

## KARADENİZ'İN GÜNCEL ÇÖKELLERİ VE URANYUM İÇERİKLERİ

Abdullah GEDİK, Taner SALTOĞLU ve Hüseyin KAPLAN

*Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

ÖZ. — Karadeniz'in güney yarısından, belirli özelliklere göre seçilen 53 durak noktasından alınan karot örneklerinden, ön Sedimentolojik gözlemlere göre bölünerek elde edilen 546 örnekte; ağırlık kayıpları, uranyum, organik karbon, altın, gümüş, molibden, kalsiyum oksit ve diğer majör elementlerin tayinleri yapılmış ve her örnek yaklaşık 40 element açısından optik yayım spektroskopisi ile rutin olarak taranmıştır.

Karadeniz'in durgun havzalarında yer alan güncel çökeller kendine özgü bir uranyum konsantrasyonuna sahiptirler. Bu çökellerdeki uranyum içeriği 105°C'de kurutulmuş örneklerde maks. 28 ppm'e kadar çıkabilmesine karşın, ortalama 6 ppm'dir. Çökellerin uranyum içeriği ile kokolitler arasında bir ilişki izlenmektedir. Benzeri tarzda diğer bir ilişki uranyum ile organik karbon arasında da bulunmaktadır.

Söz konusu uranyum içeriği; günümüz uranyum fiyatları ve piyasa koşullarında, orta ve uzun vadede ekonomik bir değer taşımamaktadır.

### GİRİŞ

Karadeniz çeşitli yıllarda, çoğunluğu Sovyetler Birliği olmak üzere Türk, Bulgar, Amerikan, Alman, İngiliz ve diğer bazı ülkelerin araştırmacıları tarafından oluşum, Struktur, biyoloji ve jeokimya yönlerinden incelenmiş ve bu konularda 5000'in üzerinde bilimsel yayın yapılmıştır. Bunlardan Woods Hole Oşinografi Enstitüsünün (WHOI) R/V Atlantis II gemisi ile 1969 yılında, Degens ve Ross yönetiminde çeşitli ülkelerden araştırmacıların da katılmış oldukları bir Karadeniz araştırma gezisi sonuçları bir araya getirilmiş ve yayınlanmıştır (Ross ve diğerleri 1974). Bunlardan Rona ve Joensu (1974) tarafından yazılan «Karadeniz'de Uranyum Jeokimyası» konulu bir makalede, Karadeniz deniz dibi çökellerinden alınan bazı örneklerin 60 cm kalınlığa kadar 50-20 ppm uranyum içerdikleri (105°C'de kurutulmuş olarak) belirtilmiştir. O gün için uranyum açısından üzerinde fazla durulmayan bu çalışmadan sonra Degens ve diğerleri (1977) tarafından; Karadeniz'in dip çukurunun 296 000 km<sup>2</sup> lik bir alanında 1 m derinliğe kadar olan çökellerin küllerinin ortalama 100 ppm U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> içerdiği ve toplam rezervin 6.7x10<sup>6</sup> ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> olduğu öne sürülmüştür. Karadeniz'in 6-7 noktasından alındığı anlaşılan örneklerle yapılan bu araştırma, Türk ve dünya kamuoyunda büyük bir ilgi uyandırmıştır. Bunun üzerine bazı üniversitelerimiz ve ilgili kamu kuruluşlarımız, Karadeniz deniz gibi çökellerini ayrıntılı olarak incelemek için harekete geçmişlerdir. Bu arada MTA Enstitüsünde de bu çökellerin ayrıntılı bir ön etüdünün yapılması gereksinimi duyulmuş ve 1978 yılının ilk aylarında MTA Enstitüsü Genel Direktörlüğü ile Deniz Kuvvetleri Komutanlığı arasında dip çökellerinden örnek alınması konusunda işbirliği kararı alınmıştır. Konu ile ilgili kuruluşların oluşturduğu «Karadeniz Doğal Kaynakları Araştırma Projesi» yönetim kurulunun 28 ağustos 1978 tarihinde yaptığı toplantıda, proje yönetim ve yürütme kurulu başkanlığı MTA Enstitüsü Genel Direktörlüğüne verilmiştir.

Belirlenen durak noktalarından örnekler alınması işlemi, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesinin 1978 yaz programına alınmış ve A 594 Çarşamba gemisi 53 durak noktasından karot alıcı ağırlıklı boru (gravity core) ile 12 eylül 1978-12 ekim 1978 tarihleri arasında toplam 53 adet karot örneği almıştır (Şek. 1). Bu durak noktalarının tümü Sovyet-



ler Birliği ile ülkemiz arasında saptanmış «Ortay hattın» güneyinde kalmaktadır. Alınan karot boyları ise 68.5 cm-145.5 cm arasında değişmektedir. Alınan bu örnekler üzerinde yapılacak çalışmalar için MTA Enstitüsünce oluşturulan «Karadeniz Deniz Dibi Çökellerinin incelenmesi Projesinin birincil amacı, söz konusu çökellerin rasyonel bir şekilde incelenerek, ekonomik açıdan daha gerçekçi verilerin ortaya konması olmuştur.

### **YAPILAN TEST, ANALİZ VE DETERMİNASYONLAR, UYGULANAN YÖNTEMLER**

Karadeniz tabanından alınmış 53 karot örneği üzerinde ilk gözlemler yapıldıktan sonra, çökelsel durumları da göz önüne alınarak enlemesine kesilip laboratuvar çalışmaları için 546 örnek oluşturulmuş ve çeşitli incelemeler bu örnekler üzerinde yapılmıştır.

#### **Su ve uçucu madde tayinleri**

Orijinal örnekler önce 40°C ye ayarlı etüvlerde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş ve daha sonra öğütülmüş haldeki örneklerde 105°C deki ağırlık kayıpları tayin edilmiştir. Orijinal örneğe göre 105°C deki ağırlık kaybı hesapla bulunmuştur (Tablo 1).

#### **Uranyum tayini**

546 örneğin uranyum tayinleri MTA Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır. Tayinlerde flüorimetrik yöntem uygulanmış olup, flüorimetrik ölçümlere kadar şu işlemler yapılmıştır. 105°C de kurutma, tartım alındıktan sonra organik maddelerin uzaklaştırılması için kızdırma, HF-HNO<sub>3</sub> karışımı ile çözünürleştirme, Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltisi-etilasetat fazlarındaki ekstraksiyon ve NaF-LİF karışımı ile eritme yapılmıştır. Uranyum tayinleri 105°C de kurutulmuş bu örneklerde yapılmıştır. Daha sonra hesap yolu ile orijinal örneklerin uranyum içerikleri de saptanmıştır. [Üç örnek bir başka yöntemle uranyum analizi için Geol. Surv. of Canada lâboratuvarlarına gönderilmiştir.] Nötron aktivasyon yöntemi ile tayinleri yapılan bu örneklerin analiz sonuçları MTA Enstitüsü laboratuvarlarının sonuçları ile büyük bir uyum içindedir (Tablo 2). MTA Enstitüsü laboratuvarlarından elde edilen U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> değerleri ile her karotta 0-60 cm, 60-120 cm ve 0-120 cm aralıklarında U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> tenörü ağırlıklı ortalamaları hesaplanmış (Şek. 2) ve Calcomp GPCP II programı ile Karadeniz'in güney yarısındaki çökeller, için uranyum izotenör haritaları çizilmiştir (Şek. 3,4,5).

#### **Organik karbon tayini**

Çökelsel ön gözlemlere de dayanılarak seçilen 130 tek ve kompozit örnekte, organik maddelere bağlı olan karbonun tayini yapılmıştır. 40°C de kurutulmuş örneklerden tartımlar alındıktan sonra, bünyelerindeki karbonatlara bağlı olankarbon, HCl çözeltisi ile uzaklaştırılmış ve organik karbon K. Burger'e göre yarı mikroelementer analiz cihazı ile tayin edilmiştir. Yine Calcomp GPCP programı ile çizilen organik karbon izotenör haritası, Şekil 6 dadır.

#### **Su, kül ve yanma ısısı tayinleri**

Karadeniz'in orta bölümlerindeki çökeller için karakteristik dört karotun sekiz adet tek ve kompozit örneklerinde su, kül ve yanma ısısı değerleri tayin edilmiştir. Bu tayinlerde, su için T.S. -690, kül için T.S. -1042 ve ısı değeri için de DIN -S 1900 daki yöntemler uygulanmıştır. % 4-35 CaO içeren bu örneklerin yanma ısıları ve organik karbon arasındaki ilişkiyi gösterir grafik, Şekil 7 de gösterilmiştir.

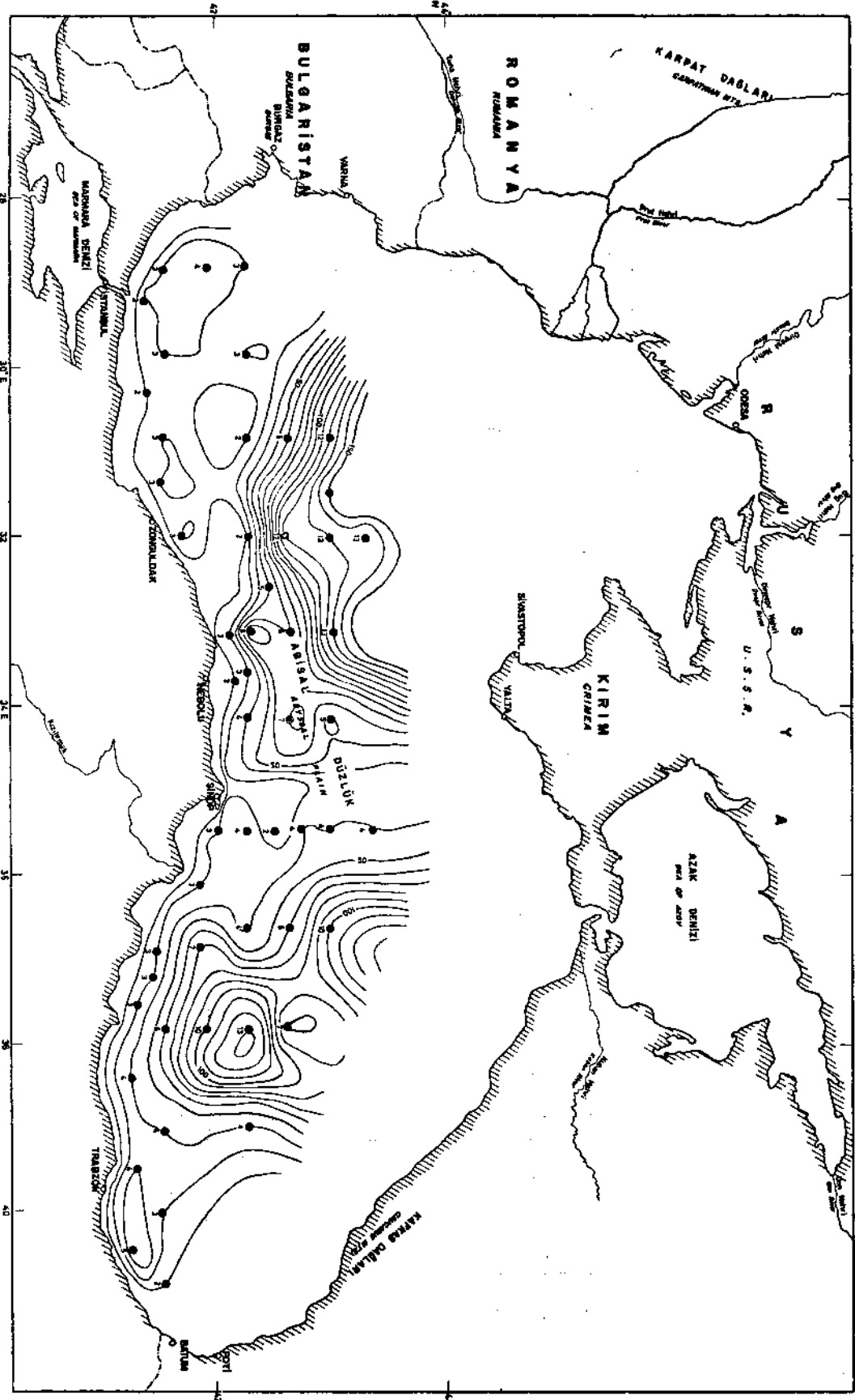
Tablo 1 - 40°C ve 105°C lerde ağırlık kayıplarının karotlara göre ağırlık ortalamaları

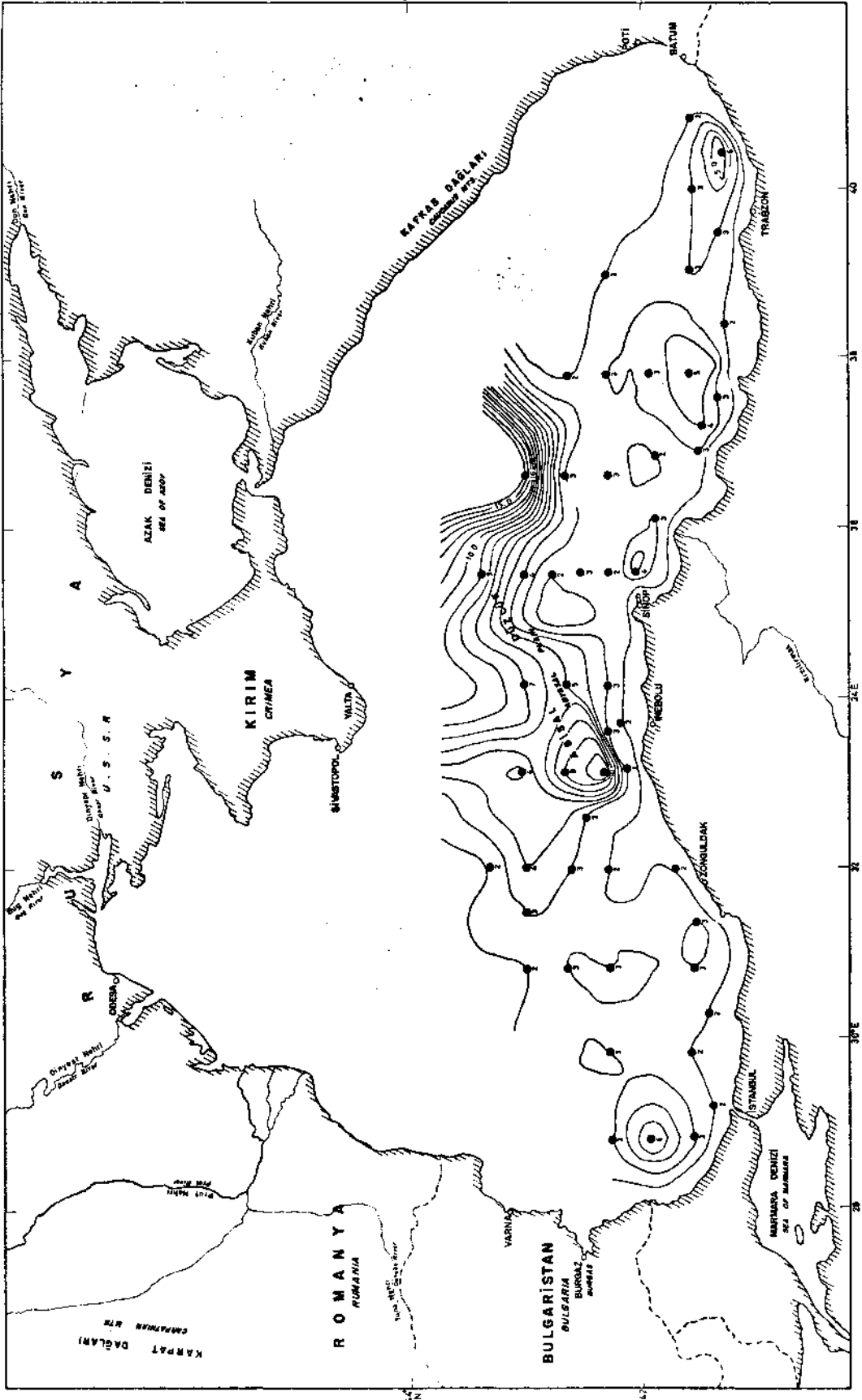
<i>Durak no.</i>	<i>Ağırlık kaybı (40°C)</i>	<i>Ağırlık kaybı (105°C)</i>
1	43.05	44.53
2	—	—
3	—	—
4	46.36	47.30
9	50.48	51.67
10	—	—
11	46.84	47.71
12	52.96	54.20
13	—	—
14	41.26	42.12
15	50.96	52.06
16	57.13	57.78
17	60.74	61.64
20	55.54	56.31
21	63.29	64.84
22	58.78	59.78
23	50.48	51.42
24	39.81	40.87
25	50.46	51.79
26	40.07	41.24
27	56.96	58.41
28	58.04	59.82
29	63.93	64.95
32	53.61	55.46
33	52.26	53.47
34	56.53	57.66
35	45.27	46.37
36	45.22	46.30
37	54.11	55.47
38	43.51	44.92
39	45.81	46.70
40	45.06	46.72
41	42.54	44.04
42	49.35	50.46
43	57.84	59.29
46	66.26	67.69
47	51.63	52.97
48	39.36	40.37
49	55.28	56.54
50	41.18	42.72
51	55.27	56.27
52	53.14	54.64
53	54.26	55.83
54	55.19	56.53
55	57.59	58.97
56	49.13	50.36
61	41.88	42.96
62	48.50	49.85
63	40.65	42.62
64	55.05	56.93
65	48.51	49.93
70	50.29	51.76
71	59.56	61.00

DURAK NO:	105 °C'de kurutulmuş numunelerde		DURAK NO:	105 °C'de kurutulmuş numunelerde	
	0-60 Cm aralığında	60-120 Cm aralığında		0-60 Cm aralığında	60-120 Cm aralığında
1	3	2	36	2	2
2	3	3	37	3	4
3	4	6	38	3	3
4	3	3	39	4	2
9	3	3	40	2	3
10	3	2	41	4	2
11	2	2	42	4	4
12	3	3	43	4	9
13	3	3	46	10	16
14	2	3	47	6	3
15	6	3	48	4	3
16	12	2	49	7	2
17	15	3	50	3	3
20	13	2	51	3	4
21	13	4	52	3	3
22	12	3	53	6	5
23	2	2	54	10	3
24	3	2	55	13	3
25	5	3	56	7	2
26	3	3	61	4	2
27	8	10	62	4	3
28	6	8	63	4	2
29	13	4	64	4	3
32	5	7	65	3	3
33	7	5	70	2	2
34	4	3	71	5	6
35	3	3			

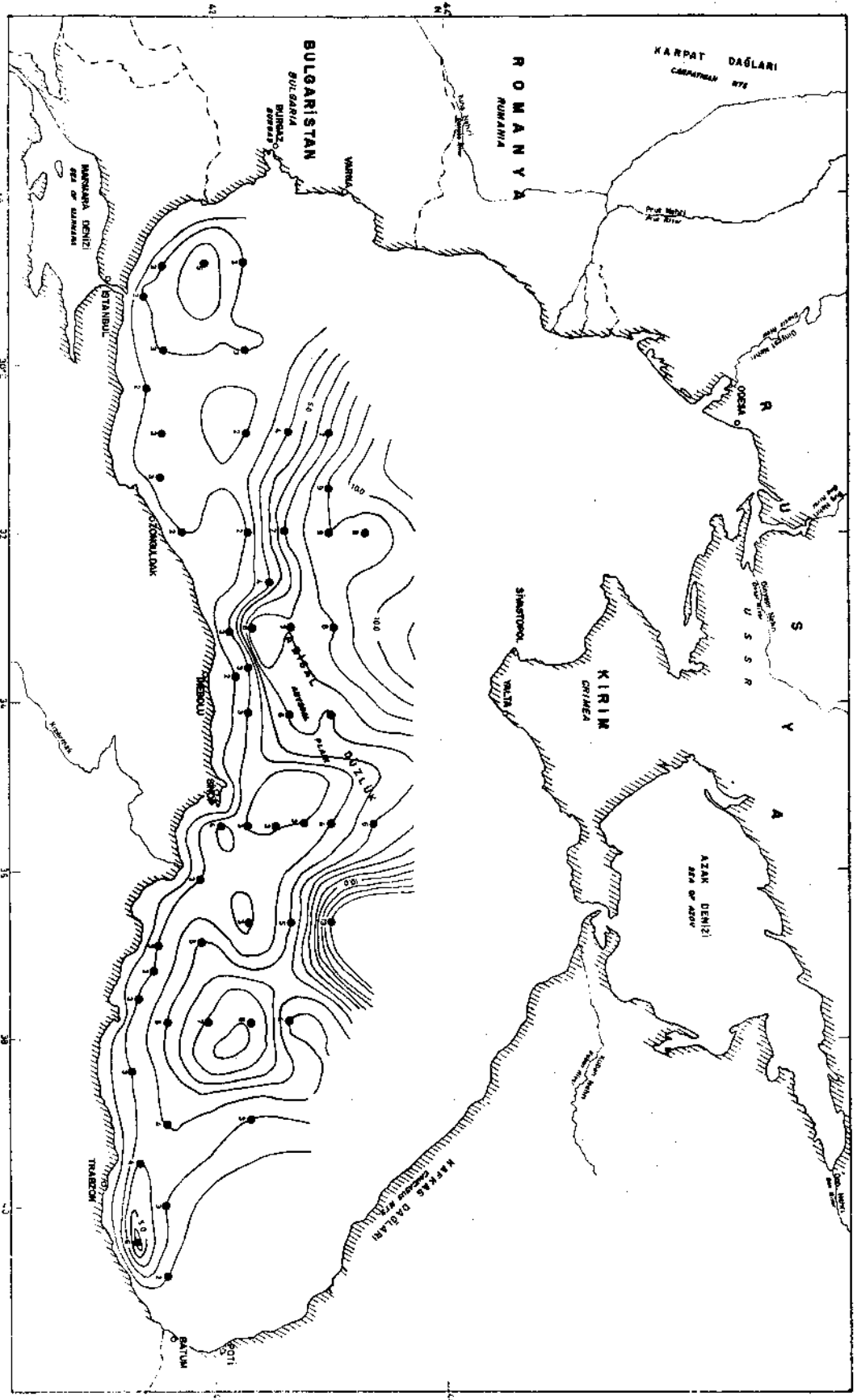
Şek. 2 - Karadeniz'de 53 durak noktasından alınan karotların metrajlarına göre ağırlık ortalamaları ( $U_3O_8$  ppm olarak).

Şek. 3 - Karadeniz'in güney yarısındaki çökellerin 0-60 cm aralığındaki  $U_3O_8$  izoteni haritası (105°C. de kurulumuş örneklerde ppm olarak).



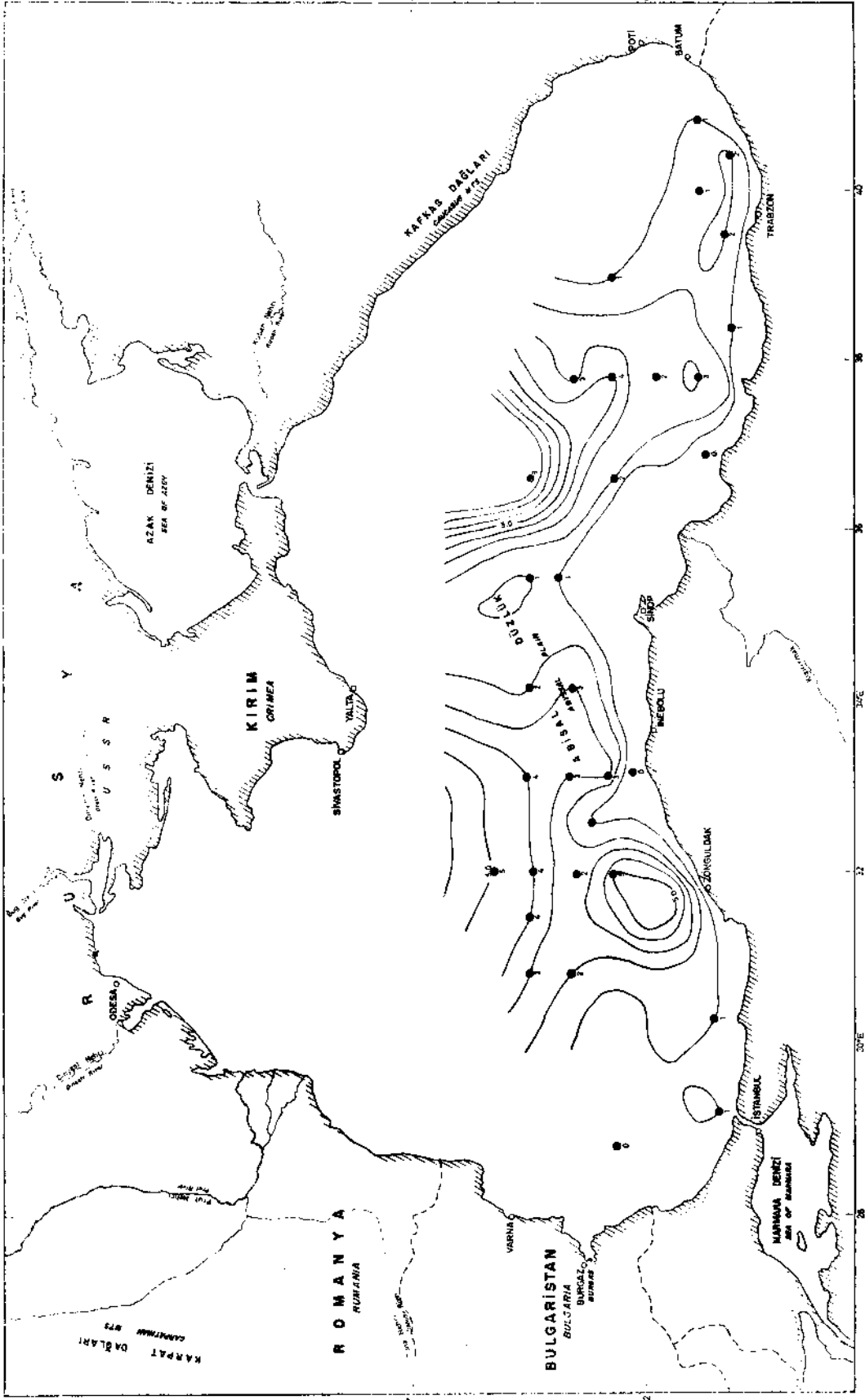


Şek. 4 - Karadeniz'in güney yarısındaki çökeltilerin 60-120 cm aralığındaki  $U_3O_8$  izotenör haritası ( $105^\circ C$  de kurutulmuş örneklerde ppm olarak).



Şek. 5 - Karadeniz'in güney yarısındaki gökellerin 0-120 cm aralığındaki  $U_3O_8$  izoteni haritası (105°C de kurutulmuş örneklerde ppm olarak).





Şek. 6 - Organik karbon izoterm haritası (40°C de kurutulmuş örneklerde % olarak).

Tablo 2 - Ayrı yöntemlerle yapılan uranyum analizi sonuçlarının karşılaştırılması

Durak no.	Metraj (cm)	Flüometrik yöntem ile MTA Enstitüsü lab. analiz sonuçları ( $U_3O_8$ ppm)	Nötron aktivasyon yöntemi ile Geol. Surv. of Canada lab. analiz sonuçları ( $U_3O_8$ ppm)
32	76-86	6	5.7
46	51-60	20	21.3
46	95-105	17	17.2

Durak No.	Metraj (cm)	Nem (%)	Kül (%)	Hidrojen (%)	Alt ısı (kCal /Kg)	Üst ısı (kCal /Kg)	Organik karbon (%)
16	0 - 18	2.46	58.40	1.18	472	551	4.02
16	18 - 38	6.0	57.53	2.21	1576	1731	11.28
21	21 - 51	5.5	63.89	2.49	1301	1469	10.10
29	0 - 18	3.0	62.83	1.40	374	468	2.98
29	27 - 62	6.0	68.0	2.18	1054	1207	7.94
46	0 - 142	3.46	66.82	2.15	1157	1294	8.96
46	94 - 108	3.04	66.80	1.25	684	770	5.38
46	108 - 142	4.75	57.69	3.19	1933	2134	14.25

Şek. 7 - Değişik örneklerde yapılan, kül, hidrojen, yanma ısı ve organik karbon analizleri.

### Optik spektrografik tayinler

546 örnekte optik yayım spektrografi yöntemiyle doğru akım arkı kullanılarak, yaklaşık 40 elementin tayinleri yapılmıştır. Rutin çalışma şartlarına göre tayinleri yapılan elementlerin dedeksiyon limitleri Tablo 3 ile verilen değerlerin kesinlik dereceleri Tablo 4 de gösterilmiştir. Sr,Co,Cr,Cu,Mn,Pb,V,Ti,Mo,Zr,Y,B,Ni ve Ba elementlerinin örneklerdeki tayin değerlerinin karotlara göre ağırlıklı ortalamaları Tablo 5 te verilmiştir. Ca,Mg,Na,Al,Si ve Fe elementleri hariç, Tablo 3 te verilen ve Tablo 5 te yer almayan diğer elementler dedeksiyon limitleri dışındadır.

### Altın ve gümüş tayinleri

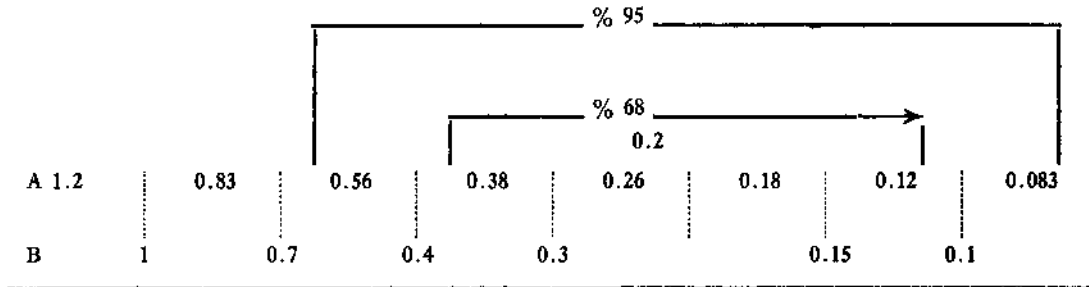
İnebolu açıklarındaki lokasyonları da kapsayan 1, 11, 26, 27, 28 no.lu durak noktalarından alınan beş karota ait, 105°C de kurutulmuş 102 örnekte, atomik absorpsiyon spektrometresi ile Au ve Ag tayinleri yapılmıştır. Bu tayinler için «U.S. Geological Survey Bulletin 1289»da verilen yöntemler uygulanmıştır. Çalışma şartlarına göre altın ve gümüş için bu yöntemle dedeksiyon limiti, 0.2 ppm olarak belirlenmiş ve bu örneklerin hiç birinde altın ve gümüş bulunamamıştır. Ayrıca kupelasyon yöntemiyle yapılan tayinlerde de aynı sonuca varılmıştır.

Tablo 3 - Optik yayım spektrografi laboratuvarında analizleri yapılan elementler ve dedeksiyon limitleri

<i>Element</i>	<i>% DL</i>	<i>Element</i>	<i>% DL</i>
Co	0.002	Tl	0.004
Cr	0.002	Ta	0.2
Cu	0.0004	W	0.1
Ga	0.004	Sb	0.01
Ge	0.002	Zn	0.04
Mn	0.0002	As	0.1
Nb	0.004	Ba	0.02
Pb	0.002	Ca	0.01
Sn	0.002	Mg	0.001
Ti	0.01	Sr	0.04
V	0.01	Na	0.4
Ag	0.0002	Li	0.1
Bi	0.001	Al	0.02
In	0.004	Si	0.01
Mo	0.004	Fe	0.01
Sc	0.004	Th	0.2
Y	0.002	U	0.2
Zr	0.004	Pd	0.0004
Au	0.002	Te	0.2
B	0.01	Be	0.0002
Cd	0.01	P	0.4
Ce	0.2	Yb	0.001
La	0.01	Eu	0.01
Ni	0.002	Tm	0.002
Nd	0.1	Sm	0.04
		Ho	0.004

Not: Verilen dedeksiyon limitleri optimal şartlar için geçerlidir. İnterferenz ve farklı matriks dedeksiyon limitlerini yükseltebilir.

Tablo 4 - Yarı kantitatif optik spektrografik analizde rapor edilen değerler ve kesinlik dereceleri



A — Geometrik aralıklar.

B — Rapor edilen değerler.

Not: % 0.2 olarak verilen analiz değerinin 0.38-0.12 arasında olma olasılığı % 68, 0.56-0.083 arasında olma olasılığı % 95 tir.

### Molibden tayini

Molibden-uranyum ve molibden-organik karbon ilişkilerini araştırmak için belirli karotlara ait 105°C de kurutulmuş 109 örnekte kolorimetrik yöntemle Mo tayinleri yapılmıştır.

### Majör elementlerin tayinleri

Değişik karotlara ait 105°C de kurutulmuş 73 örnekte, x ışınları floresans spektrometresi ile 636 majör element tayini yapılmış ve çökelsel gözlemlere göre belirlenen bu karakteristik örneklerde elementlerin gösterdikleri konsantrasyon değişiklikleri izlenmiştir.

## KARADENİZ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Karadeniz fizyografik bakımdan dört bölüme ayrılabilir. Bunlar kıta sahanlığı, kıta yamacı, havza önlüğü ve derin düzlükler bölümleridir. Kıta sahanlığının sınırı Karadeniz'de genellikle 100 m derinliğe inmektedir. Bu derinlik Azak denizi güneyinde ve Kırım yarımadası çevresinde 130 metreye kadar varmaktadır. Güney ve doğuda birkaç kilometre daralırken, Kırım yarımadasının batısında 200 kilometreye kadar genişlemektedir. Rize kuzeyinde 2-3 km, Orta Karadeniz Bölgesinde 35 km lik bir şelf ve dar bir yamaçta kıtasal yokuş ve abisal düzlüğe geçilmektedir. Basen yamacında büyük kayma kütleleri vardır. Kuzey Anadolu'da Karadeniz'e dökülen Çoruh, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya nehirleri yöresinde, şelfin dar oluşu ve çökelleri kapanlayacak önemli deltaların yokluğu nedeniyle gelen çökeller mevcut kanyonlar yoluyla havzanın derin kısımlarına kadar ulaşmaktadır (Aksaray, 1978).

Kıta yamacı özellikle Türkiye kıyılarında, Kafkas dağları çevresinde ve Kırım yarımadası önlerinde çok parçalanmıştır. Eğim 1: 40 dolayındadır. Kıta yamacı genellikle 1800-2000 m derinliklerine kadar ulaşmaktadır. Eğimi 1:1000 den daha düşük olan derin düzlükler bazı yerlerde 2000 m, bazı yerlerde ise 2160 m derinlikten başlamaktadır.

Bu düzlükler ile yamaçların alt sınırı arasında yer alan önlük kuşağı (Basin Apron) Karadeniz'de çok geniş alanlar kaplamaktadır. Karadeniz'de topografik olarak iki değişik türde kıta yamacı seçilebilir. Bunlardan biri, denizaltı kanyonları tarafından derin olarak yarılmış oldukça dik eğimli yamaçlar durumunda iken, diğeri çok tatlı eğimli düzlemsel yamaçlar şeklindedir. Ereğli açıklarındaki Ereğli kanyonunun gen işliği 4km, yüksekliği 350 m, Sakarya kanyonunun genişliği ise 11 km olup, yüksekliği 550 m kadardır. Kanyonlar kıyıya dik veya eğik olarak şelften kıta yokuşuna doğru uzanırlar. Kıyıya paralel olanları da vardır. Ancak, bunlar kayma kökenlidirler (Aksaray, 1978).

Tuna nehrinin deltası derin düzlüklere kadar uzanmaktadır. Ancak bu delta günümüz koşullarında gelişmesini sürdürmemektedir. Deniz kuzeyinde buzul sonrası yükselme sonucu, Tuna'nın taşıdığı malzeme günümüzde haliçlerde çökelmekte ve su dolaşımı engellenmiş derin düzlüklere taşmamaktadır. Karadeniz havzasının orta kuşağı, su dolaşımı engellenmiş derin deniz düzlüğü olup, eğimi 1:1000 den azdır. Bu düzlük Yalta'nın güneyindeki 2206 m derinliğine doğru eğimlidir. Bu derin düzlük havzanın doğu kısmında daha iyi gelişmiştir.

## KARADENİZ'İN GÜNCEL ÇÖKELLERİ

Karadeniz'in derin düzlüklerindeki çökellerin yaklaşık 20-30 cm lik en üst kısmı ortalama % 40 dolayında kalsiyum karbonat taşımaktadır. Bu birim son 3000 yılda çökelmiştir. Kalsiyum

Tablo 5 - Optik yayım spektroskopisi ile yapılan tayinlerin karotlara göre ağırlıklı ortalamaları

Durak no.	Sr	Co	Cr	Cu	Mn	Pb	V	Ti	Mo	Zr	Y	B	Ni	Ba
1	G	G	0.007	0.005	0.025	G	0.015	0.3	G	0.008	G	G	0.002	0.02
2	G	0.003	0.01	0.003	0.07	0.002	0.01	0.3	G	0.015	G	0.0055	0.004	0.04
3	G	0.002	0.008	0.004	0.05	0.0015	0.01	0.25	G	0.007	G	0.0085	0.005	0.055
4	G	G	0.007	0.0015	0.036	G	0.003	0.15	G	0.003	G	0.0035	0.0015	0.025
9	G	G	0.006	0.002	0.064	G	0.002	0.019	G	0.004	G	0.0040	0.0014	0.011
10	G	0.0015	0.006	0.002	0.05	0.002	G	0.2	G	0.01	G	0.005	0.0035	0.03
11	0.07	G	0.004	0.0015	0.065	G	0.007	0.2	G	0.006	0.002	0.002	0.0025	0.01
12	G	G	0.0075	0.0030	0.004	G	0.007	0.14	G	0.002	G	0.006	0.003	0.025
13	G	0.0025	0.007	0.003	0.05	0.002	0.01	0.2	G	0.0065	G	0.0055	0.004	0.035
14	0.001	0.0008	0.009	0.002	0.042	G	0.0005	0.13	G	0.0065	G	0.0025	0.003	0.01
15	0.002	0.0002	0.001	0.002	0.0039	G	0.006	0.17	G	0.004	G	0.025	0.003	0.023
16	0.02	0.002	0.0065	0.004	0.08	G	0.01	0.2	0.0025	0.008	0.0015	0.0055	0.004	0.05
17	0.015	0.002	0.0075	0.004	0.06	G	0.01	0.15	0.0015	0.0055	0.001	0.004	0.004	0.04
20	0.015	0.002	0.006	0.003	0.0045	G	0.009	0.15	0.003	0.007	G	0.07	0.005	0.045
21	0.025	0.002	0.0075	0.007	0.07	G	0.01	0.15	0.0025	0.007	0.0015	0.0065	0.005	0.25
22	0.001	0.0001	0.006	0.003	0.08	G	0.009	0.13	0.002	0.001	G	0.006	0.004	0.036
23	0.008	G	0.007	0.003	0.04	G	0.005	0.14	G	0.004	G	0.005	0.003	0.02
24	G	0.01	0.004	0.002	0.034	G	0.005	0.01	G	0.0015	G	0.003	0.005	0.005
25	0.017	0.002	0.01	0.003	0.05	G	0.008	0.16	G	0.004	G	0.005	0.004	0.02
26	G	0.002	0.01	0.003	0.08	G	0.009	0.3	G	0.01	0.002	0.008	0.004	0.03
27	0.03	0.0025	0.01	0.006	0.2	G	0.012	0.3	0.0035	0.0075	0.002	0.015	0.005	0.02
28	0.015	0.0025	0.01	0.004	0.06	G	0.009	0.25	0.0015	0.0075	0.002	0.015	0.006	0.025
29	0.02	0.002	0.006	0.0035	0.15	G	0.009	0.15	0.002	0.006	0.002	0.0045	0.004	0.02
32	G	0.001	0.01	0.0045	0.04	0.001	0.005	0.15	0.001	0.0025	G	0.003	0.006	0.02
33	0.024	0.0009	0.009	0.0035	0.09	G	0.004	0.1	G	0.003	G	0.003	0.0035	0.03
34	G	G	0.007	0.002	0.035	G	0.006	0.1	0.0005	0.002	G	0.004	0.003	0.02
35	G	G	0.007	0.002	0.04	G	0.007	0.2	G	0.005	G	0.0045	0.003	0.03
36	0.02	G	0.004	0.01	0.05	G	0.006	0.2	G	0.01	G	0.004	0.003	0.02
37	G	0.0002	0.007	0.002	0.05	G	0.005	0.2	G	0.005	G	0.005	0.0035	0.025
38	G	0.0001	0.006	0.002	0.03	G	0.002	0.1	G	0.003	G	0.0008	0.003	0.006
39	G	0.0001	0.008	0.003	0.07	G	0.003	0.1	G	0.001	G	0.0008	0.003	0.001
40	0.01	0.0008	0.02	0.003	0.07	G	0.006	0.2	G	0.005	G	0.004	0.008	0.004
41	G	0.002	0.02	0.003	0.08	G	0.005	0.2	G	0.006	G	0.005	0.009	0.02
42	0.005	0.0015	0.015	0.0035	0.05	G	0.01	0.2	G	0.0045	G	0.003	0.006	0.02
43	0.03	0.002	0.01	0.005	0.07	G	0.005	0.2	G	0.006	G	0.005	0.007	0.05
46	0.01	0.003	0.01	0.008	0.035	G	0.015	0.15	0.006	0.005	0.002	0.001	0.01	0.03
47	0.015	0.003	0.01	0.0035	0.45	G	0.005	0.15	G	0.004	G	0.005	0.007	0.03
48	0.055	0.002	0.01	0.003	0.06	G	0.005	0.15	G	0.004	G	0.004	0.01	0.02
49	0.02	0.0006	0.01	0.004	0.045	G	0.005	0.15	G	0.002	G	0.0015	0.0075	0.015
50	G	0.0007	0.015	0.003	0.05	G	0.0035	0.15	G	0.002	G	0.003	0.009	0.02
51	G	0.0015	0.02	0.02	0.1	G	0.006	0.095	G	0.007	G	0.003	0.009	0.01
52	G	0.001	0.01	0.003	0.09	G	0.006	0.15	G	0.003	G	0.004	0.08	0.02
53	0.03	0.002	0.01	0.003	0.08	G	0.004	0.2	G	0.005	G	0.005	0.008	0.03
54	0.05	0.025	0.01	0.006	0.09	G	0.05	0.2	0.001	0.005	G	0.003	0.009	0.03
55	G	0.002	0.01	0.004	0.08	G	0.009	0.2	0.001	0.005	G	0.004	0.01	0.03
56	0.01	0.002	0.0065	0.003	0.05	0.002	0.007	0.2	G	0.007	0.001	0.0025	0.003	0.02
61	G	0.001	0.005	0.005	0.04	G	0.007	0.2	G	0.0055	0.001	0.0015	0.0025	0.015
62	G	0.002	0.006	0.003	0.008	G	0.01	0.1	G	0.01	G	0.001	0.003	0.035
63	G	0.0006	0.01	0.003	0.08	G	0.0045	0.15	G	0.0025	G	0.0035	0.0075	0.025
64	G	0.004	0.009	0.004	0.07	G	0.006	0.2	G	0.005	G	0.004	0.008	0.025
65	G	0.002	0.006	0.003	0.04	G	0.0045	0.2	G	0.004	G	G	0.002	G
70	G	0.002	0.004	0.004	0.04	G	0.003	0.2	G	0.004	G	G	0.002	G
71	G	0.002	0.003	0.003	0.04	G	0.002	0.15	G	0.003	G	G	0.002	0.015

karbonatın çok büyük bir bölümü organik kökenli olup, kokolitlerden meydana gelmiştir. Kokolitle seviyeler beyaz ince laminalar halindedir. Bu seviyenin kalınlığı Ross ve diğerleri (1974) tarafından 30 cm olarak belirtilmektedir. Doğu-batı yönünde yaptığımız denetim kesitinde de görüldüğü gibi, söz konusu kokolitle seviyenin kalınlığı 20 cm dolayındadır (Şek. 8).

En üstteki kokolitle birimin altında pelte kıvamında koyu siyah renkli ve organik karbonca zengin ikinci bir birim bulunmaktadır. Bu birim su dolaşımı engellenmiş abisal düzlüklerde görülmektedir. Denetim kesitinde de izlendiği gibi, 16 no.lı karotta 18-38 cm, 17 no.lı karotta 16-37 cm, 21 no.lı karotta 16-47.5 cm, 29 no.lı karotta 18-51 cm, 32 no.lı karotta 41-47 cm, 42 no.lı karotta 21-31 cm ve 46 no.lı karotta 46-51 cm arası organik karbonca zengindir. Bu birim C<sub>14</sub> yaş tayinleri saptamalarına göre, günümüzden yaklaşık 3000 ile 7000 yıl öncesini kapsayan sürede çökmüştür (Ross ve diğerleri, 1974). 17 no.lı karotta 24-33 cm arasının organik karbon içeriği % 13.85 tir. Bu değer 46 no.lı karotta 108-142 cm arasında ise % 14.25 tir (Tablo 2). Organik karbonca zengin pelte kıvamındaki bu çökellerin kendi başlarına enerji kaynağı olabilecekleri, yürütülmekte olan araştırmalardan anlaşılmaktadır (Çete, 1976). Örneklerin organik karbon içerikleri ve yanma ısıları arasındaki ilişki Şekil 9 da gösterilmiştir. Organik karbon yüzdesi çökme hızıyla ters orantılı durumdadır. Zira çökme hızının düşük olduğu bölgelerin özellikle organik karbonca zengin olduğu izlenmektedir.

Organik karbonca zengin birimin altında ise, karadan türemiş kırıntı oranı yüksek çökeller yer almaktadır. Bu üçüncü birim Karadeniz'in çok büyük bir bölümünde devamlılık göstermekte olup, kalınlığı çökme hızının yüksek olduğu yerlerde artmaktadır. Kuzeybatı Anadolu kıta sahanlığından alınan 1 ve 11 no.lı durak noktalarındaki örnekler, karadan türemiş ince kırıntıların yanı sıra bol miktarda lamellibranchiata, gastropoda foraminifera ve Ostracoda içermektedir. Karadeniz'in doğu kısımlarında ise bu çökeller arasında bulantı akıntıları çökelleri sokulmaktadır (karot no. 71, 70, 65, 62, 61, 56, 50 48).

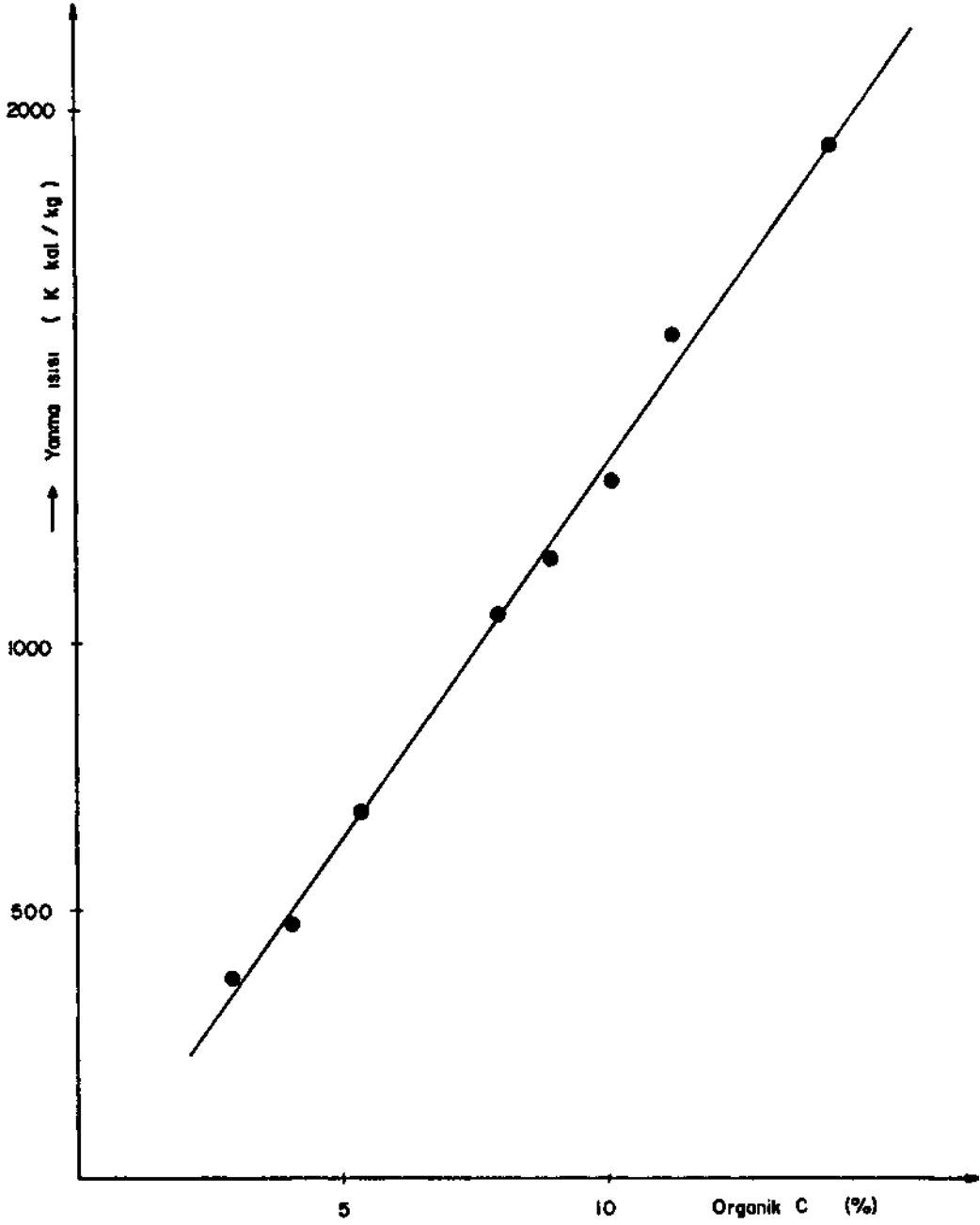
Organik kökenli kalsiyum karbonat çökmesi doğu ve batıda iki ayrı derin düzlükte en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Kırıntılı çökeller, organik karbonat içeriğinin yüksek olduğu bu bölgelerde çok azdır veyahut da hiç yoktur. Kıta sahanlığında görülen yüksek kalsiyum karbonat içeriği ise, lamellibranchiata kavrıklarından ileri gelmektedir.

### KARADENİZ'İN GÜNCEL ÇÖKELLERİNDEKİ URANYUM İÇERİĞİ VE DAĞILIMI

Karadeniz çökellerindeki nispi olarak yüksek uranyum konsantrasyonları, havzanın durgun orta kısımlarındadır ve kıyıya doğru gidildikçe uranyum içeriğinde sürekli bir azalma izlenmektedir (Şek. 2,3,4,5). Bir başka deyişle çökme hızının en düşük olduğu bölgelerdeki çökelerde uranyum konsantrasyonu artmakta, kıyılarından kısıntılı malzeme gelişiminin fazla olduğu, dolayısıyla çökme hızının arttığı kısımlara doğru gidildikçe de uranyum içeriği azalmaktadır. Bu nedenledir ki, yaptığımız uranyum izotop haritaları ile Ross ve diğerleri (1974) tarafından hazırlanan çökme hızı bölgelerini gösterir harita arasında bir uyum söz konusudur.

Diğer taraftan Karadeniz dip çökellerinin en üst kısmını oluşturan kokolitle birim ve bunun hemen altındaki organik karbonca zengin birim de havzanın durgun orta kısımlarında yer almaktadır. Bu durum, kokolitelere bağlı organik kökenli kalsiyum karbonat-organik karbon benzerliğinin nedenlerini bir bakıma açıklar niteliktedir. Nitekim en üst kokolitle birimin bulunduğu yerlerde uranyum içeriğinin de artmakta olduğu çalışmalarımızla da kanıtlanmıştır. Bu birimdeki kokolit dağılımı ile uranyum içeriği arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Benzeri durum, organik karbonca zengin





Şek. 9 - örneklerin organik karbon içerikleri ve yanma ısıları arasındaki ilişkiyi gösterir grafik.



birimin organik karbon içeriği ile uranyum içeriği için de geçerlidir ve organik karbonla uranyum arasında da doğrudan bir ilişki görülmektedir (Şek. 10). Bu nedendir ki organik karbon ve uranyumun derin dip çökellerindeki yanal dağılımları büyük bir uyumluluk içindedir (Şek. 6 ve 3, 4, 5). Benzeri bir ilişki organik karbonla molibden arasında da gözlenmektedir (Şek. 11). 109 değişik örnekte yapılan uranyum, molibden ve organik karbon analizlerinin sonuçları, metrajlara göre Şekil 12 de verilmiştir.

Organik karbon-uranyum ilişkisi yönünden ayrıcalıklı tek durum Zonguldak açıklarında görülmektedir. Burada çökellerdeki karbon içeriğinin fazla olmasına karşın, uranyum içeriği azdır. Bu aykırı görünüm, buralardaki çökelere karalardan çok fazla miktarda kırıntılı karbon gelişi ile açıklanabilir. Nitekim Shimkus ve Trimonis (1974) Karadeniz'deki organik karbon çökmesinin büyük bir bölümünü aneorobik bakterilerin kimyasal ve mikrobiyolojik faaliyetlerine, 1:3 lük bir bölümünü de nehirler tarafından taşınan karbona bağlamaktadırlar. Buna benzer ayrıcalıklı diğer bir durum,  $\text{CaCO}_3$  -  $\text{U}_3\text{O}_8$  ilişkisi yönünden de söz konusudur. Daha sığ kısımlarda rastlanan kalsiyum karbonat zenginleşmesi ister organik kökenli olsun, isterse karalardan kırıntı halinde taşınan malzeme ile ilişkili olsun, bu bölümlerde  $\text{CaCO}_3$  artışı veya azalışı ile çökellerin uranyum içeriğinde artma veya azalma olmamaktadır ve bir ilişki söz konusu değildir.

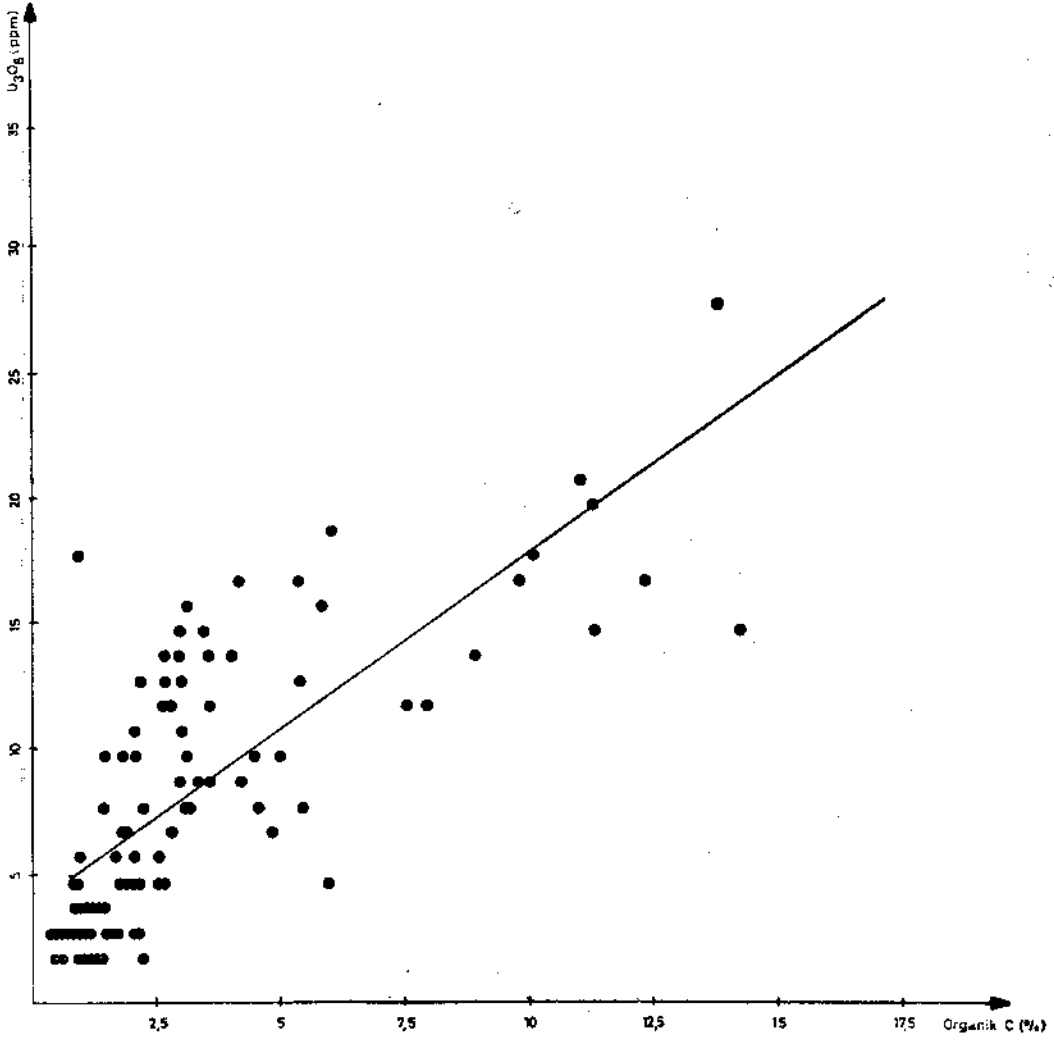
Bu durum 11 no.lu karotta açık bir şekilde görülmektedir. Diğer taraftan kıyılarından taşınan değişik bileşimdeki kırıntılı malzeme, dip çökellerindeki kokolitlerin miktarlarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Uranyum içeriğinin yüksekçe olduğu kısımlar için, bazı istisnalar dışında çok kaba anlamda 2000 m eşderinlik eğrisini yanal sınır olarak kabul etmek mümkündür (Şek. 1).

Karadeniz çökellerinde rastlanan diğer denizlerdekinden daha yüksek uranyum içeriği, havzanın durgun orta kısımlarındaki çökellerin yüzeyden itibaren yaklaşık 40-60 cm kalınlığındaki kısmında yer almaktadır. Geneldeki bu durumdan farklılıklar, 32 ve 46 no.lu durak noktalarından alınmış karotlarda görülmektedir. Bunlarda, uranyum içeriği yüksek olan çeşitli seviyeler halindeki kısımların karot tabanında (114 ve 142 cm) bile halen devam etmekte oldukları izlenmektedir. Daha altta yer alan bu kısımlardaki uranyum içeriği de yine bazı kokolit seviyeleri veyahut da organik karbonca zengin kısımlar ile ilişkilidir.

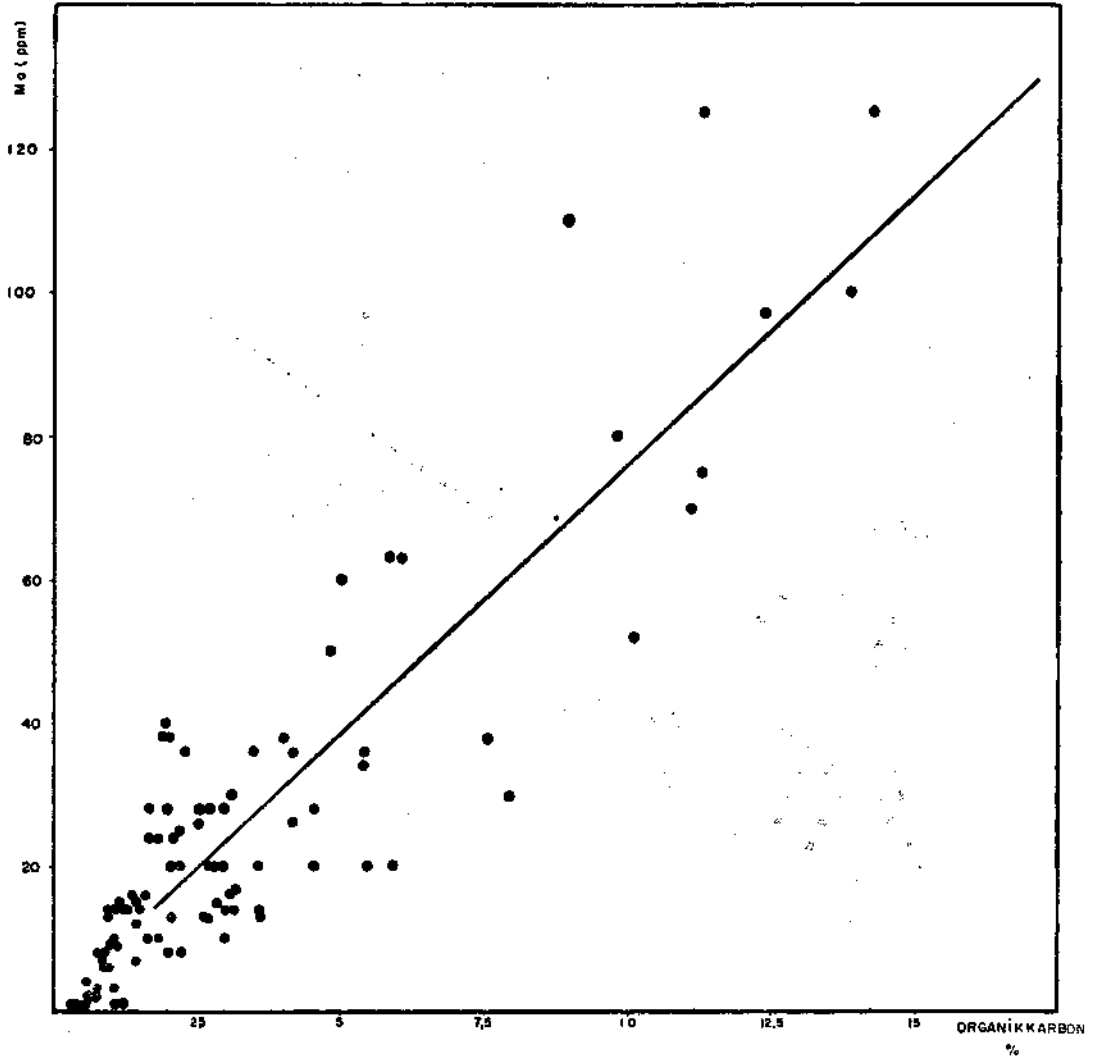
Karadeniz'in güncel çökellerindeki uranyumun kokolitlerle ve organik karbonla olan ilişkisine Rona ve Joensu (1974) tarafından da değinilmiştir. Bunun yanı sıra Degens ve diğerleri (1977), özellikle uranyum-kokolit ilişkisine değinirken, Kochenov ve diğerleri (1965) ise yüksek uranyum içeriğini, doğrudan, söz konusu çökellerdeki organik madde miktarına bağlamışlardır.

Yaptığımız çalışmalarda en yüksek uranyum içeriği 17 no.lu durak noktasından alınan karotun 24-33 cm aralığında, 9 cm kalınlıktaki, 105°C de kurutulmuş örnekte  $\text{U}_3\text{O}_8$  tenörü 28 ppm dir. Su dolaşımı engellenmiş abisal düzlüklerdeki çökellerin 0-100 cm kalınlığındaki uranyumca zengin üst kısmın ortalama  $\text{U}_3\text{O}_8$  tenörü, 105°C de kurutulmuş örneklerde 6 ppm dir. Bu değer 9, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 54, 55, 56, 61, no.lu durak noktalarından alınmış karotlardan 283 örneğin ağırlıklı ortalamalarından hesaplanmıştır.

Su dolaşımı engellenmiş abisal düzlüklerin dışında 28 durak noktasından alınan çökellerin yine 0-100 cm aralığında, 204 örneğin analiz sonuçlarına göre ortalama  $\text{U}_3\text{O}_8$  tenörü 3 ppm dir. Bu değerlerle Agamirov (1963) ve Kochenov'un (1965) yaptıkları değişik türdeki araştırmaların sonuçları arasında bir uyum olduğu söylenebilir. Ayrıca Baturin (1973) tarafından yapılan uranyum dağılım haritası ile çalışmamız sonucu ortaya çıkan haritalar arasında bir benzerlik olduğu görülmektedir (Şek. 13, 14). Diğer yandan Degens ve diğerleri (1977) ise, Karadeniz abisal çökellerindeki  $\text{U}_3\text{O}_8$  konsantrasyonunun 110°C de kurutulmuş örneklerde nadiren 50 ppm i aştığı ve ortalama değer olarak 25 ppm in alınabileceğini ifade etmektedirler.



Şek. 10 - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-organik karbon arasındaki ilişkiyi gösterir grafik.

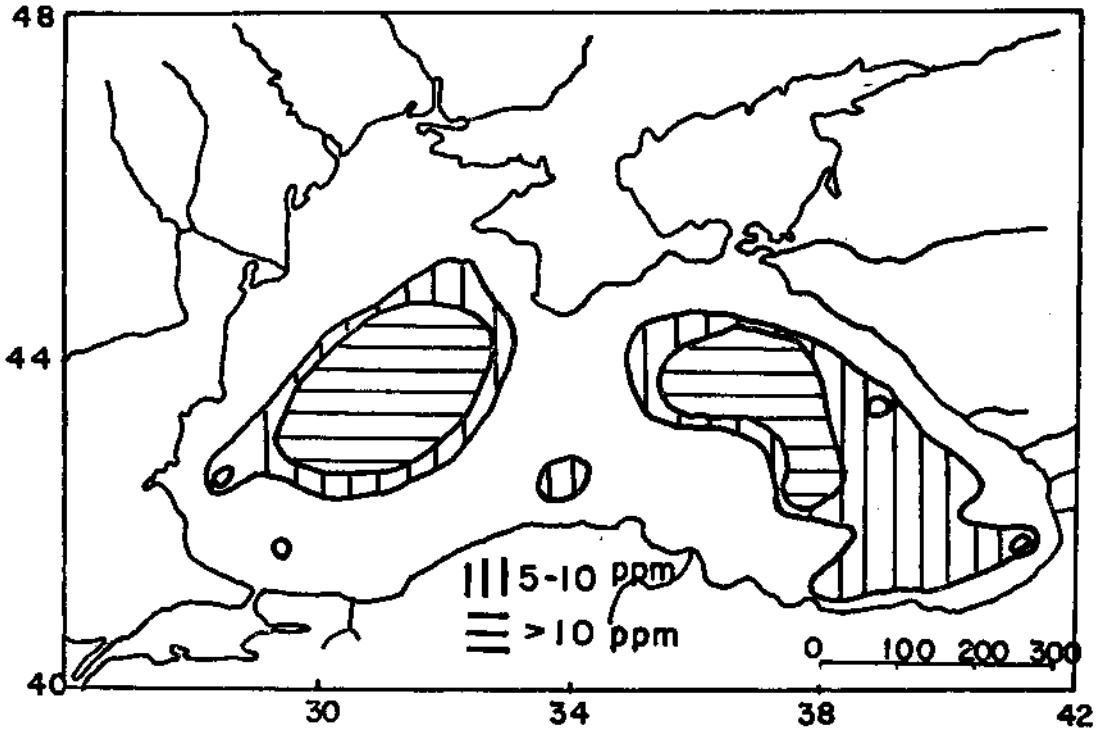


Şek. 11 - Organik karbon-molibden arasındaki ilişkiyi gösterir grafik.

Durak No.	Metraj (cm)	U3O8 (ppm)	Mo (ppm)	Organik karbon (%)	Durak No.	Metraj (cm)	U3O8 (ppm)	Mo (ppm)	Organik karbon (%)
1	0 - 55	3	< 1	0.99	40	40 - 55	2	8	0.85
1	55 - 115	2	< 1	0.94	40	81 - 84.5	5	20	5.91
11	0 - 107	2	< 1	0.85	40	95.5 - 106	4	16	1.61
16	0 - 18	14	38	4.02	41	38 - 48.5	8	20	5.42
16	18 - 38	20	75	11.28	42	0 - 31	3	6	0.89
16	38 - 57	4	3	0.83	42	31 - 37	8	15	1.45
16	57 - 77	2	< 1	0.46	42	37 - 100.5	4	10	1.06
16	77 - 112	2	< 1	0.44	42	100.5 - 120	5	8	0.83
17	0 - 24	16	63	5.84	46	0 - 19	4	7	0.86
17	24 - 33	28	75	13.85	46	19 - 20.5	16	14	3.15
17	33 - 50	12	58	7.56	46	295 - 35	5	10	0.87
17	50 - 80	3	2	0.74	46	35 - 37.5	12	14	3.57
17	80 - 102	2	2	0.62	46	37.5 - 40	4	14	1.18
17	102 - 124	3	< 1	0.35	46	40 - 94	17	95	12.37
20	0 - 10	13	20	5.41	46	94 - 108	17	34	5.38
20	11 - 30	21	70	11.09	46	108 - 142	15	125	14.25
20	30 - 40	15	125	11.30	47	6 - 9	12	20	2.82
21	0 - 14	9	15	3.34	47	13 - 19	13	14	3.02
21	14 - 21	15	36	3.47	47	31.5 - 35	10	24	1.82
21	21 - 51	18	52	10.10	47	52 - 56	13	36	5.40
21	51 - 116	3	4	0.57	48	15 - 24	7	10	1.84
22	0 - 14.5	14	20	2.96	49	0 - 31	7	40	1.94
22	14.5 - 17	19	63	6.06	49	31 - 60.5	8	20	4.52
22	17 - 17.5	18	13	0.97	50	9 - 24	3	10	1.64
22	17.5 - 46	14	110	8.94	51	102 - 119	5	28	1.99
23	32.5 - 37	5	13	2.70	52	0 - 20	3	24	2.04
25	0 - 13	11	16	3.06	53	0 - 25	8	20	2.21
25	33 - 39.5	8	24	3.08	53	75 - 106.5	5	20	2.08
26	0 - 60	3	< 1	0.50	54	0 - 15.5	10	24	2.09
26	60 - 114	3	< 1	0.40	54	17 - 54	12	24	2.61
27	0 - 40	7	15	2.83	55	0 - 7	14	20	2.69
27	40 - 86.5	8	17	3.19	55	13 - 24.5	17	26	4.18
28	0 - 20	12	13	2.65	55	24.5 - 50	17	80	9.81
28	20 - 67	3	3	0.81	56	0 - 12	14	13	3.61
28	67 - 125	9	36	4.19	56	12 - 22	3	8	2.01
29	0 - 18	15	10	2.98	56	22 - 24	10	28	4.51
29	18 - 23	9	40	3.56	56	24 - 106	2	8	2.23
29	23 - 27	4	9	1.01	61	0 - 11	4	9	1.13
29	27 - 62	12	32	7.94	61	11 - 21	3	9	0.93
29	62 - 117	4	7	1.44	61	21 - 25.5	6	14	0.96
32	0 - 11	11	13	2.06	61	25.5 - 50.5	3	9	1.11
32	11 - 28.5	3	9	0.96	61	50.5 - 54.5	13	25	2.19
32	28.5 - 34	13	14	3.04	61	54.5 - 104.5	2	8	0.92
32	34 - 69	3	3	0.77	62	35 - 36	6	28	1.66
32	69 - 76	9	28	2.96	63	0 - 28.5	5	36	2.29
32	76 - 97.5	10	12	1.46	64	46 - 48	3	28	1.67
32	97.5 - 114	10	60	5.02	64	56 - 59	6	38	2.02
33	0 - 13	13	28	2.72	65	0 - 44	2	14	1.31
33	20.5 - 29.5	10	30	3.12	65	44 - 68.5	3	14	1.51
33	65 - 93	7	50	4.82	70	0 - 44	2	14	1.20
34	90 - 107	3	16	1.37	70	44 - 136	2	15	1.15
35	32 - 52.5	3	< 1	0.41	71	0 - 58	5	38	1.91
39	0 - 6	4	14	1.18	71	58 - 105	6	26	3.53
39	6 - 12	5	24	1.75	71	105 - 145.5	5	28	2.56
39	12 - 32	5	6	0.98					

Şek. 12 - 109 değişik örnekte yapılan uranyum, molibden ve organik karbon analizlerinin sonuçları.





Şek. 14 - Baturin (1973) tarafından yapılan Karadeniz dip çökellerinde uranyum dağılımı haritası.

#### SONUÇLAR

— Karadeniz'in su dolaşımı engellenmiş düzlüklerde yer alan güncel çökeller kendine özgü bir uranyum konsantrasyonuna sahiptirler.

— Bu çökellerdeki uranyum içeriği ile kokolitler arasında bir ilişkinin bulunduğu gözlenmektedir.

— Aynı şekilde doğrudan bir ilişki uranyum ile organik karbon arasında da söz konusudur.

— Organik karbon ile molibden arasında da benzeri bir ilişki izlenmektedir.

— Organik karbonca zengin birimin organik karbon içeriği 40°C de kurutulmuş örneklerde % 14-15 e kadar çıkabilmektedir. Organik karbon içeriği % 14-15 olan örneğin yanma ısı ise 1930 KCal/kg dır.

— Çökeller ortalama % 50-55 oranında bağlı olmayan su içermektedirler. Kokolit ve organik karbon oranları yüksek örneklerin 105°C de kurutulmalarındaki ağırlık kayıpları ise, % 85 e kadar ulaşabilmektedir.

— Yaptığımız çalışmanın sonuçları, Karadeniz dip çökellerinin Degens ve diğerleri (1977) tarafından öne sürülenden daha az bir uranyum içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan bulduğumuz uranyum içerikleri ile Agamirov (1963) ve Kochenov'un (1965) yaptıkları değişik türlerdeki araştırmaların sonuçları arasında bir uyum olduğu söylenebilir. Ayrıca Baturin (1973) tarafın-

dan yapılan uranyum dağılım haritası ile bu çalışma sonucu ortaya çıkan haritalar arasında bir çelişki görülmemiştir.

— Söz konusu uranyum içeriği; günümüz uranyum fiyatları, piyasa koşulları ve teknolojik imkânların maliyeti dikkate alındığında orta ve uzun vadede ekonomik bir değer taşımamaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Karadeniz deniz dibi çökellerinin incelenmesi projesi çalışanları ve katkıları:

#### Laboratuvarlar Dairesi

Taner Saltoğlu: Proje koordinatörü; Ramiz Arbak, Ergül Ayaz: Ağırlık kaybı, su kül, kalori ve organik karbon analizleri; Şahin Taş, Muammer Güler, Durmuş Ağaçdelen: Optik spektrografik analizler; Ercan Alpaslan, Tanıl Akyüz, Macide Türkalp: XRF analizleri; Tülin Kavlakogulları, Zühal Gencer, Gülhan Özden: Uranyum analizleri; Ali Balaban: Molibden analizleri; Hulusi Sancar, Cengiz Tuncer: Altın ve gümüş analizleri; Nurgün Güngör: XRD analizleri; Eşref Aydın, Mehmet Öztuğ: Mikroprob incelemeleri.

#### Radyoaktif Mineraller ve Kömür Dairesi

Hüseyin Kaplan, Yusuf Tahir: Sedimentolojik gözlemler, ekonomik jeoloji yorumları ve redaksiyon çalışmaları; Kayhan Baysal, İsmet Cemal, Savaş Uçakçioğlu: Deniz Kuvvetleri A 594 gemisinde örneklerin alınması; Nevin iyigün, Mükremin Onmaç, Yusuf Cakol, Koksal Bayraktar, Ali Tülümen: Gravity core yapımı ve bunların açılması için aygıt geliştirme; Ruhşen Arslan, Nesrin Tulu: Palinolojik etütler.

#### Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi

Abdullah Gedik: Sedimentolojik gözlemler, bilimsel yorumlar ve redaksiyon çalışmaları. Proje çalışanları dışında çalışmalarımıza katkıda bulunan Sedat Uz, Esen Arpat, Aykut Yıldırım, Muhittin Şenalp, İbrahim Çetintürk, Nahit Kırışlı, Namık Çağatay, Erdinç Sivritepe, Demet Mergen, Nevin Sorguç, Füsün Ceyhan ve Deniz Kuvvetleri Komutanlığı ile A 594 Çarşamba gemisi personeline teşekkür ederiz.

*Yayına verildiği tarih, 6 kasım 1980*

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Agamirov, S. Sh., 1963, Precipitation of Uranium in the Bottom of the Black Sea. *Geokhimiya* 1: 92-93. Engl. tr., *Geochemistry*, 1: 104-106.
- , 1963, Geochemical Balance of the Radioactive Elements in the Black Sea Basin, *Geokhimiya* 6:612-614. Engl. tr., *Geochemistry*, 6: 630-633.
- Aksaray, F., 1978, Karadeniz şelfinin yapısı: Türkiye Dördüncü Petrol Kongresi.
- Baturin, G.N., 1973, Uranium and Sedimentation in Black and Azov Seas: *Litologiya i Poleznye Iskopaemye*, 5, 21-32,

- Çete, M., 1976, Doğu Karadeniz'de organik karbon aramaları: Yeryuvarı ve insan, şubat 1976, 42-45.
- Degens, E.T. ve Ross, D.A. (Edi), 1974, The Black Sea-Geology, Chemistry, and Biology: Memoir 20 AAPG.
- ; Khoo, F. ve Michaleis, W., 1977, Uranium anomaly in Black Sea: Nature, 269, 566-569.
- Deuser, W.G., 1971, Organic-carbon budget of the Black Sea: Deep Sea Res., 18, 995-1004.
- Gedik, A., 1976, Karadeniz'de Chain Oseanografi gemisi ile yapılan bilimsel araştırmalar: Yeryuvarı ve insan, şubat 1976, 39-43.
- Kochenov, A.V.; Baturin, G. N.; Kovaleva, S. A.; Emel'yanov, E. M. ve Shimkus, K. M., 1965, Uranium and Organic Matter in the Sediments of the Black and Mediterranean Seas: Geokhimiya 3, 302-313.
- Rona, E. ve Joensu, O., 1974, Uranium Geochemistry, in Black Sea. The Black Sea, Geology, Chemistry and Biology. Memoir 20 AAPG.
- Shimkus, K. M. ve Trimonis, E. S., 1974, The Black-Sea Geology, Chemistry and Biology Memoir 20: Am. Assoc. Petr. Geol., 249-278.