

Çizelge 3. Suların sertlik derecesine göre sınıflaması.

Table 3. Classification of waters on the bases of hardness.

Fs^0	Suyun Sınıfı	Kaynaklar	Kuyular	Akarsular	Göl
0-10	Membə suyu	Yeşilgöl Kaynağı			Yeşilgöl
		Yeşilgöl Düdeni			
		Uçarsu Kaynağı			
11-22	Tatlı su	Karapınar D Kay	K (11,19,20,37,	Akçay Deresi	
			46,50)	(Gömbe)	
		Başpnar Kay.	S (1,2,4,7,16)	Akçay deresi	
		Pınarbaşı Kay.		(Avlan Gölü)	
23-32	Sert su		K(1,2,3,7,21,22,23,29,3 0,31,32,36,37,40,42,		
			S (3, 10, 13,15)		
33-54	Çok sert su		K (4,6,12,14,15, 16,20,24,42,43)		
> 50	Çok fazla sert su		K (5,9,26)		

(Fr^0 = Fransız sertlik derecesi, K= Adı (keson) kuyu, S= Sondaj kuyusu)

görülmekte olup, S4 susatüre, S1, S2, S7 ve S10'un ise sursatüre yani $CaCO_3$ çökeltilebilir özellikte (susatüre) özellikleştir. Karapınar ve Başpnar Kaynakları çökeltebilir (sursatüre) özellikleştir. Kaynak suları derin sondaj kuyu sularında olduğu gibi satüre özelliğe çok yakındır (Şekil 7a, b ve c). İnceleme döneminde; bazı kaynakların yıllık ortalama (1989) debileri şöyledir; Kazanpnar Kaynağı'nın 1450 l/s, Pınarbaşı Kaynağı'nın 75 l/s, Karapınar Kaynağı'nın ise 30 l/s'dir. Bu kaynaklar allokton kireçtaşlarından boşalmaktadır. Altıyon akiferde yapılan pompa testlerinde pompa debisi 3-20 l/s arasında değişmektedir (Çelik, 1994).

Suların endüstride kullanım özellikleri

Suların endüstride kullanımını etkileyen köpürme, çürütme ve kireçlendirici özellikleri incelenmiştir. Suların buhar kazanlarında kaynarken köpürmesi (F) aşağıdaki bağıntı ile bulunur,

$$F = 62xrNa + 78xrK$$

Bu bağıntıya göre;

$F < 60$ ise, kaynarken köpürmez.

$60 < F < 200$ ise, kaynarken köpürür.

$F > 200$ ise, kaynarken çok köpürür.

İnceleme alanındaki suların çoğu kaynarken köpürmeyen sular olup, K5 nolu kuyu suyu ($F = 74,4$) kaynarken köpüren sular grubunda yer almıştır. Bunun nedeni K5 nolu kuyu suyunun killerden aşırı etkilenmemesi olmalıdır.

Sularda sülfat miktarının fazla beton için zararlıdır. Sülfat miktarı 0-0,15 g/l arasında olursa bu sular pratikte betona karşı hiç bir zararlı etki yapmazlar. Sulardaki sülfat miktarı artınca (1,0-2,0 g/l) önemli ve ($2 < g/l$) çok önemli dereceye kadar etki yapar (Şahinçi, 1991). Alandaki suların sülfat miktarları 0-0,15 g/l arasında olduğu için betona karşı zararsızdır.

Langelier kalsiyum denge diyagramı yardımıyla suların kireçlendirici özellikleri araştırılmıştır. Bu yöntemde denge indeksi aşağıdaki formülle bulunur,

$$DI = pH - pHs$$

Burada ;

$$DI = \text{denge indeksi}$$

Çizelge 4. Örneklerin korelasyon katsayısı, örnek sayısı ve önem düzeyleri.

Table 4. Samples correlation coefficient, sample size and significance levels.

	rCa	rMg	rNa	rCl	rSO4	rHCO3
rCa	1000	.3840	.4615	.5218	.1743	.7753
	159	159	159	159	159	159
	.0000	.0000	.0000	.0000	.280	.0000
rMg	.3840	1.000	.5164	.6114	.1393	.8593
	159	159	159	159	159	159
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0799	.0000
rNa	.4615	.5164	1.000	.9207	.2739	.5697
	159	159	159	159	159	159
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0005	.0000
rCl	.5218	.6114	.9207	1.000	.2184	.6577
	159	159	159	159	159	159
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0057	.0000
rSO4	.1743	.1393	.2739	.2184	1.000	.1265
	159	159	159	159	159	159
	.0280	.0799	.0005	.0057	.0000	.1122
rHCO3	.7753	.8593	.5697	.6577	.1265	1.000
	159	159	159	159	159	159
	.0000	.0000	.0000	.0000	.1122	.0000

pH = laboratuvara ölçülen denge pH'ı

pHs = diyagramdan bulunan denge pH'ıdır.

Denge indekslerine göre sular;

$0,1 > DI > 0,1$ ise, su karbonatça doygundur (nötr)

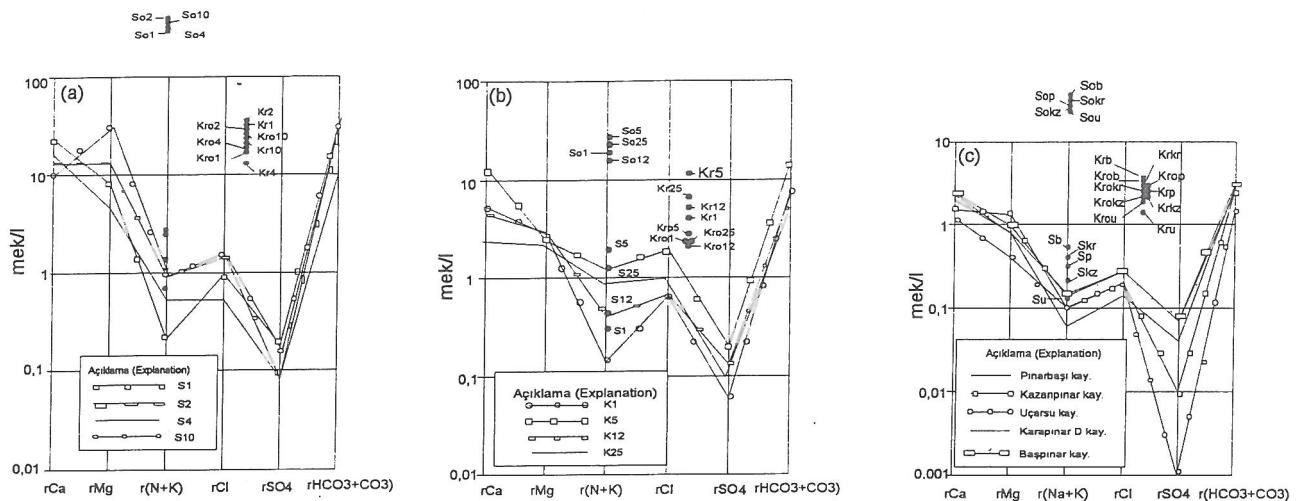
$DI > 0,1$ is, suda karbonat çökelmesi izlenir (kireçlendirici)

$DI < -0,1$ ise, su karbonat çözündürebilir (korozif)

İnceleme alanındaki kaynak, sondaj ve adı kuyu sularının tamamı kireçlendirici özelliktedir (Şekil 8).

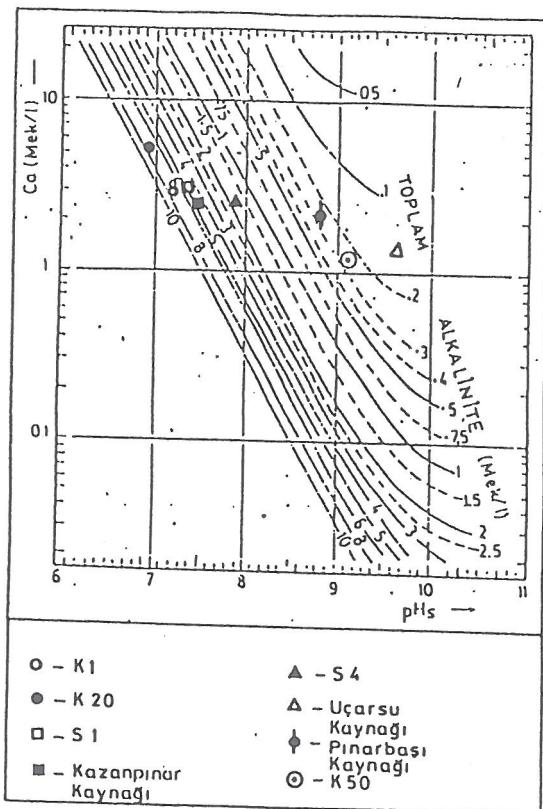
Su kimyası haritaları

Serbest altıyon akiferde açılan kuyulardaki su analiz sonuçlarına göre rCl, rHCO₃ ve EC haritaları



Şekil 7. CaSO_4 ve CaCO_3 'a doygunluk diyagramları (a, b ve c).

Figure 7. Saturation diagrams of CaSO_4 and CaCO_3 (*a*, *b* and *c*).



Şekil 8. Suların Langelier Denge Diyagramı.
Figure 8. Langelier equilibrium diagram of waters.

çizilmiştir. Bu haritalarla yeraltı suyunun kalitesi, beslenmesi, boşalması, harek yönü, kökeni ve kirlenme bölgeleri tesbit edilebilir.

Eş klorür haritası

Eş klorür haritasında klorür değerleri 0,5-1,5 mek/1 arasında değişir (Şekil 9). Polyenin KB ve GB bölümünde klorür değerleri 0,5 mek/1 dolayında, orta kesiminde 1,5 mek/1 dolayındadır. Akçay Deresinin klorür değerleri Gömbe dolayında ovaya girişte 0,20 mek/1, Avlan Gölü dolayında ise 0,22 mek/1'dir. kazanınları Kaynağından ovaya giren suların klorür değerleri 0,23 mek/1 dir.

Eş bikarbonat haritası

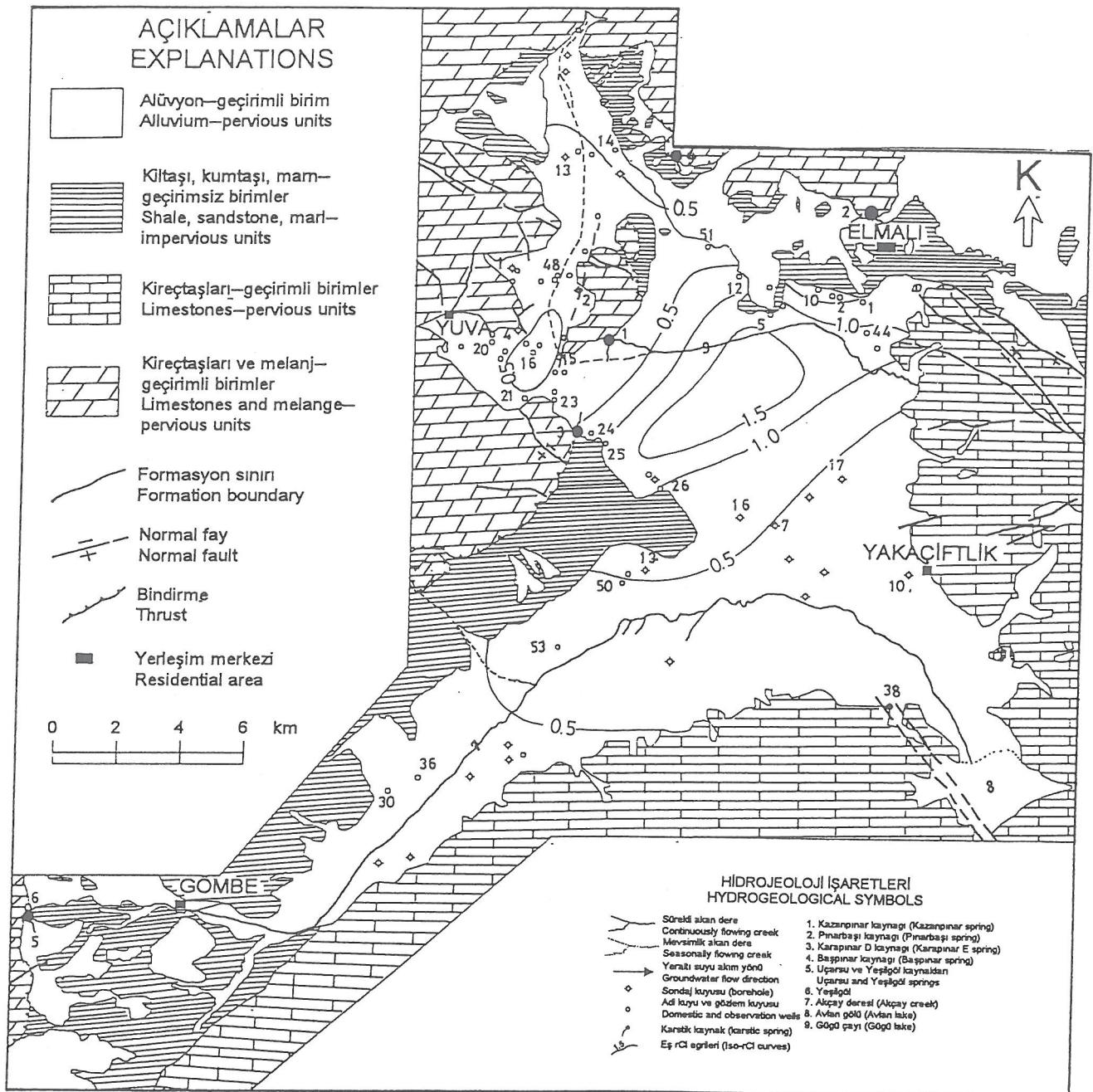
Eş bikarbonat haritasına göre alanın GBında yeraltı suyu akım yönünde bikarbonatça zenginleşme vardır. Bikarbonat değerleri 3 mek/l'den 5 mek/l'ye yükselmiştir. Ovanın KB ucunda 5 mek/l dolayındadır. Balıklardağı Bında bikarbonat değeri 6 mek/l ye çıkmıştır. Akçay dolayında 3 mek/l dolayında olması, toplam iyon değerleri düşük olan kaynaklarla beslenen Akçay Deresinin alüvyon akiferi beslemesi ve akifer formasyonun, daha çok kiltası ve kumtaşları ardalanmasından oluşan Elmalı formasyonu ile temas halinde olmasına bağlanabilir (Şekil 10).

Eş elektriksel iletkenlik (EC) haritası

Elektriksel iletkenlik haritasında (Şekil 11) EC değerleri $400 \mu\text{mho}/\text{cm}$ ile $1750/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Yeraltı suyundan az yararlanılan ve su kalınlığının az olduğu kuyulardaki sularda iyon konsantrasyonu daha fazla bulunmuştur. Buna bağlı olarak da EC değerleri artmıştır. Genel olarak yeraltı suyu akımı yönünde elektriksel iletkenlik değerleri artmaktadır.

İstatistiksel değerlendirmeler

İnceleme alanındaki alüvyon ve kireçtaşlı akiferine ait su kimyası analiz sonuçlarından yararlanarak 159



Şekil 9. Serbest akiferin (alüyon) eş klorür haritası. *Figure 9. Iso chloride map of the unconfined (alluvium) aquifer.*

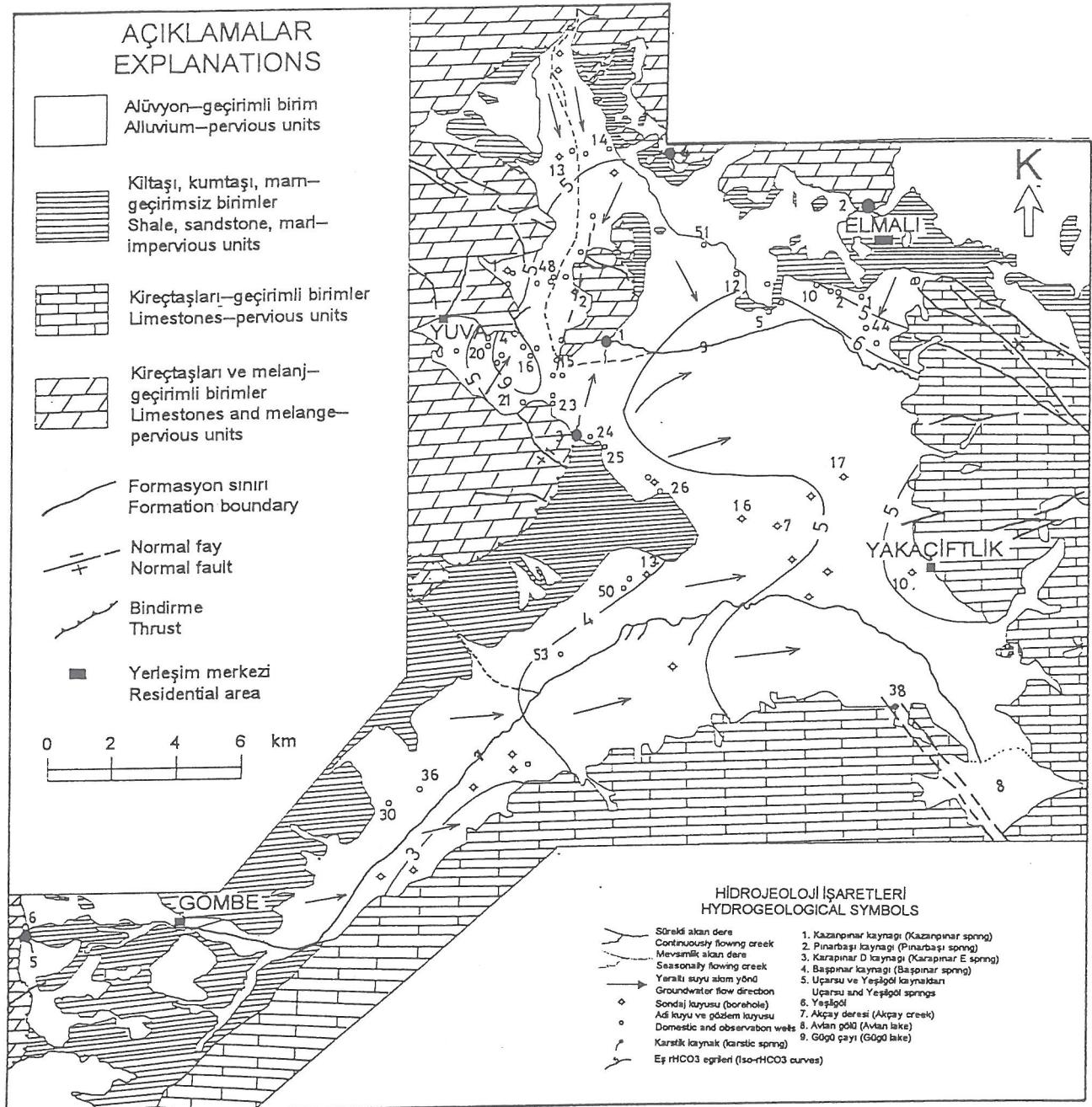
örnek üzerinde iyonların korelasyon katsayıları ve bu katsayıların önem düzeyleri tespit edilmiştir. Çizelge 4'de iyonların karşısına gelen 3 değerden, üstteki korelasyon katsayıını, ortadaki örnek sayısını alttaki ise önem düzeyini belirtir. Buna göre korelasyon katsayıyı yüksek olan, $r\text{Na}-r\text{Cl}$ (0.9207), $r\text{Mg}-r\text{HCO}_3$ (0.8593) ve $r\text{Ca}-r\text{HCO}_3$ (0.7753) iyonlarında önem düzeyi de yüksektir.

Birbirleri ile ilişkili olmayan, önem düzeyi düşük olan iyonların başında $r\text{SO}_4-r\text{HCO}_3$ (0.1265), $r\text{Mg}$

rSO_4 (0.1393) ve $r\text{Ca}-r\text{SO}_4$ (0.1743) gelmektedir. Önem düzeyi ve korelasyon katsayıları yüksek olan iyonların grafiksel çözümü de yapılmıştır (Şekil 12).

SONUÇLAR

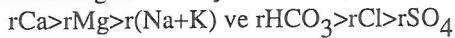
Alandaki kaynakların çoğu allokton kireçtaşlarından beslenmektedir. Derin sondaj kuyularından S4'ün suyu kireçtaşlı akiferini temsile etmektedir. S1, S2 ve S10 kuyuları hem kireçtaşlı hem de alüvyondan beslenmektedir. Diğer sondaj ve adlı kuyu suları



Şekil 10. Serbest akiferin (alüvyon) eş bikarbonat haritasi.

alüvyon akiferi temsil etmektedir. Ayrıca özellikle Balıklardağı Bında alüvyon ve kireçtaşlı akifer suları hidrodinamik koşulların uygun olduğu ortamlarda birbirlerine sıyrıntı yaptığı düşünülmektedir.

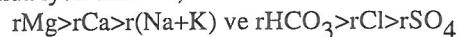
Bütün karstik kaynaklar, sondaj kuyuları ve adi kuyu sularının genelinde iyon dizilimi;



şeklindedir. Bu sular kalsiyum bikarbonatlı olup kireçtaşlarından beslenmektedir.

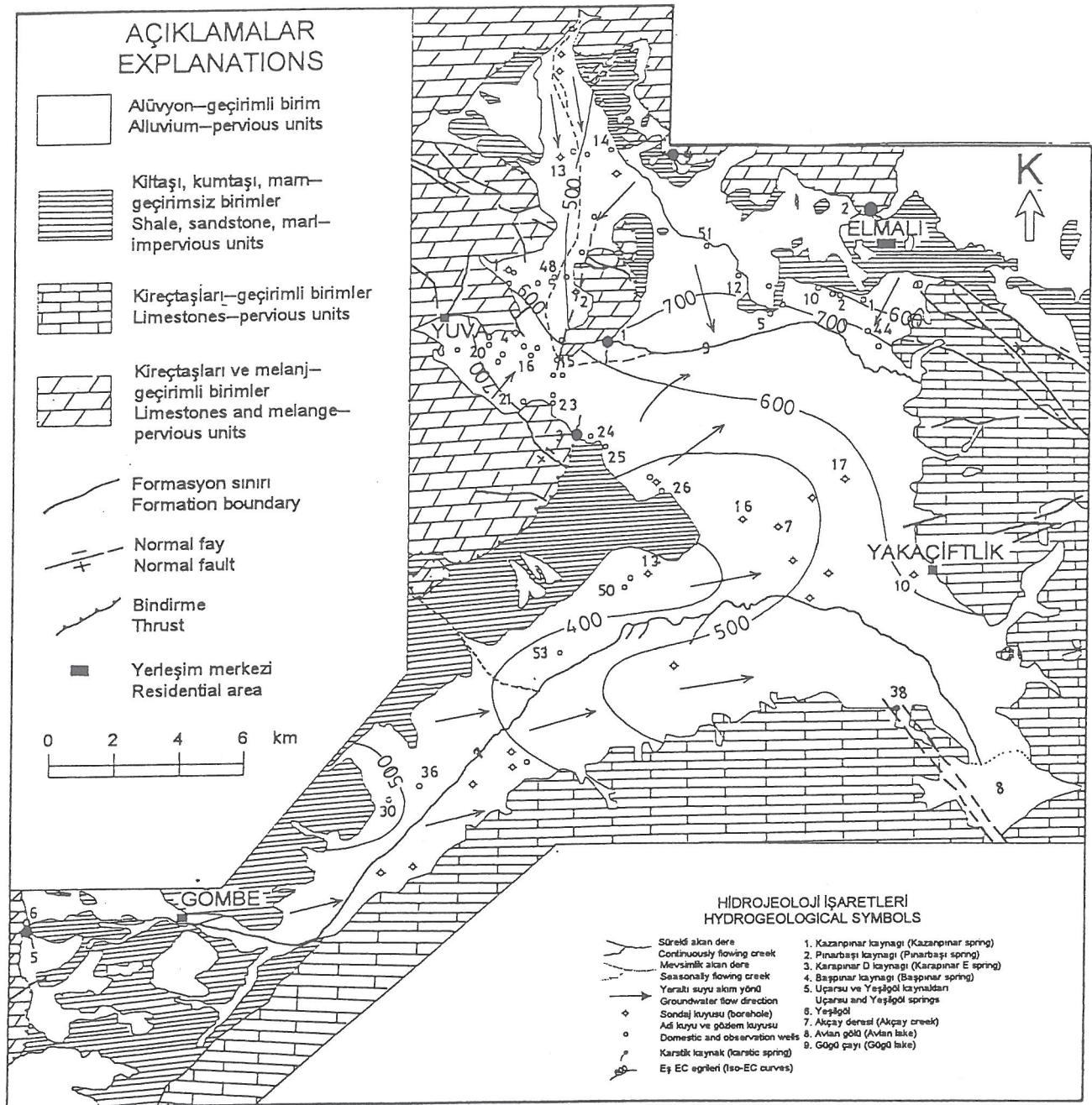
Figure 10. Iso bicarbonate map of the unconfined (alluvium) aquifer.

S7, S10 ve S16 nolu sondaj kuyuları ile K14, K16, K20, K24, K26, K48 ve K51 nolu adi kuyu sularında iyon dizilimi;



şeklindedir. Bu sular magnezyum karbonatlı olup daha çok dolomitlerden beslenmiştir.

Tüm sularda sülfat oranı diğer iyonlara göre çok düşüktür. Piper diyagramına göre sular, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatlıdır. Karbonat sertliği,



Sekil 11. Serbest akiferin (alüvyon) eş elektriksel iletkenlik haritası.

Figure 11. Iso electrical conductivity map of the unconfined (alluvium) aquifer.

karbonat olmayan sertlikten daha büyük olup % 50 den fazladır.

Polyedeki suların tamamı devamlı içilebilen sular grubundadır. Alüvyon akifer suları kireçtaşlı akiferi sularına göre daha serttir. Kireçtaşlı akifer suları memba suyu ve tatlı su özelliğindedir. Alüvyon akifer suları, kireçtaşlı akifer sularına göre iyonlarca daha fazla yüklü olduğu için elektriksel iletkenlik ve sertlikleri

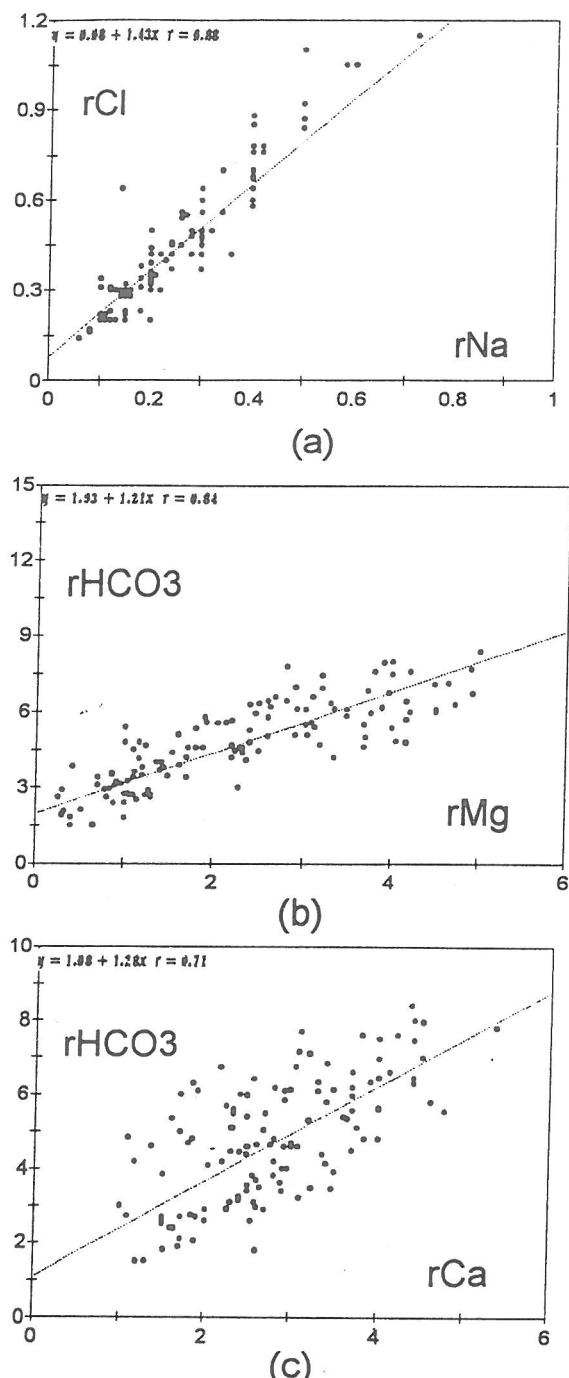
daha fazladır. Bu özellikleri de içme, sulama, endüstri vb yerlerdeki kullanımlarını etkilemektedir.

Sular genellikle CaSO_4 'ı çözübilir özelliktedir. Derin sondaj ve kaynak suları CaCO_3 'a doyma sularında, adı kuyu suları ise doygundur.

Eş EC, $r\text{HCO}_3$ ve $r\text{Cl}$ haritalarına göre yeraltı suyu akımı boyunca iyonlarda artış gözlenmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Canik, B., 1985. Hydrogeologie Karstique du Polje d'Irmene-Bodrum. Karstologia, No. 6, Fransa
- Colin, H.J., 1962. Fethiye-Antalya-Kaş-Finike (GB Anadolu) Bölgesinde Yapılan Jeolojik Etüdler. MTA Dergisi, No. 59, s. 19-59, Ankara.
- Celik, M., 1994. Antalya-Elmalı Polyesinin Hidrojeoloji ve Çayboğazı Baraj Yerinin Jeoteknik İncelemesi. A.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, s. 268, Ankara.
- DSİ, 1978. Elmalı, Akçay ve Demre Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu. s. 51, Ankara.
- DSİ, 1992. Elmalı Kazanpınarları Kaynakları ve Çevresi Karst Hidrojeolojik Etüd Raporu. s. 32, Antalya
- Gözeğer, C., Gül, M.A., 1980. Elmalı Civarının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO Güney Arama Grubu, Rapor No. 1451, Adana.
- Önalan, M., 1979, Elmalı-Kaş (Antalya) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fak. Monografileri 29, İstanbul.
- Schoeller, H., 1962. Les eaux Souterraines. Masson et cie. Paris
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir
- Şenel ve diğ., 1989. Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No. 9429, Ankara
- TSE (266), 1970. İçme Suları., Ankara



Şekil 12. rNa-rCl (a), rMg-rHCO₃ (b) ve rCa-rHCO₃ (c) diyagramları.
Figure 12. rNa-rCl (a), rMg-rHCO₃ (b) ve rCa-rHCO₃ (c) diagrams.

Regresyon analizi verilerine göre; Na ile Cl, Mg ile HCO₃ ve Ca ile HCO₃ iyonlarının yüksek korelasyon katsayılarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

BİR AKİFERİN SERBEST HALDEN BASINÇLI HALE GEÇMESİYLE AKARSU AKIŞ KATSAYISININ DEĞİŞİMİNDEN YARARLANILARAK AKİFER KARAKTERİSTİKLERİİN BELİRLENMESİ

The determination of the aquifer characteristics by means of variations in the runoff coefficients and, from watertable to artesian conditions transition

Mustafa YURDAGÜL Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZ: Bir havzada akifer karakteristikleri değişik yöntemlerle belirlenmektedir. Bu incelemede, zamana bağlı olarak akarsu akış katsayısının değişiminden faydalananlarak, akarsuyu besleyen akiferin karakteristikleri tanımlanmıştır.

Afyon-Sincanlı ovası, Afyon şehrinin 30 km batısındadır. 410 km^2 drenaj alanı ve 83 km^2 ova alanı vardır. Neojen yaşı volkanik sedimanlar ve alüvyon, akifer özelliklerindedir. Akiferin tavanı genelde geçirimsiz kıl ile kaplıdır. Ovanın yüzey ve yeraltısu boşalımı Nacak deresinedir. Ovada 11156 numaralı kuyu ile, yeraltısu gözlemleri yapılmaktadır. Akifer yeraltısu seviyesi, yıllık yağışların etkisi altındadır. Genelde X-XII aylar arası akifer yağış ve akıştan beslenmekte, bu nedenle akarsu akış katsayıları düşük olmaktadır. I-V aylar arası ise, akifer artezyen şartına uçağından, fazlalaşmaktadır. Belirlenen bu farklılık yardımı ile, akifere süzülmenin 0,112; depolama katsayısının 0,1; ortalama dinamik rezervin $40 \text{ hm}^3/\text{yıl}$; ortalama yıllık beslenimin $30,54 \text{ m}^3$; ortalama suan çekimin $10,56 \text{ hm}^3$ ve ortalama boşalımın $19,98 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olduğu ve bu çalışma ile yeraltısu işletmesinin kontrollü olarak $30 \text{ hm}^3/\text{yıl'a}$ çıkarılabilceei belirlenmiştir.

ABSTRACT: The aquifer characteristics can be determined by various methods in a basin. In this paper, the characteristics of the aquifer have been described depending on the variations of the stream runoff with time.

Afyon - Sincanlı plain is 30 Km west of Afyon with a drainage area of 410 sq Km and plain area of 83 sq Km . Neogene Volcanic sediments and alluvium are aquifers. The top of the aquifer is covered by impermeable clay. The surface and subsurface flows of the plain is towards Nacak stream.

The grounddwwater level is observed and recorded by well No : 11156. The aquifer is influced by annual precipitation. In general, the aquifer has been recharged between X-XII months by infiltration from the precipitation and the runoff coefficient between I-V months, recharge to aquifer does not occur and consequently an increase in the runoff coefficient is observed. From the runoff coefficient, estimated infiltration to the aquifer is 0,112; storage coefficient 0,1; annual mean active volume 40 hm^3 ; annual mean discharge $30,54 \text{ hm}^3$; annual mean withdrawn $10,56 \text{ hm}^3$ and annual mean discharge is $19,98 \text{ hm}^3$. This investigation has reached to the conclusion that the existing grounwwater use can be increased to 36 hm^3 year

GİRİŞ

Bir akiferin hidrolojik karakteristikleri değişik yöntemlerle belirlenmektedir. Bu çalışmada, boşalı akarsuya olan, Afyon Sincanlı ovasında yeralan akiferin hidrolojik karakteristikleri, zamana bağlı olarak ve akarsuda oluşan akış katsayıları farkından yararlanılarak, belirlenmiştir.

İNCELEME ALANININ GENEL TANIMI

Afyon - Sincanlı ovası, Afyon ilinin 30 km batısındadır. Drenaj alanı 410 km^2 , ova alanı 83 km^2 dir. Neojen yaşı volkanik sedianterler ile alüvyonlar yörede görülür. Ovada halen yeraltısu istelesi yapılmaktadır. Akiferin alanı 80 km^2 kadardır. Akifer, tavanı geçirimsiz kille kaplı olduğundan, bahar aylarında lilk gösterir. Yöre yağış istasyonları verileri ve 11156

numaralı kuyu boşalım kotuna göre, seviye değişim verileri Şekil 1'de, havza boşalımını temsil eden akış değerler Şekil 2'de verilmiştir.

YAĞIŞ-YÜKSEKLİK İLİŞKİSİ VE HAVZA ORTALAMA YAĞIŞININ BELİRLENMESİ :

Ovada sadece Sincanlı Devlet Meteoroloji İstasyonu vardır. Yağış-Yükseklik ilişkisini belirlemek için, Sincanlı'ya yakın ve yıllık toplam yağışları Şekil 1'de verilen diğer istasyonların, 1968-1985 yılları arasındaki ortak süre boyunca, istasyon yağışları "X" ekseninde ve istasyon kotları "Y" ekseninde Şekil 4'de gösterilerek ilişki belirlenmiştir. $r = 0.81$ 'lik korelasyon ile $P = Po + 1,5 \times \Delta h$ bağıntısı bulunmuştur. Eşitlikte P = aranan kottaki yağış, Po = Sincanlı DMİ ortalama yıllık yağışı ve Δh = Sincanlı ile istenilen yağış noktası kotu farkıdır.

SINCANLI MOS MONTHLY PRECIPITATION VALUES (in mm)

SINCANLI DMİ AYLIK TOPLAM YAĞIŞ DEĞERLERİ (Birimler mm dır.)

TOTAL PRECIPITATION VALUES OF THE
REGIONAL OBSERVATION STATIONS
(VALUES in mm)
YÖRE DMİ YILLIK TOPLAM YAĞIŞ DEĞERLERİ
(Birimler mm cinsindendir)

YIL	Ek.	Kas.	Aral.	Ocak	Şub.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Sincan	Afyon	İzmir	Şırnak	İzmit		
1990													545.6	439.0	518.9	727.0		
1989													405.6	272.8	347.3	393.0		
1988													426.6	352.9	437.6	632.8		
1987													499.0	356.4	439.2	594.4		
1986													421.5	333.6	479.4	598.9		
1985	0.0	50.2	18.1	145.4	104.4	37.6	38.1	57.9	19.1	22.4	23.1	0.0	515.9	347.3	351.3	412.4	662.4	
1984	20.5	135.7	49.1	65.7	55.0	33.3	116.6	49.5	8.8	58.6	21.1	0.0	664.9	155.1	517.5	473.6	730.7	
1983	29.4	7.6	14.9	64.3	77.8	33.0	71.0	39.4	23.7	73.7	6.1	11.0	457.2	365.0	296.1	331.8	636.4	
1982	54.5	59.7	120.1	39.3	41.4	34.2	93.3	64.3	43.8	24.6	12.1	27.9	616.0	369.5	367.6	560.1	701.2	
1981	35.7	79.6	120.0	48.2	64.0	54.2	33.8	38.9	28.5	19.7	6.1	2.3	632.5	397.5	114.6	395.5	692.9	
1980	55.4	101.0	101.6	91.3	26.1	52.3	58.3	36.7	14.4	1.3	4.1	26.8	571.4	407.6	373.7	392.6	665.7	
1979	58.9	21.2	74.0	54.2	22.8	25.1	53.7	77.7	54.9	1.0	0.7	6.9	551.7	141.7	405.7	418.7	706.1	
1978	57.8	19.1	64.0	10.3	128.9	94.8	77.2	18.4	10.4	7.2	0.0	22.2	608.4	130.7	473.0	409.1	786.9	
1977	96.6	29.8	110.4	41.3	20.8	21.2	98.5	5.1	31.0	14.5	0.0	38.7	516.5	376.1	383.9	405.7	610.9	
1976	19.7	121.9	80.1	52.3	34.6	42.3	99.1	102.4	13.4	70.1	2.1	0.0	678.3	458.9	376.6	669.6	614.7	
1975	24.5	28.0	79.3	44.8	60.8	71.8	35.8	69.1	105.4	0.0	15.2	0.0	534.6	382.3	438.3	542.2	582.9	
1974	50.1	13.3	130.4	31.1	63.5	73.4	40.2	63.9	35.3	0.0	16.0	31.9	549.6	289.8	409.5	348.2	572.3	
1973	102.9	21.1	0.6	12.5	87.1	46.6	53.5	32.4	14.4	24.7	1.6	3.5	400.9	266.2	205.3	433.4	612.5	
1972	70.1	35.2	91.5	24.7	48.3	33.3	37.3	31.1	65.9	48.6	106.7	7.6	607.6	410.2	422.6	508.4	703.9	
1971	42.7	20.1	73.5	45.0	76.8	108.3	44.0	46.0	25.9	29.6	25.5	26.2	563.9	410.2	426.8	782.0	620.6	
1970	24.7	55.9	61.1	62.8	105.5	35.3	26.2	10.5	11.1	3.2	6.8	15.0	518.2	347.7	425.7	740.7	618.4	
1969	46.4	33.6	64.2	65.8	51.6	35.1	87.8	48.0	36.5	26.1	0.0	0.0	496.1	477.4	444.0	752.3	786.8	
1968	48.1	35.6	82.4	140.5	39.4	181.8	30.4	67.7	65.9	0.0	11.6	78.5	781.9	460.8	649.1	601.4	658.7	
1967	5.4	33.9	54.0	68.2	21.9	22.9	88.1	60.9	8.7	3.3	5.4	18.5	491.4	299.4	339.4	525.4		
1966	14.7	57.1	91.2	140.7	15.9	72.1	61.4	67.5	14.8	43.8	11.6	23.5	614.5	298.0	654.7		718.1	
1965	0.2	42.6	137.8	29.1	120.0	48.8	84.7	60.6	10.6	15.3	1.6	0.0	551.3	300.1	481.9			
1964	50.0	12.5	43.1	3.0	44.5	96.3	16.8	51.7	95.6	0.2	0.0	23.0	433.7	366.8	440.0			
													ORTALAMA (1968-1985 yılları)	570.3	394.2	426.2	509.9	666.4

GROUNDWATER LEVEL FLUCTUATION LEVELS TABLE ACCORDING TO THE PLAIN DISCHARGE ELEVATION AT LEVEL GAUGING WELL 11156

11156 NUMARALI LİMİNGRAFLI SONDAJ KUYUSU OVA BOŞALIM KOTUNA GÖRE YERALTISUYU SEVİYE DEĞİŞİM TABLOSU

Ova Boşalım Kotu: 1058 m

Kuyu Kotu : 1065 m

(Değerler m' cinsindendir)

SU YILI	A Y L A R											
	Ek.	Kas.	Ar.	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Ha.	Tem.	Ağu.	Eyl.
1992	2.80	4.40	1.55	4.92	5.67	5.80	5.94	6.02	6.01		4.80	2.35
1991			4.09		4.05	4.18	5.30	5.42	4.07	3.58	3.35	3.49
1990	3.60	4.0	4.59	4.85	4.92	5.22	5.16	5.30	5.18	5.03	5.05	4.75
1989	3.70	3.95	3.28	5.20	5.36	5.48	5.28	4.48	4.45	3.70	3.49	3.30
1988	4.07	4.55	4.79	5.14	5.30	5.47	5.59	5.75	5.35	4.15	3.58	3.35
1987	4.42	4.6	4.87	5.20	5.45	5.70	5.70	5.82	5.60	4.65	3.80	3.62
1986	4.20	4.5	4.76	5.22	5.62	5.74	5.61	5.29	4.72	3.35	3.26	3.80
1985	3.84	4.09	4.35	4.40	5.52	5.52	5.70	5.76	5.65	3.70	3.39	
1984	4.61	4.6	5.08			5.09	5.06	5.14	4.82	3.94	4.07	3.87
1983	4.60	4.9	5.09	5.22	5.11	5.72	5.79	5.72	5.45	4.87	4.51	4.42
1982	3.46	3.72	3.93	4.46	4.58	5.71	5.78	5.74	5.64	5.04	3.96	4.34
1981	4.77	4.90	5.06			5.92	5.88	5.82	4.46	3.58		
1980		4.98				5.82		5.73	5.38	4.90	4.35	4.60
1979	5.11	4.70	5.28	5.77	6.01	5.90	5.70					4.60
1978	4.42	4.87		5.72	5.76	5.79	5.86	5.77	5.58	5.04	3.37	3.98
1977	4.96	5.0	5.20	5.48	5.10	5.69	5.77	5.86	5.55	4.68	3.80	3.98
1976	4.2	4.9	5.20	5.52	5.92	5.97	6.01	5.80	5.59	5.43	5.12	5.00
1975		5.10	5.02	4.97	5.22	5.58	5.77	5.70	5.48	5.25	5.04	

Şekil 1 - Figure 1

Havza ortalama yağışını belirlemek için, havza eş yükseltili alanlara ayrılmıştır. Yukarıdaki eşitlik kullanılarak, alanların yağışları hesaplanmış ve ortalama havza yağışı belirlenmiştir. Bulunan yağış 0.72 m olup, Sincanlı DMİ'dan 100 m. yukarıdaki bir kota isabet etmektedir.

YAĞIŞ-YERALTISUYU BESLENİM İLİŞKİSİ VE YAĞIŞ EŞİGINİN BELİRLENMESİ

Bir akiferde, akiferin beslenme periyodundaki yeraltısuyu seviye değişimi ile aynı dönemdeki toplam beslenim yağışı lineer olarak karşılaştırılırsa, yağış-beslenim ilişkisi belirlenir. Yeraltısuyu seviyesinin sıfır olduğu noktadaki yağış değerine, yağış eşiği denir. Yağış eşinin (+) değeri olmasi, herhangi bir nedenle yağışa bağlı olmadan ilave beslenim olduğunu, (-) olması herhangi bir nedenle akifere intikal etmeyen yağış miktarını gösterir.

Şekil 3'de verilen 11156 numaralı gözlem kuyusu seviye değişimleri incelenmiştir. 1975 ile 1976 yıllarında, çekim ihmali edilebilir boyutta olduğundan, yeraltısuyu azalım doğruları baz boşalım doğruları ile çakışmaktadır. Bu baz boşalım doğruları esas alınarak, diğer yıllar için yeraltısuyu seviyesinin minimum olduğu noktadan baz boşalım doğrusuna paralel çizilerek, yağış etkisi olmadan akiferde gelişen seviye değişimi belirlenmiştir. Yeraltısuyu seviyesinin maksimum olduğu ilk noktadan çizilen doğrunun azalım doğrusuna olan izdüşüm mesafesi, yağıştan kaynaklanan toplam yükselişi (Δh) olarak belirlenmiştir.

Bu yükselseme neden olan ve Şekil 3'de sola eğik taramalı gösterilen beslenim yağışları (ΣPb) simgesi ile ve Δh yükselişleri Şekil 4'de grafik halinde verilmiştir. $r = 0.85$ 'lik korelasyonla $\Delta h = -1.58 + 0,019 \times P$ eşitliği elde edilmiştir. Doğrunun $\Delta h = 0$ noktasında, $Pb = 83$ mm bulunur. Bu değer, yağış eşiği olup, akifere intikal etmeyen iş miktarını verir.

YERALTISUYU SEVIYE GÖZLEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil 3'de verilen, 11156 numaralı gözlem kuyusu boşalım kotuna (1058 m'ye) göre çizilmiş yarılogaritmik seviye değişim grafiğinde, A-B-C ve D tipi doğrular belirlenmiştir. Grafikte, +7 m kotu aynı zamanda topografik düzeydir. Ova oldukça düz olup, satıhta 1-1,5 m kalınlığında killi toprak örtü bulunmaktadır. Ayrıca ovada taban suyunu önlemek için drenaj kanalları açılmıştır.

Yeraltısuyu seviye değişimleri, XII. ile V. aylar arasında, yağış ne olursa olsun, bitkisel toprak taban seviyesinde sabitleşmekte ve "A" tipi doğrular oluşturmaktadır. Akifer, artezyen şartı ulaşmakta, akiferden çıkan su kadar, akifere su girmekte ve seviye sabit kaldığından, dinamik rezerv de sabit kalmaktadır. V. ile VIII. aylar arasında, ovada yeraltısuyu işletmesi olduğundan, 1975 ile 1976 yıllarında oluşan tabii azalım doğrusundan daha eğimli "B" tipi doğrular oluşturmaktadır. IX. ile X. aylar arasında, yağış çok az iken, çekimden dolayı oluşan sahasal düşüm hızla

kapandığından, "C" doğruları oluşturmaktadır. XI. ile I. aylar arası, yağışlar nedeniyle, akifer beslenmeye ve "D" tipi doğrular oluşturmaktadır. Yeraltısuyu seviye gözlemlerinde, 1978 yılından beri, yukarıda izah edilen 4 değişik doğru tipi gözlenmektedir.

BELİRLİ PERİYOTLARDA AKARSU AKIŞ KATSAYISININ, AKİFER BESLENME MİKTARLARININ VE AKİFER DEPOLAMA KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Sincanlı ovasında, akiferin beslenme ve artezyen dönemindeki akarsu akış katsayıları, buna bağlı olarak akiferin beslenme miktarı ile, depolama katsayısı aşağıda belirlenmiştir.

Şekil 2'de, Sütun 1'de değerlendirmenin yapıldığı su yılı yazılmıştır. Sütun 2'de akiferin durumu verilmiştir. Örneğin, 1976 suyılı için, Şekil 3'de verilen yeraltısuyu seviye değişimleri incelendiğinde, 1976 Kasım ile 1977 Ocak ayları arasında yağışlar nedeniyle, akiferde beslenme olduğu görülmür. Sütun 2'nin üst bölümünde bu aylar belirtilmiştir. Grafikte, 1977 Şubat ile Nisan ayları arasında seviye sabit kaldığından, akiferin artezyen olduğu ve aylar sütun 2'nin alt bölümüne yazılmıştır. Sütun 3'de, üst bölümde beslenim aylarındaki yağış toplamı verilmiştir. Yağışlar, Şekil 1'deki tablo dan alınmıştır. Ayrıca Şekil 3'de yağış grafiğinde sola eğik taramalı çubuk grafik olarak gösterilmiş ve toplamları verilmiştir. Sütun 3'ün altına aynı şekilde, akiferin artezyen olduğu aylardaki toplam yağış miktarı verilmiştir. Yine Şekil 1'den alınan değerler, Şekil 3'de sağa eğik taramalı olarak gösterilmiştir. Sütun 4'de sütun 1'de verilen su yılına ait, Sincanlı DMİ yıllık toplam yağışı, Şekil 1'den alınarak yazılmıştır. Sütun 5'de, üst satırda sütun 3'de verilen yağış ile, sütun 4'de verilen yağış oranı yazılmıştır. Örneğin 1976 yılında, toplam beslenim yağışı 294,3 mm dir. Suyılı yağışı 678,3 mm dir. İki yağışın oranı 0,43 olup 1976 yılı için, sütun 5'in üst bölümüne yazılmıştır. Sütun 5'in alt satırına aynı şekilde yağışlar oranlanarak yazılmıştır. Sütun 6'da, yukarıdaki bölgelerde (yağış-yükseklik ilişkisi ve ortalama yağışın bulunması bölümünde) geçen veri kullanılmıştır. Sincanlı DMİ kotu, ortalama havza kotundan 100 m aşağıdadır. Dolayısıyla, $1,5 \times \Delta h = 1,5 \times 100 = 150$ mm'lik ilave yağış havzaya gelecektir. Bu sabit değer, sütun 6'da verilmiştir. Sütun 5'de hesaplanan yağış oranları, sütun 6 ile çarpılarak ait oldukları dönem ilave yağışları olarak sütun 7'de verilmiştir. Ait oldukları dönemlere ait sütun 3 ile sütun 7'nin toplamları, sütun 8'de verilmiştir. Sütun 8'de bulunan, düzeltilmiş havza toplamı yağışı 410 km^2 olan drenaj alanı ile çarpılarak, belirtilen dönemde ait havza toplam yağışı bulunarak, sütun 9'da verilmiştir. Sütun 10'da, sütun 2'de belirtilen aylardaki akarsu akış değerleri, Şekil 2'den alınarak, toplam değeri verilmiştir. Şekil 2'de, akiferin beslenme ayları yıldız, artezyen şartı ayları artı simgesi ile verilmiştir. Örneğin, 1976 yılında akiferin beslenme aylarında ölçülen ortalama akış, 1976 Kasım için $0.185 \text{ m}^3/\text{sn}$, Aralık için $0.637 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve 1977 Ocak için 1.739

Yıl \ Ay	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem.	Ağust.	Eylül	
1985	0.633*	0.973*	1.103*	2.236*	3.121 ⁺	2.736 ⁺	2.210 ⁺	1.176	0.584	0.353	0.439	0.486	
1984	0.529*	1.793*	0.003 ⁺	1.348 ⁺	3.289 ⁺	4.317 ⁺	3.440 ⁺	3.033	1.333	0.727	0.671	0.457	
1983	0.814*	1.070*	1.136*	1.537*	1.650 ⁺	4.397 ⁺	3.648 ⁺	1.758	1.565	1.211	0.494	0.318*	
1982	1.417*	1.602*	0.899*	0.958*	0.894*	2.129 ⁺	3.696 ⁺	1.633	2.327	0.594	0.355	0.462*	
1981	0.910	0.761	0.449	1.824	3.785	7.023	2.397	0.806	1.044	0.880	0.555	0.717	
1980	0.613	0.985	1.505	2.205	2.179	3.161	3.707	1.233	0.316	0.337	0.353	0.625	
1979	0.689*	0.776*	0.930*	2.900 ⁺	2.632 ⁺	0.484 ⁺	0.584 ⁺	1.024	1.268	0.367	0.312	0.362	
1978	0.457*	0.426*	0.420*	1.460 ⁺	5.330 ⁺	4.819 ⁺	5.167 ⁺	0.728	0.008	0.131	0.332	0.621*	
1977	0.049*	0.131*	0.709*	0.995 ⁺	1.741 ⁺	0.981 ⁺	1.535 ⁺	0.512	0.305	0.304	0.257	0.360*	
1976	-	0.185*	0.637*	1.739*	1.466 ⁺	3.955 ⁺	4.913 ⁺	1.384	-	-	-	-	
1975	0.482	0.704	0.501	0.380	1.058	2.485	0.702	0.193	0.470	0.378	-	-	
1974	0.370	0.131	0.134	0.332	1.137	3.406	0.409	0.696	0.466	0.444	0.535	0.504	
1973	0.224	0.495	0.513	0.473	0.875	2.537	1.181	0.361	0.024	0.303	0.245	0.290	
1972	0.457	0.446	0.962	0.101	0.689	1.130	0.250	0.299	0.750	0.283	0.133	0.290	
1971	0.555	0.539	0.785	0.582	1.375	3.857	4.113	2.620	1.761	1.166	1.601	1.987	
1970								1.246	0.381	0.498	0.589	0.576	0.522

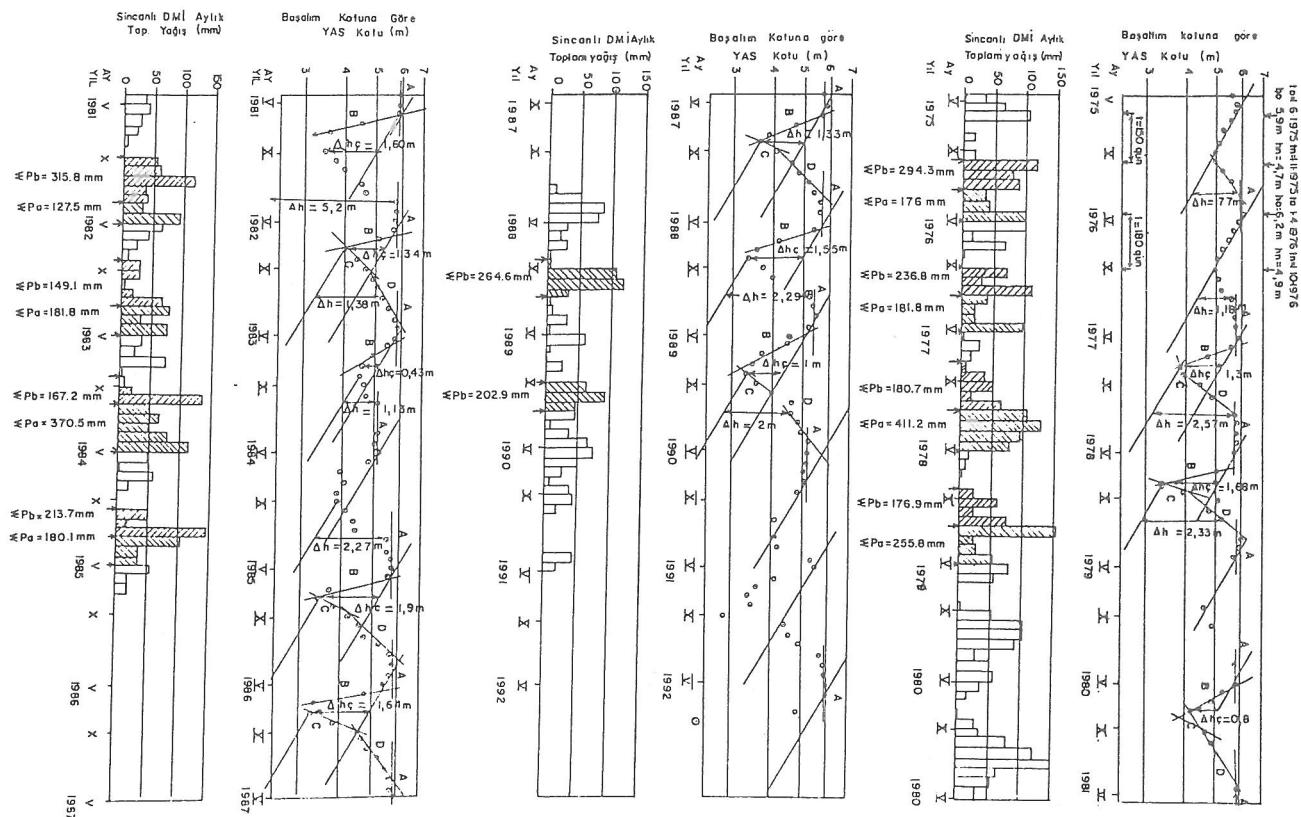
NOT: (-) Akım farkı eksel değerlidir

TABLE FOR THE DETERMINATION OF RECHARGE TO THE AQUIFER AND DIFFERENCE OF RUNOFF COEFFICIENT FOR ARTESIAN CONDITION MONTHS AND AMOUNT OF INFILTRATION TO THE AQUIFER

AKİFERİN BESLENME ve ARTEZYEN KONUMUNDAKI AYLARA AIT AKIŞ KATSAYISI FARKLARININ AKİFERE GİREN SU MIKTARININ ve AKİFER DEPOLAMA KATSAYISININ BELİRLENMESİNİ GÖSTERİRTABLO

Süsun 1	Süsun 2	Süsun 3	Süsun 4	Süsun 5	Süsun 6	Süsun 7	Süsun 8	Süsun 9	Süsun 10	Süsun 11	Süsun 12	Süsun 13	Süsun 14	Süsun 15	Süsun 16	Süsun 17	
SU YILI	Akiferin Durumu	Yağış Toplamı (mm)	Su Yılı Toplam Yağ. (mm)	Yağış %o orası	Orf. Kod	Orta. Kod	Diz. Top	Havza Yağış Top. (mm)	Akışlar öylek Toplamı cm ³ /s	Toplam Havza Akışı (hm ³)	Aksarca Akış Katsayı	Akış Katsayı Farkı Farkı Su (hm ³)	Akış Katsayı Farkı Farkı Seviye (m)	Akifer Depolama Katsayı (s)			
1976	Beslenim Ay:xi-I Arkezen Ay:ii-IV	294.3	678.3	0.43	150	64.5	358.8	147.11	2.561	6.64	0.045	0.259	38.10	1.77	80	0.27	
		176.0		0.26		39.0	215.0	88.15	10.334	26.79	0.304						
1977	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	236.8	516.5	0.46	150	69.0	305.8	125.38	0.899	2.30	0.018	0.130	16.30	1.18	80	0.17	
		181.8		0.28		42.0	223.8	91.76	5.252	13.61	0.148						
1978	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	180.7	608.4	0.34	150	51.0	231.7	95.00	1.658	4.30	0.045	0.149	14.15	2.51	80	0.07	
		411.2		0.68		102.0	513.2	210.41	15.776	40.89	0.194						
1979	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	176.9	551.7	0.32	150	48.0	224.9	92.21	3.016	7.82	0.085	0.032	2.95	2.39	80	0.02	
		255.8		0.46		69.0	324.8	131.17	6.016	15.59	0.117						
1982	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	315.8	616.0	0.51	150	76.5	392.3	160.84	5.770	14.96	0.093	0.139	22.36	5.20	80	0.05	
		127.5		0.21		31.5	159.0	65.19	5.825	15.10	0.232						
1983	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	149.1	457.2	0.33	150	49.5	198.6	81.43	5.019	11.01	0.160	0.094	7.65	1.38	80	0.07	
		181.8		0.40		60.0	241.1	78.85	9.695	25.13	0.254						
1984	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	167.2	664.9	0.25	150	37.5	204.7	83.93	2.322	6.02	0.072	0.053	4.44	1.13	80	0.05	
		370.5		0.56		84.0	454.5	186.35	8.954	23.21	0.125						
1985	Beslenim Ay:xi-XII Arkezen Ay:ii-IV	213.7	515.9	0.41	150	61.5	275.2	112.83	4.312	11.18	0.100	0.119	13.43	2.27	80	0.07	
		180.1		0.35		52.5	212.6	75.37	9.067	20.91	0.219						
									ORTALAMA			0.122				0.1	

Sekil 2 - Figure 2



Şekil 3 - Figure 3

m^3/sn dir. Toplam $2.561 m^3/sn$ olup, sütun 10'da ait olduğu satır yazılmıştır. Sütun 10'da bulunan değerler, $86400 sn \times 30$ gün ile çarpılarak, havza toplam akışı bulunmuş ve sütun 11'de ait olduğu satır yazılmıştır. Sütun 11'de bulunan havza toplam akışı ile, sütun 9'da bulunan havza toplam yağışı, oranlanarak akarsu akış katsayısı, ait oldukları dönemler için hesaplanmış ve sütun 12'de verilmiştir. Böylece, her yıl için akiferin beslenme ve artezyen dönemindeki aylara ait, akarsu akış katsayıları bulunmuştur. Bulunan bu değer önemlidir. Kişi aylarında çekim yokken, buharlaşma ihmali edilebilir boyutta iken, akiferin beslenememesinden dolayı, akarsu akış katsayısı değişmiştir. Dönemler arasındaki fark alınarak, ait oldukları suyılina yazılmıştır. Pratik olarak, akiferin beslenme döneminde, akifere giren su, bu akış katsayısı farkını oluşturmuştur. Tersten gidilerek, her suyılının beslenme dönemindeki havza toplam yağışı ile, akarsu akış katsayısı farkı çarpılarak, akifere giren su miktarı belirlenmiştir. Sonuç, sütun 14'de verilmiştir. Her yıl için belirlenen beslenme karşılık, 11156 numaralı gözlem kuyusunda oluşan seviye değişimleri, Şekil 3'de Δh olarak gösterilmiştir. Bu değer sütun 15'de verilmiştir. Daha önce belirtilen akifer alanı ($80 km^2$) sütun 16'da verilmiştir. Her yıl için akifer beslenim miktarı, seviye yükselişi ve akifer alanı belirlendiğine göre;

$$V = A \times h \times S \text{ eşitliğinden}$$

V = Yeraltısuyu hacmi (m^3) (Sütun 14, akifere giren su)

A = Akifer alanı (m^2)

h = Yeraltısuyu seviye değişimi (m)

S = Akifer depolama katsayısı (boyutsuz) faydalananlara,

$$V = \frac{A \times h}{S}$$

eşitliği elde edilir. Her su yılı için, belirlenen değerler eşitlikte yerine konarak, akifer için ortalama depolama katsayısı bulunmuş olur. Her yıl için hesaplanan sütun 17'de verilmiştir. Sekiz yıllık ortalama değer 0.1 dir.

AKİFER BOŞALIM KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Akiferde, tabii şartlar altında yeraltısuyunun boşalabileceği nihai su seviyesine, yeraltısuyu boşalım kotu denir. Bu seviye üzerindeki rezerv, dinamik olup, akiferin hidrolik parametrelerine bağlı olarak, sürekli boşalmalar gösterecektir. Boşalım, (a) simgesi ile Maillet tarafından kaynaklar için verilen $Q_t = Q_{\text{oxe}} e^{-at}$ eşitliğinde ifade edilir.

Eşitlikte;

$Q_t = \text{Herhangi bir t anındaki kaynak debisi (l/s)}$

$Q_0 = \text{Başlangıç anındaki kaynak debisi (l/s)}$

GRAPH FOR THE RELATION BETWEEN
PRECIPITATION AND ALTITUDE
YAĞIŞ YÜKSEKLİK İLİŞKISİNİ
GÖSTERİR GRAFİK

İSTASYON ADI ORT.YAĞIŞ(mm) KOT(m)

AFYON	394,2	1034
SINCANLI	570,3	1150
İHSANIYE	426,2	1110
SERBAN	509,9	1240
DUMLUPINAR	666,4	1250
ORTALAMA	513,4	1156,8

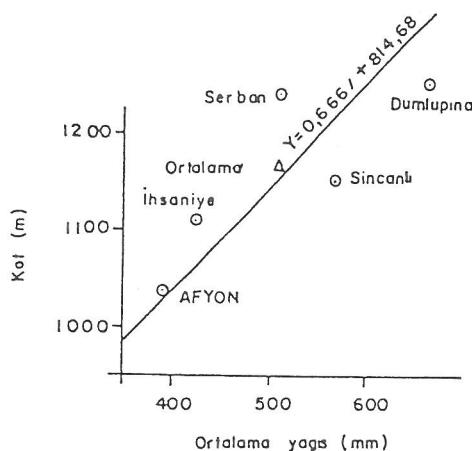
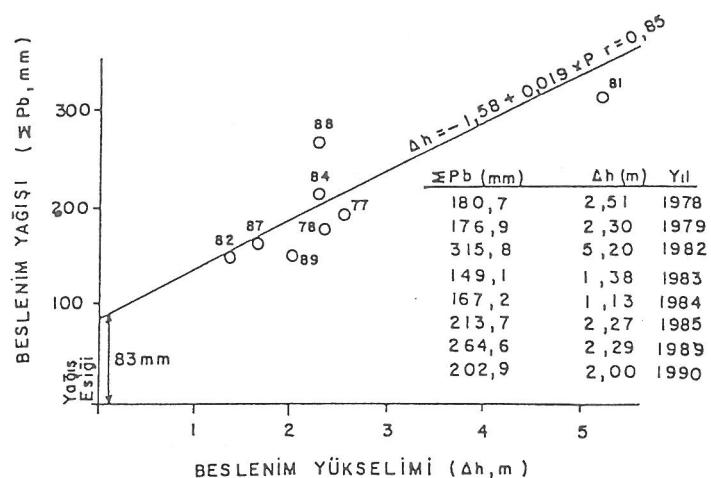


TABLE SHOWING THE DISTRIBUTION OF ANNUAL NATURAL DISCHARGE AND THE DYNAMIC RESERVE
TABLOU BOŞALIM ve DİNAMİK REZERV TABLOSU

SU YILI	Bogalim kotuna güre yil- lik ortala- ma h(m)	Dinamik Rezerv Y=AxSgh (hm ³)	Tabii Bogalim Q=Vxg (hm ³)
1976	5.463	43.70	22.46
1977	5.141	41.13	21.18
1978	5.122	41.00	21.10
1982	4.697	37.58	19.35
1983	5.152	41.22	21.23
1985	4.643	37.14	19.13
1986	4.677	37.42	19.27
1987	4.958	39.66	20.43
1988	4.758	38.06	19.60
1989	4.306	34.45	17.74
1990	4.431	35.45	18.20
ORTALAMA		19.98	

GRAPH FOR RECHARGE VERSUS ALTITUDE
RELATION

BESLENİM YAĞIŞI İLE YÜKSELİMİ İLİŞKISİNİ
GÖSTERİR GRAFİK



GRAPH SHOWING THE CALCULATION OF THE
ACTUAL CONSUMPTION

FİLLİ ÇEKİMİN HESAPLANMASINI GÖSTERİR TABLO

YIL/AY	Bogalim kotuna göre		h değeri traftan ölçülen h değeri	h değeri belirlenen h değeri farkı (m)	Filli Çekim Q=Axhxs (hm ³)
	traftan ölçülen h değeri	Kuyuda belirlenen h değeri			
1977/8	5.10	3.80	1.30	10.46	
1978/8	5.05	3.37	1.68	13.44	
1980/8	5.15	4.35	0.80	6.40	
1982/8	5.30	3.96	1.34	10.72	
1983/8	5.20	4.87	0.13	3.44	
1985/8	5.29	3.39	1.90	15.20	
1986/8	4.90	3.26	1.64	13.12	
1987/9	4.95	3.62	1.33	10.61	
1988/9	4.90	3.35	1.55	12.40	
1989/9	4.90	3.35	1.55	12.40	
1990/9	4.30	3.30	1.00	9.00	
ORTALAMA				10.56	

Şekil 4 - Figure 4

e = Sabit katsayı

a = Kaynak boşalım katsayısı (gün^{-1})

t = Başlangıç ile t anına kadar geçen toplam zaman (gün) olarak verilmektedir. Eşitlikte Q yerine, boşalım kotuna göre belirlenen su yüksekliği (h) değerleri konur ve (a) eşitliğin bir yanına çekilirse;

$$a = \frac{\log h_0 - \log h_t}{0.4343 \times t}$$

a = eşitliği elde edilir. Eşitlikte;

h_0 = Başlangıçtaki yeraltısuyu seviyesi (m)

h_t = t anındaki yeraltısuyu seviyesi (m)

$0.4343 = 1/\log e$ den gelen sabit sayı

$t = h_0$ ile h_t seviyeleri arasında geçen zaman (gün) dür.

Sincanlı ovasında, yeraltısuyu ve yüzey suyu boşalımı, ova kuzeyinde Nacak Dere'sine olmaktadır. Dere alüvyonları, ince ve killi olduğu için, dere taban kotu (1058 m.) yeraltısuyu boşalım kotu olarak alınmıştır. 11156 numaralı gözlem kuyusu seviye ölçümleri boşalım kotuna göre Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 3'de boşalım kotuna göre hazırlanan yarılogaritmik seviye değişim grafiği incelendiğinde, 1975 ve 1976 yıllarında kurak periyotta (yağsız aylarda), yeraltısuyu seviye değişimlerinin düzenli olduğu görülür. Yani, diğer yıllara nazaran, 1975 ve 1976 yıllarında seviye değişimleri, yeraltısuyu baz azalım doğrusu ile çakışmaktadır. Bu şekilde belirlenen, 1975 ve 1976 yılları için, t_0 , t_n , h_0 , h_n ve t süreleri, Şekil 3'de gösterilmiştir. Değerler, yukarıdaki eşitlige konur ve ortalaması alınırsa, $a = 0.001411 \text{ gün}^{-1}$ bulunur.

YERALTISUYU TABİİ BOŞALIMININ BELİRLENMESİ

Sincanlı ovasındaki 11156 numaralı gözlem kuyusu yeraltısuyu seviye gözlemleri, boşalım kotuna göre, aylık bazda tablo halinde Şekil 1'de verilmiştir. Her suyılina ait değerlerin ortalaması, Şekil 4'de soldaki tabloda verilmiştir. Bu "h" yüksekliğini oluşturan dinamik rezerv; $V = AxhxS$ ($A = 80 \text{ Km}^2$, $S = 0.1$) eşitliği kullanılarak, her yıl için belirlenmiş ve $Q = Vxa$ ($V = \text{Dinamik rezerv}$, $a = 0.001411 \text{ gün}^{-1}$) eşitliği kullanılarak, yıllık tabii boşalım miktarı bulunmuştur. Sonuçlar, Şekil 4'de verilmiş olup 11 yıllık ortalamaya boşalım : 19.98 hm^3 / yıldır.

YERALTISUYUNDAN YAPILAN ÇEKİMİN BELİRLENMESİ

Ovada, her geçen yıl sayıları artan işletme sondaj kuyuları açılmaktadır. Yeraltısuyu kullanımının akiferdeki etkisi, Şekil 3'de verilen 11156 numaralı gözlem kuyusu seviye değişiminin incelenmesiyle belirlenebilir. Grafikte, genelde her yıl V. aydan sonra seviyede bir alçalma görülmektedir. Eğer akiferden su kullanımı olmasaydı, 1975 ve 1976 yılları seviye değişimine paralel değişim gözlenecekti. Ancak, 1977 yılından itibaren yeraltısuyu işletmesinden dolayı, eğri eğimi artakta ve yukarıda izah edilen "B" tipi doğrular gelişmektedir. Seviye gözlemlerinde çıkışının etkisi kümülatif

göründüğünden, yeraltısuyu seviyesinin minimum olduğu anda tabii azalım doğrusundan olan sapma (Δh_c), çekimden oluşan seviye değişimini verir. Bu şekilde Şekil 3'deki grafdan belirlenen Δh_c değerleri, Şk: 4 de verilmiştir. Akifer alanı 80 km^2 ve $S = 0.1$ olduğuna göre, oluşan seviye farkının dinamik rezervdeki etkisi, $V = Ax \Delta h_c \times S$ eşitliğinden bulunabilir. Bu yolla hesaplanan çıkışının 11 yıllık ortalaması, 10.56 hm^3 / yıl olarak bulunmuştur.

SİNCANLI OVASI YERALTISUYU BİLANÇOSUNUN BELİRLENMESİ

Ovada beslenim, yağıştan ve akıştan olmaktadır. Boşalım ise, tabii boşalım, çekim ve buharlaşma - terleme ile olmaktadır. Değerlendirmeler yeraltısuyu seviye gözlemlerine dayandırıldığından, buharlaşma -terleme kayipları çekime dahil edilmiştir.

Şekil 3'deki seviye değişimleri incelendiğinde, akiferde her yıl boşalma denk beslenim olduğu görülür. Ovada tabii boşalım, 19.98 hm^3 /yıl, çekim 10.56 hm^3 /yıl olduğuna göre bilanço;

BESLENİM (hm^3 /yıl)
Yağış+akıştan besl. 30.54

BOŞALIM (hm^3 / yıl)
Tabii boşalm 19.98
Çekim 10.56

TOPLAM : 30.54 TOPLAM : 30.54 olur.

TEORİK İŞLETME REZERVİNİN BELİRLENMESİ

Sincanlı ovasında boşalım kotu 1058 m. dir. Ovanın beslenme tarafındaki topografik kotu 1090-1100 m dolayındadır. Açılan işletme sondajlarında, akiferin 60-100 m daha, boşalım kotu altında devam ettiği görülmektedir. Bilançoda, dural boşalım en büyük bölümü oluşturmaktadır. Bu şartlar dikkate alınırsa, ilk etapta toplam boşalma denk işletme olasılığı ortaya çıkar. Zaten 11156 numaralı gözlem kuyusu seviye değişimini incelenirse, genelde XII. ile V. aylar arası, akiferin yağış olmasına rağmen beslenemediğini göstermektedir.

Açılanacak yeni gözlem kuyuları izlenerek, nihai bazda havza ortalaması yağışından olusabilecek besleneme gidilmelidir. Havza ortalaması yağışı 0.72 m , drenaj alanı 410 km^2 , süzülme oranı akarsu akış katsayısı farklı olup, ortalaması 0.122 alınırsa; $Q = AxP=s$ eşitliğinden,

$Q = \text{Havza ortalaması yeraltısuyu beslenimi} (\text{hm}^3/\text{yıl})$

$A = \text{Akifer alanı} (\text{km}^2)$

$P = \text{Havza yıllık ortalaması yağışı} (\text{m})$

$s = \text{Süzülme} (%)$

$Q = 410 \times 106 \text{ m}^2 \times 0.72 \text{ m/yıl} \times 0.122 = 36 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ yıllık yeraltısuyunun işletilebileceği ortaya çıkabilir.

DEĞİNİLEN BELGELELER

DSİ Akarçay havzası hidrojeolojik etüt raporu 1976 ANKARA

Korkmaz, N., Yağış - Yeraltısuyu seviye ilişkisi ve su kaynaklarının projelendirmesine etkisi 1988 ANKARA

MINERAL WATER RESOURCES OF TURKMENISTAN

Altaev Danatar SAPAROVICH Turkmengeologıa, Askabat, Turkmenistan

ABSTRACT : Hydrogeologists of Turkmenistan have prospected about 14 deposits of fresh / drinking / underground water and in 75 of them reserves of water were approved. As well the resources of 5 deposits of industrial water were approved. There are significant resources of different kinds of mineral and medicinal water. On the basis of 14 prospected deposits of mineral water 2 resorts and 7 hydropathic establishments are working. Mineral waters of 2 deposits are used as drinking water. Two iodine-bromine factories are working.

For development of water resources of the country, hydrogeological investigations are carried out on the whole territory of Turkmenistan to prospect fresh underground water for constant drinking water-supply to the cities and settlements.

Especial attention is paid to re-estimate of resources of fresh underground water in connection with changed hydrogeological and geoecological conditions.

Prospecting of mineral waters near resorts, hydropatic establishments, hospitals are carried very intensively for creation of conditions for using water treasures of the contry in out - patient's clinics and hospitals.

Great attention is given to prospecting of new deposits of iodine-bromine waters, on the basis of which it is possible to establish Joint Ventures for production of technical iodine - bromine as well as rare elements (lithium, rubidium, strontium).

HALİÇ ORTAMINDA SEDIMENTİN KÖKENİ VE TAŞINIMINA AİT BİR İZLEME ÇALIŞMASI

A monitoring study for sediment source and transportation in estuarine environment

Oya ALGAN İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul

ÖZ : Bu çalışmada, ince taneli denizel yüzey sedimentlerinin kil minerali içeriği ($>2 \mu$ boyutunda) yardımıyla, Solent Haliç Sistemin'de (Güney İngiltere) sedimentin kökeni, dağılımı ve taşınım mekanizması incelenmiştir. Kil mineralleri topluluğunun dağılım paterni ve birbirlerine göre nispi oranları bölgede nehirsel (smektitçe zengin) ve denizel (smektitçe fakir) kökenli iki farklı kaynağı varlığını ve bunların dağılımını haliç doğal karışımının denetlediğini göstermiştir. Nehirlerin taşıdığı sedimentler Kretase Marnlarından türeme olup smektitçe zengin bir bileşim gösterirler. Denizel olan ikinci kaynak ise smektitçe fakir Tersiyer ve/veya Güncel sedimentler olup, gel-git akıntıları ve dalgalarla aşındırması ile kıyılardaki mostralardan erozyona uğrayarak ve taban materyalinin yeniden işlenmesi ile ortama katılmıştır. Bu iki kaynağı karışımı tamamen haliç ortamının doğal sirkülasyon dinamigi tarafından denetlenmektedir.

ABSTRACT : In this study, sediment sources and transport pathways were determined by using clay mineral ($>2 \mu\text{m}$ fraction) composition of surficial sediments of the Solent Estuarine System (southern England). Spatial distribution pattern of clay mineral assemblages and their relative proportions indicate an estuarine mixing process occurring between riverine (smectite-rich) and marine (smectite-poor) sources. Riverine input derived from Cretaceous Chalk is riched in smectite. Marine input is poor in smectite and derived mainly from Tertiary and/or Recent sediments by the reworking of bottom material and by tidal current and wave erosion of coastal outcrops. Mixing between these two sources is mainly controlled by estuarine circulation dynamics.

GİRİŞ

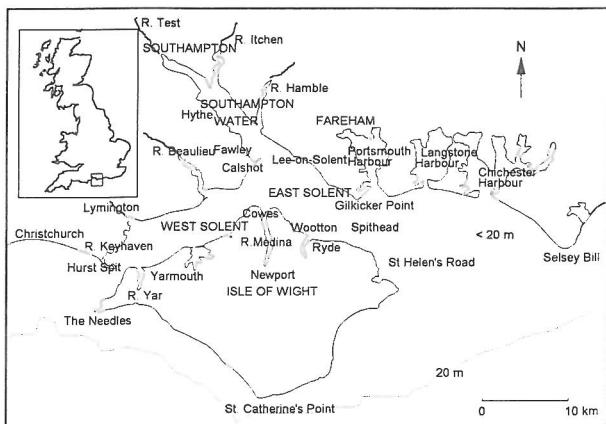
İnsanlığa tarih boyu elverişli bir ortam olan (balıkçılık, limanlar, barınak gibi) haliçler, sedimentoloji açısından da son derece ilginç özelliklerini olan doğal ortamlardır. Haliçler deniz (tuzlu) ve nehir (tatlı) suyunun karışım halinde olduğu, ve dolayısıyla da hem karadan, hem de denizden katılan sedimentler için bir kapan özelliği gösteren ortamlardır. Bu ortamlarda sedimentler denizel ve fluviyal hidrodynamic kuvvetler tarafından karışım halindedir. Dalga, gel-git gibi doğal süreçler bu sedimentlerin erozyonunu, taşınımını ve depolanmasını denetler.

Sedimentin kil mineralojisi, sedimentter kaynak alan (provenans) ve taşınım yollarının izlenmesinde çok sık kullanılan bir metoddur (Chamley, 1989; Weaver, 1989; Irion ve Zölmer, 1990). Herhangi bir depolanma ortamındaki (delta, nehir, şelf gibi) güncel sedimentin birincil sediment karakterini, karadan taşınmış kil materyali denetler. Haliçler ve yakın kıyı ortamlarında, karadan veya denizden türemiş materyalin ayırtlanmasında, yapılan birçok araştırma kil mineralerin (smektit, illit, kaolinit) oranlarının, son derece kullanışlı olduğunu göstermiştir (Johns ve Grimm, 1958; Scafe ve Kunze, 1971; Dyer, 1986; Hathaway, 1972; Pinet ve Morgan, 1979; Feuillet ve Fleischer, 1980; Kolla v.d., 1980; Shaw, 1978; Rao, 1991). Bu iki kaynağın karışımı haliçlerdeki kil minerallerinin kompozisyonunu ve dağılımını denetleyen hakim mekanizmadır (Weaver, 1989).

Haliçlerde hidrodynamic koşullar, gel-git, nehir boşalımı, rüzgar ve su küteleri arasındaki yoğunluk farkı gibi faktörlerin varlığından ötürü, son derece karmaşıkta (Salomons ve Eysink, 1981). Deniz ve nehir suyunun karışımı (değişen tuzluluk ve akıntı hızları) kil minerallerinin, "farklı topaklanma ve/veya çökelme" (differential flocculation veya settling) şeklinde ayrı ayrı birikmeleriyle yol açabilir. Chamley (1989) belli ortam koşullarının (nehir boşalımı ve gel-git aralığı gibi) kil mineral dağılım paterninde önemli rol oynadığını, ve burada da haliçlerde, bilhassa haliç sirkülasyonunun önemini belirtmiştir. Solent Haliç Sistemi, Southampton Water, Portsmouth, Langstone ve Chichester koymaları ve çeşitli irili ufaklı körfez ve arkasaları olan İngiltere'nin güneyinde bir bölgedir (Şekil 1). Jeolojisi, oşinografik koşulları, (Gilkes, 1968; 1978, Webber, 1980; Westwood, 1982) güncel sedimentolojisi ve jeokimyası daha önce araştırmalarca incelenmiştir (Dyer, 1971; 1980; Algan, 1993; Algan v.d., 1994). Bu makalenin konusu, böyle bir haliç sisteminde kil mineral dağılımı denetleyen mekanizmayı incelemek ve dolayısıyla da sedimentin kaynağı -taşınım yollarının saptanabileceğini göstermektedir.

ÇALIŞMA ALANI

Solent Haliç Sistemi doğuda Ryde-Gilkicker'dan, batıda Hurst Spit'e kadar olmak üzere 30 km yayılımında bir bölgedir (Şekil 1). Batı kesiminde genişlik 4 km, doğuda ise yaklaşık 5.5 km dir (Webber,



Şekil 1. Solent Haliç Sistemi.

Figure 1. The Solent Estuarine System.

1980). En büyük haliç Southampton Water olup, yüksek suda (gel zamanı) 2 km genişlikte ve 9 km uzunluğa sahiptir. Hamble, Itchen ve Test nehirleri bu halici besler. Solent'in içinde yer alan diğer dere ve nehirler; batıda, Beaulieu, Lymington; Isle of Wight adasında ise, Western Yar, Newtown, Medina ve Wootton'dur.

JEOLOJİK KONUM

Solent, Hampshire Baseninin senkinal ekseninde yer almaktır. Stratigrafik dizilimde en eski formasyon Jura yaşlı sıçan deniz şeyl, kireçtaşları, çamurtaşları ve dolomitlerdir (Melville ve Freshney, 1982). Jura sonunda deniz çekilmesi ile ince karasal bir depolanma olmuş ve Kretase'de parlak renkli marnlar, sıçan deniz kumları, çamur ve kalkerler depolanmıştır. Bu birimler çalışma bölgesinde değil, fakat kuzeyinde ve doğu istikametinde (Portsmouth, Langstone ve Chichester körfezlerinin kuzeysi) mostra verirler. Basenin Tersiyer başlarında oluşmuştur. Bugünkü şeklini post-glasyal Flandriyen Transgresyonu ile geniş Tersiyer ve Kuvaterner Solent Nehir Sistemi içinde almıştır. Bölgede yaygın mostra veren kaya formasyonları Eosen, Oligosen ve Holosen yaşındadır.

Oşinografik Konum

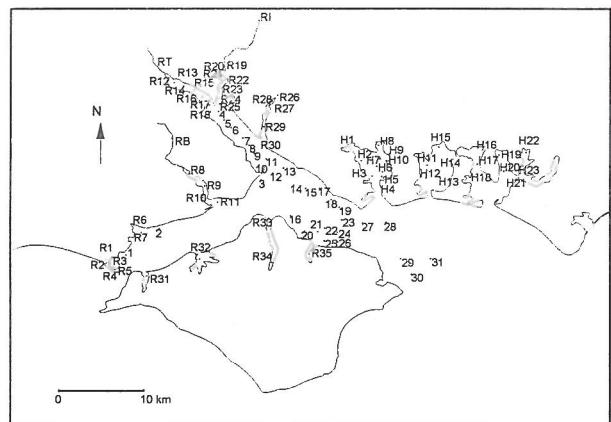
Solent sisteminin gel-git yapısı son derece karmaşık olup, English Channel'in tesiri altındadır (Webber, 1980). Ortalama gel-git aralığı Batı Solent'de 1.5 m ve Doğu Solent ve Southampton Water haliçinde 3.0 m. Gel-git akıntıları Batı Solent'in 2 ms⁻¹ olup Doğu Solent'dekilerden (1.3 s⁻¹) daha kuvvetlidir. Git akıntıları (ebb) gel akıntılarından (flood) daha hızlı çalışmaktadır. Batı Solent'e girip çıkan su (550 x 106 m³) Doğu Solent'inkinden (430 x 106 m³) daha fazladır. Southampton Water haliçinin, Test ve Itchen nehirlerinin yukarı mecralarında suyun tuzluluğu çift tabaklı bir yapı gösterir (tatlı ve tuzlu su olmak üzere). Bununla beraber, yarı karışmış ve iyi karışmış haliç özelliği de zaman zaman bölgede oluşmaktadır (Webber, 1980). Ortalama yüzey tuzluluğu % 34.3 olup, Spithead ve sistemin batı girişinde daha yüksektir. Itchen ve Test

nehirleri, Southampton Water halici yoluyla, sisteme katılan toplam tatlı su girdisinin % 45 ini teşkil ederler. Southampton Water haliçinin yukarı kesimlerinde ve diğer küçük haliçlerde tuzluluk % 30, Spithead ve açık denize doğru % 34.5 dir (Phillips, 1980).

Bölgelenin batimetrisinde derinlikler genelde 15-25 m arasında değişir (Şekil 1). En derin yer 60 m olup, batıda Hurst Spit ve Isle of Wight adasının arasında yer almaktır. Doğu Solent, Batı Solent ve Southampton Water haliçinin birleştiği yerde 5 m derinlikte bir kum seti (bank) yer almaktır. Ana kanal 10 m konturu ile sınırlanmış olup, doğuya doğru genişleyerek 20 m ye kadar derinleşir. Sismik profil çalışmasından, bölgedeki yüzey sedimentlerinin kalınlığı yaklaşık 2 m'den az olarak saptanmıştır (Dyer, 1980).

ÖRNEKLEME ve YÖNTEMLER

R.V. Labrax ve Bill Conway araştırma botlarından, Van Veen tipi sediment örnek alıcı ile 89 yüzey örneği toplanmıştır (Şekil 2). Ayrıca nehirlerin yukarı mecralarından RI (Itchen), RT (Test) ve RB (Beaulieu) örnekleri alınmıştır. Kil mineralojisi, çöktürme ile ayrılan, 2 mm den küçük olan fraksiyon



Şekil 2. Yüzey sediment örneklemesinin lokasyonları.

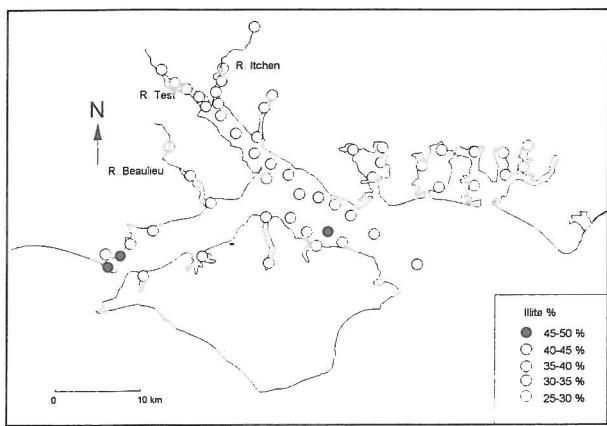
Figure 2. Sampling locations of surface sediments.

üzerinde X-Ray Difraksiyon Phillips PW 1130 aletinde Brindley ve Brown'ın (1980) tanımladığı standart teknigue göre yürütülmüştür. Mineral tanımlaması yapıldıktan sonra, Biscaye'in (1965) kullandığı yarı-kuantitatif metod ile kil minerallerinin nispi miktarları (illit, smektit ve kaolinit + klorit), glikollü örnekler üzerinde 001 bazal yüzeylerinin verdiği piklerden, özel olarak yazılmış bir bilgisayar programı (Clayton, 1991) yardımıyla hesaplanmıştır. Kaolinit ve klorit mineralleri, 3.5 Å piki ile üstüste bindiklerinden dolayı birlikte hesaplanıp sonuçlarda kullanılmıştır. Bu piklerin ayrı ayrı hesaplanması deneyin presizyonunu düşürmektedir.

KİL MINERALOJİSİ

Kil Mineral Yüzde dərəcələrinin Bölgəsel Dağılımı

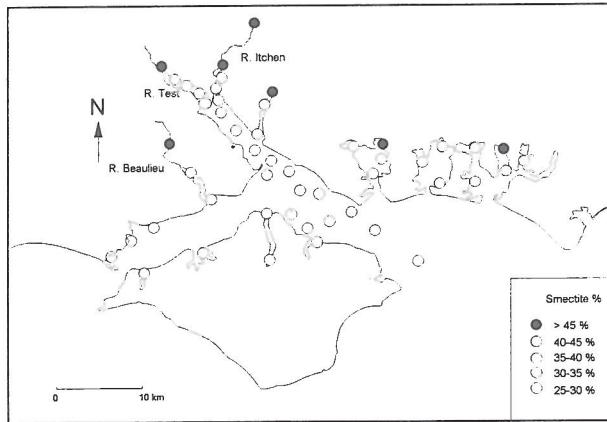
Illit bölgəde en bol bulunan kil minerali olup, % 37-45 arası değişen (ortalama olarak % 40) miktarlardadır (Şekil 3). Nehirlerin (Itchen, Test, Hamble ve



Şekil 3. İllitin (%) Solent yüzey sedimentlerinde bölgesel dağılımı.

Figure 3. Spatial distribution of illite (%) in the surface sediments of the Solent.

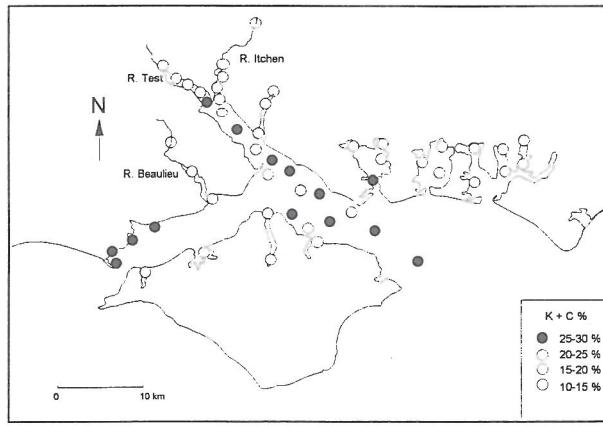
Beaulieu) yukarı kısımlarından ve Southampton Water boyunca akım aşağıya artan bir eğilim gösterir. Bu mineral en bol olarak batıda Hurst Spit civarında bulunur. Körfezlerde değişken miktarlarda bulunmakla beraber, Portsmouth'da diğer iki koya göre daha fazla bulunmaktadır. Smektit çokluk sıralamasında illiten sonra yer almaktadır. % 28-42 arası değişen (ortalama olarak % 35) değerlerde görülür (Şekil 4). İllitin dağılım



Şekil 4. Smektitin (%) Solent yüzey sedimentlerinde bölgesel dağılımı.

Figure 4. Spatial distribution of smectite (%) in the surface sediments of the Solent.

özelliğinin tersine, en bol olarak nehirlerin (Itchen, Test, Beaulieu) kaynak kesimlerinde bulunur, akım aşağıya azalır. Aynı şekilde körfezlerin baş kısımlarında da aşağılara nazaran daha yüksektir. Kaolinit + Klorite (K+C) yüzdesi genelde, % 20 ile 29 arasındadır (Şekil 5). Bu mineraler nehirlerin (Test, Itchen, Hamble ve Beaulieu) kaynak kesimlerinde çok düşük miktarlarda bulunmaktadır. Southampton Water örneklerinde % 22-26 arası, Doğu Solent örneklerinde % 24-29 arasında değişen değerlerde görülür. Batı Solent'de batıdan doğuya doğru hafif bir düşüş izlenir (% 27'den 21'e).



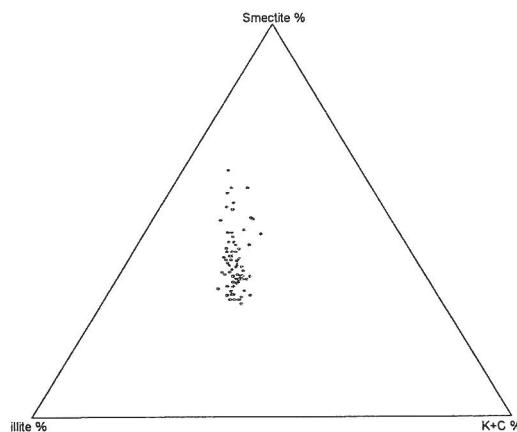
Şekil 5. Kaolinit + Kloritin (K+C %) Solent yüzey sedimentlerinde bölgesel dağılımı.

Figure 5. Spatial distribution of K+C (%) in the surface sediments of the Solent.

Portsmouth Körfezi'nde diğer iki körfeze göre daha fazla kaolinit + klorit bulunmaktadır. Kil mineralerinin nispi bollukları üçgen diyagram üzerinde (Şekil 6) işaretlendiğinde, bollukları arasında devamlılığa sahip bir eğilim görülür. Bu eğilimde hakim özellik, smektitin yüzdesinin illit ve kaolinit + klorit mineralerinin yüzdeslerine karşı değişimi şeklinde açıklanabilir. Bununla beraber, illitin kaolinite + klorite karşı oranı da sabit olmayıp, azalan smektit ile artmaktadır. Örneklerin hemen hemen tek bir doğru boyunca sıralanmaları iki kaynak arasındaki devamlı karışımı göstermektedir (Karlin, 1980). Bu kaynaklardan biri; yüksek smektit, düşük kaolinite + klorit ile illit, diğerisi ise; düşük smektit, yüksek kaolinit + klorit ile illit olarak belirlenmektedir.

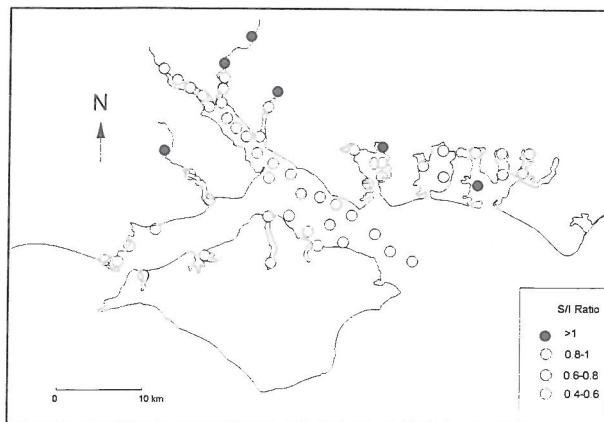
Kıl Mineral Oranlarının Bölgesel Dağılımı

Smektit/Illit (S/I) oranı bölgede 0.4 ile 1.8 arasında değişir (Şekil 7). Nehirlerin kaynak kesimlerinde gittikçe artar (Itchen, 1.6; Hamble, 1.1; Beaulieu, 1.8; ve Test, 0.8). Southampton Water halicinde 0.5 ve 0.7



Şekil 6. Kıl mineralerinin üçgen diyagram üzerinde dağılımı.

Figure 6. Ternary diagram of clay minerals.



Şekil 7. S/I oranının solent yüzey sedimentlerinde bölgesel dağılımı.

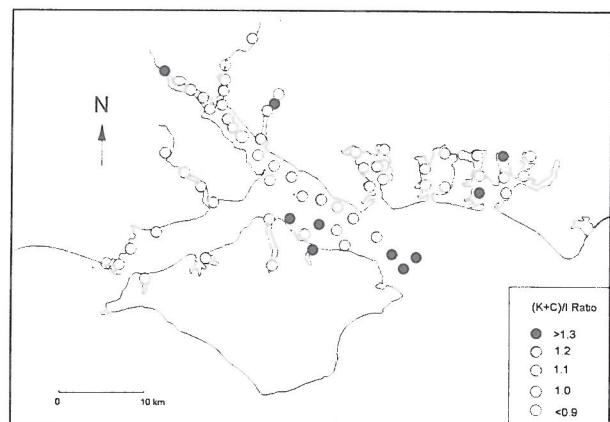
Figure 7. Spatial distribution of S/I ratio in the surface sediments of the Solent.

arasında, Doğu Solent'de 0.4 and 0.7 arasında değişir. Batı Solent örnekleri nispeten sabit değer, 0.5, gösterirler. Körfezlerde 0.5 ile 1.1 arasında değişir. Smektit/kaolinit + klorit [S/(K+C)] oranının bölgelerdeki dağılımı S/I oran dağılımına çok benzettiği için burada gösterilmemiştir. S/(K+C) oranı nehirlerden aşağıya halice doğru gittikçe azalır (Test, 0.8'den 0.4'e; Itchen 1.3'den 0.6'ya; Hamble, 1.1'den 0.5'e; Bealieu 1.6'dan 0.5'e). Southampton Water örnekleri 0.5 ve 0.6; Doğu Solent örnekleri 0.3 den 0.6'ya değişen değerler göstermektedir. Batı Solent'de sabit bir oran, 0.4, gözlenir. Körfezlerde, 0.4 ile 1.0 arası değişir. Kaolinit + klorit/illit [(K+C)/I] oranının bölgesel dağılımı Şekil 8'te gösterilmiştir. Bu mineralllerin oranı hernekadar diğer iki oran gibi çok belirgin bir dağılım paterni göstermesede, genelde değerler çok düşük olup, körfez ve nehirleri kaynak kesimlerinde son derece değişikendir. En yüksek oran değeri, (1.3) Doğu Solent'in açık deniz tarafında (St. Helen's Roads) görülür.

Kıl mineral oranlarının değişimi nehir (Itchen) kaynak kesimlerinden açık denize doğru bir kesit boyunca incelenmiştir (Şekil 9). S/I ve S/(K+C) oranlarında Itchen nehrinden Southampton halici boyunca çok bariz bir azalış görülmektedir (S/I için 1.6 dan 0.6'ya; S/(K+C) için 1.3'den 0.6'ya). (K+C)/I oranı Doğu Solent'e doğru hafif fakat belirgin bir şekilde artmaktadır.

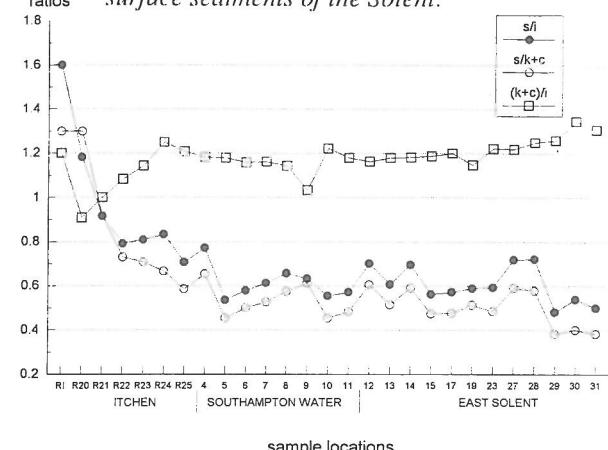
TARTIŞMA

Haliçlerde kıl mineral toplulukları, tatlı sudan tuzlu deniz suyuna değişen koşullarda, değişik kompozisyonlar sunarlar. Bu değişimlerin nedenleri, diajenez, farklı çökelme (differential flocculation), ve haliçsel karışım olarak tanımlanır (Weaver, 1989). Bu çalışmada, kıl mineralerinin Solent Haliç Sistemindeki dağılım paterni çok belirgin bir eğilim özelliğini göstermektedir :



Şekil 8. (Kaolinit + Klorit)/I oranının Solent yüzey sedimentlerinde bölgesel dağılımı.

Figure 8. Spatial distribution of (K+C)/I ratio in the surface sediments of the Solent.



Şekil 9. Itchen Nehrinde Doğu Solent'e doğru bir kesit üzerindeki kıl mineral oranlarının dağılımı.

Figure 9. Clay mineral ratios for a transect from the River Itchen to the East Solent.

(i) Smektit en bol olarak nehirlerin ve körfezlerin kaynak kesimlerinde bulunur; bu lokasyonlardan akım aşağıya doğru azalır. İllit ve K+C bu eğilimin tam tersi olarak, artan bir bolluk gösterirler (Şekiller 3, 4, ve 5).

(ii) K+C/illit oranı deniz tarafına doğru azalan smektit miktarına karşı artan bir eğilim gösterir (Şekil 6).

Bu iki dağılım özelliği iki kaynak arasında süregelen daimi karışımı göstermektedir, bunlardan biri, fluvyal kökenli zengin smektit + nispeten düşük (K+C)/I oranlı materyal ve diğeri ise, denizel kökenli, fakir smektit + yüksek (K+C)/I oranlı materyal olmak üzere.

Güncel sig denizel sedimentlerin kıl mineral bileşimi karadan türeme detritik malzeme tarafından denetlenir. Fiziksel aşınının hakim olduğu ilman bölgelerde, kıl mineralerinin dağılım paterni, kaynak alanın kıl minerali bileşimi ile çok yakından ilişkilidir ve ince-taneli sedimentin taşınım yollarını yansıtır (Dyer, 1986; Chamley, 1989; Grim ve Johns, 1959;

Weaver, 1989). Dolayısıyla, bölgenin yüzey sedimentlerinin kil mineralojisi, Solent Haliç Sistemini çevreleyen jeolojik formasyonlarının kil mineral topluluğu ile ilişkili olarak ele alınmalıdır.

Sistemin nehirlerinin aktığı havza Üst Kretase'den Holosen'e kadar olan sedimenter birimleri içermektedir. Test ve İtchen nehirleri başlıca Kretase Marnları içinde drene olurlar, aşağı kesimlerinde Tersiyer, Pleyistosen ve Holosen sedimentleri içinde akarlar. Bölgenin batısında Beaulieu ve Lymington nehirleri, tamamıyla Tersiyer Pleyistosen ve Holocene içinde akarlar. Langstone ve Chichester Körfezlerine dökülen küçük dereler marn drenaj paternine uygundur.

Marn sedimentlerinde kil mineral analizleri (Young, 1965; Jeans, 1968) son derece değişken bir bileşim gösterip, genellikle zengin smektit, orta illit ve nispeten düşük kaolinit içermektedir (Gilkes 1968, 1978) Hampshire Havzasının Tersiyer mineral bileşiminin stratigrafik ve coğrafik olarak çok değişken olduğunu belirtmiş. Genelde, Alt Eosen denizel killerinin, Üst Eosen ve Oligosen sedimentlerine göre daha fazla smektit içerdğini belirtmiştir. Ayrıca, Gilkes (1968) Alt Eosen de iki tip kil mineral provenansı tanımlamıştır : biri, 'Batı Provenansı' bol kaolinit ve illit içeren ve Batı daki granitlerden türemiş; diğer ise, içinde önemli miktarda marnların çözünme ürünü kil mineraleri içeren daha bol smektitli 'Doğu Provenansı' (smektit-illit-ikincil kaolinit ve iz miktarda klorit). Gilkes (1978) tarafından belirtilen Eosen ve Oligosen killerinin ortalama değerleri Solent killerinin ortalama değerleri Solent Sistemindeki üçgen diyagramın alt kesimlerine tam olarak çakışmaktadır. Bu nedenle, önerilen denizel kaynaklı kil kaynağı içerisinde önemli bir miktarda Tersiyerde türeme killerin katkısı söz konusudur. Bu killer Solent Sisteminin her iki açık ucundan ve/veya yerel kıyı erozyonlarından türemiş olmalıdır.

Marnca zengin fluviyal kaynak ile Tersiyer birimlerince zengin denizel kaynağın karışım modeli Beaulieu nehrinde uygulanamaz. Burada da aşağı doğru smektitin azalması izlenir, fakat nehir marn içinde drene etmemektedir. Beaulieu nehrinin kaynak kesiminin büyük kısmı Üst Eosen Barton Gurubu'nu alt kesimi ise Headon formasyonunu kesmektedir. Beaulieu alıcı havzasında yapılan bir sondajda (Ramnor Inclosure Borehole, Southampton Memoir Edwards ve Freshney, 1987) nispeten bol smektiti Barton Grubunda bulunmuştur. Headon Formasyonu smektitte fakirdir (Gilkes, 1968) bu yüzden Beaulieu Nehrinde smektitin akım aşağı doğru azalması üzerinde aktığı jeolojik formasyondan ötürüdür.

Southampton Water Halici iki tabaklı akım ile yarı-karışık bir haliçtir (Dyer, 1980). Yoğunluk tabakalaşmasından dolayı, yüzeyde aşağı doğru, dip tabakalar da ise yukarı doğru net bir akım mevcuttur. İtchen nehrinde Doğu Solente doğru bir kesit (Şekil 9) nehrin sinyalini haliç ile birleştigi bölgede tanımak mümkün. Karışımın etkisi (fluviyal ve denizel) İtchen nehrinden Southampton Water'in girişine doğru S/I oranındaki

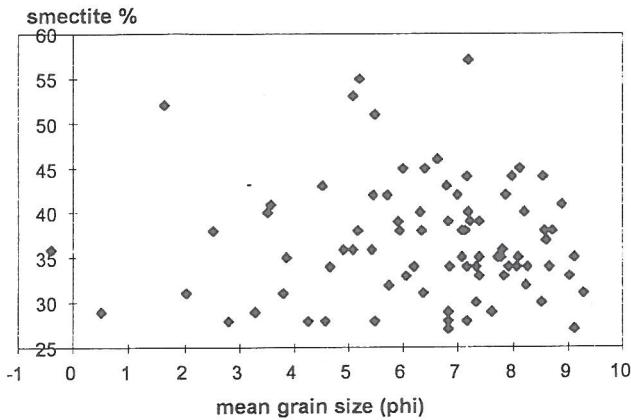
azalma ile belli olur. Smektitte zengin fluvyal sedimentler, Southampton Water halicine normal halicsel dolaşım içinde dipten karaya doğru olan dip akıntıları ile taşınmış olması gereken illit-K+C ce zengin denizel sedimentlerle karışmaktadır. Gel-git fazında ve nehir boşalmalarındaki değişimler göre dip sedimentleri kara tarafına veya deniz tarafına hareket edebilirler (Meade, 1972); uzun durağan fazda da depolanırlar. Taşınım yönündeki bu tür değişimler kanal boyunca kil mineralerinde dalgalanmalara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada gözlenen kil mineral paternine başka tür açıklamalar da getirilebilir. Boyuta göre seçilme (size segregation) ve/veya farklı çökelme (differential settling) mekanizmaları başka bölgelerde birçok araştırmacı tarafından güncel sedimentlerin kil mineral dağılım paternlerini açıklamada kullanılmıştır (Gibbs, 1977; Whitehouse v.d., 1960). Smektit en küçük boyutlu kil minerali olduğu için askıda yük olarak çok uzak mesafelere taşınamazken, illit ve kaolinit daha iri olduklarından kaynağa yakın yerlere çökelirler (size segregation). Whitehouse v.d (1960) laboratuar deneylerinde illit ve kaolinitin smektite nazaran daha düşük tuzluluklarda çökdeldiklerini tesbit etmişlerdir. Bununla beraber Edzwald ve O'Melina (1975) kinetik çalışmalarla illitin kaolinit ve smektite göre daha stabil olduğunu ispatlamışlardır. Aynı şekilde, Feullit ve Fleischer (1980) farklı çökelme oluyorsa, haliç başlangıcında kil mineral bolluğuun maksimum piki ve bunu takiben konsantrasyondaki düşmeyi gösterir bir azalma gözlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Herhangi bir karışım mekanizması oluştuğunda devamlı bir artış veya azalış gözlenmelidir. Bu çalışmada böyle bir maksimum gözlenmemekte (Şekil 9), aksine smektitin kaynaktan mesafe arttıkça azalduğu görülmektedir. Bu da smektitte zengin fluvyal malzemein deniz tarafından gelen smektitte fakir malzeme ile karıştığı için seyrelmesine işaretettir.

Kil mineral bolluğu ile tane boyu arasında da bir ilişki görülememiştir (Şekil 10). Eğer farklı çökelme ve/veya boyut elemesi olsaydı bu grafikte doğrusal bir eğilim gözlenmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Haliç karışım olayı Solent bölgesindeki ince taneli sedimentlerin taşınımı ve depolanmasını denetleyen başlıca mekanizmadır. Kil mineral dağılım patern sistemin dinamik aktivitesine bir karşılık olduğuna göre, illit-K+C ce zengin sediment denizel kaynağı temsil etmekte, öte yanda deniz tarafına doğru azalan smektit miktarı nehirsel kaynağı göstermektedir. Southampton Water dan Doğu Solent'e doğru İllit ve K+C in artması ve smektit miktarlarının azalması, aktif bir seyrelme (diğer bir bileşen ile karışım) mekanizmasını göstermektedir. Böyle bir durumda denizden türeme materyal (zengin İllit-K+C - fakir smektite) ile karışım, ya askıda (suspended) sedimentin haliç içinde çökelmesi veya taban sedimentlerinin Doğu Solent'den Southampton Water'a doğru dip akıntıları ile taşınması sonucu gerçekleşebilir.



Sekil 10. Smektit yüzdesi ile ortalama tane boyu arasındaki ilişkiyi gösterir diyagram.

Figure 10. A plot of smectite (%) versus mean grain size.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Algan, O., 1993. Sedimentology and Geochemistry of Fine-grained Sediments in the Solent Estuarine System. Basılmamış Doktora Tezi Dep. of Oceanography, Southampton University, İngiltere.
- Algan, O., Clayton, T., Tranter, M., ve Collins, M.B., 1994. Estuarine mixing of clay minerals in the Solent region, southern England. *Sed. Geology*, 92 : 241-255. ·
- Biscaye, P.E., 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76 : 803-832.
- Brindley, G.W. ve Brown, G., 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. *Mineral Soc. London, Mineral. Soc. Monogr.*, 5 : 305-361.
- Chamley, H., 1989. Clay Sedimentology. Springer - Verlag, Berlin, 623s.
- Clayton, T., 1991. Computer Program for calculating clay mineral abundances from digitized diffraction patterns. Dep. of Geology, Southampton University. Basılmamış.
- Dyer, K.R., 1971. The distribution and movement of sediment in the Solent, S. England. *Mar. Geol.*, 11 : 175-187.
- Dyer, K.R., 1980. Sedimentation and sediment transport. NERC, Publ. Ser. C. 22 : 20-24.
- Dyer, K.R., 1986. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley and Sons, Chichester, 342 s.
- Edwards, R.A ve Freshney, E.C., 1987. Geology of the country around Southampton. Memoir for 1 : 50.000 geological sheet 315. British Geological Society Her Majesty's Stationery Office, London.
- Edzwald, J.K. ve O'Melia, C.R., 1975. Clay distributi-
- onsin recent estuarine sediments. *Clays Clay Miner.*, 23 : 29-44.
- Feuillet, J.P. ve Fleischer, P., 1980. Estuarine circulation : controlling factor of clay mineral distribution in James River estuary, Virginia. *J. Sediment. Petrol.*, 50 : 267-279.
- Gibbs, R.J., 1977. Clay mineral segregation on the marine environment. *J. Sediment. Petrol.*, 47 : 237-243.
- Gilkes, R.J., 1968. Clay mineral provinces in the Tertiary sediments of the Hampshire Basin. *Clay Miner.*, 7 : 351-361.
- Gilkes, R.J., 1978. On the clay mineralogy of upper Eocene and Oligocene sediments in the Hampshire Basin. *Proc. Geol. Assoc.*, 89 : 43-56.
- Hathaway, J.C., 1972. Regional clay mineral facies in estuarine and continental margin of the United States East Coast. Environmental Framework of Coastal Platin Estuaries (Ed. Nelson, B.W.), Geol. Soc. of Am. Memoir, 133, 292-316.
- Irion, G. ve Zölmer, V., 1990. Pathways of fine-grained clastic sediments-examples from the Amazon, the Weser Estuary and the North Sea. *Sediments and Environmental Geochemistry* (Ed. Heling, D., Rothe, P., Förstner, U. ve Stoffers, P.) Springer, Berlin, s. 351-367.
- Jeans, C. V., 1968. The origin of the montmorillonite of the European Chalk with special reference to the Lower Chalk of England. *Clay Miner.*, 7 : 311-329.
- Johns, W.D. ve Grimm, R.E., 1958. Clay mineral composition of recent sediments from the Missisipi River Delta. *J. Sediment. Petrol.*, 28 : 186-199.
- Kolla, V., Nadler, L., Bonatti, E., 1980. Clay mineral distributions in surface sediments of the Philippine Sea. *Oceanol. Acta.*, 3 : 245-250.
- Melville, R.V. ve Freshney, E.C., 1982. The Hampshire Basin and Adjoining Areas. Her Majesty's Stationary Office, London, 146 s.
- Phillips, A. J., 1980. Distribution of chemical species. *Nerc, Publ. Ser. C*, 22 : 44-59.
- Pinet, P.R. ve Morgan, W.P., 1979. Implications of clay-provenance studies in two Georgia Estuaries. *J. Sediment. Petrol.*, 49 : 575-580.
- Rao, V.P., 1991. Clay mineral distribution in the continental shelf sediments from Krishna to Ganges river mouth, east coast of India. *Indian J. Mar. Sci.*, 20 : 7-12.
- Salomons, W. ve Eysink, W.D., 1981. Pathways of mud and particulate trace metals from rivers to the southern North Sea. *Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin*. (Ed. S.D. NIO, R. T. E. Schuttenhelm ve Tj. C. E. van Weering). *Int. Assoc. Sedimentol., Spec. Publ.*, 5 : 429-450.
- Scafe, D. W. ve Kunze, G.W., 1971. A clay mineral investigation of six cores from the gulf of

- Mexico. Mar. Geol., 10 : 69-85.
- Shaw, H.F., 1978. The clay mineralogy of the recent surface sediments from the Cilicia Basin, Northeastern Mediterranean. Mar. Geol., 26 : M51-M58.
- Weaver, C. E., 1989. Clays, Muds and Shales. Developments in Sedimentology, 44, Elsevier, Amsterdam, 850 s.
- Webber, N.B., 1980. Hydrography and water circulation in the Solent. Nerc, Publ. Ser. C, 22 : 25-35.
- West, I.M., 1980. Geology of the Solent Estuarine System. Nerc, Publ. Ser. C, 22 : 6-18.
- Westwood, I.J., 1982. Mixing and Dispersion in Southampton Water. Basılmamış Doktora Tezi. Dep. of Civil Engineering, Southampton University, İngiltere, 1, 494 pp.
- Whitehouse, U. G., Jeffrey, L.M., ve Debrecht, J. D., 1960. Differential settling tendencies of clay minerals in saline waters. Clays Clay Miner., 7 : 1-79.
- Young, B.R., 1965. X-ray examination of insoluble residues from the chalk of the Leatherland (Fetcham Mill) Borehole. Bull. Geol. Surv. G. B., 23 : 110.

MARMARA DENİZİ GENÇ (HOLOSEN) ÇÖKELLERİNDE MANGANEZ VE ORGANİK KARBON ÇOĞALMALARI : KARADENİZ SULARININ MUHTEMEL ETKİLERİ

Manganese and organic carbon enrichments in the Recent (Holocene) sediments of the Sea of Marmara : possible influences from the Black Sea waters

Mustafa ERGİN* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel

ÖZ : Marmara Denizi ile Kara Deniz arasındaki etkileşimleri ve bunların güncel çökeller üzerindeki muhakemel etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, çok sayıda çökel, hidrografik ve hidrokimyasal veriler kullanılmıştır.

Marmara Denizi'nin batı kısmından alınan güncel çökellerde ölçülen toplam organik karbon miktarları (% 0.5-1.0), bu denizin doğu kısmında tesbit edilen miktarlardan (% 1.0-1.5) daha azdır. Bu değerler, Marmara Denizi'nin, birincil plankton üretiminin yüksek olduğu Karadeniz ile düşük olduğu Ege Denizi arasında bir geçiş bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla beraber, güncel çökel birikim hızları, yüzeysel sularda oluşan organik madde nin önemli bir kısmının, deniz dibine ulaşmadan suda taşıdığını belirtmektedir.

Marmara Denizi'nin ortasında ve doğu-batı doğrultusunda uzanan derin çukurluklardan alınan çökeller, etrafındaki sığ su çökellerine (307-2059 ppm Mn) göre, çok daha fazla manganez (3700-6400 ppm Mn) içermektedirler. Bu yüksek Mn miktarları, muhakemel deniz dibi hidrotermal kaynaklardan, diyajenetik ve hidrojenetik olaylardan ve/veya Karadeniz'den de yüzeysel akıntılarla taşınarak gelmiş olabilir. Nitekim, Karadeniz'in oksik yüzeysel suları ile anoksik suları arasında kalan derinliklerde, bol miktarda Mn-oksitli tanecikler oluşmaktadır. Manganezin Karadeniz'deki dağılımı, sığ ve derin su çökelleri arasında önemli bir farklılık göstermemektedir.

ABSTRACT : In this work, the interactions between the Black Sea and the Sea of Marmara and their possible effects on the recent sediments were investigated using a large number of sedimentologic hydrographic and hydrochemical data.

Total organic carbon contents measured in recent sediments from the western part of the Sea of Marmara (0.5-1.0 %), are much lower than those (1.0-1.5 %) obtained from the eastern part of this sea. These values are derived from the transitional nature of the Sea of Marmara, lying between Black Sea with high primary plankton production and Aegean Sea with low production. However, sediment accumulation rates indicate that the important part of organic matter produced in the surficial waters is offshore-transported before they reach the sea bottom.

Sediments obtained in the east-west trending deep depressions of the Sea of Marmara contained much higher Mn (3700-6400 ppm) than those from the adjacent shallower waters (307-2059 ppm Mn). These high Mn contents could be derived from the possible hydrothermal sources, diagenetic and hydrogenetic processes or/and outflowing surface currents of the Black Sea. Because, large concentrations of Mn-oxide particles are found to precipitate between the oxic surface and anoxic subsurface waters of the Black Sea. There exist no important differences in the Mn distribution between the shallow and deep water sediments.

GİRİŞ

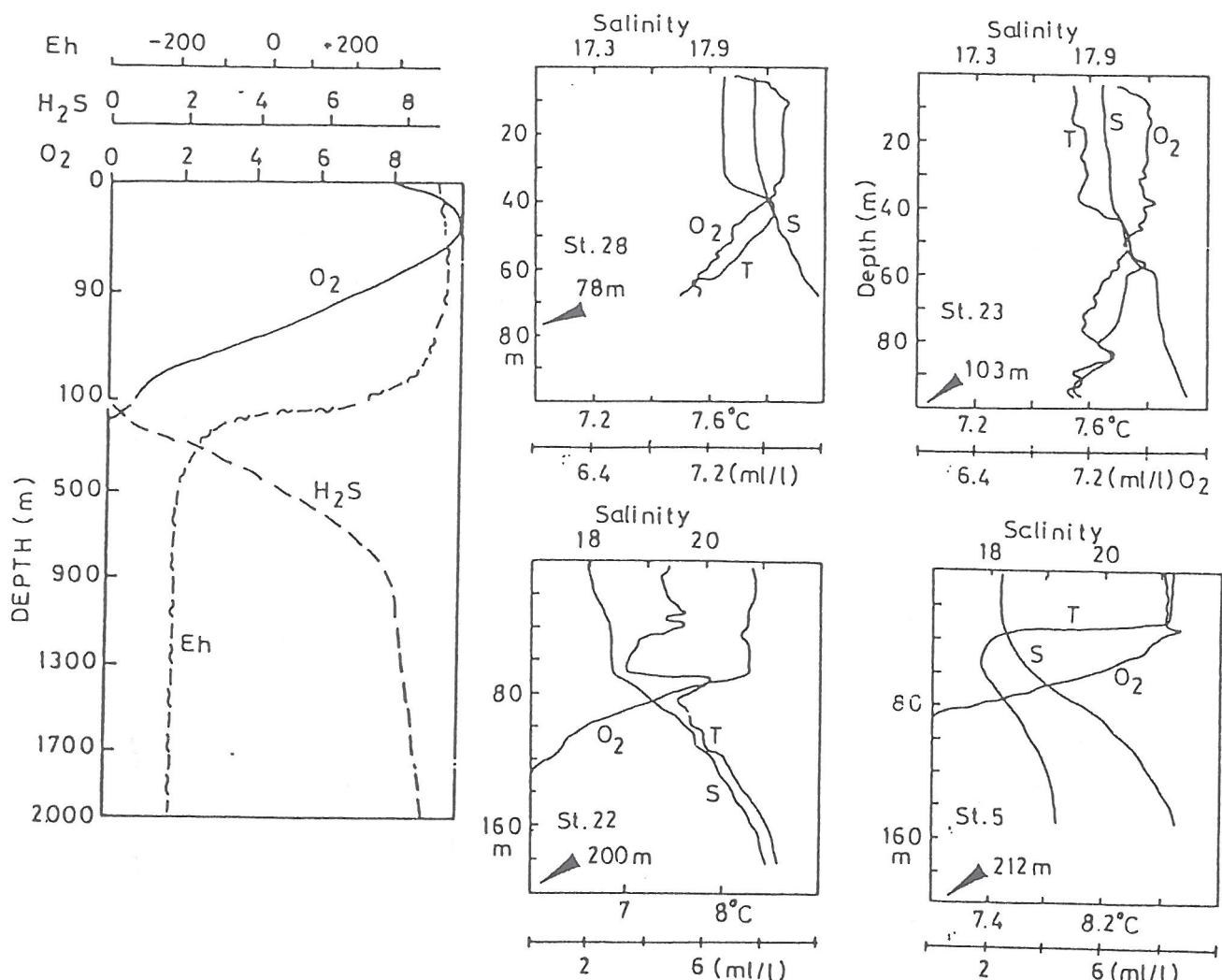
Günümüzde, dünyanın en büyük anoksik havzası olan Karadeniz (Şekil 1) ile oksik Ege Denizi arasında kalan Marmara Denizi bu iki komşu büyük denizlerin oşinografisinden oldukça etkilenmektedir. Bilindiği gibi, Karadeniz'in az tuzu ve organik maddece zengin yüzeysel suları İstanbul ve Çanakkale Boğazları vasıtasiyle Marmara üzerinden Ege Denizi'ne doğru akmakta, buna karşın, aksi istikamette, organik maddece fakir ve tuzu Akdeniz suları ise alt akıntı olarak Ege ve Marmara üzerinden Karadeniz'e girmektedir.

Marmara Denizi'nin güncel çökel türleri ve dağılımlarını kontrol eden etmenler daha önce, Ergin ve diğerleri (1991, 1993, 1994). Bodur ve Ergin (1994) ve Ergin (1994 a, b) tarafından tartışılmış idi. Bu çalışmada ise, organik maddenin ve manganezin Karadeniz suları ile Marmara Denizi'ne taşınması ve burada farklı ve özel şartlar altında çökelmesi tartışılmaktadır. Ayrıca, Marmara Denizi'nde muhakemel hidrotermal, diyajenetik ve hidrojenetik olaylar göz önüne alınacaktır.

ANALİZ ve YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan analiz verileri ve yöntemleri detaylı olarak Hirst (1974), Baykut ve

* Yeni adresi : Ankara Üniv. Fen. Fak. Jeoloji Müh. Böl., Ankara



Şekil 1. Karadeniz sularının bazı fiziko-kimyasal profilleri.

digerleri (1982), Ergin ve digerleri (1991, 1993, 1994). Yucesoy ve Ergin (1992), Bodur ve Ergin (1994) ve Ergin (1994 a, b), Kiratli ve digerleri (1994)'de verilmiştir.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Marmara Denizi'nde Organik Karbon Dağılımı

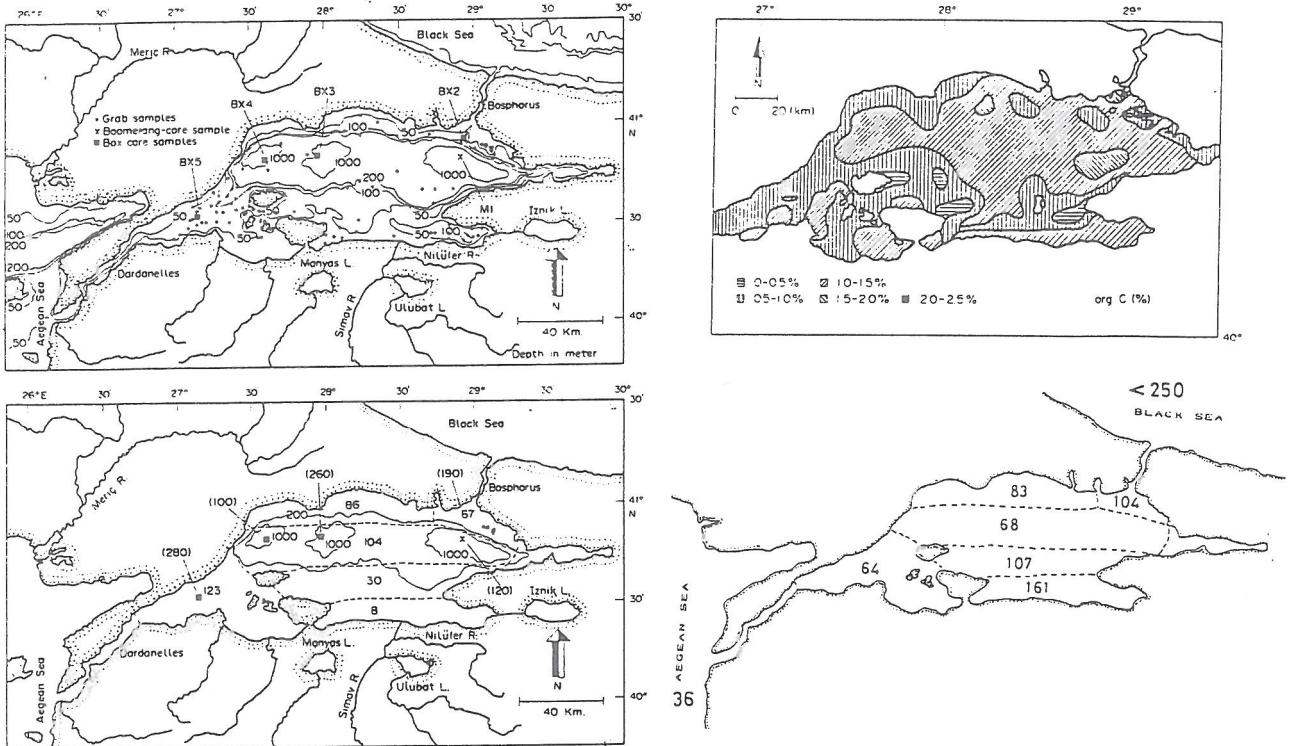
Marmara Denizi güncel çökellerinde organik karbon dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüleceği gibi, çökellerin toplam organik karbon miktarları genellikle batıda az (<1%), doğuda ise çoktur (>1%). Yüksek organik karbon değerlerine güney kitä sahanlığında da yer yer rastlanılmaktadır (Şekil 2). Bilindiği gibi, denizel çökellerde ölçülen organik maddenin esas kaynağını birincil plankton üretimi teşkil etmektedir. Marmara Denizi'nde ise yıllık ortalama 100 gCm^2 olarak tespit edilen denizel plankton üretimi, Karadeniz'de yüksek (<250 gCm²/y), Ege Denizi'nde ise düşüktür (36 gCm²/y; Şekil 2). Hernekadar, çökellerde ölçülen organik karbon miktarları birincil üretim değerleri ile uyum gösteriyorsa, da bu değerler Marmara Denizi'nde önemli

Figure 1. Some physical-chemical profiles of Black Sea waters.

farklılıklar ve tezatlar teşkil etmektedir. Nitekim, organik maddenin en fazla ürediği güney kitä sahanlığında ($107-161 \text{ gCm}^2/\text{y}$), çökel birikim hızları düşük ($8-30 \text{ cm}/1000 \text{ y}$), buna karşın, birincil üretimin düşük olduğu batıda ($64 \text{ gCm}^2/\text{y}$), çökel birikim hızı yüksek ($123 \text{ cm}/1000\text{y}$) olarak hesaplanmaktadır (Şekil 2). Marmara Denizi'nin devamlı, çift ve zıt yönlü akıntı sisteminin buna neden olabileceği düşünülmektedir.

Marmara Denizi'nde Manganez Dağılımı

Marmara Denizi'nin güncel çökellerinde ölçülen manganez miktarları ilginç bir dağılım göstermektedir (Şekil 3). Kuzey, güney, doğu ve batı kitä sahanlıklarına ait çökellerde tespit edilen Mn miktarları $300 - 2060 \text{ ppm}$ (karbonatsız) arasında değişmektedir. Buna karşın, doğu-batı doğrultusunda uzanan derin çukurlardan alınan çökeller, çok daha fazla manganez ($3700-6400 \text{ ppm Mn}$; karbonatsız) içermektedir. Derin su çökellerinde görülen bu Mn artışında az da olsa, Cu ve Ni miktarlarında eşlik etmektedir (Şekil 3). Ayrıca, Mn artışının en fazla orta çukurlukta olduğu ($\text{Fe}/\text{Mn} : 1$) ve



Şekil 2. Marmara Denizi içinde çökel örneklemme istasyonları, organik karbon ve birincil üretim değerleri.

doğudaki İstanbul ($\text{Fe}/\text{Mn} : 10$) ile batıdaki Tekirdağ ($\text{Fe}/\text{Mn} : 3$) çukurluklarında azaldığı görülmektedir (Şekil 3). Etraftaki sığ su çökellerinde ise, Fe/Mn oranları daha yüksektir ($\text{Fe}/\text{Mn} < 80$). Bu durum, manganezi derin su çökellerinde, hidrotermal, diyajenitik ve hidrojenetik olayların artırmış olabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır. Karot örnekleri, yüzeyde kırmızımsı renk ve nisbeten yüksek Mn değerleri ve alta gri renk ve nisbeten düşük Mn değerleri göstermektedir ki (Şekil 4), bunların diyajenez ile ilgili olabileceği tahmin edilmektedir.

Karadeniz'de Manganez Dağılımı

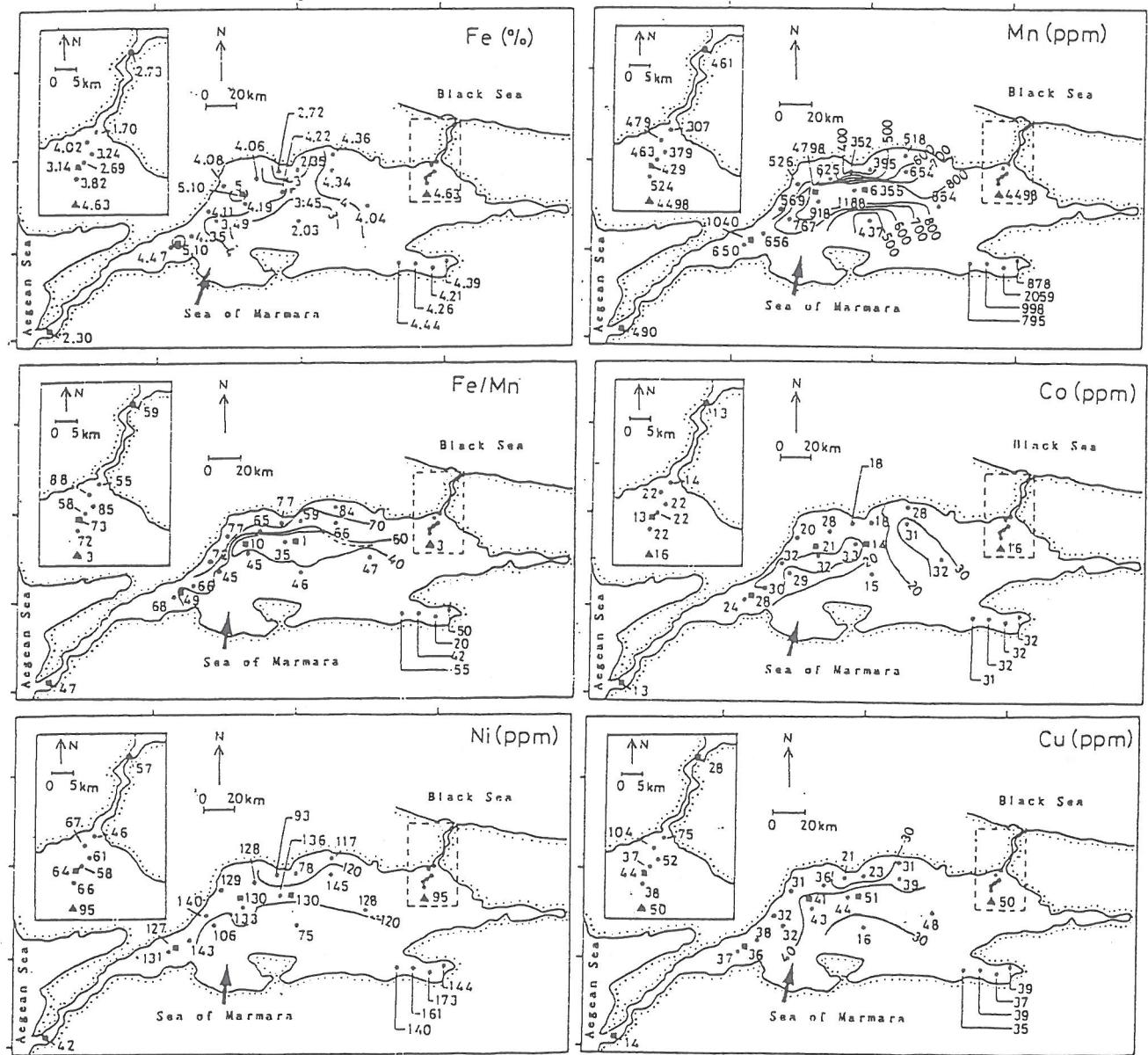
Karadeniz güncel çökellerinde tesbit edilen Mn miktarları, sığ (oksik) ve derin (anoksik) su çökellerinde önemli bir farklılık göstermemekle beraber (Şekil 5), indirgenme ve yükseltgenme olaylarının etkin olduğu, yüzeysel (oksik) ve derin (anoksik) su küteleri arasında yüksek Mn değerleri ölçülmektedir (Şekil 6). Deniz dibine intikal etmeyen, sudaki bu yüksek Mn birikimlerinin, bölgede hakim akıntı sistemleri ile taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Halbuki, Mn minerallerinin oksijenli sığ su çökellerinde daha fazla birikiği (yüksekgenme ve çökelleme), buna karşın, oksijensiz derin su çökellerinde ise azaldığı (indirgenme ve çözünme) bilinir. Şekil 5, ayrıca, çökellerdeki manganezin ve küçük tane oranlarının kıyı boyunca ve doğuya doğru arttığını göstermektedir. Bu artış, bölgede hakim akıntı sistemi ile uyum göstermektedir.

Figure 2. Sediment sampling stations, organic carbon and primary production values in the Sea of Marmara.

Sonuçta : Marmara Denizi çökellerinde artan miktarla biriken manganez, kısmen yüzeyel akıntılarla Karadeniz'den taşınmış olabileceği gibi, kısmende muhtemel diyajenitik, hidrojenetik ve hidrotermal olaylardan kaynaklanmış olabilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Baykut, F., Aydin, A. ve Artuz, M.I., 1982, Bilimsel açıdan Karadeniz : İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 3004/1, 288 s.
- Bodur, M.N. ve Ergin, M., 1994, Geochemical characteristics of the recent sediments from the Sea of Marmara : Chemical Geology, 115, 73-101.
- Ergin, M., Bodur, M.N. ve Ediger, V., 1991, Distribution of surficial shelf sediments in the northeastern and southwestern parts of the Sea of Marmara. Strait and canyon regimes of the Dardanelles and Bosphorus : Marine Geology, 96, 313-340.
- Ergin, M., Bodur, M.N., Ediger, D., Ediger, V., Yilmaz, A., 1993, Organic carbon distribution in the surface sediments of the Sea of Marmara and its control by te inflows from adjacent water masses : Marine Chemistry, 41, 311-326.
- Ergin, M., Bodur, M.N., Yildiz, M., Ediger, D., Ediger, V., Yemenicioğlu, S. ve Yücesoy, F., 1994, Sedimentation rates in the Sea of Marmara : a comparison of results based on organic carbon-primary productivity and ^{210}Pb dating : Continental Shelf Research, 14 (12), 1371-1387.



Şekil 3. Marmara Denizi çökellerinde metal miktarları.

Ergin, M., 1994a, Effects of fine-grained size on the distribution of Mn in shallow and deep water Black Sea sediments a comparison between oxic and anoxic depositional environments : Geo-Marine Letters (Basımda).

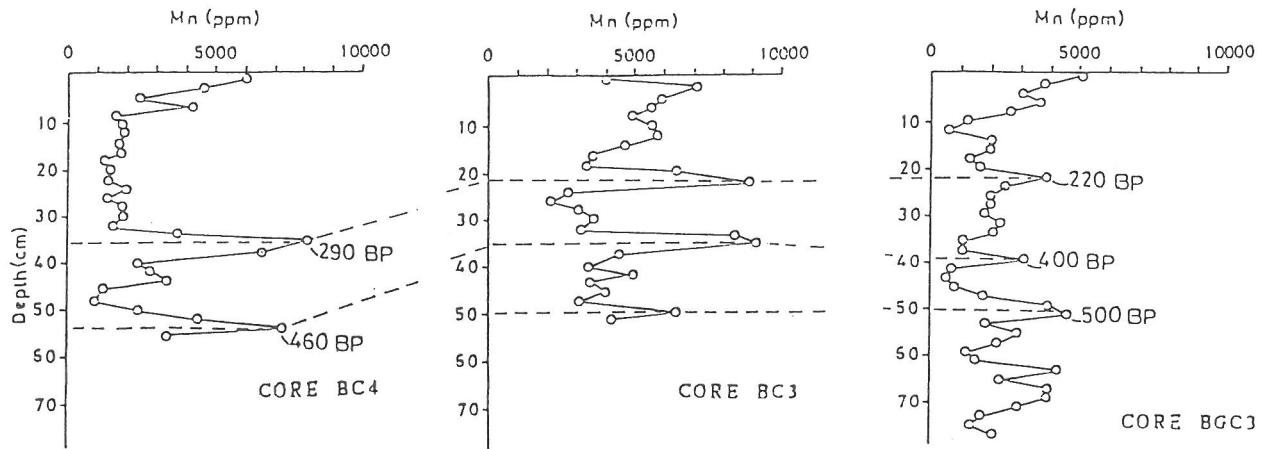
Ergin, M., 1994b, Possible sources and mechanism of manganese enrichment in the deep-sea sediments of the Marmara Trough depressions (NE-Mediterranean, Turkey) : Oceanologica Acta (Basımda).

Figure 3. Metal contents in the sediments of the Sea of Marmara.

Hirst, D.M., 1974, Geochemistry of sediments from eleven Black Sea cores : American Assoc. Petrol. Geol., 20, 430-455.

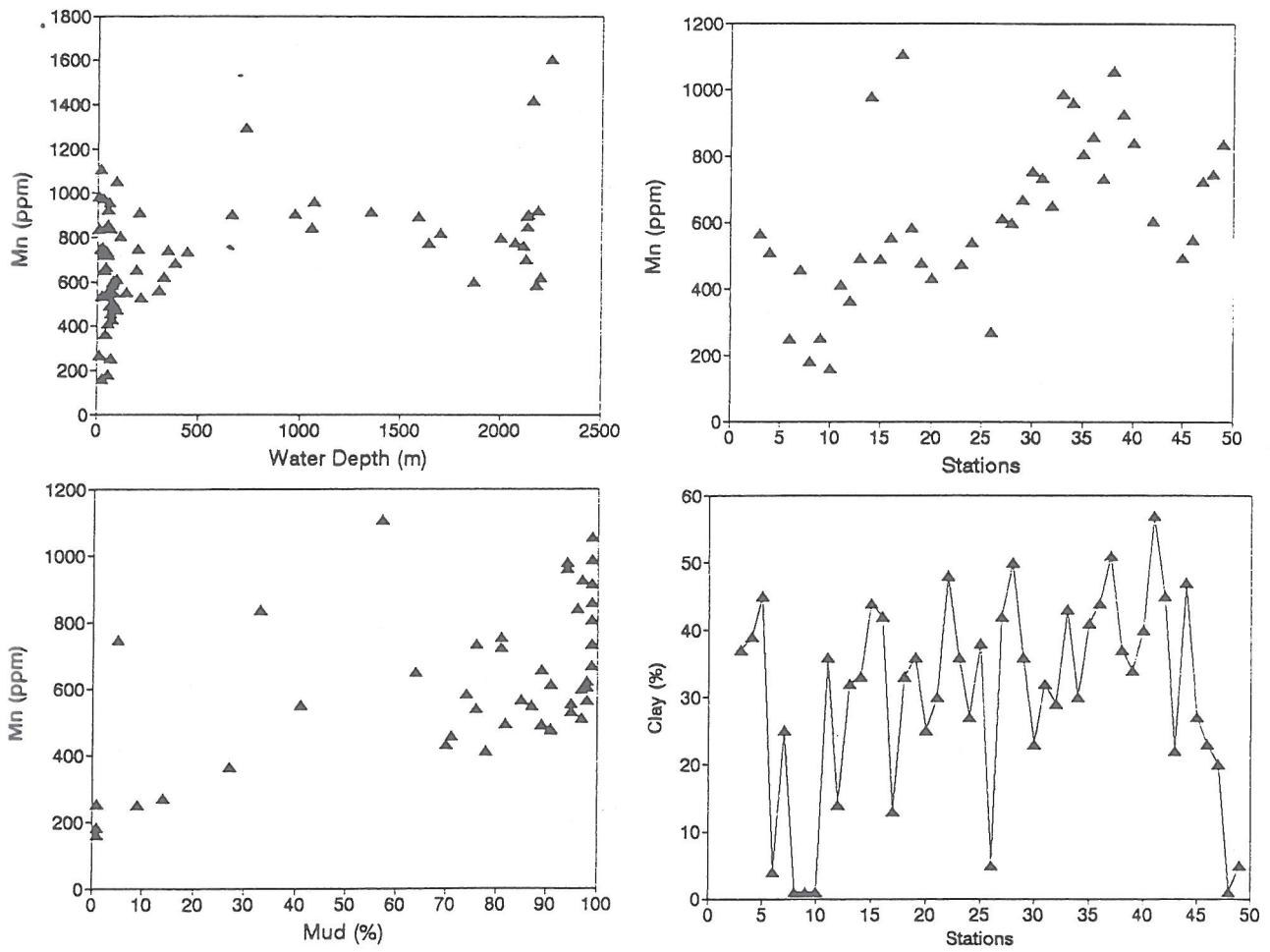
Kıratlı, N., Ergin, M. ve Saydam, C., 1994, Partitioning of heavy metals in the surface Black Sea sediments : Makale Chemical Geology'ye sunuldu.

Yücesoy, F. ve Ergin, M., 1992, Heavy-Metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope : Chemical Geology, 99, 265-287.



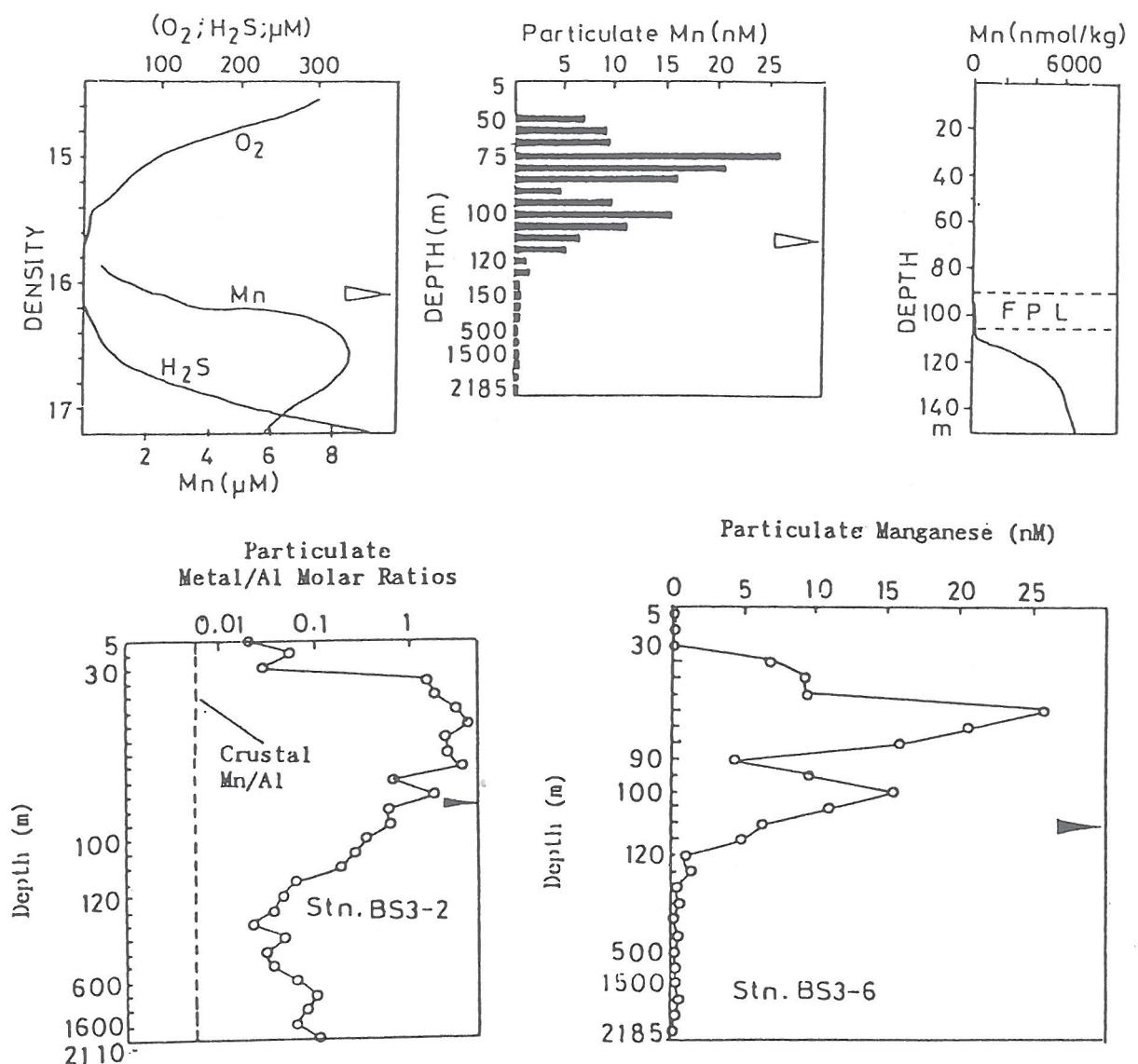
Şekil 4. Marmara Denizi karot çökellerinde Mn dağılımı.

Figure 4. Mn distribution in the core sediments of the Sea of Marmara.



Şekil 5. Karadeniz çökellerinde Mn dağılımı.

Figure 5. Mn distribution in the Black Sea sediments.



Şekil 6. Karadeniz sularında Mn tanecikleri.

Figure 6. Mn particles in the Black Sea waters.

İSKENDERUN KÖRFEZİ GENÇ (HOLOSEN) ÇÖKELLERİN SEDİMENTOLOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Sedimentological and geochemical characteristics of the recent (Holocene) sediments in the gulf of İskenderun

Mustafa ERGİN* Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel
Bilal KAZAN Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel
Vedat EDİGER Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel

ÖZ : 1988 ve 1991 yılları arasında İskenderun Körfezinde 73 istasyondan alınan yüzeysel (Güncel veya Geç Holosen) çökeller, sedimenter petrografik ve jeokimyasal analizlere tabi tutulmuşlardır. Körfez dibi çökelleri genellikle çamur (kil ve silt karışımı) türünde olup, bilhassa güney ve doğu kıyılarda nisbeten yüksek oranda kum ve çakıl içermektedirler. Çoğunluğunu bentik organizma kalıntılarının oluşturduğu ve karbonatça zengin (%80 CaCO₃) çökeller, bölgede uygun hidrografik (topografya, akıntı, v.b.) ve bentik yaşam koşullarını göstermektedir. Ortalama % 0.60 civarında olan toplam organik karbon miktarları, körfezde denizel plankton üretimini yansıtmaktadır, buna karşın bazı doğu ve kuzeydoğu kıyı bölgelerinde rastlanan % 0.77-0.82 değerleri ise nisbeten yüksek terrijenik ve antropojenik girdileri belirtmektedir.

Körfezin doğu kısmındaki ve bilhassa kıyıya yakın bölgelerdeki çökellerde ölçülen Mg, Cr, Ni, Fe, Mn, Co ve Zn miktarları, körfezin batısında ölçülen değerlere göre, çok daha yüksektir. Sonuçlar kıyı ve kıyılardaki jeolojisi ile karşılaşıldığında, ultrabazik ve bazik türü kayaçların körfezin doğusundaki çökeller üzerinde çok etkili olduğu görülmektedir. Antropojenik etkiler genellikle körfezin doğu ve kuzeydoğu kıyılarında görülmekte olup, çökellerin doğal Fe, Mn, Co, Zn, Pb, ve Cu miktarlarının artmasına neden olmaktadır.

ABSTRACT : Surface (Recent or Late Holocene) sediment samples obtained at 73 stations in Gulf of İskenderun, between 1988 and 1991, were subjected to sedimentary petrographic and geochemical analysis. The bottom sediments of the Gulf are mostly mud (mixture of clay and silt) but especially in the southern and eastern coastal areas, relatively high proportions of sand and gravel occur. The sediments rich in CaCO₃ (upto 80 %) are composed mostly of benthic organism remains suggesting the favored conditions of hydrographic (topography, currents etc) and benthic life. The total organic carbon contents (avg. 0.60 %) indicate marine plankton production however the higher values (0.77-0.88 %) found in the eastern and northeastern coastal areas show high terrigenous and anthropogenic influxes.

The concentrations of Mg, Cr, Ni, Fe, Co, and Zn in the sediments from the eastern part of the Gulf, particularly sediments close to the coastal areas are much higher than that of the values from the western Gulf. Comparison of these results with the coastal land and hinterland geologies reveals that ultrabasic and basic type rocks have great influences on the sediments of the eastern Gulf. Anthropogenic influences that have been generally seen in the eastern and northeastern parts of the Gulf cause the increasing of the natural background concentrations of Fe, Mn, Co, Zn, Pb and Cu in the sediments.

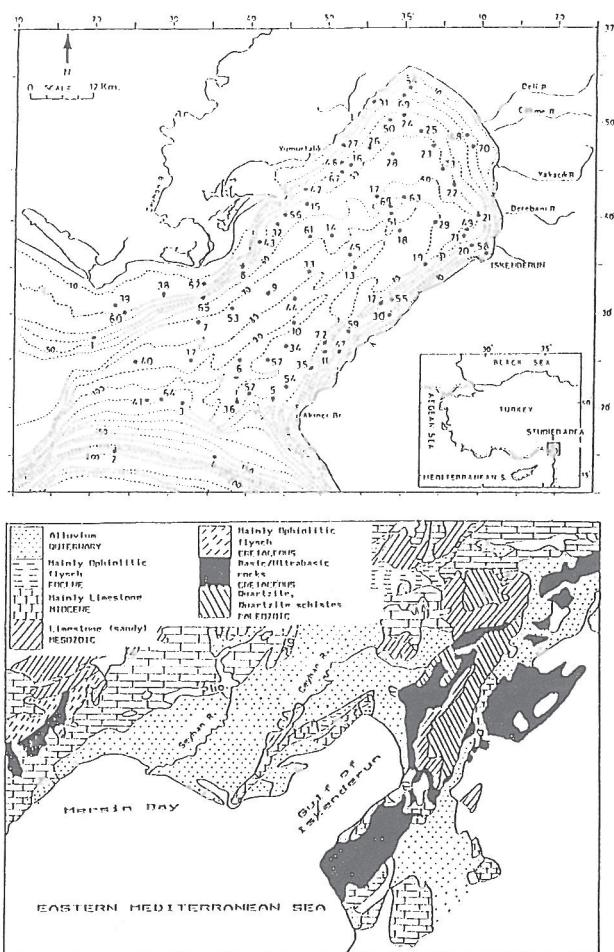
GİRİŞ

İskenderun Körfezi, antropojenik (çevresel) etkilerin yanı sıra çevresinde yer alan jeolojik oluşumların etkilerinin de araştırılabileceği uygun bir deniz ortamıdır. Buna rağmen körfezle ilgili sedimentolojik ve jeokimyasal yayınlar çok azdır (Ergin ve diğerleri, 1988; Kapur ve diğerleri, 1989; Aksu ve diğerleri, 1992; Ergin ve diğerleri, 1994).

İskenderun Körfezi'nin jeolojik oluşumu Doğu Anadolu ve Ölü Deniz Fayları ile yakından ilgilidir (Sengör ve diğerleri, 1985). Bu çökelme havzası Pliyo-

Kuvaterner yaşılı ilerleyen delta çökelleri ile doldurulmuştur (Tolun ve Pamir, 1975; Aksu ve diğerleri, 1992). Körfez kuzey ve kuzeybatıda Kuvaterner alüvyonlarından oluşan geniş kıyı düzlikleri ile sınırlanmış olup, doğu ve güneyde ise, genellikle Kretase yaşılı ofiyolitik birimler uzanmaktadır. Bu seriler güney kıyılarında açığa çıkmaktır (Şekil 1) ve körfezin derinliklerine doğru uzanmaktadır. Ceyhan Nehri ve deltası körfeze karadan taşınan çökellerin en önemli kaynağını teşkil etmektedir. Kara alanlarının jeolojisi yanısıra, çevresel kalkınmanın (antropojenik)

* Yeni adresi: Ankara Univ. Fen Fak., Jeoloji Müh. Böl., Ankara



Şekil 1. Çalışma alanı, çökel örneklemeye istasyonu ve ceyresinin jeolojisi

Figure 1. Study area, sediment sampling stations and the geology of surroundings

ürünleri olan kentsel ve endüstri atıklarda körfez cökellerinin kimyasal bilesimini etkilemektedir.

Jeokimyasal minerallerin araştırılmasını kapsayan bu çalışmanın amacı; İskenderun Körfezi'nin tabanını kaplayan güncel (Geç Holosen) çökellerin tür ve bileşimlerinin yanı sıra alansal dağılımlarının saptanması ve bunları kontrol eden jeolojik, biyolojik, hidrografik ve antropojenik etmenleri tesbit etmektedir.

ÖRNEKLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

1988-1991 yıllarında Bilim ve Çubuklu Araştırma Gemileri ile İskenderun Körfezinde yapılan osinografik çalışmalar sırasında, 73 istasyondan (Şekil 1) kepçe örnekleyicisi ile yüzeysel çökel (deniz tabanının Üst 5 cm kalınlığı) örnekleri alınmıştır. Çökellerin tane boyu analizleri, eleme ve çöktürme yöntemleri kullanılarak (Folk, 1980) yapılmıştır. Toplam organik karbon miktarları (% Org. C), titrasyon

yöntemi (Gaudette ve diğerleri, 1974) ile, karbonat miktarları (% CaCO₃) ise, % 10-HCl kullanarak, volumetrik yöntemi (Müller, 1964) ile tesbit edilmiştir. Çökellerin Al, Mg, Fe, Mn, Ni, Zn, Cr, Co, Cu ve Pb miktarları, HF-HNO₃-HC1O₄ karışımından oluşan asitlerle çözündürüldükten sonra atomik absorbsiyon spektrometrisi kullanılarak tesbit edilmiştir. Analiz yöntemlerinin hassasiyet ve doğrulukları Ergin ve diğerleri (1994)'de verilmistir.

SONUCLAR VE TARTISMA

Tane boyu, organik karbon ve karbonat dağılımları

Körfez çökelleri; genellikle, kıl ve silt karışımı çamurlardan oluşmaktadır. Fakat, körfezin özellikle güney kıyılarına yakın bölgelerde, nisbeten daha fazla kum ve çakıl gibi iri taneler içeren çökellere rastlanmaktadır (Şekil 2). Çökellerdeki, Ceyhan Nehri ağzından açık denize doğru artan kıl ve silt miktarları, yüksek enerjili akarsu ortamından düşük enerjili deniz ortamına geçiş göstermektedir. Buna karşın, güney ve kuzeydoğudaki iri taneli biyojenik kalıntılarca zengin çökeller, ortamın bentik yaşam koşullarına uygunluğunu sergilemektedirler.

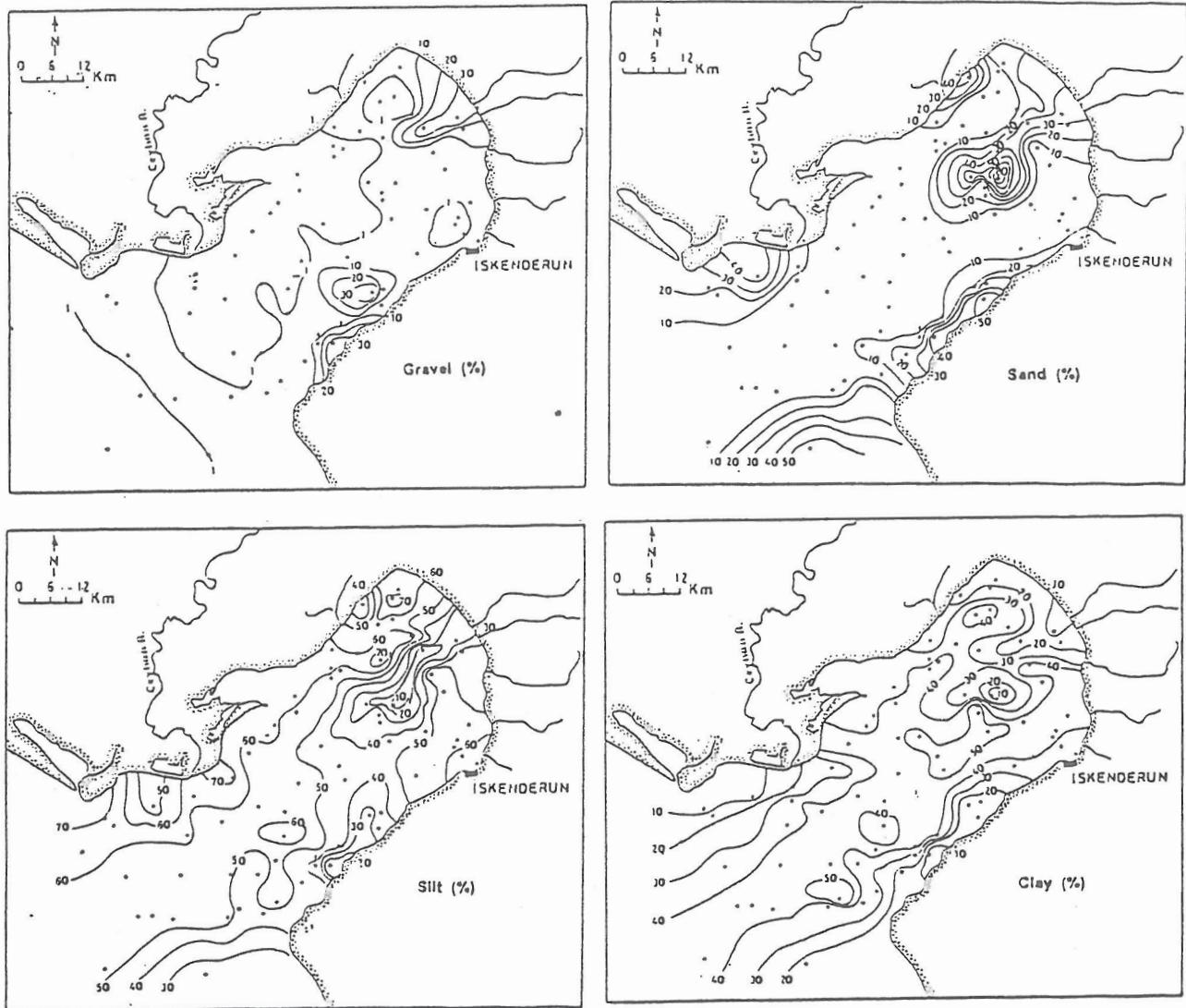
Cökellerin toplam organik karbon miktarları, ortalama % 0.60 olup, % 0.33 ve 0.83 arasında değişim göstermektedirler (Şekil 3). Organik karbon değerleri, biyojenik kavaklılarca zengin ve iri taneli çökellerde genellikle daha düşüktür. Bu nedenle, çökellerdeki organik karbon miktarları, çoğunlukla denizel plankton üretimine bağlanmaktadır.

Çökellerdeki toplam CaO_3 miktarları (% 19-80), ortalama % 30 olup (Şekil 3) iri taneli bentik organizma kalıntılarından kaynaklanmaktadır. Bilhassa, körfezin güney ve doğu kıyılarına yakın bölgelerde ki karbonat miktarları bölgede hakim akıntı ve topografya koşullarını ve bunların bentik organizmalar üzerindeki olumlu etkilerini yansıtıyor.

Esas ve iz Elementlerin dağılımı

Ölçülen element miktarları genellikle, karbonatça zengin ve nispeten iri taneli çökellerde daha düşük olmasına karşın, tane boyu küçük ve karbonatça fakir çökellerde daha yüksektir. Bu yüzden, çökellerde artan karbonat miktarları, esas ve iz elementlerin genelde düşük miktarlarda ölçülmesine neden olmaktadır. Körfez çökellerinin kimyasal farklılıklarını ortaya çıkarabilmek için, ölçülen element miktarları, hem karbonatsız (CaCO_3 -free, CFB) olarak hem de Al referans alınarak (Cr/Al gibi) hesaplanmıştır (ortalama seyllere veya terrijenik aluminyumsilikat çamurlarına esdeğer).

Yapılan karşılaştırmalar sonucu, körfez çökellerinde ölçülen Al, Fe, Mn, ve Cu miktarlarının genelde yerkabığını oluşturan kayaçların ortalama bileşimine uyduğu görülmektedir. Buna karşın, bazı çökellerde ölçülen Mg, Cr, Ni, Co, Zn ve Pb miktarları, yerkabığının ortalamasının üstündedir. Ölçülen bu yüksek değerler, körfezin güneyi ve doğusunda yüzeylemen



Şekil 2. İskenderun Körfezi'nin güncel çökellerinde tane boyu dağılımı

Figure 2. Grain-size distribution in Recent sediments of the Gulf of İskenderun

ultrabazik ve bazik türü kayaçların bileşimine uyum göstermektedir. Bununla birlikte, körfezin güney ve doğu (Özellikle kıyıya yakın alanlardan) bölgelerinden alınan çökellerde tesbit edilen Mg/Al, Cr/Al, Fe/Al, Ni/Al, Mn/Al, Zn/Al, Co/Al ve kısmen Pb/Al oranları, batıdakilerine göre, daha yüksektir (Şekil 4 ve 5). Bu sonuçlarda, körfezin doğu bölgesinde biriken güncel çökellerin çoğunlukla ultrabazik ve bazik kayaçların ve onların ayrışma ürünlerinin etkisi altında olduğunu kanıtlamaktadır.

Diğer taraftan, körfezin doğu ve kuzey bölgelerinden alınan bazı çökellerde tesbit edilen, nisbeten yüksek Fe, Mn, Co, ve Pb miktarları (Şekil 5) kısmende olsa civardaki antropojenik faaliyetleri (demir-çelik ve gübre fabrikaları, petrol rafinerisi, evsel-kentsel ve endüstriyel atıkları, vb.) göstermektedir.

Sonuçta; İskenderun Körfezi'nin güneydoğusu ve kuzeydoğusu arasında yer alan doğu kısmı; çoğunlukla ultrabazik ve bazik kayaçların etkisi altında olup, bu durum, çökellerde ölçülen nisbeten yüksek Mg, Cr, Ni, Fe, Mn, Zn, Co ve Pb miktarları ile saptanmaktadır. Ancak, körfezin doğusunda bazı bölgelerde tesbit edilen, nisbeten yüksek Fe, Mn, Co, ve Pb miktarları, civardaki antropojenik faaliyetlerin sonucu olarak görülebilir. Elde edilen bu sonuçlar, körfezde jeolojik ve çevresel etkilerin araştırılması amacıyla yapılacak çalışmalarında, kaynak ve çökelme ortamları arasında alınacak karot örnekleri üzerinde detaylı sedimentolojik ve jeokimyasal çalışmaların yapılması gerektiğini (örneğin; Ergin, 1988 ve 1990'da olduğu gibi) ortaya koymaktadır. Körfezin güneyinde ve kıyıya yakın bölgelerinde tesbit edilen karbonatça zengin ve bol iri taneli çökeller, bentik yaşam için uygun ortamsal koşulları belirtmektedir.