

## Çandarlı Körfezi (Ege Denizi) Sedimentinde Karbon, Yanabilen Madde Miktarı ve Bazı Ağır Metal (Cu, Pb, Zn, Fe) Düzeylerinin Araştırılması

\*E. Çağrı Taş, Uğur Sunlu, Okan Özaydın

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye  
\*E mail: ecagritas@hotmail.com

**Abstract:** *Study on amount of carbon and inflammable materials and several heavy metal (Cu, Pb, Zn, Fe) levels in sediments of Çandarlı Bay (Aegean Sea).* Çandarlı Bay is effected by domestic and industrial wastes. Therefore, this study is designed to determine the amounts of several heavy metals such as iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb) and copper (Cu) and to implement inflammable material and organic carbon analyzes in sediment samples of Çandarlı Bay. Heavy metal concentrations were determined using by Atomic Absorption Spectrophotometer (Varian, Model Spectra AA, 220 FS). 2 samplings (October 2003 and June 2004) were carried out at a total of 8 stations with an interval of 8 months. The results of analyzes on this two sets of samples revealed no significant changes in time for the heavy metal concentrations. As a consequence, heavy metal concentrations were found to be as follows: Cu: 2.05-28.7 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry weight); Pb: 2-35.5 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry weight); Zn: 63.22-104.5 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry weight); Fe 12139-30345 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry weight). According to the sediment quality guidelines (SQG), Fe, Cu and Pb was found to be over low effect level (LEL) whereas Zn was below it. Amount of inflammable material was detected to be 3.53-16.14 (%) whereas the amount of carbon was observed to range between 0.13-1.36 (%). Significant correlations were seen between Cu, Pb, Zn, Fe concentrations and the amount (%) of inflammable material. The distributions of heavy metal, inflammable material and carbon levels indicate that the wastewater discharges to the bay and the river are considerably effective.

**Key Words:** Heavy metal, inflammable material, organic carbon, sediment, Çandarlı Bay, Aegean Sea.

**Özet:** Çandarlı Körfezi evsel ve endüstriyel atıkların etkisi altındadır. Bu sebeple bu çalışmada, Çandarlı Körfezi sediment örneklerinde ağır metallere demir (Fe), çinko (Zn), kurşun (Pb), bakır (Cu) miktarları ölçülmüş, yanabilen madde ve organik karbon analizleri yapılmıştır. Ağır metal konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Varian, Model Spectra AA, 220 FS) ile belirlenmiştir. Toplam 8 istasyondan 8 ay aralıklarla iki kez (Ekim 2003 ve Haziran 2004) sediment örnekleme yapılmıştır. Bu iki set örneğin analiz edilmesi sonucunda ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Araştırma sonucunda, Cu 2,05-28,7 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağı.); Pb 2-35,5 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağı.); Zn, 63,22-104,5 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağı.), Fe 12139-30345 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağı.) olarak belirlenmiştir. Sediment kalitesi tüzüğüne (SQG) göre, Fe, Cu, Pb düşük etki oluşturacak düzeyin (LEL) üzerinde, Zn ise bu düzeyin altında bulunmuştur. Yanabilen madde miktarı 3,53-16,14 (%), karbon miktarının ise 0,13-1,36 (%) arasında değiştiği saptanmıştır. Cu, Pb, Zn, Fe konsantrasyonları ile yanabilen madde (%) miktarı arasında önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. Ağır metal, yanabilen madde ve karbon değerlerinin dağılımları körfeze ve nehre yapılan atık su deşarjlarının önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, yanabilen madde, organik karbon, sediment, Çandarlı Körfezi, Ege Denizi.

### Giriş

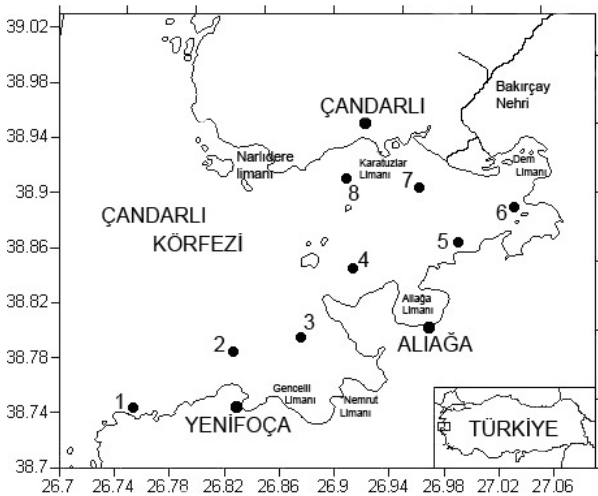
Çandarlı Körfezi'nin etrafı yoğun yerleşim alanları, endüstriyel bölgeler ve tarımsal arazilerle çevrilidir. Bakırçay Nehri'nin geçtiği yerleşim birimlerinde sağlıklı bir kanalizasyon ve arıtma tesisi bulunmaması nedeniyle gelen atık sular arıtılmadan nehir ve nehir kollarına verilmektedir (Gündoğdu ve Turhan, 2004). Tüm bu kirleticiler, yaklaşık 120 km. uzunluğunda olan Bakırçay Nehri ile Çandarlı Körfezi'ne taşınmaktadır. Bölgede sanayi en fazla Aliağa ilçesinde gelişmiştir. Çok sayıda petrokimya kuruluşunun yanı sıra metal sanayinde üretim yapan 10 fabrika, gübre, kağıt, maden ve kimya alanında faaliyet gösteren 7 adet tesis ve gemi söküm işleriyle uğraşan 15 adet işletme bulunmaktadır (Gültekin ve diğ.,1998). Ayrıca Bakırçay Havzası'nda yer alan termik santralden çıkan yıkama-soğutma suları belediyenin kanalizasyonuna verilmekte ve kanalizasyon suları da Bakırçay Nehri'ne deşarj edilmektedir (Gündoğdu ve Turhan, 2004). Nehir sularının

döküldüğü Çandarlı Körfezi genelde sığ olup, en derin bölgeleri körfez girişinde, en sığ bölgeleri ise doğu ve kuzey sahillindedir. Kirleticiler maddelerin bir bölümünü oluşturan ağır metallerin özellikle nehirler, erozyon, yağmur ve sel sularıyla sucul ortamlara taşınımı ile su ve sediment tabakasındaki derişim oranı artmaktadır. Sedimentte meydana gelen ağır metal birikiminin, çeşitli analizler yoluyla tespiti, deniz ortamındaki kirliliğin anlaşılabilmesi için önemli bir göstergedir. Bunun yanı sıra, sedimentte organik karbon (%) ve yanabilen madde (%) miktarının tespiti, sediment kalitesinin belirlenmesinde önemli parametrelerdendir (Leong ve Tanner, 1999). Denizel ortamda organik madde birikimi, karasal kökenli doğal organik maddeler, çeşitli kirleticiler (evsel ve endüstriyel) nedeniyle oluşan girdiler, sucul canlıların metabolik atıkları ile ölümleri sonucu ayrışmaları ve birincil üretim sonucunda ortaya çıkan ürünlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada Çandarlı Körfezi sedimentlerinde Cu, Pb, Zn ve Fe miktarları ile

yanabilen madde ve organik karbon düzeyleri tespit edilerek, olası kirlilik kaynaklarının belirlenmesine katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın yürütüldüğü Çandarlı Körfezi, Ege Denizi'nin 38° 57' 37" ve 38° 43' 44" N enlemleri, 26° 44' 58" ve 27° 04' 23" E boylamları arasında yer almaktadır ve 325 km<sup>2</sup> alana sahiptir (Şekil 1). Sediment örneklerindeki karbon (%) ve yanabilen madde (%) miktarı ve bazı ağır metallerin (Cu, Pb, Zn, Fe) tespiti için Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne ait R/V EGESUF ile Çandarlı Körfezi'nde toplam 8 istasyondan iki kez (Ekim 2003 ve Haziran 2004) örnekleme yapılmıştır. Sediment örnekleri Van Veen Grab ile alınmıştır. Polietilen torbalar içinde laboratuvarında -21 °C'de saklanan örnekler daha sonra 60 °C'de 24 saat süreyle etüvde kurularak toz haline getirilmiştir. 160 µ göz açıklığındaki eleklerden geçirilen sediment örneklerinin ağır metal, karbon ve yanabilen madde miktarları araştırılmıştır. Ağır metal analizleri için sediment örneklerinden 1 g alınmış, HCl: HNO<sub>3</sub> (3:1) oranında ilave edilerek geri soğutucu altında 60 °C sıcaklıkta 12 saat süreyle renklenme bitinceye kadar deminerilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Organik parçalanması biten örnekler filtre kağıdı ile süzülüp, bidedile su ile 50 ml'ye tamamlanmış ve polietilen şişelere alınarak ölçüme hazır hale getirilmiştir (Arnoux ve diğ., 1981). Ağır metal konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Varian, Model Spectra AA, 220 FS) kullanılarak belirlenmiştir. Sediment örneklerinde yanabilen madde miktarının tayini için, yaklaşık 2 g sediment örneği (<160 µ) hassas terazisi ile tartılarak porselen krozeve konulmuştur. 550 °C'de 2 saat süreyle yakma fırınında bekletilmiştir. Desikatörde oda sıcaklığına gelmesi beklenip, tekrar tartılıp ağırlıkları kaydedilmiştir. Değerler formülde yerine koyularak hesaplanmıştır (Egemen, 2000).



Şekil 1. Araştırma istasyonları.

$$\frac{(M - M') \times 100}{M}$$

% yanabilen madde =

$M$

$M$  = Sediment örneği ağırlığı (g)

$M'$  = Yandıktan sonraki sediment ağırlığı (g)

Karbon miktarının tayini için, sediment örneklerinden yaklaşık 0.2-0.5 g alınıp cam balon içine konulmuştur. Ayrılarıkromat çözeltisi ve demir amonyum sülfat çözeltisi ile geri titrasyon yöntemi uygulanmıştır (Gaudette, 1974).

### Bulgular ve Tartışma

Çandarlı Körfezi sedimentindeki yanabilen madde (%) miktarları Tablo 1'de özetlenmiştir. Yanabilen madde (%) miktarları 3.53-16.14 arasında değişim göstermekte olup, en düşük yanabilen madde değeri İst.1'de Haziran 2004'te, en yüksek değer İst. 7'de Haziran 2004 tarihinde tespit edilmiştir. Bakırçay Nehri'nin denize döküldüğü etki alanında yer alan İst. 7 ile Dem Limanı girişinde bulunan İst. 6 ve Karatuzlar Limanı girişinde bulunan İst.8'de yanabilen madde (%) miktarında görülen artışın karasal kaynaklı organik maddelerle birlikte yoğun liman aktivitelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 108 m. derinlikte bulunmasına karşın yanabilen maddenin (%) yüksek bulunduğu diğer bir istasyon Nemrut Limanı ve Gencelli Limanı açığında yer alan 2 no'lu istasyondur. Bu çalışmada tespit edilen yanabilen madde (%) miktarları, Ege Denizi kıyılarında daha önceki yıllarda yapılmış araştırmalarla karşılaştırılmış ve sonuçların paralellik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 2). Çandarlı Körfezi'nde yapılan araştırmada en yüksek yanabilen madde (%) miktarı bu çalışmaya benzer biçimde Bakırçay Nehri'nin etkileşim alanında kalan istasyonda (%23,81) bulunmuştur (Kaymakçı Başaran, 2004). İstasyonlardaki yanabilen madde (%) miktarının yıllara göre değişimleri incelendiğinde 4, 6 ve 7 no'lu istasyonlarda 2003 yılına göre 2004 yılında artış olduğu gözlenmiştir (Tablo 1). Kuzey Ege Denizi sedimentlerinde, 43 istasyonda, yanabilen madde (%) miktarının araştırıldığı çalışmada en çok varyasyon gösteren bölgenin Çandarlı Körfezi'ndeki istasyonlar olduğu belirtilmiştir (Sunlu ve diğ., 2005). Çandarlı Körfezi sedimentindeki karbon (%) miktarları Tablo 1'de özetlenmiştir. Karbon (%) miktarı 0.20-1.36 arasında değişim göstermektedir. İstasyonlardaki karbon (%) miktarının yıllara göre değişimleri incelendiğinde 1, 2 ve 3 no'lu istasyonlarda 2003 yılına göre 2004'te artış gözlenirken diğer istasyonlarda düşüş söz konusudur (Tablo 1). Kuzey Ege Denizi sedimentlerinde yapılan ölçümler sonucunda karbon (%) miktarları açısından en çok varyasyon yanabilen madde (%) de olduğu gibi Çandarlı Körfezi'ne ait istasyonlarda görüldüğü ve derinlik ile karbon (%) arasında anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı belirtilmiştir (Sunlu ve diğ., 2005). 2003 ve 2004 yılları için en yüksek değerler 1.36 ile 1.02 olarak İst.6'da bulunmuştur. Dem Limanı açığında yer alan İst.6 çalışma alanındaki en sığ (22 m) istasyondur. En düşük ortalama karbon (%) değeri (0.25), 108 m ile en derin istasyon olan İst. 2'de gözlenmiştir. Tablo 2' de Ege Denizi kıyılarında yapılmış

çalışmalarda tespit edilen minimum ve maksimum karbon değerleri ile bu çalışmada belirlenen değerler karşılaştırılmış ve maksimum karbon değerinin diğer çalışmalarda maksimum değerlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

İstasyonlarda tespit edilen ağır metallere (Cu, Pb, Zn ve Fe) ait minimum, maksimum ve ortalama değerler ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) ile bunların birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 2'de verilmiştir. Sedimentte ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde 7 no'lu istasyonda maksimum düzeyde Cu, Pb ve Zn birikimi tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu durum, bölgedeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin içeriğinde bulunan Pb, Cu ve Zn'nun Bakırçay Nehri ile körfeze taşınmakta olduğunu göstermektedir. Özellikle, kurşun ve bakır konsantrasyonlarının bu istasyonda yüksek oranda bulunmasının Soma termik santralinden kaynaklanan girdiler nedeniyle olduğu söylenebilir. Bakırçay Nehri üzerinde yapılan bir araştırmada, santral çıkış noktasındaki nehir suyu ölçümlerinde Cu ve Pb konsantrasyonları yüksek tespit edilmiş ve bunun sebepleri arasında termik santralden kaynaklanan baca gazı emüsyonu, kömür yıkama suları ve bölgedeki endüstriyel faaliyetler belirtilmiştir (Günçoğdu ve Turhan, 2004). Ege Denizi'nde yapılan bir araştırmada Çandarlı Körfezi'ne ait istasyonda belirlenen Cu ( $28 \mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) seviyesi bu çalışmada tespit edilen maksimum değerle ( $28,7 \mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) paralellik göstermektedir

(Balci ve Küçüksezgin, 1994). Sedimentteki çinko seviyeleri incelendiğinde, Bakırçay'ın Çandarlı Körfezi'ne döküldüğü alanda bulunan İst.7, Karatuzlar Limanı'ndaki İst.8, Aliğa Limanı açıklarında yer alan İst.4 ve Nemrut Limanı ile Gencelli Limanı açıklarında yer alan İst.2, araştırmanın yapıldığı diğer istasyonlara göre daha yüksek oranda Zn içermektedir (Tablo 3, Şekil 1 ve 2). Bunun olası nedenleri arasında bölgede yer alan demir çelik endüstrisine ait kuruluşlar, metal fabrikaları, petrol rafineleri ve petrokimya sanayinde Zn'nun kullanılması ile bölgedeki termik santralde linyit yakıt kullanımından ileri gelen Zn'nun ve yine havzadaki linyit işletmelerinden kaynaklanan atıksuların Bakırçay Nehri'ne deşarj edilmesi sayılabilir. Fe birikim miktarları incelendiğinde ise, diğer istasyonlara göre İst.2'nin maksimum düzeyde Fe içerdiği ( $29537 \mu\text{g g}^{-1}$  dry wt.) tespit edilmiştir (Tablo 3). Buna istasyon yakınında yer alan demir çelik endüstrisine ait işletmeler ile gemi söküm tesislerinden kaynaklanan girdilerin etkili olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada tespit edilen ağır metal konsantrasyonları, Ege Denizi'nde daha önceki yıllarda yapılmış araştırmalarla karşılaştırılmış ve Türkiye kıyılarında yapılan araştırmalara paralellik gösterdiği saptanmıştır (Tablo 4). Ancak, Gencelli Limanı (Çandarlı Körfezi)'nda yürütülen araştırma sonuçlarına göre incelenen tüm ağır metal değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (Alp ve Yurteri, 1992).

**Tablo 1.** İstasyonlardaki Ekim 2003- Haziran 2004 periyotlarına ait yanabilen madde (%) ve karbon (%) değerleri.

İstasyonlar	Yanabilen Madde (%)		Karbon (%)	
	Ekim 2003	Haziran 2004	Ekim 2003	Haziran 2004
1	4,12	3,53	0,27	0,30
2	15,74	14,87	0,20	0,31
3	10,07	9,39	0,34	0,40
4	9,68	9,92	1,02	0,92
5	13,64	11,35	0,47	0,44
6	14,50	15,73	1,36	1,02
7	15,60	16,14	0,66	0,58
8	14,93	13,91	0,75	0,58

**Tablo 2.** Yanabilen madde (%) ve karbon (%) değerlerinin diğer bölgelerle karşılaştırılması.

Çalışma Alanı	Yanabilen Madde (%)	Karbon (%)	Kaynakça
Lesvos Adası	-	0,54-2,28	Aloupi ve diğ., 2007
Ege Denizi	2,10-16,80	1,30-13,10	Aydın ve Sunlu, 2004
Ege Denizi	2,24-16,04	0,35-15,63	Sunlu ve diğ., 2005
İzmir Körfezi	0,60-0,62	0,87-1,60	Yaramaz ve diğ., 1991
İzmir Körfezi	12,63-15,68	1,25-2,10	Sunlu ve diğ., 1999
İzmir Körfezi	12,36- 16,24	1,13-2,76	Atılğan ve Egemen, 2001
Çandarlı Körfezi	0,81-23,81	0,03-10,22	Kaymakçı Başaran, 2004
Çandarlı Körfezi	3,53-16,14	0,20-1,36	Bu çalışma

**Tablo 3.** Ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) <sup>a</sup>.

Metal	1	2	3	4	5	6	7	8	LEL <sup>b</sup>	SEL <sup>b</sup>
Cu	2,55	19,78	6,90	11,12	13,81	21,59	26,47	23,22	16	110
Pb	2,63	14,33	9,00	7,50	11,25	20,91	25,75	25,41	31	250
Zn	64,91	83,63	75,74	84,59	69,08	79,84	96,13	95,23	120	820
Fe	15373	29537	22815	22473	15872	20806	22475	19713	20000	40000

<sup>a</sup> Ekim 2003- Haziran 2004 periyotlarına ait ortalama değerler. <sup>b</sup> Referans değerleri (Persaud ve diğ., 1993).

**Tablo 4.** Çandarlı Körfezi ağır metal konsantrasyonlarının ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) diğer bölgelerle karşılaştırılması.

Çalışma Alanı	Pb ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Cu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Kaynakça
Lesvos Adası	20,5 - 42,9	7,4 - 39,3	38-113	2,28 (%)	Aloupi ve diğ., 2007
Thermaikos Körfezi	-	38,35-56,95	84-176	-	Catsiki ve diğ., 2003
İstanbul Metropolü	12-58	5-80	48-237	20000-40000	Algan ve diğ., 1999
İstanbul Boğazı	-	-	40,7-119,5	15200-37600	Kut ve diğ., 2000
Saros Körfezi	22	19	73	27900	Sarı ve Çağatay, 2001
Ege Denizi	28-55	9-29	25-72	-	Balcı ve Küçüksezgin, 1994
Ege Denizi	30-50	14-40	27-106	-	Balcı ve diğ., 1999
İzmir Körfezi	13,2-304,9	16,1-213,4	60,7-888,9	14898-48770	Gey ve Mordoğan, 1988
İzmir Körfezi	24,1-54,5	7,5-28,5	11-68,2	-	Egemen ve diğ., 1998
İzmir Körfezi	6,7-103	4,1-79	14-311	-	Küçüksezgin, 2001
Gencil Limanı	18,6-25,8	1,49-10,36	38,6-42,1	6252-16604	Alp ve Yurteri, 1992
Klisova Lagünü	10-31	12-34	35-105	1,8-2,9 (%)	Papatheodorou, 2002
<b>Çandarlı Körfezi</b>	<b>2-35,5</b>	<b>2,05-28,7</b>	<b>63,23-105,1</b>	<b>12199-30340</b>	<b>Bu çalışma</b>

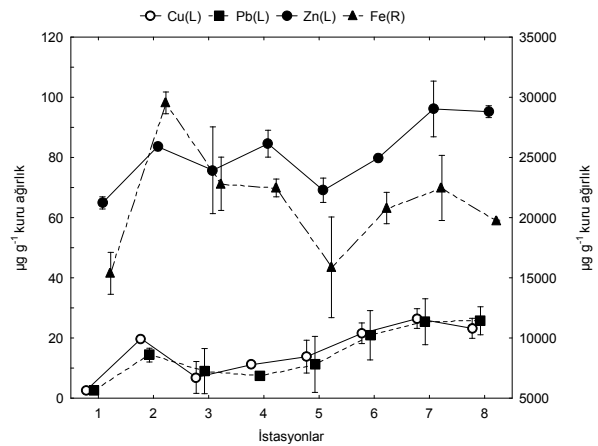
Kimyasal ve biyolojik verilerin empirik analizlerine dayanan sediment kalite kılavuzu (SQG), ağır metalleri de içeren potansiyel olarak toksik birçok madde için geliştirilmiştir (MacDonald ve diğ., 1996; Long ve MacDonald, 1998). Bu değerler bölgesel olarak düşünülüp, düzenleyici kurallar olarak kullanılmak için tasarlanmamış olsalar da kontamine olmuş sedimentlerin potansiyel toksisitesini belirlemek ve sedimentleri "referans" veya "bozulmuş" olarak sınıflandırmak için faydalı olabilir (Miller ve diğ., 2000). Burada, sedimentlerdeki metal konsantrasyonlarının toksikolojik düzeylerinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş olan iki grup, düşük etki seviyesi (LEL) ve yüksek etki seviyesi (SEL) (Persaud ve diğ., 1993) kullanılmıştır (Tablo 3). Buna göre, Cu için 2,6,7 ve 8 no'lu istasyonlar düşük etki oluşturacak düzeyin (LEL) üzerinde, Fe için 2,3,4,6 ve 7 no'lu istasyonlar LEL üzerinde, Pb ve Zn için ise bu düzeyin (LEL) altında bulunmuştur.

Ağır metal konsantrasyonları ile yanabilen madde (%) oranları arasındaki korelasyon incelenmiş ve tüm metaller için pozitif yönlü korelasyonlar saptanmıştır. Cu konsantrasyonu ile yanabilen madde arasındaki korelasyon istatistiksel açıdan oldukça güçlüdür ( $r=0.91$ ) ( $p<0,01$ ). Aynı şekilde Pb, Zn ve Fe konsantrasyonları ile yanabilen madde (%) arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyonlar bulunmuştur. Kurşun ( $r=0.75$ ) ( $p<0,01$ ), çinko ( $r=0.64$ ) ( $p<0,01$ ) ve demir ( $r=0.51$ ) ( $p<0,05$ ) değerleri tespit edilmiştir. Genel olarak, diğer istasyonlara göre nispeten yüksek metal konsantrasyonuna sahip istasyonlarda yanabilen madde (%) miktarlarının da yüksek olduğu belirlenmiştir.

## Sonuç

Çandarlı Körfezi sedimentlerinde tespit edilen ağır metallerin birikim düzeyleri ile yanabilen madde (%) ve karbon (%) miktarları, Türkiye'nin çeşitli kıyısız bölgelerinde yapılmış çalışmalarla kıyaslandığında, elde edilen sonuçların Ege Denizi'ndeki araştırmalara paralellik gösterdiği bulunmuştur. Ancak, Gencil Limanı (Çandarlı Körfezi)'nda yürütülen araştırmaya göre ağır metal konsantrasyonlarında artış olduğu saptanmıştır (Alp ve Yurteri, 1992). Çalışma sonucunda, Çandarlı Körfezi sedimentlerinde ağır metallerin birikim

düzeylerine göre sıralanması  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb}$  şeklindedir. Kirlilik düzeylerinin ve toksikolojik önemlerinin değerlendirilmesi için sedimentlerin ağır metal içerikleri (Pb, Cu, Zn ve Fe), sediment kalite kılavuzuna (SQG) (Persaud ve diğ., 1993) bağlantılı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre Fe, Cu, Pb düşük etki oluşturacak düzeyin (LEL) üzerinde, Zn ise bu düzeyin altında bulunmuştur. Genel olarak yanabilen madde (%) miktarı yüksek olan sedimentlerin, ağır metal konsantrasyonlarında artış olduğu belgindir. Cu, Pb, Zn, Fe konsantrasyonları ile yanabilen madde (%) miktarı arasında pozitif yönlü korelasyonlar saptanmıştır. Tüm bu sonuçlara göre, Bakırçay Havzası'ndaki endüstriyel ve evsel faaliyetlerden kaynaklanan organik ve inorganik maddelerin, tarımsal alanlarda kullanılan pestisit ve suni gübrelerin, havzadaki termik santralden yayılan zararlı kimyasal maddelerin, bölgede bulunan zeytinyağı ve süt ürünleri vb. sanayi işletmeleri atık sularının Bakırçay Nehri ile körfeze deşarj edilmesi körfez için büyük bir tehdit unsurudur. Özellikle, Aliağa'daki limanlar ve petro-kimya sanayine ait kuruluşların da kirlilik kaynağı niteliğinde olma ihtimalleri oldukça yüksektir. Ayrıca, körfez çevresinde yer alan çeşitli sanayi kuruluşlarının (kimya, kağıt, metal), gemi söküm tesislerinin ve yoğun gemi trafiğinin Çandarlı Körfezi'ni olumsuz etkilediği şüphesizdir.

**Şekil 2.** Cu, Pb, Zn, Fe'nin min., maks ve ort. değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık).

## Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde yardımcı olan R/V EGESÜF personeline, örneklerin ağır metal ölçümleri için olanak sağlayan EBİLTEM'e, örnekleme sırasında yardımcı olan Yeşim AK ÖREK'e, karbon analizlerinde yardımcı olan Özlem ÇAKAL ARSLAN'a teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Algan, A.O., M.N. Çağatay, H.Z. Sarıkaya, N. Balkıs, E. Sarı. 1999. Pollution monitoring using marine sediments: A case study on the Istanbul Metropolitan Area. *Tr. J. Of Engineering and Environmental Science*, 23, 39-48.
- Aloupi, M., M.O. Angelidis, A. Gabriel, M. Karantanelli, M. Koulousaris, A. Nikolaou, A. Petsas, G. Tsirtsis, M. Vagi, F. Vlatsiotou. 2007. Marine Monitoring Along The Eastern Coastal Area Of The Island Of Lesbos, Greece During 2004 In The Framework Of Medpol III, *Global NEST Journal*, Vol 9, No 2, pp 83-97.
- Alp, E., C. Yurteri. 1992. Environmental Impact Assessment for the Alağa Thermal Power plant (in Turkish). Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering Environmental Research Center, Project code: 91-03-11-01-03.
- Atılgan, I., O. Egemen. 2001. A Comparative investigation on the levels of carbon, flammable substance and some heavy metals (Cu, Zn) accumulated in sediment of Gulluk and Homa Lagoons. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* Vol: 18, (1-2), 225-232.
- Arnoux A., L.P. Nienchewski, J. Et Tatossian. 1981. Comparision de quelques methodes d'attaque des sediments marins pour l'analyse des metaux lourds. *Journal Français d'hydrologie*, 12, fasc 1, No: 34, 29-48.
- Aydın, A., U. Sunlu. 2004. The investigation of carbon and burnable substances levels which are found in the southern Aegean Sea sediments. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, Vol: 229-234.
- Balcı, A., F. Küçüksezgin. 1994. Trace metal concentrations in surfacial sediments from eastern Aegean continental shelf. *Chimica Acta Turcica*. 22, 1, 97-101.
- Batki, H., F. Küçüksezgin, O. Uslu. 1999. Trace metal distribution in different chemical fractions of marine sediments along the eastern Aegean shelf. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 70, 243-258.
- Catsiki, V.A., I. Hatzianestis, F. Rigas. 2003. Distribution of Metals & Organic Contaminants In Mussels From Thermaikos Gulf Global Nest: *The Int. J. Vol 5, No 3*, pp 119-126.
- Egemen, O., U. Sunlu, A. Kaymakçı. 1998. Heavy metal concentrations in some molluscs and in surfacial sediments from Izmir Bay/ Turkey. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 35, 250-251.
- Egemen, O. 2000. Environmental and Water Pollution (Text Book) (in Turkish). E.U. Faculty of Fisheries, Bornova, Izmir. 42, 116.
- Gaudette, H. E., W. R. Flight, L. Toner, D. W. Folger. 1974. An inexpensive titration method for the determination of Organic Carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 249-253.
- Gey, H., H. Mordoğan. 1988. Concentrations of various heavy metals in near shore sediments of inner bay and in some marine organisms in the bay of Izmir, *Doğa TU Zooloji D.*, 12, 3, 216-224.
- Gültekin, K., A. Yetim, N. Kılıç, N. Binici. 1998. Aegean Basins, Izmir (in Turkish). Izmir Chamber of Commerce, No: 44.
- Gündoğdu, V., D. Turhan. 2004. Study on the pollution of Bakırçay River Basin (in Turkish). Dokuz Eylül University, Engineering Faculty Journal of Science and Engineering, vol: 6 issue: 3 p. 65-83.
- Kaymakçı Başaran, A. 2004. Pollution Parameters of Bakırçay Basin and its interaction with Çandarlı Bay (in Turkish). Ege University Institute of Applied Sciences, Doctoral thesis.
- Kut, D., S. Topcuoğlu, N. Esen, R. Küçükcezzar, C. Güven. 2000. Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus. *Water, Air and Soil Pollution*, 118, 27-33.
- Küçüksezgin, F. 2001. Distributions of heavy metals in the surfacial sediments of Izmir Bay (Turkey) *Tox. Environ. Chem. Vol.80*, pp.203-207.
- Leong, L.S., P.A. Tanner. 1999. Comparision of methods for determination of organic carbon in marine sediment, *Marine Pollution Bulletin*, Vol.38, No:10, 875-879.
- Long, E.R., D.D. Macdonald. 1998. Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human and Ecological Risk Assessment* 4 (5), 1019-1039.
- Macdonald, D.D., R.S. Carr, F.D. Calder, E.R. Long, C.G. Ingersoll. 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology* 5, 253-278.
- Miller, B.S., D.J. Pirie, C.J. Redshaw. 2000. An assessment of the contamination and toxicity of marine sediments in the Holy Loch, Scotland. *Marine Pollution Bulletin* 40 (1), 22-35.
- Papatheodorou, G., G. Hotos, M. Geraga, D. Avramidou, T. Vorinakis. 2002. Heavy Metal Concentrations In Sediments Of Klisova Lagoon (Southeast Mesolonghi Mesolonghi-Aetolikon Lagoon Complex), W. Greece, *FEB/ Vol: 11, No: 11*, pp: 951 - 956.
- Persaud, D, R. Jaagumagi, A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario, Ontario Ministry of the Environment (OMEE), Water Resources, Branch, Toronto.
- Sarı, E., M.N. Çağatay. 2001. Distribution of heavy metals in the surface sediments of the gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Environment International* 26, 169-173.
- Sunlu, U., O. Egemen, A. Kaymakçı, A. Tuzen. 1999. Study on the impact of aquaculture by net cages on sediment of Urla Port (in Turkish). X. National Fisheries Symposium, Adana.
- Sunlu, U., A. Aydın, N.E. Egrihancı Özçetin. 2005. The investigation of carbon and burnable substances levels which are found in the northern Aegean Sea sediments. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, Vol: 263-268.
- Yaramaz, O., H. Mordoğan, M. Önen, U. Sunlu, A. Albaz. 1991. A research of some heavy metal (Fe, Mn, Ni) concentrations and % C in sediments from Izmir Bay. National Fisheries Symposium, Izmir.