

Antalya, İzmir ve İzmit Körfezlerinin Sedimentlerinde Ağır Metal Birikiminin Mevsimsel Olarak İncelenmesi

Ersan Oğuzhan PINAR^{1*}, Mustafa TÜRKMEN²

Öz

Bu çalışmada Antalya, İzmir ve İzmit körfezi olarak seçilen üç örnekleme noktasında çevresel kirlilik seviyelerinin ölçülmesi için 4 mevsim alınan sediment örneklerinin ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Sedimentlerde ağır metal kirlilik seviyelerini belirleme analizlerinde ise Cu, Cd, Zn, Cr, Ni ve Pb ağır metal konsantrasyonları sediment kalite kılavuzu (SQG) değerlerine göre ppm olarak karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre kurşun (Pb), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarının tüm körfezlerde ve tüm mevsimlerde sınır değerlerin altında kaldığı ölçülmüştür. Körfezleri kirlilik bakımından en yüksek derecede etkileyen ağır metaller, sediment kalite kılavuzuna göre belirlenmiş olan TEL (eşik etki seviyesi), LEL (en düşük etki seviyesi) ve MET (minimum etki eşiği) etki seviyeleri ile karşılaştırıldığında; Ni, Cr ve Cu olarak belirlenmiş olup, özellikle bu ağır metallerin bazı sediment ortamlarındaki konsantrasyonları kabul edilen belirli kirlilik kriter seviyelerinin çok üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sediment, Kontaminasyon, Sediment kalite kılavuzu, Metal.

Seasonal Investigation of Heavy Metal Accumulation in Sediments of Antalya, Izmir and Izmit Bays

Abstract

In this study, heavy metal contents of sediment samples taken in 4 seasons were analyzed to measure environmental pollution levels at three sampling points selected as Antalya, Izmir and Izmit bays. In analyzes to determine heavy metal pollution levels in sediments, heavy metal concentrations of Cu, Cd, Zn, Cr, Ni and Pb were compared in ppm according to sediment quality guide (SQG) values. According to the evaluation results, it was measured that lead (Pb), zinc (Zn) and cadmium (Cd) concentrations remained below the limit values in all gulfs and in all seasons. When the heavy metals that affect the bays to the highest degree in terms of pollution are compared with the TEL (threshold impact level), LEL (lowest impact level) and MET (minimum impact threshold) impact levels determined according to the sediment quality guide; They were determined as Ni, Cr and Cu, and especially the concentrations of these heavy metals in some sediment environments were determined to be well above certain accepted pollution criterion levels.

Keywords: Sediment, Contamination, Sediment quality guide, Metal.

^{1,2}Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Giresun, Türkiye, ersanpinar87@hotmail.com
mturkmen65@hotmail.com

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Geliş/Received: 29.01.2024

Kabul/Accepted: 13.05.2024

Yayın/Published: 18.06.2024

1. Giriş

Çevre kirliliği doğal ekosistemler ve insan sağlığı açısından önemli bir sorundur. En büyük çevre sorunlarından biri ağır metal kirliliğidir. Ağır metaller fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak parçalanamaz (Duffus, 2002)

Günümüzde aşırı popülasyon artışı, aşırı endüstriyel gelişme, tarımsal çalışmalar ve insan faaliyetleri sonucunda iç sularda kirletici düzeylerinde önemli artışlar görülmektedir. Önemli bir çevre sorunu olan su kirliliğinin, su ile hava, toprak gibi diğer ekosistemler arasındaki bağlantıdan, insan faaliyetlerinin etkilerine kadar pek çok sebebi bulunmaktadır. Bu kirleticilerin doğrudan ve dolaylı olarak doğaya zorla salınması doğanın dengesini hızla bozmaktadır. Kirleticilerin su kütlelerine ulaşması ve bu alanlarda insan yaşamını etkileyen fizikokimyasal ve biyolojik değişimlere neden olması, halkın bu soruna olan ilgisini ve endişesini artırmaktadır (Parlak, 1985; Yarsan ve ark., 2000; Duman, 2005; Türkmen, 2011).

Sucul ekosistemlerin kirlenmesi, çevre kirliliğinin önde gelen sorunlarından biridir. Ağır metal kirliliği ise bu sorunun alt dallarından biridir ve hem doğal hem de insan yapımı sucul ortamlarda yaşayan organizmalar için büyük bir tehdit oluşturur (Karadavut vd. 2012).

Sucul sistemlerin ana bileşeni olan sediment, birçok sucul organizma için yaşam alanı olarak hizmet ederken, aynı zamanda beslenme, üreme ve yetiştirme alanı olarak da işlev görür. İnsan kaynaklı kimyasallar, atık maddeler ve organik/inorganik bileşikler gibi kirleticiler, sucul sistemlerde sedimentte birikme eğilimindedir ve burada bir depo görevi görür. Ağır metaller gibi kirleticiler genellikle partikül maddelere bağlanarak çöker ve sedimentle birleşir. Sonuç olarak, sediment, su sütunu, organizmalar ve nihayetinde bu organizmaları tüketen insanlar için potansiyel kirleticilerin kaynağı olarak hizmet eder. Sediment kontaminasyonunun, sucul ekosistemler için temel tehditlerden biri olduğu kabul edilmektedir (Pham vd., 2007; Peng vd.,2008).

Sediment tabakası, kirleticilerin depolandığı bir biriktirici alandır (Taylan ve Özkoç, 2007). Ağır metallerin sedimentte birikimi, kayaçların aşınması, erozyon, inorganik partiküllerin ve ölü organizmaların tabana çökmesiyle gerçekleşir (Salomans ve ark., 1987; Keskin, 2012). Suda çözünmeyen ve su ortamına farklı yollarla taşınan ve biriken maddeler, sedimente çökerek organik madde ve kil mineralleri gibi sedimentin farklı bileşenleri ile birleşir. Ağır metal birikimi artan sediment tabakası doygunluğa ulaştığında, bu metalleri suya tekrar bırakır ve kirletici durumuna gelir. Bu nedenle sedimentler, su kütlelerinde ağır metaller için depolama yerleri olarak kabul edilir. Sedimentlerde biriken bu metaller, besin zinciri yoluyla diğer canlılara aktarılabilir. Bundan dolayı su kaynaklarının toksik etki düzeyi düzenli olarak izlenmeli ve kontrol altında tutulmalıdır (Katip, 2010; Şavran, 2022).

Su kalitesini ve dolayısıyla suda yaşayan organizmaları önemli ölçüde etkileyen sediment, biyolojik çeşitliliğin ve ekolojik durumun belirleyicisi olması nedeniyle, kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde ve rutin su örnekleme istasyonlarının seçiminde önemli bir rol oynar, sediment analizleri ise kritik bir öneme sahiptir (Gale vd., 2006). Sediment ve suda bulunan ağır metal konsantrasyonları, sıcaklık, pH ve çözünmüş madde konsantrasyonu gibi birçok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Banerjee ve ark., 2016). Kirlenmiş sedimentlerin çevresel etkilerini değerlendirirken, genellikle toplam konsantrasyonlar hakkında bilgi yeterli olmaz. Çünkü ağır metaller farklı kimyasal form ve jeokimyasal fazlarda bulunabilir ve bu da alım ve kullanımlarının farklılık göstermesine neden olur (Burdige, D.J., 1993). Ek olarak, metalin sedimentteki bulunma şekli, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, toplam organik madde miktarı ve redoks potansiyeli gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerden etkilenebilir (Barkay vd., 1997; Howari ve Banat, 2001; Canário vd., 2007).

Su kirliliğinin seviyesini belirlemek için önemli olan ana ağır metaller; bakır (Cu), nikel (Ni), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve krom (Cr)'dir. Bu metallere bazıları, örneğin Cu, Ni, Cr ve Zn, organizmalar için yaşamsal elementler olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda toksiktir (Parlak,1985). Türkiye'deki sucul alanlarda yapılan araştırmalara göre, örnekleme yapılan ağır metal analizlerini içeren makalelerin %90'ında kurşun (Pb) ve bakır (Cu) metalleri incelenmiştir. Bu analizlerden sonra en sık kadmiyum (Cd) (%79) ve çinko (Zn) (%75) metalleri üzerinde çalışılmıştır (Karayakar ve ark., 2007 ; Basmacı ve ark., 2021).

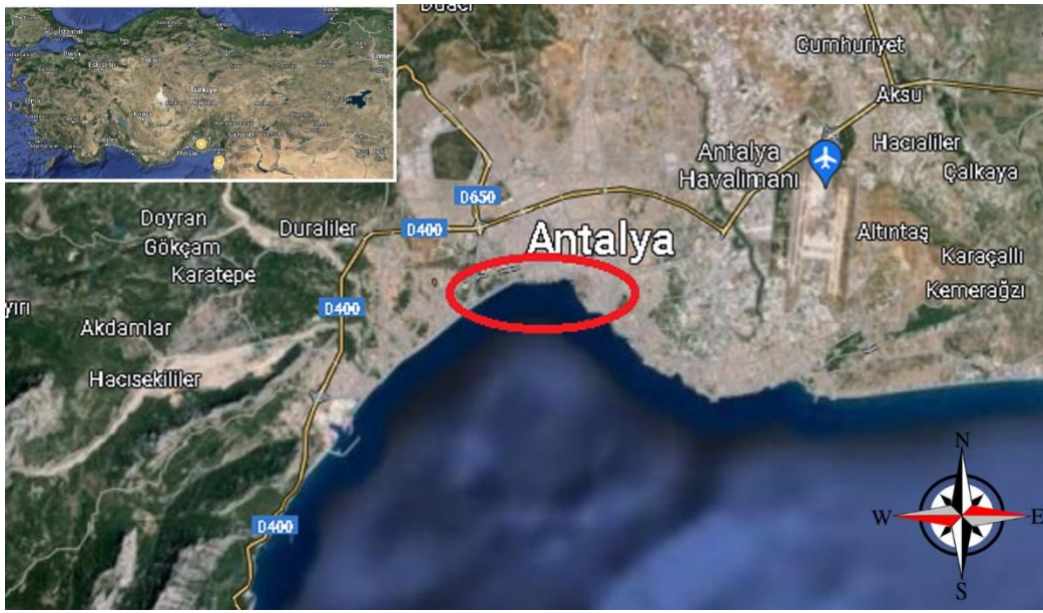
Sediment araştırmaları, özellikle ağır metallerin ve organik hidrofobik kirleticilerin (pestisitler, klorlu hidrokarbonlar vb.) çevresel etkilerinin belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır (Bubb ve Lester, 1994).

Ülkemizde, ağır metallerin sediment, su ve balıklarda birikimini araştırmak için birçok çalışma yapılmıştır (Balkıs ve ark., 2007; Aksu ve ark., 2011; Mülayim ve ark., 2011). Bu çalışmalarda, doğrudan deniz suyundan izole edilen bakterilerde ve farklı balık organlarından izole edilen bakterilerde yüksek düzeyde ağır metal direnci olduğu belirlenmiştir. Özellikle, Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde deniz ortamında yapılan araştırmalarda, midye gibi diğer sucul organizmalarda biyobirikim incelemeleri büyük ilgi görmektedir (Karayakar ve ark., 2007 ; Akbulut ve Akbulut, 2010; Başyigit ve Tekin-Özan, 2013; Kükreer ve ark., 2015; Aydın-Önen ve ark., 2015; Erol ve ark., 2016).

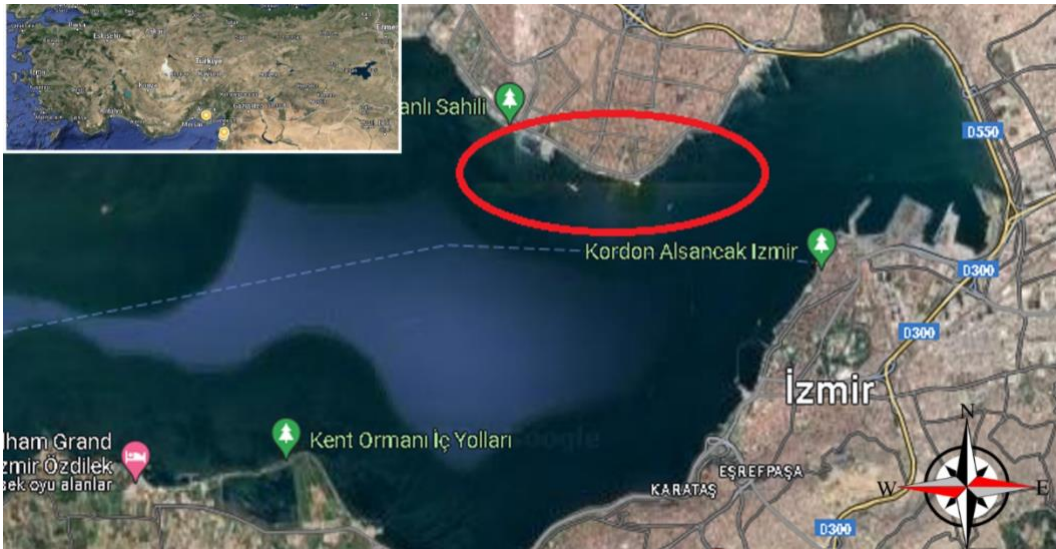
Bu çalışmada, Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinden alınan sediment örneklerinde Cu, Cd, Zn, Cr, Ni, Pb gibi metallerin birikim düzeylerinin mevsimlere göre nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu şekilde, kirliliğin boyutları hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.

2. Örnek Toplama Alanları

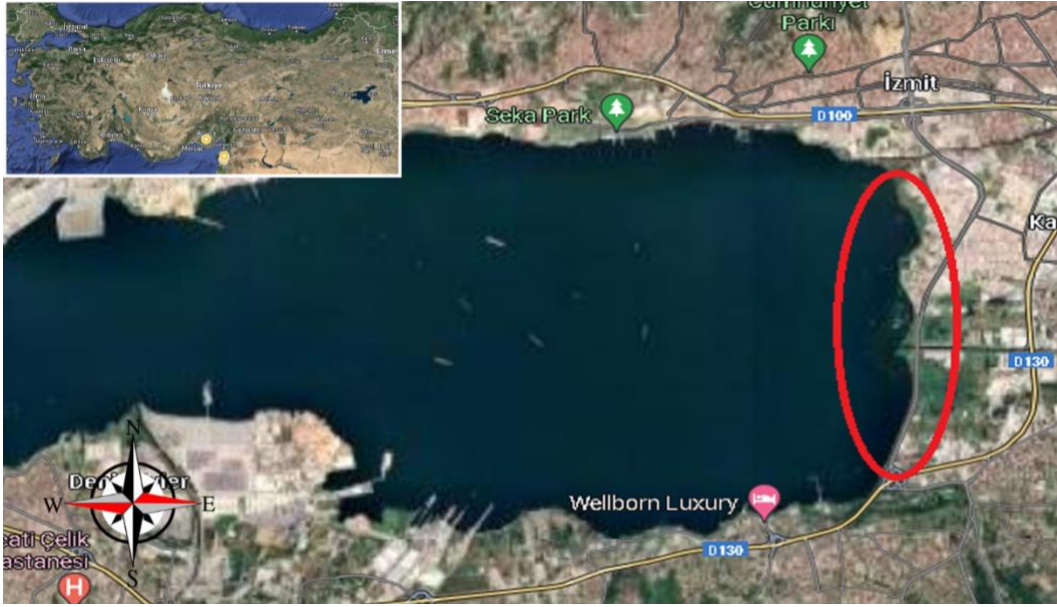
Bu çalışma Ocak 2021-Aralık 2021 tarih aralığında yapılmıştır. Örnekler Antalya (36.881634° Kuzey Paraleli- 30.693253° Doğu Meridyeni ve 36.744826° Kuzey Paraleli-31.463717° Doğu Meridyeni), İzmit (40.726271° Kuzey Paraleli- 29.938466° Doğu Meridyeni ve 40.751959° Kuzey Paraleli-29.937522° Doğu Meridyeni), İzmir (38.466430° Kuzey Paraleli- 27.070977° Doğu Meridyeni ve 38.463341° Kuzey Paraleli-27.140954° Doğu Meridyeni) Körfezlerinin değişik bölgelerinden (Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3) çeşitli analizler yoluyla ağır metal birikiminin sedimentteki düzeylerinin tespiti için 4 mevsim periyotlarla alınmıştır.



Şekil 2.1. Örnek Toplama Antalya Körfezi İstasyonu



Şekil 2.2. Örnek Toplama İzmir Körfezi İstasyonu



Şekil 2.3. Örnek Toplama İzmit Körfezi İstasyonu

Araştırmada çalışılan Antalya, İzmir ve İzmit Körfezi örnekleme sahaları jeomorfolojik ve hırdo coğrafya yapısı olarak farklılıklar göstermektedir.

Antalya Körfezi doğu Akdeniz bölgesinde yer alır ve karmaşık bir tektonik ortam ile karakterizedir (Güven ve Özbaş, 2022). Antalya Körfezi, çok çeşitli sucul canlılara ev sahipliği yapmaktadır. Antalya Körfezi'nin su ve sedimentindeki metal seviyeleri jeokimya, sanayi, turizm faaliyetleri, kentleşme ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi faktörlerden etkilenmektedir (Tekin-Özan, 2015). Genel olarak, Antalya Körfezi, çeşitli çevresel faktörlerden etkilenen zengin ve çeşitli bir su ekosistemi sergilemektedir.

İzmir körfezi, rüzgâr ve termohalin kuvvetlerinden etkilenen baskın dolaşım düzeni ile karakterizedir (Erdem, Sayın ve Eronat, 2017). İzmir'in iç körfezi, feribot taşımacılığı ve uluslararası bir liman dahil olmak üzere ulaşım faaliyetleriyle tanınır. Akıntılarının ve atık deşarjlarının varlığı nedeniyle sürekli kimyasal kirleticilere maruz kalmaktadır. Körfez ayrıca aktif faylardan etkilenir ve erken Miyosen'den beri tektonik evrim geçirmiştir. Ek olarak evsel ve endüstriyel atıklar, atık su deşarjı ve tarımsal faaliyetler dahil olmak üzere kirlilik zorluklarıyla karşı karşıyadır. Körfezdeki Alsancak Limanı, özellikle gemilerden kaynaklanan hava kirliliği açısından riskli bir alan olarak tanımlanmıştır (Töz ve artk., 2021). İzmir Körfezi, Türkiye'de endüstriyel büyüme ve kentleşme yaşamış, hem su hem de peyzajda kirliliğe ve çevre kirliliğine yol açan bir kıyı bölgesidir (Levent, Yurga, 2022).

İzmit Körfezi, deniz biyoçeşitliliği ve ekosistem açısından önemlidir. Körfez, Türkiye'nin oldukça sanayileşmiş ve nüfuslu bir bölgesinde yer almaktadır ve bu da onu kirliliğe ve çevre felaketlerine karşı savunmasız hale getirmektedir (Taskin, Kavzoğlu ve Goral, 2022). Kirleticilerin

ve besin dengesizliklerinin varlığını gösteren kırmızı gelgitler ve zararlı fitoplankton varlığı belirtilmiştir (Erdoğan, 2022).

3. Materyal ve Metot

Antalya Körfezi, İzmir Körfezi ve İzmit Körfezi'nde belirtilen bölgelerden Ocak 2021- Aralık 2021 tarihleri arasında 4 mevsim, 3 noktadan 5'er adet örnek alınmıştır. Örnekler, 15x15x15 cm boyutlarında Ekman Tipi sediment kepçesi kullanılarak toplanmıştır. Toplanan sedimentler plastik bir kap içinde karıştırılmış, ardından her körfez için 10'ar gram olmak üzere 5'er adet alt örnek alınmıştır (toplamda 5 tekrar). Bu örnekler ayrı polietilen kaplara konularak üzerlerine nitrik asit eklenmiştir (Moody and Lindstrom, 1977). Buz korumalı kaplarda analizlerin yapıldığı Sinop Üniversitesi laboratuvarına getirilen bu alt örnekler, 70°C'de sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulmuş ve havanda öğütülmüştür. Ardından büyük parçacıklar plastik eleklerle elenerek atılmıştır. Kalan örnekler 0,5 gram ağırlığında alınmıştır (Agemian ve Chau, 1975; Lorin ve Rantala, 1992; Bilos ve ark., 1998; Tanner ve Leong, 2000), çalışmalarında belirtilen yöntemlere uygun olarak CEM MARS-5 marka mikrodalga fırında asit muamelesiyle çözülmüştür (Sastre ve ark., 2002). Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, seyreltilmiştir. Mavi bant, bir filtre kartından geçirilerek analiz için hazırlanmıştır. Analiz edilen ağır metal elementleri Cu, Cd, Zn, Cr, Ni, Pb' dir. Numunelerin element içeriği, bir Bruker Model 820-MS ICP-MS spektrometre kullanılarak ppm aralığında belirlenmiştir.

4. İstatistik Hesaplamalar

Veriler, mevsimsel ve istasyon bazında gruplandırılmış ve ortalama ile standart hata değerleri hesaplanmıştır. Sedimentlerdeki ağır metal konsantrasyonları, mevsimlere ve istasyonlara göre olan farklılıklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir (Şenocak, 1998; Özdamar, 1999). Bütün istatistiksel analizler, SPSS ve Statistica paket programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5. Bulgular

Ocak 2021-Aralık 2021 döneminde Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinden alınan sediment örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel ortalama ve eşik değerleri, Sediment Kalite Kılavuzu (SQG) tarafından belirlenen eşik değerlerle karşılaştırılmıştır. SQG, çeşitli çevresel endişelerle başa çıkmak ve düzenleyici programlara yanıt olarak geliştirilmiştir. Sediment kontaminasyonu geleneksel olarak, tek tek bileşiklerin kimyasal konsantrasyonları değerlendirilerek

ve bunların arka plan veya referans değerleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir (USEPA, 1987; Great Lakes Water Quality Board, 1982; Gambrellvd, 1983; Thomas, 1987).

Dört mevsim boyunca alınan sediment örneklerinin ağır metal analiz sonuçları, Çizelge 1'de belirtilen sediment kalite kılavuz değerlerinde yer alan en düşük eşik etki seviyesi (TEL), etki seviyesi (LEL), minimum etki eşiği (MET) konsantrasyonlarına göre değerlendirilmiştir.(Burton, 2002).

Çizelge 1. Ağır Metaller için etki eşiği sediment kalite kılavuzu (SQG) değerleri

SQG (ppm)	Kadmium (Cd)	Krom (Cr)	Bakır (Cu)	Kurşun (Pb)	Nikel (Ni)	Çinko (Zn)	Referans
TEL	0.6	37.3	35.7	35	18	123	A
LEL	0.6	26	16	31	16	120	A
MET	0.9	55	28	42	35	150	B

SQG (Sediment quality guideline): sediment kalite kılavuzu, TEL(thres hold effect level): eşik etki seviyesi, LEL (lowest effect level): en düşük etki seviyesi, MET (minimal effect thre shold): minimum etki eşiği,

A: NOAA, 1999

B: Burton, 2002

Tablo 1. Mevsimlere ve istasyonlara göre sedimentte ağır metal konsantrasyonları (ppm)

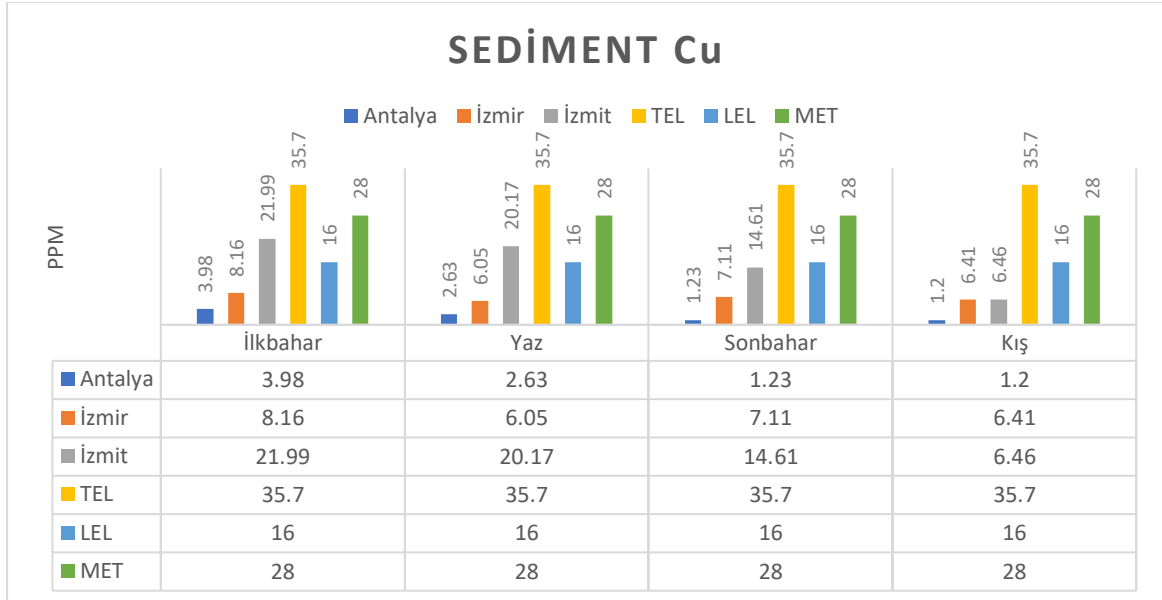
MEV	İST	Cu	Zn	Cr	Cd	Ni	Pb
İLKB	ANT	3,98±0,01 ^c	14,54±0,11 ^c	26,12±0,11 ^f	0,09±0,00 ^d	20,40±0,06 ^f	4,56±0,02 ^c
	İZMR	8,16±0,05 ^g	32,46±0,11 ^h	56,95±0,29 ⁱ	0,07±0,00 ^c	36,39±0,16 ^j	6,93±0,07 ^h
	İZMT	21,99±0,04 ^j	53,18±0,45 ^j	24,19±0,07 ^e	0,10±0,00 ^f	15,73±0,02 ^e	6,28±0,02 ^g
YAZ	ANT	2,63±0,01 ^b	7,52±0,05 ^b	26,58±0,20 ^f	0,09±0,00 ^d	12,50±0,03 ^d	2,36±0,01 ^a
	İZMR	6,05±0,03 ^d	24,51±0,04 ^f	32,38±0,12 ^g	0,07±0,00 ^{bc}	26,64±0,06 ^h	4,75±0,03 ^d
	İZMT	20,17±0,04 ⁱ	71,52±0,12 ^k	48,69±0,08 ⁱ	0,10±0,00 ^e	35,86±0,11 ⁱ	10,58±0,06 ^l
SONB	ANT	1,23±0,01 ^a	5,05±0,03 ^a	8,02±0,09 ^a	0,20±0,00 ^j	9,38±0,05 ^{ab}	4,96±0,05 ^e
	İZMR	7,11±0,01 ^f	20,70±0,17 ^e	33,58±0,03 ^h	0,07±0,00 ^{ab}	23,29±0,05 ^g	3,96±0,03 ^b
	İZMT	14,61±0,03 ^b	49,82±0,32 ⁱ	85,29±0,34 ^k	0,06±0,00 ^a	54,59±0,05 ^k	8,58±0,04 ^j
KİŞ	ANT	1,20±0,01 ^a	5,41±0,08 ^a	9,31±0,06 ^b	0,18±0,00 ⁱ	9,33±0,04 ^a	5,47±0,00 ^f
	İZMR	6,41±0,03 ^e	25,46±0,17 ^g	15,12±0,13 ^d	0,12±0,00 ^g	10,60±0,07 ^c	8,22±0,03 ⁱ
	İZMT	6,46±0,01 ^e	16,92±0,16 ^d	11,15±0,02 ^c	0,14±0,00 ^h	9,69±0,04 ^b	8,88±0,02 ^k

* Aynı harfle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. (P>0,05)

Tüm örneklemelerin ortalamaları alınarak sedimentteki metal konsantrasyonları hesaplanmıştır. Buna göre Antalya Körfezi'ndeki metallerin ilkbahar konsantrasyonlarının sıralanışı şu şekildedir: Cr > Ni > Zn > Pb > Cu > Cd. Yaz konsantrasyonlarının sıralanışı ise şöyledir: Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd Sonbahar konsantrasyonlarının sıralanışı: Ni > Cr > Zn > Pb > Cu > Cd. Kış konsantrasyonlarının sıralanışı ise şu şekildedir: Ni > Cr > Pb > Zn > Cu > Cd. İzmir Körfezi'ndeki metallerin ilkbahar konsantrasyonlarının sıralanışı: Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd. Yaz konsantrasyonlarının sıralanışı: Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd. Sonbahar konsantrasyonlarının sıralanışı: Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd. Kış konsantrasyonlarının sıralanışı: Zn > Cr > Ni > Pb >

Cu > Cd . İzmit Körfezi'ndeki metallerin ilkbahar konsantrasyonlarının sıralanışı: Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Cd . Yaz konsantrasyonlarının sıralanışı: Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Cd. Sonbahar konsantrasyonlarının sıralanışı: Kış konsantrasyonlarının sıralanışı: Zn > Cr > Ni > Pb > Cu > Cd şeklindedir.

5.1. Bakır (Cu)

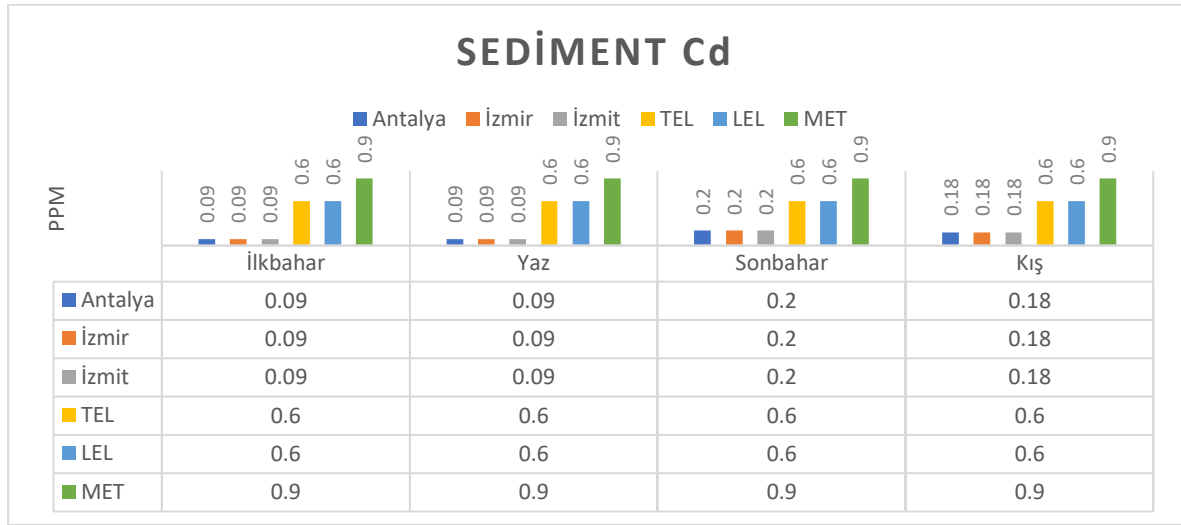


Şekil 4. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Cu konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

Antalya ve İzmir körfezlerinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı Bakır (Cu) konsantrasyonu, TEL (35,7 ppm), LEL (16 ppm) ve MET (28 ppm) seviyeleri için sınır değerlerin altında ölçülmüştür.

İzmit körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı bakır (Cu) konsantrasyonu; TEL (35,7 ppm) ve MET (28 ppm) seviyeleri için sınır değerinin altında, LEL (16 ppm) seviyesi için sonbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerinin altında, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sınır değerinin üzerinde ölçülmüştür. Bakır (Cu) konsantrasyonu mevsimel olarak Antalya istasyonunda karşılaştırıldığında ilkbahar >yaz >sonbahar >kış, İzmir istasyonunda karşılaştırıldığında ilkbahar >yaz >sonbahar >kış, İzmit istasyonunda karşılaştırıldığında ilkbahar >yaz >sonbahar >kış şeklindedir. En yüksek Bakır (Cu) konsantrasyonu 21,99 ppm ile ilkbahar mevsiminde İzmit istasyonunda en düşük Bakır (Cu) konsantrasyonu ise 1,2 ppm ile kış mevsiminde Antalya da ölçülmüştür.

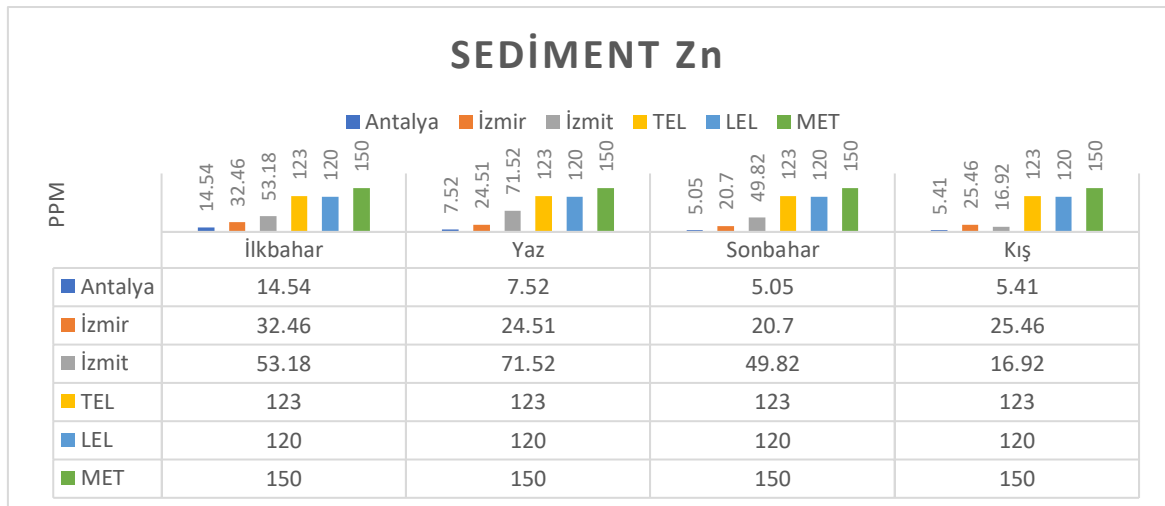
5.2. Kadmiyum (Cd)



Şekil 5. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Cd konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı kadmiyum (Cd) konsantrasyonu, TEL (0.6 ppm), LEL (0,6 ppm) ve MET (0.9 ppm) seviyeleri için sınır değerlerin altında ölçülmüştür. 3 körfezdende toplanan örneklerdeki kadmiyum (Cd) konsantrasyonu ilkbahar, yaz mevsimlerinde en düşük sonbahar mevsiminde en yüksek olarak ölçülmüştür.

5.3.Çinko(Zn)

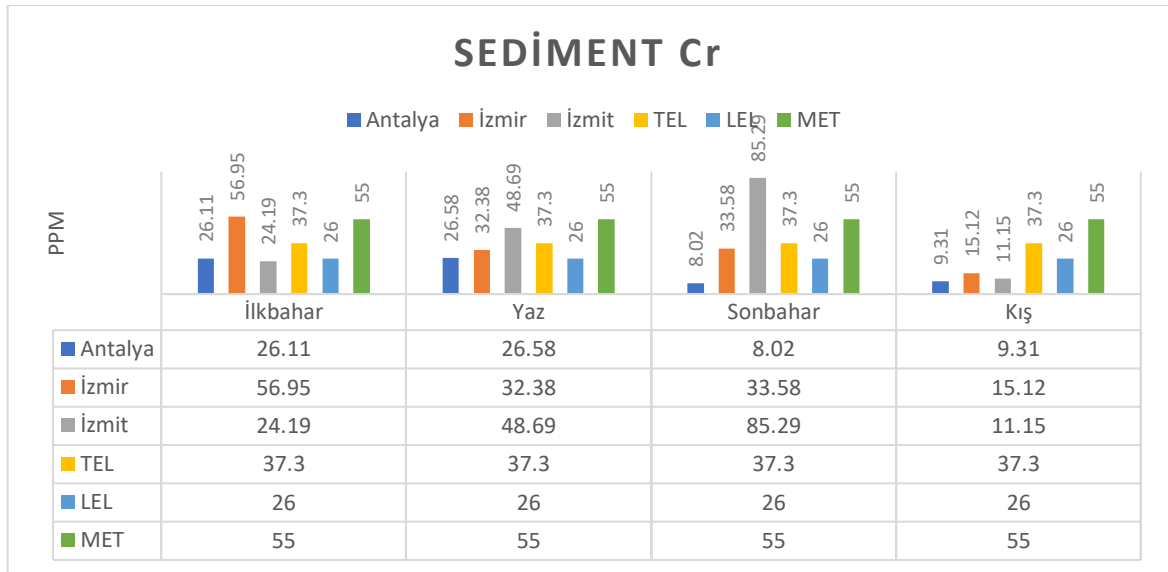


Şekil 6. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Zn konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı çinko (Zn) konsantrasyonu, TEL (123ppm), LEL (120ppm) ve MET (150 ppm) seviyeleri için

sınır değerlerin altında ölçülmüştür. (Zn) konsantrasyonu Antalya istasyonundaki mevsimsel konsantrasyonları kıyaslandığında ilkbahar >yaz > kış > sonbahar, İzmir istasyonundaki mevsimsel konsantrasyonları kıyaslandığında ilkbahar >yaz > kış > sonbahar, İzmit istasyonundaki mevsimsel konsantrasyonları kıyaslandığında yaz > ilkbahar > kış > sonbahar şeklindedir. İstasyonlarda en yüksek çinko (Zn) değeri İzmit istasyonunda yaz mevsiminde 71,52 ppm, en düşük çinko (Zn) değeri Antalya istasyonunda sonbaharda 5,05 ppm olarak ölçülmüştür.

5.4. Krom (Cr)



Şekil 7. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Cr konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

Antalya körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı krom (Cr) konsantrasyonu, TEL (37,3 ppm) ve MET (55 ppm) seviyeleri için sınır değerlerin altında, LEL (26ppm) seviyesi için ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sınır değerinin üzerinde, sonbahar ve yaz mevsimlerinde sınır değerinin altında ölçülmüştür. Antalya körfezindeki sediment örneklerinin krom (Cr) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında yaz > ilkbahar > kış > sonbahar şeklindedir.

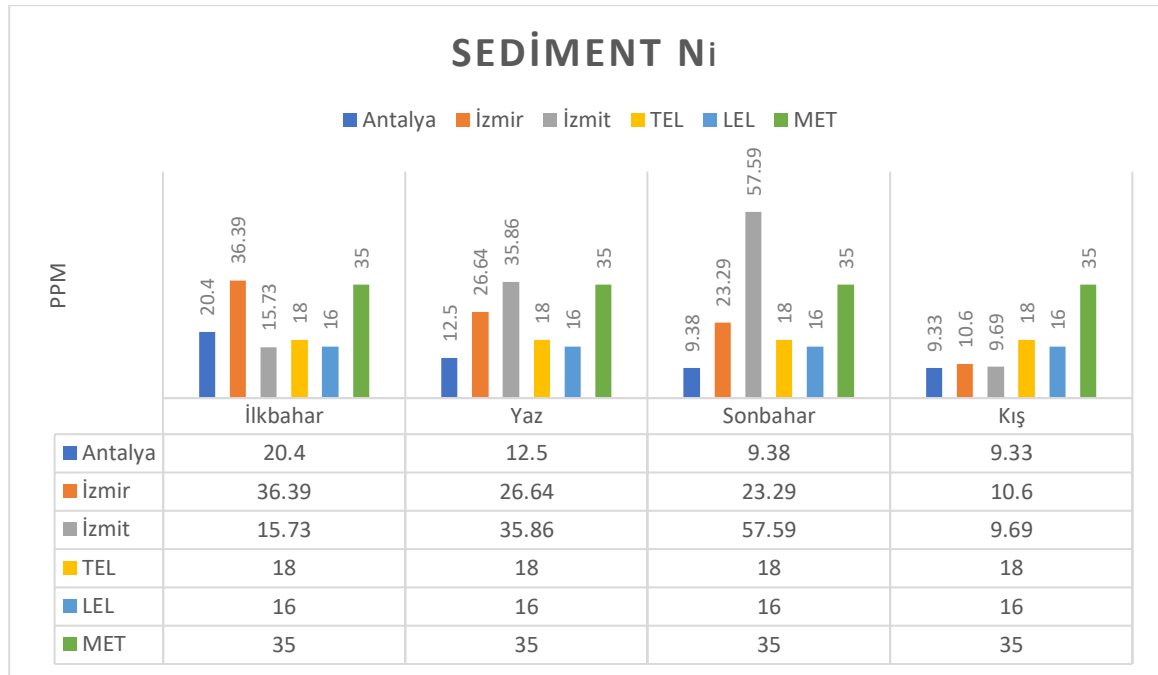
İzmir körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı krom (Cr) konsantrasyonu; TEL (37,3 ppm)ve MET (55 ppm)seviyeleri için ilkbaharda sınır değerinin üzerinde, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerinin altında, LEL (26 ppm) seviyesi için ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimlerinde sınır değerinin üzerinde, kış mevsiminde sınır değerinin altında ölçülmüştür. İzmir körfezindeki sediment örneklerinin krom (Cr) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında ilkbahar > sonbahar > yaz > kış şeklindedir.

İzmit körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı krom (Cr) konsantrasyonu; TEL (37,3 ppm)ve LEL (26 ppm) seviyeleri için ilkbahar ve kış mevsimlerinde sınır

değerin altında, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sınır değer üzerinde, MET (55 ppm) seviyesi için ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde sınır değer altında, sonbahar mevsiminde sınır değer üzerinde ölçülmüştür. İzmit körfezindeki sediment örneklerinin krom (Cr) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında sonbahar > yaz > ilkbahar > kış şeklindedir.

İstasyonlarda en yüksek krom (Cr) değeri İzmit istasyonunda sonbahar mevsiminde 85,29 ppm, en düşük krom (Cr) değeri ise Antalya istasyonunda sonbaharda 8,02 ppm olarak ölçülmüştür.

5.5.Nikel (Ni)



Şekil 8. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Ni konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

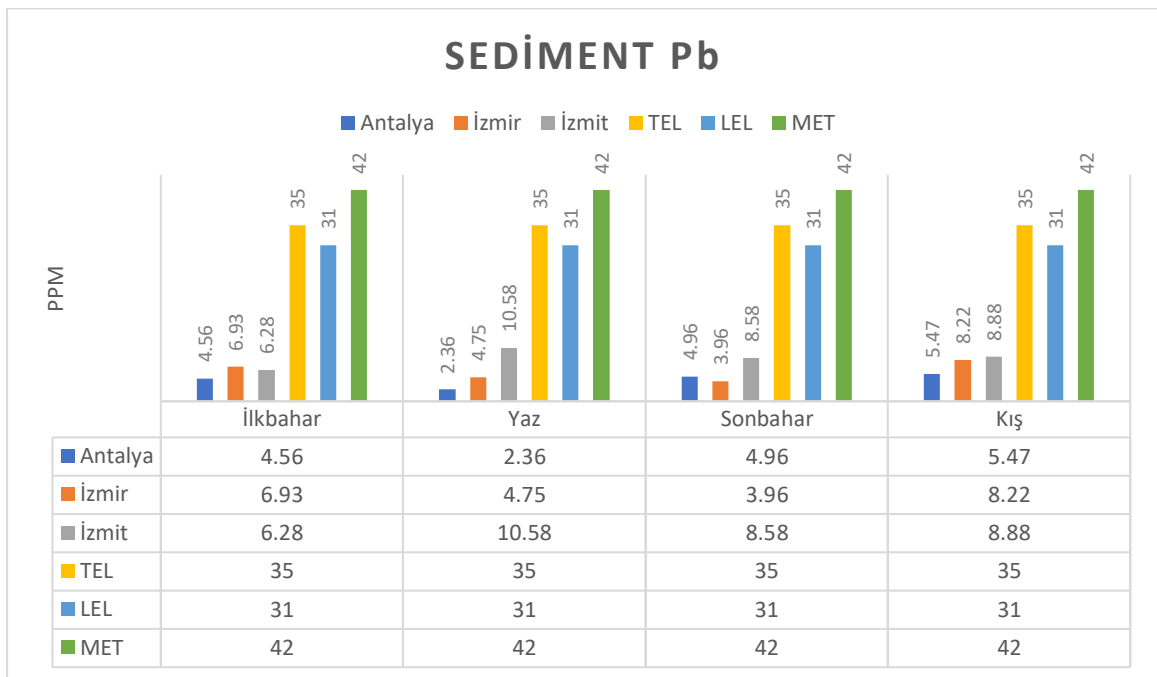
Antalya körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı nikel (Ni) konsantrasyonu; TEL (18 ppm) ve LEL (16 ppm) seviyeleri için ilkbaharda sınır değer üzerinde, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sınır değer altında, MET (35 ppm) seviyesi için tüm mevsimlerde sınır değer altında ölçülmüştür. Antalya körfezindeki sediment örneklerinin nikel (Ni) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında ilkbahar > yaz > sonbahar > kış şeklindedir.

İzmir körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı nikel (Ni) konsantrasyonu; TEL (18ppm) ve LEL (16ppm) seviyeleri için ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimlerinde sınır değer üzerinde, kış mevsiminde sınır değer altında, MET (35 ppm) seviyesi için ilkbaharda sınır değer üzerinde, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sınır değer altında ölçülmüştür. İzmit körfezindeki sediment örneklerinin nikel (Ni) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında ilkbahar > yaz > sonbahar > kış şeklindedir.

İzmit körfezinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı nikel (Ni) konsantrasyonu; TEL (18 ppm), LEL (16 ppm) ve MET (35 ppm) seviyeleri için ilkbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerinin altında, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sınır değerinin üzerinde ölçülmüştür. İzmit körfezindeki sediment örneklerinin nikel (Ni) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında sonbahar > yaz > ilkbahar > kış şeklindedir.

İstasyonlarda en yüksek nikel (Ni) değeri İzmit istasyonunda sonbahar mevsiminde 57,59 ppm en düşük nikel (Ni) değeri ise Antalya istasyonunda kış mevsiminde 9,33 ppm olarak ölçülmüştür.

5.6. Kurşun (Pb)



Şekil 9. Antalya, İzmir ve İzmit körfezi örnekleme noktalarındaki Pb konsantrasyonunun (ppm) sediment kalite kılavuzu ile karşılaştırılması

Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinden alınan sediment örneklerinde mevsimsel farklılıklara bağlı kurşun (Pb) konsantrasyonu, TEL (35ppm), LEL (31ppm) ve MET (42 ppm) seviyeleri için sınır değerlerinin altında ölçülmüştür.

Antalya körfezindeki sediment örneklerinin kurşun (Pb) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklindedir.

İzmir körfezindeki sediment örneklerinin kurşun (Pb) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında kış > ilkbahar > yaz > sonbahar şeklindedir.

İzmit körfezindeki sediment örneklerinin kurşun (Pb) konsantrasyonları mevsimsel olarak kıyaslandığında yaz > kış > sonbahar > ilkbahar şeklindedir.

6. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışmamızda Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerindeki sedimentlerde yapılan analizler sonucunda, kurşun (Pb), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarının tüm mevsimlerde belirlenen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Pb, Cd, Zn, Co, Hg ve diğer birçok toksik metal, dip sedimentlerinde birikebilir ve çevreye salınma koşulları oluşturulduğunda, çeşitli dışsal reaksiyonlar aracılığıyla su kütesine yayılarak 'tehlikeli' bir durum oluşturabilirler (Lu, I.C.S..Chen K).

Analizler sonucunda ölçülen en yüksek nikel (Ni) konsantrasyonu, Antalya ve İzmir körfezinde ilkbahar mevsiminde, İzmit körfezinde ise sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Bu körfezler içerisinde nikel konsantrasyonu en yüksek körfez İzmit körfezidir. Nikel, doğal kaynaklardan ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan yayılımıyla biyosferde, toprak, su, hava ve sedimentlerde bulunmaktadır (Demir vd, 2005). Sucul ve karasal ekosistemlerdeki nikel yükleri, insan etkinliklerinden ve madencilik bölgelerinden, maden eritme, işleme süreçleri, fosil yakıt yanması, atık yakma ve depolama sahalarından kaynaklanmaktadır (Eisler, 2000).

Analizler sonucunda ölçülen en yüksek krom (Cr) konsantrasyonu, Antalya Körfezi'nde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, İzmir Körfezi'nde ilkbahar mevsiminde, İzmit Körfezi'nde ise sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Bu körfezler arasında krom konsantrasyonu en yüksek olan İzmit Körfezi'dir. Krom, atıkların önemli bir bileşeni olarak çevreye salınmaktadır ve evsel ile endüstriyel atık su arıtma tesislerinde yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Parçacıklı madde, kromun su sistemlerine transferinin ana kaynağıdır. Kromla kirlenmiş sedimentlerde, kromun sediment gözenek suyundan geri salınmasıyla, sedimentler önemli toksik kaynaklar olarak etki gösterir (Eisler, 2000).

Analizler sonucunda ölçülen en yüksek bakır (Cu) konsantrasyonu, Antalya, İzmir ve İzmit körfezlerinde ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. Bu körfezler arasında bakır konsantrasyonu en yüksek olan İzmit Körfezi'dir. Bakır (Cu), tatlısu ve sedimentteki sucul yaşam için gerekli olan bir mikro besleyici elementtir. Ancak yüksek seviyelerde toksik etkiler gösterebilir. Doğal yollarla, örneğin volkanik patlamalar veya bitkilerin çürümesi gibi, ve insan etkinliklerinin sonucu olarak, belediye ve endüstriyel atık suları gibi, çevreye yayılır. Bakır suya az miktarda çözünür, ancak askıda katı maddelere kolayca bağlanır ve sonuç olarak sedimentte birikebilir. Sedimentte biriken Cu miktarı, su kirliliğinin düzeyini yansıtır (Eqani, 2016). Suda kabul edilebilir düzeydeki bakır fazlalığı özellikle bakteri, alg, mantar ve balıklar için toksik etkilere neden olabilir. İnsanlarda, bakır fazlalığı karaciğerde ve midede rahatsızlıklara yol açabilir (Özden, 2008).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentteki en yüksek ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,20, Cu: 21,99, Pb: 10,58, Zn: 71,52, Cr: 85,2 ve Ni: 54,59 ppm olarak

bulunmuştur. Sedimentte yapılan çalışmalarda; Meksika Körfezi'nde, Cd; 0,02 Cu; 0,2-1,7 Fe; <1 Mn; 0,5 Ni; 0,25-1,16 Pb; 0,02- 0,05 Zn; 5 µg/l (Trefry ve ark., 1996), Atatürk baraj gölünde, Cu; 0,025-0,22 Fe; 0,062 Mn; 0,0039-0,0041 N; 0,011-0,0154 Zn; 0,064-0,197 ppm (Karadede ve Ünlü, 2000), Kuzey Ege Denizi farklı derinliklerde, Cd; 0,019-0,420 Cu; 0,74-5,93 Mn; 0,07-44,98 Ni; 2,26- 8,43 nM/l, Güney Ege Denizi farklı derinliklerde, Cd; 0,016-0,176 Cu; 0,48-5,19 Mn; 0,18- 9,31 Ni; 0,08-9,83 nM/l (Voutsinou ve ark., 2000), Karadeniz açıklarında, Cd; 0,078 Cu; 6,7 Ni; 9,4 nM/L (Haraldson ve Westerlund, 1991), Karadeniz'in güneyinde, Cu; 49 Fe; 3280 Mn ; 570 Ni; 77 Pb; 34 Zn; 87 (Yücesoy 1991), Kuzey Marmara resif bölgesinde, Cu; 21 Fe; 2970 Mn; 404 Pb; 24 Zn; 71 (Çağatay 1996), Erdek Körfezi'nde, Cu; 28 Fe; 3000 Mn; 384 Ni; 52 Pb; 40 Zn; 125 (Balkıs 1998), Doğu Çin Denizi Changjiang Körfezi'nde, Co; 10-20 Cr; 50-100 Cu; 10-50 Fe; 3000-45000 Mn; 500-1000 Ni; 20-50 Pb; 20-30 Zn; 60-140 Al; 50000-100000 (Zhang and Ying 1996), Ege Denizi ve sahil bölgesi ve Mytilen Limanı'nda, Cd; 0,3-0,495 Cr; 40-154 Cu; 5,34-86,2 Fe; 7700-28100 Mn; 171-36 Pb; 20,7-93 (Aloupi and Angelidis 2001), Kuzey Ege Denizi Saros Körfezi'nde, Cu; 19 Fe; 27900 Mn; 451 Ni; 60 Pb; 22 Zn; 73 (Sarı and Çağtay 2001) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir. Sediment için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer bölgeler için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında; bölgeler arasındaki kirlilik durumlarındaki benzerlikler ve farklılıklar belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Sediment ağır metal konsantrasyonlarının kısa vadeli olarak çok fazla değişkenlik göstermediği, ancak uzun zaman dilimlerinde önemli farklılıkların ortaya çıkabileceği belirtilmektedir (Bradford ve Luoma, 1980; Maedor ve ark., 1998; Esslemont, 2000; Rubio ve ark., 2000; Tanner ve Leong, 2000). Güney Avustralya'da endüstriyel ve metropolitan merkezlere yakın bölgelerde sestonda yapılan çalışmada, Cd, Pb, Cu ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonlarında önemli mevsimsel farklılıkların olduğu ve genellikle kış değerlerinin ilkbahar değerlerinden daha yüksek çıktığı bildirilmektedir (Edwards ve ark., 2001). Aynı şekilde, sedimentteki Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir (Wright ve Mason, 1999).

Yoğun yağışların etkisiyle kirlenmiş karasal ortamlarla, dere ve nehir yatağı sedimentlerindeki ağır metallerin kıyısız bölgelere sürüklenerek deniz suyu ve sedimentlere karıştığı belirtilmektedir. Bu durumda, deniz suyu ve sediment konsantrasyonları arasındaki ilişkileri etkileyen faktörler arasında, ağır metallerin dağılımını etkileyen temel süreçlerden olan absorpsiyon ve desorpsiyon gibi etmenlerin bulunduğu bildirilmektedir (Hung ve ark., 2001). Araştırmamızda körfezlerdeki ağır metal seviyeleri ilkbahar ve sonbaharda yağışların etkisi ile yaz ve kışa göre konsantrasyonları daha yüksektir.

Araştırma yaptığımız körfezler içerisinde ağır metal konsantrasyonu en yüksek körfez İzmit körfezi olarak tespit edilmiştir. İzmit Körfezinin bu durumu, Türkiye'nin oldukça sanayileşmiş ve

nüfuslu bir bölgesinde yer almasıdır ve bu da onu kirliliğe ve çevre felaketlerine karşı savunmasız hale getirmektedir. İleriki yıllarda sediment örnekleri için örnekleme noktaları çoğaltılarak ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin incelenmesi ve sonuçların karşılaştırılması faydalı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FEN-BAP-C-250221-06 nolu proje ile desteklenmiştir. Giresun Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Yazarların Katkıları

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma araştırma ve yayın etiğine uygundur. Bu çalışma "Antalya-İzmir ve İzmit Körfezlerindeki Bazı Sucul Organizmalar ve Sedimette Ağır Metal Birikimi" başlıklı doktora tezine dayanmaktadır. (Doktora tezi, Giresun Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun, Türkiye).

Kaynaklar

- Agemian, H. And Chau, A. S. Y. 1975. An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chemica Acta*, 80: 61-66
- Akbulut, A., Akbulut, N.E. (2010).The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment and fish tissue in Kızılırmak RiverBasin in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 167: 521-526.
- Aksu, N. Balkıs, Ö. S. Taşkın And M. S. Erşan 2011. Toxic Metal (Pb, Cd, As And Hg) And Organochlorine Residue Levels In Hake (*Merluccius Merluccius*) From The Marmara Sea, Turkey. *Environmental Monitoring And Assesment*, 182: 509-521. Doi 10.1007/S10661-011-1893-1.
- Aloupi, M. and Angelides, M. O. 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*, 113:211-219.
- Aydın-Önen, S.,Küçüksezgin, F., Kocak, F., Açık, S. (2015).Assessment of heavy metal contamination in hediste diversicolor (O.F. Müller, 1776), Mugil cephalus (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean). *Environ Sci Pollut Res* 22: 8702-8718.

- Ayşegül Mülâyim, Nuray Balkıs, Hüsamettin Balkıs, Abdullah Aksu (2011). Distributions of total metals in the surface sediments of the Bandırma and Erdek Gulfs, Marmara Sea, Turkey. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 94: 1, 56-69. DOI:10.1080/02772248.2011.633914
- Balkıs, N. 1998. Geochemistry of sediments of the Erdek Bay. PhD Thesis, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul, s 209, İstanbul.
- Balkıs, Erdinç Şenol and Abdullah Aksu 2007. Trace Metal Distributions in water column and surface sediments of İzmit Bay (Turkey) after Marmara (İzmit) Earthquake. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 16, No: 8, pp. 910-916
- Banerjee, S., Kumar, A., Maiti, S. K., & Chowdhury, A. (2016). Seasonal variation in heavy metal contaminations in water and sediments of Jamshedpur stretch of Subarnarekha river, India. *Environmental earth sciences*, 75, 1-12.
- Barkay, T., Gillman, M., & Turner, R. R., 1997. Effects of dissolved organic carbon and salinity on bioavailability of mercury. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 4267–4271.
- Basmacı, A., Bostan, Z., Sönmez, V. Z., & Sivri, N. (2021). Türkiye'nin Sucul Ekosistemlerinde Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6 (4), 567-577.
- Başıyigit, B., Tekin-Özan S. (2013). Concentration of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pike perch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physicochemical parameters, fish size, and seasons. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (3): 633-644.
- Bilos, C., Colombo, J. C., & Presa, M. J. (1998). Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Río de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution*, 99(1), 1-11.
- Bradford, W. L. and Luoma, S. N. 1980. Some perspectives on heavy metal concentrations in shellfish and sediment in San Francisco Bay, California. *Contaminants and Sediments*, 2:501-531.
- Bubb, J.M., Lester, J.N., 1994. Anthropogenic heavy metal inputs to Lowland River systems, A Case Study. The River Stour, U.K. *Water, Air and Soil Pollution*, 78: 279-296.
- Burdige, D.J., 1993. The biogeochemistry of manganese and iron reduction in marine sediments. *Earth-Sci Rev.*, 35: 249-284.
- Burton, G.A. 2002. Sediment Quality Criteria In Use Around The World. *Limnology*, 3:65–76.
- Canário, J., Prego, R., Vale, C., Branco, V., 2007. Distribution of Mercury and Methylmercury in Sediments of Vigo Ria, NW Iberian Peninsula. *Water Air Soil Pollut.*, 182: 21–29. Demir, T.A., Isıklı, B., Ürer, S.M., Berber, A., Akar, T., Canbek, M. and Kalyoncu, C. 2005. Nickel Exposure And Its Effects. *Biometals*, 18, 7-13.
- Duman, F. (2005). *Sapanca ve Abant gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Duffus, J. (2002). "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807.
- Edwards, J. W., Edyvane, K. S., Boxalls, V. A., Hamann, M. and Soole, K. L. 2001. Metal levels in seston and marine fish flesh near industrial and metropolitan centres in South Australia. *Marine pollution Bulletin*, 42(5) :389-396.
- Eisler, R. (2000). Kimyasal risk değerlendirmesi el kitabı: insanlar, bitkiler ve hayvanlara yönelik sağlık tehlikeleri, üç ciltlik set.
- Erdem, Sayın., Canan, Eronat. (2017). The dynamics of İzmir Bay under the effects of wind and thermohaline forces. *Ocean Science*, doi: 10.5194/OS-14-285-2018
- Eqani, S., Kanwal, A., Ali, S. M., So hail, M., Bhowmik, A.K, Ambreen, A., Ali, N., Fasola, M. And Shen, H. 2016. Spatial Distribution Of Dust-Bound Trace Metals From Pakistan And Its Implications For Human Exposure. *Environmental Pollution*, 213: 213–222.
- Erdoğan, N. (2022). Coastal Development–Architectural and Urban Design Proposals in the İzmit Bay, Turkey. In *Handbook of Waterfront Cities and Urbanism* (pp. 206-221).
- Erol, S., Cukrov, N., Franc'is'kovic'-Bilinski, S., Kurt, M.A., Mihri, H. (2016). Contamination assessment of ecotoxic metals in recent sediments from the Ergene River, Turkey. *Environmental Earth Science* 75: 1051-1062.
- Gale, R.J.B., Gale, S.J., Winchester, H.P.M., 2006. Inorganic pollution of the sediments of the River Torrens, South Australia. *Environ Geol.*, 50: 62–75.
- Gambrell, R.P., Reddy, C.N. and Khalid, R.A. 1983. Characterization Of Trace And Toxic Materials In Sediments Of A Lake Being Restored. *Journal–Water Pollution Control Federation*, 55:1201–1210.

- Great Lakes Water Quality Board, 1982. Guidelines and Register For The Evaluation of Great Lakes Dredging Projects. International Joint Commission, Windsor, Ontario, Canada.
- Hung, T. C., Meng, P. J., Han, B. C., Chuang, A. and Huang, C.C. 2001. Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal area. *Chemosphere*, 44:833-841
- Güven., Mehmet, Özbaş. (2022). Antalya Körfezi'nde Dağılım Gösteren Mürekkap Balığı (*Sepia officinalis*, Linnaeus, 1758) Türü Popülasyonunun Üreme Özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, doi: 10.24925/turjaf.v10isp1.2640-2645.5582
- Haraldson, C. and Westerlund, S. 1991. Total and suspended cadmium, cobalt, copper, iron, lead, manganese, nickel and zinc in the water column of the Black Sea. *Black Sea Oceanography*, 351:161-172.
- Howari, F.M., Banat, K.M., 2001. Assessment Of Fe, Zn, Cd, Hg, And Pb In The Jordan and Yarmouk River Sediments In Relation To Their Physicochemical Properties and Sequential Extraction Characterization. *Water, Air, and Soil Pollution*, 132: 43-59.
- Karadavut, I. S., Saydam, A. C., Kalipci, E., Karadavut, S., Ozdemir, C. & Durduran, S. (2012a). Pollution in Melendiz water basin groundwater. *Pol. J. Environ. Stud.*, 21(3), 659.
- Karadede, H. and Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41:1371-1376.
- Karayakar, F., Erdem, C. & Cıçık, B. (2007). Seasonal variation in copper, zinc, chromium, lead and cadmium levels in hepatopancreas, gill and muscle tissues of the mussel *Brachidontes pharaonis* Fischer, collected along the Mersin coast, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(3), 350-355.
- Katip, A. (2010). *Uluabat Gölü su kalitesinin izlenmesi* (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey))
- Keskin, F. (2012). *Köyceğiz Gölü sedimentinde ağır metal fraksiyonlarının incelenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kükreçer, S., Erginal, A. E., Şeker, S., Karabıyıkoglu, M. (2015). Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 187: 453-467
- Levent, Yurga. (2022). Investigation of harmful algae in İzmir Bay for the 30 years. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, doi: 10.12714/egejfas.39.1.09
- Lorin, H. D. And Rantala, R. T. T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 32:235-383.
- Masindi, V. And Muedi, K.L. (2018). Environmental contamination by heavy metals. *Heavy metals*, 10, 115-132.
- Moody, J.R. and Lindstrom, R.N., 1977. Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry*, 49:2264-2267.
- NOAA, U. (1999). Screening Quick Reference Tables (SQUIRTs). *Coastal protection and restoration division. National Marine Fisheries Service (NMFS). Our Living Oceans. Report on the status of US living marine resources.*
- Özan, C. (2016). *Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta).
- Özdamar, K., 1999. SPSS İle Biyoistatistik. Kaan Kitapevi Yayınları, s 454, Eskişehir.
- Özden, Y. (2008). *Enne ve Porsuk barajı sedimentine bağlı ağır metallerin *Cyprinus carpio* nun değişik dokularına biyoakümüülasyonunun araştırılması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Parlak, H. (1985) *Mugil spp. Ve Chasmichthys glusius Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayır Ayır ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., Li, X., Shen, Z., 2008. Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq. And their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 392: 22-29.
- Pham N.T.T., Pulkownik, A., Buckney, R.T., 2007. Assessment of heavy metals in sediments and aquatic organisms in West Lake (Ho Tay), Hanoi, Vietnam. *Lake & Reservoirs: Research and Management*, 12: 285-294.
- Salomans, W., Rooij N.M., Kerdijk, H. ve Bril. J. 1987. Sediments as a source for contaminants. *Hydrobiologia*, 149: 13-30.
- Sarı, E. ve Çağatay, M.N., 2001. Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean sea. *Environment International*, 26:169-173.

- Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M. And Rauret, G., 2002. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: micro wave-assisted total digestion versus aquaregia and nitric acid extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462:59-72.
- Şavran, G., & Küçük, F. (2022). Sucul Canlılarda Ağır Metal Birikimi ve Etkileri. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 65-78.
- Şenocak, M., 1998. Biyoistatistik. İstanbul Üniv., Cerrahpaşa Tıp Fak., Yayınları, Fak., No: 214, s 314, İstanbul.
- Tanner, P.A. and Leong, L.S., 2000. Metals in a marine sediment core from near Ma Wan, Hong Kong. *Water, Air and Soil Pollution*, 121:309-325.
- Taskin, Kavzoglu., Merve, Goral. (2022). Google Earth Engine for Monitoring Marine Mucilage: Izmit Bay in Spring 2021. *Hydrology*, doi: 10.3390/hydrology9080135
- Taylan, Z. S., & Özkoç, H. B. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların bio kullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 17-33.
- Thomas, R.L. 1987. A Protocol For The Selection Of Process Oriented Remedial Options To Control In Situ Sediment Contaminants. *Hydrobiologia*, 149:247-258.
- Tekin-Özan. (2015). Levels of some heavy metals in water and sediment compared with season and some physico-chemical parameters from Antalya Bay.
- Töz., Muge, Buber., Burak, Koseoglu., Cenk, Sakar. (2021). An estimation of shipping emissions to analysing air pollution density in the Izmir Bay. *Air Quality, Atmosphere & Health*, doi: 10.1007/S11869-020-00914-7
- Trefry, J.H., Natio, K.L. and Metz, S., 1996. Assessing the potential for enhanced bioaccumulation of heavy metals from produced water discharges to the gulf of Mexico. *Environmental Issues and Mitigation Technologies*, 32:339-354.
- Türkmen, A. (2011). İskenderun Körfezi'nde deniz suyu ve sedimentte oluşan ağır metal birikiminin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-23.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1987. An Over view of Sediment Quality in The United States. EPA 905/9-88-002. Office of Water Regulations and Standards, Washington, DC, And EPA Region 5, Chicago.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1993. Guidance Manual E Bedded Sediment Bioaccumulation Test. EPA-600-R-93-183. Office Of Research And Development, Washington, DC, USA.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1998. EPA's Contaminated Sediment Management Strategy. U.S. Environmental Protection Agency Office Of Water, Washington, DC. EPA 823/R-98/001.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2000. Methods For Assessing The Toxicity And Bioaccumulation Of Sediment-Associated Contaminants With Fresh water In vertebrates. EPA-600-R-99-064, Seconded. Office Of Research And Development, Washington, DC, USA.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2002. A Guidance Manual To Support The Assessment Of Contaminated Sediments In Fresh water Ecosystems, Volume II - Design And Implementation Of Sediment Quality Investigations, Macdonald, D. D., Ingersoll, C. G. (Ed), EPA-905-B02-001-B, Chicago.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2002a. A Guidance Manual To Support The Assessment Of Contaminated Sediments In Fresh water Ecosystems, Volume I - An Ecosystem-Based Framework For Assessing And Managing Contaminated Sediments, MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G. (Ed), EPA-905-B02-001-A, Chicago. 137
- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2012. Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (Esbs) For The Protection Of Benthic Organisms: Procedures For The Determination Of The Freely Dissolved Interstitial Water Concentrations Of Nonionic Organics. EPA-600-R-02-12. Office of Research and Development, Washington, DC, USA.
- Wright, P. and Mason, C.F., 1999. Spatial and seasonal variation in heavy metals in the sediments and biota of the adjacent estuaries, the Orwell and the Stour in eastern England. *The Science of The Total Environment*, 226:139-156.
- Voutsinou-Taliadouri, F., Zeri, C. and Moriki, A., 2000. Distribution and transfer of trace metals in the Aegean Seawater (Eastern Mediterranean Basin), *Mediterranean Marine Science*, 1 (2):5-30.
- Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel, İ. 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevensianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24: 93-96.

Yücesoy, F., 1991. Geochemistry of heavy metals in the surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. MSc Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Tech. Univ., s 150, İstanbul.