



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 02.02.2024  
Kabul Tarihi : 31.05.2024

Received Date : 02.02.2024  
Accepted Date : 31.05.2024

## GÖL ORTAMINDA OLUŞMUŞ BİTÜMLÜ KİLTAŞI ÇÖKELLERİNDE HAVZANIN PALEO-TUZLULUK İNCELEMELERİ: DİYATOME TÜRÜ ALGLERLE TUZLULUK ARASINDAKİ İLİŞKİ

### PALEO-SALINITY INVESTIGATIONS OF THE BASIN IN BITUMINOUS CLAYSTONE SEDIMENTS FORMED IN LACUSTRINE ENVIRONMENT: THE RELATIONSHIP BETWEEN DIATOM TYPE ALGAE AND SALINITY

Ali SARI<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-6289-3332)

Kamal ISMAYILZADA<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0002-0960-0286)

Elif AKISKA<sup>3\*</sup> (ORCID: 0000-0002-6180-4710)

Fuat EROL<sup>4</sup> (ORCID: 0009-0008-5830-3860)

<sup>1,3</sup> Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı/Ankara

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 06100, Tandoğan/Ankara

<sup>4</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, Yenimahalle/Ankara

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Elif AKISKA, egunen@eng.ankara.edu.tr

#### ÖZET

Bitümlü şeyller ülkemizdeki pek çok kömür sahasında genel olarak kömürlü serilerin üst litolojilerinde gözlenmektedir. Bu litolojilerden bitümlü çamurtaşları genel olarak bitümlü şeyl ya da bitümlü marn şeklindedir ve bunların neredeyse tamamı tatlı göl suyu koşullarında çökelmiş olup organik madde türleri ise Tip-I kerojenidir. Halbuki, inceleme konusu olan Ilgın Havzası'ndaki bitümlü kayaçlar bitümlü kıltaşı özelliğinde olup organik madde türü ise tuzlu göl suyu koşullarında yaşamış olan silis kavkılı diyatome türü algelere bağlı olarak, Tip-II kerojenidir. Bu çalışmada, organik maddece çok zengin (%TOC-ort:33.36) olan bu kayaçların çökelim koşullarının daha iyi anlaşılabilmesi için gölün tuzluluk koşulları ile organik maddeyi oluşturan diyatome türü algler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ilgın (Konya) bitümlü kıltaşının çökeldiği havzada yapılan paleo-tuzluluk incelemelerinde; Sr/Ba (1.32-5.24) ort: 2.870, Rb/K (0.0036-0.0089) ort:0.0062 ve %TOC/%S (0.38-3.36) ort:1.0033 olup, yapılan paleo-tuzluluk yeniden yapılandırılmalarının birbirleriyle uyumlu oldukları ve gölün tuzlu su koşullarında olduğu belirlenmiştir. Detritik sedimanter kayaçlardaki silisyumun kaynağı ya detritik kaynaklı kuvars ya da biyojenik kavkı kaynaklı silisyumdur. Ilgın göl havzasında bitümlü kıltaşı örneklerindeki silisyumun tuzlu sığ göl suyu koşullarında yaşamış silis kavkılı diyatomelerden kaynaklandığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitümlü kıltaşı, paleo-tuzluluk, organik madde, biyolojik üretkenlik, diyatome

#### ABSTRACT

Bituminous shales are generally observed in the upper lithologies of coal series in many coal fields in Turkey. Among these lithologies, bituminous mudstones are generally bituminous shale or bituminous marl and almost all of them were deposited under fresh lake water conditions and their organic matter types are Type-I kerogen. The organic matter types are predominantly Type-I kerogen. However, the bituminous rocks in the Ilgın basin exhibit characteristics of bituminous claystone, with the organic matter type identified as Type-II kerogen. This is attributed to the presence of silica-shelled diatom algae that thrived in salty lake water conditions. This study aims to investigate the relationship between the lake's salinity conditions and the diatom algae responsible for the organic matter, providing insights into the deposition conditions of these organic-rich rocks (average TOC:33.36%). In paleo-salinity

ToCite: SARI, A., ISMAYILZADA, K., AKISKA, E.& EROL, F., (2024). GÖL ORTAMINDA OLUŞMUŞ BİTÜMLÜ KİLTAŞI ÇÖKELLERİNDE HAVZANIN PALEO-TUZLULUK İNCELEMELERİ: DİYATOME TÜRÜ ALGLERLE TUZLULUK ARASINDAKİ İLİŞKİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 838-853.

studies conducted in the Ilgın (Konya) bituminous claystone deposition basin, key ratios such as Sr/Ba(average:2.870, range:1.32-5.24), Rb/K (average:0.0062,range:0.0036-0.0089), and %TOC/%S (average:1.0033,range:0.38-3.36) were examined. The results indicated consistent paleo-salinity reconstructions, affirming the presence of saltwater conditions in the lake. To identify the source of silicon in detrital sedimentary rocks, the study explored whether it originated from detrital quartz or from biogenic shells. It was determined that the silicon in the bituminous claystone samples in the Ilgın lake basin originated from siliceous diatoms that lived in salty shallow lake water conditions.

**Keywords:** Bituminous claystone, paleo-salinity, organic matter, biological productivity, diatome

## GİRİŞ

Gösel bitümlü çamurtaşları denizel petrol kaynak kayalarına nazaran organik madde içerikleri son derece yüksek olan kayaçlardır. Bu kayaçların organik maddece zengin olmalarının en önemli sebebi ise göllerin redoks koşullarıdır. Bitümlü çamurtaşlarının çok büyük bir bölümü tatlı su koşullarında çökelmiş olup, organik madde türleri ise Tip-I kerojen olan bitümlü şeyl ya da bitümlü marn türü kayaçlardır. Ülkemizde bitümlü çamurtaşlarının çökelim ortamlarının jeokimyasal koşulları hakkında bugüne kadar yapılan çalışmaların sayısı son derece sınırlıdır.

Diyatomeler ve bitümlü kayaçların çökeldiği göl koşullarının paleo-tuzluluk incelemelerine örnek olarak Akbulut ve Udoh (2015), Vosoughi Moradi vd. (2016) ve Pehlivanlı (2019)'un çalışmaları örnek olarak verilebilir. Öte yandan, Nielsen vd. (2015) Miyosen yaşlı Güneyce formasyonunun (Güneybatı Türkiye) iz fosillerini, çökeltme ortamı ve oksijen durumunu, Yıldız vd., (2015) İznik gölü sondaj karotlarında tanımlanan Kuvaterner diatom topluluğunu ve paleoortamını, Tokatlı (2012) Sucul sistemlerin izlenmesinde bazı diyatome indekslerinin kullanılmasını (Gürleyik Çayı örneği, Eskişehir), Solak (2011) Yukarı Porsuk Çayında (Kütahya) diyatome indekslerinin uygulanması konusunda, Ocakoğlu vd. (2011) Çubuk Gölünün (Bolu, KB Anadolu) sedimantolojik, jeokimyasal ve paleoekolojik araçlarla paleoklimsel incelemesini yapmışlardır. Akkoca ve Işık (2018) organik maddece zengin Dadaş şeyllerinde detaylı jeokimyasal incelemeler yapmışlardır. Akkoca vd. (2019) Hazar Gölü'nden aldığı Holosen sedimanlarında paleoklimsel çalışmalar yapmışlardır. Uluslararası literatürde ise çökel havzalarının paleo-tuzluk incelemeleri ve diyatomelerle ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır: Campbell ve Williams (1965), Couch (1971), Round (1981), Wang ve Wu (1983), Gasse (1987), Fritz, vd., (1993), Whitton ve Kelly (1995), Cox (1996), Edlund ve Stoermer, (2000), Taylor vd., (2007), Wei, ve Algeo (2020). Ilgın linyitli kömür sahası Konya İlinin kuzeybatısında yer alır (Şekil 1). Genel olarak Ülkemizde kömür oluşumunun görüldüğü havzalarda, altta kömür ve onun üzerinde de bitümlü çamurtaşı istifleri yer alır. Ülkemizde pek çok sahadaki bitümlü çamurtaşı istifleri genellikle bitümlü şeyl ve bitümlü marn özelliğinde olup, 30-450 m aralığında değişen kalınlıklara sahiptir. Ancak, Ilgın sahası bir istisna olup, bitümlü kilaşı özelliğindedir. Bitümlü kilaşları, bitümlü şeyl ve bitümlü marnlara nazaran en yüksek organik madde (OM) içeriğine sahiptir. Bunun nedeni göl tabanına taşınan organik maddelerin süratli bir şekilde kil tarafından örtülüp/sarılıp gerek oksijenle temasının kesilmesi ve gerekse de dipte gezinen/yaşayan diğer organizmaların saldırısından süratli bir şekilde kurtulması nedeniyledir. Yine, Ülkemizdeki pek çok bitümlü çamurtaşı sahasındaki kayaçlar genel olarak tatlı su özelliğinde olan göl ortamında depolanırken Ilgın sahasındaki bitümlü kilaşlarının ise paleo-tuzluluk konfigürasyonlarına göre tuzlu göl suyu şartlarında depolanmış oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmada yine Ilgın sahası (Konya) bitümlü kilaşı kayaçlarının organik madde türünün tuzlu su koşullarında yaşamaya uygun silis kavkılı diyatomelerden oluştuğu belirlenmiştir.

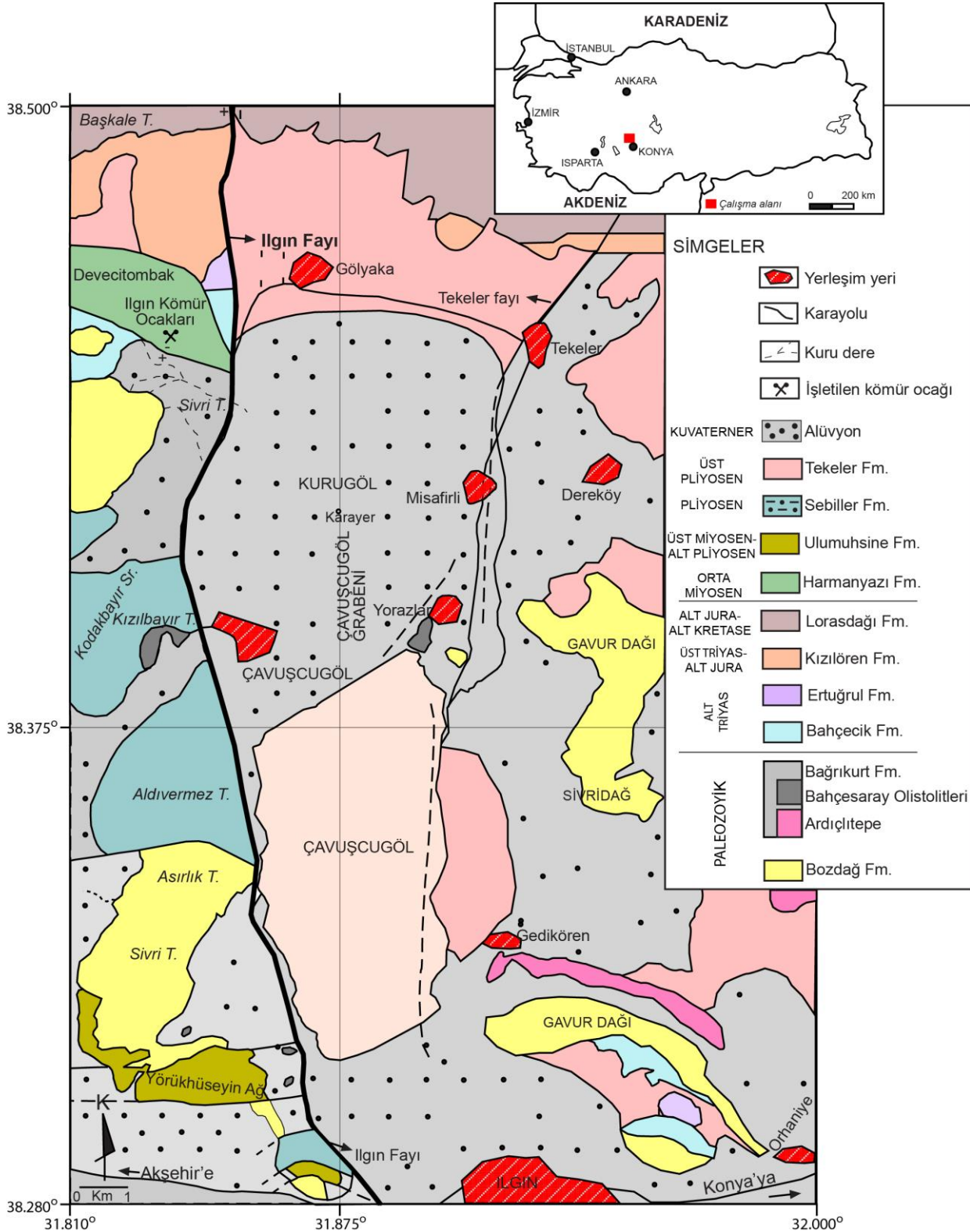


Şekil 1. Yer Bulduru Haritası (Harita Verisi: Google, ©2013 / Landsat / Copernicus)

## JEOLJİ

Bu makalede kullanılan stratigrafik istif “General Topics in Geology and Earth Sciences 1 (Chapter II)” (Sarı vd., 2023) kitap bölümünden alınmıştır. Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler bölgede etkin olan Alpin orojenezinin etkisiyle yoğun deformasyon geçirmişlerdir. Mesozoyik yaşlı birimler, Paleozoyik temel üzerinde açılı uyumsuz olarak yer almaktadırlar. Mesozoyik yaşlı birimler stratigrafik olarak açılı uyumsuz şekilde alttan üste doğru; Alt Triyas yaşlı Bahçecik Formasyonu (metakırıntılılar ve fillit) ile yine Alt Triyas yaşlı Ertuğrul Formasyonu (metakarbonat-metakırıntılı ardalanması) ve üzerlerinde de Üst Triyas-Alt Jura yaşlı Kızılören Formasyonu (bitüm kokulu dolomitler) yer alırken, onun da üzerinde ise Alt Jura-Alt Kretase yaşlı Lorasdağı Formasyonu (dolomit ve kalsitik dolomitler) bulunur. Mesozoyik yaşlı bu formasyonların üzerinde de yine açılı uyumsuz olarak Neojen yaşlı formasyonlar yer alır. Bu birimler ise yine alttan üste doğru; Orta Miyosen (Orta Serravaliyen) yaşlı (Karayiğit vd., 1999) Harmanyazı Formasyonu (bitümlü kiltası, marn ve kömürden oluşur), Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Ulumuhsine Formasyonu (tabanında konglomera ile başlar ve üst seviyelerde kireçtaşlarından oluşur), Pliyosen yaşlı Sebiller Formasyonu (kiltası, konglomera ve değişik boyutlu malzemelerden oluşur), Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Tekeler Formasyonu (kireçtaşı ve dolomit taneleri içeren konglomera) yer alır (Hüseyinca ve Eren, 2007). Neojen yaşlı formasyonlar üzerinde ise en genç birimler olan güncel alüvyonlar bulunur (Şekil 2, 3).

Bu makalede çalışma konusu olan Harmanyazı Formasyonu'nun kalınlığının yaklaşık 100-120 metre civarında olduğu düşünülmektedir. Birimin litolojisi; kireçtaşı, marn, linyit ve kiltası aralanmasından oluşmakta olup, hakim litolojiyi ise bitümlü kiltaları oluşturur. Bitümlü kiltaları genel olarak gri ve kahverenkli olup, çok zengin organik madde içeriğine sahiptir. Harmanyazı Formasyonu'nun tabanında kalınlıkları 5.0-21,6 metre arasında değişmekte olan iki adet ana kömür damarı bulunmaktadır. Ocakta halen işletilmekte olan kömür kalınlığı ise 0,60-21,55m arasındadır.



Şekil 2. İnceleme Alanına Ait Jeolojik Harita (Hüseyinca ve Eren, 2007).

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		FORMASYON		KALINLIK (m)		SİMGELER		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
SENZOYİK		NEOJEN		MIYOSEN		ALT JURA-ALT KRETASE		ORTA TRIYAS-ALT JURA		ALT TRIYAS				DEVONİYEN - ALT PERMIYEN	
		ÜST PLYOSEN	SEBİL-TEKELER	110	Ts			60	Tt				Kahve-gri renkli çok çeşitli boyutlu tutturulmamış malzeme		
		ÜST MIYOSEN ALT PLYOSEN	HARMAN-YAZI	100	Tu			120	Th				Karbonat ve kil çimento, iri blok, blok, kum boyutlu malzeme içeren tabakalı konglomera	<b>Açısal uyumsuzluk</b>	
		ALT JURA-ALT KRETASE	LORASDAĞI	400	Tr-Ki								Sarı, kırmızı, beyaz renkli kil, kıltaşı ve tutturulmuş konglomera		
		ORTA TRIYAS-ALT JURA	KIZILÖREN	250	Tr-Jk								Tabanda çakıl, blok ve fillit parçalı konglomera içeren sarı, krem renkli kireçtaşı		
		ALT TRIYAS	BAHÇECİK	350	Tr-b								Beyaz, gri, sarı, turuncu, kahve renkli kıltaşı, marn, kireçtaşı ve kömür	<b>Açısal uyumsuzluk</b>	
		DEVONİYEN - ALT PERMIYEN	BAĞRIKURT ARDİCLİTEPE ÜYESİ	800	D-Pba/ D-Pb/ D-Pbbj								Açık mavi-gri renkli, orta-kalın tabakalı dolomit mermer		
		ÜST SİLÜRİYEN-ALT KARBONİFER	BOZDAĞ	1000	S-Cb								Koyu mavi-lacivert renkli orta-kalın tabakalı, bitüm kokulu, dolomit mermer		
													Sarı, pembe renkli, orta-kalın tabakalı mermer ve fillit		
													Mor renkli konglomera, metakumtaşı ve fillit	<b>Açısal uyumsuzluk</b>	
													Merceksi geometrili, beyaz renkli, masif, dış kökenli rekristalize kireçtaşı		
													Gri, yeşil, kahve renkli orta-kalın tabakalı metakonglomera, metakumtaşı ve fillit		
													Kalın tabakalı, siyah renkli, dolomitik mermer üyesi		
													Beyaz, mavimsi gri ve siyah renkli, orta-kalın tabakalı, masif görümlü bitüm kokulu mermer		

Şekil 3. İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti (Hüseyinca ve Eren, 2007).

## MATERYAL VE METOT

İnceleme materyallerini Ilgın (Konya) sahasındaki linyit kömürlerinin hemen üzerinde yer alan, organik madde içerikleri çok yüksek olan bitümlü kıltaşı seviyelerinden tabandan tavana kadar sistematik şekilde alınan 14 adet kayaç örnekleri oluşturur. Bitümlü kıltaşı örneklerinde Majör ve Minör element analizleri Ankara Üniversitesi YEBİM laboratuvarında ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) model cihaz

kullanılarak yapılırken, yine 14 adet bitümlü killi kayaların organik madde miktarlarının belirlenmesi için Piroliz analizleri de (%TOC analizi) ise TPAO Ar-Ge Merkezi Müdürlüğü laboratuvarlarında Rock Eval VI cihazı ile IFP 160000 standardı kullanılarak yaptırılmıştır.

## JEOKİMYASAL SONUÇLAR

Bu çalışmada sahada Harmanyazı Formasyonu'nun en iyi görüldüğü yerden tabandaki kömürlü seviyeden başlayarak tavana kadar sistematik olarak bitümlü kilitaşlarından 14 adet örnekleme yapılmıştır (Şekil 4). Sahadan derlenen bitümlü kilitaş örneklerine ait majör ve minör element analiz sonuçları da (Tablo 1)'de verilmiştir.

ÖRNEK ADI	KALINLIK (m)	LİTOLOJİK BİRİM
KI-14	40 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-13	30 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-12	40 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-11	20 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-10	25 cm	Bitümlü Kilitaş
-	4 cm	Kilitaş
KI-9	10 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-8	40 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-7	100 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-6	20 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-5	20 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-4	200 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-3	100 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-2	40 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-1 Ara Linyit	50 cm	Linyit
KI-1	50 cm	Bitümlü Kilitaş
KI-1 Alt Linyit	1000 cm	Linyit

- ölçeksiz -

Şekil 4. Harmanyazı Formasyonu'na Ait Ölçülmüş Stratigrafik Kesit.

**Tablo 1.** Harmanyazı Formasyonu Bitümlü Kiltası Örneklerine Ait TOC, Ana ve İz Element Sonuçları

	TOC (%)	S (%)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Ba (ppm)	Zn (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Ti (%)	Al (%)	Si (%)	Mo (ppm)	K (%)
KI-14	14,52	1,77	1,50	2,60	140,00	28,90	11,60	499,00	0,09	0,49	5,59	3,10	0,20
KI-13	34,32	9,18	16,20	24,00	70,30	42,20	24,60	99,40	0,08	1,64	14,19	14,60	0,36
KI-12	21,00	3,68	9,80	35,50	94,60	30,00	18,30	496,00	0,03	1,38	15,24	9,10	0,24
KI-11	41,52	8,29	7,50	14,40	29,10	25,80	9,50	94,70	0,05	0,45	11,36	10,60	0,15
KI-10	26,50	4,36	11,00	14,80	59,60	40,70	13,30	177,00	0,11	0,92	19,78	10,00	0,20
KI-9	23,33	5,98	6,90	20,20	89,60	39,60	17,00	228,00	0,06	1,41	8,80	8,10	0,35
KI-8	37,69	3,71	14,00	31,10	115,00	48,50	37,20	301,00	0,09	3,36	13,29	3,40	0,67
KI-7	44,44	5,23	14,00	22,70	77,90	44,20	28,20	277,00	0,16	2,45	11,41	2,70	0,52
KI-6	16,29	3,52	5,90	9,80	75,60	32,70	13,50	293,00	0,26	0,88	22,74	5,70	0,28
KI-5	40,99	9,32	14,90	17,40	45,50	50,90	10,50	151,00	0,14	0,91	4,58	10,80	0,16
KI-4	28,93	2,86	28,00	37,60	112,00	80,70	45,00	148,00	0,05	3,11	29,42	7,90	0,63
KI-3	37,12	11,67	21,00	20,00	52,50	29,50	10,60	72,10	0,06	0,49	6,59	14,50	0,16
KI-3/2	34,51	5,93	16,10	24,20	39,80	58,00	6,00	168,00	0,06	0,14	17,74	8,50	0,12
KI-2	31,07	7,79	8,00	14,50	67,80	28,40	11,70	203,00	0,10	1,24	4,90	8,40	0,20
KI-1	36,41	10,02	16,10	15,90	83,00	14,00	21,10	67,00	0,04	1,85	5,01	15,10	0,27

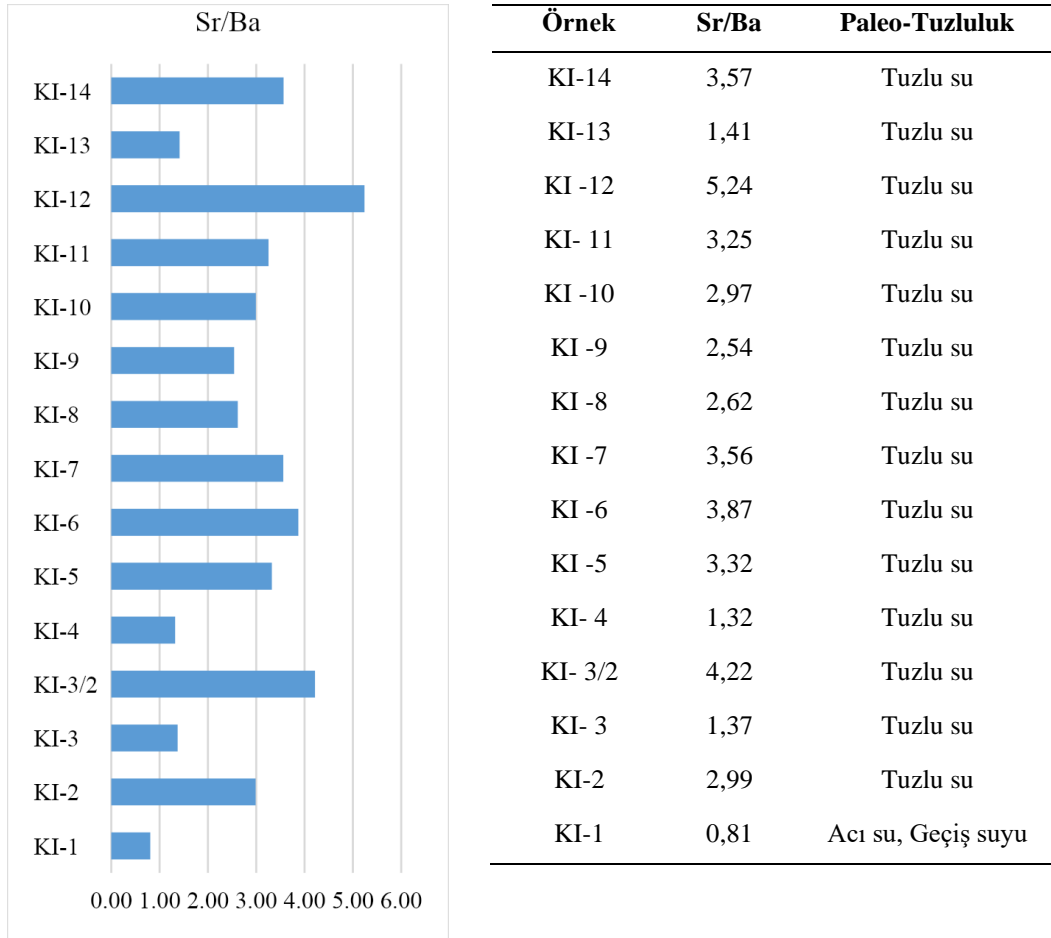
### Sr/Ba Oranına Göre Paleo-Tuzluluk

Stronsiyum/Baryum (Sr/Ba) oranı ile Galyum'un (Ga) element konsantrasyonu paleo-göl havzalarındaki tuzluluğu anlamak için kullanılabilir (Pais ve Jones, 1997; Wei ve Algeo, 2019). Sr ve Ba elementleri kimyasal özellikleri ile benzerdir ancak artan tuzluluğa farklı tepki vermektedirler (Lan vd., 1987; Zheng ve Liu, 1999). Karasal çökeltelerde stronsiyum, hava koşulları sırasında baryumdan daha hızlı serbest kalır ve tatlı sularda düşük Sr/Ba oranlarına (~1.4) neden olur (Yang vd., 2004a; Yang vd., 2004b). Buna karşılık deniz suyunda farklı konsantrasyonlardan dolayı (Sr 8,1 mg/l ve Ba 0,021 mg/l) çok daha yüksek Sr/Ba oranları (~39) bulunmaktadır (Krauskopf, 1956). Bu temel farklılıklar, Sr/Ba oranını eski bir su kütlelerinin tuzluluğunun bir göstergesi haline getirir (Deng ve Qian, 1993; Zheng ve Liu, 1999; Wei vd., 2018; Wei ve Algeo, 2019). Genel olarak <0,2, 0,2-0,5 ve >0,5 Sr/Ba oranları tatlı su, acı su ve deniz suyu koşullarında çökelmiş çökelti için eşik değerlerdir (Wei ve Algeo, 2019). Stronsiyum (Sr) ve baryum (Ba), çeşitli sedimanter ortamlarda farklı jeokimyasal davranışa sahip iki elementtir (Liu vd., 1984; Wang, 1996). Sr ve Ba'nın her ikisi de toprak alkali eser elementlerdir ve benzer kimyasal özelliklere sahiptir, fakat baryum tuzları nispeten daha düşük bir çözünürlüğe sahiptir ve baryum iyonunun yarıçapı daha büyüktür. Sonuç olarak Baryum, kil minerali, kolloid veya organik madde tarafından adsorbe eğilimindedir. Suda tuzluluk arttıkça ilk olarak Ba çökelirken, Sr ise sudaki tuzluluk artışı yeterli ve belirli bir miktarda ise çökelir. Bu nedenle pek çok araştırmacı tarafından göl ve denizel havzaların ayrımı ve paleo-su tuzlulukları Sr/Ba oranından yararlanılarak yorumlanmıştır. Örneğin; Sr/Ba oranı <1.0 ise tatlı su, göl ortamını; > 1.0 ise tuzlu su, deniz ortamına işaret eder (Couch, 1971; Chen vd., 2009; Liu vd., 2009). Wang ve Wu (1983) 'de paleo-tuzluluğu yeniden yapılandırmış ve; < 0.6 Sr/Ba oranını gölsel depolanma ortamı, tatlı su; 0.8 - 1.0 Sr/Ba oranını ise denizel depolanma ortamı, tuzlu su için kullanmışlardır. Deng ve Qian (1993) ile Liu (1980) tarafından da Sr/Ba oranı sudaki tuzluluk değişimini yapılandırmak için kullanılmıştır. Araştırmacılara göre, genel olarak > 1.0'den yüksek Sr/Ba oranı yüksek tuzluluğu ve denizel ortamı yansıtırken < 0.6'den düşük Sr/Ba oranı da tatlı su, göl ortamına işaret eder (Tablo 2).

**Tablo 2.** Sr/Ba Oranına Göre Sudaki Paleo-tuzluluk Değişimi (Deng ve Qian, 1993; Liu, 1980)

Sr/Ba oranı	Paleo-Tuzluluk
< 0.6	Tatlı su, göl
0.6 - 1.0	Acı su, Geçiş suyu
> 1.0	Tuzlu su, deniz

İlgın sahasından alınan bitümlü kilitaşı örneklerinin çeşitli araştırmacıların kullandıkları Sr/Ba oranlarına göre göl suyunun paleo-tuzluluk değeri değerlendirildiğinde kesitin tabanındaki KI-1 numaralı örneğin çökmesi esnasında göl suyunun acı su özelliğinde olduğunu ve devamında da gölün tamamen tuzlu suya geçmiş olduğunu söyleyebiliriz (Şekil 5).



Şekil 5. İlgın Sahası Bitümlü Kilitaşı Örneklerinde Sr/Ba Oranlarına Göre Paleo-Tuzluluk Tespiti

### Rb/K Oranına Göre Paleo-Tuzluluk

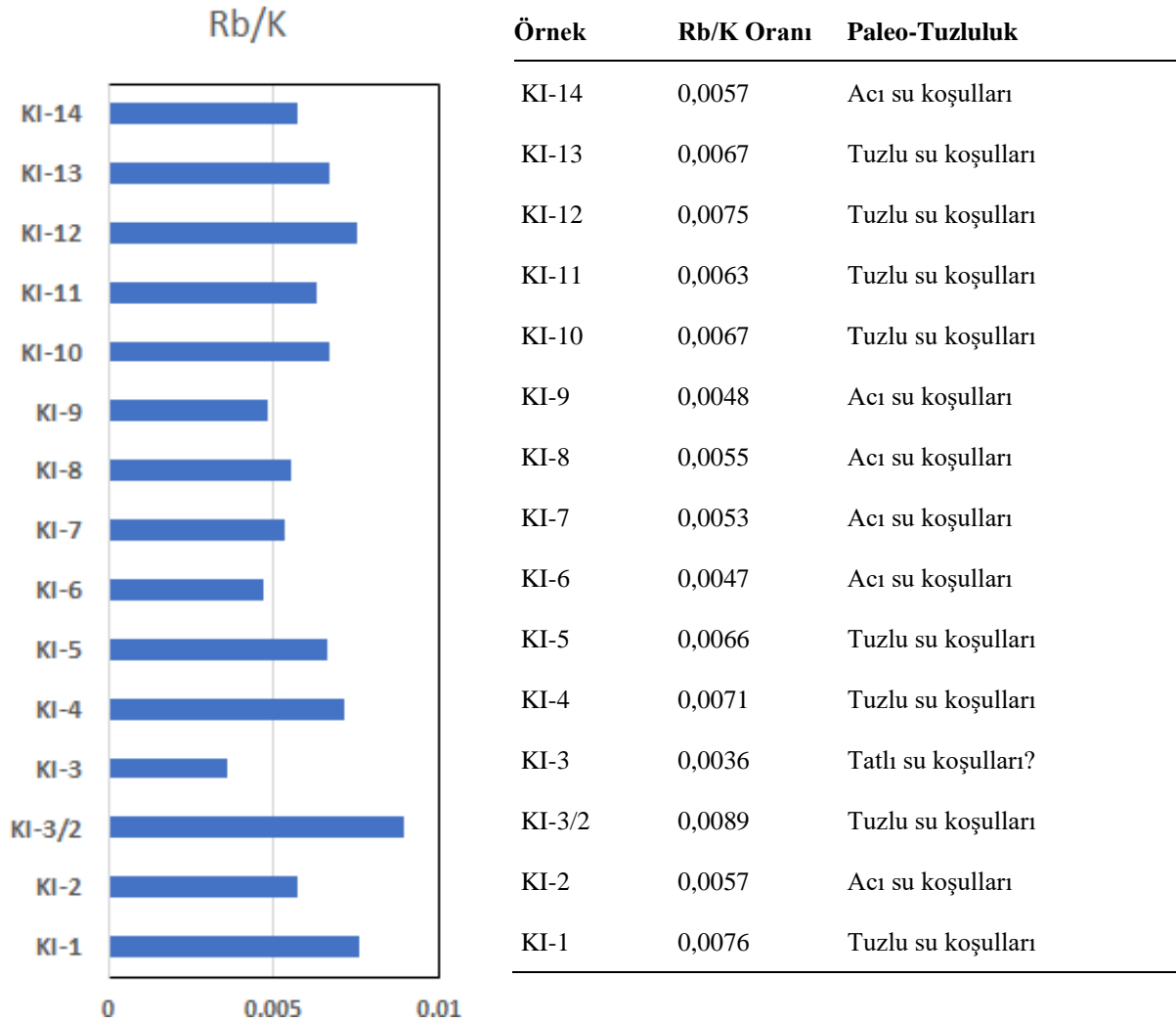
Rb/K elementel oranının kullanımı, tatlı su ortamlarına (0,0013 ppm) göre deniz suyundaki artan Rb konsantrasyonları (0,12 ppm) nedeniyle denizel şeylerin daha yüksek Rb konsantrasyonları içerdiği varsayımına dayanmaktadır (Campbell and Williams, 1965; Taylor and McClennan, 1985). Burada K konsantrasyonları ise kil fraksiyonunu temsil etmek için kullanılmaktadır. Paleo-tuzluluk yeniden yapılandırılmaları Rb/K oranına göre Campbell ve Williams'ın (1965) yöntemi izlenerek de yapılabilir (Tablo 3). Bu amaçla, Rb ve K elementlerinin oranı, değişen tuzluluk seviyelerini yorumlamak için kullanılmaktadır.

Tablo 3. Rb/K Oranına Göre Paleo-Tuzluluk Değişimi (Campbell ve Williams, 1965)

Rb/K Oranı	Paleo-Tuzluluk
$\leq 0,004$	Tatlı su koşulları
$>0,004 - \leq 0,006$	Acı su koşulları
$>0,006$	Tamamen tuzlu su/denizel koşullar



İlgın sahasından alınan bitümlü kıltaşı örneklerinin Rb/K oranlarına göre paleo-tuzluluk yapılandırmasında istifin tabanının tuzlu su ve acı su koşullarında olduğu görülürken KI-3 numaralı örneğin tatlı su koşullarının üst sınırında çıktığı görülmektedir (Şekil 5-6). KI-3 numaralı örnekle ilgili husus “Tartışma ve Sonuçlar” bölümünde değerlendirilmiştir.



Şekil 6. İlgın Sahası Bitümlü Kıltaşı Örneklerinde Rb/K Oranlarına Göre Paleo-Tuzluluk Tespiti

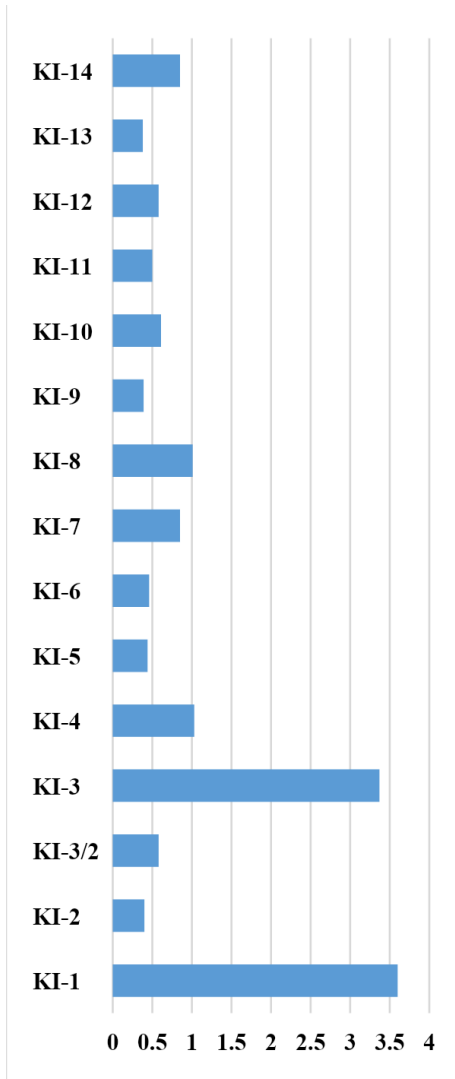
### Organik Jeokimyasal Verilere Göre Paleo-Tuzluluk

Ampirik incelemeler, OM miktarının (%TOC) toplam kükürt içeriğine oranının (%TOC/%S) göllere karşı deniz ortamlarının bir göstergesi olarak kullanılabilir olduğuna ve paleo-tuzluluk yeniden yapılandırması içinde kullanılabileceğine işaret edilmektedir (Berner ve Raiswell,1983; Berner,1984) (Tablo 4).

Tablo 4. %TOC/%S Oranlarına Göre Paleo-Tuzluluk Değişimi (Berner ve Raiswell, 1983; Berner, 1984)

%TOC/%S değerleri	Paleo-Tuzluluk
<2.8	Yüksek tuzlu su ortamı
>2.8	Tatlı su koşulları

İlgın sahasından alınan bitümlü kıltaşı örneklerinin %TOC/%S oranlarına göre paleo-tuzluluk değerlendirmesinde tabandaki KI-1 ve daha üstte yer alan KI-3 numaralı örneklerin çökmesi esnasında göl suyunun tatlı su koşullarında olduğu, üste doğru ise gölün tamamen tuzlu su özelliğinde olduğu görülmektedir (Şekil 7). KI-1 ve KI-3 numaralı örneklerle ilgili husus “Tartışma ve Sonuçlar” bölümünde değerlendirilmiştir.



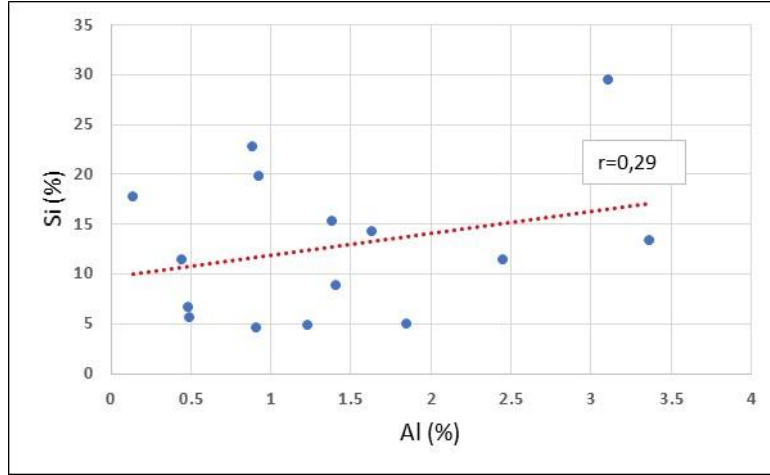
Örnekler	%TOC/%S	Paleo-Tuzluluk
KI-14	0,85	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-13	0,38	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-12	0,58	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-11	0,50	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-10	0,61	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-9	0,39	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-8	1,01	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-7	0,85	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-6	0,46	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-5	0,44	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-4	1,03	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-3	3,37	Tatlı su koşulları?
KI-3/2	0,58	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-2	0,4	Yüksek tuzlu su ortamı
KI-1	3,60	Tatlı su koşulları?

Şekil 7. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinde %TOC/%S Oranlarına Göre Paleo-Tuzluluk Tespiti

### Silisyum'un Kaynak İncelemesi

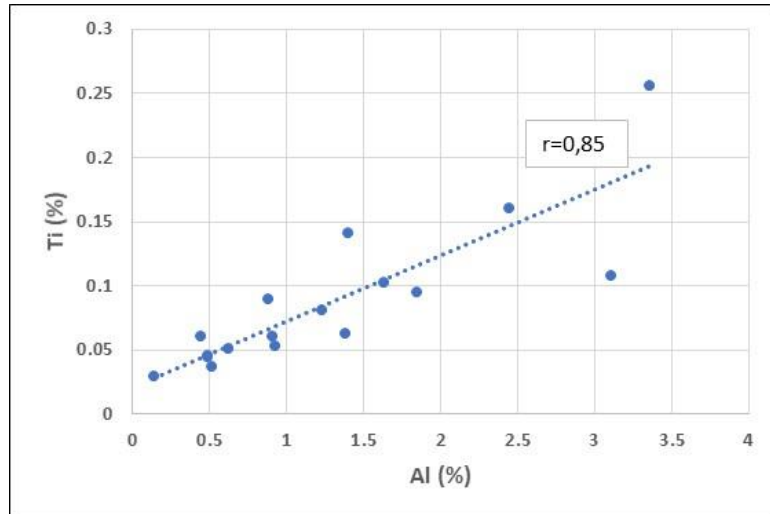
Silisyum (Si); elementinin iki farklı kaynağı vardır. Bunlar; ya detritik yani karasal kaynak (kuvars) ya da biyojenik (kavkı) kaynağıdır. Si'a karşı Al'u çapraz çizmek silisyumun kökeninin biyojenik ya da detritik olduğunu ortaya çıkarır. Eğer Si elementi Al ile güçlü korelasyon ilişkisine sahipse, silika (Si) muhtemelen detritik kaynaklıdır ve kayada kil fraksiyonu ile birlikte bulunmaktadır (Sageman ve Lyons, 2009). Aksine, Si ve Al çok zayıf bir korelasyon ilişkisine sahipse, Si muhtemelen köken olarak biyojenik kaynaklıdır ve otijeniktir.

Ilgın sahası örneklerinde, Si'deki göreceli artış ve Al (doğrusal olmayan ilişki) oranındaki azalma ve Si ile Al arasındaki zayıf korelasyon ( $r=0.29$ ) ilişkisi bitümlü kiltası örneklerinde Si'in büyük bir kısmının biyojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir (Şekil 8).



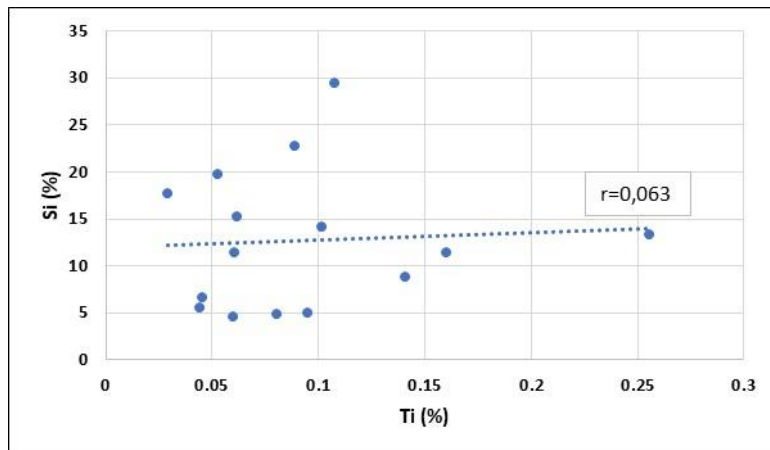
Şekil 8. Alüminyum (Al)'un Silisyum'a (Si) Karşı İkili Diyagramı

Ti'da Al gibi detritik kaynaklı bir element olup, Al'a karşı çapraz çizildiğinde aralarında çok kuvvetli bir korelasyon ( $r=0,85$ ) ilişkisi olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Alüminyum (Al)'un Titanyum'a (Ti) Karşı İkili Diyagramı

Oysaki, Ilgın sahasına ait örneklerde Si'a karşılık Ti çapraz çizildiğinde yine aralarında çok zayıf bir korelasyon ( $r=0,063$ ) ilişkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 10). Bu durum Si'un kaynağının biyogenik olduğunu ispatlamaktadır.



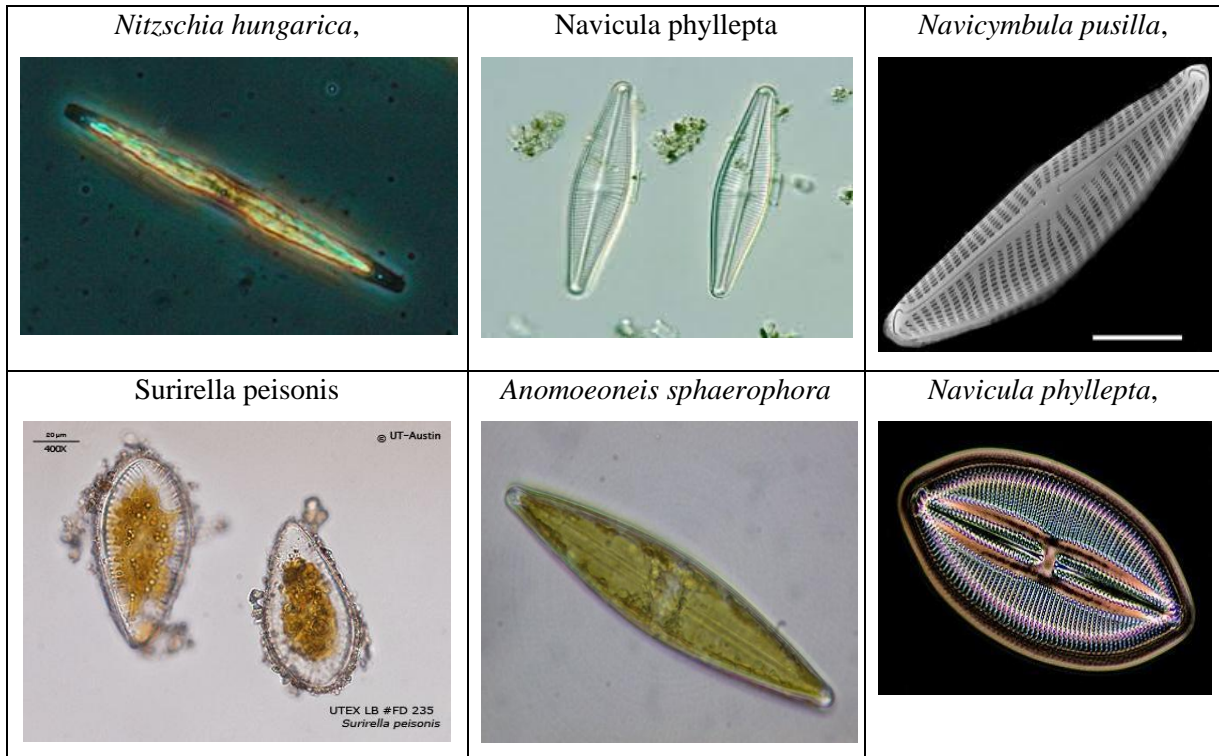
Şekil 10. Titanyum (Ti)'un Silisyum'a (Si) Karşı İkili Diyagramı

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### *Diyatome Türü Algler ile Paleo-tuzluluk Arasındaki İlişki*

İlgın sahası bitümlü kilitaşı örneklerinde yapılan organik jeokimyasal çalışmalarda örneklerin kerojen tipinin Tip-II olduğu ve çok yüksek organik madde içeriğine, %TOC ortalaması (ort:31,24), sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, İlgın sahası gibi çok tuzlu bir göl ortamında yaşamış olan fitoplankton alglerin türünün belirlenmesinde kayaç bileşiminde bulunan silikanın bir organik üretkenlik göstergesi olarak kullanılabileceğini söyleyebiliriz. Çünkü; silisyum (Si); elementinin iki farklı kaynağı vardır. Bunlar; ya detritik yani karasal kaynak (kuvars) ya da biyojenik (kavkı) kaynağıdır. Silisyumun kaynağı detritik/karasal kaynaklı ise genellikle sedimanter kayaçların bileşimine kuvars minerali olarak girer. Detritik kaynaklı kuvarsın bileşimindeki Si bolluğu organik madde korunumu açısından olumsuzluk teşkil eder. Çünkü, yüksek kuvars bolluğu genellikle bol oksijenli, çalkantılı ve enerjili ortamlarda çökelen kumtaşı ya da silttaşı gibi kayaçlarda görülür. Oysaki, bu tür kayaçların çökeltme ortamlarında bitümlü çamurtaşları çökelemez ve organik madde de bu tür kayaçların çökeltim ortamlarında var olsa da korunamaz.

Tuzlu göl ortamlarında yaşayan canlı türlerinden olan diyatome, tortul kayaçlarda en bol bulunan silis kavkılı fitoplankton alglerden bir tanesidir. Bu alglerin en önemli özelliği, asimetrik ve silisten oluşan iki kapağa sahip olmalarıdır. Diyatome, mikroskopik alglerin bir grubudur ve altın-kahverengi pigmentasyonları ve biyolojik olarak üretilen biyojenik opalin silikadan yapılmış bir hücre duvarına sahip olmaları ile karakterize edilir. Opalin silikadan yapıldıkları için diyatome hücre duvarları kırılmaya ve çözünmeye karşı oldukça dirençlidir (Edlund vd., 2000). Diyatome, tuzlu göllerde farklı taksonomik bileşimlerde ortaya çıkarlar (Fritz vd., 1993; Gasse vd., 1995). Tuzlu göllerde yaşayan diyatome taksonları kesinlikle geniş tolerans aralıklarına sahip olup, dolayısıyla tuzluluktaki büyük dalgalanmalara bile dayanabilmektedirler (Gasse, 1987). Tuzlu göllerde yaşayan en tipik diyatome taksonlarından bazıları: *Navicula salinicola*, *Navicula phyllepta*, *Campylodiscus clypeus*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Navicula phyllepta*, *Navicymbula pusilla*, *Synedra pulchella*, *Nitzschia hungarica* ve *Surirella peisonis*'dir (Şekil 11). İlgın sahasından derlenen 14 adet bitümlü kilitaşı içerisinde yukarıda bahsedilen diyatome türü örneklerine ait kavkılara rastlanmamıştır. Bunun başlıca sebeplerinden bir tanesi tuzlu göllerde yaşayan silis yapıları plaklarla örtülü olan diyatome türü algal canlılar öldükleri zaman bünyelerindeki silis plaklar dibe çökerek bitümlü kayaçların bileşimindeki silisyuma katılırken organik kısımları ise kayacın organik madde miktarını oluşturmasıdır.



Şekil 11. Tuzlu Göllerde Bulunan En Tipik Diyatome Taksonlarından Bazıları (Fritz vd., 1993; Cox, 1996)

### **Paleo-tuzluluk Değerlendirmeleri**

İlgın sahası bitümlü kiltası örneklerinde yapılan paleo-tuzluluk incelemelerinde Sr/Ba (1,32 – 5,24) oranı ort: 2,87 olup, kesitin tabanındaki KI-1 (0,81) numaralı örneğin çökmesi esnasında göl acı su özelliğinde olup, üste doğru kesitin geriye kalan tüm örneklerinde İlgın sahasında bitümlü kiltası örneklerinin çökelişi esnasında göl suyunun tamamının tuzlu olduğu görülmektedir (Şekil 5).

İlgın sahasından alınan bitümlü kiltası örneklerinin Rb/K oranlarına göre paleo-tuzluluk yapılandırmasında ise istifin tabanının tuzlu su ve acı su koşullarında olduğu görülürken KI-3/2 numaralı örneğin Rb/K değerinin (0,0036) acı su koşullarına yakın çıktığı görülmektedir (Şekil 5 6). Ancak, bu örnekte Rb/K değerinin acı su koşullarına geçme sınırında olması ve hem altındaki KI-2 ve hem de üzerindeki KI-3 numaralı örneklerin tuzlu su koşullarında olması nedeniyle KI-3/2 numaralı örneğin çökmesi esnasında göl suyunun acı su koşullarına geçmekte olduğunu ve devamında da gölün tamamen tuzlu suya geçmiş olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle, Rb/K oranlarına göre yapılan paleo-tuzluluk yapılandırmasının Sr/Ba oranına göre belirlenen paleo-tuzluluk yapılandırması ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ayrıca, bitümlü kiltası örneklerinin %TOC/%S oranlarına göre yapılan paleo-tuzluluk yapılandırmasında ise istifin tabanındaki KI-1 ve daha üstte yer alan KI-3 numaralı örneklerin çökmesi esnasında göl suyunun tatlı su koşullarında olduğunu ve devamında da gölün tamamen tuzlu su özelliğinde olduğu görülmektedir (Şekil 7). Ancak, Berner ve Raiswell (1983) ile Berner (1984)'in paleo-tuzluluk yapılandırma çalışmasında sadece tatlı su koşulları ile yüksek tuzlu su ortamı koşulları belirlenmiş olup, her iki ortam arasında var olması gereken bir geçiş ortamı niteliğindeki acı su ortamı ise tanımlanmamıştır. Bu nedenle, her ne kadar KI-1 ve KI-3 numaralı örnekler tatlı su özelliği koşullarında görülsede KI-1'in çökme ortamının hemen üzerinde yer alan, yüksek tuzlu su ortamında çökmüş olan KI-2 ve KI-3/2 numaralı örneklerle uyumlu olması gerektiğinden KI-1 numaralı örneğin tatlı sudan doğrudan tuzlu suya geçmeden önce "acı su" koşullarında olması gerekir. Yine, KI-3 numaralı örnekten itibaren yukarıya doğru göl suyunun tamamen tuzlu su koşullarında bulunmasından dolayı da KI-3 numaralı örneğin de tatlı su koşulunda değil önce tatlı sudan tuzlu suya geçiş koşulu olan acı su koşullarında olması gerekmektedir.

İlgın sahasından alınan bitümlü kiltası örneklerinin gerek Sr/Ba oranları gerek Rb/K oranları ve gerekse de %TOC/%S oranlarına göre yapılan paleo-tuzluluk yapılandırmalarında tuzluluğun temel olarak iklim tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. İlgın (Konya) bitümlü kiltası çökelişi havzasında paleo-tuzluluk konfigürasyonlarının birbirleriyle uyumlu olduklarını ve gölün tuzlu su koşullarında olduğunu söyleyebiliriz. Böylece, nemli bir iklim altında göl, tatlı su koşullarını sürdürmek için yeterli su kaynağına sahipken, bitümlü şeylin birikmesi sırasında kurak koşulların hızla gelişmesi tuzlanmaya neden olmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- İlgın sahasından alınan bitümlü kiltası örneklerinin Sr/Ba oranlarına göre kesitin tabanında göl suyunun önce acı su özelliğinde olduğu devamında da gölün tamamen tuzlu suya geçmiş olduğu belirlenmiştir.
- Bitümlü kiltası örneklerinin Rb/K oranlarına göre gölün paleo-tuzluluk yapılandırmasına göre göl suyunun tamamen acı su ve tuzlu su koşullarında olduğu belirlenmiştir.
- Bitümlü kiltası örneklerine ait %TOC/%S oranlarının paleo-tuzluluk değerlendirmesine göre başlangıçta göl suyunun tabanda tatlı su koşullarında olduğu ve üste doğru ise gölün acı su koşullarına geçerek tamamen çok tuzlu su özelliğine geçmiş olduğu belirlenmiştir.
- İlgın sahasına ait bitümlü kiltası örneklerindeki Si'in büyük bir kısmının diyatome türü fitoplankton alglerden kaynaklanan biyojenik kavrı kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

### **TEŞEKKÜR**

Yazarlar, bu makaleyi eğitim-öğretimindeki 90. yıl münasebetiyle (1934-2024) Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne (Ankara Jeoloji) ithaf ederler. Bitümlü kiltası örneklerinde majör ve minör, iz element analizleri Ankara Üniversitesi YEBİM laboratuvarında ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) model cihaz kullanılarak yapılmış olup, kendilerine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, A., Udoh, A.U., Akbulut. (2015). Diatomlar ve paleolimnoloji çalışmalarındaki önemi. 16.Paleontoloji-Stratiğrafi çalıştayı.25-28 Ekim, Rize, 11 s.
- Akkoca, D.B., Işık, Ü. (2018). Geochemistry of Paleozoic Dadaş Shales from the Foreland of Southeastern Turkey, Bismil, Diyarbakır. *Periodico Di Mineralogia* 87(3), 207-225. <https://doi.org/10.2451/2018PM683>
- Akkoca, D.B., Eriş, K.K., Çağatay, M.N., Biltekin, D. 2019. The mineralogical and geochemical composition of Holocene sediments from Lake Hazar, Elazığ, Eastern Turkey: implications for weathering, paleoclimate, redox conditions, provenance, and tectonic setting. *Turkish Journal of Earth Sciences*. 28(5), 760-785. <https://doi.org/10.3906/yer-1812-8>
- Berner, R. A. (1984). Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 605–615. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90089-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90089-9)
- Berner, R. A., Raiswell, R. (1983). Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: A new theory. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 855–862. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(83\)90151-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(83)90151-5)
- Berner, R. A., Raiswell, R. (1984). C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks. *Geology*, 12, 365–368. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1984\)12<365:CMFDFD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1984)12<365:CMFDFD>2.0.CO;2)
- Campbell, F. A., Williams, G. D. (1965). Chemical composition of shales of the Mannville Group (Lower Cretaceous) of central Alberta, Canada. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49, 81–87.
- Chen, B., Jahn, B. M., Tian, W. (2009). Evolution of the Solonker suture zone: constraints from zircon U-Pb ages, Hf isotopic ratios and whole-rock Nd–Sr isotope compositions of subduction and collision-related magmas and forearc sediments. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(3), 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2008.05.007>
- Couch, E. L. (1971). Calculation of paleosalinities from boron and clay mineral data. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 55, 1829–1837. <https://doi.org/10.1306/819A3DAC-16C5-11D7-8645000102C1865D>
- Cox, E.J. (1996). Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. Chapman&Hall. First Edition, 158 pp.
- Deng, H. W., Qian, K. (1993). Sedimentary geochemistry and environmental analysis. Gansu Science And Technology Press, Gansu (in Chinese).
- Edlund, M. B., & Stoermer, E. F. (2000). A 200,000-year, high-resolution record of diatom productivity and community makeup from Lake Baikal shows high correspondence to the marine oxygen-isotope record of climate change. *Limnology and Oceanography*, 45, 948–962. <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.4.0948>
- Fritz, S. C., Juggins, S., Battarbee, R. W. (1993). Diatom assemblages and ionic characterization of lakes of the Northern Great Plains, North America: A tool for reconstructing past salinity and climate fluctuations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(9), 1844–1856. <https://doi.org/10.1139/f93-207>
- Gasse, F. (1987). Diatoms for reconstructing palaeoenvironments and palaeohydrology in tropical semi-arid zones. Examples of some lakes from Niger since 12,000 B.P. *Hydrobiologia*, 154, 127–163. <https://doi.org/10.1007/BF00026837>
- Gasse, F., Juggins, S., Khelifa, L. B. (1995). Diatom-Based transfer-functions for inferring past hydrochemical characteristics of African lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 117, 31–54. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(94\)00122-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(94)00122-O)

Hüseyinca, M. Y., Eren, Y. (2007). Ilgın (Konya) kuzeyinin stratigrafisi ve tektonik evrimi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 1–2.

Kelly, M.G., Whitton, B.A. (1995). The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. J. Appl. Phycol., 7: 433-444. <https://doi.org/10.1007/BF00003802>

Karayığit, A. I., Akgün, F., Gayer, R. A., Temel, A. (1999). Quality, Palynology, And Paleoenvironmental Interpretation of The Ilgın Lignite, Turkey. International Journal of Coal Geology, 38, 219–236. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(98\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(98)00015-9)

Krauskopf, K. B. (1956). Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in sea-water. Geochimica et Cosmochimica Acta, 9(1–2), 1-32, B1–B32. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(56\)90055-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(56)90055-2)

Lan, X. H., Ma, D. X., Xu, M. G., Zhou, Q. W., Zhang, G. W. (1987). Some geochemical indicators of the Pearl River Delta and their facies significance. Marine Geology & Quaternary Geology, 7(1), 39–49.

Liu, Y. G., Schmitt, R. A. (1984). Chemical profiles in sediment and basalt samples from Deep Sea Drilling Project Leg 74, Hole 525A, Walvis Ridge. In T. C. Jr. Moore, & P. D. Rabinowitz (Eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 74, (pp. 713-730). U.S. Govt. Printing Office.

Liu, Z.J., Yang, L. H., Dong, Q. S., Zhu, J. W., Guo, W., Ye, S.Q., Liu, R., Meng, Q.T., Zhang, H. L., Gan, S.C. (2009). Oil shale in China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese with English abstract).

Liu, B. J. (1980). Sedimentary Petrology, Geological Press: Beijing, China, 13–89, (in Chinese).

Nielsen, J.K., Görmüş, M., Uysal, K., Kanbur, S. (2015). Miyosen yaşlı Güneyce formasyonu (Güneybatı Türkiye) iz fosilleri, çökme ortamı ve oksijen durumu. 16.Paleontoloji-Stratigrafi çalıştay.25-28 Ekim,Rize, sayfa 48.

Ocakoğlu, F., Tunoğlu, C., Dönmez, E.O., Açıklın, S. (2011). Çubuk Gölünün (Bolu, KB Anadolu) Sedimentolojik, Jeokimyasal ve Paleokolojik Araçlarla Paleoklimsel İncelemesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Proje No: 109Y353, Eskişehir.

Pais, I., Jones, Jr., J. B. (1997). The Handbook of Trace Elements. St. Luice Press, Boca Raton.

Pehlivanlı, B.Y. (2019). Petrollü şeyllerin element karakteristikleri ve organik maddenin paleo-sedimanter şartlarını kontrol eden faktörler; Çeltik formasyonu petrollü şeylleri, Sorgun-Yozgat/Türkiye. MTA Dergisi,158: 255-268. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.494703>

Round, F. E. (1981). The Ecology of Algae. Cambridge University Press, Cambridge. 653 p.

Sarı, A., İsmayılzada, K., Pehlivanlı, B. Y., Erol, F. (2023). The Relationship between Depositional Processes and Biological Productivity of Bituminous Claystones: Ilgın (Konya) Field. General Topics in Geology and Earth Sciences 1, 23–40 (Chapter II).

Sageman, B. B., Lyons, T. W. (2009). Geochemistry of Fine-grained Sediments and Sedimentary Rocks in Holland. In H.D. Holland, & K. K. Turekian (Eds.), Readings from the Treatise on Geochemistry, 424–456. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/07157-7>

Solak, C. N. (2011). The Application of Diatom Indices in the Upper Porsuk Creek Kütahya – Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 11, 31-36.

Tokatlı, C. (2012). Sucul sitemlerin izlenmesinde bazı diyatome indekslerinin kullanılması: Gürleyik Çayı örneği (Eskişehir). DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 29, 21-28.

Taylor, J.C., Harding, W.R., Archibald, C.G.M. 2007. An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species From South Africa. Report to the waterre search commision.

Taylor, S.R., McClennan, S.M. (1985). The continental crust; its composition and evolution; 1402 an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Blackwell 1403 Scientific Publication, Oxford (312 pp).

Vosoughi Moradi, A., Sari, A., Akkaya, A. (2016). Geochemistry of the Miocene oil shale (Hançili Formation) in the Çankırı-Çorum Basin, Central Turkey: Implications for Paleoclimate conditions, source–area weathering, provenance and tectonic setting. *Sedimentary Geology* 341, 289–303. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2016.05.002>

Wang, A. (1996). Discriminant Effect of Sedimentary Environment by the Sr/Ba Ratio of Different Existing Forms. *Acta Sedimentologica Sinica* 3(2), 297–304.

Wang, Y., Wu, P. (1983). Geochemical criteria of sediments in the coastal area of Jiangsu and Zhejiang provinces. *J Tongji University*, 4, 79– 87 (in Chinese).

Wei, W., Algeo, T.J. (2020). Elemental proxies for paleosalinity analysis of ancient shales and mudrocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 287, 341–366. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.06.034>

Wei, W., Algeo, T. J., Lu, Y., Lu, Y. C., Liu, H., Zhang, S., Peng, L., Zhang, J., Chen, L. (2018). Identifying marine incursions into the Paleogene Bohai Bay Basin lake system in northeastern China. *International Journal of Coal Geology* 200, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2018.10.001>

Whitton, B.A., Kelly, M.G. 1995. Use of algae and other plants for monitoring rivers. *Aust. J. Ecol.* 20, 45-56. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1995.tb00521.x>

Yang, S. Y., Li, C. X., Yang, D. Y., Li, X. S. (2004a). Chemical weathering of the loess deposits in the lower Changjiang Valley, China and paleoclimatic implications. *Quaternary International* 117(1), 27–34. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00113-7)

Yang, S. Y., Jung, H. S., Li, C. (2004b). Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage Basins: geochemical evidence from river sediments. *Sedimentary Geology* 164(1), 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2003.08.001>

Yıldız, A., Yümün, Z.Ü., Meriç, E. (2015). İznik gölü sondaj karotlarında tanımlanan Kuvaterner diatom topluluğu ve paleoortam yorumu. 16. Paleontoloji-Stratigrafi çalıştayı. 25-28 Ekim, Rize, 64 s.

Zheng, R. C., Liu, M.Q. (1999). Study on palaeosalinity of Chang 26 oil reservoir set in Ordos Basin. *Oil & Gas Geology*, 20(1), 20–25. <https://10.11743/ogg19990105>