenmesi

Serkan PALAS¹

1. Giriş

Son yıllarda Dünya'da kirleticilerin ekosistem üzerine doğrudan ya da dolaylı olarak etkileri değişik ölçeklerde artmış ve bu etkiler araştırmacılar tarafından sürdürülebilir bir çevre yönetimi çerçevesinde incelenmeye başlanmıştır. Yapılan çalışmalar, ağır metallerin gelişen sanayi faaliyetleri sebebiyle ortaya çıkan önemli kirleticiler arasında yer aldığını göstermiştir. Yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için ağır metal tanımı kullanılmaktadır. Bu metaller bileşimleri gereği yerkürede genellikle karbonat oksit, silikat ve sülfürlü bileşik olarak veya silikatlar içinde korunaklı bir şekilde bulunurlar. Antropojenik kaynaklı faaliyetler sonucunda alıcı ortama salınan ağır metaller ise suda, toprakta, balıkların yüzgeçlerinde ve bitki bünyesinde kirliliğe yol açmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003). Havaya yayılan ağır metaller, sırasıyla toprak, bitki ve besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlara ulaşmaktadır. İnsan ve hayvanlar soluma yoluyla ağır metalleri havadan aerosol şeklinde de almaktadırlar. Endüstriyel atık suların ise içme sularına karışma tehlikesi mevcuttur. Deniz ve nehir ortamlarının sedimanları, içinde buldukları alanlardaki endüstriyel faaliyetlerin yayılımına bağlantılı olarak değişen seviyelerde kirliliğe maruz kalmaktadırlar.

Ağır metallerin belirli konsantrasyonlarda bulunması canlıların hayati fonksiyonları için gerekli iken, fazlası geri dönüşü olmayan zararlara yol açmaktadır. Ağır metallerin su ve sedimanlarda zenginleşmesi, buldukları ortamın hidrojeokimyasal özelliklerine göre sudan sedimana veya sedimandan suya olacak şekilde gerçekleşmektedir. Gerek su gerek sediman kullanımı, farklı türde canlıların bu elementlerle etkileşimini dolaylı ya da doğrudan olarak gerçekleştirmektedir. İnsanoğlunun doğa ile etkileşimini sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için bu tip ortamlar araştırılmalı, kaydedilen değişimler takip edilmelidir.

Sanayi devriminden günümüze kadar geçen süreç içerisinde sucul ortamlar, insan etkisiyle kirlenmekte ve bu kirlilik jeolojik ve atmosferik kaynaklı doğal zenginleşmeden ayrılmaktadır. Deniz ve göl sedimanları, karadaki bu olayların jeokimyasal olarak incelenmesini sağlayan bir nevi arşiv görevi görmektedir. Doğal jeokimyasal değerler ile insan kaynaklı etkinin birbirinden ayrışması için düzenli

istifler sunan deniz ve göl sedimanlarının incelenmesi ve yakın tarihimizin doğal ortamlara olan etkisinin araştırılması, ortaya çıkabilecek sorunlara yönelik önlemler alınması açısından önemlidir.

Ağır metal birikimi jeolojik açıdan kirlilik anlamı taşır bu cevherleşme anlamına da gelebilir. Burada önemli olan husus antropojenik etki ile doğal background (temel) etkiyi birbirinden ayırabilmektir. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar gelişme eğilimindedir.

2. Çalışma Alanı ve Jeolojisi

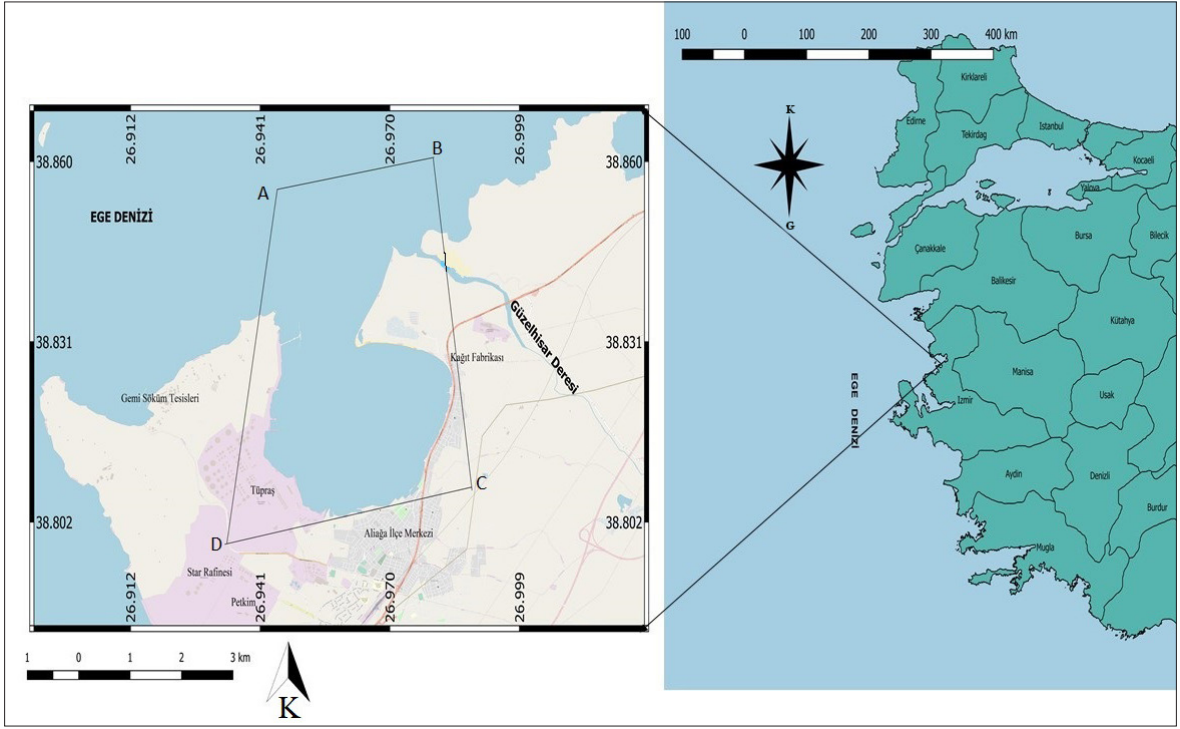
Aliğa Körfezi, Çandarlı Körfezi'ne Aliğa ilçesinden itibaren bir çıkış vazifesi görmektedir (Şekil 1). Körfezde yapılmış batimetri haritası (Meriç vd., 2018) ve arazi gözlemlerine göre çalışma alanında su derinliğinin 0-45 metre aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Ülkemizin Ege Denizi'nde bulunan Aliğa ilçesi kıyıları, coğrafi anlamda genel kıyı sınıflamasına göre "enine kıyı" tipine girmektedir (Eroğlu ve Bozyiğit, 2013). Çalışma alanı Aliğa Körfezi'nin tamamını kapsayacak şekildedir. Körfeze suları ulaşan en önemli akarsu Aliğa Körfezi'nin hemen kuzeyine boşalan Güzelhisar Deresi'dir. Bunun yanı sıra çok önemli hacimlere sahip olmayan mevsimlik dereler de mevcuttur. Aliğa Körfezi'ne taşınan sedimanlar, karadaki tüm jeolojik birimlerden gelebilmektedir ve arazi gözlemlerine göre Güzelhisar Deresi'nin sedimanları taşımada rolü önemlidir.

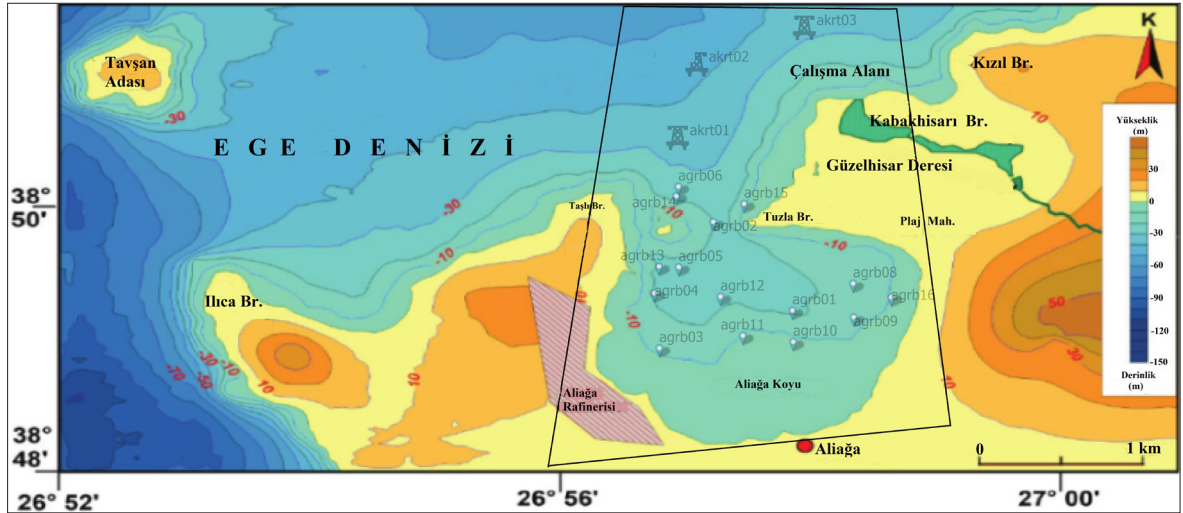
Aliğa 1960'lı yılların sonlarına kadar tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştiği bir yerleşim yeri iken (Eroğlu ve Bozyiğit, 2013), 1970'den itibaren petrokimya ağırlıklı sanayi yoğunluklu bir ekonomiye 15-20 yıl gibi kısa bir süre içerisinde geçmiştir. Aliğa ve civarında gemi söküm tesisleri, demir çelik fabrikaları ve haddehaneler, çelik üretim fabrikası, hurda geri dönüşüm tesisleri, akaryakıt ve LPG dolun ve satış tesisleri, enerji üretim tesisleri, kâğıt fabrikaları, organize sanayi bölgesi (Alosbi) ve dökümcüler ihtisas organize sanayi bölgesi ve küçük sanayi sitesi bulunmaktadır.

Aliğa bölgesinde yapılan jeolojik çalışmalara göre bölgenin paleotektonik dönem temel kaya birimleri Menderes Masifi ve İzmir-Ankara Kenet Kuşağı olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Emre vd., 2005) (Şekil 3). Tüm Batı Anadolu'nun

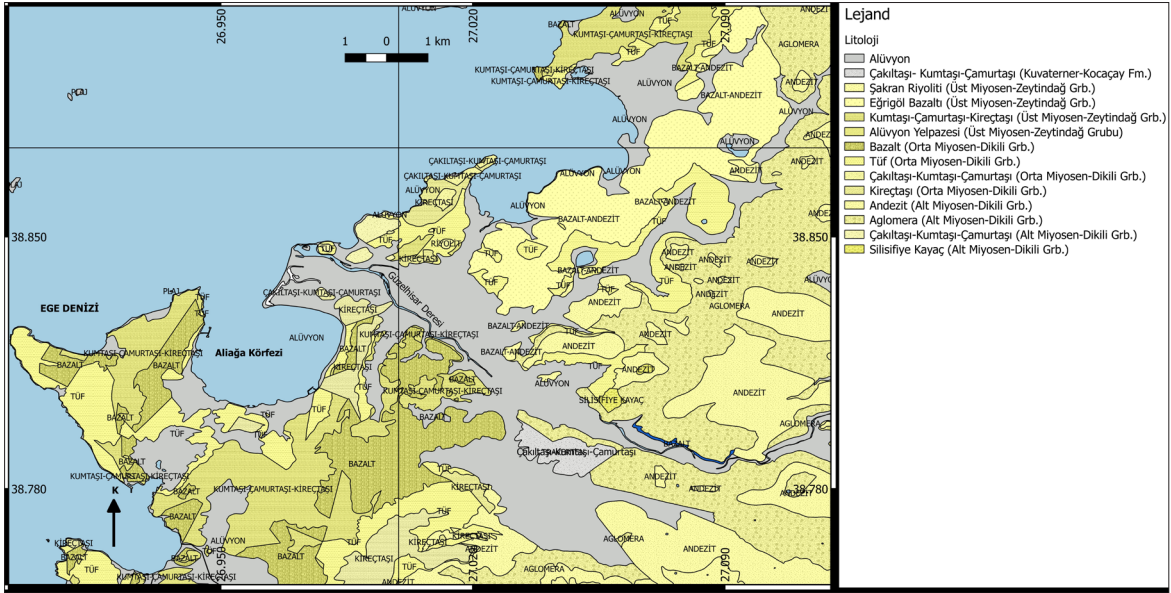
¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Çevre Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara.



Şekil 1- Çalışma bölgesinin yer bulduru haritası.



Şekil 2- Çalışma alanının batimetri ve yükseklik haritası (Meriç vd., 2018'den değiştirilerek).



Şekil 3- Aliağa Körfezi ve çevresinin jeolojisi haritası (Sun vd., 1998'den değiştirilerek).

temelini oluşturan Menderes Masifi, metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Masifin çekirdeğini yüksek dereceli metamorfizmayı temsil eden gnays ve şistler oluşturmaktadır (Şengör vd., 1983) Aliağa bölgesi, Foça Çöküntüsü içinde değerlendirilmiş ve çöküntü içerisinde Aliağa basamağı ve Zeytindağ yükseltisi olarak iki grupta toplanmıştır (Kaya, 1979). Aliağa ve bölgesinde yer alan jeolojik birimler, yaşlıdan gence doğru Dikili grubu ve Zeytindağ grubu olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır (Genç ve Yılmaz, 2000). Dikili grubunun Erken-Orta Miyosen yaşlı çökel ve volkanik kayalardan, Zeytindağ grubunun ise Geç Miyosen-Pliyosen çökel ve volkanik kayalardan oluştuğu belirtilmiştir. Bu iki ana kaya grubunun, birbirlerinden Batı Anadolu ölçeğinde izlenebilen bir uyumsuzluk ile ayrılmakta olduğunu ifade edilmiş, Dikili grubunun volkanik kayalarının başlıca andezit, latit, dasit, riyolit türü lavlardan ve bunların piroklastik eşdeğerlerinden oluştuğu, Zeytindağ grubunun ise, bölgedeki farklı kaya birimlerinin üstünde yer alan gösel kireçtaşı, kiltası, marn gibi çökeller ve bunlarla yaşıt bazalt ve riyolitik lavlardan oluştuğu ifade edilmiştir (Genç ve Yılmaz, 2000).

Dikili grubu, birbirleriyle yanal ve düşey girik volkanik ve çökel kayalardan oluşmaktadır (Genç ve Yılmaz, 2000). Volkanik kayaların egemen olarak andezit-latit türü lav ve bunların piroklastiklerinden oluşmakta, lokal olarak dasit, riyolit, traki-bazalt lavları da gözlemlenmektedir. Sedimanter kayalar ise, gösel ortam ürünü marn, kiltası, çamurtaşı ve siltaşı araldanması ile temsil edilmektedir (Genç ve Yılmaz, 2000).

Zeytindağı grubu, üst çökel topluluk ve Eğrigöl bazaltı ve Şakran riyoliti olarak bilinen volkanik kayalar olarak iki kaya grubuna ayrılmıştır (Genç ve Yılmaz, 2000). Üst çökel topluluğun başlıca gösel kireçtaşı, marn ve kiltası gibi ince taneli çökel kayalarla temsil edilmesi, Dikili grubuna ait kayalar üzerinde uyumsuzlukla yer alması ve genç bazalt ve riyolit lavları ile girik ilişkili olması birimin ayırt edici özellikleri olarak belirtilmiştir. Aynı zamanda üst çökel topluluğun düşük enerjili bir göl ortamında çökeldiği, bazı alanlarda Dikili grubunun kayaları ile arasında belirgin bir kesiklik gözlemlenmediği, ancak birimin, Dikili grubunun farklı tür kayaları üzerinde yer almasının, topoğrafyada peneplen benzeri düz bir morfoloji üzerinde bulunmasının ve Eğrigöl bazaltı ile girik dokanıklara sahip olmasının, ayrı bir çökelim döneminin ürünü olduğunu ortaya koymakta olduğu da ifade edilmiştir (Genç ve Yılmaz, 2000).

Kocaçay boyunca uzanan düzlük alanda mostra veren Kocaçay formasyonu, kötü tutturulmuş, yer yer tutturulmamış çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, siltaşı ve kiltası türü akarsu çökelleri ile temsil edilmektedir. Dikili grubunun volkanik kayalarını açısız uyumsuzlukla örten Kocaçay formasyonu Pleyistosen-Kuvaterner yaşlı olabileceği ifade edilmiştir (Genç ve Yılmaz, 2000).

Aliağa ve yöresinde yer alan güncel çökellerin, alüvyon ve plaj (deniz sahili) kırıntıları ile temsil edildiği, alüvyonun, Kocaçay ile Uzunhasan Deresi boyunca ve Ege Metal Fabrikası ile Aliağa arasındaki düzlükte yüzeylendiği ve genellikle tutturulmamış volkanik ve çökel kaya çakılları, kum, silt ve

çamurdan oluştuğu ifade edilmiştir (Genç ve Yılmaz, 2000).

3. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında, MTA Selen Araştırma Gemisi ile Aliğa Körfezi'nden 15 adet yüzey örneği alınmıştır. (Şekil 4). Toplam 15 istasyondan sediman kepçesi (grab) ile alınan yüzey örnekleri (Şekil 5 a,b) deniz tabanının ilk 30 cm'sini temsil etmektedir. Alınan örneklerin genel litoloji tanımlamaları yapılmış ve takiben numune poşetine konularak gemi içerisinde bulunan buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Yüzey ve karot örnekleri, MTA Merkez laboratuvarlarında +4 °C de muhafaza edilmiştir. Örnekler üzerinde tane boyu analizi, Toplam Organik Karbon (TOK) ve Toplam İnorganik Karbon (TİK), XRF, XRD ve ICP-OES analizleri için numuneleme işlemleri gerçekleştirilmiştir

3.1. Tane Boyu Analizi

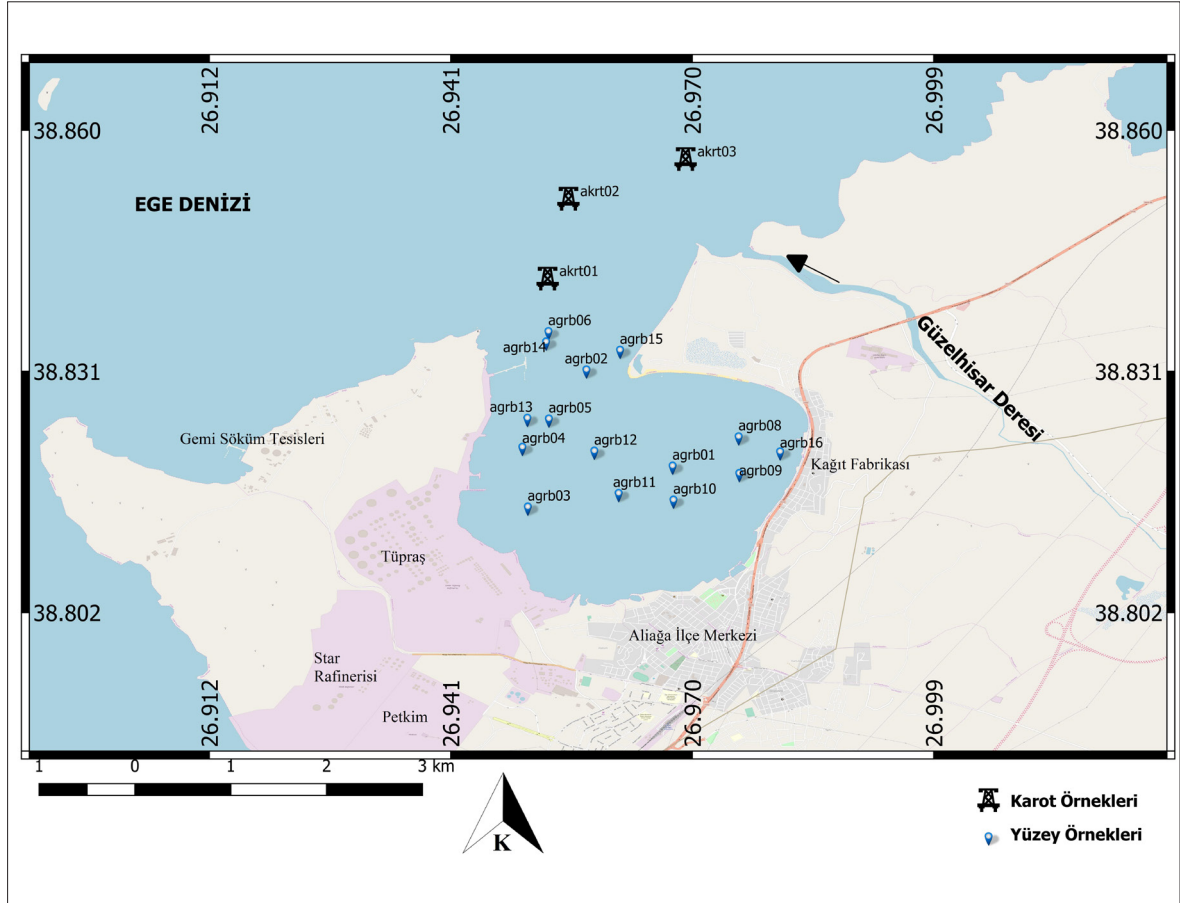
Tane boyu için ayrılan numune üzerine sedimanın çözünmesi için katalizör görevi gören 2 gr sodyum hegzametapfosfat (NaPO_3)₆ ve 50 ml saf su eklenmiştir.

Sedimanın çözünmesi için bir süre beklendikten sonra 2 mm ve 1 mm aralığa sahip elekler kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. 1 mm altı malzeme Mastersizer 3000 tane boyu ölçüm cihazı ile ölçülerek tüm sedimanın kil, silt, kum, çakıl boyu malzeme yüzdesi tespit edilmiştir (Şekil 6 a,b,c,d,e,f).

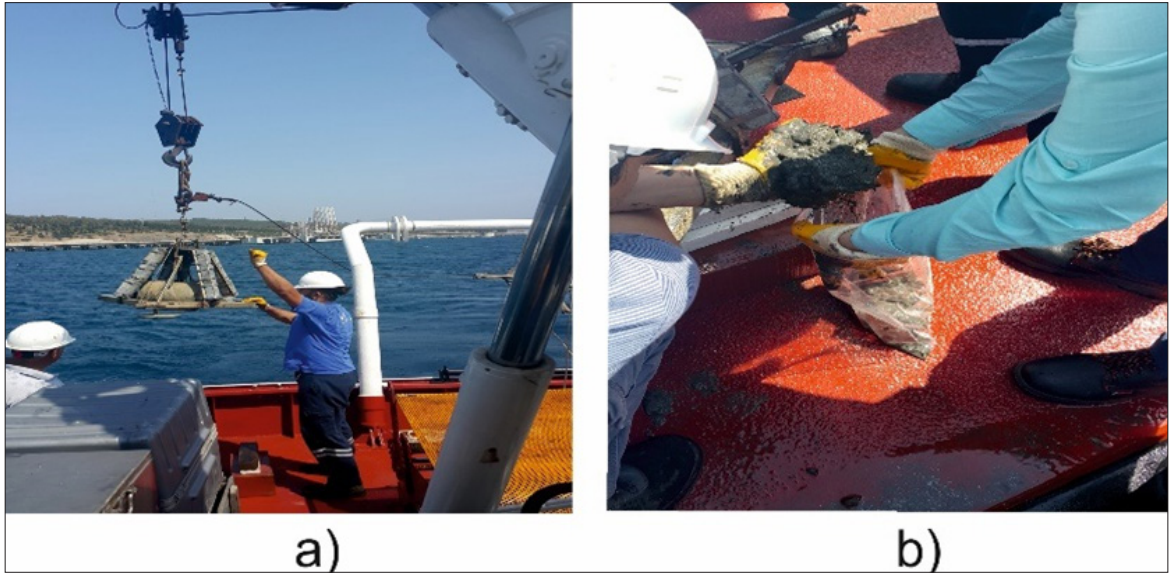
Tane boyu analizleri MTA Genel Müdürlüğü Deniz Araştırmaları Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır.

3.2. Toplam Organik Karbon (TOK) ve Toplam İnorganik Karbon (TİK) Analizleri

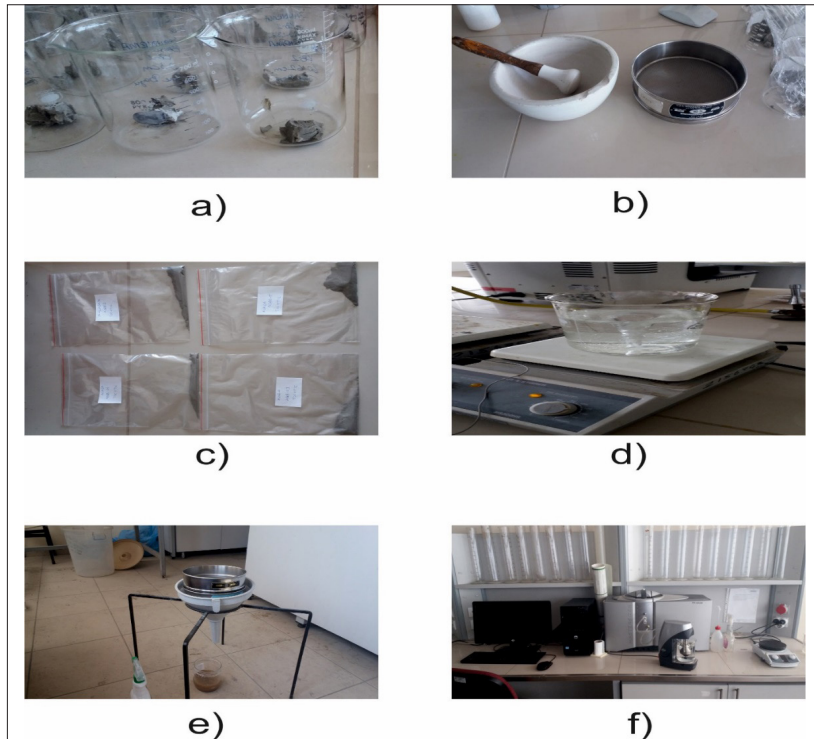
Havanda dövülerek 710 mikrometre altına getirilen malzemeden yaklaşık 3 gr alınarak Toplam Organik Karbon (TOK) ve Toplam İnorganik Karbon (TİK) analizleri yapılmıştır. Bu yöntem, organik maddenin tayini için 550 °C, karbonatın tayini için ise 925 °C sıcaklıktaki fırında, örneğin yakılması esasına dayanır. Yaklaşık 3 gr alınan malzeme kül fırınında önce 550 °C daha sonra 925 °C ayarlanarak yanma sonrasında ağırlık kayıpları hesaplanmıştır (Şekil 7). Bu yöntemde ağırlık azalması, örneklerdeki organik madde ve karbonat kapsamının göstergesidir (Bengston ve Enell, 1986; Barillé-Boyer vd., 2003).



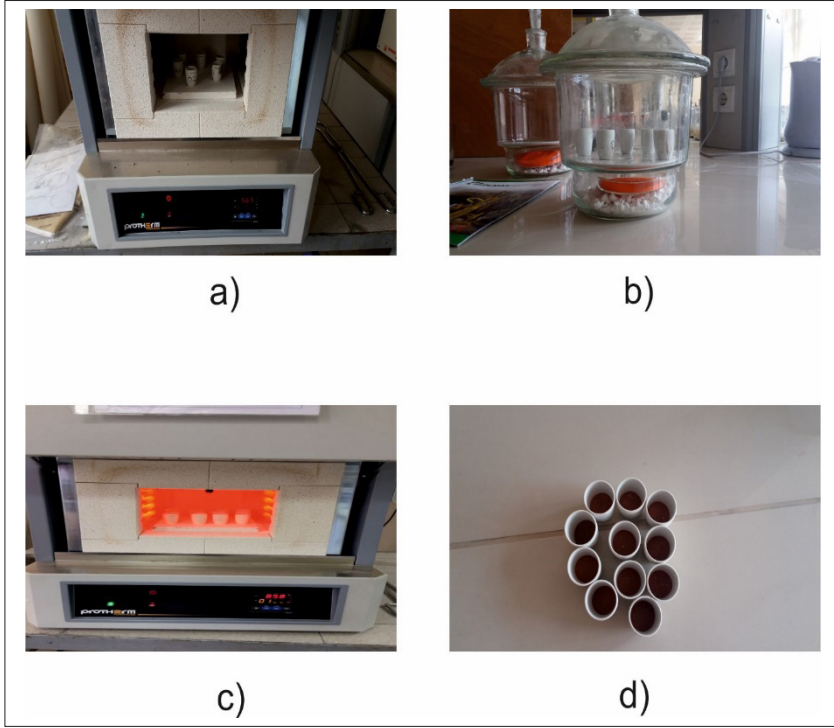
Şekil 4- Örnekleme istasyonları.



Şekil 5- a) Yüzey örnekleme işleminde grab içine sediman alma işlemi ve b) alınan sedimanı numune poşetine alma işlemi.



Şekil 6- a) Numunelerin behere alınma işlemi, b) havanda dövme işlemi, c) dövülen numunenin etiketlenerek jeokimyasal ve mineralojik analize hazırlanması, d) manyetik karıştırıcı ile sodyum hegzametapozfat (NaPO_3)₆ hazırlama işlemi, e) tane boyu analizi yapılacak numunenin yıkanarak kil ve silt boyutuna indirme işlemi ve f) kil ve silt boyutuna indirilen numunenin Masterizer 3000 cihazında tane boyunun ölçülmesi işlemi.



Şekil 7- a) Kül fırını, b) numunenin desikatörde neminin alınması işlemi, c) numunenin yakılması işlemi ve d) yandıktan sonra numunenin son hali.

3.3. XRF Analizleri

XRF analizleri, MTA Genel Müdürlüğü Jeokimya Laboratuvarları'nda yaptırılmıştır. Selüloz ile 15 dakika homojen öğütülen numune, pres disk (pellet) haline getirilerek dalgaboyu dağılımlı XRF Spektrometre cihazlarında numune yapısına uygun programlarla okunarak değerlendirilmiştir (MTA Genel Müdürlüğü Analiz/Test ve Kalibrasyon Hizmet Kataloğu, 2019). Analizi yapılan majör oksitlerin tamamının alt dedeksiyon limiti %0,1'dir.

3.4. ICP-OES Analizleri

ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometre) analizleri, MTA Genel Müdürlüğü Jeokimya Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Per klorik asit (HClO_4)⁺, %35'lik hidroklorik asit (HCl)⁺ ve %65'lik nitrik asit (HNO_3) ile çözme işlemleri yapılmıştır. Çözme işlemi ve analiz sırasıyla TS ISO 14869-1 ve SM 3120 B Standardı'na göre yapılmıştır (MTA Genel Müdürlüğü Analiz/Test ve Kalibrasyon Hizmet Kataloğu, 2019). Analizler en az 3 kez tekrarlanmış ve yüzde bağıl standart sapma değeri %2,5'un altına indirilmiştir.

3.5. Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Yüzey örneklerinin analiz edilmesinden elde edilen konsantrasyon değerleri ile QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılarak dağılım haritaları oluşturulmuştur. Haritaların hazırlanmasında ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (Inverse Distance Weighting-IDW) yöntemi takip edilmiştir. Mesafe katsayısı 2, sütun ve satır sayısı 300 ve harita dış sınırları program ekran sınırlarından seçilmiştir. IDW yöntemini takiben Raster katmanından eşyükselti seçeneği ve kontur aralıkları her elementin konsantrasyonuna göre özel olarak seçilmiştir. Haritalar, 600 dpi (dots per inch) çözünürlüğünde JPEG formatında hazırlanmıştır.

3.6. XRD (Detay Kil Analizleri)

Kil mineral tayinleri, MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji-Petrografi Laboratuvarları'nda yapılmıştır. XRD analizleri Philips, PW 1140 cihazı ile yapılmıştır. Seçilen karotlardan ve yüzey örneklerinden alınan numuneler kurutulup öğütüldükten sonra mineral analizi gerçekleştirilmiştir. Kalitatif ve kantitatif mineral belirlenmesinde Brown, (1961); A.S.T.M, (1972) kartoteksleri ve Brindley vd., (1980); Gündoğdu, (1982)'den faydalanılmıştır ve yarı

kantitatif mineral yüzdeleri hesaplanmıştır. Kil analizleri için tüm sediman örneklerinden elde edilen kil fraksiyonları (<0.002 mm) cam lamel üzerine alınmıştır. Kil mineralleri tanımlanırken normal, etilen, glikollü ve fırınlı olmak üzere 3 ayrı çekim yapılmış ve kil minerallerinin (001) yansımalarından elde edilen dhkl değerleri Grim, (1968) ve Wilson, (1987)'ye göre değerlendirilmiştir.

3.7. Ağır Metal Birikiminin Derecesinin Belirlenmesi

Sedimanlardaki ağır metal kirliliğinin derecesi farklı yaklaşımlarla ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak zenginleşme faktörü (Ef), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (Cf) ve kirlilik yükü indeksi (PLI) hesaplamaları kullanılmaktadır.

3.7.1. Zenginleşme Faktörünün (Ef) Hesaplanması

Temsili bir elemente göre normalizasyon yapılarak hesaplanan Zenginleşme Faktörü karot ve yüzey sedimanlarında kirletici birikiminin varlığını ve yoğunluğunu değerlendirmek için kullanılan göstergelerden biridir. Deniz çökellerinde alüminyumun normalizasyon için kullanılan en yaygın element olmasının sebebi ince taneli sedimanların ana mineral grubu olan alüminosilikatları temsil etmesi olarak gösterilebilir (Herut ve Sandler, 2006). Alüminyum korunaklı yapısı ve kil minerallerinin yapısal unsurlarından bir tanesi olması nedeniyle bu tür çalışmalarda araştırmacılar tarafından başarıyla kullanılmaktadır (Balls vd., 1997). Zenginleşme faktörünün hesaplanmasında temel değer olarak bir elementin dünya şeyl ortalama değerinin kullanılması literatürde geniş kabul gören bir uygulamadır. Bu çalışmada da elde edilen sonuçların karşılaştırabilir nitelikte sunulması amacıyla hesaplamalarda dünya şeyl ortalama değerleri kullanılmıştır. Zenginleşme faktörü aşağıdaki formül ile ifade edilir:

$$Ef = \frac{(M_{cm}) / (MAI_{cm})}{(M_s) / (MAI_s)}$$

Burada;

M_{cm} = Belli derinlikteki ölçülen metal konsantrasyonu (ppm veya yüzde).

MAI_{cm} = Belli derinlikteki ölçülen Al değeri.

M_s = Aynı metalin dünya şeyl ortalama değeri.

MAI_s = Alüminyumun dünya şeyl ortalama değeri.

Hesaplanan Ef değerleri aşağıda belirtilen kategorizasyona tabi tutulmuştur (Sutherland vd., 2000):

$Ef \leq 2$: Ağır metal zenginleşmesinin minimum düzeydedir (Doğal kökenli).

$2 < Ef < 5$: Ağır metal zenginleşmesi orta derecededir (Antropojenik Kökenli).

$5 < Ef < 20$: Ağır metal zenginleşmesi önemli derecedir (Antropojenik Kökenli).

$20 < Ef < 40$: Ağır metal zenginleşmesi çok yüksek miktardadır (Antropojenik Kökenli).

$Ef \geq 40$: Ağır metal zenginleşmesi aşırı derecededir (Antropojenik Kökenli).

3.7.2. Jeobirikim İndeksinin (Igeo) Hesaplanması

Jeobirikim İndeksi (Igeo) Müller (1967, 1981), tarafından geliştirilmiş ve 1970'li yıllardan günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Jeobirikim İndeksinin kullanılmasının amacını, günümüzdeki sediman ve toprağın sahip olduğu metal içeriğinin endüstrileşme öncesi değerler ile karşılaştırılması ve böylece artan kirliliğin boyutlarının belirlenmesidir (Mico vd., 2007). Jeobirikim İndeksi (Igeo) aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$Igeo = \log_2 \left[\frac{Cn}{1.5 \cdot Bn} \right]$$

Burada;

Cn: Pelitik sedimanda ölçülmüş ağır metal konsantrasyonu,

Bn: Turekian ve Wedephol (1961) tarafından geliştirilen sedimandaki (ortalama şeyl) jeokimyasal temel (background) değeridir.

• Çıkan Igeo değerleri, aynı araştırmacı tarafından aşağıdaki sınıflandırmaya tabi tutulmuştur;

$Igeo < 0$ kirliliği değil,

$1 > Igeo > 0$ kirlenmeye başlamış,

$2 > Igeo > 1$ orta derecede kirlili,

$3 > Igeo > 2$ kirlenmiş,

$4 > Igeo > 3$ önemli derecede kirlili,

$5 > Igeo > 4$ yüksek derecede kirlili,

$6 > Igeo > 5$ çok aşırı derecede kirliliği ifade eder.

3.7.3. Kirlilik Faktörünün (Cf) Hesaplanması

Hakanson (1980), tarafından önerilen Kirlilik Faktörü (Cf), sedimanda kirlilik derecesinin belirlenmesinde kullanılır. Cf, sedimandaki konsantrasyonu belirlenen ağır metal değerinin sediman (şeyl) ortalama değerine (Brooks, 1972) bölünmesiyle elde edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$C_f = C_{\text{metal}} / C_0$$

C_{metal} : Sediman örneğindeki metal konsantrasyonu

C_0 : Turekian ve Wedephol (1961) tarafından geliştirilen sedimandaki ortalama şeyl değeri

Kirlilik Faktörü Hakanson (1980) tarafından sınıflandırılmıştır (Tomlinson vd., 1980):

$C_f < 1$ az kirlenme

$1 < C_f < 3$ orta derecede kirlenme

$3 < C_f < 6$ önemli derecede kirlenme

$C_f > 6$ aşırı derecede kirlenme

3.7.4. Kirlilik Yükü İndeksinin (PLI) Hesaplanması

Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) ise, Tomlinson vd. (1980), tarafından her bir örnekleme noktasındaki ağır metal kirlilik seviyesinin tespit edilmesi için önerilmiş bir indekstir. İndeks, her bir metale ait kirlilik faktörlerinin (C_f) hesaplanmasıyla aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilmektedir (Özkul vd., 2018).

$$PLI = \sqrt[n]{C_{f1} \times C_{f2} \times C_{f3} \times \dots \times C_{fn}}$$

Formülde, C_f : Kirlilik faktörü; n : Metal sayısına karşılık gelmektedir. Chakravarty ve Patgiri, (2009)'a göre, elde edilen sonuçlarda;

PLI değeri > 1 ise kirlilik var,

PLI değeri < 1 ise kirlilik yok anlamını taşır.

4. Bulgular ve Değerlendirmeler

Örnek alınacak istasyonların dağılımı mümkün olduğunca tüm körfezi homojen olarak şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak yüzey örneklerinin tane boyu dağılımı; killi, siltli ve yüksek organik madde içeriklidir (Çizelge 1).

Yüzey örneklerinde tane boyu analizlerine göre kil boyu malzeme genel olarak %2 ile %9 arasında bulunmaktadır. Körfezin doğu kısmında kil boyu malzemenin konsantrasyonu artarak %14'e ulaşmaktadır. Silt boyu malzeme ise körfez sedimanlarında en baskın malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Körfezin orta kısımlarında yüzde %42 ile %52 oranında bulunan silt boyu malzeme körfez çıkışında ve güneybatı kısımlarında %12

Çizelge 1- Yüzey sedimanlarının özellikleri ve fiziksel tanımlamaları.

GRAB KODU	KOORDİNAT		LİTOLOJİK TANIMLAMA
	KUZEY	DOĞU	
AGRB01	38.81998	26.96763	Kumlu silt boyu malzeme
AGRB02	38.83154	26.95728	Kumlu silt boyu malzeme
AGRB03	38.81506	26.95024	Bol yosunlu, çok yoğun organik madde içeriği ve güncel fosil içeren killi-kum boyu malzeme
AGRB04	38.82224	26.94959	Kumlu siltli çamur
AGRB05	38.82564	26.95277	Ara seviyeleri kumlu, genel olarak kumlu killi siltboyu malzeme
AGRB06	38.83615	26.95272	Ara seviyeleri kumlu, genel olarak kumlu killi silt
AGRB08	38.8235	26.97556	Kumlu silt boyu malzeme
AGRB09	38.81909	26.97564	Tamamı kum boyutunda malzemeden oluşan bol fosilli malzeme
AGRB10	38.81589	26.96773	Bol yosunlu, çok yoğun organik madde içeriği ve güncel fosil içeren kil boyu malzeme
AGRB11	38.81669	26.96115	Bol yosunlu, çok yoğun organik madde içeriği ve güncel fosil içeren kil boyu malzeme
AGRB12	38.82178	26.95823	Tamamı kum boyutunda malzemeden oluşan bol fosilli malzeme
AGRB13	38.82573	26.95019	Siltli kum boyu malzeme
AGRB14	38.83491	26.95244	Kumlu silt boyu malzeme
AGRB15	38.83391	26.96132	Yoğun organik madde içeren siltlikum boyu malzeme
AGRB16	38.82169	26.98054	Bol yosunlu, çok yoğun organik madde içeriği, ağır kokulu ve güncel fosil içeren killi kum boyu malzeme

ile %42 arasında değişmektedir. Körfez çıkışında konsantrasyon olarak en yüksek değer kum boyu malzemeden oluşmaktadır. Bu kısımda kum boyu malzeme %54 ile %74 arasında yer almaktadır. Çakıl ve üzeri malzemenin en yoğun olduğu bölge ise Aliğa Körfezi'nin güneybatı kısmıdır. Bu kısımda iri malzeme %13 ile %26 arasında bulunmaktadır (Çizelge 2). Genel olarak Aliğa Körfezi'nin tümünü değerlendirdiğimizde orta ve kıyı bölgelerinde silt boyu malzeme, körfez çıkışından Çandarlı Körfezi'ne giriş kısmında ise kum boyu malzemenin baskın olduğu söylenebilir.

Aliğa körfez sedimanlarında görülen körfez çıkışına yakın bölgelerdeki kum miktarındaki artışın sebebi körfezin kuzeyinde bulunan Güzelhisar Deresi'nden deniz akıntıları yolu ile malzemenin güneye doğru taşınması olabilir. Ege Denizi'ndeki yüzey akıntısının hız ve yönlerine bakıldığında, mevsimlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmektedir (Eryılmaz, 1997; 1999). Orta Ege bölgesinde ilkbahar, yaz ve kış mevsiminde genellikle K'den G'ye doğru olan akıntı sistemi sonbaharda G'den K'ye doğru yön değiştirmektedir (Eryılmaz, 1997; 1999) (Şekil 8). Kıyılarına yaklaştıkça ikincil akıntı yönlerinin daha karmaşık hale geldiği görülmektedir. Bu sebeple Aliğa Körfezi'ndeki sediman ve ağır metal dağılımlarının daha detaylı bir şekilde açıklanabilmesi için ayrıntılı ölçümlerin körfezde de yapılması gerekmektedir.

Folk (1968) tane boyu sınıflama sistemine göre körfezden alınan yüzey örneklerinin bir çoğunun kumlu silt, az bir kısmının ise kumlu çamur, çamurlu

kum ve siltli kum sınıfına girdiği görülmektedir (Şekil 9).

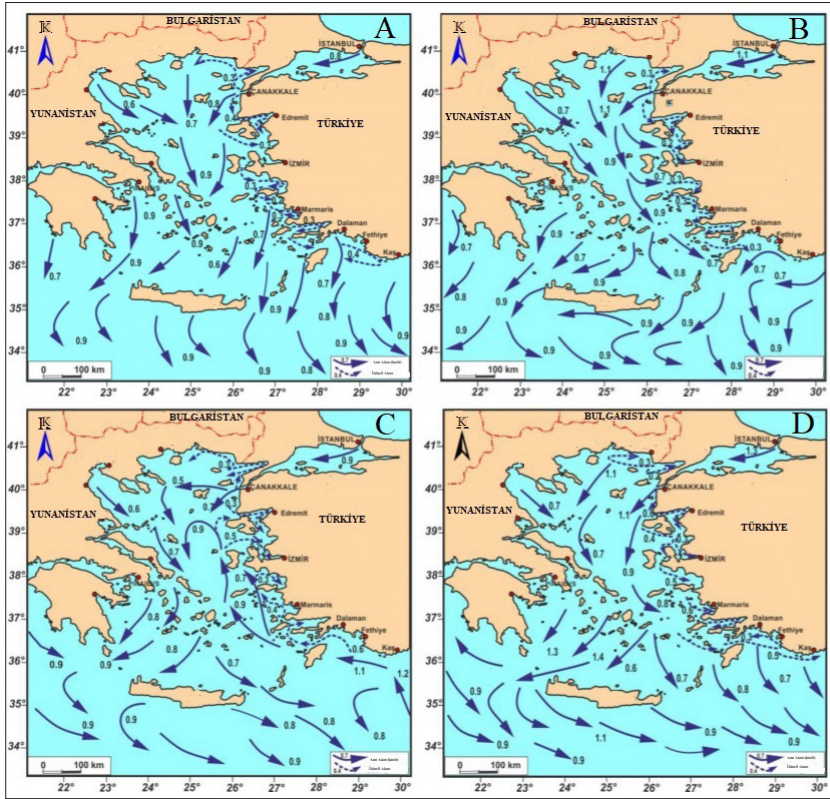
4.1. Karbon ve Su İçeriği

Yüzey örneklerinin toplam organik karbon (TOK) içeriği kıyı bölgelerde %12-22 arasında değişmektedir. Denizel ortamda organik madde dışardan taşınmış olabileceği gibi (terrijen köken), denizlerdeki birincil üretimlilikle de (denizel köken) ilişkili olabilir (Yiğit, 2006). Körfez boyunca kıyı bölgelerinde TOK değerlerinin yüksek çıkması karadan bir getirimin olduğu şeklinde yorumlanabilir. Aliğa Körfezi'nin orta ve Çandarlı Körfezi'ne çıkış bölgelerinde TOK değerleri %5 ile %10 arasında değişmektedir. Yüzey örneklerinin toplam inorganik karbon (TİK) değerleri körfezin kuzeybatısında %20 ile %32 arasında ve körfezin güneydoğusunda %10 ile %18 değerlerini alarak en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu bölgelerde foraminifer ve mollusk türü kabuklu fosiller ve karbonatlı kayaçların konsantrasyonu arttırdığı düşünülmektedir. Körfez boyunca toplam karbon değerleri (TK), toplam organik karbon (TOK) ve toplam inorganik karbon (TİK) değerlerinin matematiksel olarak toplamı olarak düşünüldüğünde bu iki kavramın değer olarak yoğun olduğu yerlerde toplam karbon (TK) değerleri de yüksek çıkmaktadır. Körfez boyunca TK değerleri kıyılarda ve kuzeybatı kısımlarında %24 ile %38 oranında değişmektedir (Çizelge 3).

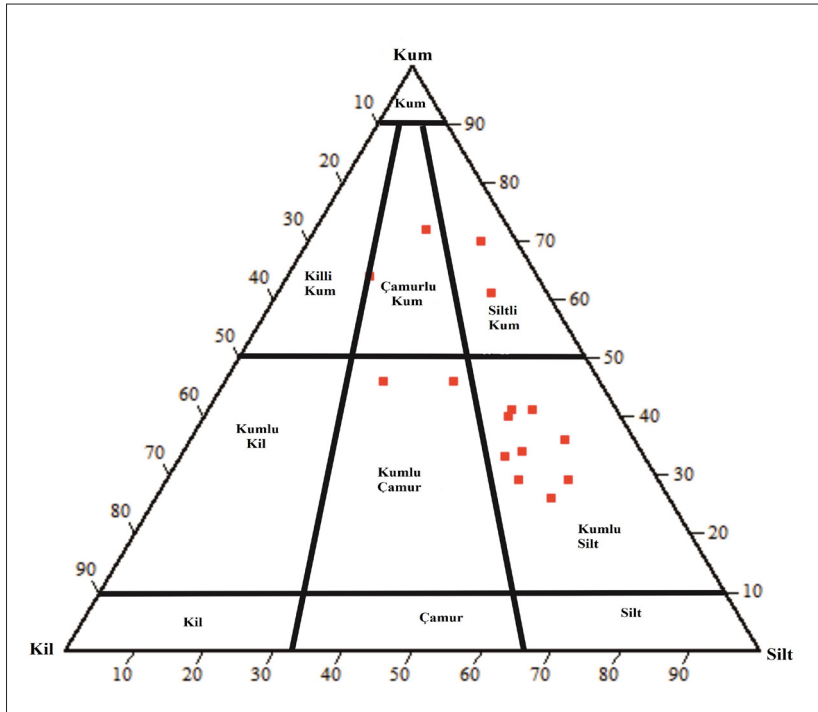
Sedimanların bünyesinde yer alan su içeriğine bakıldığında bu değerlerin kıyı bölgelerde %56 ile %66, orta kısım ve körfez çıkışına doğru olan

Çizelge 2- Çalışma alanında yüzey örneklerinin kil, silt, kum ve çakıl tane boyu içerikleri.

NUMUNE KODU	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Çakıl (%)
AGRB01	6,77	47,01	41,56	4,65
AGRB02	4,91	31,42	61,69	2,00
AGRB03	5,09	44,97	41,57	8,35
AGRB04	8,61	44,39	40,69	6,32
AGRB05	8,73	54,25	36,07	0,95
AGRB06	3,38	16,41	72,81	7,40
AGRB08	14,04	57,45	26,85	1,64
AGRB09	3,49	23,55	46,51	26,44
AGRB10	8,57	47,64	33,46	10,33
AGRB11	10,68	51,30	29,92	8,09
AGRB12	6,09	33,27	46,89	13,77
AGRB13	9,60	58,91	29,70	1,79
AGRB14	2,65	12,06	64,85	20,45
AGRB15	3,73	25,84	70,22	0,19
AGRB16	6,17	49,22	34,68	9,94



Şekil 8- Ege Denizi mevsimsel akıntıları. B- İlkbahar mevsimi, C-Yaz mevsimi, D-Sonbahar mevsimi, E-Kış Mevsimi (Eryılmaz, 1997 ve Eryılmaz, 1999'dan değiştirilerek).



Şekil 9- Yüze örneklerinin Folk Tane Boyu Sınıflandırma Sistemi (1968)'e göre üçgen diyagramı.

Çizelge 3- Çalışma alanında yüzey örneklerinin toplam organik karbon (TOK), toplam inorganik karbon (TİK), toplam karbon (TK) ve su içerikleri.

NUMUNE KODU	TOK (%)	TİK (%)	TK (%)	SU İÇERİĞİ(%)
AGRB01	10,01	4,87	14,89	43,23
AGRB02	8,19	4,01	12,21	37,08
AGRB03	21,95	7,21	29,16	65,09
AGRB04	12,70	6,44	19,14	50,74
AGRB05	12,00	4,40	16,40	52,49
AGRB06	5,50	6,56	12,06	30,51
AGRB08	9,13	3,19	12,32	39,59
AGRB09	9,18	17,66	26,83	35,84
AGRB10	18,66	0,40	19,06	60,03
AGRB11	15,67	6,00	21,67	56,42
AGRB12	9,56	12,66	22,22	42,29
AGRB13	8,63	6,31	14,94	47,66
AGRB14	6,33	30,36	36,69	30,79
AGRB15	5,47	1,48	6,94	38,30
AGRB16	17,97	0,91	18,87	65,60

kesimlerde %30 ile %56 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

4.2. Mineraloji

Yüzey örneklerinin mineralojik içeriği çizelge 4'de miktar olarak çoktan aza doğru verilmiştir. Örneklerin mineral içeriğine bakıldığında (AGRB 9-14-15) örnekleri hariç kuvars mineralinin baskın olduğu ve bu durumun da örneklerde yüksek SiO₂ içeriğinin karşılık bulduğu görülmektedir (Çizelge 5). En çok feldispat içeren örneklerin ise (AGRB6, AGRB2, AGRB15) körfezin çıkış bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bu örneklerde özellikle feldispat yüzdesinin fazlalığı ile birlikte piroksen, amfibol ve mikaların bulunuşu kaynaklarının ortaç magmatik kayalar olabileceğini göstermektedir. Bu durum, ortaç kayaların da yer aldığı bir jeolojik ortamdan akan Güzelhisar Deresi'nin sedimanlarının deniz akıntıları ile bu bölgelere ulaştığının bir göstergesi olabilir.

4.3. Majör Oksit ve Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Yüzey örneklerinde majör oksitlerin konsantrasyon değerleri çizelge 5'de ağır metallerin konsantrasyon değerleri ise çizelge 6'da sunulmuştur.

Majör oksitlerin jeolojik ya da antropojenik kökenli olup olmadığı değerlendirilmek için bu çalışmada elde edilen sonuçların ortalama değerleri ile dünya ortalama şeyl ve kıta kabuğu değerlerini karşılaştırmak bahsedilen etkileri ortaya

koymakta yararlı olacaktır (Çizelge 5). Sedimanların majör oksit değerlerine bakıldığında sadece CaO değerlerinin dünya ortalama şeyl ve kıta kabuğu değerlerinden oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ancak analizi yapılan sedimanların denizel çökel olması sebebiyle bu durumun antropojenik olduğu düşünülmemektedir. Sedimanlardaki ortalama TiO₂ değerinin kıta kabuğu ortalamasından, ortalama Na₂O değerinin ise ortalama şeylden daha yüksek olduğu görülmektedir. Majör oksit değerlerine genel olarak bakıldığında dikkat çekici bir antropojenik etkinin olduğunu söylemek mümkün olmamasına rağmen SiO₂, TiO₂, K₂O, Na₂O ile Al₂O₃ değerlerinin benzer dağılım göstermesi sebebiyle bu majör oksitlerin aynı kaynaktan geldiğini söylemek mümkündür. Bu oksitlerin özellikle körfez çıkışında ve doğusunda yüksek konsantrasyonlar göstermesi kaynaklarının Güzelhisar Deresi sedimanları olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 10).

Majör oksitlerden CaO, çalışma alanında %5,1- %33 arasında değişen değerler ölçülmüştür (Şekil 10). Körfez boyunca konsantrasyon anlamında en yüksek değerine %33 ile körfezin çıkış bölgesinde ulaşmıştır. Bunun yanı sıra körfezin orta kısımlarında %16,7 ve doğu sahili kısımlarında %20,9 değerini almıştır.

4.4. Ağır Metal Konsantrasyonları, Zenginleşme Faktörleri (Ef) ve Jeobirikim İndeksleri (Igeo)

Ağır metallerin biyolojik çevre üzerindeki toksik etkileri çok çeşitlidir ve onların kimyasal formları ile ilgilidir. Canlı organizmalar üzerinde olumsuz etki

Çizelge 4- Yüzeý örneklerinin mineralojik tanımlamaları.

Numune Adı	Mineralojik İçerik (çoktan aza doğru)
AGRB01	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, amfibol, piroksen, illit, muskovit, kaolen, montmorillonit, biyotit, zeolit, kalsit, dolomit.
AGRB02	alkali feldispat, kuvars, kristobalit, piroksen, amfibol, illit, montmorillonit, muskovit, pirit, kaolen, biyotit, kalsit, dolomit, zeolit.
AGRB03	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, aragonit, montmorillonit, kalsit, illit, muskovit, kaolen, biyotit, dolomit.
AGRB04	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, biyotit, piroksen, amfibol, illit, muskovit, kaolen, montmorillonit, zeolit, kalsit.
AGRB05	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, piroksen, illit, muskovit, pirit, montmorillonit, kaolen, biyotit, kalsit, dolomit.
AGRB06	plajiyoklaz, alkali feldispat, kuvars, kristobalit, aragonit, kalsit, piroksen, amfibol, illit, muskovit, kaolen, biyotit, montmorillonit, zeolit.
AGRB08	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, muskovit, amfibol, illit, montmorillonit, kaolen, biyotit, zeolit, kalsit.
AGRB09	plajiyoklaz, alkali feldispat, kuvars, kristobalit, aragonit, kalsit, amfibol, illit, muskovit, pirit, montmorillonit, kaolen, biyotit, zeolit, kalsit.
AGRB10	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, aragonit, kristobalit, piroksen, amfibol, illit, muskovit, montmorillonit, kaolen, biyotit, zeolit, kalsit.
AGRB11	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, aragonit, kristobalit, piroksen, amfibol, montmorillonit, illit, muskovit, pirit, kaolen.
AGRB12	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, aragonit, kristobalit, piroksen, amfibol, montmorillonit, illit, muskovit, pirit, kaolen, biyotit, kalsit.
AGRB13	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, kristobalit, muskovit, montmorillonit, piroksen, amfibol, illit, kaolen, biyotit, zeolit, kalsit.
AGRB14	aragonit, plajiyoklaz, alkali feldispat, kuvars, amfibol, kristobalit, piroksen, illit, muskovit, montmorillonit, kaolen, biyotit, kalsit.
AGRB15	plajiyoklaz, alkali feldispat, kuvars, kristobalit, piroksen, amfibol, illit, muskovit, kaolen, biyotit, kalsit.
AGRB16	kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, halit, kristobalit, amfibol, piroksen, montmorillonit, amfibol, illit, muskovit, kaolen, zeolit, biyotit, kalsit.

Çizelge 5- Yüzeý örneklerinde majör oksitlerin konsantrasyon değerleri 1-Wedepohl, (1969); 2-Wedepohl, (1995).

NUMUNE KODU	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
AGRB01	11,5	4,2	46,5	12,5	0,8	2,2	2,0	3,4
AGRB02	7,9	4,4	53,4	14,3	0,9	2,6	2,0	3,6
AGRB03	13,9	3,7	32,0	8,8	0,6	1,7	2,2	3,0
AGRB04	11,7	3,9	42,8	11,2	0,7	2,1	2,2	3,2
AGRB05	7,4	4,7	49,1	13,0	0,8	2,4	2,3	3,5
AGRB06	13,9	3,9	48,0	13,3	0,7	2,3	1,6	3,5
AGRB08	5,6	5,1	55,5	15,3	0,9	2,4	2,2	2,6
AGRB09	20,9	3,1	32,2	8,9	0,6	1,5	1,6	2,8
AGRB10	11,6	4,9	37,8	10,7	0,7	1,9	2,3	3,3
AGRB11	10,8	4,6	40,1	11,6	0,7	2,0	2,4	3,0
AGRB12	16,7	3,5	36,4	9,8	0,6	1,7	1,9	2,7
AGRB13	7,2	4,9	50,3	13,4	0,9	2,4	2,4	3,2
AGRB14	33,0	2,6	19,2	5,5	0,4	0,8	1,6	2,0

Çizelge 5'in devamı

NUMUNE KODU	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
AGRB15	5,1	4,0	57,7	15,4	0,9	2,7	1,8	3,9
AGRB16	9,6	4,2	38,3	10,5	0,7	1,9	2,4	3,7
Ortalama	12,45	4,11	42,62	11,61	0,73	2,04	2,06	3,16
Dünya Ortalama Şeyl (1)	3,09	6,75	58,4	15,1	0,77	3,2	2,5	1,29
Kıta Kabuğu Ortalama (2)	5,5	6,28	61,5	15,1	0,68	2,4	3,7	3,2

Çizelge 6- Yüze örneklerinde metal konsantrasyonları.

NUMUNE KODU	Fe (%)	Al (%)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Mo (ppm)	V (ppm)	Co (ppm)
AGRB01	2,38	6,5	51	241	25	76	14	24	36	5	78	12
AGRB02	2,53	7,4	58	249	17	71	14	22	37	4	83	13
AGRB03	1,72	4,5	81	144	31	93	22	38	34	14	93	11
AGRB04	2,05	5,8	35	226	24	107	14	35	30	7	83	12
AGRB05	2,70	6,7	76	223	23	101	21	34	42	5	88	13
AGRB06	2,17	6,9	49	220	27	66	10	18	35	4	68	11
AGRB08	3,02	7,9	36	275	16	75	16	33	31	4	97	14
AGRB09	1,26	4,6	27	188	19	62	8	18	25	5	65	8
AGRB10	2,59	5,5	64	178	20	82	19	34	40	11	89	12
AGRB11	2,46	6,0	45	170	24	80	16	39	32	15	100	12
AGRB12	1,47	5,0	36	214	20	75	12	25	29	5	73	10
AGRB13	2,75	6,9	83	231	19	99	23	34	45	4	94	11
AGRB14	1,18	2,8	78	213	10	44	30	27	32	3,5	61	5,5
AGRB15	2,43	8,0	46	253	15	62	10	20	34	3	83	12
AGRB16	2,31	5,4	72	155	20	87	22	32	40	11	86	9

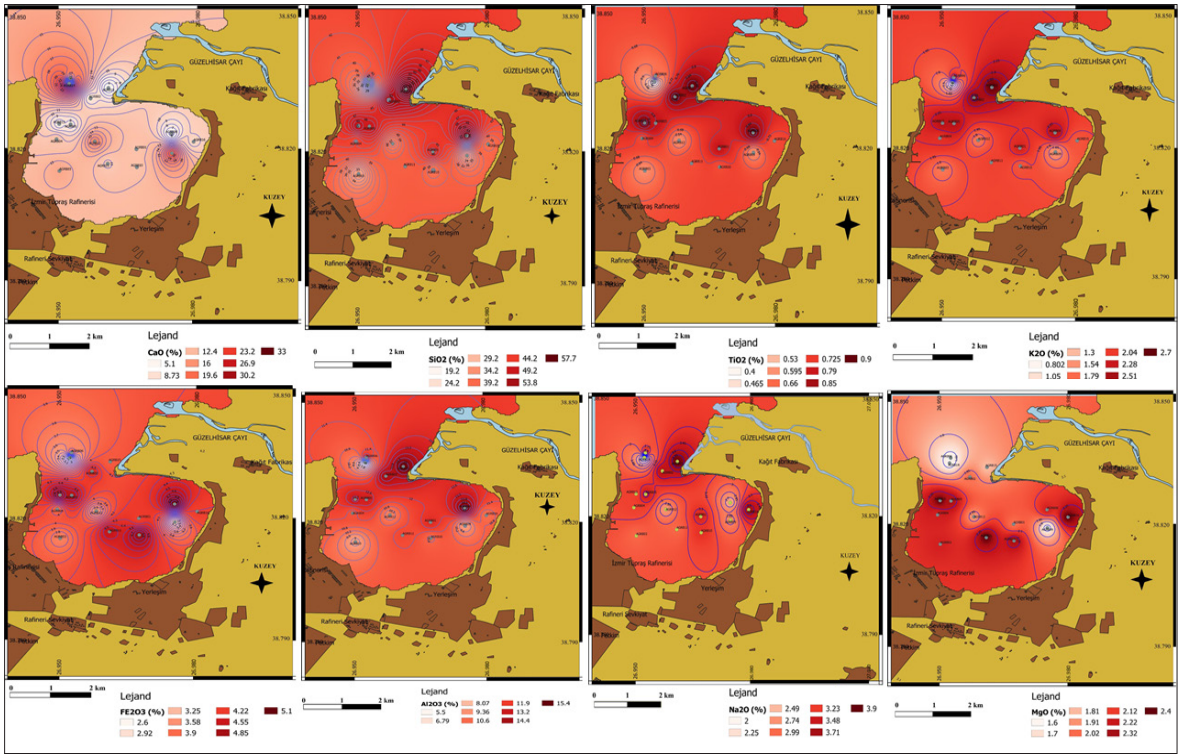
gösteren metallere bazılarını bakır, krom, kadmiyum, kurşun, kobalt, nikel ve vanadyumdur. Bazı ağır metaller (Fe, Cu, Zn gibi) canlı vücudu için gerekli elementlerdir ancak normal konsantrasyonları aştıkları zaman potansiyel toksik madde haline gelirler (Duffus ve Howard, 1996). Endüstriyel atıksular ağır metal içeriği yönünden önemli bir kirletici olarak, hiç arıtılmadan ya da bir ön arıtmadan sonra kanalizasyon sistemine deşarj edilmektedir. Su ortamında bulunan ve belirli bir konsantrasyonu aşan her madde canlılar için zararlıdır (Yıldız, 2004).

Yüze örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerlerinden faydalanarak Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeobirikim İndeksleri (Igeo) hesaplanmıştır. Zenginleşme Faktörü ve Jeobirikim İndeksi hesaplanırken normalizasyon alüminyum elementi ile yapılmıştır. Formülde bulunan elementlerin ortalama değeri Turekian ve Wedepohl (1961)'den alınmıştır. Yüze örnekleri için hesaplanmış Zenginleşme

Faktörü ve Jeobirikim İndeks değeri çizelge 7'de, derecelendirilmeleri ise şekil 11'de sunulmuştur.

4.5. Kirlilik Faktörleri (Cf) ve Kirlilik Yükü İndeksleri (PLI)

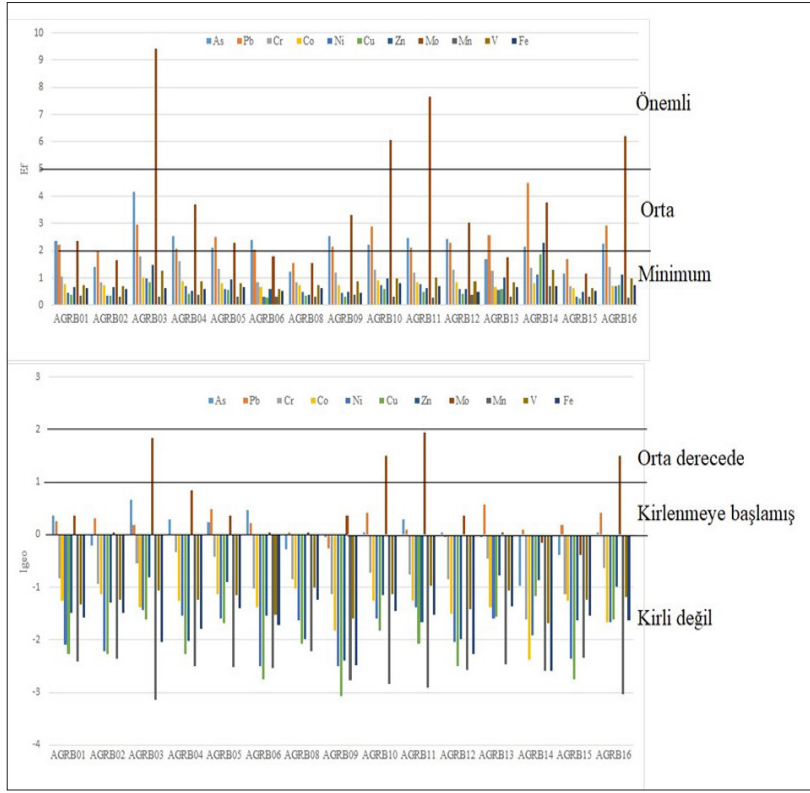
Yüze örnekleri Kirlilik faktörü (Cf) bakımından değerlendirildiğinde tüm örnekler Co, Cu, Ni, Zn, Mn, V, Fe metalleri için az kirlenme, Pb için tüm örnekler orta derecede kirlenme, As için AGRB14 hariç diğer örnekler orta derecede kirlenme, Cr için AGRB03, AGRB04, AGRB05 ve AGRB13 için orta derecede, diğerleri için az kirlenme, Mo için orta derecede kirlenmeden önemli derecede kirlenmeye varan özellikler göstermektedir (Çizelge 8, Şekil 12). Yüze örnekleri Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde tüm örnekler 1 değerinin altında kaldığından tüm ağır metal içeriklerine göre kirlenmemiş özelliktedir (Çizelge 9).



Şekil 10- Aliğa Körfezi boyunca yüzey örneklerinin Majör Oksit konsantrasyon değerlerinden üretilen tematik dağılım haritaları (açık kırmızıdan koyu kırmızıya doğru konsantrasyon artışı ifade etmektedir).

Çizelge 7- Yüzeysel elementlerin Zenginleşme Faktörü (Ef) ve Jeobirikim İndeksi (Igeo) değerleri.

NUMUNE KODU	As		Pb		Cr		Co		Ni		Cu		Zn		Mo		Mn		V		Fe	
	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo	Ef	Igeo
AGRB01	2.37	0.36	2.22	0.26	1.04	-0.83	0.78	-1.25	0.43	-2.09	0.38	-2.27	0.66	-1.48	2.37	0.36	0.35	-2.40	0.74	-1.32	0.62	-1.57
AGRB02	1.41	-0.20	1.99	0.30	0.85	-0.93	0.74	-1.13	0.35	-2.21	0.33	-2.27	0.66	-1.30	1.66	0.04	0.32	-2.36	0.69	-1.23	0.58	-1.48
AGRB03	4.17	0.67	2.97	0.18	1.81	-0.54	1.01	-1.37	0.98	-1.42	0.85	-1.62	1.49	-0.81	9.41	1.84	0.30	-3.15	1.25	-1.07	0.64	-2.04
AGRB04	2.54	0.30	2.06	0.00	1.63	-0.34	0.87	-1.25	0.71	-1.54	0.43	-2.27	0.51	-2.03	3.70	0.84	0.37	-2.50	0.88	-1.23	0.60	-1.79
AGRB05	2.09	0.24	2.49	0.49	1.33	-0.42	0.81	-1.13	0.59	-1.58	0.55	-1.68	0.95	-0.91	2.28	0.36	0.31	-2.52	0.80	-1.15	0.68	-1.39
AGRB06	2.40	0.47	2.02	0.22	0.85	-1.03	0.67	-1.37	0.31	-2.50	0.26	-2.75	0.60	-1.54	1.78	0.04	0.30	-2.53	0.61	-1.52	0.53	-1.71
AGRB08	1.24	-0.29	1.56	0.05	0.84	-0.85	0.74	-1.03	0.49	-1.63	0.36	-2.08	0.38	-1.98	1.55	0.04	0.33	-2.21	0.75	-1.01	0.64	-1.23
AGRB09	2.53	-0.04	2.16	-0.26	1.19	-1.12	0.73	-1.83	0.46	-2.50	0.31	-3.08	0.49	-2.40	3.32	0.36	0.38	-2.76	0.86	-1.58	0.46	-2.49
AGRB10	2.21	0.04	2.88	0.42	1.31	-0.72	0.91	-1.25	0.72	-1.58	0.61	-1.83	0.97	-1.15	6.08	1.50	0.30	-2.84	0.98	-1.13	0.79	-1.45
AGRB11	2.45	0.30	2.12	0.09	1.18	-0.75	0.84	-1.25	0.76	-1.39	0.47	-2.08	0.63	-1.66	7.65	1.94	0.27	-2.91	1.02	-0.96	0.69	-1.53
AGRB12	2.42	0.04	2.28	-0.05	1.31	-0.85	0.83	-1.51	0.58	-2.03	0.42	-2.49	0.59	-1.98	3.02	0.36	0.40	-2.57	0.88	-1.42	0.49	-2.27
AGRB13	1.68	-0.04	2.58	0.58	1.26	-0.45	0.66	-1.37	0.57	-1.58	0.59	-1.55	1.00	-0.78	1.77	0.04	0.31	-2.46	0.83	-1.05	0.67	-1.36
AGRB14	2.15	-0.96	4.48	0.09	1.37	-1.62	0.81	-2.37	1.11	-1.92	1.86	-1.17	2.30	-0.87	3.77	-0.16	0.70	-2.58	1.31	-1.68	0.70	-2.58
AGRB15	1.15	-0.38	1.70	0.18	0.69	-1.12	0.63	-1.25	0.29	-2.35	0.22	-2.75	0.48	-1.63	1.15	-0.38	0.30	-2.33	0.64	-1.23	0.51	-1.54
AGRB16	2.25	0.04	2.93	0.42	1.42	-0.63	0.69	-1.66	0.69	-1.67	0.72	-1.62	1.11	-0.98	6.20	1.50	0.27	-3.04	0.97	-1.18	0.72	-1.62



Şekil 11- Yüze örneklerinin Zenginleşme Faktörüne (EF) göre ve Jeobirikim İndeksine (Igeo) göre derecelendirilmesi.

Çizelge 8- Yüze örneklerinin ağır metal bakımından Kirlilik Faktörü (Cf) değerleri.

NUMUNE KODU	Cf										
	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Cr	Mn	V	Mo	Fe
AGRB01	0,63	0,31	0,35	1,80	0,54	1,92	0,84	0,28	0,60	1,92	0,50
AGRB02	0,68	0,31	0,32	1,85	0,61	1,31	0,79	0,29	0,64	1,54	0,54
AGRB03	0,58	0,49	0,56	1,70	0,85	2,38	1,03	0,17	0,72	5,38	0,36
AGRB04	0,63	0,31	0,51	1,50	0,37	1,85	1,19	0,27	0,64	2,69	0,43
AGRB05	0,68	0,47	0,50	2,10	0,80	1,77	1,12	0,26	0,68	1,92	0,57
AGRB06	0,58	0,22	0,26	1,75	0,52	2,08	0,73	0,26	0,52	1,54	0,46
AGRB08	0,74	0,36	0,49	1,55	0,38	1,23	0,83	0,32	0,75	1,54	0,64
AGRB09	0,42	0,18	0,26	1,25	0,28	1,46	0,69	0,22	0,50	1,92	0,27
AGRB10	0,63	0,42	0,50	2,00	0,67	1,54	0,91	0,21	0,68	4,23	0,55
AGRB11	0,63	0,36	0,57	1,60	0,47	1,85	0,89	0,20	0,77	5,77	0,52
AGRB12	0,53	0,27	0,37	1,45	0,38	1,54	0,83	0,25	0,56	1,92	0,31
AGRB13	0,58	0,51	0,50	2,25	0,87	1,46	1,10	0,27	0,72	1,54	0,58
AGRB14	0,29	0,67	0,40	1,60	0,82	0,77	0,49	0,25	0,47	1,35	0,25
AGRB15	0,63	0,22	0,29	1,70	0,48	1,15	0,69	0,30	0,64	1,15	0,51
AGRB16	0,47	0,49	0,47	2,00	0,76	1,54	0,97	0,18	0,66	4,23	0,49

Çizelge 9- Yüze örneklerinin ağır metal bakımından Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) değerleri.

NUMUNE KODU	PLI
AGRB01	0,69
AGRB02	0,66
AGRB03	0,83
AGRB04	0,70
AGRB05	0,81
AGRB06	0,61
AGRB08	0,69
AGRB09	0,49
AGRB10	0,79
AGRB11	0,80
AGRB12	0,63
AGRB13	0,79
AGRB14	0,55
AGRB15	0,58
AGRB16	0,77

4.6. Yüze Örneklerinde Parametrelerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Tüm yüze örnekleri ve karotlar için konsantrasyon değerleri temel istatistik değerleri, Pearson korelasyon katsayıları, kutu (box) grafiği ve dendogram grafiği başlıkları altında incelenmiştir.

Temel istatistik düzeyinde yüze örneklerinde metal konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri, medyan, ortalama değer ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 10). Buna göre yüze örneklerinde ortalama en yüksek değer alüminyum

elementine ait iken en düşük konsantrasyon değerine molibden sahiptir. Yüze örneklerinde metaller Al>Fe>Mn>V>Cr>Zn>Pb>Ni>As>Cu>Mo şeklinde sıralanmıştır.

Ağır metallerin ve çökeldiği materyallerin birlikte zenginleşme eğilimi hakkında fikir sahibi olmak için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre yüze örneklerinde en yüksek korelasyon katsayıları Zn/Cu, Zn/Pb, V/Ni, Fe/V, Fe/Co arasında görülmüştür. Metallerin TOC ve kil içeriği ile pozitif bir korelasyon gösterirken çakıl ve kum içeriği ile genellikle negatif bir korelasyon gösterdikleri görülmüştür (Çizelge 11).

Temel istatistik verilerinde yer alan ağır metal konsantrasyonlarının maksimum, minimum ve medyan değerlerini görselleştirmek ve konsantrasyonların hangi aralıkta yığılma gösterdiğini daha iyi anlayabilmek için kutu (box) grafikleri çizilmiştir. Kutu grafiklere bakıldığında tüm yüze örnekleri için Mn konsantrasyonlarının geniş bir aralıkta yer aldığı görülürken, Co ve Mo konsantrasyonlarının dar bir aralıkta yer aldığı tespit edilmiştir. Mn değerlerinin oldukça yüksek değerlere ulaşması bu metalin dünya şeyl ortalama değerlerinde de yüksek olması (850 ppm (Turekian ve Wedephol, 1961)) ile ilişkilendirilebilir (Şekil 13).

İstatistik biliminde dendogram, kümeler arasındaki hiyerarşik yapıyı göstermek için kullanılan ağaç şemasıdır (Akin, 2019). Kümeler, girilen verilerin benzerlik oranına göre oluşur ve gruplanır. Bu çalışmada, yüze örneklerinde benzer ağır metal içeriğine sahip lokasyonların tespiti için dendogramlar oluşturulmuştur.

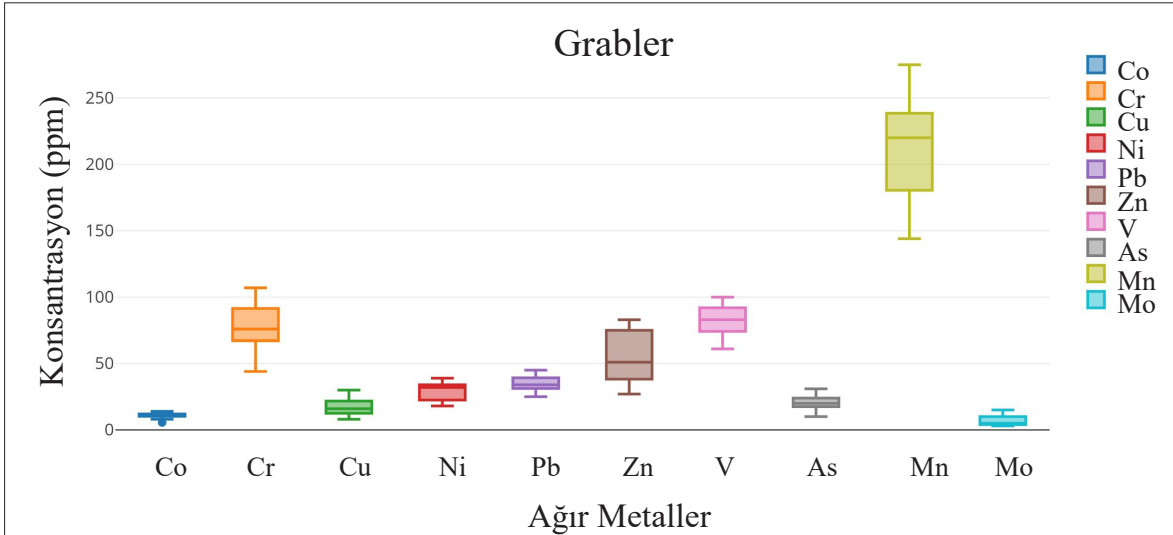
Yüze örneklerinin dendogram grafiklerine bakıldığında birbirine yakın lokasyonlarda yer alan

Çizelge 10- Yüze örneklerine ait temel istatistik verileri.

Parametre	Minimum	Maksimum	Medyan	Ortalama	Standart Sapma
Fe(%)	1,18	3,02	2,38	2,2	0,53
Al (%)	2,86	8,0	6,03	6,03	1,35
Zn (ppm)	27	83	51	55,8	18,1
Mn (ppm)	144	275	220	212	36,4
As (ppm)	10	31	20	20,6	5,04
Cr (ppm)	44	107	76	78,6	16,3
Cu (ppm)	8	30	16	16,7	5,81
Ni(ppm)	18	39	32	28,8	6,9
Pb (ppm)	25	45	34	34,8	5,16
Mo(ppm)	3	15	5	6,7	3,86
V (ppm)	61	100	83	82,7	11,3

Çizelge 11- Yüzey örneklerine (grab) ait ağır metal konsantrasyonları ve diğer parametreleri içeren Pearson korelasyon katsayıları.

	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	V(ppm)	As (ppm)	Fe (%)	Mn (ppm)	Mo (ppm)	TOC (%)	TIC (%)	Kil(%)	Silt(%)	Kum(%)	Çakıl(%)
Co (ppm)	1																
Cr (ppm)	0.503646	1															
Cu (ppm)	-0.34036	0.142087	1														
Ni (ppm)	0.258866	0.685502	0.584486	1													
Pb (ppm)	0.280014	0.444917	0.48432	0.312903	1												
Zn (ppm)	-0.17642	0.230239	0.841346	0.401672	0.764768	1											
V (ppm)	0.696282	0.645428	0.178742	0.761157	0.424215	0.208183	1										
As (ppm)	0.337687	0.57015	-0.20318	0.289878	0.076775	0.029877	0.275662	1									
Fe (%)	0.821894	0.438509	-0.01009	0.327779	0.625131	0.127512	0.746422	0.061464	1								
Mn (ppm)	0.409911	-0.1797	-0.28911	-0.39024	-0.01025	-0.31232	-0.08014	-0.43442	0.38757	1							
Mo (ppm)	0.052555	0.377662	0.229444	0.676999	0.048762	0.196952	0.522601	0.533882	0.011072	-0.83244	1						
TOC (%)	0.108927	0.551195	0.329167	0.725696	0.189054	0.321183	0.539036	0.531351	0.061551	-0.78444	0.909342	1					
TIC (%)	-0.81867	-0.56096	0.288598	-0.2478	-0.48314	0.01933	-0.70027	-0.39359	-0.81064	-0.07664	-0.26395	-0.34141	1				
Kil(%)	0.62741	0.5517	0.11333	0.681395	0.202795	-0.09574	0.780391	0.083586	0.692864	0.198556	0.228002	0.269928	-0.464324203	1			
Silt(%)	0.593343	0.78705	0.238378	0.762898	0.475646	0.206135	0.86449	0.30574	0.685959	-0.05687	0.401729	0.537864	-0.616820786	0.855895	1		
Kum(%)	-0.30899	-0.65767	-0.27192	-0.76919	-0.23084	-0.08911	-0.69531	-0.22901	-0.40574	0.2506	-0.48948	-0.60422	0.336834213	-0.82326	-0.90545	1	
Çakıl(%)	-0.83336	-0.47921	0.026213	-0.2585	-0.57427	-0.19278	-0.65666	-0.18432	-0.85068	-0.48205	0.092254	0.034226	0.754234835	-0.47185	-0.53291	0.135223	1



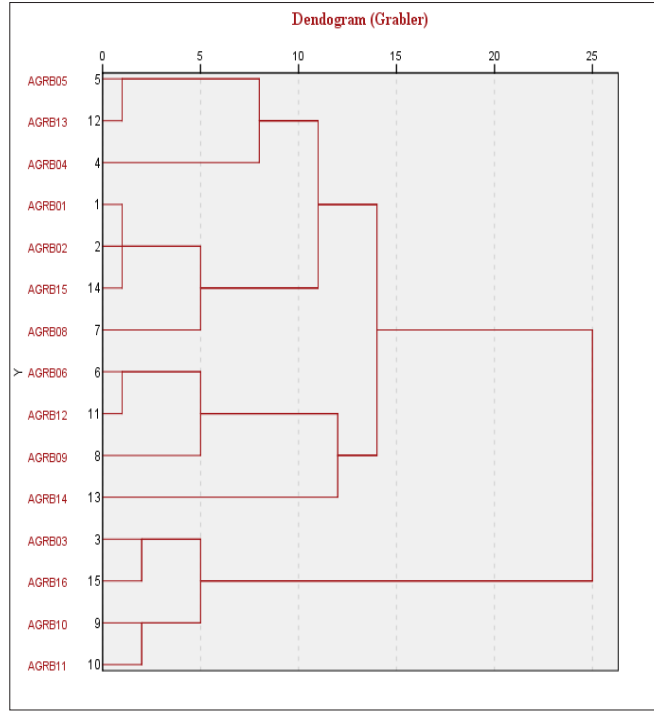
Şekil 13- Yüzey (grab) örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının kutu grafiğinde gösterimi.

AGRB05 ve AGRB13'ün metal içeriği açısından yüksek benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu gruba yine yakınlarda yer alan AGRB04'ün eşlik ettiği görülmektedir. AGRB01, AGRB02 ve AGRB15 benzerlik gösteren diğer bir grubu oluşturmaktadır. AGRB02 ve AGRB15 birbirine yakın lokasyonlarda olup körfez çıkışında yer almaktadır. Metal içeriği bakımından yüksek benzerlik gösteren AGRB06 ve AGRB12 kıyılarından uzak lokasyonlarda yer almaktadır. AGRB03 ve AGRB16 ise kıyılarına yakın noktalardan alınan ve benzer içerik gösteren örneklerdir. AGRB10 ve AGRB11 ise birbirine yakın lokasyonlarda yer almaları sebebiyle benzer metal içeriğine sahip olduğu düşünülmektedir (Şekil 14).

5. Genel Sonuçlar ve Öneriler

1. Çalışma kapsamında yapılan değerlendirmelere göre körfezden alınan yüzey örneklerinde görülen ağır metal konsantrasyonları ve dağılımları aşağıda verilmiştir:

- As, ortalama 20 ppm konsantrasyon değerlerini göstererek en yüksek değerlerini körfezin batı kesimlerinde rafinerinin bulunduğu alanda göstermektedir. Körfez çıkışında görülen yüksek konsantrasyonun sebebinin ise arsenikçe zengin termal sular, nehir ağızı sedimanlarının akıntılar vasıtasıyla bu bölgeye taşınması olduğu düşünülmektedir. Aliğa bölgesindeki volkanik



Şekil 14- Yüzey (grab) örneklerinde alınan numune yerlerinin tüm metal içeriğine göre benzerlik ve hiyerarşi sıralamasını gösteren dendrogram grafiği.

kayaçların As içeriklerinin yüksek olması sebebiyle jeolojik etkinin önemli olduğu düşünülmektedir.

- Pb, ortalama 35 ppm ile körfezde en yüksek değerlerini körfez çıkışında, orta ve doğu kısımlarında almaktadır. Körfez çıkışında ölçülen yüksek Pb konsantrasyonlarını gemi söküm tesisleri ile ilişkilendirmek mümkündür.
- Cr, körfezde ortalama 78 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. En yüksek değerlerini körfezin batı ve doğu kısımlarında almaktadır.
- Co, ortalama 11 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Körfez boyunca Co en yüksek değerlerini körfez çıkışında kuzeydoğudan güneybatıya bir hat boyunca ve AGRB08 örneğinde almaktadır. Kobaltın gösterdiği dağılım şekli, bazı endüstriyel ve evsel atıkların deşarjının yapıldığı Güzelhisar Deresi'nden bir katkı olabileceğini göstermektedir.
- Ni, ortalama 29 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Körfez boyunca Ni, en yüksek değerlerini körfezin batı kısımlarında rafinerinin bulunduğu bölgede geniş bir alan boyunca almaktadır.
- Cu, ortalama 16 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Cu, yüksek değerlerini çoğunlukla körfezin batı kısmında gemi söküm tesislerine ve rafineriye yakın alanlarda göstermektedir.
- Zn, ortalama 55 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. En yüksek değerlerini gemi söküm tesisi ve rafineri yakınlarında göstermektedir.
- Mo, ortalama 7 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Körfezin batı ve doğu kısımlarında en yüksek değerlerini alan Mo, körfez çıkışında daha düşük konsantrasyonlar göstermektedir.
- Mn, ortalama 217 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Körfezin çıkış kısımlarında ölçülen yüksek Mn konsantrasyonlarının kaynağının Güzelhisar Deresi sedimanları olabileceği düşünülmektedir.
- V, ortalama 82 ppm konsantrasyon değeri almaktadır. Vanadyum konsantrasyonları özellikle körfezin batı kısımlarında rafinerinin bulunduğu alanlarda en yüksek değerlerine ulaşmaktadır.
- Fe, ortalama %2,2 konsantrasyon değeri almaktadır. Demir konsantrasyonları özellikle körfezin çıkış bölgelerinde, orta ve doğu kısımlarında göreceli olarak yüksek değerlere ulaşmaktadır. Körfez

çıkışındaki yüksek değerleri gemi söküm tesisleri ile ilişkilendirmek mümkün olabilir.

2. Aliğa Körfezi'nden alınan yüzey örnekleri ağır metal zenginleşmesi bakımından incelenmiş ve Jeobirikim İndeksi (Igeo) sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu değerlere göre yüzey sedimanları Mn, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, V, Fe metalleri bakımından "kirlenmemiş" özelliğe sahiptir. Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre sedimanlarda minimum düzey ile orta derecede zenginleşme gösteren As ve Pb elementleri, Igeo İndeksine göre örneklerin kirlenmemiş ve kirlenmeye başlamış sınıfta yer almasına neden olmaktadır. Mo metali, Zenginleşme Faktörü sınıflandırmasına göre sedimanların minimumdan önemli derecede zenginleşme sınıfına kadar değişen değerler göstermesine neden olmaktadır. Igeo Kirlilik İndeksine göre ise sedimanlar kirlenmemiş sınıftan orta derecede kirlenmiş sınıfa varan Mo içeriğine sahiptirler. Yüzey örnekleri Kirlilik Faktörü (Cf) bakımından değerlendirildiğinde ise Pb için tüm örnekler orta derecede kirlenme, As için AGRB14 hariç diğer örnekler orta derecede kirlenme, Cr için AGRB03, AGRB04, AGRB05 ve AGRB13 için orta derecede, diğerleri için az kirlenme, Mo için orta derecede kirlenmeden önemli derecede kirlenmeye varan özellikler göstermektedir. Yüzey örnekleri, Kirlilik Yükü İndeksi (PLI)'ne göre değerlendirildiğinde ise tüm örnekler 1 değerinin altında kalmaktadır.

Sonuç olarak Aliğa Körfezi sedimanlarında farklı kirlilik sınıflamalarına göre Mo için önemli derecede kirlenmeye, As ve Pb için orta derecede kirlenmeye varan değerler elde edilmiştir. Körfezin batı kesiminde görülen yüksek metal değerlerini gemi söküm tesisleri, jeotermal aktivite ve Foça tufu ile ilişkilendirmek mümkün iken körfezin çıkışında doğu tarafında ölçülen değerleri endüstriyel ve evsel atıkların deşarj edildiği Güzelhisar Deresi'nin taşıdığı malzemelerle ilişkilendirmek mümkündür. Aliğa bölgesindeki volkanik kayaların As ve Pb içeriklerinin ortalama kabuk değerleri ile karşılaştırıldıklarında görece yüksek olması ve özellikle bölgedeki termal suların yüksek As içermesi bölgede jeolojik etkinin de önemli olduğunu göstermektedir. Körfezdeki ağır metal birikiminin takibi için düzenli periyotlarda hem deniz suyu hem de sediman örneklemesinin yapılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde fayda vardır.

Değerlenen Belgeler

Akın,Ç. 2019. Yığmsal (Agglomerative) Kümeleme. <http://cagiemreakin.com/veri-bilimi/agglomerative-clustering-4.html>, (Erişim tarihi: Eylül 2019).

- Balls, P.W., Hull, S., Miller, B.S., Pirie, J.M. 1997. Proctor Trace metal in Scottish estuarine and coastal sediments, *Marine Pollution Bull.* 34, 42-50.
- Barillé-Boyer, A. L., Barillé, L., Massé, H., Razet, D., Héral, M. 2003. Correction For Particulate Organic Matter As Estimated By Loss On Ignition In Estuarine Ecosystems, *Estuar. Coast. Shelf*, 58,147-153.
- Bengston, L., Enell, M. 1986. *Chemical Analysis in Berglund, Hnadbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology*, JohnWiley and Sons Ltd., Chichester, 423-451.
- Brindley, G.W., Brown, G. 1980. X-Ray Diffraction Procedures for Clay Mineral Identification. In: Brindley, G.W. and Brown, G., Eds., *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*, Mineralogical Society, 305-356.
- Brooks, R. R. 1972. *Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration*: New York, Harper and Row, 290 s.
- Brown, G. 1961. *The X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals*: Mineralogical Society, 544 syf, London.
- Chakravarty, I. M, Patgiri, A. D. 2009. Metal Pollution Assessment in Sediments of the Dikrong River, N.E. India *Journal of Human Ecology*, 27, 63-67.
- Duffus, J. H., Howard G.J.W. 1996. *Fundamental Toxicology For Chemists*, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Göktaş, F. 2005. İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No.10754, Ankara, (yayımlanmamış).
- Eroğlu, İ., Bozyiğit, R. 2013. Aliğa Limanı, Marmara Coğrafya Dergisi, 28, 81-16, İstanbul.
- Eryılmaz, M. 1997. Ege Denizi Akıntı Sistemleri, Yayımlanmamış Rapor, Dz.K.K., SHOD,29 s., İstanbul.
- Eryılmaz, M. 1999. Ege Denizi Güncel Çökel Dağılımına Etkileyen Oşinografik Faktörler. Yayımlanmamış Rapor, 51 s., Dz.K.K., SHOD, İstanbul.
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin,Texas (HemphilPs Book Store).
- Genç, C., Yılmaz, Y. 2000. Aliğa Dolaylarının Jeolojisi ve Genç Tektoniği, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000) Bildiriler Kitabı, 152-159, İzmir.
- Grim, R.E. 1968. *Clay Mineralogy*, McGraw-Hill, New York.
- Gündoğdu, N. 1982. Neojen Yaşlı Sedimanter Basenin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi Ankara, 386 s.

- Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approach. *Water Research*, 14, 975.
- Herut, B., Sandler, A. 2006. Normalization methods for pollutants in marine sediments: review and recommendations for the Mediterranean. New York: UNEP/MAP, 23.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I (Environmental Effect of metals-I). *Metalurji*, 136. sayı, s. 47-53.
- Kaya, O. 1979. Ortadoğu Ege Çöküntüsünün (Neojen) Stratigrafisi ve Tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22, 1-35, Ankara.
- Meriç, E., Nazik, A., Yokeş, M., Barut, İ., Kumral, M., Eryılmaz, M., Yücesoy, E.F., Gündoğan, İ., Sonuvar, B., Dinçer, F. 2018. Aliğa (İzmir) Kıyılarında Termal Su Kaynaklarının Meiobentik Topluluğa Etkisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 61(3), 269-290.
- Mico, C., Recatala, C., Peris, M., Sanchez, J. 2007. Baseline values for heavy metal in agricultural soils in European Region. *Science of the Total Environment*. 378, 13-17.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Analiz/Test ve Kalibrasyon Hizmet Kataloğu, http://www.mta.gov.tr/ucretli-isler/liste-/test-ve-analizler/test/icerikler.php?cat_id=3&id=9, (Erişim tarihi: Mart, 2019).
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Analiz/Test ve Kalibrasyon Hizmet Kataloğu, http://www.mta.gov.tr/ucretli-isler/liste-/test-ve-analizler/test/icerikler.php?cat_id=3&id=14, (Erişim tarihi: Mart, 2019).
- Müller, G. 1967. *Methods in Sedimentary Petrology*. Schweizerbart Press, 283 p., Stuttgart.
- Müller, G. 1981. Die Schwermetallbelastung der sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: eine Bestandsaufnahme. *Chem Ztg* 105, 157-164.
- Özkul, C., Acar, R.U., Köprübaşı, N., Er, A.E., Kızılkaya, H.İ., Metin, M., Şenel, M.N. 2018. Altıntaş (Kütahya-Türkiye) Ovası Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17, (1), 13-26.
- Sun, A., Metli, F., Işın, R., Baykul, A., Aşar, M., Tan, T., Keçer, M. 1998. İzmir Aliğa İlçesinin Arazi Kullanım Potansiyeli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No,10090, Ankara, (yayımlanmamış).
- Sutherland, R.A., Tolosa, C.A., Tack, F.M.G., Verloo, M.G. 2000. Characterization of selected element concentrations and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 38, 428-438.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Sungurlu, O. 1983. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature and Evolution of the Western Termination of Paleotethys, *Geological Society Special Publications*, 17, 77-112, London.
- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W. 1980. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgolander Meeresunters* 33, 566.
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geology Society America Bulletin*, 72, 175-192.
- Wedepohl, K.H. 1969. *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 578.
- Wedepohl, K.H. 1995. The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1217-1239.
- Wilson, M.J. 1987. *A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy*, Blackie, 308 s., London.
- Yıldız, N. 2004. Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531, Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.
- Yiğit, F. 2006. Tekirdağ Çukuru'nun (Batı Marmara Denizi) Geç Kuvaterner Sedimentolojisi ve İnorganik Jeokimyası, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 239s, Ankara.