

GÜNEY KARADENİZ'İN KİTA SAHANLIĞI VE KİTA YAMACI ÜZERİNDEKİ GÜNCEL ÇÖKELLERİN AĞIR METAL JEOKİMYASI

Heavy metal geochemistry of recent sediments from the continental shelf and slope of the southern Black Sea

Fulya YÜCESOY
Mustafa ERGİN

O.D.T.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İÇEL
O.D.T.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İÇEL

ÖZ : Güney Karadeniz kîta sahanlığı ve üst kîta yamacı üzerinden alınan ve çamurdan kumlu çakıl'a kadar değişik sediman türleri içeren 47 yüzeyel örnek ağır metal jeokimyası için analiz edilmiştir. Tane boyu, karbonat, organik karbon, ve ağır metal dağılımı; topografik, hidrodinamik, biyolojik ve jeolojik şartlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Sedimanda, % 39'a varan CaCO_3 içeriği bulunmuştur. Bunun çoğu biyogenik kökenli bentik organizmaların karbonatlı kabuklarından kaynaklanmaktadır. Sedimandaki toplam organik karbon miktarı % 0.13 ila % 3.09 arasında olup Karadeniz'deki yüksek birincil üretimi yansımaktadır. Bazı kîty örneklerindeki yüksek organik karbon değerleri erozyonla denize taşınan karasal ağaç ve bitki parçacıklarından kaynaklanmaktadır. İstanbul Boğazında, su akışının ve bentik yaşamın etkisi tane boyu dağılımında görülmektedir. Ağır metal içeriği özellikle jeolojik, doğal kaynaklardan, nehir suları ve kıyısal aşındırma etkileri ile kazanılmaktadır. Özellikle Doğu Karadeniz örneklerindeki yüksek Cr, Ni ve Cu miktarları, karadaki bazı jeolojik malzemelerden (örneğin, volkanikler, ultramafikler, maden yatakları, gibi) kaynaklanmaktadır. İstanbul Boğazı civarındaki, Pb ve Cr değerlerinin kısmen antropojenik kaynaklardan geldiği sanılmaktadır. Cr ve Ni ile Zn ve Pb arasındaki pozitif ilişkili kökensel/birikim şartlarının aynı olduğunu göstermektedir.

Kütüyük tane boyutu (kil ve silt) ve organik maddenin sedimandaki bazı ağır metallerin dağılımında etken olduğu gözlenmektedir.

ABSTRACT : 47 surface samples were collected from the southern Black Sea shelf and upper slope. A wide variety of sediment types (mud to sandy gravel) was obtained and analyzed for their heavy metal geochemistry. Distribution of grain size, carbonate, organic carbon and heavy metals shows regional differences due to changes in the topographic, hydrodynamic, biologic and geological conditions.

Sediments constituted up to 39 % CaCO_3 mainly of biogenic origin derived from the shell remains of benthic organisms. Organic carbon contents of the sediments, ranging from 0.13 to 3.09% reflects the prevailing high primary productivities in the Black Sea. The highest C_{org} values are derived from the terrigenous plant- and wood- remains mostly occurred in nearshore samples. The effects of both water currents and benthic activities on the grain size distribution are observed in the Bosphorus. The heavy metal concentrations largely indicate the influences from the naturally- occurring, geological sources, delivered via river-runoff and coastal erosion. Particular geological sources on land (i.e. volcanics, ultramafics, ore deposits) are believed to be responsible for the presence of somehow high Cr, Ni, and Cu contents in the samples, usually off the northeastern Anatolian coasts. Only Pb and Cr from the Bosphorus region may come partly from the anthropogenic sources. Cr and Ni, as well as Zn and Pb may have common sources or/and similar accumulation processes, as inferred from the presence of significant relationship between these metals. The fractions of fine-grains and organic matter are important associations controlling the heavy metal distributions within the sediment.

1. GİRİŞ

Karadeniz'in güncel sedimanları bazı araştırmacılar tarafından değişik amaçlarla daha önce incelemiştir. Bugüne kadar bilinen bu çalışmaların sonuçları çoğunlukla Ross ve Degens (1974), Baykut, ve diğerleri (1982), Saloğlu ve diğerleri (1986), Hay (1988), ve Hay ve diğerleri (1990) tarafından yayınlanmıştır. Fakat Kuzey Anadolu kıyıları (Güney Karadeniz Sahilleri) boyunca çökelen güncel sedimanların ağır metal jeokimyası hakkında çok az bilgi vardır. Bu çalışmanın amacı, güney Karadeniz kîta sahanlığı ve üst kîta

yamacı üzerine güncel sedimanların ağır metal içerikleri, bölgesel dağılımlarını ve bunları kontrol eden topografik, hidrodinamik, litolojik ve biyogenik faktörleri araştırmaktır. Karadeniz'in jeolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri diğer araştırmacılarından faydalananarak hazırlanan ve Karadeniz'in jeolojisi, kimyası, biyolojisi ve fiziksel özelliklerine ait bilgiler Yücesoy ve Ergin (1991) ve Yücesoy (1991) de verilmiştir.

2. YÖNTEMLER VE ÖRNEKLEME

1988-1989 yıllarında "Bilim" Araştırma Gemisi ile güney Karadeniz'in kîta sahanlığı ve üst kîta yamacı

Üzerinde yapılan oşinografik çalışmalar sırasında 47 durak noktasından, (Şekil 1), bir Dietz Lafonde marka kepçe ile yüzey sediman örnekleri alınmıştır. 6 örnek oksijensiz ortamdan (K10, F45, K45, K49, K68 ve K75) diğerleri ise (K8, K9, K0, B15, KOC, KOD, F43, F36, S5, F44, K44A, F16, K47 vd.) oksijenli ortamlardan alınmıştır. Sedimanlar alındıktan sonra naylon torbalar içinde derin dondurucuda sefer sonuna kadar saklanmıştır. Tane boyu analizinde standart elek ve pipet analiz yöntemleri kullanılmıştır (Folk, 1974; Lewis, 1984). Toplam organik karbon değerleri titrasyon yöntemi ile (Gaudette ve diğerleri, 1974, doğruluk : \pm 0.25 %) saptanmıştır. Toplam karbonat değeri havalandırılmış kuru örnekleri % 10'luk HCl ile muamele ederek serbest kalan CO₂ değerinin ölçülmesi ile bulunmuştur. Ağır metallerin Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Cu, Cr, and Co miktarları ise, kurutulmuş, havalandırılmış toplam sediman örneklerinin HF ve HNO₃ ile çözündürülmesi ve bu örneklerin atomik absorption spektrofotometrisi ile ölçülmeye bulunmuştur. Bu işlemlerde uluslararası standartlar (örneğin CBR'den CRM 142) yapılan işlemlerin doğruluğunu ve hassasiyetini ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Cr, Ni, Zn, Co ve Cu için doğruluk derecesi % 1 den daha iyidir. Fe ve Mn için % 3 ve Pb için % 4'tür.

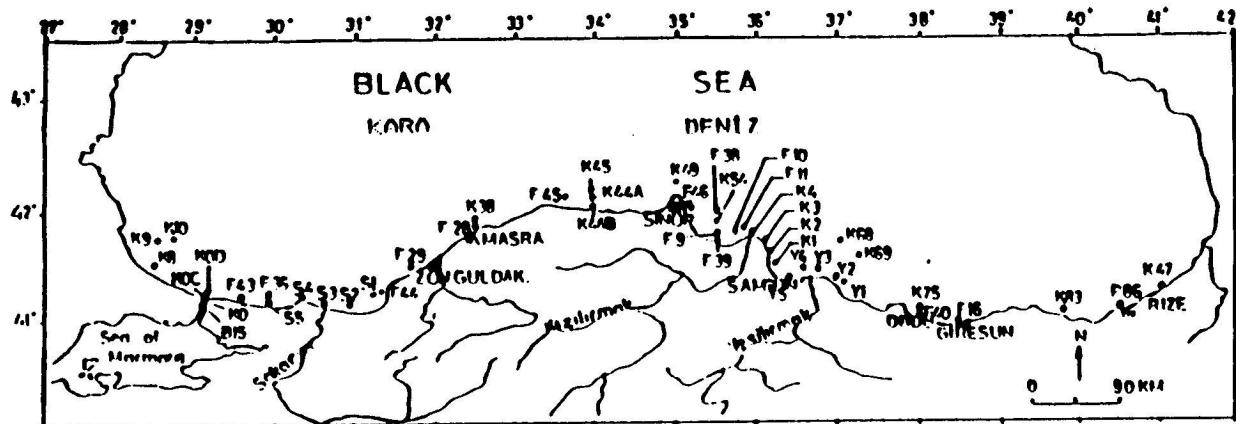
3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu makalede bildirilen sonuçlar daha detaylı olarak Yücesoy (1991) ve Yücesoy ve Ergin (1991)'de tartışılmıştır.

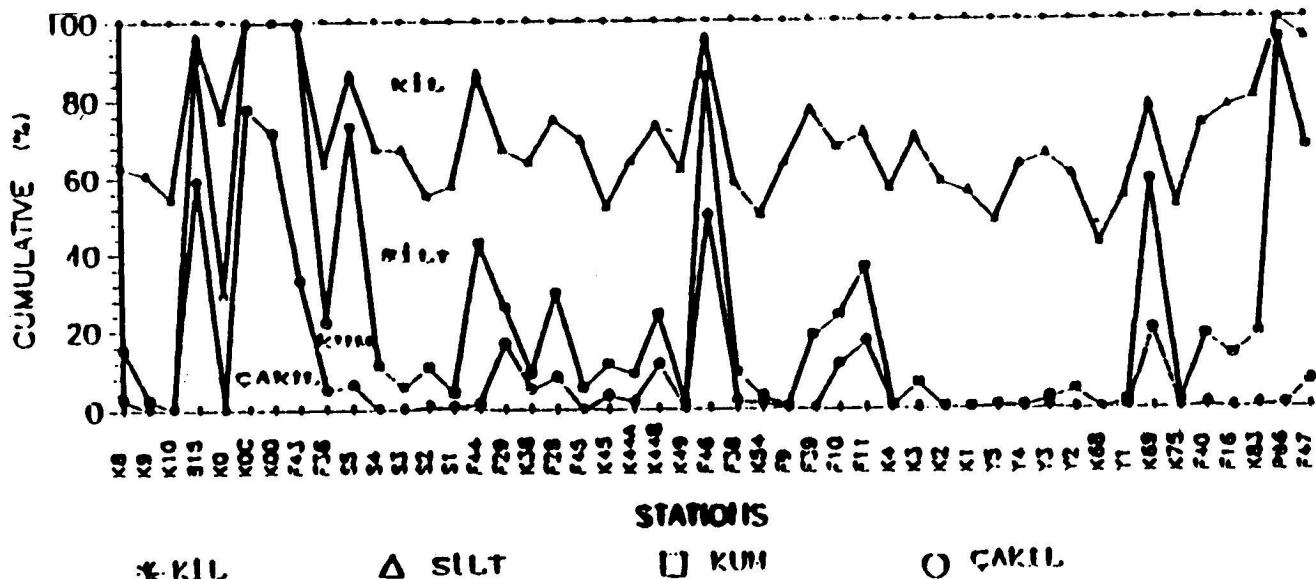
3.1. Sediman yapıları ve dağılımı

Tane boyu analiz sonuçları Şekil 2 de gösterilmiştir. Bu yüzey sedimanlarının tane boyu çamurdan çakılı-çamurlu kuma kadar değişen geniş bir dağılım sunar. Kum ve çakıl tanelerinin ayrıntılı mikroskop incelemelerinde çok miktarda biyogenik taneciklerden oluştuğu gözlenir.

Pelecypod, gastropod, bryzoa, ve foraminiferler bol bulunan biyogenik; kuvars, feldispar, mika ve volka-

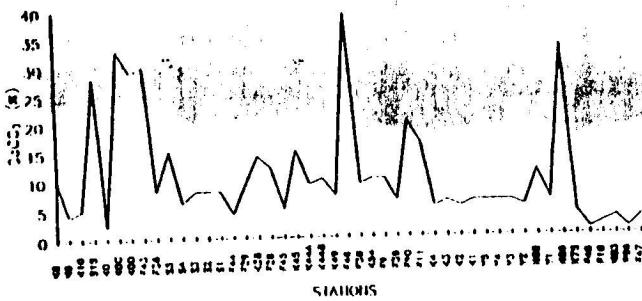


Şekil 1 : Yüzey örneklerinin istasyon haritası Figure 1: Locations of the surface sediment samples used in this study.



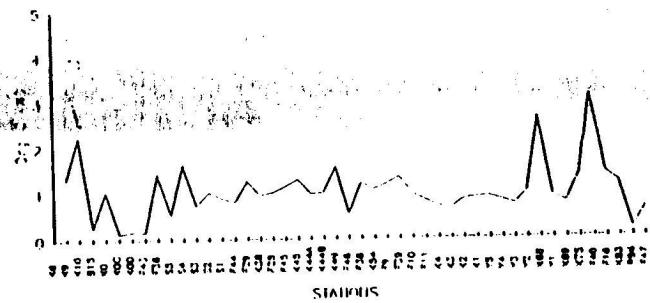
Şekil 2 : Güney Karadeniz boyunca yüzey sedimanında yüzdesel (kümülatif) tane boyu dağılımı.

Figure 2 : Cumulative grain size distribution in the surface sediments along the southern Black Sea.



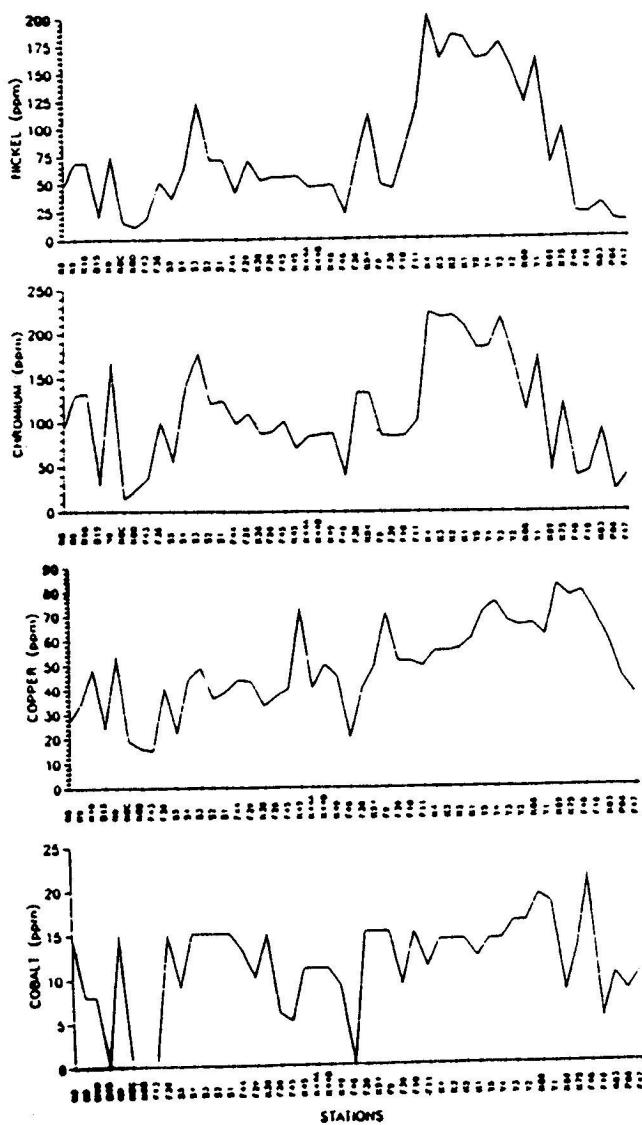
Şekil 3 : Güney Karadeniz boyunca yüzey sedimannda CaCO_3 dağılımı

Figure 3 : CaCO_3 distribution in the surface sediments along the southern Black Sea.



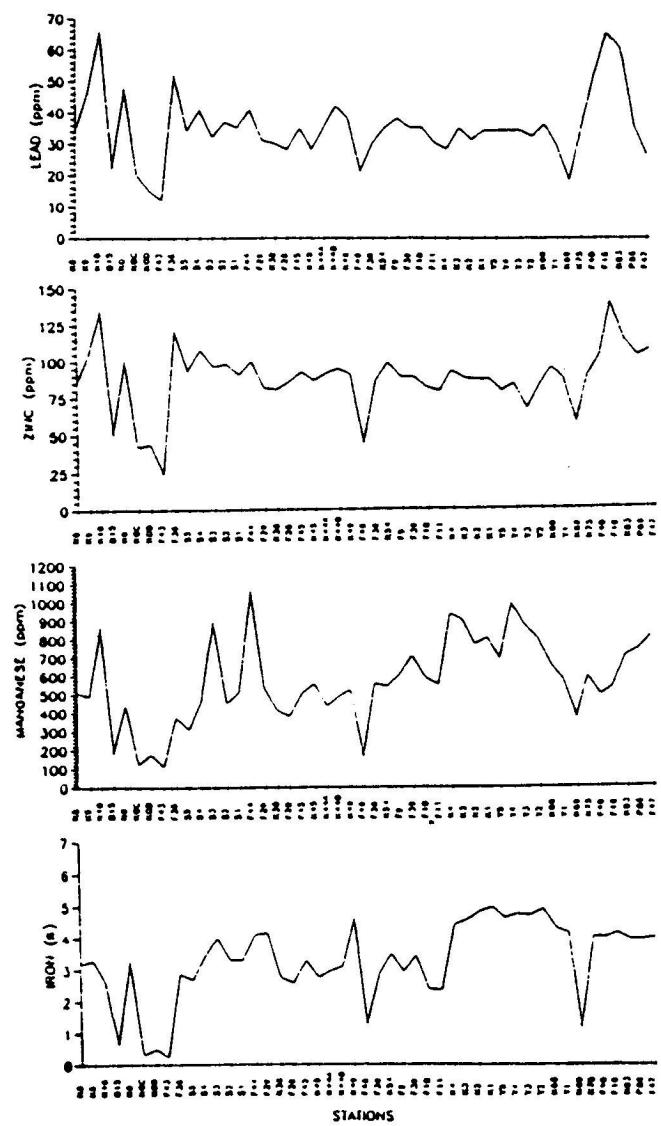
Şekil 4 : Güney Karadeniz boyunca yüzey sedimannda Organik karbon dağılımı

Figure 4 : Organic carbon distribution in the surface sediments along the southern Black Sea.



Şekil 5 : Güney Karadeniz boyunca yüzey sedimannda ağır metal miktarı dağılımı

Figure 5 : Heavy metal concentrations in the surface sediments along the southern Black Sea.



nik, metamorfik ve karbonatlı kayaç kırıntıları karasal kökenli (terijenik) malzemeleri oluştururlar.

İncelenen güneydoğu Karadeniz sedimanları genellikle bol kil ve silt tane boyu içerir. Bunlar nehir girileri ve kıyı boyunca doğuya hareket eden akıntıının etkisi ile bu bölgede zenginleşmiştir. Diğer taraftan iri sedimanlar (kum ve çakılca zengin) İstanbul Boğazı'nda (B15, KOC, KOD) ve doğuda Rize bölgesinde (F47), yüksek su enerjisi (harcetçi) ve bölgenin topografiyasından kaynaklanmaktadır. Farklı olarak K69 istasyonunda iri taneler bentik yaşam ile kontrol edilmektedir. Diğer istasyonlarda iri taneli (çakıl, kum), yüzey sedimanları hem karasal (terijenik) hem de biyojenik malzemelerin etkisi altındadır.

3.2. Karbonat Dağılımı

Sediman örneklerinde toplam karbonat içeriği % 1 ile % 39 arasında değişmektedir (Şekil 3). Bununla beraber genel dağılım % 5 ile % 15 arasındadır. Yüksek karbonat yüzdesi ($>20\% \text{ CaCO}_3$), F46, K69, F43, KOD, KOC, ve B15 istasyonlarında ki bunlar biyojenik kalkerli kırıntılar ve karbonatlı kayaç kırıntıları içeren istasyonlardır.

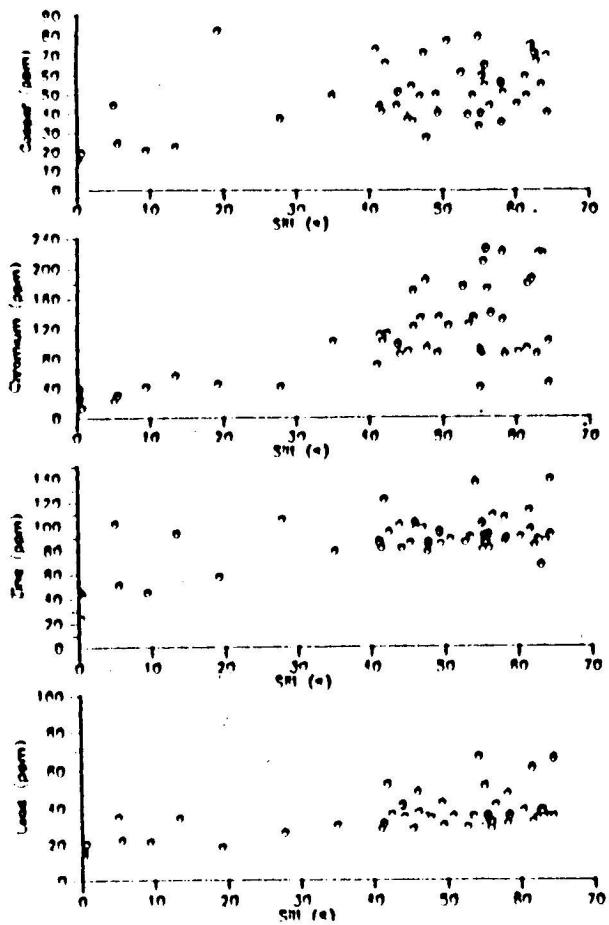
3.3. Organik karbon dağılımı

Örneklerdeki toplam organik karbon % 0,13 ile % 3,09 arasında değişir (ort. % 1; Şekil 4). Bu değerler Karadeniz'de yapılan diğer çalışmalarla uyumludur (% 1-2; Shimkus ve Trimonis, 1974). Fakat Ege ve Akdeniz'de bulunan değerlerden daha yüksektir (% 0,28-% 0,8); Voutsinou-Taliadouri and Satsmadjis, 1982; Ergin ve diğerleri, 1988; Ergin ve diğerleri, 1990). Organik karbon'daki bu yüksek değer, Karadeniz'deki birincil üretimin yüksek olması ile açıklanabilmektedir ($52-250 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$; Sorokin, 1964 ve 1983; Göçmen, 1988). Bunun yanı sıra Ege ve Akdeniz'de birincil üretim düşüktür ($24-25 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$; Murdoch ve Onuf, 1974; Yılmaz, 1986).

3.4. Ağır metal dağılımı

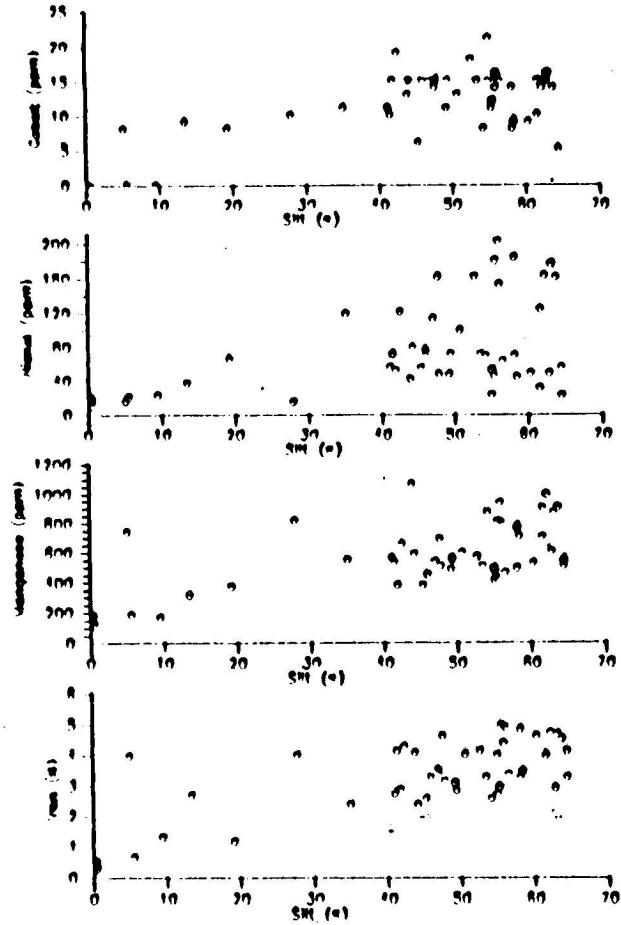
Sedimanların analizi sonucunda elde edilen ağır metal değerleri Şekil 5'de verilmiştir.

Bu çalışmada tesbit edilen metal miktarları diğer Araştırmacıların bulgularıyla ve ortalama sedimantler kayaçlarla karşılaştırıldıklarında Fe, Co ve Mn benzer değerler sunar (Tablo 1). Buna karşın, Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb değerleri güney Karadeniz sedimanlarında daha fazladır. Özellikle Cr, Ni ve Cu çalışma bölgesinin



Şekil 6 : Sedimanlardaki silt ve metal değerleri arasındaki ilişki

Figure 6 : Relationships between the silt and metal contents in sediment samples.



doğusunda (güneydoğu Karadeniz) oldukça yüksektir (Şekil 5). Buna neden olarak, sedimanların ortalama tane boyutunun küçük olması ve Kuzeydoğu Anadolu'daki metalce nispeten zengin kayaç ve madenlerdir. Özellikle bölgedeki mafik ve ultramafik kayaçlar ile işlenebilir Cr, Ni ve Cu ayrışma sonucu akarsularla denize taşınabilmektedir. Benzer şekilde, Cr ve Ni Mersin Körfezi sedimanlarında da zenginleşebilmektedir (Shaw ve Bush, 1978; Bodur ve Ergin, 1988). Zn ve Pb içeriğinin güney Karadeniz sedimanlarındaki zenginleşmesinin nedenlerinden biri de karadaki ekonomik Zn-Pb yataklarıdır. Çalışma bölgesinde kayda değer önemli bir antropojenik metal birikimi gözlenmemiştir.

3.5. Jeokimyasal sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması

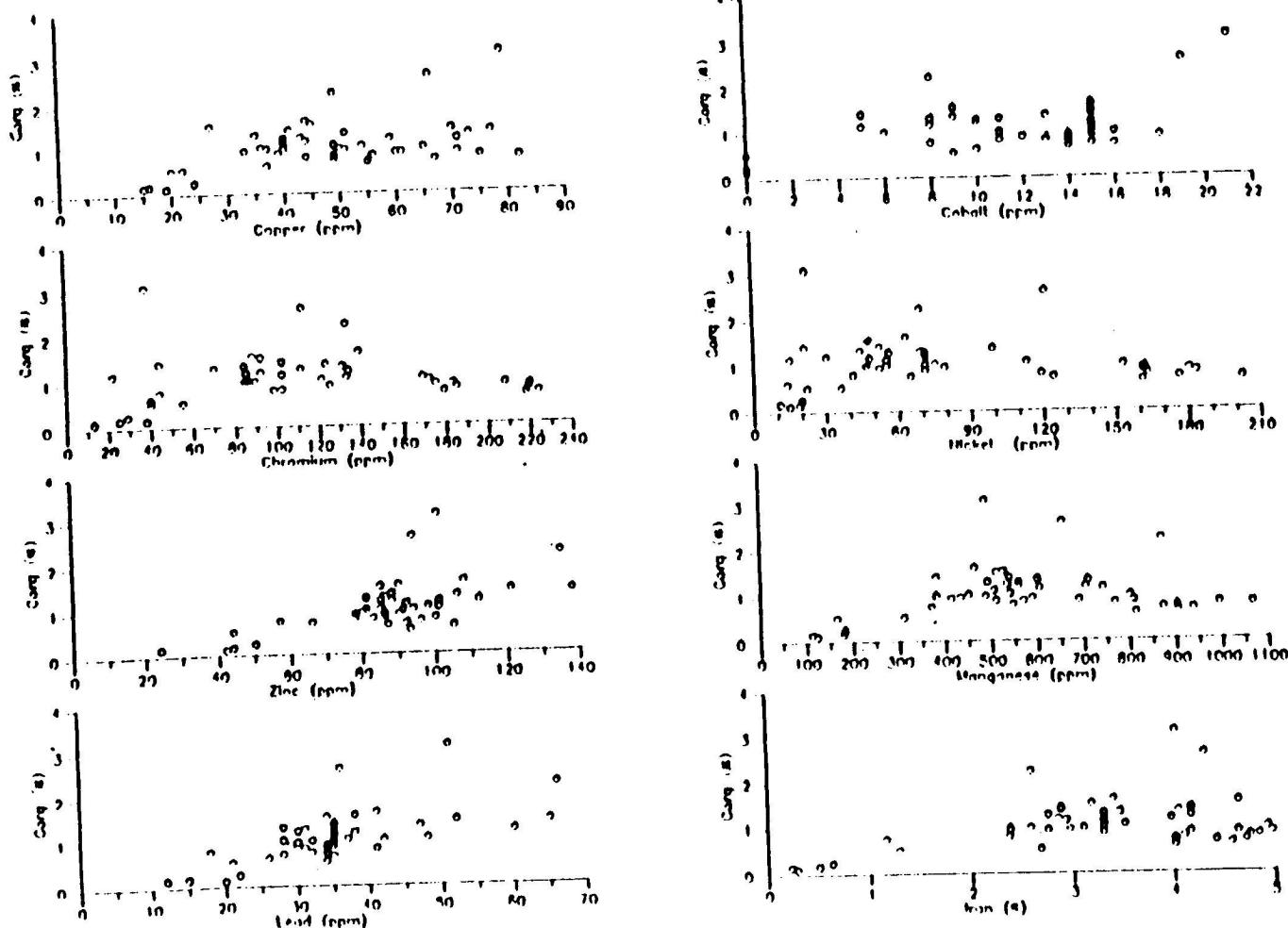
Cr ve Ni (daha az olarak Cu ve Mn) küçük tanelerle (silt ve kil) ilişki göstermektedir (Şekil 6 da silt ile metal değerleri arasındaki ilişki gösterilmektedir). Düşük metal değerleri ise, genellikle iri tanelerden (kum ve çakıl) oluşan sedimanlarda ölçülmüştür. Klorit ve montmorillonit gibi kil mineralleri Cr, Ni ve Cu in güney Karadeniz sedimanlarında zenginleşmesinde rol oynarlar

(Hirst, 1974). Iri tanelerden oluşan sedimanlar karbonatça zengin olup, düşük seviyede metal içermektedirler.

Şekil 7'de görüldüğü gibi örneklerde ölçülen Zn, Pb, Fe ve Cu miktarları ile organik karbon değerleri arasında genelde pozitif bir ilişki vardır. Hirst (1974)'e, göre organik madde, Karadeniz sedimanlarında, ağır metal biriminde önemli rol oynar. Butuzova (1969), Volkov ve Fomina (1974), yaptıkları çalışmalarla Cu, Cr, Ni, Co, Pb ve Zn'nun Karadeniz sedimanında sulfütlü ortamda organik maddelerle ilişkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Diğer taraftan, Zn, Pb, Cu ve Cr ve daha az olarak Ni miktarları Fe ve Mn ile ilişkilidir. Bu gözlem diğer araştırmacılar da konu olmuştur (Sevast'yanov ve Volkov, 1967; Manheim ve Chan, 1974). Cr ile Ni ve Zn ile Pb arasındaki ilişki bu metallerin kaynaklarının ve zenginleşme şartlarının aynı olduğunu gösterebilir.

4. SONUÇ

Güney Karadeniz kıyı sahanlığı ve üst kıyı yamacı yüzey sedimanlarının jeokimyasal özellikleri bölgenin depolanma ortamlarının ve karasal etkenlerin özelliklerini açıklamaktadır. Sedimanlardaki yüksek Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb özellikle Kuzeydoğu Anadolu'daki ultrama-



Şekil 7 : Sedimanlardaki organik karbon ile metal değerleri arasındaki ilişki
Figure 7 : Relationships between the organic carbon and metal contents in sediment samples.

	Fe	Mn	Co	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	CaCO ₃
	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
1	0.23-4.90	112-1064	0-20	13-224	11-202	15-82	24-138	12-66	1-39
2	0.32-5.29	160-1109	0-22	18-238	14-215	22-119	61-141	17-69	
3	2.27-4.84	310-852	21-32	12-236	10-228	24-61	59-145	7-33	
4	1.97-7.11	235-1102	n.d.	69-485	47-463	28-101	51-693	10-85	
5	n.d.	200-1000	5-200	20-300	10-150	7-40	n.d.	5-70	
6	2.60-3.80	333-565	17-31	242-485	98-167	333-3900	450-8750	124-702	15
7	1.09-4.79	197-5538	9-30	52-166	28-161	13-92	42-149	17-94	
8	0.80-4.5	167-2920	8-25	19-166	14-306	4-30	24-98	10-120	1-77
9	0.59-5.74	103-2625	2-41	9-312	11-406	3-77	19-162	n.d	
10	5.31-6.31	1103-2091	n.d.	340-551	157-326	39-103	107-133	n.d.	26-45
11	1.10-4.80	236-698	11-40	19-77	155-753	8-50	25-466	7-17	
12	4.70	850	20	100	80	50	90	20	
13	0.98	50	0.3	35	2	5	16	7	
14	0.38	1100	0.1	11	20	4	20	9	

1) Güney Karadeniz, bu çalışma, toplam örnek; 2) Güney Karadeniz, bu çalışma, karbonat uzaklaştırılmış; 3) Güney Karadeniz Hirst, 1974; 4) Güney Karadeniz, Baykut ve diğerleri, 1982; 5) Güney Karadeniz, Çağatay ve diğerleri, 1987; 6) Haliç/İstanbul Boğazı, Ergin ve diğerleri, 1991; 7) Marmara, Bodur, 1991; 8) Ege denizi, Smith ve Cronan, 1975 ve Vousinou-Taliadori, 1983; ten derlendi 9) Doğu Ege Denizi, Ergin ve diğerleri, 1991; 10) Kuzeydoğu Akdeniz, Shaw ve Bush, 1978; 11) Mersin Körfezi, Bodur ve Ergin, 1988; 12) Ortalama şeyl, Krauskopf, 1985; 13) Ortalama kumtaşı, Turekian ve Wedepohl, 1961; ve 14) Ortalama kireçtaşısı, Turekian ve Wedepohl, 1961

TABLO 1. Kimyasal sonuçların başka çalışmalarla karşılaştırılması

Table 1. Comparison of the chemical results obtained in this study with those from others.

fik kayalar ve ekonomik maden yataklarından nehirlerin taşıması ile birimketedir. Antropojenik metal girdisi önemsizdir. Sedimandaki çeşitli miktarlardaki Cu, Ni, Cr, Zn ve Pb, Fe ve Mn ile ilişkilidir. Ayrıca organik fazdaki metallerin çoğunlukla kil ve silt gibi küçük tanelerle birlikte bulunmaktadır. Sedimanda ölçülen CaCO₃ çoğunlukla biyojenik kaynaklıdır. Organik karbon değerleri genelde birincil üretimden ve kıriya yakın istasyonlarda karasal girdilerden kaynaklanmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- BAYKUT, F., AYDIN, A. ve ARTÜZ, I., 1982. Bilimsel Açıdan Karadeniz : İstanbul Ü., Müh. Fak. yayını, sayı 3004, (1) İstanbul, 288.
 BODUR, 1991. Sedimentology and geochemistry of the Late-Holocene sediments from the sea of Marmara and its straits : Ph.D. Thesis ODTÜ-DBE, Erdemli-İçel, 209 s.
 BODUR, M.N. ve ERGIN, M., 1988. Heavy metal associations in Recent inshore sediments from the Mersin Bay : Ocean. Teor. Appl. 6(1); 15-34.
 BUTUZOVA, G. Y., 1969. Mineralogy and geochemistry

of iron sulfides in Black Sea sediments : Litol. Polez. Iskop., no. 4, 3-16.

ÇAĞATAY, N., SALTOĞLU, T., ve GEDİK, A., 1987. Karadeniz'in güncel çökellerinin jeokimyası : Jeo. Müh., sayı, 30-31, 47-64.

ERGIN, M., BODUR, M.N. ve EDİGER, V., 1991. Distribution of surficial shelf sediments from the northeastern and southwestern parts of the Sea of Marmara; Strait and canyon regimes of the Dardanelles and Bosphorus : Marine Geology, 96 (314); 313-340.

ERGIN, M., BODUR, M. N., EDİGER, V., YEMENİCİOĞLU, S., OKYAR, M. ve KUBİLAY, N.N., 1991. Sources and dispersal of heavy metals in surface sediments along the Turkish Aegean coasts : "Marine Chemistry" e sunuldu.

ERGIN, M., EDİGER, V., BODUR, M.N. ve OKYAR, M., 1990. A Preliminary study of the principal recent sediment types along the eastern Margin of the Aegean Sea : Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 32, 1 : 103.

- ERGIN, M., ALAVI, S.N., BODUR, M.N., EDIGER, V. ve OKYAR, M., 1988. A review of the geochemistry and geochemistry of the northeastern Mediterranean basins : ODTÜ-DBE, Erdemli İçel 145 s.
- FOLK, L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks : Hemphill Publ. Co., Austin, Texas 78703, 182.
- GÖÇMEN, D., 1988. Fluctuations of chlorophyll-A and primary productivity as related to physical chemical and biological parameters in Turkish coastal waters : M. Sc., Thesis, ODTÜ-DBE Erdemli-İçel/Türkiye, 137 s.
- HAY, B.J., 1988. Particle flux in the Central Western Black Sea Throughout the past 5100 years. sunlu "paleoceanography" 33.
- HAY, B.J., HONJO, S., KEMPE, S., ITTEKOT, V.A., DEGENS, E.T., KONUK T. ve IZDAR, E., 1990. Interannual variability in particle flux in the southwestern Black Sea : Deep Sea Research Vol. 37. No. 6 911-928
- HIRST, D.M., 1974. Geochemistry of Sediments from Eleven Black Sea Cores, In : Degens, E.T. and Ross, D.A., (eds.), The Black Sea Geology-Chemistry-and Biology. Am. Assoc. Petroleum Geologists Memoir 20, Tulsa, Oklahoma. 430-455.
- KRAUSKOPF, K.B., 1985. Introduction to Geochemistry : 2nd edition. McGraw-Hill, Singapore. 617.
- LEWIS, D.W., 1984. Practical Sedimentology : Hutchinson Ross, Pennsylvania, 229.
- MANHEIM, F.T. ve CHAN, K.M., 1974. Interstitial Waters of Black Sea Sediments : New data and review. In : Degens, E.T. and Ross, D.A. (eds.) The Black Sea Geology-Chemistry and Biology Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma, 155-180.
- MURDOCH, W.W. ve ONUF, C.P., 1974. The Mediterranean as a system. Part I : Large ecosystems : International Journal of Environmental Studies. 5, 275-284.
- ROSS, A.D. ve DEGENS, E.T., 1974. Recent Sedimentation of Black Sea In : Degens, E.T., and Ross, D.A., (eds.), The Black Sea Geology-Chemistry-Biology. Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma, 183-199.
- SALTOĞLU, T., GEDIK, A., ÇAĞATAY, N., KAPLAN, N., TULU, N. ve TOKER, V., 1986. Karadeniz deniz dibinin çökellerinin incelenmesi projesi; Karadeniz'in güncel çökellerinin uranyum içerikleri jeokimyası paleontolojisi ve palinolojisi. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara
- SEVAST'YANOV, V.F. ve VOLKOV, I.I., 1967, Redistribution of chemical elements in the oxidized layers of the Black Sea sediments and the formation of iron-manganese nodules : Tr. nst. Okeanol., 83: 135-152
- SHAW, H.F. ve BUSH, P.R., 1978. The mineralogy and geochemistry of the Recent surface sediments of the Cilicia Basin, NE Mediterranean : Marine Geology 27; 115-136.
- SHIMKUS, K.M. ve TRIMONIS, E.S., 1974. Modern sedimentation in Black Sea. In : Degens, E.T. and Ross, D.A., (eds.), The Black Sea Geology-Chemistry-Biology. Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma, 249-278.
- SMITH, P.A. and CRONAN, D.S. 1975. Chemical Composition of Aegean Sea sediments : Marine Geology, 18, M7-M11.
- SOROKIN, Yu. I., 1964. On the primary production and bacterial activities in the Black Sea : J. Cons. Int. Explor. Mer, 29:41-65.
- SOROKIN, Yu. I., 1983. The Black Sea. In : B.H. Keichum (ed.) In Estuaries and Enclosed seas, Ecosystem of the World. Elsevier, Amsterdam, 26, 253-292.
- TUREKIAN, K.K., WEDEPOHL, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust : Bull. Geol. Soc. America. 72, 175-192.
- VOLKOV, I.I. ve FOMINA, L.S., 1974. Influence of organic material and processes of sulfide formation on distribution of some trace elements in deep-water sediments of Black Sea. In : Degens, E.T. and Ross, D.A., (eds.), The Black Sea Geology-Chemistry-Biology. Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma, 456-476.
- VOUTSINO-TALIADOURI, F., 1983. Metal concentration in polluted and unpolluted Greek sediments : a comparative study. VI es Journées Etud. Pollut. Cannes, 1982, 245-259.
- VOUTSINO-TALIADOURI, F. ve SATSMADJIS, J., 1982. Concentration of some metals in Aegean sediments : Rev. int. Oceanogr. Med. (LXVI-LXVII) 66/67, 71-76.
- YILMAZ, M 1986. The origin and the nature of humic substances in the marine environment. Ph. Thesis, ODTÜ-DBE Erdemli İçel Türkiye
- YÜCESOY, F., 1991. Geochemistry of heavy metals in the surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope : M.Sc. Thesis. ODTÜ-DBE, Erdemli İçel Türkiye, 150 s.
- YÜCESOY, F ve ERGIN, M., 1991. Heavy metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope : "Chemical Geol."