

İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu ve Sedimentte Oluşan Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi

Aysun TÜRKMEN*, Sıtkı ARAS**

* Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Giresun, TÜRKİYE

* Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

Sorumlu yazar: aturkmen72@hotmail.com

Özet

İskenderun Körfezi'nde deniz suyu ve sedimentteki ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) birikimlerinin incelendiği bu çalışma, Ağustos 2001 ile Temmuz 2002 tarihleri arasında yürütülmüştür. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Aynı sırayla sedimentte ise, 4,4725; 49921; 37,053; 141,63; 232,87; 79,040; 1419,8; 25574; 1304,5 ve 795,81, olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizinde su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif yönde önemli korelasyonlar bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, İskenderun Körfezi'nde oluşan bu ağır metal kirliliği tehdidinin önlenmesi için, bu ekosistemde yaşayan organizma çeşitliliğinin de göz önüne alınarak, bir an önce koruyucu tedbirlerin başlatılmasının kaçınılmaz olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İskenderun Körfezi, ağır metaller, birikim, mevsimsel değişim

Investigation of Heavy Metal Accumulation Occured In Seawater And Sediment from The Gulf Of Iskenderun

Abstract

This study performed between August 2001 and July 2002 investigated the heavy metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) accumulations in the seawater and sediment from Iskenderun Bay. Heavy metal concentrations in seawater were found as Cd: 0.0550, Fe: 0.2995, Cu: 0.0652, Pb: 0.6173, Zn: 0.0709, Co: 0.2589, Cr: 0.1689, Al: 0.1875, Mn: 0.1079 ve Ni: 0.2769 mg/l. In the same way, these concentrations were found as 4.4725; 49921; 37.053; 141.63; 232.87; 79.040; 1419.8; 25574; 1304.5; 795.81 in sediment, respectively. According to correlation analyses, significant positive correlations between heavy metal concentrations in the water and sediment were found. According to these results, to prevent this heavy metal pollution threat in Iskenderun Bay, taking into consideration the biodiversity in this ecosystem, it is thought that it is inevitable that protective measurements must be started as soon as possible.

Keywords: Iskenderun Bay, heavy metals, accumulation, seasonal variation

Giriş

Çevresel problemler arasında en önemli konulardan birisi olan su kirliliği, hem insanlar tarafından oluşturulan yapay hem de doğal sucul ortamlarda önemli problemlere yol açar. Üstelik yüzey sularının kalitesi genellikle endüstri merkezleri ve nüfus artışıyla olumsuz yönde etkilenmektedir. Bununla birlikte, bölgelerin özellikleri spesifik olarak farklılıklar gösterebilir (Buckley ve ark., 1995). Günümüzde, aşırı nüfus artışı ve yoğun endüstriyel gelişim sonucu kirletici maddelerin miktarında çok büyük artış gözlenmiştir. Bu kirletici maddelerin zorunlu olarak doğrudan ve dolaylı doğaya verilmesi doğanın dengesinin hızla bozulmasına neden olmuştur. Kirletici maddelerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi ve bu ortamlarda insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen fizikokimyasal ve biyolojik değişmelere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı ilgi ve endişenin her geçen gün hızla artmasına neden olmuştur. İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallerle maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır. Hg, Pb, Cd, Co gibi ağır metaller toksik metallerdir. Organizmalar, bu maddelerin çok az bulunduğu doğal ortamlarda gelişimlerini sürdürdüklerinden, bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip değildirler (Parlak, 1985). Denizel ekosistemlerdeki ağır metal kirliliğinin araştırılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önem arz etmektedir. Farklı balık türleri kullanılarak bu ekosistemlerdeki ağır metal kirliliği üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Türkmen ve ark., 2006; Keskin ve ark., 2007; Mishra ve ark., 2007; Uluozlu ve ark., 2007; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009). Ayrıca ülkemiz denizlerinden gerçekleştirilen bazı çalışmalarda gerek doğrudan deniz suyundan izole edilen bakterilerde gerekse de balıkların farklı organlarından izole edilen bakterilerde de yüksek düzeyde ağır metal dirençliliklerinin olduğu saptanmıştır (Akkan, 2009; Matyar ve ark., 2009; Matyar ve ark., 2010). Farklı nitelikte bu çalışmaların ortak noktası ülkemiz denizlerindeki ağır metal kirliliğinin hızlı bir şekilde giderek arttığıdır. Türkiye 8333 km uzunluğunda sahil çizgisine sahip dört denizle çevrili olup, en önemli gelir kaynaklarından birisi balıkçılıktır. Bu denizlerin her biri farklı ekolojik özelliklere sahip olup, kirletici kaynakları farklı olabileceği gibi kirlilik düzeyleri de farklılık arz edebilir. Bu yüzden bu bölgelerdeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi son derece önemlidir. Ayrıca, son 30-40 yıl boyunca

Akdeniz, bölgede bulunan ülkelerin önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Bu ekosistemin yarı kapalı yapısı, akıntı sistemi ve sahil şeridi boyunca nüfus yoğunluğunun artması önemli oranda su kirliliğine sebep olmuştur. Bu durumu önlemek için, Akdeniz Ülkeleri tarafından 1975'ten beri Birleşmiş Milletler ve çeşitli uluslar arası ajansların organize edip, desteklediği kapsamlı bir kirlilik önleme ve kontrol programı (Akdeniz Hareket Planı) uygulanmaktadır. Akdeniz'in farklı bölgelerinde yüksek oranlarda pek çok iz metalin doğal ya da insan kaynaklı sebeplerle bu ekosisteme girdiği pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bu yüzden, Akdeniz ekosistemi için en önemli tehditlerden birisinin metal kirliliği olduğu önemle vurgulanmaktadır (Cubadda ve ark., 2001).

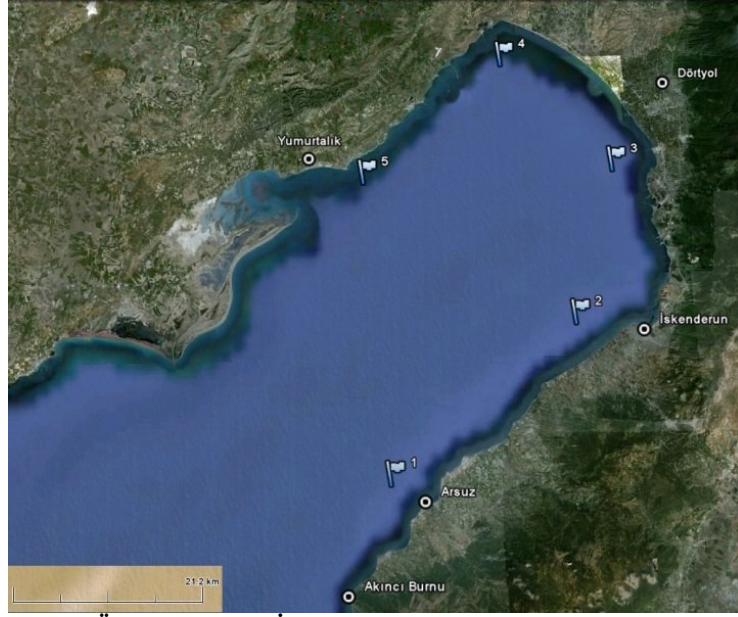
Materyal ve Metot

Araştırmada, Ağustos 2001 ile Temmuz 2002 tarihleri arasında 150 km'lik bir sahil şeridi boyunca deniz suyu ve dip sedimenti 5 istasyondan toplanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü İskenderun Körfezi sahil şeridi boyunca Petrol Ofisi, Dört Yol ve Yumurtalık Botaş, İskenderun Demirçelik, Ekinciler Demirçelik, Yazıcılar Demirçelik fabrikaları, Petrotrans petrol taşımacılığı, Toros Güre fabrikası, Likitgaz ve kömür taşımacılığı iskeleleri gibi pek çok sanayi tesisi yer almaktadır (Şekil 1). Dolayısıyla, körfezi temsil edebilmesi açısından, dört tanesi tarımsal ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu, bir tanesi ise sanayi tesislerinin olmadığı bölgelerden olmak üzere 5 istasyon (1: Arsuz, 2: İskenderun Limanı Bölgesi, 3: İskenderun Demir-çelik Fabrikası, 4: Dört Yol Botaş, 5: Petrotrans İskelesi) şekil 1' deki gibi belirlenmiştir.

Her ay her bir istasyondan 3 adet (3 tekerrür) olmak üzere yüzeyden itibaren 1 m'nin altındaki derinlikten Nansen şişesi ile alınan su örnekleri, <0,45 µm göz açıklığındaki filtrelerle süzildikten sonra, metal analizleri için pH<2' ye kadar nitrik asit ilave edilerek korunmuştur. Metal analizleri VARIAN SPECTRAA 220 Fast Sequential Flame Atomic Absorption Spectrometry cihazında yapılmıştır. Ağır metal analizi sonuçlarının doğruluğu ve kesinliği standart referans madde analiziyle kontrol edilmiştir (Rubio ve ark., 2000).

Her örnekten üç analiz (üç paralel) yapılarak, sediment ağır metal konsantrasyonları mg/kg

kuru ağırlık, sudaki ise mg/l olarak ifade edilmiştir (Tanner and Leong, 2000).



Şekil 1. Örnek Toplama İstasyonları

Sediment örnekleri, mevsimsel olarak her bir istasyondan 3 noktadan olmak üzere Ekman Tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Sedimentler plastik bir kaptaki karıştırıldıktan sonra 10'ar gramlık 5 adet alt örnek (5 tekerrür) alınarak ayrı ayrı, polietilen kaplara konulmuş ve üzerine nitrik asit ilave edilmiştir (Moody and Lindstrom, 1977). Buz korumalı kaplarda laboratuara getirilen bu alt örnekler, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70 °C'de kurutulup havanda öğütüldükten sonra, büyük parçacıklar plastik eleklerle elenerek atılmış ve alınan 0,5'er gramlık alt örnekler (Agemian ve Chau, 1975; Lorin ve Rantala, 1992; Bilos ve ark., 1998; Tanner ve Leong, 2000), CEM MARS-5 marka mikro dalga 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, Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilerek Tablo 1'deki referans değerlere göre yorumlanmıştır.

İstatistik Hesaplamalar

Veriler aylara ve istasyonlara göre gruplandırılıp, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Su ve sediment ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve istasyonlara göre farklılıkları ile su-sediment konsantrasyonları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA) incelenmiştir (Şenocak, 1998; Özdamar, 1999). Bütün istatistiksel analizler SPSS ve statistica paket programlar yardımıyla yapılmıştır.

Tablo1. İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri (mg/l)

| Ağır Metaller | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Al | Cu | Zn | Fe | Cd | Co | Pb | Cr | Mn | Ni |
| Doğal Düzeyler Denizlerde (Kocataş 1986) | | | | | | | | | |
| 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,002 | ---- | 5×10^{-6} | 3×10^{-6} | 3×10^{-4} | 2×10^{-6} | $1,7 \times 10^{-3}$ |
| Müsaade Edilebilir Düzeyler İçsularda ve Denizlerde (Anonim 2002) | | | | | | | | | |
| Al | Cu | Zn | Fe | Cd | Co | Pb | Cr | Mn | Ni |
| 0,07 | 0,01 | 0,003 | 0,7 | 0,01 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 0,3 |
| İçsularda (Anonymous 2002) | | | | | | | | | |
| 0,75 | 0,013 | 0,12 | 1,0 | 0,0043 | -- | 0,065 | 0,016 | -- | 0,47 |
| Denizlerde (Anonymous 2002) | | | | | | | | | |
| -- | 0,005 | 0,09 | -- | 0,042 | -- | 0,21 | 0,0011 | -- | 0,074 |

Sonuçlar

Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde sudaki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre şu sonuçlar elde edilmiştir; Cd ile Fe ($r= 0,161$, $p=0,031$), Cu ($r= 0,157$, $p=0,037$), Pb ($r= 0,387$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,185$, $p=0,013$), Co ($r= 0,161$, $p=0,031$) ve Ni ($r= 0,290$, $p=0,000$), Fe ile Cu ($r= 0,266$, $p=0,000$), Pb ($r= 0,316$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,273$, $p=0,000$), Co ($r= 0,388$, $p=0,000$), Cr ($r= 0,153$, $p=0,040$), Mn ($r= 0,174$, $p=0,020$) ve Ni ($r= 0,255$, $p=0,001$), Cu ile Pb ($r= 0,396$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,439$, $p=0,000$), Co ($r= 0,224$, $p=0,003$), Cr ($r= 0,275$, $p=0,000$), Al ($r= 0,348$, $p=0,000$) ve Mn ($r= 0,294$, $p=0,000$), Pb ile Zn ($r= 0,611$, $p=0,000$), Co ($r= 0,213$, $p=0,004$), Al ($r= 0,185$, $p=0,013$) ve Ni ($r= 0,339$, $p=0,000$), Zn ile Cr ($r= 0,164$, $p=0,028$), Al ($r= 0,196$, $p=0,008$) ve Ni ($r= 0,180$, $p=0,016$), Co ile Cr ($r= 0,223$, $p=0,003$), Mn ($r= 0,225$, $p=0,002$) ve Ni ($r= 0,301$, $p=0,000$), Cr ile Ni ($r=0,195$, $p=0,009$). Aylara ve istasyonlara göre Cd değerler incelendiğinde, minimum 0,0156 (Ekim, 5. istasyon), maksimum 0,1071 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0214 Temmuz, maksimum 0,0936 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz < Ekim < Eylül < Nisan < Mart < Şubat < Haziran < Mayıs < Ocak < Aralık < Kasım < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 0,0498 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,0630 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<5<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Fe değerleri incelendiğinde, minimum 0,0989 (Aralık, 4.

istasyon), maksimum 0,6304 (Ağustos, 4 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1914 Ekim, maksimum 0,4156 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralamais; Ekim < Aralık < Temmuz < Şubat < Nisan < Kasım < Haziran < Mart < Ocak < Eylül < Mayıs < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 0,2475 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,3824 mg/l ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $2<5<4<1<3$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ağustos, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Cu değerleri incelendiğinde, minimum 0,0089 (Ekim, 4. istasyon), maksimum 0,2303 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0198 Ekim, maksimum 0,1277 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Nisan < Şubat < Aralık < Kasım < Ocak < Haziran < Mayıs < Mart < Temmuz < Eylül < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 0,0576 mg/l ile 3. istasyonda minimum iken 0,0772 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $3<4<2<1<5$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Pb değerleri incelendiğinde, minimum 0,0734 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 1,7822 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1384 Temmuz, maksimum 1,528 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz < Haziran < Ekim < Mayıs < Mart < Ocak < Aralık < Eylül < Kasım < Nisan < Şubat < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 0,5552 mg/l ile 2. istasyonda

minimum iken 0,6678 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<3<4<5<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Zn değerleri incelendiğinde, minimum 0,0111 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 0,3184 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0219 Temmuz, maksimum 0,1584 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz < Haziran < Mayıs < Ekim < Nisan < Şubat < Mart < Ocak < Aralık < Kasım < Eylül < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 0,0575 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,0866 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<4<1<3<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Şubat, Mart, Ağustos ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Co değerleri incelendiğinde, minimum 0,0812 (Eylül, 5. istasyon), maksimum 0,4381 (Ekim, 1. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1582 Ekim, maksimum 0,3362 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Şubat < Aralık < Ocak < Mart < Kasım < Eylül < Temmuz < Ağustos < Haziran < Mayıs < Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, Ekim ayı Şubat ile aynı önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 0,2370 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,3117 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<5<2<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Eylül ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak nemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Cr değerleri incelendiğinde, minimum 0,0141 (Ocak, 2.

istasyon), maksimum 0,5233 (Temmuz, 3. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0290 Aralık, maksimum 0,4695 mg/l ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Aralık < Kasım < Ekim < Ocak < Şubat < Nisan < Mart < Haziran < Mayıs < Eylül < Ağustos < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, Ekim ayı Şubat ile aynı diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 0,1548 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,1946 mg/l ile 4. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<5<3<1<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Şubat, Mart, ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Al değerleri incelendiğinde, minimum 0,0124 (Kasım, 1. istasyon), maksimum 0,4935 (Kasım, 4. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0843 Nisan, maksimum 0,3210 mg/l ile Haziran ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan < Temmuz < Ekim < Kasım < Mart < Ocak < Şubat < Aralık < Eylül < Mayıs < Ağustos < Haziran şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonlarının 0,1387 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,2388 mg/l ile 4. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<3<1<5<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Kasım ve Aralık aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Mn değerleri incelendiğinde, minimum 0,0095 (Ekim, 3. istasyon), maksimum 0,4352 (Ocak, 3. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0190 Ekim, maksimum 0,2286 mg/l ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Eylül < Aralık < Kasım < Ağustos < Nisan < Şubat < Mart < Mayıs < Ocak < Haziran < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 0,0855 mg/l ile 4. istasyonda

minimum iken 0,1573 mg/l ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<1<5<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Şubat, Mart ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Ni değerleri incelendiğinde, minimum 0,0131 (Ekim, 4. istasyon), maksimum 0,4657 (Ağustos, 5. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0484 Ekim, maksimum 0,4296 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Eylül < Şubat < Aralık < Temmuz < Ocak < Haziran < Kasım < Mayıs < Mart < Nisan < Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, Eylül ve Ekim ayları birbirinden ve diğer aylardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 0,2595 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,2908 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<3<1<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında birinci istasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 4,4725, Fe: 49921, Cu: 37,053, Pb: 141,63, Zn: 232,87, Co: 79,040, Cr: 1419,8, Al: 25574, Mn: 1304,5 ve Ni: 795,81 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde sedimentteki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre şu sonuçlar elde edilmiştir; Cd ile Fe ($r= 0,205$, $p=0,041$), Pb ($r= 0,475$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,241$, $p=0,016$), Co ($r= 0,237$, $p=0,018$) ve Al ($r=0,308$, $p=0,002$), Fe ile Cu ($r=0,273$, $p=0,006$), Pb ($r= 0,365$, $p=0,000$), Zn ($r=0,327$, $p=0,001$) ve Mn ($r= 0,272$, $p=0,006$), Cu ile Pb ($r= 0,503$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,595$, $p=0,000$), Al ($r= 0,268$, $p=0,007$), Mn ($r=0,406$, $p=0,000$) ve Ni ($r= -0,197$, $p=0,049$), Pb ile Zn ($r= 0,501$, $p=0,000$), Co ($r= 0,328$, $p=0,001$), Cr ($r=-0,199$, $p=0,048$), Al ($r=0,328$, $p=0,001$) ve Mn ($r=0,501$, $p=0,000$),

Zn ile Cr ($r = -0,206$, $p = 0,040$), Mn ($r = 0,596$, $p = 0,000$) ve Ni ($r = -0,284$, $p = 0,004$), Co ile Cr ($r = 0,403$, $p = 0,000$) ve Ni ($r = 0,353$, $p = 0,000$), Cr ile Ni ($r = 0,591$, $p = 0,000$), Al ile Ni ($r = -0,215$, $p = 0,032$), Mn ile Ni ($r = -0,208$, $p = 0,038$).

Aylara ve istasyonlara göre Cd değerleri incelendiğinde, minimum 1,5614 (Temmuz, 4. istasyon), maksimum 7,3360 (Ocak, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 3,5083 Temmuz, maksimum 5,6237 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz < Nisan < Ekim < Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 3,87210 mg/kg ile 2. istasyonda minimum iken 5,1665 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<1<4<3<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Temmuz ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Fe değerleri incelendiğinde, minimum 38225 (Nisan, 4. istasyon), maksimum 66712 (Ekim, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 46512 Nisan, maksimum 54812 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Temmuz<Ocak<Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 44633 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 61854 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<4<2<5<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Cu değerleri incelendiğinde, minimum 7,1606 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 144,61 (Temmuz, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 31,527 Ekim, maksimum 48,818 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Ocak < Nisan < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz

bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 10,009 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 90,871 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $1<5<4<2<3$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; tüm aylarda istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Pb değerleri incelendiğinde, minimum 22,626 (Temmuz, 1. istasyon), maksimum 266,64 (Ocak, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 120,46 Temmuz, maksimum 157,69 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz < Nisan < Ocak < Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 76,810 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 242,81 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $1<2<4<5<3$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Nisan ayı hariç istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Zn değerleri incelendiğinde, minimum 67,156 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 752,81 (Temmuz, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 224,41 mg/kg ile Nisan, maksimum 248,42 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ocak<Ekim<Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 88,328 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 710,13 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $1<5<4<2<3$ şeklinde olup, 3. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı şekilde bütün aylarda 3. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Co değerleri incelendiğinde, minimum 51,216 (Nisan, 3. istasyon), maksimum 134,02 (Temmuz, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon

farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 73,200 mg/kg ile Nisan, maksimum 88,621 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan < Ekim < Ocak < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 55,966 mg/kg ile 3. istasyonda minimum iken 117,16 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 3<5<4<2<1 şeklinde olup, 1. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Cr değerleri incelendiğinde, minimum 303,68 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 5597,6 (Ekim, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 882,07 mg/kg ile Nisan, maksimum 2273,9 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ocak<Temmuz< Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 435,37 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 3466,9 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<4<2<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Al değerleri incelendiğinde, minimum 6403,4 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 42029 (Ekim, 4 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 22199 mg/kg ile Ocak, maksimum 31320 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ocak < Nisan < Temmuz < Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonlarının 12684 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 37850 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<2<3<4<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak ve Temmuz aylarında istasyonlar arasındaki

farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Mn değerleri incelendiğinde, minimum 126,23 (Nisan, 2. istasyon), maksimum 5274,1 (Ekim, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 675,81 mg/kg ile Nisan, maksimum 1700,0 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan < Ekim < Temmuz < Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 673,30 mg/kg ile 2. istasyonda minimum iken 3476,7 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<5<4<1<3 şeklinde olup, sadece 3. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Aylara ve istasyonlara göre Ni değerleri incelendiğinde, minimum 216,32 (Ekim, 5. istasyon), maksimum 1878,2 (Ocak, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 750,71 mg/kg ile Ekim, maksimum 833,21 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim < Nisan < Ocak < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 232,70 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 1762,3 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<2<4<1 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ağır Metal Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar

Deniz suyu ile sediment arasındaki korelasyonlar ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan hesaplanmıştır. Sudaki Pb ile sedimentteki Cr ($r=0,296$, $p=0,003$) ve sudaki Cr ($r=0,321$, $p=0,001$) ile sedimentteki Cr arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Mevcut çalışmada, ay ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Metallerin denizlerdeki ve iç sulardaki doğal düzeyleri (Tablo 1) ile karşılaştırıldığında bu değerlerin çok yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Diğer taraftan, denizlerde ve iç sulardaki müsaade edilebilir değerlerle mukayese edildiğinde (Tablo 1) ise, Ni, Mn, Co ve Fe konsantrasyonlarının düşük, diğerlerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, İskenderun Körfezi sularının, Cd, Cu, Pb, Zn, Cr ve Al bakımından metal kirliliğine maruz kaldığı söylenebilir. Yapılan çalışmalarda, Karadeniz açıklarında, Cd; 0,078 Cu; 6,7 Ni; 9,4 nM/L (Haraldson ve Westerlund, 1991), Cd; 1,33-14,23 Cu; 15,74-3462 Mn; 6,92-175 nM/l (Medinets ve ark., 1994), Cd; 0,36-13,7 Cu; 4,7-36,2 Mn; 0,0-29,1 nM/l (Zeri ve ark., 2000), 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), İtalya'nın Sicilya bölgesi Favignana adası açıklarında, Cd; 98-183 Cr; 86-144 ng/l, Cu; 0,51-0,82 Pb; 0,32-0,92 Zn; 1,76-5 µg/l (Campanella ve ark., 2001), Kore'nin kuzey doğusu, Masan körfezinde, Cd; 0,08 Cr; 0,19 Cu; 0,91 Ni; 0,72 Pb; 0,64 Zn; 2,17 µg/l (Kwon ve Lee, 2001), Batı Polonya'da 9 adet gölde, Cd; 0,1-4,9 Co; 13-65 Cr; 2,6-7 Cu; 3-198 Mn; 7-1480 Ni; 4-55 Pb; 1-143 Zn; 86-751 Al; 8-4400 µg/l (Samecka-Cymerman ve Kempers, 2001), Kaliforniya'nın sahil sulak alanları ve lagünlerinde, sudaki Cd; 0,05 Cr; 0,01-0,06 Cu; 0,02-0,09 Ni; 0,02-0,05 Pb; 0,05-0,21 ve Zn; 0,03-0,14 mg/l (Tamira ve ark., 2001), Mısır'da Quran Gölü'nde, Cd; 0,0-0,202 Co; 0,0-0,041 Cr; 0,088-3,88 Cu; 0,047-0,294 Fe; 0,231-1,24 Mn; 0,042-0,782 Ni; 0,0-0,355 Pb; 0,0-0,053 Zn; 0,005-0,043 mg/l (Mansour ve Sidky, 2002), Taxoma gölünde, Cd; 0,02 Co; <0,002 Cr; 0,004 Cu; 0,024 Fe; 0,119 Mn; 0,007 Ni; 0,05 Pb; <0,05 Zn; 0,059 Al; 0,092 mg/l (An ve Kampbell, 2003) olarak bildirilmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen değerler diğer bölgelerdeki sonuçlarla karşılaştırıldığında, incelenen bazı metaller

bakımından benzerlikler olmakla birlikte farklılıkların da olduğu görülmektedir. Bu durum, incelenen bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler ile ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılık ve benzerliklerden kaynaklanabilir. İstasyonlar dikkate alınmadan sadece aylar arasında yapılan Duncan testinde bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$). Yapılan pek çok çalışmada sularda ağır metal düzeylerinin mevsimsel olarak farklılık gösterdiği bildirilmektedir. Batı Akdeniz sularında yaz aylarında, Co; 0,033, Fe; 0,81, Ni; 1,65, Pb; 0,044 nM, iken kış aylarında, Co; 0,139, Fe; 5,31, Ni; 4,46, Pb; 0,321 nM olarak bildirilmiştir (Morley ve ark., 1997). Hindistan'da bir nehir sisteminde sudaki ağır metal konsantrasyonlarının yağışlı dönemlerde yükseldiği bildirilmiştir (Jain ve Sharma, 2001). Aylar dikkate alınmadan istasyonlar arasında yapılan Duncan testinde sadece Fe ve Mn metalinde farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Buradan hareketle, deniz suyundaki Fe ve Mn konsantrasyonlarının diğer metallere oranla, mevsimsel değişimlerden daha fazla etkilenmiş olabileceği söylenebilir.

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentteki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 4,4725, Fe: 49921, Cu: 37,053, Pb: 141,63, Zn: 232,87, Co: 79,040, Cr: 1419,8, Al: 25574, Mn: 1304,5 ve Ni: 795,81 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Sedimentte yapılan çalışmalarda; Karadeniz'in güneyinde, Cu; 49 Fe; 32800 Mn; 570 Ni; 77 Pb; 34 Zn; 87 (Yücesoy, 1991), kuzey Marmara resif bölgesinde, Cu; 21 Fe; 29700 Mn; 404 Pb; 24 Zn; 71 (Çağatay, 1996), kuzey batı İspanya Ulla Koyu'nda, Cd; 0,01-0,92 Cr; 19,64-1035,15 Cu; 4-300 Mn; 122-2110 Ni; 7-357 Pb; 25,58-68,16 Zn; 20,30-272,3 (Belzunce-Segarra ve ark., 1997b), İspanya Bilbao Koyu'nda, Cd; 3-6 Co; 9-10 Cr; 61-81 Cu; 128-149 Fe; 32200-46900 Mn; 245-425 Ni; 24-26 Pb; 159-225 Zn; 536-744 (Saiz-Salinas, 1997), Cd; 4-112 Co; 7-50 Cr; 93-157 Cu; 118-1785 Fe; 26700-73700 Mn; 235-409 Ni; 22-55 Pb; 126-1112 Zn; 586-5261 (Ruiz ve Saiz-Salinas, 2000), Erdek Körfezi'nde, Cu; 28 Fe; 30000 Mn; 384 Ni; 52 Pb; 40 Zn; 125 (Balkıs, 1998), Yunanistan güney Evoikes Koyu'nda, Cd; 0,095-0,652 Cr; 247-404 Cu; 11,4-43 Fe, 19300-52800 Mn; 331-536 Ni; 246-698 Pb; 7,29-36,7 Zn; 39,5-129 Al; 37500-61000 (Angelidis ve Aloupi,

2000), Ege Denizi sahil bölgesi ve Mytilen Limanı'nda, Cd; 0,03-0,495 Cr; 40-154 Cu; 5,34-86,2 Fe; 7700-28100 Mn; 171-360 Pb; 20,7-93 Zn; 12,9-230 Al; 18600-53400 (Aloupi ve Angelidis, 2001), Kuzey Ege Denizi Saros Körfezi'nde, Cu; 19 Fe; 27900 Mn; 451 Ni; 60 Pb; 22 Zn; 73 (Sarı ve Çağatay, 2001) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir. Sediment için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer bölgeler için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında; bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıklar bariz olarak göze çarpmaktadır. İstasyonlar dikkate alınmadan sadece mevsimler arasında yapılan Duncan testinde sedimentte incelenen bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu, dolayısıyla mevsimsel değişimlerden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Sediment ağır metal konsantrasyonlarının kısa süreli olarak çok fazla değişken olmadığı, fakat uzun zaman süreçlerinde önemli farklılıkların olabileceği bildirilmektedir (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). Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar bazında yapılan Duncan testinde Fe ve Cd hariç diğer metaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Ni, Cr ve Co'ca birinci, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb'ca üçüncü, Al ve Cd'ca beşinci istasyonun diğerlerinden daha fazla, Al, Zn, Pb, Cu ve Fe'ce birinci, Mn ve Cd'ca ikinci, Cr ve Co'ca üçüncü, Ni'ce beşinci istasyonun diğerlerinden daha az kirliliğe maruz kaldığı görülmektedir. Nitekim, sedimentlerle yapılan farklı çalışmalarda istasyonlar arasındaki kirlilik düzeylerinin farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Rubio ve ark., 1996; Rivaro ve ark., 1998; Prego ve ark., 1999; Li ve ark., 2000). Mevcut çalışmada sediment ağır metal konsantrasyonları arasında önemli pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Aynı çalışmada, körfezdeki sedimentin en önemli kaynağının nehirler vasıtasıyla taşınan askıdaki katı madde yükü olabileceği ve dolayısıyla dip sedimentlerinin metal içeriklerinin büyük oranda karasal yüklerden kaynaklanabileceği

bildirilmektedir.

Deniz suyu ile sediment arasındaki korelasyonlar incelendiğinde ise, Cr ve Pb haricinde önemli korelasyonlar olmadığı görülmektedir. Bu durumda, sedimentteki metal konsantrasyonlarının deniz suyundaki değişikliklerden pek fazla etkilenmediği söylenebilir. Yoğun yağışların etkisiyle kontamine olmuş karasal ortamlarla, dere ve nehir yatağı sedimentlerindeki ağır metallerin kıyısız bölgelere deşarj olarak deniz suyu ve sedimentlere karıştığı bildirilmektedir. Bu durumda, deniz suyu ve sediment konsantrasyonları arasındaki korelasyonları etkileyen sebeplerin, iz metallerin dağılımını etkileyen esas faktörlerden olan absorpsiyon ve desorpsiyon gibi süreçlerin olabileceği bildirilmektedir (Hung ve ark., 2001).

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.
- Akkan, T. 2009. İskenderun Körfezi'ndeki Gr (-) Bakterilerin Antibiyotik Ve Ağır Metal Dirençlilik Düzeyleri Ve Plazmid Profillerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- 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.
- An, Y. J. and Kampbell, D. H. 2003. Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas. *Environmental Pollution*, 122:253-259.
- Angelidis, M.O. and Aloupi, M., 2000. Geochemical study of coastal sediments influenced by river-transported pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. *Mar. Poll. Bull.*, 40:(1), 77-82.

- Balkıs, N. 1998. Geochemistry of sediments of the Erdek Bay. PhD Thesis, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul, s 209, İstanbul.
- Belzunce-Segarra, M. J., Helios-Rybicka, E. and Prego, R. 1997b. Distribution of heavy metals in the River Ulla and its estuary (North-west Spain). *Oceanological Studies*, 2 (3):139-152.
- Bilos, C., Colombo, J. C. and Presa, M. J. R. 1998. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution*, 99:1-11.
- 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.
- Buckley, D. E., Smith, J. N. and Winters, G. V. 1995. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax harbour, Nova Scotia: environmental factors and historical trends. *Appl. Geochem.*, 10:175-195.
- Çağatay, M. N., Algan, O., Kıratlı, N., Balkıs, N. ve Sarı, E. 1996. Geochemistry of sediments on the northern shelf of the Sea of Marmara from the view point of pollution for benthic marine organisms. Tübitak Project Report, 251/G, Ankara.
- Campanella, L., Conti, M. E., Cubadda, F. and Sucapane, C. 2001. Trace metals in seagrass, algae and mollusks from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, 111:117-126.
- Cubadda, F., Conti, M. E. and Campanella, L. 2001, Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosphere*, 45:561-569.
- 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.
- Esslemont, G. 2000. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71:215-231.

- 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.
- 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.
- Jain, C. K. and Sharma, M. K. 2001. Distribution of trace metals in the Hindon River system, India. *Journal of Hydrology*, 253:81-90.
- 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.
- Keskin, Y., Baskaya, R., Ozyaral, O., Yurdun, T., Luleci, N. E., Hayran, O. 2007. Cadmium, lead, mercury and copper in fish from the Marmara Sea, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78:258-261.
- Kwon, T. T. and Lee, C. W. 2001. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation. *Microchemical Journal*, 70:255-264.
- Li, X., Wai, O. W. H., Li, Y. S., Coles, B. J., Ramsey, M. H. and Thornton, I. 2000. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Applied Geochemistry*, 15:567-581.
- 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.
- Maedor, J.P., Robisch, P.A., Clark, R.C. and Ernest, D.W., 1998. Elements in fish and sediment from the Pacific Coast of the United States: results from the national benthic surveillance project, *Marine Pollution Bulletin*, 37:56-66.
- Mansour, S.A. and Sidky, M.M., 2002. Ecotoxicological studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78:15-22.
- Matyar F, Akkan T, Uçak Y, Eraslan B (2010), Aeromonas and Pseudomonas: antibiotic and heavy metal resistance species from Iskenderun Bay, Turkey (northeast Mediterranean Sea). *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1-4):309-320.

- Matyar F, Eraslan B, Akkan T, Kaya A, Dinçer S (2009) İskenderun Körfezi balıklarından izole edilen bakterilerde antibiyotik ve ağır metal dirençliliklerinin araştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2):1-5.
- Medinets, V.I., Kolosov, A.A. and Kolosov, V.A., 1994. Investigation of the Black Sea Ecosystem. *Collection of Papers of Ukrainian Scientific Center of the Sea Ecology*, 1:47-53.
- Mishra S, Bhalke S, Saradhi IV, Suseela B, Tripathi RM, Pandit GG, Puranik VD, (2007) Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai. *Chemosphere*, 69:972-978.
- 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.
- Morley, N.H., Burton, J.D., Tankere, S.P.C. and Martin, J.M., 1997. Distribution and behavior of some dissolved trace metals in the western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 2(44):675-691.
- Özdamar, K., 1999. SPSS İle Biyoistatistik. Kaan Kitapevi Yayınları, s 454, Eskişehir.
- Parlak H (1985) Mugil spp. ve Chasmichtys glusus Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Prego, R., Segarra, M.J.B., Helios-Rybicka, E. and Barciela, M.C., 1999. Cadmium, manganese, nickel and lead contents in surface sediments of the lower Ulla River and its estuary (northwest Spain). *Bol. Inst. Oceanogr.*, 15(1-4):495-500.
- Rivaro, P., Grotti, M., Ianni, C. and Magi, E., 1998. Heavy metal distribution in the Eolian Basin (South Tyrrhenian Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 36(11) :880-886.
- Rubio, B., Gago, L., Vilas, F., Nombela, M., Garcia-Gil, S., Alejo, I. and Pazos, O., 1996. Interpretacion de tendencias historicas de contaminacion por metales pesados en tesigos de sedimentos de la Ria de Pontevedra. *Thalassas*, 12, 137-152.

- Rubio, B., Nombela, M.A. and Vilas, F., 2000. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40(11) :968-980.
- Ruiz, J.M. and Saiz-Salinas, J.I., 2000. Extreme variation in the concentration of trace metals in sediments and bivalves from the Bilbao estuary (Spain) caused by the 1989-1990 drought. *Mar. Environ. Res.*, 49 :307-317.
- Saiz-Salinas, J.I., 1997. Evaluation of adverse biological effects induced by pollution in the Bilbao estuary (Spain). *Environmental Pollution*, 96:351-359.
- Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A.J., 2001. Bioindication of heavy metals by *Mimulus guttatus* from the Czeska Struga Stream in the Karkonosze Mountains, Poland. *Bull., Environ., Contam., Toxicol.*, 63:65-72.
- 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: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462:59-72.
- Şenocak, M., 1998. Biyoistatistik. İstanbul Üniv., Cerrahpaşa Tıp Fak., Yayınları, Fak., No: 214, s 314, İstanbul.
- Tamira, C., Shane, S.Q.H. and Ambrose, R.F., 2001. Trace metals in fish and invertebrates of there California Coastal Wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3) :224-232.
- 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.
- 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. *Envitonmental Issues and Mitigation Technologies*, 32:339-354.
- Türkmen A, Türkmen M, Tepe Y, Mazlum Y, Oymael S (2006) Heavy metal levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77:186-193.

- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, (2007) Metal contaminations in five fish species from Black, Marmara, Aegean and Mediterranean seas, Turkey. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 52:1314-1318.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Ateş A, Gökkuş K (2008) Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species. *Food Chemistry*, 108:794-800.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Ateş A, Töre Y (2009) Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. *Food Chemistry*, 113:233-237.
- Uluozlu OD, Tuzen M, Mendil D, Soylak M, (2007) Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104:835-840.
- 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.
- 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.
- 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.
- Zeri, C., Voutsinou-Taliadouri, F., Romanov, A.S., Ovsjany, E.I. and Moriki, 2000. A comparative approach of dissolved trace element exchange in two interconnected basins: Black Sea and Aegean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 40(8) :666-673.