

KARADENİZ'İN GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASI

Geochemistry of the Recent Black Sea Sediments

NAMİK ÇAĞATAY University of Petroleum and Minerals, Dhahran, S.A.
TANER SALTOĞLU MTA Genel Müdürlüğü, Ankara
ABDULLAH GEDİK MTA Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZ: Karadeniz'de yaklaşık son 30.000 yılda çökelen, kokolit, sapropel ve lutit birimlerinin jeokimyası, Karadeniz'in kendine özgü morfolojik, jeolojik, biyolojik ve kimyasal özellikleri ile denetlenmiştir.

Karadeniz çökellerindeki iz elementler, istatistiksel dağılımları, üç değişik birimdeki bollukları ve alansal dağılım özellikleri açısından "iç kökenli" (autigenic) ve "dış kökenli" (allogenetic) olmak üzere, iki grupta toplanır. Basen içinde, çökellerle eşzamanlı olarak oluşan minerallere ve organik maddeye bağlı, Mo, Cu, U, B, Ni, Co, V ve Ba gibi iç kökenli elementler, organik madde ve demir sülfidlerce zengin sapropel biriminde, diğer birimlerdekine göre daha bol bulunur. Bu elementler, çökeltme hızının genel olarak düşük olduğu derin düzlüklere doğru artan değerler gösterirler. Öte yandan lutit birimi, Ti, Zr ve Cr gibi daha çok kırıntı minerallere bağlı dış kökenli elementler olarak gözükür V ve Ni; kokolit ve lutit biriminde dış kökenli elementlere özgü dağılım biçimi sunarlar. Diğer iki birime göre biyolojik kökenli olarak yüksek Ca ve Sr içeren kokolit birimi; ayrıca sapropel biriminden daha yüksek SiO₂, Al₂O₃ ve TiO₂ içeriğine sahiptir.

Karadeniz'in güncel çökellerinin ortalama bileşimi, derindeniz çökellerinin bileşimine göre Cu, Ni, Co, Ba, Mn ve V yönünden çok fakirdir. Ortalama bir şeyl bileşimine genelde bir benzerlik sunmasına karşın, Karadeniz çökelleri, şeyl veya siyah şeyl bileşimine göre daha yüksek Ca, daha düşük V, Pb, Cu, Ba ve Y içerirler.

ABSTRACT: Geochemistry of the Recent Black Sea sediments comprising the Cocolithic, Sapropelic and Lutite units is largely governed by the special characteristics of the Black Sea, related to its geology, morphology, biology and chemistry.

According to their statistical distribution, their abundance in the three units, and their areal distribution, the trace elements in the Black Sea sediments fall into the "authigenic" and "allogenetic" element groups. The authigenic elements occur as associated largely with the authigenic minerals and organic matter, and have been syngenetically incorporated into the sediments. The Sapropelic unit is relatively more enriched in the authigenic elements such as Mo, U, Cu, B, Ni, Co, V and Ba than the other two units. These elements show trends of increasing concentration towards the abyssal plains of the Black Sea basin, which are generally characterized by low rates of sedimentation. On the other hand, the allogenetic elements such as Ti, Zr, and Cr which are dominantly of detrital mineral origin, occur in higher concentrations in the Lutite unit than the Sapropelic and Cocolithic units. Vanadium and Ni, which appear as authigenic elements in the Sapropelic unit, present a characteristic allogenetic distribution pattern in the Cocolithic and Lutite units. Compared with the Lutite and Sapropelic units, the Cocolithic unit is relatively elevated in Ca and Sr, which is widely due to the Cocolithic shells made up of CaCO₃. Moreover, the Cocolithic unit is more enriched in SiO₂, Al₂O₃ and TiO₂ than the Sapropelic unit.

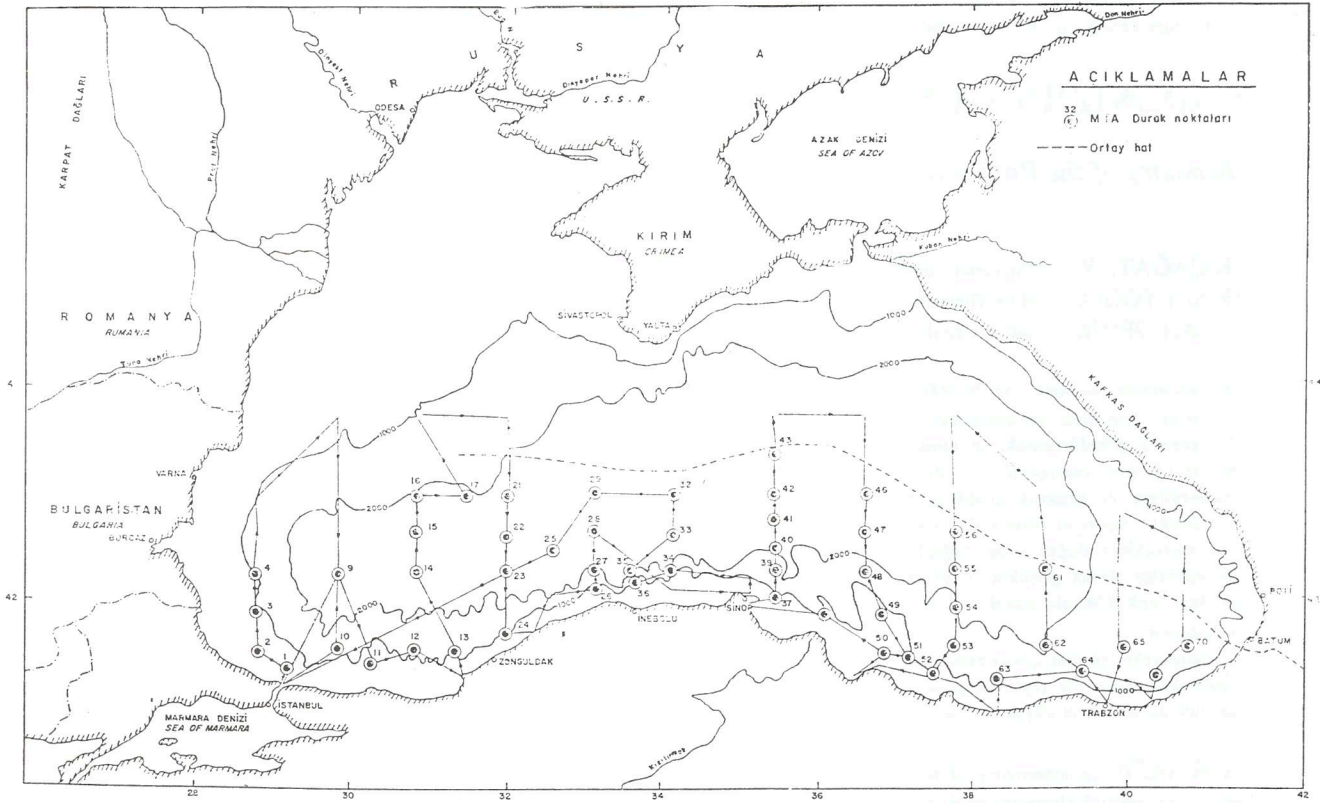
A comparison of the average composition of the Black Sea sediments with that of the deep sea sediments shows that the former are considerably depleted in many elements including Cu, Ni, Co, B, Mn and V. On the other hand, the average composition of the Black Sea sediments is similar to that of shales except for the higher content of Ca, and relatively lower contents of V, Pb, Cu, Ba and Y.

GİRİŞ

Karadeniz, gerek petrole kaynak ve hazne kayaç, ve gerekse eş oluşumlu Cu-Pb-Zn yataklarına ve uranyum zenginleşmelerine yan kayaç oluşturan siyah şeyllerin çökeltme ortamlarının en azından bazılarında bir model olarak düşünülmektedir (Tissot ve Welte, 1978, Tourtelot, 1979, Vine ve Tourtelot, 1970, Bell, 1978). Örneğin, orta Avrupa'da % birkaç Cu ve Pb içeren Permiyen yaşlı Kupferschiefer, metallerce zengin bir siyah şeyldir ve metallerin eşzamanlı olarak bu şeyl içinde çöktüğü gösterilmiştir (Wedepohl ve diğ., 1978). Aynı şekilde uranyumun, Norveç'teki Prekambriyen yaşlı Outokumpu (Peltola, 1968) ve İsveç'teki Kambriyen yaşlı Alum

şeylleri (Armands, 1972) içinde eş oluşumlu olarak çöktüğü yönünde görüş birliği vardır. Böylece, özellikle petrol ve adı geçen eş oluşumlu cevherleşmelerin kökenini açıklamak açısından Karadeniz ve güncel çökellerinin organik ve inorganik jeokimyası birçok çalışmacının ilgisini çekmiştir.

Karadeniz'in güncel çökellerinin jeokimyası, çeşitli yönleri ile başta Sovyet çalışmacılar olmak üzere bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalardan başlıcaları; Hirst'ün (1974) 11 durak noktasından alınmış 172 örnek ile yaptığı jeokimyasal çalışma; Karadeniz baseninde demir-manganez yumruları (Sevast'yanov ve Volkov, 1966) ve demir sülfidler (Volkov ve Fomina, 1974; Volkov, 1961, 1964; Vol-



Şekil 1. Karadeniz'in derinlik ve alınan örneklerin durak noktalarını gösterir harita.
Figure 1. Location of the cores on a simplified bathymetric map of the Black Sea.

kov ve Fomina, 1974) de üzerindeki gözlem ve jeokimyasal çalışmalar; Karadeniz çökellerinde Mo, V, Co, Ni, ve Cu gibi iz elementlerin jeokimyası (Baturin ve Kochenov, 1968; Glagoleva, 1961; Volkov ve Fomina, 1974); çökellerdeki organik gercecin kimyası (Florovskaya ve Gurskiy, 1966; Starikova, 1961; Simoneit, 1974; Hunt 1974; Peake ve diğerleri, 1974; Volkov ve Fomina, 1974) olarak sayılabilir. Karadeniz çökelleri üzerindeki diğer bazı jeokimyasal çalışmalar, özel olarak tek bir elementin jeokimyasal dağılım özellikleri üzerinde durmuştur. Bu elementlerden en çok ilgi çeken uranyum olmuştur (Agamirov, 1963 a, 1963 b; Baturin, 1973; Baturin ve diğ., 1965; Rona ve Joensu, 1974; Kochenov ve diğ., 1965; Degens ve diğ., 1977; Gedik ve diğ., 1981; Çağatay, 1983 ve Çağatay ve diğ., 1986). Aynı şekilde demir (Rozanov ve diğ., 1974) ve molibden (Philipchuk ve Volkov, 1974) gibi elementlerin çökellerdeki dağılımı özellikleri ve bulunuş şekilleri üzerinde çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, 1978 yılında MTA Genel Müdürlüğü ve Deniz Kuvvetleri Komutanlığının işbirliği ile Karadeniz'in güney yarısında 53 durak noktasından (Şekil 1) alınan karotlardan elde edilen örneklerin kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Tüm örnekler, 14 element için Sr, V, Cu, Ni, Pb, B, Ba, Co, Y, Ti, Cr, Zr ve Mn için analiz edilmiştir. Ayrıca kompozit örneklerde orga-

nik-karbon, CaO, Mo ve U analizleri ve seçilen karot örneklerinde, XRF yöntemi ile bazı ana (major) elementlerin analizi gerçekleştirilmiştir. Örnekler, Ross ve Degens (1974) ve Gedik ve diğ., (1981) tarafından ayırt edilen üstten alta doğru kokolit, sapropel ve lutit birimlerine göre sınıflanmıştır. Bu birimlerde ilgili ayrıntılı bilgi Gedik ve diğ., (1981) tarafından verilmiştir. Bilindiği gibi bu üç birimli stratigrafi, çoğunlukla derin düzlüklerde gözlenebildiğinden, kıta sahanlığı ve kıtasal eğim üzerindeki duraklardan alınmış örnekler herhangi bir ayırma bağlı tutulmadan, uygun bir şekilde en üstteki kokolitle birime dahil edilmişlerdir. Bu şekilde 404 örnek kokolit, 47 örnek sapropel ve 95 örnek lutit birimine ait olmak üzere toplam 546 örnek ayırtlanmıştır. Her birimin jeokimyası ayrı ayrı incelenmiş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Üç ayrı birimde ve tüm olarak Karadeniz'in güncel çökellerindeki element dağılımları istatistiksel yöntemlerle incelenmiş ve dağılım özelliklerinin Karadeniz'in çeşitli özelliklerinin ışığı altında yorumu yapılmıştır.

ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Örnek Alımı ve Hazırlanması

Karadeniz baseninin Türkiye ile Sovyetler Birliği arasında saptanmış "ortay hatın" güney kesiminde 53 gravite karotu alınmıştır. Boyları 0.685 m. ile 1.455 m.

arasında değişen bu karotlardan, çökel özelliklerine göre 546 örnek elde edilmiştir. Bu örnekler önce 40°C de sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş, daha sonra öğütülen örnekler 105°C de ısıtılmıştır.

Kimyasal Analizler

105° de kurutulmuş 546 örneğin, optik-yayımlı spektrografi yöntemi ile yarı-niceliksel olarak Sr, Ba, Cu, Pb, Mn, Ti, V, Zr, Ni, Co, Mo, Cr, Y ve B analizleri yapılmıştır. Bu örneklerde uranyum, florometrik yöntemle analiz edilmiştir. Çökel özelliklerine dayanarak hazırlanan 109 kompozit örnekte, organik karbon, Burger (1953) yöntemine göre; uranyum florometrik yöntemle; molibden kolorimetrik yöntemle ve Ca KRF yöntemi ile analiz edilmiştir. Ayrıca, seçilen 6 karottan toplam 72 örneğin SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, K₂O, TiO, MnO ve P₂O₅ içerikleri XRF yöntemi ile saptanmıştır.

İstatistiksel Yöntemler ve Verilerin Sunumu

Her birime ait örneklerin, kompozit örneklerin, tüm örneklerin ve karotların ağırlıklı ortalamalarının Sr, Ba, Cu, Pb, Mn, Ti, V, Zr, Ni, Co, Mo, Cr, Y, B ve U içerikleri ile ilgili en yüksek ve en düşük değerler, normal ve lognormal dağılıma göre ortalama, standard sapma, ortalama +1 standard sapma ve ortalama +2 standard sapma gibi temel istatistik parametreler bilgisayarla hesaplanarak bulunmuş ve çizelgeler halinde sunulmuştur (Çizelge 1, 2, 3, 4, 5 ve 6).

Her birim için elementler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmış ve katsayılar önem derecesine göre sınıflanarak grafik halinde sunulmuştur. Korelasyon katsayılarının sayısal değerlerini kapsayan çizelgeler, ayrıca ek olarak verilmiştir.

Yukarıda adı geçen elementlerin 546 örnekteki içeriklerinin, bilgisayarla kümülatif olasılık eğrileri çizilerek topluluk (populasyon) özellikleri incelenmiştir.

Calcomp GPCP programı kullanılarak elementlerin, Karadeniz'in güney kesiminde 53 durak noktasından alınmış karotlar ortalama değerlerinin ve kokolit birimindeki değerlerinin alsanal dağılım haritaları çizilmiştir (Şekil 9). Aynı şekilde, kompozit örneklerdeki değerler kullanılarak, Karadeniz'de organik - karbon dağılım haritası hazırlanmıştır (Şekil 10).

GÜNEY KARADENİZ'DE ÇÖKEL JEOKİMYASINI DENETLEYEN OLASI ETKENLER

Çökel veya çökel kayalar içinde elementler şu şekillerde bulunabilir:

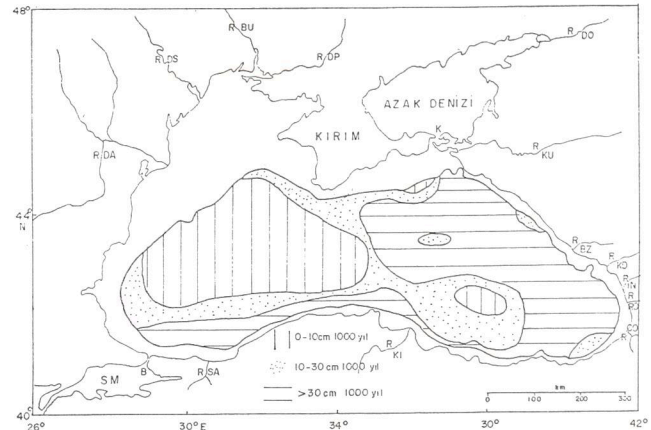
- Kırıntı minerallerin yapılarında (örneğin, feldspat, mika, killer ve ağır mineraller gibi)
- Killer üzerinde soğurulmuş olarak;
- Kimyasal veya biyokimyasal olarak çökelmiş, veya diyajenitik olarak oluşmuş minerallerin (örneğin; kalsit, apatit, pirit, demir ve magnezyum oksitleri gibi) yapısında veya üzerlerine soğurulmuş olarak;

- Organik maddeye bağlı olarak organo-metal bileşikleri halinde ve soğurulmuş olarak,
- Çökellerin bünyesinde kapanlanmış şu bileşiminde,

Buna göre Karadeniz güncel çökellerinin jeokimyasal bileşimini etkileyebilecek başlıca fiziksel etkenler şu şekilde sıralanabilir:

Karadenizin Morfolojisi

Derinliği 2200 m.ye ulaşan Karadeniz baseni, dört ana fizyografik bölgeden oluşmuştur. Bunlar kıta sahanlığı, kıtasal eğim, basen önlüğü ve derin (abyssal) düzlüklerdir (Ross ve diğerleri, 1974, 1978). Kıta sahanlığı, Anadolu ve Kafkas kıyıları boyunca 20 km den dardır. Kıtasal eğim, güneyde Anadolu kıyıları açıklarında diktir ve kıyıya dik ve eğik kanyonlarla kesilmiştir (Ross ve diğerleri, 1974; Aksaray, 1978). Bu kanyonlar, güneyde Kızılırmak, Yeşilirmak, Sakarya ve Çoruh nehirlerinin getirdiği kırıntılı gerci bulantı akıntıları yoluyla derin düzlüklere değin ulaştırırlar. Bu durum, ileride açıklanacağı gibi, özellikle Karadeniz baseninin doğusunda çökelme hızını ve dolayısıyla çökel bileşimini önemli ölçüde etkilemektedir.



Şekil 2. Karadeniz'de son 3000 yıldaki çökelme hızı (Ross ve diğ., 1974'den)
Figure 2. Sedimentation rates for 3000 years (Ross ve diğ., 1974'den)

Karadeniz'de Çökelme Hızı

Son 3000 yıldaki çökelme hızlarına dayanarak Ross ve diğ. (1974) Karadeniz'deki çökelme hızı farklılık gösteren alanları haritalamışlardır (Şekil 2). Buna göre en düşük çökelme hızı (10 cm/1000 yıl), Karadeniz'in batı kesiminde, orta kısımlardaki derin düzlüklerde ve kuzeybatıdaki kıtasal eğim ile basen önlüğünü içine alan kısımlarda görülmektedir. Buna karşılık, en yüksek çökelme hızı, 30 cm/1000 yıl'dan büyük olmak üzere tüm Anadolu ve Kafkaslar kıtasal eğimi boyunca ve basenin batı kısmının büyük bir bölümünde izlenmektedir. Bu alanlardaki yüksek çökelme hızı bulantı akıntılarına bağlıdır. Basenin doğu kısmında, "ortay hatla" Giresun arasında da, düşük çökelme hızlı bir alan dikkati çekmektedir (Şekil 2).

	U ₃ O ₈ ppm	Mo ppm	Org. %	CaO %
ÖRNEK SAYISI	109	109	109	109
EN DÜŞÜK DEĞER	2.	1.	0.35	3.7
EN YÜKSEK DEĞER	28.	125.	14.25	36.3
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN)				
ORTALAMA	8.2	24.4	2.58	13.3
STANDARD SAPMA	5.5	24.7	3.04	6.6
ORTALAMA +1* ST. SAPMA	13.7	49.2	5.62	21.9
ORTALAMA +2* ST. SAPMA	19.1	73.9	8.66	30.4
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (LOGNORMAL BİR DAĞILIM İÇİN)				
ORTALAMA	6.4	14.7	1.99	11.1
STANDARD SAPMA	2.0	3.1	2.16	1.8
ORTALAMA +1* ST. SAPMA	13.2	46.2	4.30	20.0
ORTALAMA +2* ST. SAPMA	26.9	145.3	9.29	35.9

Çizelge 1. Kompozit örneklerin U₃O₈, Mo organik karbon ve CaO içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri

Table 1. The basic statistical parameters of composite samples of U₃O₈, Mo, organic carbon and CaO

	Sr	Ba	Cu	Pb	Mn	Ti	V	Zr	Ni	Co	Mo	Cr	Y	B	U ₃ O ₈
ÖRNEK SAYISI	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
NO. OF SAMPLES USED	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
EN DÜŞÜK DEĞER MIN. VALUE	200	50	14	5	267	1051	20	28	13	5	10	32	10	10	2
EN YÜKSEK DEĞER MAX. VALUE	677	548	77	22	1810	3000	145	141	126	127	69	208	20	145	13
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING NORMALITY)															
ORTALAMA MEAN	261.	250.	33.	7.	625.	1798.	68.	56.	50.	18.	15.	91.	12.	43.	4.
STANDARD SAPMA STANDARD DEV.	91.1	105.3	10.9	3.9	285.4	436.3	28.5	23.8	27.7	17.4	10.1	38.1	3.4	26.4	2.4
ORTALAMA +1* ST. SAPMA MEAN +1* ST. DEV.	352.	355.	44.	11.	910.	2235.	96.	80.	78.	35.	25.	129.	15.	60.	6.
ORTALAMA +2* ST. SAPMA MEAN +2* ST. DEV.	443.	461.	55.	15.	1196.	2671.	125.	104.	105.	52.	35.	167.	19.	96.	9.
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (LOGNORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING LOGNORMALITY)															
ORTALAMA MEAN	249.	226.	31.	6.	577.	1752.	62.	52.	43.	13.	13.	84.	11.	36.	4.
STANDARD SAPMA STANDARD DEV.	1.3	1.6	1.4	1.5	1.5	1.2	1.6	1.5	1.7	2.0	1.6	1.5	1.3	1.8	1.7
ORTALAMA +1* ST. SAPMA MEAN +1* ST. DEV.	333.	365.	43.	9.	845.	2188.	96.	77.	74.	27.	21.	125.	14.	66.	6.
ORTALAMA +2* ST. SAPMA MEAN +2* ST. DEV.	445.	588.	59.	14.	1238.	2732.	150.	113.	127.	54.	32.	188.	18.	122.	10.

Çizelge 2. Tüm karotların ağırlıklı element içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri

Table 2. The weighted basic statistical parameters of elements in core samples

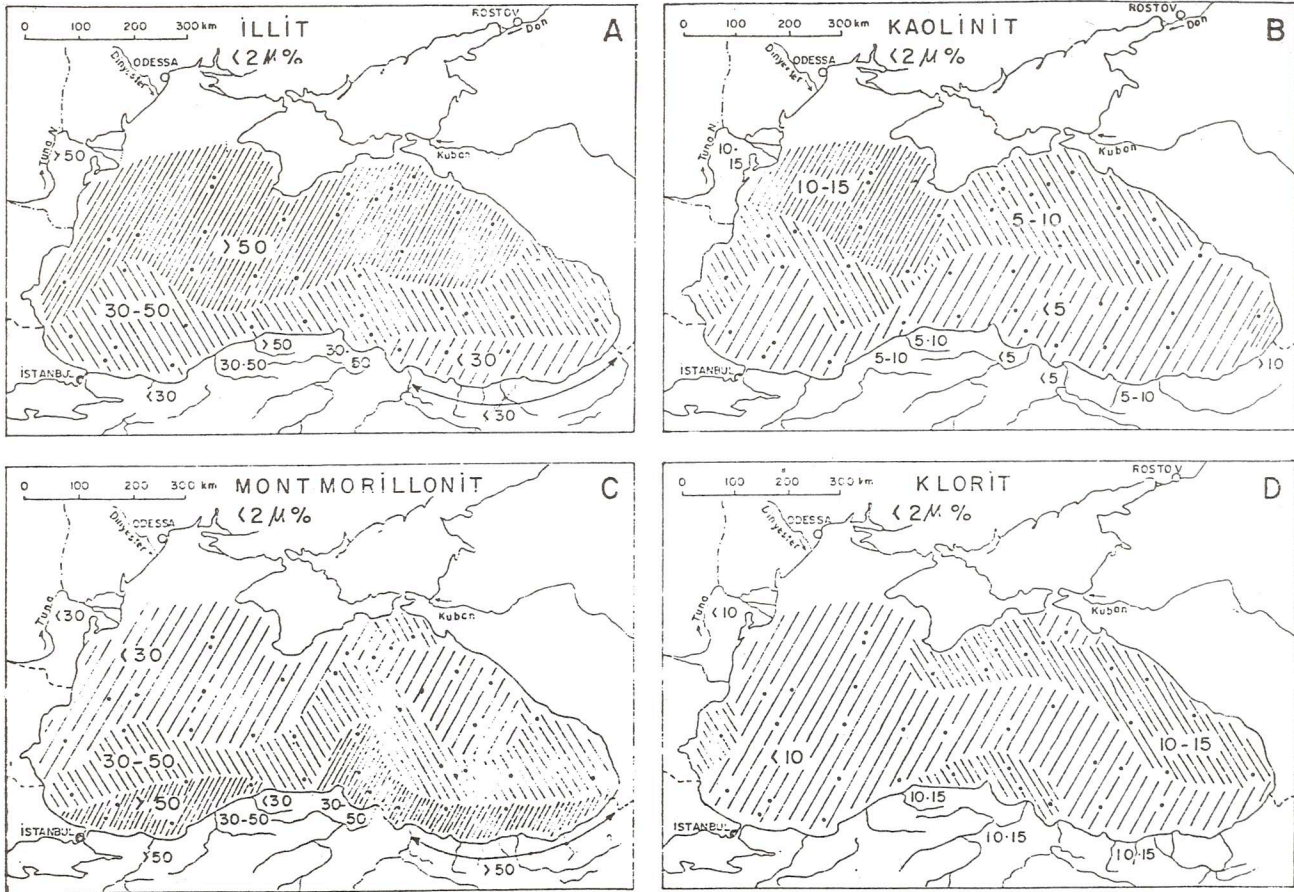
Çökeltme hızının yüksekliği, basen içinden kaynaklanmış (authigenic) olarak oluşan minerallere veya organik maddeye bağlı olarak çökelen ve jeokimyasal hareketliği yüksek olan elementlerin derişimini önemli ölçüde seyreltmektedir.

Nehirlerin Getirdiği Çökellerin Kaynağı ve Türü

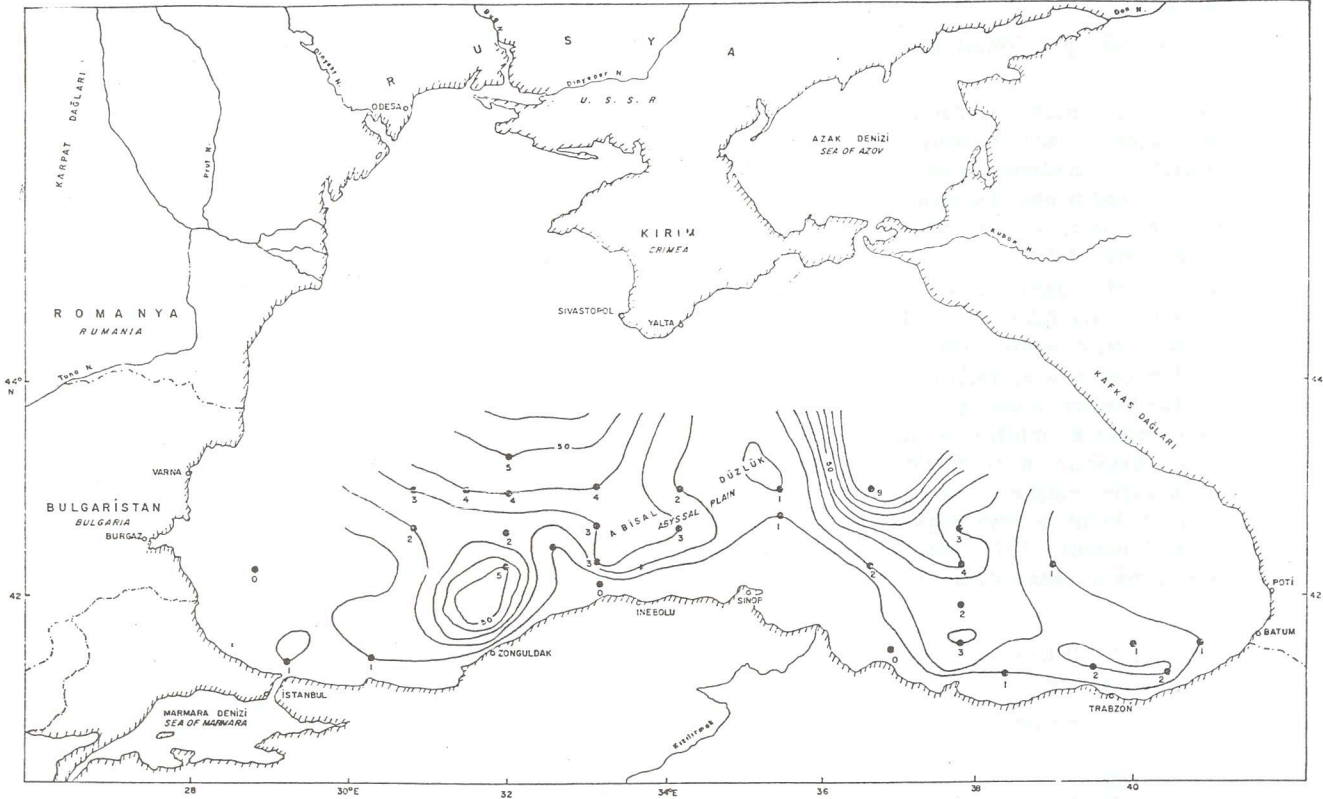
Karadeniz'in Anadolu kıyılarının dağlık olması ve bu bölgenin coğrafi konumu nedeniyle bol yağış alması egemen akarsuların Karadeniz'e önemli ölçüde kırıntı malzeme taşımamasına neden olur. Bu kırıntılar, kanyonlar yoluyla derin kesimlere, ve kıyı-boyu akıntıları ile de kıyıya paralel olarak dağıtılır.

Batı Pontidler, daha çok Kretase-Eosen yaşlı fliš türünde çökeller, ofiyolitler, volkanik kayalar ve daha yaşlı metamorfiklerle temsil edilmiştir. Buna karşılık Doğu pontidler çoğunlukla, yaşları Jura-Eosen arasında değişen volkaniklerden oluşmuştur. Doğu'da Kafkaslar çeşitli yaşta volkanik, intrüsif ve metamorfik kayalar içerirler. Bu kayalar Karadeniz'de çökelen kırıntı çökellerin kaynağını oluşturur. Türkiye nehirlerinin Karadeniz'e taşıdığı kırıntı gerecin bileşimi, Peterson (1971; Shimkus ve Trimonis, 1974 de); Karadeniz güncel çökellerinin ayrıntılı mineralojik ve petrolojik etüdü,

Müller ve Stoffers (1974) tarafından yapılmıştır. Buna göre, kum iriliğindeki malzeme, Doğu Pontid kıyıları boyunca çoğunlukla volkanik; Kafkas kıyıları boyunca ise metamorfik kaya parçalarından oluşmuştur. Kum iriliğinde en yüksek karbonat kırıntılarının gözüktüğü alanlar, Sakarya ve Yeşilirmak arasında kalan Anadolu kıta sahanlığı ve kıtasal eğim kesiminde gözlenir. Kuvars miktarı, % 5-25 ile Anadolu kıyılarının batısı açıklarında, doğuya (%5) göre daha yüksektir. Buna karşılık feldspat ise kabaca kuvarsa ters bir ilişki ile doğu Anadolu kıyılarında daha bol oranda (yaklaşık % 30) bulunur. Ağır minerallerden piroksen, basenin GD kısmında en yüksek oranda bulunur; Batı Anadolu kıyıları açıklarında azalır, ancak arta kalan kesimlere göre daha yüksek oranlardadır. Kil mineralleri, bollukları yönünden Karadenizin boyuna koşut bir dağılım şekli gösterirler (Şekil 3). Anadolu kıyıları boyunca uzanan bir şerit boyunca, 2'den küçük çökel malzemesinin % 50'den çoğunu montmorillonit, % 30-50 oranını illit oluşturmaktadır. İnebolu-Samsun arasında kalan kıyı ve kıtasal eğim kesiminde ise klorit % 10-15 oranlarla en yüksek düzeydedir. Bu kesimde kloritin kaynağı büyük oranda Kızılırmak'ın çökel yükü olmalıdır.



Şekil 3. İki mikrondan küçük çökel kısmının mineral bileşimi (Müller ve Stoffers 1974'den)
Figure 3. The mineral composition of fraction which is smaller than 2 micron in particle size.



Şekil 4. Karadeniz'in güncel çökellerinde organik karbon dağılımı % (40°C de kurutulmuş)
Figure 4. Distribution of organic carbon of the recent Black Sea sediments % (Dried at 40°C).

Karadeniz'de İndirgeyici (H₂S'ce zengin) Koşulların Varlığı

Karadeniz ortalama 36 m. derinlikteki İstanbul boğazı ile Marmara ve oradan da Akdeniz'e bağlı yarı-kapalı bir denizdir. Günümüz'den yaklaşık 9000 yıl önce Akdeniz'le ilişkisinin dereceli olarak azalmaya başlaması sonucu, yarı-kapalı bir deniz durumuna gelen Karadeniz'in su kütlesi ve çökellerinde H₂S li indirgeyici koşullar egemendir, ve tuzluluğa bağlı olarak bir su tabakalanması oluşmuştur. (Deuser, 1974) Yaklaşık deniz düzeyinin 50-70 m altında azalmaya başlayan oksijen miktarı, 200 m nin altında sıfıra düşer. Karadeniz suyunun derin kesimlerdeki Eh değeri -0.15 ve -0.21 V aralığındadır (Agamirov 1963 a; Kochenov ve diğ., 1965). Derin deniz çökellerindeki Eh, yaklaşık -0.26 V; pH, 8 dolayındadır. Bu indirgeyici koşullar altında ve H₂S lü ortamda, başta demir olmak üzere C, Ni, Co gibi metaller sülfidleri halinde çökelirler. Nitekim Karadeniz çökelleri içinde pirit, hidrotrilit gibi demir sülfidleri izlenmiştir. (Volkov ve Fomina, 1974). İndirgeyici koşullar, aynı zamanda organik gercin oksitlenmeden çökeller içinde korunmasını sağlar.

Biyolojik İşlemler ve Biyolojik Gereç Üretimi

Günümüzde ve yakın geçmişte Karadeniz'deki organik karbonun kaynağı büyük ölçüde plankton organizmalar olmuştur (Shimkus ve Trimonis, 1974). Bunların başlıcaları diatome, dinoflagellat ve kokolitlerdir. Bunlardan kokolitler, Karadeniz güncel çökellerinin en üst birimi olan ve son 3000 yılda çökelen kokolitli birimin en önemli bileşenidir, ve bu birimin ortalama % 40 olan karbonat içeriğinin tamamına yakını oluşturur. Shimkus ve Trimonis (1974) e göre nehirlerin Karadeniz'e getirdiği organik karbon oranı toplam organik karbon girdisinin ancak 1/3 ünü oluşturur. Üretilen toplam organik karbonun sadece % 4'ü oksijensiz zondaki çökeller içinde gömülüp fosilleşir.

Karadeniz'de oksijensiz (halistatik) zon, organik madde üretimi yönünden çok fakirdir. Bu yönden zengin alanlar KB ve Kafkas kıyıları önündeki kıta sahanlığı ve eğimidir (Shimkus ve Trimonis, 1974).

Kompozit ve tek; toplam 130 örneğin organik karbon analizine göre çizilen Karadeniz güncel

çökellerindeki organik karbon dağılım haritası (Şekil 4)'de verilmiştir. Bu haritadan görüleceği üzere, yüksek organik madde üretiminin egemen olduğu sahalar, genellikle düşük organik-karbon içeren çökeltme sahalarına karşılık gelir. Çökellerdeki organik-karbon miktarı derin düzlüklere doğru bir artış gösterir. Bu şekildeki dağılım, derin düzlüklerdeki düşük çökeltme hızı ile açıklanabilir. Zonguldak açıklarındaki % 5'e varan yüksek organik-karbon değerleri; Karadan gelen kömür kırıntılarının fazlalığına bağlanabilir. Sinop-Samsun kuzeyinde uzanan düşük organik-karbon alanı ise, büyük oranda Kızılırmak ve Yeşilırmak'ın getirdiği kırıntı malzemesinin seyreltme etkisine bağlıdır.

Kompozit örneklerin organik-karbon içerikleri % 0.35 ile 14.25 arasında değişir (Çizelge 1). Kümülatif olasılık eğrisine göre lognormal, çift modlu (bimodal) bir dağılıma yaklaşım gösteren organik-karbon topluluğunun logaritmik ortalaması yaklaşık % 2'dir. Organik-karbon değerlerinin yaklaşık % 45'i, % 1 ve daha düşük değerlerden oluşmuştur. Yüksek modu oluşturan organik - karbon topluluğu tüm topluluğun % 12'sini oluşturur. Bu yüksek organik karbon değerleri, doğal olarak sapropel birimi içinde yer alır ve ortalama yaklaşık % 11 organik karbon değerine sahiptir.

Kokolitli birimdeki denizel kökenli organik gereç içeriğine karşın; sapropel birimindeki organik gereç, daha çok karasal kökenlidir. Sapropel biriminde önemli ölçüde pollen ve sporlar, ve diğer karasal kökenli bitki kalıntıları içeren organik gereç; yapısında sterol ve yağ asitlerini (Simoneit, 1974), bitüm fulvik ve hüyük asitleri (Volkov ve Fomina, 1974) bulundurulur.

Organik maddenin gerek deniz suyunda metalleri soğurması ve gerekse organo-metal bileşikleri oluşturma özelliği öteden beri bilinmektedir. Bunun yanında, organizmaların biyolojik olarak, yaşam süreçleri boyunca elementleri önemli ölçüde biriktirebileceği bazı çalışmacılar tarafından öne sürülmüştür (Koczy ve diğ., 1957; Degens ve diğ., 1977). Ancak Volkov ve Fomina (1974), Karadeniz'de planktonların ve çökellerdeki organik gerecin doğrudan Ni, Co, Cu, Mo ve V gibi elementler için analizi sonucu, yaşam süreci boyunca biriken element miktarlarının, organik maddeye sonradan soğurulma-bağlanma yoluyla zenginleşen miktara göre önemsiz olduğunu belirtmiştir. Bu görüş, çalışmaları sonucu bir çok diğer araştırmacı tarafından da benimsenmiştir (Breger ve Deul, 1956; Kronfeld, 1964; Tatsumoto ve Goldberg, 1959; Çağatay, 1983 ve Çağatay, ve diğ. 1986). Böylece, örneğin, metal içeriği ile planktonik organizma sayısı arasındaki yüksek korelasyon katsayısı gibi bir ilişki, gerçekte kökensel değil; iki değişkenin de aynı ortamda aynı etkenler (örneğin, derin deniz ortamında düşük çökeltme hızı gibi) tarafından denetlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.

Organizmalar, sadece çökellerin organik-karbon içeriğine katkıda bulunmazlar; aynı zamanda Karadeniz çökellerinin CaCO₃ içeriğinin büyük bir bölümünü de oluştururlar. Örneğin, kokolitli birimin ortalama % 40'luk CaCO₃ içeriğinin tamamına yakın kısmını, 2-3 µ büyük-

lüğünde, disk şeklindeki kokolitler oluşturur. Ayrıca Karadeniz kıta sahanlığında, lamellibrans, gastropod, foraminifer ve ostrakod kavkuları, bu bölgelerdeki çökellerin CaCO₃ içeriğine önemli katkılarda bulunurlar. Bu bakımdan KB Anadolu kıta sahanlığında (örneğin, durak no. 11 dolay), özellikle lamellibrans kavkuları önemlidir.

Kompozit örneklerindeki CaO değerler topluluğu lognormal bir dağılıma yaklaşım gösterir. Bu çökelt örneklerinin logaritmik ortalaması % 11.1 olarak bulunmuştur (Çizelge 1). En yüksek (% 36'ya varan) değerler kokolitli birim örneklerinde izlenmiştir. Kümülatif olasılık eğrisine göre, yaklaşık % 15 organik-karbon değerine karşılık gelen 30. yüzde de (percentile) bir dönüm (inflection) noktası bulunmaktadır.

KARADENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN ANA (MAJOR) ELEMENT JEOKİMYASI

Toplam 6 karotun (bu karotlardan alınan 72 örneğe göre) XRF ana element analiz bileşimi, aralık ve ortalama değerler olarak Çizelge 1 de özetlenmiştir.

Analizi yapılan karotlardan 1 ve 11 no.lar, batı Karadeniz'de kıta sahanlığından; 26, 27 ve 28 no.lar, İnebolu batısında kıtasal eğimden kuzeye doğru derin düzlüğe uzanan bir hat üzerinde; 46 no.lu karot ise Samsun kuzeyinde derin düzlük üzerinde yer alır (Şekil 1).

1 no.lu karot, en üstteki 5 cm'lik kısmı ile 101-104 cm.'si arasındaki önemli ölçüde lamellibrans, gastropod, ostrakod, cibides, milliolidea kavkuları içeren tabakaları dışında büyük oranda kilden oluşmuştur. Boyu 118 cm. olan bu karot, 44-76 cm.'leri arasında organik maddece zengin ince bantlar içerir. Boyu 107 cm. olan 11 no.lu karot, lamellibrans kavkuları içeren homojen görünümü yeşilimsi gri renkte bir kildir. Yüksek orandaki kavkular, bu çökellerde yüksek CaO (% 29) ve düşük SiO₂ (% 26), Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂ değerlerinin izlenmesine neden olur (Çizelge 7).

26 no.lu karot, 114 cm. boyundadır ve büyük ölçüde kil bantlarından oluşmuştur. Bu yüksek kil içeriği, çökellerin nisbeten yüksek Al₂O₃ (% 15) içeriği ile de yansıtılmıştır. Bu karotun bazı düzeylerinde izlenen, mil iriliğindeki kuvars, mika ve diğer kırıntı minerallerin oluşturduğu seviyeler, buradaki çökellerin SiO₂ ve TiO₂ gibi bileşenlerin diğer karotlardakine göre yüksek olmasına katkıda bulunur. Bu karotta, ayrıca organik maddece zengin çok ince birkaç bant bulunur.

Boyu 86.5 cm. olan 27 no.lu karot 26 no.lu karota benzerlik gösterir. Çökeller açık ve koyu renkli kil araldanmasından oluşmuştur. Kırıntı oranı 26 no.lu karot örneklerine göre daha azdır; 13,24 cm. ve 50-80 cm. arasındaki düzeyde organik karbon oranı % 3'e kadar çıkar. MnO oranı diğer karotlarına oranla daha yüksektir.

28 no.lu karot 125 cm derinliğe kadar iner. Kil, kokolit ve organik gereç yönünden zengin, 5-10 cm kalınlığında bantların araldanmasından oluşmuştur.

ELEMENT :	Sr	Ba	Cu	Pb	Mn	Ti	V	Zr	Ni	Co	Mo	Cr	Y	B	U ₃ O ₈
ÖRNEK SAYISI	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404
EN DÜŞÜK DEĞER	200	50	7	5	100	300	10	20	10	5	10	5	10	10	2
EN YÜKSEK DEĞER	2000	2000	700	100	7000	4000	400	150	200	700	70	300	20	150	22
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (
ORTALAMA	304.	249.	33.	7.	571.	1797.	66.	55.	48.	23.	13.	93.	12.	40.	5.
SAPMA	305.4	176.1	35.1	7.5	449.5	651.7	51.5	32.4	34.5	42.6	7.9	52.3	3.7	31.8	3.4
ORTALAMA+1*ST.SAP	610.	425.	69.	15.	1020.	2449.	118.	87.	83.	65.	21.	145.	15.	72.	8.
ORTALAMA+2*ST.SAP	915.	602.	104.	22.	1470.	3100.	169.	119.	117.	108.	29.	198.	19.	103.	11.
ORTALAMA	246.	207.	30.	6.	501.	1677.	47.	46.	39.	14.	12.	80.	11.	30.	4.
SAPMA	1.7	1.9	1.5	1.6	1.6	1.5	2.5	1.8	1.9	2.5	1.5	1.8	1.3	2.1	1.7
ORTALAMA+1*ST.SAP	416.	388.	44.	10.	792.	2466.	117.	83.	75.	35.	17.	143.	14.	64.	7.
ORTALAMA+2*ST.SAP	704.	729.	65.	15.	1251.	3628.	290.	148.	145.	88.	25.	256.	19.	134.	12.

Çizelge 3. Kokolitti birimin element içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri
Table 3. The basic statistical parameters of elements of coccolith unit.

ELEMENT :	Sr	Ba	Cu	Pb	Mn	Ti	V	Zr	Ni	Co	Mo	Cr	Y	B	U ₃ O ₈
ÖRNEK SAYISI (NO OF SAMPLES USED)	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
EN DÜŞÜK DEĞER (MIN. VALUE)	200	50	30	5	150	1000	40	20	20	5	10	40	10	30	3
EN YÜKSEK DEĞER (MAX. VALUE)	700	1500	150	15	5000	3000	300	150	200	70	150	400	20	200	28
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING NORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	238.	406.	69.	5.	659.	1543.	141.	47.	90.	27.	61.	90.	16.	89.	14.
STANDART SAPMA (STANDARD)	112.1	342.5	32.1	1.4	786.9	369.4	66.5	23.7	38.4	10.8	34.8	55.5	4.8	49.4	5.6
ORTALAMA+1*ST. SAPMA (MEAN+1*ST. DEV)	350.	749.	101.	7.	1445.	1912.	208.	71.	128.	38.	96.	145.	21.	138.	19.
ORTALAMA+2*ST. SAPMA (MEAN+2*ST. DEV)	463.	1091.	133.	8.	2232.	2281.	274.	95.	166.	49.	131.	201.	26.	187.	25
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (LOG NORMAL DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING LOGNORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	224.	297.	62.	5.	469.	1501.	124.	42.	81.	24.	48.	81.	16.	75.	12.
STANDART SAPMA (STANDARD DEV.)	1.4	2.2	1.6	1.2	2.1	1.3	1.7	1.6	1.6	1.7	2.2	1.5	1.4	1.8	1.7
ORTALAMA+1*ST. SAPMA (MEAN+1*ST. DEV)	305.	649.	101.	6.	956.	1994.	211.	67.	131.	40.	106.	122.	22.	135.	20.
ORTALAMA+2*ST. SAPMA (MEAN+2*ST. DEV)	415.	1421.	164.	7.	1990.	2390.	357.	105.	212.	66.	232.	183.	30.	241.	34

Çizelge 4. Sapropel biriminin element içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri
Table 4. The basic statistical parameters of elements in the sapropelic unit.

ELEMENT :	Sr	Ba	Cu	Pb	Mn	Ti	V	Zr	Ni	Co	Mo	Cr	Y	B	U ₃ O ₈
ÖRNEK SAYISI (NO. OF SAMPLES)	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
EN DÜŞÜK DEĞER (MIN. VALUE)	200	50	20	5	300	1000	10	20	10	5	10	40	10	10	2
EN YÜKSEK DEĞER (MAX. VALUE)	700	1000	100	70	3000	3000	200	200	200	40	40	200	20	100	16
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING NORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	212.	263.	32.	7.	766.	1763.	74.	68.	46.	16.	11.	93.	14.	40.	4.
STANDARD SAPMA (STANDARD DEV.)	61.3	166.9	11.9		434.0	610.6	39.1	40.8	31.5	9.4	4.7	36.5	4.8	21.7	2.3
ORTALAMA +1*ST.SAPMA (MEAN+1*ST. DEV.)	273.	430.	44.	15.	1200.	2374.	113.	109.	78.	25.	16.	129.	18.	62.	6.
ORTALAMA+2*ST.SAPMA (MEAN +2*ST. DEV.)	334.	597.	56.	23.	1634.	2984.	152.	150.	109.	34.	20.	165.	23.	83.	
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (LOGNORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING LOGNORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	207.	223.	30.	6.	675.	1667.	63.	56.	39.	12.	11.	87.	13.	34.	3.
SAPMA (STANDARD)	1.2	1.8	1.4	1.6	1.6	1.4	1.9	1.9	1.7	2.1	1.3	1.4	1.4	1.8	1.5
ORTALAMA +1*ST.SAPMA (MEAN+1*ST. DEV.)	247.	402.	41.	9.	1101.	2325.	119.	108.	67.	26.	13.	122.	18.	61.	5.
ORTALAMA +2*ST.SAPMA (MEAN +2*ST. DEV.)	294.	725.	56.	14.	1797.	3244.	225.	209.	116.	54.	17.	172.	25.	110.	8.

Çizelge 5. Lütit biriminin element içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri
Table 5. The basic statistical parameters of elements in lutite unit.

	Sr	Ba	Cu	Pb	Mn	Ti	V	Zr	Ni	Co	Mo	Cr	Y	B	U3O8
ÖRNEK SAYISI (NO. OF SAMPLE USED)	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546
EN DÜŞÜK DEĞER (MIN. VALUE.)	200	50	7	5	100	300	10	20	10	5	10	5	10	10	2
EN YÜKSEK DEĞER (MAX. VALUE.)	2000	200	700	100	65000	4000	400	200	200	700	150	400	20	200	28
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (NORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	283.	265.	36.	7.	722.	1769.	74.	56.	51.	22.	17.	93.	12.	44.	5.
STANDARD SAPMA (STANDARD ST.SAPMA)	268.6	199.5	33.6	7.3		629.2	55.1	33.8	36.3	37.1	18.5	50.2	4.2	35.0	4.4
ORTALAMA +1*ST.SAPMA (MEAN+1*ST. DEV.)	551.	465.	70.	14.	3513.	2398.	129.	90.	88.	59.	35.	143.	17.	79.	10.
ORTALAMA +2*ST.SAPMA (MEAN+2*ST. SAPMA)	820.	664.	103.	22.	6303.	3028.	184.	124.	124	96.	54.	193.	21.	114.	14.
TEMEL İSTATİSTİK PARAMETRELER (LOG NORMAL BİR DAĞILIM İÇİN) BASIC STATISTICS OF THE DATA (ASSUMING LOGNORMALITY)															
ORTALAMA (MEAN)	237.	216.	32.	6.	527.	1659.	54.	47.	41.	14.	13.	81.	12.	33.	4.
STANDART SAPMA (STANDART DEV.)	1.6	1.9	1.5	1.6	1.7	1.4	2.4	1.8	1.9	2.4	1.8	1.7	1.3	2.1	1.9
ORTALAMA +1*ST.SAPMA (MEAN + 1*ST. DEV.)	379.	412.	49.	9.	902.	2398.	131.	86.	80.	34.	23.	139.	16.	71.	8.
ORTALAMA +2*ST.SAPMA (MEAN +2*ST. DEV.)	608	787.	76.	15.	1544.	3465.	316.	155.	155.	83.	41.	237.	21.	150.	15.

Çizelge 6. Tüm örneklerin element içeriklerinin temel istatistiksel parametreleri
Table 6. The basic statistical parameters of the elements in the total of samples.

Böylece, bu karot çökel bileşimi açısından oldukça değişen bir özellik sunmaktadır. Görünürdeki bu değişim, element içeriği aralıklarının genişliği ile kimyasal bileşime de yansımıştır (Çizelge 7). Kokolitle çökel düzeylerinin varlığı ile örneklerde CaO oranı % 29 kadar; ortalama CaO değeri % 13'e kadar çıkmıştır. 95 cm. derinlikten başlayarak MnO değerleri belirgin şekilde yüksektir.

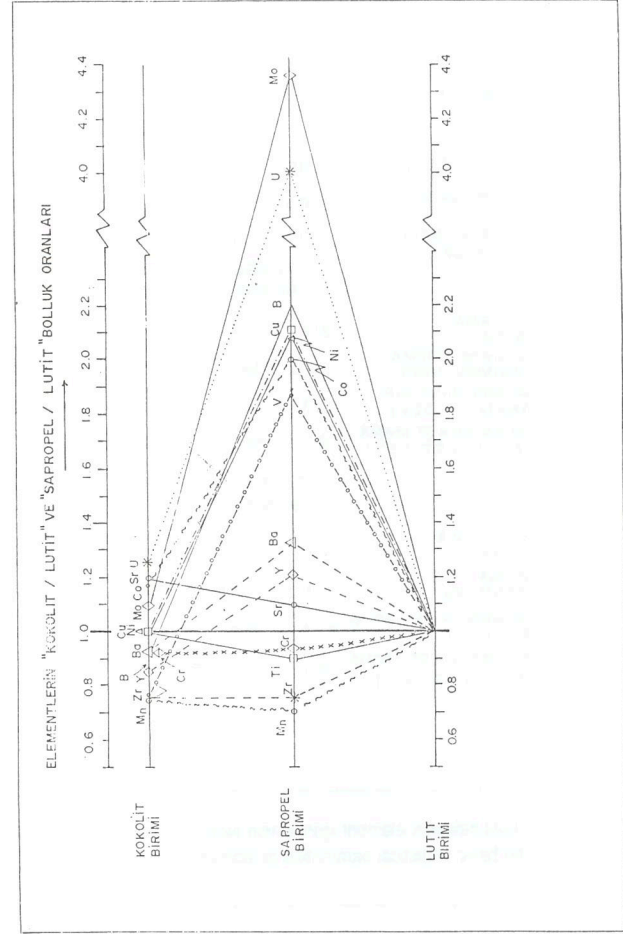
Kokolitli ve sapropel birimlerini içeren 46 no.'lu karotun üstteki 46 cm.'lik kısmı, kokolitle; 46 cm.'den karotun bitiş derinliği olan 142 cm.'ye değin kısmı, sapropel birimine aittir. Kokolite birimi, ince bantlar halinde zengin kokolite içeren kilden oluşmuştur. Sapropel birimi de yer yer kokolite arabantları içerir. 46 no.'lu karotta; kokolite birimi doğal olarak sapropel birimine göre iki misli daha yüksek oranda CaO içerir. Aynı şekilde, daha yüksek kırıntılı mineral içeriğinden dolayı Kokolitle birim; sapropel biriminden daha bol SiO₂, Al₂O₃ ve TiO₂ içerir. Bu karotun sapropel birimindeki organik karbon oranı % 14,25'e varır.

Analizi yapılan 6 karota ait çökel örneklerinin kimyasal bileşimi, derin deniz çökelleri ve şeyl ortalama bileşimleri ile karşılaştırıldığında (Çizelge 7); Karadeniz çökellerinin yüksek CaO içeriği belirgin olarak ortaya çıkar. Bu yüksek CaO içeriği, büyük oranda organizma kavkularına ve bu kavkuları Karadeniz'de, karbonat erime derinliğine (4000-4500 m) ulaşmadığı için korunmasına bağlıdır. Yüksek CaO oranına karşın; Karadeniz çökelleri, şeyl ortalama bileşimine göre daha düşük SiO₂, Al₂O₃ ve TiO₂ içerirler. Derin deniz çökelleri ise, Karadeniz çökellerine göre çok yüksek MnO içerirler. Derin deniz çökellerinin bu yüksek MnO içeriği derin deniz dibinde oluşan manganez yumru ve kabuklarına bağlıdır.

Karadeniz güncel çökellerinin Fe₂O₃ olarak toplam demir içeriği, karbonat oranları yüksek çökellerde % 3'den, normal killi çamurlarda % 7'ye kadar değişir (Çizelge 7). Bu değerler Rozanov ve diğ., (1974) nin sonuçları ile uyum içindedir. Bu çalışmacılar, reaktif (hidroksid, karbonat ve sülfid gibi otijenik minerallere bağlı) demir ve reaktif olmayan (klastik minerallere bağlı) demir olmak üzere iki türde demir ayırteder; reaktif demirin, kıyıdan derin düzlüklere doğru arttığını göstermişlerdir. Derin düzlüklerde, toplam demirin yaklaşık % 75'ini oluşturan reaktif demirin % 50'den fazlası, demir sülfidlerden (hidrotroilit+pirit) oluşmuştur. Rozanov ve diğ., (1974), reaktif demirin % 20'sinin H₂S lü zonda indirgenerek sülfidlere dönüştüğünü ve sülfidlerin büyük bölümünün de çökeller içinde, organik maddenin sağladığı indirgeyici ortamda diyajenetik olarak oluştuğunu belirtmişlerdir.

KARADENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN İZ ELEMENT JEOKİMYASI

Kümülatif olasılık eğrileri ve temel istatistiksel parametrelerden, incelenen elementlerin lognormal dağılıma yaklaşım gösterdiği görülmüştür. Kümülatif olasılık eğrilerinde Cr, Ti, Zr, Mn, Ba ve Y un tek modlu

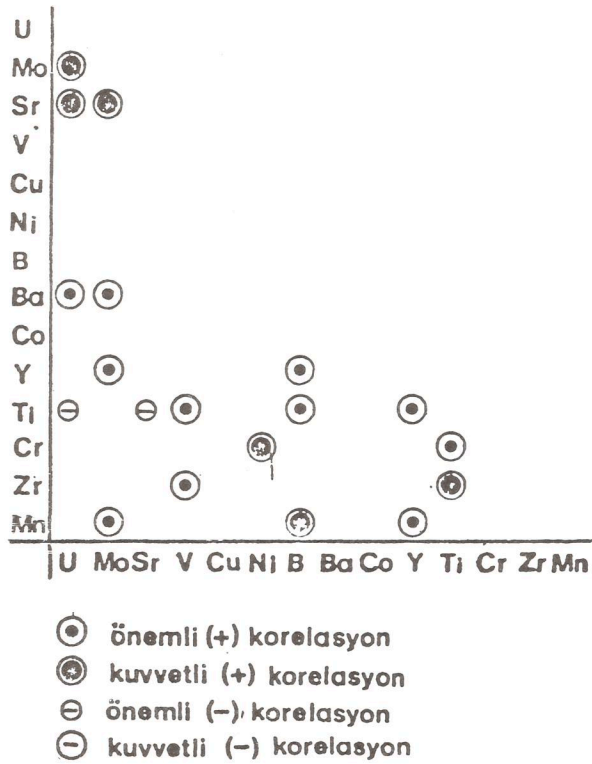


Şekil 5. Elementlerin kokolite ve sapropel birimlerindeki ortalama derişimlerinin lütite birimindeki ortalama derişimlerine göre oranları. Lütite birimindeki derişimler bir birim olarak alınmıştır.

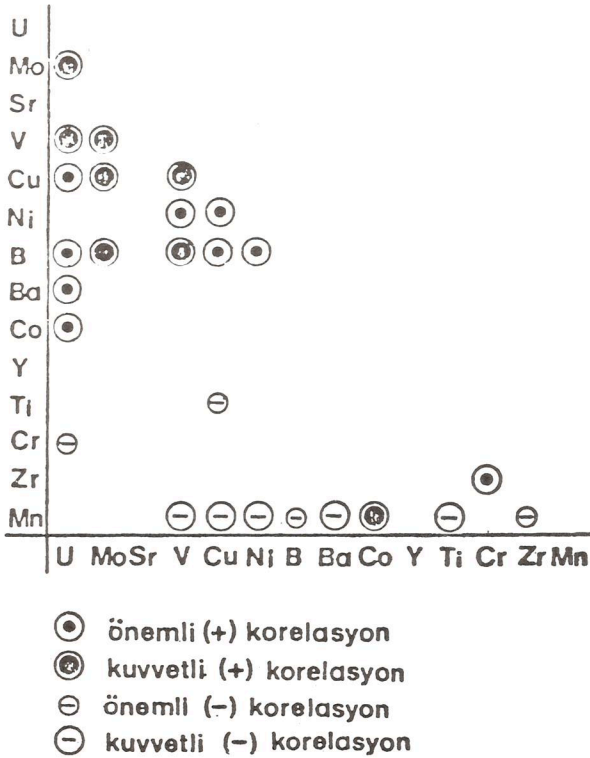
Figure 5. Ratios of the average element contents in the coccolith and sapropel units to those in the lutite unit.

(unimodal), U₃O₈ (Şekil 5) Mo, Sr, Co, B, V, Ni, Mn, Cu ve Pb çift modlu (bimodal) olduğu gözlenmiştir. Kümülatif olasılık eğrilerinden izlenen bu dağılım özellikleri, Çizelge 3, 4 ve 5 de kokolite, sapropel ve lütite birimlerinde her element için hesaplanan temel istatistik parametreleri ile uyum içindedir. Örneğin, kümülatif olasılık eğrisine göre, ortalamaları 13 ve 3.3 ppm; standard sapmaları 1.3 ve 1.1 olan iki ayrı topluluğa ayrılan 546 örneğin U₃O₈ analiz sonuçları, Çizelge 3, 4, 5'e göre irdelendiğinde, ortalaması yüksek olan birinci topluluğun sapropel birimini; diğer topluluğun ise daha çok lütite ve kokolite birimlerini temsil ettikleri anlaşılır.

Elementlerin Çizelge 3, 4, ve 5'de verilen üç birimdeki bollukları karşılaştırıldığında, sapropel birimin kokolite ve lütite birimlerine göre Mo, U, Cu, B, Ni, Co, V ve Ba yönünden zenginleşmiş olduğu görülür (Şekil 5). Sapropel birimin ortalama Mo ve U içeriklerini, lütite biriminin yaklaşık 4 katı; Cu, Ni, Co, B ve V içerikleri ise iki katı dolayındadır. Kokolite birimi de, fazla farklı



Şekil 6. Kokolit birimi için korelasyon matrisi. (404 örnek)
Figure 6. Correlation matrix of the coccolith unit. (number of samples 404)



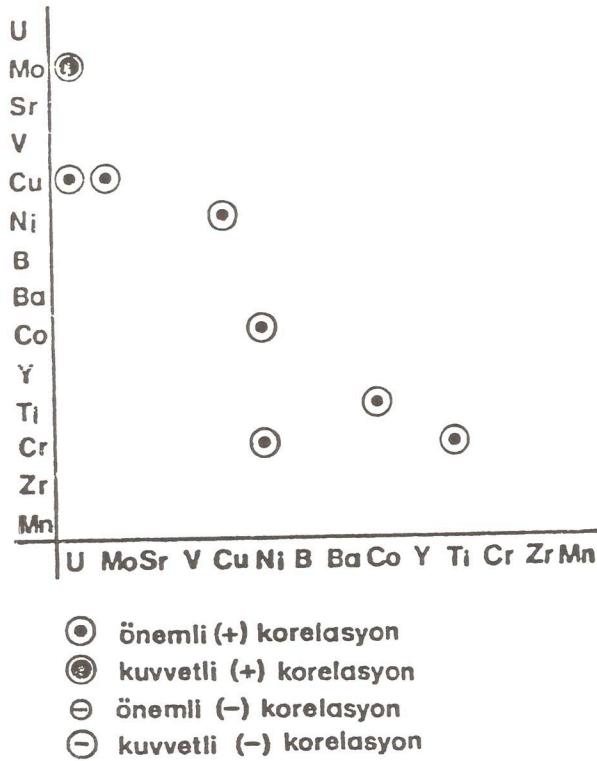
Şekil 7. Sapropel birimi için korelasyon matrisi. (47 örnek)
Figure 7. Correlation matrix of the sapropel unit. (number of sample 47).

olmamakla birlikte, lutit birimine göre daha yüksek U, Sr, Co ve Mo içermektedir. Buna karşılık, sapropel ve kokolit birimlerinde Zr ve Cr gibi hareketsiz ve daha çok kırıntı minerallere bağlı element içerikleri lutit biriminkine göre daha düşüktür. Ayrıca lutit birimin Mn içeriği de diğer iki biriminkine göre daha yüksektir.

Gerek üç birimdeki bolluk oranları gerekse Şekil 6, 7, 8 de her birim için verilen korelasyon ilişkilerinden, elementlerin "iç kökenli" (autigenic) ve "Dış kökenli" (allogenic) olmak üzere ayrılabilir iki farklı grupta toplandığı görülür. Elementlerin çökellerde iki ayrı grup oluşturma özelliği, daha önce Gundlach ve Marchig (1982) tarafından da Pasifik okyanusu çökellerinde de tanınmıştır.

İç kökenli grubu, çökellerle eşzamanlı ve aynı koşullarda çökelen, basen içerisinde kaynaklanan elementler oluşturur. Bu gruptaki elementler, organik maddeye ve kimyasal, biyokimyasal ve diyajenetik yollarla oluşmuş minerallere bağlı olarak bu tür gerecin yapısında veya üzerine soğurulmuş şekilde bulunur. Çökeltme hızı düşük sapropel biriminde, bu gruba dahil edeceğimiz Mo, U, B, Cu, Ni, Co, V, Ba ve Y gibi birçok element zenginleşme gösterir. Bu elementlerden Mo, Cu, Ni, Co ve V'un sapropel birimdeki jeokimyası, Volkov ve Fomina (1974) tarafından, organik madde ve demir sülfid minerallerinin ayrılması ve seçici şekilde çözünmesi gibi doğrudan yöntemlerle araştırılmıştır. Bu çalışmalar, organik madde ve pirit yönünden zengin sapropel biriminde bu elementlerin büyük ölçüde bu iki bileşene bağlı olduğunu göstermiştir. Ancak adı geçen elementlerden V, büyük oranda organik madde (özellikle fulvik asit bileşeni) ile ilişkili gözükürken; Co'nun önemli ölçüde sülfidlere bağlı olduğu bulunmuştur. Bu arada Cu'nun $CuFeS_2$ ve Mo'nun MoS_3 fazları olarak, demir sülfidlerle birlikte çökeltme olasılığı da belirtilmiştir. Volkov ve Fomina (1974), yaşayan planktonların metal içeriklerine başvurarak, adı geçen metallerin organik maddeye, indirgeyici su kolonu boyunca çökeltirilen ve diyajenez tepkimeleri sırasında soğurulma ve organo-metal bileşikleri şeklinde bağlandığını; ve bu elementlerin organizmaların yaşam süreçleri boyunca biriken oranlarının ise önemli olmadığını belirtmişlerdir (Çağatay, ve diğ., 1986), seçici çözünürlük çalışmaları ile Karadeniz'in güncel çökellerindeki yüksek U içeriğinin büyük bölümünün, organik maddeye bağlı, soğurulmuş ve organo-uranyum bileşikleri halinde bulunduğunu göstermiştir. Çökellerin, organik-karbon ve bazı element içerikleri arasında izlenen yüksek (+) korelasyon katsayıları, doğrudan bir ilişkinin kanıtı olmasa bile, böyle bir olasılığın işareti sayılabilir. Örneğin 109 kompozit örneğin organik-karbon ve U içerikleri arasında 0.85 ve organik-karbon ve Mo içerikleri arasında 0.92 gibi yüksek korelasyon katsayıları bulunmuştur.

Sapropel biriminde yüksek derişim gösteren diğer elementlerden B un biyojenik bir element olarak Mason (1966), karasal kökenli yüksek organik madde içeren bu birimde zenginleşmesi olağandır. Baryumun ise bu birimde, organik madde ve killer üzerine soğurulma yanında,



Şekil 8. Lütit birimi için korelasyon matrisi. (95 örnek)
Figure 8. Correlation matrix of the lutite unit (number of sample 95).

Hirst (1974) ün belirttiği gibi barit halinde çökme olasılığı da bulunmaktadır.

Aynı şekilde Karadeniz güncel çökellerinde iç-kökenli bir element olarak gözükür Sr, Ca'a bağlı olarak yüksek oranda organik kökenli CaCO₃ içeren kokolit biriminde göreceli olarak zenginleşmiştir. Manganezin lutit biriminde diğer iki birime göre zenginleşmesi, bu elementin lutit biriminin olduğu daha oksijenli ortam koşullarında mangan oksitleri halinde çökmesi ile açıklanabilir.

Üç ayrı birime göre iç kökenli element grubunda yer alan elementler, kendi aralarında istatistiksel olarak önemli (+) korelasyonlar gösterirler. Kokolit biriminde, U-Mo-Sr; B-Mn, Ba-U-Mo ve Mo-Mn (Şekil 6), sapropel biriminde U-V-Mo-B-Cu ve Ni, Mn-Co (Şekil 7) ve lutit biriminde U-Mo-Cu element gruplarındaki element çiftleri arasında önemli (+) korelasyon katsayıları elde edilmiştir.

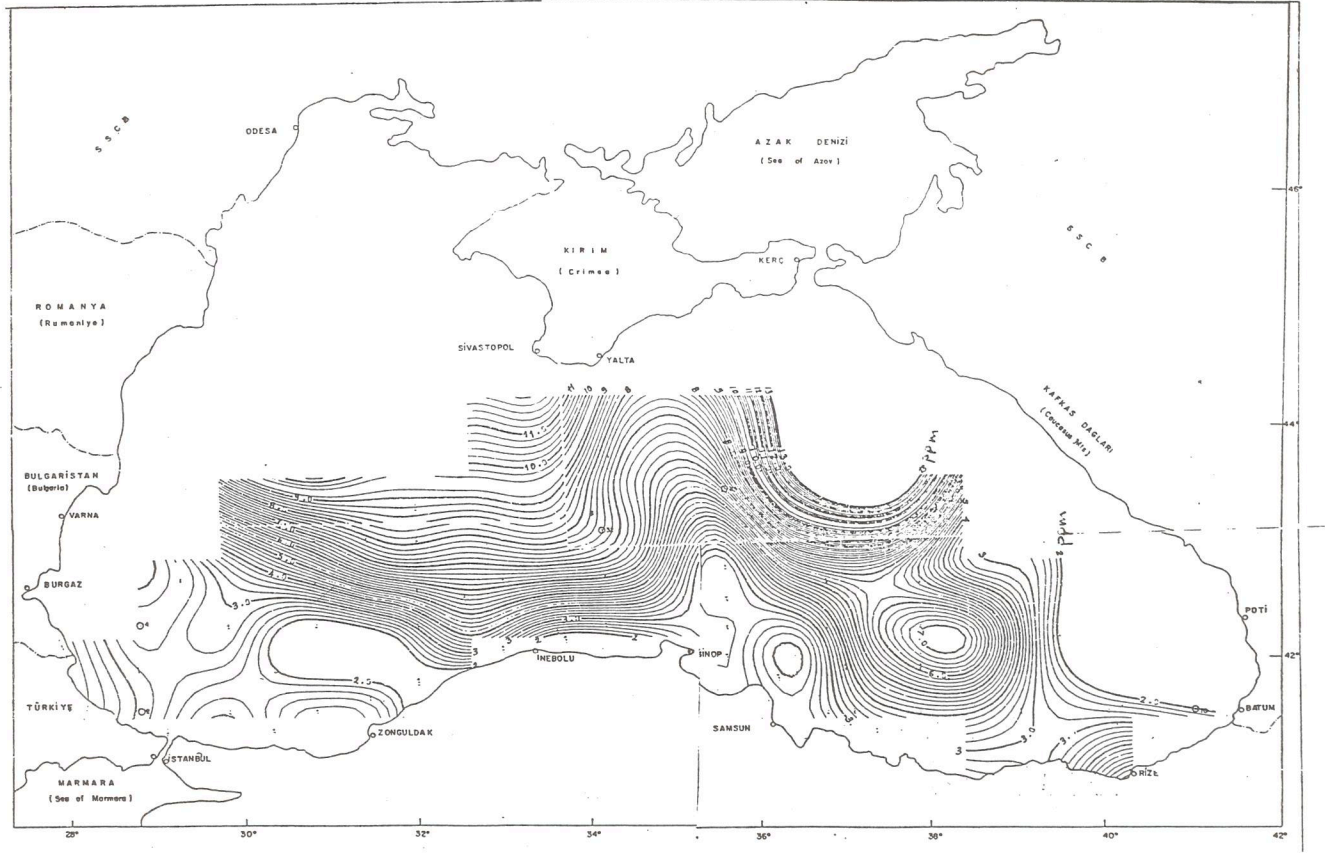
Karadeniz ayrışma ve erozyonla taşınmış kırıntı minerallere bağlı Ti, Cr gibi ikinci grup elementleri, "dış kökenli" elementler olarak adlandırabiliriz. Bu gruptaki elementler, hareketsiz elementler olup, doğal olarak çökme hızı yüksek çökelerde zenginleşme gösterirler. Bu nedenle de çökme hızı en düşük olan sapropel birimi

minde en düşük bolluk düzeyinde bulunurlar. Elementlerin bazıları, çökelin özelliğine göre iç veya dış kökenli elementler grubunda yer alabilmektedir. Örneğin, V ve Ni sapropel biriminde U, Mo, B gibi elementler ile gösterdiği kuvvetli korelasyonlarla iç kökenli grup içinde izlenirken, kokolit biriminde, Cr, Ti ve Zr gibi elementlerle ilişkili gözükerek dış kökenli element grubuna eğilim gösterir.

Dış kökenli grubundaki element çiftleri de istatistiksel olarak önemli korelasyonlar gösterirler. Kokolit biriminde Ti-Cr-V, V-Zr, Ni-Cr element grupları içindeki çiftler arasında önemli (+) korelasyonlar izlenir (Şekil 6). Benzer şekilde, sapropel biriminde Cr-Zr; lutit biriminde Ti-Cr, Cr-Ni ve Co-Ti çiftleri arasında (+) korelasyonlar elde edilmiştir (Şekil 7 ve 8).

Üç ayrı birimdeki iç ve dış kökenli elementler, zıt davranışların bir belirteci olarak (-) korelasyon katsayıları veren çiftler oluşturmuşlardır. Bu element çiftlerinden, Kokolit biriminde U-Ti, Sr-Ti ve sapropel biriminde U-Cr, U-Ti, Zr-Mn sayılabilir. Diğer dikkate değer bir ilişki; iç kökenli bir element olarak yorumlanabilecek Mn'in, sapropel biriminde Ti ve Zr gibi dış kökenli elementlerle olduğu gibi; V, C, Ni ve B gibi iç kökenli elementlerle de (-) korelasyon katsayıları vermesidir. Daha önce de belirtildiği gibi bu duruma, sapropel biriminin olduğu indirgeyici ortamda V, Cu, Ni ve B gibi elementlerin derişimlerinin büyük ölçüde organik madde tarafından denetlenmesine karşın; Mn'in bu ortamda daha hareketli bir element olarak bu elementlerden değişik davranması neden olmaktadır.

Elementlerin Karadeniz'deki alansal dağılımları incelendiğinde, dağılım özellikleri açısından elementler arasındaki "iç kökenli" element, "dış kökenli" element ayrımı daha belirgin olarak dikkati çeker. Örneğin özgün iç kökenli bir element olan U; kokolit biriminde, Karadeniz'in çökme hızının düşük olduğu merkezi kısımlara doğru 9-10 ppm'e (U₃O₈ olarak) varan değerlere yükselir (Şekil 9). Buna karşılık, Sinop-Samsun kuzeyinde Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirlerinin getirdiği kırıntılı çökellerin seyreltme etkisi ile U₃O₈ değerleri 2 ppm'e düşer. Bu düşük değerlerin oluşturduğu eşdeğerler vadisi, Sinop-Samsun kuzeyinde Karadeniz'in merkezi kısımlarına doğru bir dil şeklinde uzanır. Uranyumun durak noktalarındaki örneklerin ortalamalarına göre alansal dağılımı da (Şekil 10), kokolit birimininkine benzerlik gösterir. Ancak tüm birimleri kapsayan bu dağılımda, daha yüksek U₃O₈ değerleri izlenmektedir. Ayrıca, Sinop-Samsun kuzeyindeki düşük değerler vadisi, U'nun bu dağılımında; kokolit birimindekine göre daha belirgindir. Uranyumun Karadeniz'deki bu alansal dağılım özellikleri, Karadeniz'de son 3000 yıldaki çökme hızı haritası (Şekil 2) ve organik-karbon dağılım haritası (Şekil 4) ile uyum içerisindedir. Giresun kuzeyinde izlenen yüksek U sahası ile düşük çökme hızlı ve nisbeten yüksek organik-karbon sahasınının çalışması ve adı geçen Sinop-Samsun kuzeyinde her üç dağılım haritasındaki benzerlik, bu uyumun en belirgin göstergesidir. Zonguldak kuzeyindeki yüksek organik-karbon sahasında düşük U değerleri izlen-



Şekil 9. Karadeniz'in güney yarısında kokolit birimindeki uranyum dağılımı.
Figure 9. Distribution of uranium in the coccolith unit in the southern part of the Black Sea.

mesi ise, bu sahada organik-karbon'un karadan kaynaklanan kömür-kökenli malzemeye bağlı olması ile açıklanabilir (Gedik ve diğ., 1981).

Molibden, Sr, Ba, Cu, Co ve Pb da özellikleri açısından U'a benzer bir dağılım sunarlar. Öte yandan Ni, V ve B üç birimi de simgeleyen tüm örneklerin ortalamalarını sergileyen dağılımları açısından U'a benzerlik gösterirken; kokolit birimindeki dağılım özellikleri açısından yüksek çökeltme hızına koşut ve dağılımları daha çok kırıntı mineraller tarafından denetlenen bir dağılım motifini sunarlar.

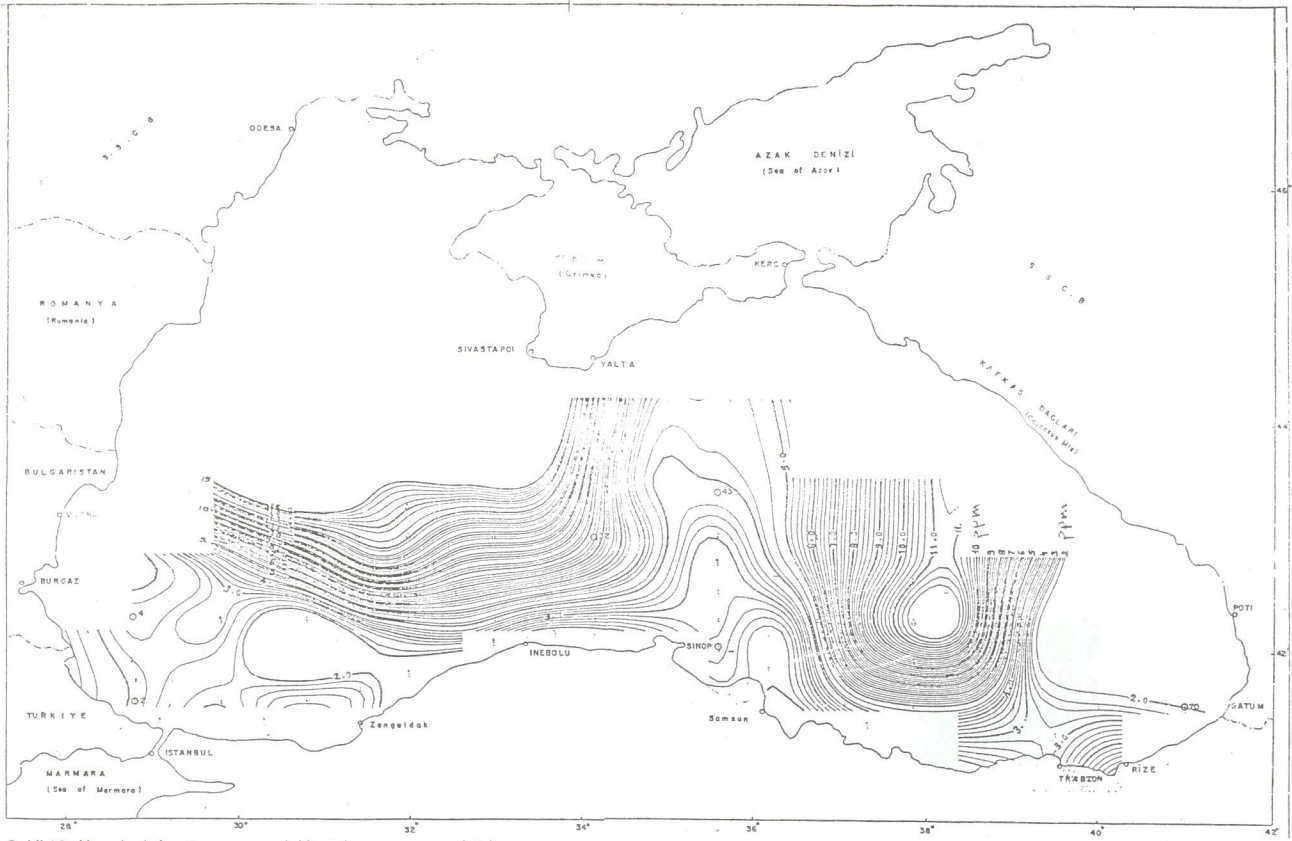
Bu çalışmada elde edilen, Karadeniz'in güncel çökellerindeki U ve Mo değerleri ve alansal dağılım özellikleri, daha önce Baturin ve diğ., (1973) nin U için; ve Philipchuk ve Volkov (1974) un Mo için verdiği değerler ve dağılım özellikleri ile uyum içerisindedir. Degens ve diğ. (1977) nin kısıtlı sayıda örneğe dayalı, 50 ppm'e varan U değerleri ise, bu çalışmanın sonuçlarına göre daha yüksektir.

Krom, Ti ve Zr gibi özgün dış kökenli elementler, dağılımları kırıntı mineraller tarafından denetlendiğinden, iç kökenli elementlere zıt bir dağılım özelliği gösterir. Örneğin Cr gerek kokolit birimi ve gerekse tüm örneklerle bağlı alansal dağılımında, Sinop - Samsun kuzeyine uza-

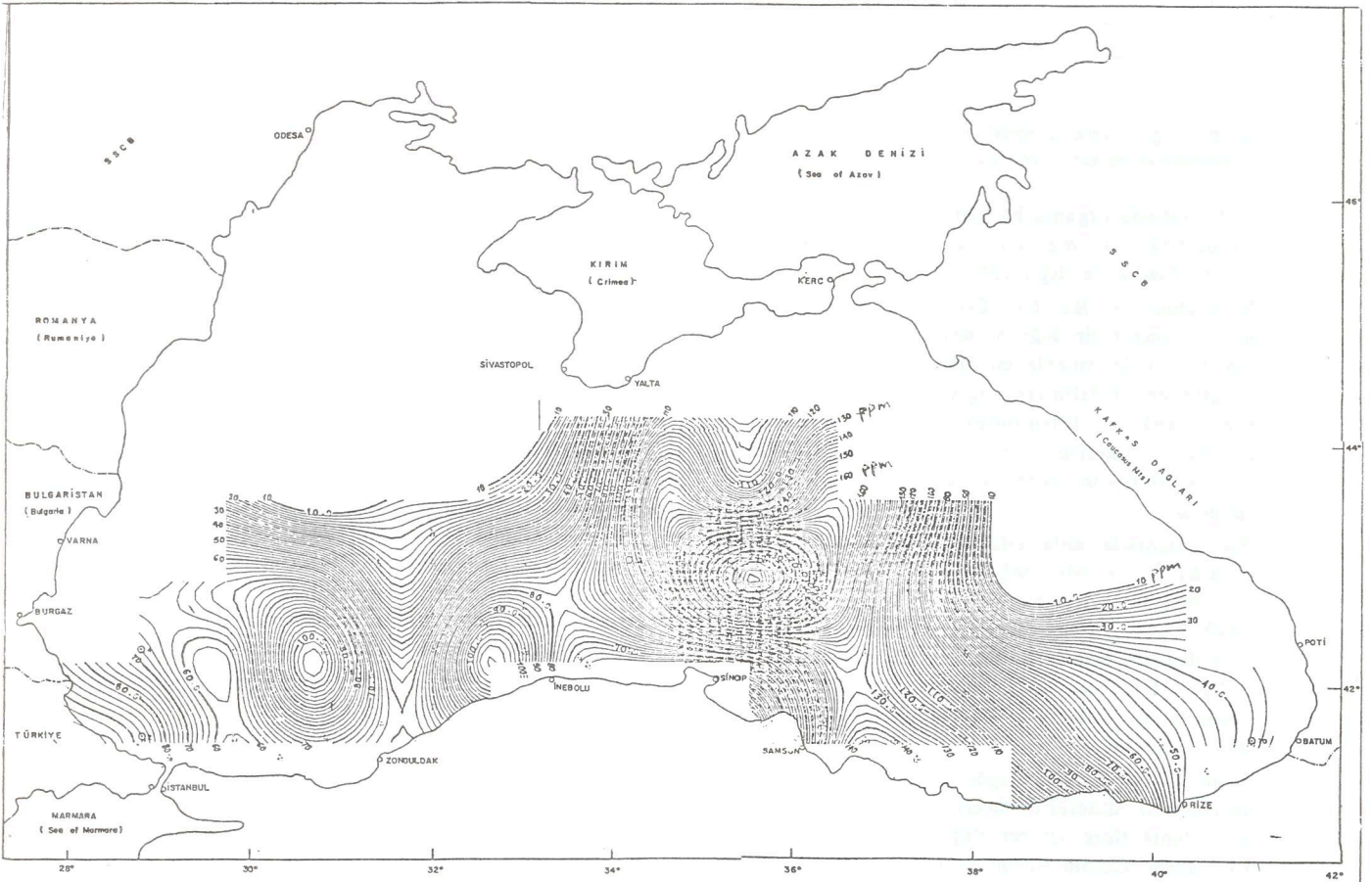
nan bir hat üzerinde en yüksek değerlerini sergiler (Şekil 11 ve 12). İnebolu - Zonguldak arasında ve Zonguldak KB sında, kıtasal eğim üzerinde orta derecede yüksek değerler izlenir. Derin düzlüklerde, çökeltme hızının düşük olduğu kesimlerde ise en düşük Cr değerleri izlenir. Ti ve Zr da genel hatlarıyla Cr dağılımına benzer dağılımlar gösterirler.

Uranyum ve Cr tarafından simgelenen özgün iki ayrı dağılım şekline genel hatları ile uymakla birlikte, bazı elementler yersel de olsa bu iki dağılım motifinden farklılıklar gösterirler. Örneğin V, Co ve Cu İnebolu batısında kıtasal eğim üzerindeki yüksek değerlerle, bu sahada Ti ve Cr dağılımına benzerlik sunarlar. Bu sahada ki bu dağılım, büyük olasılıkla bazik volkanik kökenli kırıntı malzemeye bağlıdır. Benzer şekilde, Trabzon açıklarında, kokolit birimindeki yüksek Ti ve Zr değerleri ile çakışan yüksek Cu, V ve Ba değerleri, kırıntı minerallerle ilgili olmalıdır.

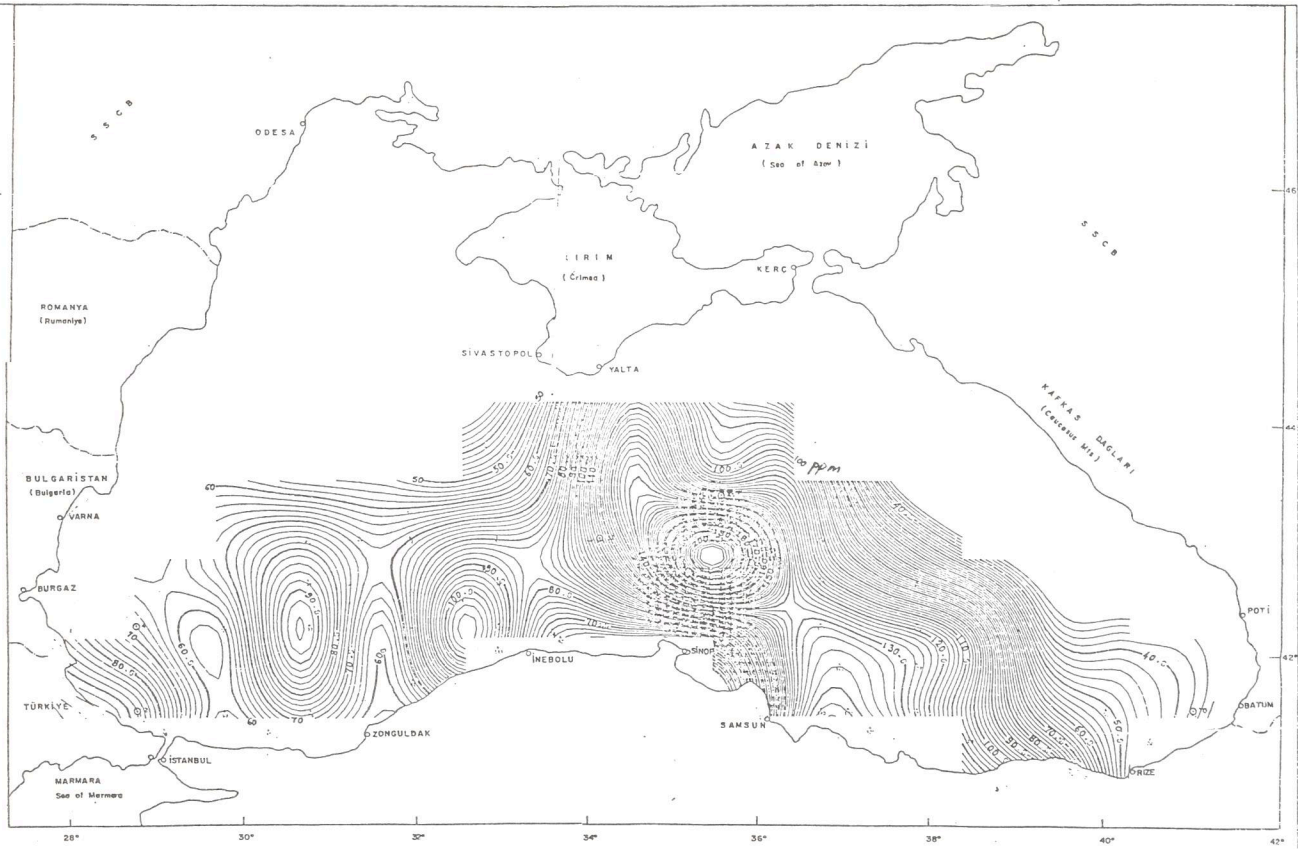
Her üç birimi de kapsayan tüm örneklerin logaritmik ortalama ve orta (median) değerleri Çizelge 8 de verilmiştir. Ayrıca, bir karşılaştırma oluşturması amacı ile diğer çalışmalara göre derin deniz çökeli, şeyl ve siyah şeyl ortalama bileşimleri de aynı çizelgede verilmiştir. Ancak, bu çalışmada çizelgedeki organik-karbon ve uran-



Şekil 10. Karadeniz'in güney yarısındaki ortalama uranyum dağılımı.
Figure 10. Averaged uranium distribution in the southern part of Black Sea.



Şekil 11. Kromun Karadeniz'in güney yarısında kokolit birimindeki dağılımı
Figure 11. Distribution of chromium in the coccolith unit in the southern part of the Black Sea.



Şekil 12. Kromun durak noktalarındaki örneklerin ortalamalarına göre Karadeniz'in güney yarısındaki dağılımı.
Figure 12. Averaged chromium distribution in the southern part of Black Sea.

Durak no. (Derinlik, m)	Birim ve çökel türü	Örnek sayısı	SiO ₂ (%)		Al ₂ O ₃ (%)		ΣFe ₂ O ₃ (%)		CoO (%)		K ₂ O (%)		TiO ₂ (%)		MnO (%)		P ₂ O ₅ (%)	
			Aralık	Ortalama değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer	Aralık	Ort. değer
1 (78 m)	Kıta sahanlığı çamuru	12	45.3-51.8	43.0	10.7-13.3	12.5	3.5-5.2	4.7	7.4-10.3	8.5	2.0-2.4	2.3	0.51-0.68	0.62	0.06-0.08	0.07	0.13-0.23	0.16
11 (75 m)	Kıta sahanlığı çamuru	5	21.3-30.8	25.7	6.1-8.0	7.2	2.5-3.6	3.1	24.1-33.5	29.3	1.2-1.7	1.4	0.28-0.40	0.32	0.06-0.10	0.08	0.07-0.12	0.90
26 (1215 m)	Kıtasal eğim çamuru	11	47.7-51.3	50.0	13.5-16.5	15.1	5.0-6.5	6.2	7.4-8.0	7.8	2.7-3.3	3.0	0.64-0.71	0.67	0.09-0.11	0.10	0.12-0.18	0.14
27 (2175 m)	Kokolit birimi, havza orluğu çamuru	9	37.4-46.6	43.3	10.8-12.5	12.1	5.3-7.9	5.8	8.7-14.1	10.1	2.1-2.4	2.3	0.48-0.61	0.56	0.08-0.43	0.26	0.11-0.32	0.22
28 (2190 m)	Kokolit birimi, derin düzlük kil, kokolit ve org. C'lu bentlerin ardalanması	15	20.4-50.9	39.6	6.0-13.3	11.1	3.0-7.4	5.5	6.2-23.7	13.0	1.2-2.6	2.1	0.28-0.77	0.55	0.06-0.76	0.15	0.15-0.35	0.25
46 (2160 m)	Kokolit	7	12.8-44.0	34.2	3.7-13.5	10.2	2.3-6.9	5.6	8.8-34.1	16.0	0.8-2.3	1.9	0.17-0.83	0.59	-	-	0.12-0.23	0.19
	Sapragel	13	20.2-30.0	26.9	6.1-10.1	8.6	3.2-5.2	4.3	2.8-16.9	8.2	1.1-1.9	1.7	0.27-0.49	0.42	-	-	0.19-0.30	0.24
Derin deniz çökeli ortalama birleşimi		-	-	42.7	-	12.3	-	5.9	-	0.6	-	2.1	-	0.59	-	0.41	-	0.16
Şeyl ortalama bileşimi		-	-	58.4	-	15.1	-	6.8	-	3.1	-	3.2	-	0.77	-	0.11	-	0.16

Çizelge 7. Karadeniz'de 6 duraktan alınan karotların XRF analiz sonuçları. Ayrıca karşılaştırma için derin deniz çökeli ortalama bileşimi (Röler ve Lange, 1972) ile şeyl ortalama bileşimi (Turkelan 1969) de verilmiştir.

Table 7. The result of XRF analyses of sample taken from six different locations. Additionally, the average composition of deep sea sediments (Lösler and Lange, 1972) and the average composition of shale (Turkelan, 1969) are also given for the purpose of comparison.

yum dışındaki elementlerin yarı-niceliksel optik ve yayım spektrometresi yöntemi ile analiz edildiğini düşünürsek; bu karşılaştırmanın, bu elementler için sadece kabaca bir fikir vermek amacı taşıyabileceği kesin bir yargıya varmanın olası olmayacağını belirtmekte yarar vardır.

Çizelge 8'den görüldüğü gibi Karadeniz de yaklaşık son 30000 yılda oluşmuş çökellerin ortalama bileşimi, derin deniz çökeli ortalama bileşimine göre çoğu metaller yönünden çok fakirdir. Derin deniz çökelleri, Karadeniz çökellerine göre Cu ve Ni yönünden çok fakirdir. Derin deniz çökelleri, Karadeniz çökellerine göre Cu ve Ni yönünden 15-20 kat; Co ve Ba yönünden yaklaşık 10 kat; Mn ve V yönünden 5 kat daha zengindir. Bu zenginleşmenin en önemli nedeni, derin deniz ortamında volkanizmaya bağlı hidrotermal çözeltilerden ve deniz tabanında volkanitlerin ayrışmasından kaynaklanan birçok metalin bu ortamda magnez yumru ve kabukları ile killer tarafından önemli ölçüde soğurularak zenginleştirilmesidir. Buna ek olarak, Karadeniz çökellerinin yüksek CaCO₃ içeriğinin seyreltme etkisi; Karadeniz'de derin deniz ortamına göre daha yüksek çökeltme hızı; ve analiz yönteminin örnekteki "toplam" metal içeriğini yansıtmama hatası gibi diğer etkenler de, bu bileşim farklılığına neden olmaktadır.

Element	Karadeniz güncel çökelleri (546 örnek)		Derin-deniz çökeli 1	Siyah şeyl ²	şeyl ³
	Logaritmik ortalama	orta değer (Median)	ortalama	orta değer (median)	ortalama
Org-C(%)*	2.0	1.7	0.24	3.2	0.65
Ti	1752	1860	3537	2000	4600
Mn	577	450	3175	150	850
B	36	35	-	50	100
Ba	226	250	2240	300	580
Co	13	20	116	10	19
Cr	84	70	77	100	90
Cu	31	33	570	70	45
Mo	13	10	45	10	26
U	4	3	-	-	-
Ni	43	40	293	50	68
Pb	6	5	150	20	20
Sr	250	200	710	200	300
V	62	65	330	150	130
Y	11	10	-	30	26
Zr	52	55	180	70	160

1 Rösler ve Lange (1972) dan ; Çizelge 129 ve 130 ; s.294,295

2 Vine ve Tourtelot (1970) dan

3 Turekian ve Wedepohl (1961) den ; yalnızca Org-C değeri Green (1959) den

* 109 kompozit örnek analizi

Çizelge 8. Karadeniz çökellerinin karotlardaki ağırlıklı ortalama element içerikleri ve derin deniz çökeli, siyah şeyl ve şeyl ortalama bileşimleri.

Table 8. The average weighted composition of elements of core samples taken from Black Sea sediments and the average composition of deep sea sediments, black shale and shale.

Karadeniz güncel çökelleri ile derin deniz çökelleri arasındaki bu bileşim farkına oranla, Karadeniz çökelleri ile siyah şeyl veya şeyl bileşimi arasında Ca içeriği dışında o denli bir farklılık bulunmamaktadır. Ancak, Karadeniz çökelleri, normal bir şeyl bileşimine göre daha yüksek organik - karbon içerirler. Ayrıca şeyl ve siyah şeyl ile Karadeniz çökelleri arasındaki Cu, V, Pb, Y ve Ba

gibi bazı elementler yönünden 2-3 katına varan farklılıklar, Karadeniz'deki yüksek karbonat içeriğinin neden olduğu seyreltme ve analitik yöntemin doğruluk sınırları çerçevesinde açıklanabilir. Öte yandan Çizelge 4 de verilen sapropel birimi bileşimi, daha yüksek olan Ca ve Organik-karbon bileşimi dışında birçok metal içeriği yönünden siyah şeyl bileşimine benzerlik gösterir.

SONUÇLAR

Karadeniz'de yaklaşık son 3000 yılda çökelmiş, üç ayrı çökel birimine ait yaklaşık 150 cm kalınlığında çökellerin jeokimyası incelenmiştir. Üstten alta doğru bu birimler, kokolitlerin yoğun şekilde bulunduğu kokolit birimi; karasal kökenli organik maddece zengin sapropel birimi; ve açık ve koyu renkli kil bantlarından oluşmuş lutit birimidir. Ancak, bu üç birimli stratigrafi, basenin derin düzlük ve basen önlüğü alanlarında izlenir.

Karadeniz'in bu güncel çökellerinin jeokimyası, Karadeniz baseninin kendine özgü, birbiri ile bağlantılı özellikleri ile denetlenmiştir. Bu özellikler, basenin morfolojisi; bu morfolojinin denetlendiği çökeltme hızı ve deniz düzeyinden 200 m derinde indirgeyici ortamın varlığı; Karadeniz'de biyolojik işlemler, bu işlemlerin neden olduğu organik madde üretimi ve üretilen organik maddenin indirgeyici koşullarda korunması; ve kırıntı çökel malzemesinin kaynağını oluşturan kayaların bileşimi ve dağılımı (Karadeniz baseni civarının jeolojisi) şeklinde sıralanabilir.

Karadeniz'in güncel çökelleri, yaklaşık % 11 ortalama ile yüksek CaO içeriğine sahiptir. Bu CaO içeriği, büyük ölçüde organik kökenli CaCO₃'a bağlıdır. Karadeniz çökelleri, derin deniz çökellerine göre yaklaşık 20 kat; şeyl bileşimine göre ise 3 kat yüksek CaO içerir. Buna karşılık, derin deniz çökelleri, daha yüksek MnO; ve şeyl ortalama bileşimi ise, daha yüksek SiO₂, Al₂O₃ ve TiO₂ içerirler.

İz element bileşimleri karşılaştırıldığında, Karadeniz güncel çökellerinin derin deniz çökellerine göre Cu, Ni, Co, Ba, Mn ve V yönünden çok fakir olduğu görülür. Karadeniz çökelleri ile şeyl bileşimi arasındaki Cu, V, Pb, Y ve Ba içerikleri farkı ise, Karadeniz'deki yüksek karbonat içeriğinin neden olduğu seyreltme etkisi ile açıklanabilir niteliktedir.

Kokolit birimi, sapropel birimine göre daha yüksek CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve TiO₂ içerir. Sapropel birimi, % 14'e varan oranlarda yüksek organik karbon içerir.

Karadeniz çökellerinde iz elementler, istatistiksel dağılım özellikleri, korelasyon ilişkileri, üç değişik birimdeki bollukları ve alansal dağılım motifleri açısından iki ayrı grupta toplanır. Basen içinde çökellerle eşzamanlı olarak oluşan, otijenik minerallere ve organik maddeye bağlı iç kökenli elementler, daha çok çökeltme hızı düşük sapropel biriminde zenginleşme gösterir. Bu elementlerden U, Mo, Cu, Ni ve V büyük ölçüde bu birimde bol bulunan organik madde ve/veya sülfidlere bağlı olarak bulunur. Borun, biyojenik bir element olarak; Ba'un, organik madde ve killer üzerine soğurulmuş olarak; Y'un

da, yine organik madde ile ilişkili olarak, sapropel biriminde zenginleştiği görülmüştür.

Stronsiyumun yüksek CaCO₃ içerikli kokolit birimindeki bolluğu, bu elementin bu birimde "yerini alma şeklinde" Ca'a bağlı olduğuna işaret etmektedir. Manganez, diğer iki birime göre daha oksitleyici koşullarda oluşan lutit biriminde göreceli olarak zenginleşmiştir.

İç kökenli elementlerin sapropel biriminde zenginleşmesine karşın; karadan taşınmış kırıntı minerallere bağlı Ti, Cr ve Zr gibi dış kökenli elementler lutit biriminde daha bolca bulunur. Sapropel biriminde iç kökenli elementler olarak dikkati çeken V ve Ni; lutit ve kokolit birimlerinde dış kökenli element olma eğilimi gösterir.

İç ve dış kökenli elementler, Karadeniz'in güney yarısındaki alansal dağılım özellikleri açısından da özgün farklılıklar sunarlar. İç kökenli elementler, kıyıdan çökme hızının düşük olduğu merkezi kesimlere doğru değerlerde artış kaydederken; dış kökenli elementler, nehirler tarafından taşınan kırıntıların çökeldiği alanlarda yüksek oranlarda bulunur. Sinop - Samsun kuzeyindeki Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin getirdiği çökeller, Karadeniz'in merkezi kesimlerine doğru uzanan bir dil şeklinde, iç ve dış kökenli element dağılımlarını önemli ölçüde etkilemiştir.

KATKI BELİRTME

Karadeniz Deniz dibi çökellerinin incelenmesi projesinde çalışan tüm elemanlara ve MTA Genel Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- AGAMIROV, S.SH., 1963 a, Precipitation of uranium in the bottom of the Black Sea: *Geochemistry International*, 1, 104-106.
- AGAMIROV, S.SH., 1963 b, Geochemical balance of the radioactive elements in the Black Sea Basin: *Geochemistry International*, 6, 630-633.
- AKSARAY, F., 1978, Karadeniz şelfinin yapısı: Türkiye 4. Petrol Kongresi.
- ARMANDS, G., 1972, Geochemical studies of uranium, molybdenum and vanadium in a Swedish alum shale: *Stockholm Contrib. Geol.*, 27, 148 s.
- BATURIN, G.N., 1973, Uranium and sedimentation in Black and Azov Seas: *Litologiya; Poleznye Iskopaemye*: 5, 21-32.
- BATURIN, G.N. ve KOCHENOV, A.V., 1968, Relation between some rare metals and organic material in marine sediments: *Oceanology*, 7 (6), 792-809.
- BATURIN, G.N., KOCHENOV, A.V., ve KOVALEVA, S.A., 1965, Some features of uranium distribution in Black Sea water: *Doklady Akad. Nauk SSR*, 166, 172-174.
- BELL, R.T., 1978., Uranium in black shales- a review- M.M. Kimberley (ed.), *Short Course in Uranium Deposits*, Mineralogical Association of Canada, Toronto, S. 307-329.
- BURGER, K., 1953, Mikro-Elementaranalyse. Industrieverfahren zur Bestimmung von Kohlenstoff und Wasserstoff. W.C. Heraeus GMBH. ABT Elektrowaerme. Hanau.
- ÇAĞATAY, N., 1983, Karadeniz'in güncel çökellerinde değişik uranyum analiz ve çözümlene yöntemlerinin karşı-

laştırılması: T.J.K. Bülteni, 26, 187-196.

- ÇAĞATAY, N., SALTOĞLU, T., GEDİK, A., 1986, Karadeniz güncel çökellerinin jeokimyası: MTA rapor no 7844 s. 14-34.
- DEGENS, E.T., KHOO, F. ve MICHALEIS, W., 1977, Uranium anomaly in Black Sea: *Nature*, 269, 566-569.
- DEGENS, E.T., ve ROSS, D.A. (Ed.), 1974, *The Black Sea-Geology, Chemistry, and Biology: AAPG Memoir* 20, 633 s.
- DEUSER, W.G., 1974, Evolution of anoxic conditions in Black Sea during Holocene: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 133-136.
- FLOROVSKAYA, V.N., ve GURSKIY, YU. N., 1966 Organic material in deep-water sediments of Black Sea: *Geochemistry*, 3(1), 78-83.
- GEDİK, A., SALTOĞLU, T. ve KAPLAN, H., Karadeniz güncel çökelleri ve uranyum içerikleri: M.T.A. Enstitüsü Dergisi, 92, 97-119.
- GLAGOLEVA, M.A., 1961, Regularities in distribution of chemical elements in modern sediments of the Black Sea: *Am. Geol. Inst.*, 135 (1-6)
- GREEN, J., 1959, Geochemical table of the elements of 1959: *Geol. Soc. America Bull.*, 70 (9), 1127-1183.
- GUNDLACH, H ve MARCHİG, V., 1982, Ocean floor "metalliferous sediments" two possibilities for genesis: Amstutz v. d. (ed.), *Ore Genesis the State of the Art*, S. 200-210, Springer-Verlag.
- HIRST, D.M., 1974, Geochemistry of sediments from eleven Black Sea cores: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 430-455.
- HUNT, J.M., 1974, Hydrocarbon geochemistry of Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed.) 499-504.
- KOCHENOV, A.V., BATURIN, G.N., KOVALEVA, S.A., EMEL'YANOV, E.M. ve SHİMKUS, K.M., 1965, Uranium and organic matter in the Sediments of the Black and Mediterranean Seas: *Geochemistry*, 3, 302-313.
- KOCHENOV, A.V., KOROLEV, K.G., DUBINCHUK, V.T. ve MEDVEDEV, YU.L., 1977, Experimental data on the conditions of precipitation of uranium from aqueous solutions: *Geochemistry International*, 14(4), 82-87.
- KOCYZ, F.F., TOMİC, B. ve HECHT, F., 1957, Zur Geochemie des urans im ostseebecken: *Geochimica Acta*, 11 (1/2), 86-102.
- KORNFELD, J.A. 1964, Geochemistry of uranyl oxides in Devonian marine black shales of North America; Colombo, U. ve Hobson, G.D. (ed), *Advances in Organic Geochemistry*, Pergamon Press, Oxford, 261-262.
- MASON, B., 1966, *Principles of Geochemistry*: John Wiley and Sons, Toppa Company; 3. Baskı, 329 s.
- MULLER, G. ve STOFFERS, P., 1974, Mineralogy and petrology of Black Sea sediments: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed) 200-248.
- PEAKE, E., CASAGRANGE, D.J. ve HOGSON G.W., 1974, Fatty acids, chlorins, hydrocarbons sterols, and carotenoids from a Black Sea core: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed.) 505-523.
- PELTOLA, E., 1960. On the black schists in the Outokumpu region in Eastern Finland: *Finl. Comm. Geol. Bull.*, 192.
- PHILIPCHUK, M.F. ve VOLKOV, I.I., 1974, Behaviour of molybdenum in processes of sediment formation and diagenesis in Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed)

- de, 542-553.
- RONA, E. ve JOENSU, O., 1974, 1974 Uranium geochemistry in Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed.) 570-572.
- ROSANOV, A.G., VOLKOV, I.I., ve YAGODİNSKAYA, T.A., 1974, Forms of iron in surface layer of Black Sea sediments: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed.) 542-553.
- ROSS, D. A. ve DEGENS, E.T., 1974, Recent sediments of the Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 183-199.
- ROSS, D.A., UCHPL, E., PRADA, K.E. ve MACILVAİNE, J.C., 1974, Bathimetry and microtopography of Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 1-10.
- ROSS, A.D., STOFFERS, P., ve TRİMONİS, E.S., 1978 Black Sea Sedimentary framework: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 42, Part 2; Washington (U.S. Government Printing Office), s. 359-363.
- ROSLER, H.J. ve LUNGE, H, 1972, Geochemical tables: Elsevier Publ. Co. Amsterdam, 468. s.
- SEVAST'YANOV, V.F. ve VOLKOV, I.I, 1966, Chemical composition of iron-manganese concretions of the Black Sea: Am. Geol. Inst., 166 (1-6), 174-176.
- SHIMKUS, K.M. ve TRİMONİS, E.S., 1974, Modern sedimentation in Black Sea: Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 249-278.
- SİMONEIT, B.R., 1974, Organic analysis of Black Sea cores- Degens, E.T. ve Ross, D.A. (ed), 477-488.
- STARİKOVA, N.D., 1961, Organic Substances in the liquid phase of sea and ocean deposits: Akad. Nauk SSR Inst. Okeanologii Trudy, 50, 130-169.
- TATSUMOTO, M. ve GOLDBERG, E.D., 1959, Some aspects of marien geochemistry of uranium: Geochimica Cosmochimica Acta, 17, 201-208.
- TISSOT, B.P. ve WELTE, D.H., 1978, Petroleum formation and occurrence: Springer-Verlag Berlin, 538 s.
- TOURTELOT, H.A., 1979, Black Shale-its dreposition and diagenesis: Clays and clay minerals, 27(5), 313-321.
- TUREKIAN, K.K., 1969, The Composition of the crust: Origin and Distribution of the Elements, Pergaman Press, Oxford.
- TUREKIAN, K.K. ve WEDEPOHL, K.H., 1961, Distribution of elements in some major units of the earth's crust: Geol. Soc. America Bull., 72, s.186.
- VINE, J.D., SWANSON, V.E. ve BELL, K.G., 1958, The Role of humic acide is the geochemistry of uranium: 2nd Int. Conf. Peaceful Uses, Atomic Energy (Proc. Conf. Geneva) 2.United Nations, New York, 187-191.
- VINE, J.D. ve TOURTELOT, E.B., 1970, Geochemistry of black shale deposits-a summary report: Econ. Geol., 65, 253-272.
- VOLKOV, I.I. ve FOMNA, 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: E.T. ve Ross, B.A. (ed.), 456-476.
- WEDEPOHL, K.H., DELEVAUX, M.H. ve DOE, B.R., 1978. The potential source of lead in the Permian Kupfreschiefer bed of Europe and some selected Paleozoic mineral deposits in the Federal Rublic of Germany: contrib. Mineral. Petrol., 65, 273-281.