

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

BOĞAZOVA GRANİTOYİDİNİN (KÜTAHYA) JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Hüseyin SENDİR¹, Kadir SARIİZ¹

ÖZ

Boğazova Granitoyidi Batı Anadolu'da Domaniç'in (Kütahya) kuzeybatısında yer alır. Çalışma alanının temelini Devoniyen yaşlı Sarıcaıryayla şistleri oluşturur. Bu birimin üzerine Eosen yaşlı Alılıkaya mermerleri gelmiştir. Eosen yaşlı Boğazova Granitoyidi bu iki birimi intrüzif olarak kesmiştir. Granitoyidin jeokimyasal incelemeleri, kayaçların genellikle metalumin, subalkalen ve kalkalkalen olduğunu göstermektedir. Ana ve iz element değişimleri kayaçların gelişiminde ayrımlaşmayı işaret etmektedir. İz element içerikleri, geniş iyon yarıçaplı elementlerin (LILE) zenginleştiğini, Nb, Ta, Ti bakımından tüketilmeyi göstermektedir. Bu durum, magma gelişiminde dalma-batmanın varlığına işaret etmektedir. Ayırtman diyagramları da Boğazova granitoyidinin oluşumuyla ilişkili volkanik yay ve/veya çarpışma ortamlarına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler : Batı Anadolu, Domaniç, Granitoyid, Jeokimya.

**THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE BOGAZOVA GRANITOID
(KUTAHYA)**

ABSTRACT

Boğazova granitoid is located at northwestern Domaniç (Kutahya) in Western Anatolia. In the study area the basement lithologies are represented by the Devonian Sarıcaıryayla schists. This unit is overlain by the Eocene Allıkaya marbles. The Eocene Bogazova granitoid intrudes these two units. Geochemical investigation of granitoid whole rock samples show that the rocks of the pluton are generally metaluminous, subalkaline, and calc-alkaline. Major and trace element variations indicate that fractionation was significant in the evolution of the rocks. The trace element contents show that enrichment in large-ion lithophile (LILE), depletion in Nb, Ta, Ti (HFS). In this state indicating a subduction related magma progress. Geochemical discrimination diagrams also imply a volcanic arc and /or a collisional tectonic setting for the Bogazova granitoid.

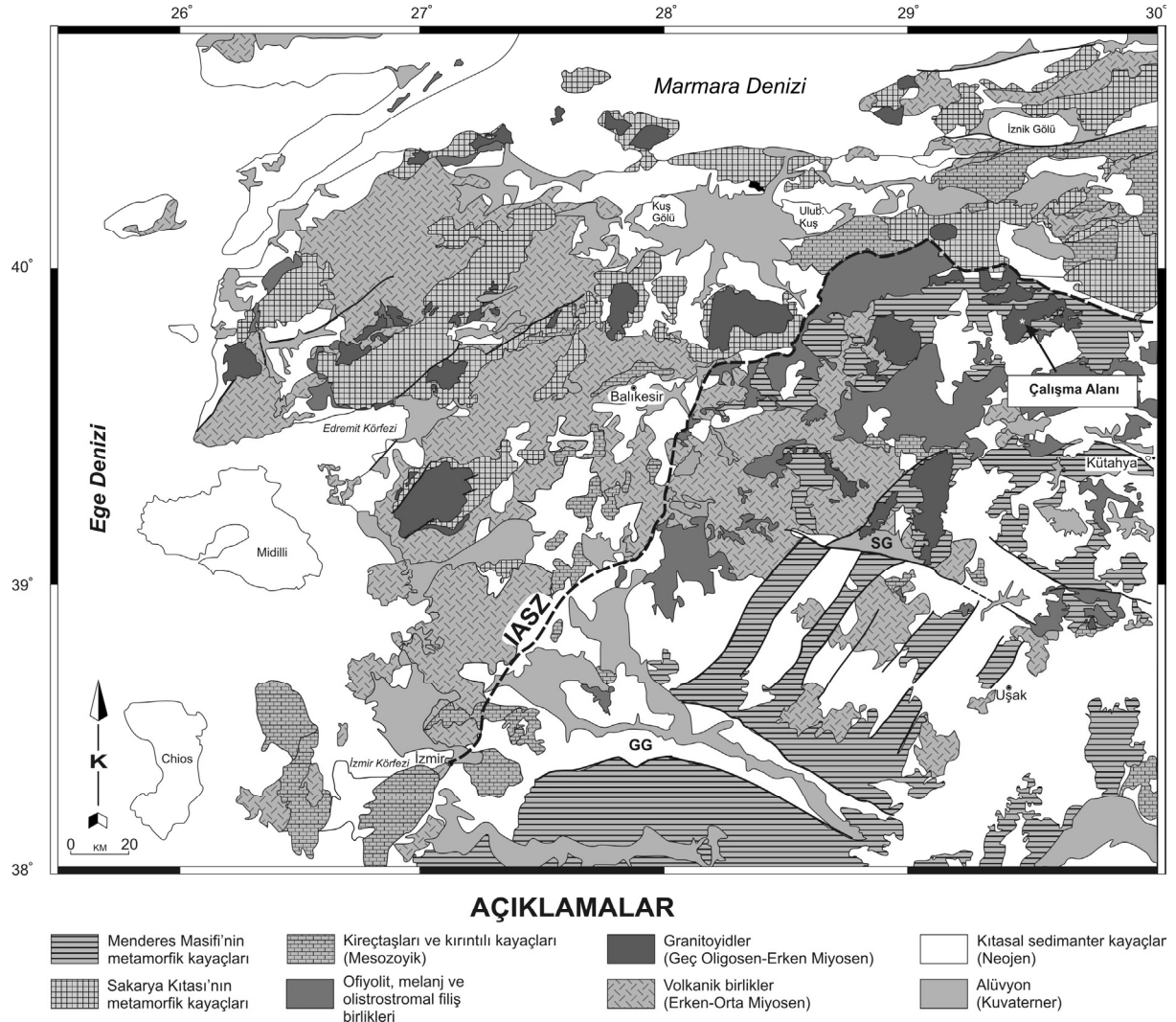
Keywords: West Anatolia, Domanic, Granitoid, Geochemistry.

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., Eskişehir.
E-posta: hsendir@ogu.edu.tr

1. GİRİŞ

İnceleme alanının yer aldığı bölgede Pontid ve Anatolid kuşakları birlikte gözlenirler. Bu kuşakları, İnegöl güneyinden başlayan ve KB-GD doğrultulu olarak Eskişehir'e uzanan "Eskişehir Fayı" tektonik olarak sınırlar. Bu fayın kuzey kesimini Pontidlere ait "Sakarya Kıtası" oluşturur (Okay, 1984). Bu kıta, yeşil şist fasiyesindeki Bozüyük Metamorfitleri ve genellikle bunlarla tektonik ilişkili "Karakaya Kompleksi"nden oluşur (Okay, 1984). Kuzeybatı Anadolu'da Geç Kretase sonu-Tersiyer başı zaman aralığında Neotetis Okyanusu kuzey kolu kuzeye hareketle Sakarya kıtası altına dalmış ve tüketilmiştir. İzleyen evrede güneyde bulunan Torid-Anatolid platformu ve kuzeyde bulunan

Sakarya kıtası çarpışarak İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kuşak gelişiminin ardından gerek kenet kuşağı birimleri ve gerekse Sakarya kıtası temel kayaları üzerinde uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı çökel kayaları oluşmuştur. Bu birimler, (Akdeniz, 1980)'nin isimlendirdiği Başlamış formasyonu ile (Akyürek ve Soysal, 1983)'in isimlendirdiği Gebeler formasyonlarıdır. Bu önemli stratigrafik durum kıta-kıta çarpışmasının Orta Eosen öncesi olduğunun bir kanıtıdır (Genç ve Altunkaynak, 2007). Nitekim çarpışmanın ardından Batı Anadolu'da Erken Miyosen zamanında geniş ölçekli bir volkanik faaliyet ile Oligosen-Miyosen döneminde yaygın bir magmatizma meydana gelmiştir (Bingöl vd., 1982; Keller, 1983) (Şekil 1).



Şekil 1. Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitik plütonlar ve çalışma alanı (Bingöl, 1989).

IASZ: İzmir-Ankara suture zone, SG: Simav grabeni, GG: Gediz grabeni.

(Bürküt, 1966; Yıldırım ve Çelebi, 1991; Bacak ve Kuşçu, 2000; Cengiz ve Genç, 2003) yörede jeolojik, petrografik ve petrokimyasal

incelemelerde bulunmuşlardır. Bu çalışmada Boğazova granitoidinden alınan örneklerin modal mineralojik ve jeokimyasal analizleri

yapılmıştır. Buradan hareketle, granitoidin oluşumundaki süreçler ve sokulum meydana geldiği jeotektonik ortam konusunda bilgi sunulması amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE METOD

Çalışmalar arazi ve laboratuvar etüdüleri olmak üzere iki alanda odaklanmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında, çalışma alanı ve civarında jeolojik haritalardan yararlanılarak arazi gözlemleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında sondaj karotlarından alınan 30 adet örneğin öncelikle polarizan mikroskopta petrografik incelemeleri yapılmış ve modal mineralojik analizle kayaçlar isimlendirilmiştir. Ardından söz konusu örneklerin tümkayaç ve iz element analizleri ACME (Kanada) laboratuvarlarında ICP-MS metodları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. GENEL JEOLJİ

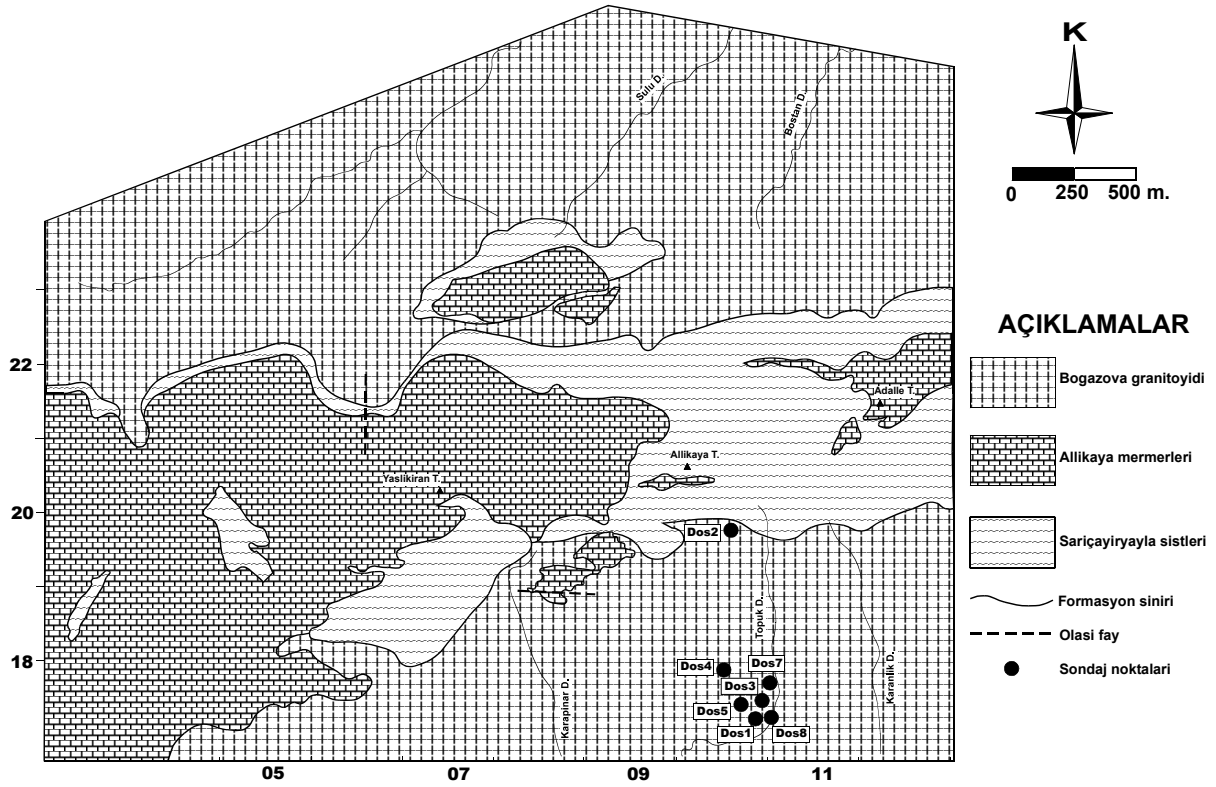
Çalışma alanında en yaşlı kaya birimi Devoniyen yaşlı Sarıçayryayla şistleridir. Birim çalışma alanının kuzeyinde Bozkulak yaylası, Acıkulak tepe, Sarıçayryayla, Oba tepe ve Kılıçkaya sırtı çevresinde yayılım göstermektedir. Alttan üste doğru gnays, mikaşist ve klorit şistlerden oluşmuştur. Glokofan-lavsonit metamorfik mineral parajenezleri de içeren bu kayaçlar, olasılıkla Üst Kretasedeki bir çarpışma sonucu oluşan yüksek basınç/düşük sıcaklık gömülme metamorfizmasını işaret etmektedir (Küçükayman, 1987). Birimin yaşı (Ketin, 1947; Kaaden 1958; Middelear 1975 ve Bingöl, 1976)'e göre diğer kayaçların konumları baz alınarak Devoniyen olarak belirlenmiştir. Bu birim üzerinde uyumsuz olarak Permiyen yaşlı Allıkaya (Geyiktepe) mermerleri yer almaktadır. Mermerler, yörede Allıkaya tepe, Zambaklık tepe, Yolçatı ve Adelle tepe dolayında mostra vermektedirler. Mavimsi açık gri ve bej renkte, oldukça eklemlili, kırıklı ve kıvrımlı bir görünüm sunmaktadır. Granitoid intrüzyonları nedeniyle ilksel konumları bozulmuş ve parçalanmışlardır. Birim (Pehlivan, 1979) tarafından "Allıkaya Mermerleri", (Küçükayman, 1987) tarafından ise "Geyiktepe Mermerleri", olarak adlandırılmıştır. Boğazova Granodiyoriti bu birimleri kesmektedir (Şekil 2).

Bu çalışmanın temelini oluşturan Boğazova Granitoidi, çalışma alanının yaklaşık % 60' lık bir dilimini oluşturmaktadır. Çalışma alanı ve civarında Sarıçayryayla, Eğritepe, Düzgürgen tepe, Yassı tepe civarlarında gözlenmektedir. Birim, önceki çalışmacılar tarafından; "Boğazova (Göynükbelen) Diyoriti" (Özkoçak, 1969), "Gürgenyayla (Do-

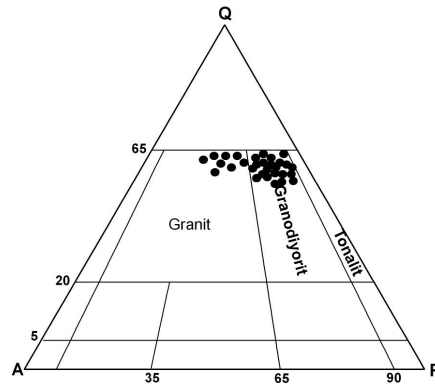
maniç) Granodiyoriti" (Ataman, 1973), "Oylat ve Boğazova Granodiyoriti" (Bürküt, 1975), "Boğazova-Domaniç Granodiyoriti" (Taşkın, 1983a), "Alaçam Graniti" (Küçükayman, 1987), "Domaniç Granodiyoriti" (Yıldırım ve Çelebi, 1991) gibi değişik adlarla anılmıştır. (Ataman, 1973) çalışma alanı ve çevresinde incelemelerde bulunmuş, Rb/Sr yöntemiyle yaptığı yaş tayininde 45 milyon yıl sonucuna ulaşmıştır. Bu değer Eosen'e karşılık gelmektedir. Ayrıca (Taşkın, 1983a ve Pehlivan, 1987) sahayla ilgili jeolojik raporlarında plütunun yaşını Tersiyer (Eosen) olarak belirlemiştir.

4. GRANİTOYİDİN PETROGRAFİSİ

Makroskopik olarak grimsi, pembemsi ve yeşilimsi renklerde gözlenir. Plütonda homojen bir dağılım gözlenmemekte ve dolayısıyla kayaçlar, derinlik ve damar kayaç doku özellikleri sunmaktadır. Mikroskopik incelemelerde taneli dokuya sahip kayaçlarda, ana mineral olarak kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, hornblend ve biyotit mineralleri gözlenirken tali mineral olarak sfen, zirkon, apatit, rutil ve opak mineraller göze çarpmaktadır. Kuvarlar, genellikle özşekilsiz ve diğer minerallerin aralarını doldurmuş şekilde gözlenmektedirler. Genellikle dalgali sönme özellikleri sergilerler. Yer yer ortoklazlar içerisinde kapanımlar halinde de bulunmaktadır. Tali mineraller yarı özşekilli ve özşekilli kristalleriyle dikkat çekmektedirler. Kayaç içerisindeki mineral oranları dikkate alınarak taneli dokulu kayaçların çoğunlukla granodiyorit ve granit bileşimli oldukları söylenebilir. Diğer bir grubu oluşturan kayaçların mikroskopik incelemelerinde mikrotaneli porfirik doku özellikleri tespit edilmiştir. Mikroskop altında genel olarak kuvars ve feldispattan oluşan mikrokristalin bir hamur içerisinde, iri taneler içeren kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, hornblend ve biyotit fenokristalleri dağılmış olarak gözlenir. Kuvarlar özşekilsiz fenokristaller halinde olup dalgali sönme özellikleri sergilerler. Plajiyoklazlar yarı özşekilli ve özşekilli kristaller halinde, çoğunlukla da serisitleşmiş ve killeşmişlerdir. Apatit, zirkon, rutil ve opak mineraller özşekilli ve yarı özşekilli karakterleriyle gözlenmektedir. Bu kayaç grubunda kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, hornblend, biyotit ana mineral olarak gözlenirken tali mineral olarak apatit, zirkon, rutil ve opak dikkate değerdir. Yapılan petrografik incelemeler ışığında bu kayaçların granodiyorit porfir ve granit porfir oldukları belirlenmiştir. Örneklerin, petrografik incelemeleri ve modal analiz sonuçlarına göre büyük bir kısmı granodiyorit ve bir miktarının da granit bileşimli oldukları belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Arazi bölgesini gösteren jeoloji haritası (Pehlivan 1979' dan revize edilmiştir).



Şekil 3. Boğazova granitoidine ait örneklerin QAP diyagramında (Streckeisen, 1976) dağılımı.

5. BOĞAZOVA GRANİTOYİDİNİN PETROKİMYASI VE KÖKENİ

Granitoidin köken özelliklerini, magma tipini ve bölgenin jeotektonik konumunu saptayabilmek için plüton, petrokimyasal olarak incelenmiştir. Bu bağlamda analizi yapılan plütona ait ana ve iz element değerleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Petrografik incelemelere göre modal olarak belirlenen plüton kayalar türleri, jeokimyasal veriler ışığında da tespit edilebilmektedir. Bu amaçla kullanılan diyagramlardan biri de (Barker, 1979) diyagramıdır.

Bu diyagramda plütona ait analiz verilerinden yararlanılarak An-Ab-Or bileşimleri hesaplanmaktadır. Diyagramda örneklerin büyük bir bölümü granodiyorit bölümünde yer alırken, birkaç örnek ise adamellit ve tonalit alanlarında gözlenmiştir (Şekil 4).

Granitoidlerdeki kayaların tiplerinin belirlenmesinde sıkça kullanılan diyagramlardan biri de (Debon ve Lefort, 1983) diyagramıdır. Örneklerin bu diyagramda değerlendirilmeleri sonucunda büyük çoğunluğu granodiyorit alanında yer alırken bir kısım örnekler adamellit ve tonalit alanına düşmüştür (Şekil 5).

Tablo 1. Boğazova granitoidine ait örneklerin tümkayaç analiz değerleri.

	1 Nolu Sondaj (150 m.)					3 Nolu Sondaj (173 m.)					4 Nolu Sondaj (150 m.)				
	DS1-1	DS1-2	DS1-3	DS1-4	DS1-5	DS3-1	DS3-2	DS3-3	DS3-4	DS3-5	DS4-1	DS4-2	DS4-3	DS4-4	DS4-5
% Oksit	64.28	61.17	63.34	65.95	65.70	64.41	66.80	62.30	61.19	64.72	69.90	61.91	63.16	65.01	67.29
SiO ₂	0.43	0.48	0.49	0.32	0.45	0.43	0.38	0.54	0.56	0.43	0.28	0.45	0.53	0.30	0.31
Al ₂ O ₃	16.77	16.74	17.38	16.33	16.75	16.78	15.25	16.87	16.90	16.19	14.94	16.56	16.32	16.32	14.91
Fe ₂ O ₃	3.94	3.85	3.11	3.0	2.07	2.53	2.61	3.76	3.95	2.92	2.94	3.85	3.76	3.45	3.40
FeO	1.77	1.73	1.39	1.35	0.93	1.14	1.17	1.68	1.77	1.31	1.32	1.75	1.69	1.57	1.53
MnO	0.04	0.07	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.12	0.15	0.08	0.06
MgO	2.29	2.17	2.12	1.70	2.55	2.39	2.04	2.76	2.79	2.70	1.11	2.45	2.39	1.92	2.14
CaO	4.07	4.85	3.36	3.62	2.52	3.35	2.93	3.50	3.32	2.37	2.01	4.0	3.98	4.15	3.29
Na ₂ O	2.77	2.57	2.24	2.56	1.99	2.65	2.10	2.65	2.81	2.66	2.91	3.84	3.63	3.16	2.94
K ₂ O	1.11	2.27	2.99	2.94	3.15	2.81	2.90	3.02	2.85	3.48	4.33	2.95	3.07	2.61	3.66
P ₂ O ₅	0.13	0.18	0.16	0.09	0.13	0.14	0.11	0.12	0.12	0.12	0.09	0.15	0.19	0.1	0.09
LOI	4.0	4.80	4.40	3.20	4.40	4.30	4.60	4.20	4.70	4.0	1.40	2.80	1.90	2.90	1.90

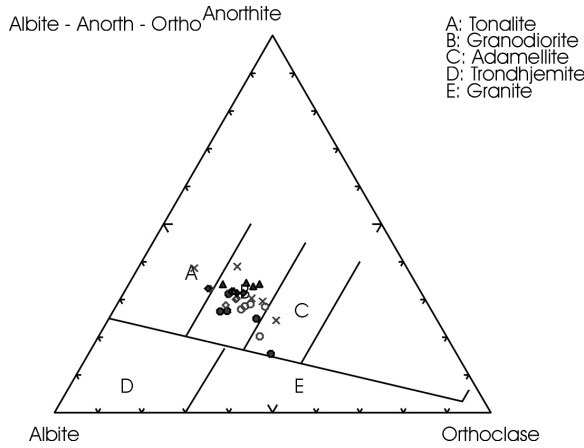
	5 Nolu Sondaj (298 m.)					6 Nolu Sondaj (166 m.)					8 Nolu Sondaj (250 m.)				
	DS5-1	DS5-2	DS5-3	DS5-4	DS5-5	DS6-1	DS6-2	DS6-3	DS6-4	DS6-5	DS8-1	DS8-2	DS8-3	DS8-4	DS8-5
% Oksit	65.16	65.39	65.74	66.80	66.15	62.96	63.51	63.21	64.71	62.50	63.21	63.42	62.59	62.95	62.15
SiO ₂	0.45	0.41	0.41	0.39	0.43	0.42	0.42	0.42	0.40	0.45	0.43	0.45	0.44	0.43	0.43
Al ₂ O ₃	16.76	15.95	16.58	15.91	16.12	16.75	16.84	16.13	16.59	16.54	16.46	16.82	16.94	16.49	16.45
Fe ₂ O ₃	2.87	2.76	2.62	2.80	2.58	3.73	3.39	3.87	3.72	3.08	3.87	3.37	3.26	3.32	3.68
FeO	1.29	1.24	1.18	1.26	1.16	1.67	1.48	1.74	1.67	1.45	1.74	1.42	1.41	1.49	1.65
MnO	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
MgO	2.52	2.50	2.22	2.23	2.44	2.41	2.31	2.36	2.22	2.63	2.49	2.45	2.44	2.20	2.41
CaO	3.44	3.74	3.83	3.26	3.23	3.53	3.82	3.66	4.02	3.81	3.73	3.91	3.60	3.71	3.87
Na ₂ O	3.0	2.78	3.0	2.51	2.51	2.53	2.76	2.53	3.18	2.78	2.59	2.35	2.17	2.08	2.73
K ₂ O	2.45	2.33	1.84	2.36	2.33	2.35	2.38	2.58	1.87	2.39	1.91	2.73	2.27	2.63	2.42
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.12	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.11	0.15	0.14
LOI	3.0	3.60	3.30	3.40	3.70	4.40	2.70	4.30	2.90	4.70	4.5	4.30	5.30	5.10	3.70

Tablo 2. Boğazova granitoidine ait örneklerin iz ve nadir toprak analiz değerleri.

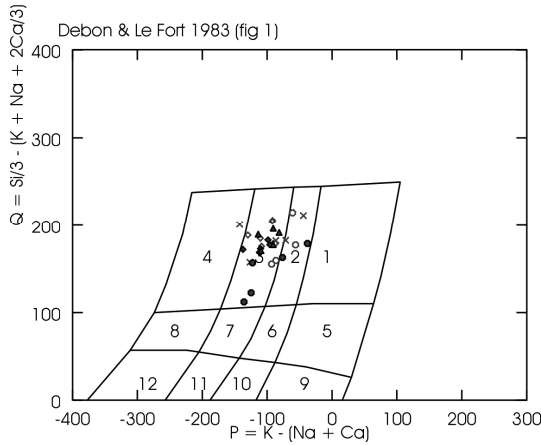
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	
1 Nolu Sondaj	D81-1	154	345	377	1490	291	075	23	045	052	156	025	172	027	15	296	8	17	18	38	59	
	D81-2	166	363	391	141	292	069	235	26	05	167	027	18	028	16	467	10	17	16	34	56	
	D81-3	186	402	417	156	302	061	217	042	046	147	024	17	024	14	521	9	21	17	32	57	
	D81-4	173	356	373	137	264	06	215	042	246	048	162	028	194	029	16	512	8	35	16	3	87
	D81-5	206	428	458	18	318	077	259	051	291	056	188	029	213	032	18	571	8	16	15	41	69
3 Nolu Sondaj	D83-1	19	396	435	164	329	082	050	294	058	19	031	218	031	18	409	5	3	16	32	64	
	D83-2	182	385	415	156	281	071	226	041	047	147	023	167	025	14	722	13	19	13	36	65	
	D83-3	169	362	406	16	334	082	286	057	32	063	216	033	23	034	20	582	13	19	31	69	
	D83-4	169	363	409	162	347	084	3	059	358	07	224	034	24	035	21	428	13	22	18	36	69
	D83-5	199	423	46	178	334	076	26	047	263	047	15	023	166	024	15	837	13	25	17	37	67
4 Nolu Sondaj	D84-1	117	263	3	116	235	05	196	041	047	157	025	196	029	16	511	8	17	14	29	76	
	D84-2	153	319	357	144	282	072	251	052	057	192	031	223	033	20	411	23	18	19	39	55	
	D84-3	107	26	322	134	283	078	271	051	295	056	176	027	174	025	21	535	28	74	18	38	9
	D84-4	11	297	408	174	388	073	335	061	342	064	217	034	241	035	18	267	3	32	19	29	73
	D84-5	151	31	339	125	251	062	215	037	211	043	135	021	149	025	12	632	6	46	16	31	61
5 Nolu Sondaj	D85-1	173	366	398	148	28	07	227	041	231	042	135	021	145	023	13	597	7	26	16	32	73
	D85-2	18	37	411	154	296	067	259	044	266	05	164	023	166	026	15	528	8	25	16	33	61
	D85-3	183	377	398	142	268	064	225	037	208	04	132	018	139	023	12	449	8	17	16	36	61
	D85-4	185	369	393	143	261	064	231	041	241	044	148	02	166	025	14	664	7	24	15	33	68
	D85-5	224	446	455	169	285	071	255	041	236	046	147	022	164	025	14	572	9	23	15	3	66
6 Nolu Sondaj	D86-1	196	404	445	166	32	078	282	046	265	051	168	024	175	027	16	664	21	25	15	37	64
	D86-2	212	439	475	181	339	076	296	050	298	054	177	026	188	03	18	388	11	2	17	32	62
	D86-3	171	371	4	154	307	068	272	045	265	05	167	024	184	029	15	556	21	21	16	37	64
	D86-4	175	378	417	17	314	078	278	049	281	052	184	025	19	03	17	487	7	2	18	34	58
	D86-5	165	356	390	159	31	076	273	048	273	05	169	024	179	026	16	540	21	21	16	4	61
8 Nolu Sondaj	D88-1	18	393	426	165	312	075	276	049	279	052	175	025	192	03	17	378	21	13	17	37	65
	D88-2	197	425	462	178	342	078	314	054	322	06	198	03	213	033	19	588	8	16	16	37	72
	D88-3	181	384	422	164	312	069	279	05	285	054	177	028	194	031	17	417	17	2	17	38	65
	D88-4	151	328	374	144	319	094	331	062	36	073	24	037	25	037	24	1216	16	06	7	28	49
	D88-5	162	363	404	149	301	078	257	051	28	052	182	029	197	032	18	500	11	19	14	34	6

Tablo 2. Devam.

	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Se	Tl
1 Nolu Sondaj	D81-1	56	2	383	04	103	32	138	130	17	322	3	15	3	1	01	03	01	01	12	03
	D81-2	66	2	346	04	83	36	137	127	08	153	2	15	4	13	01	01	01	01	01	03
	D81-3	89	2	316	05	99	26	133	110	204	72	3	13	3	05	001	01	01	01	12	03
	D81-4	95	2	294	1	14	48	104	27	107	1111	3	22	2	97	02	1	01	02	09	03
	D81-5	91	2	235	05	107	29	110	64	143	67	1388	2	13	4	07	01	02	01	03	08
3 Nolu Sondaj	D83-1	89	2	372	05	97	28	133	107	1081	798	3	18	3	35	01	04	01	01	06	04
	D83-2	71	1	358	04	9	2	94	58	128	956	2	14	3	13	01	04	01	07	15	02
	D83-3	95	1	359	04	72	2	160	27	108	2812	2	20	2	05	01	01	01	02	15	04
	D83-4	95	1	384	04	78	21	160	26	119	184	22	23	3	05	01	01	02	05	12	04
	D83-5	127	1	421	05	86	24	135	33	124	2538	3	17	3	05	01	02	01	04	07	05
4 Nolu Sondaj	D84-1	149	1	249	07	108	37	65	91	885	20	1	18	2	05	01	01	01	01	05	01
	D84-2	91	1	389	04	71	41	89	46	145	192	1	17	2	14	01	01	02	01	08	01
	D84-3	28	1	414	08	106	42	233	165	101	213	107	15	25	4	72	05	07	02	09	02
	D84-4	90	1	408	08	54	28	89	19	107	12	156	1	13	2	05	01	01	01	05	02
	D84-5	116	2	350	06	84	3	71	52	118	5	218	1	15	2	05	01	01	01	05	01
5 Nolu Sondaj	D85-1	81	1	416	06	116	18	130	09	119	5	174	2	18	4	06	01	01	01	05	04
	D85-2	77	1	398	04	97	23	127	35	124	193	3	22	4	05	01	01	01	03	09	04
	D85-3	65	1	434	05	107	23	115	22	138	248	5	21	3	05	01	01	01	03	05	03
	D85-4	75	1	418	05	103	23	103	17	132	198	2	15	5	06	01	01	01	01	05	04
	D85-5	78	1	422	05	113	22	134	6	118	1113	2	19	4	05	01	01	01	03	07	03
6 Nolu Sondaj	D86-1	144	1	376	05	97	44	131	93	143	21	184	3	21	5	05	01	02	01	13	04
	D86-2	79	1	449	04	93	27	125	21	132	44	225	2	25	4	05	01	02	01	08	05
	D86-3	89	1	393	05	89	33	101	6	142	33	577	2	15	3	05	01	01	01	24	04
	D86-4	82	1	428	05	9	24	127	3	128	33	494	2	14	3	05	01	01	01	1.1	05
	D86-5	87	1	463	04	76	26	126	34	164	815	2	14	5	05	01	01	01	01	1.8	04
8 Nolu Sondaj	D88-1	62	2	394	06	105	27	126	28	137	15	890	2	18	4	05	01	01	02	2	03
	D88-2	88	2	345	06	103	31	135	5	137	24	815	1	17	3	05	01	01	01	1	04
	D88-3	81	2	346	05	89	37	142	34	136	255	2	17	6	05	01	01	01	04	1.4	04
	D88-4	99	2	209	03	23	43	51	164	103	539	5	11	1	05	01	01	01	02	3	01
	D88-5	82	1	388	04	105	24	127	39	123	17	2291	2	18	3	05	01	01	03	1.2	05



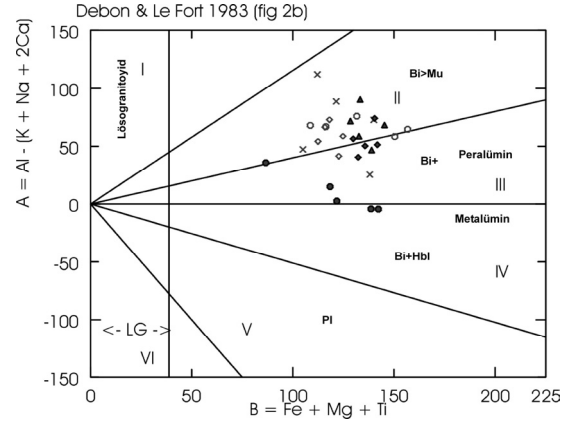
Şekil 4. Boğazova granitoidine ait örneklerin Barker (1979) diyagramında dağılımı.



Şekil 5. Debon ve Lefort (1983) 'e göre derinlik kayaçlarını adlandırma diyagramı. 1. granit, 2. adamellit, 3. granodiorit, 4. tonalit, 5. kuvarşlı siyenit, 6. kuvarşlı monzonit, 7. kuvarşlı monzodiorit, 8. kuvarşlı diyorit, 9. siyenit, 10. monzonit, 11. monzogabro/monzodiorit, 12. gabro/(diyorit-anortozit).

Karakteristik mineral ve sınıflama diyagramı jeokimyasal veriler eşliğinde kayaç ve onu oluşturan mineral ilişkilerini gözler önüne sermektedir. (Debon ve Lefort, 1983)' nin önerdiği bu diyagramda plütone ait veriler değerlendirildiğinde örnekler biyotit-muskovit granodiorit ile biyotit granodiorit alanında görülmektedir (Şekil 6).

Çalışma alanındaki granitoyide ait analizler ve değerlendirmeler göstermektedir ki, gerek petrografik incelemeler ve gerekse jeokimyasal veriler ışığında elde edilen diyagramlara ait sonuçlar birbiriyle birebir örtüşmektedir.



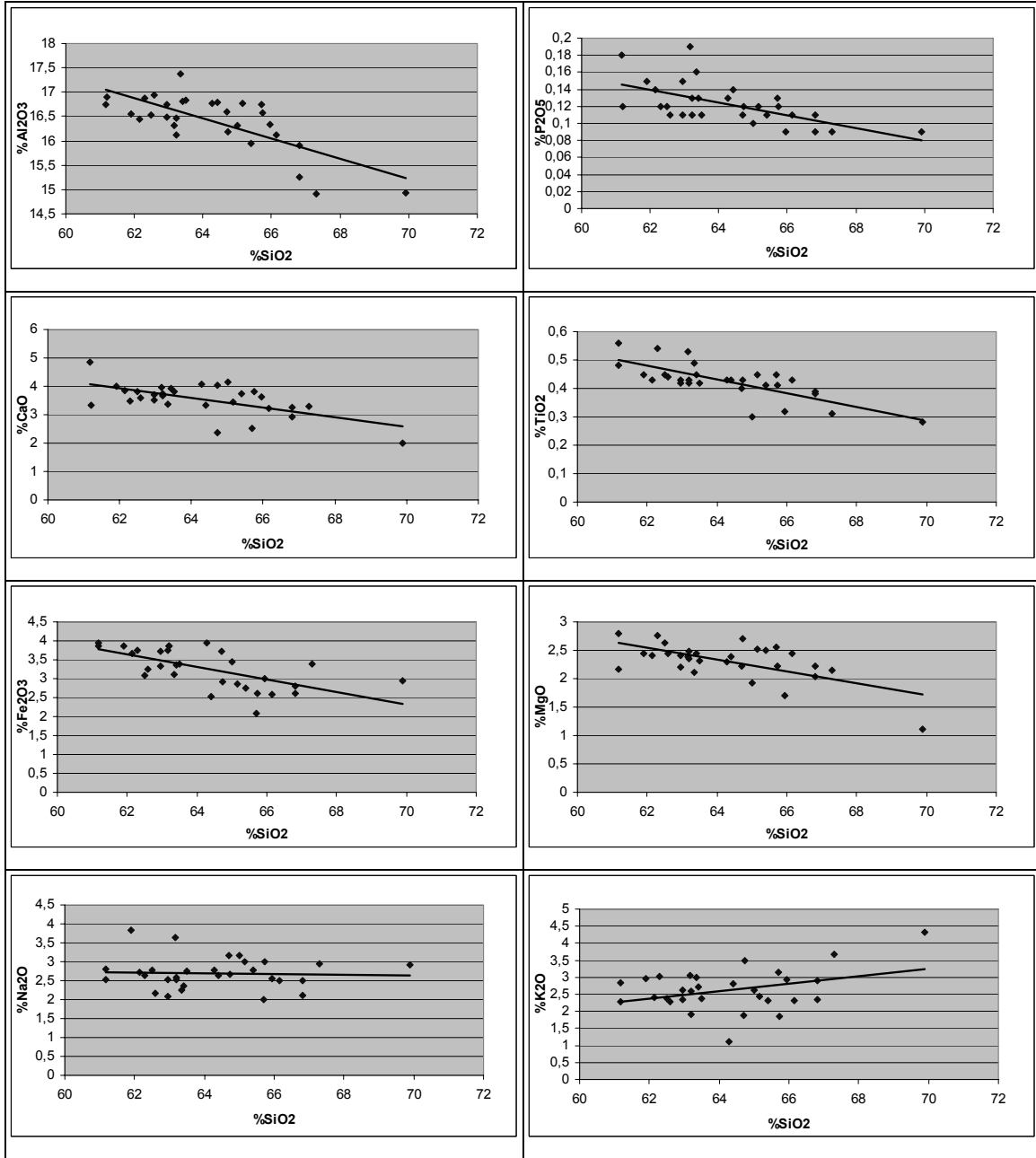
Şekil 6. Debon ve Lefort (1983) 'e göre karakteristik mineral ve sınıflandırma diyagramı.

Ana Oksit Özellikleri

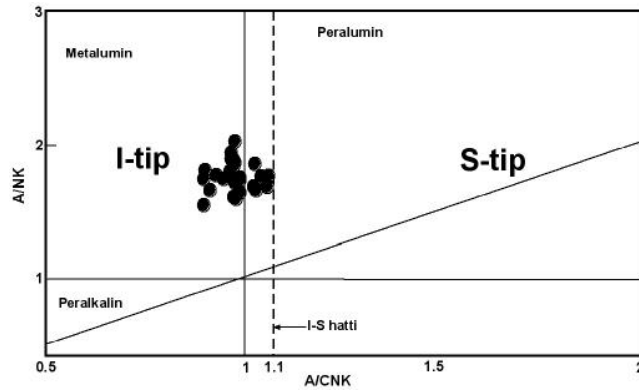
Boğazova Granitoidine ait 30 adet örneğin ana ve iz element değerleri incelendiğinde SiO_2 ' nin % 62,27-69,90, Fe_2O_3 ' ün % 2,07-3,95, MgO ' nun % 1,11-2,79, Na_2O ' nun 1,99-3,84, CaO ' nun % 2,37-4,85 arasında değerler aldığı görülmektedir. Böylesi değişimler ergimedeki alkali feldispat, plajiyoklaz, amfibol, mika mineralleri gibi kayaç yapıcı minerallerin bolluklarıyla bağlantılıdır.

Ana oksitlerden SiO_2 ' nin diğer oksitlere göre ilişkilerinin yer aldığı Harker diyagramı Şekil 7' de verilmiştir. Bu diyagramda görüldüğü gibi SiO_2 ' ye karşı Al_2O_3 , P_2O_5 , CaO , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO değerleri arasında negatif bir korelasyon gözlenirken, K_2O değerleri ile SiO_2 değerleri arasında pozitif bir korelasyon göze çarpmaktadır. Bu değişimler magmanın oluşumu esnasındaki fraksiyonel kristallenmeyi işaret etmektedir. Na_2O değerlerindeki nispeten düzensizlik, kısmen alterasyondan ve büyük ölçüde kabuk kirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca SiO_2 değerlerindeki artışa karşı, azalan TiO_2 ve P_2O_5 değerleri titanit ve apatit fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir.

Bilindiği üzere granitoidlerde SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O ve Na_2O değerleri alümina doygunluğunun ve toplam alkalinitenin belirlenmesinde sıkça kullanılmaktadır. Buradan da magma tipi konusunda fikir edinilebilmektedir. Alümina doygunluğuna göre (Maniar ve Piccoli, 1989) tarafından önerilen diyagramda örneklerin çoğunluğu metalumin alana düşmüştür (Şekil 8).

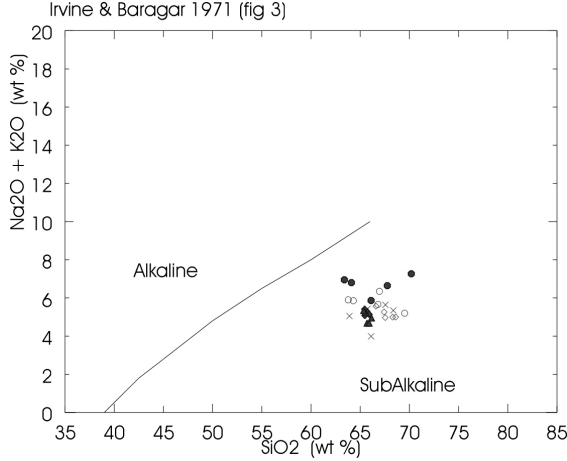


Şekil 7. Boğazova granitoidine ait SiO₂ ve diğer ana oksit değerlerinin ilişkileri.



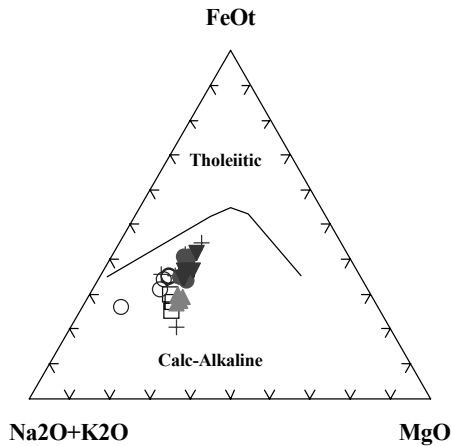
Şekil 8. Maniar ve Piccoli (1989)' a göre örneklerin yeri.

Magma tipinin belirlenmesinde sıkça kullanılan diyagramlardan biri de toplam alkali-silika diyagramıdır (Irvine ve Baragar, 1971). Diyagramda örneklerin hepsi subalkalin alanda yer almışlardır (Şekil 9).



Şekil 9. Toplam alkali-silika diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

Subalkalin karakterli kayaların da kendi içerisinde ayrılabilirdiği AFM üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971) örnekler çok net olarak kalkalkalen alanına düşmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. AFM üçgen diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

İz Element Özellikleri

Boğazova granitoidini oluşturan magmanın kaynak özelliklerini, yerleşme esnasındaki tektonik gelişmeleri açıklayabilmek için K, Rb, Sr, Ba gibi geniş yonlu litofiller (LIL), La, Ce, Nd gibi hafif nadir toprak elementler (LREE) ile Ti, Zr, Nb, Y gibi kalıcılığı yüksek olan uyumsuz elementler (HFS) sıklıkla çeşitli

diyagramlarda kullanılarak yorumlarda bulunulabilmektedir. Bu bağlamda SiO_2 'ye karşı değerlendirilen elementlerden Y, Zr, Hf, Ga ve Sr değerleri arasında negatif bir korelasyon görülürken Ba, Rb ve Nb' de pozitif bir korelasyon söz konusudur (Şekil 11). Tıpkı ana oksitlerde olduğu gibi iz element ilişkilerinde de göze çarpan bu durum magmanın fraksiyonel kristalleşmesinin bir sonucudur.

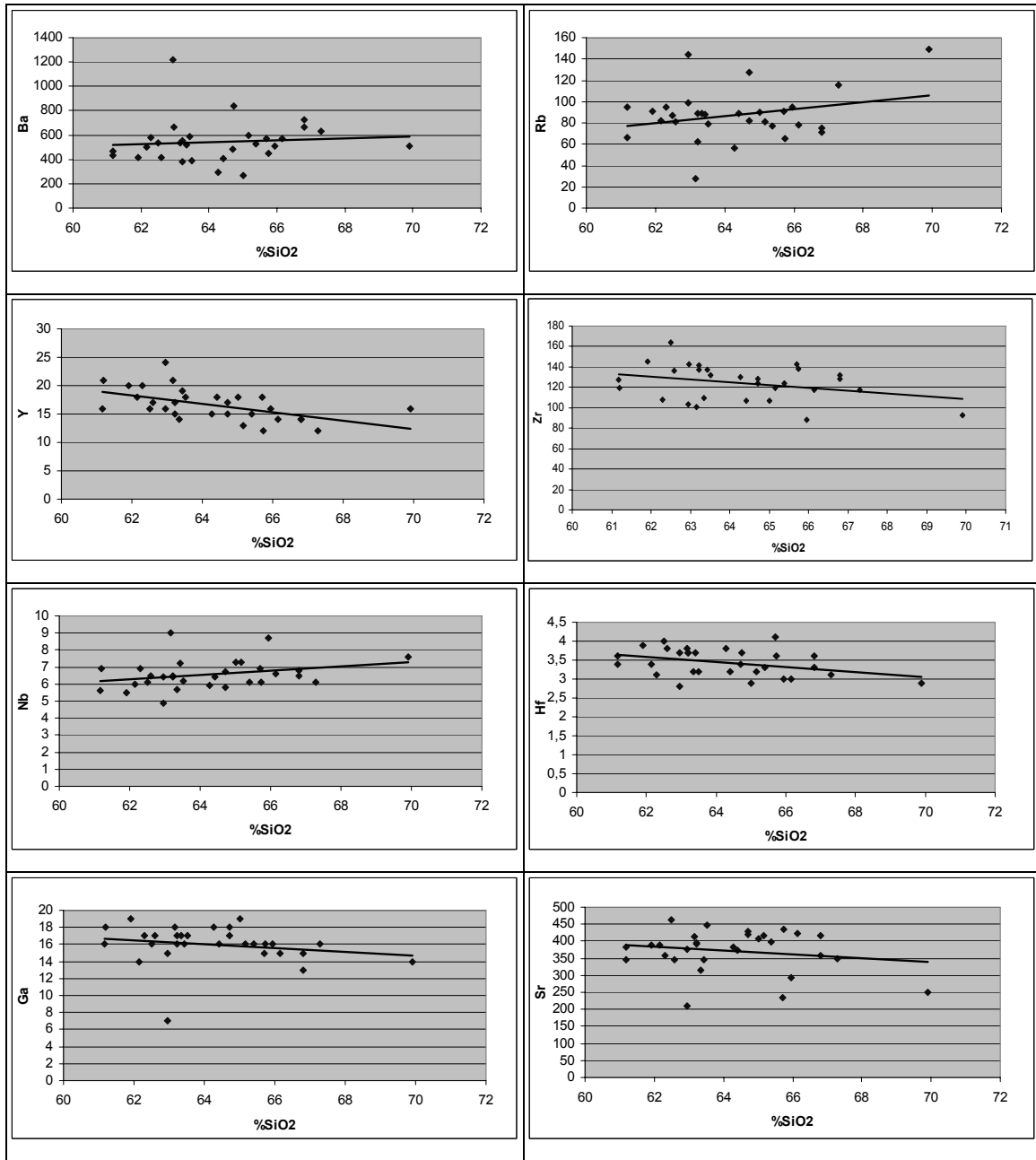
Nadir toprak elementlerin kondrite göre normalize edilen iz element diyagramı Şekil 12' de verilmiştir. Diyagram incelendiğinde hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) belirgin bir zenginleşme gözlenirken, ağır nadir toprak elementlerinde ise (HREE) bir tüketilme söz konusudur. Ayrıca gözlenen negatif Eu anomalileri K-feldispat ve plajiyoklazın fraksiyonel kristallenmesine bağlıdır.

Bu diyagram incelendiğinde göze çarpan unsurlar; geniş yonlu litofil elementler (LIL) olarak bilinen Rb, Ba, K, U gibi elementlerde belirgin bir zenginleşme, REE' lerde ise belirgin bir tüketilmenin varlığıdır. Göze çarpan bir diğer unsur da negatif Nb ve Ti anomalileridir. (Pearce, 1983) bu durum için ana magma gelişmesinde yitim olgusu veya kıta kabuğu kirlenmesi olabileceği fikrini savunmuştur.

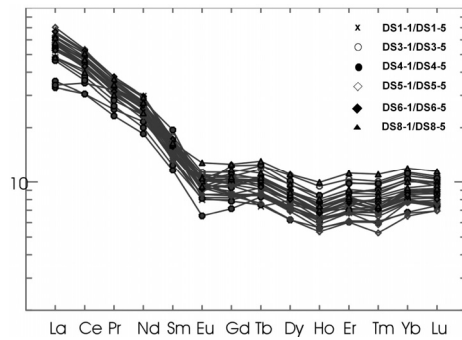
Granitoyide ait örneklerin (Pearce, 1983)' in önerdiği $\log Th/Yb - \log Ta/Yb$ diyagramında değerlendirildiklerinde örneklerin manto çizgisine göre saptıkları dikkati çekmiştir (Şekil 14).

Bu diyagram esas olarak MORB gibi olağan mantodan türemiş ve diyagramda manto trendi olarak gösterilmekte olan kayalar, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş ve yükselme esnasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayalardan ayırır. Bu ayırım, gerek yitim metasomatizmasının ve gerekse kabuksal kirlenmenin Th konsantrasyonunu ve dolayısı ile Th/Yb oranını, Ta/Yb oranına göre artırması temeline dayanmaktadır (Güçtekin vd., 2004).

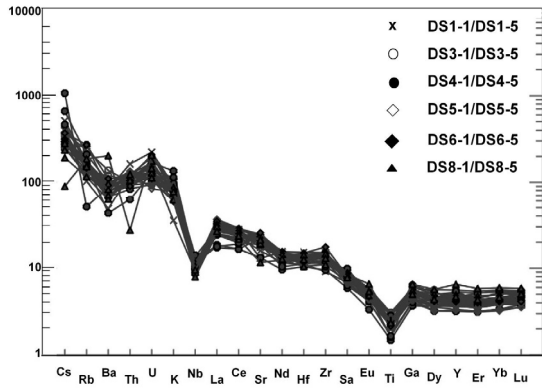
Son yıllarda, araştırmaların çoğunda iz elementler yardımıyla granitoid magmalarının tektonik ortamlarının yorumlamaları yapılmıştır. Bu bağlamda en sık kullanılanlar Rb, Y, Nb gibi elementlerin kullanıldığı diyagramlardır (Pearce vd., 1984). Bu diyagramlarda Y, Nb ve Rb' nin SiO_2 'ye karşı olan durumlarındaki değerler yerleştirilerek yorumlamalar yapılmaktadır. Her üç diyagramda örnekler volkanik yay alanında görülmektedir (Şekil 15).



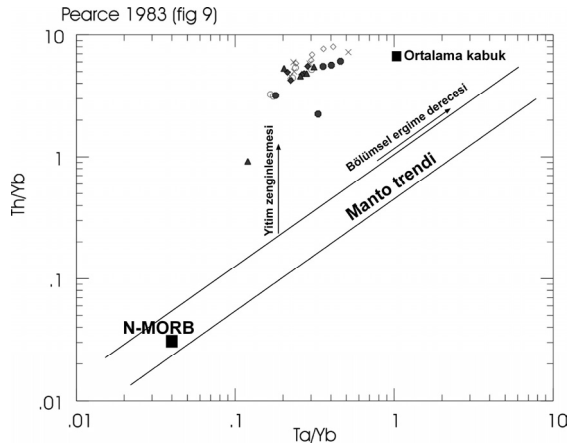
Şekil 11. Boğazova granitoidine ait SiO_2 ve iz element değerlerinin ilişkileri.



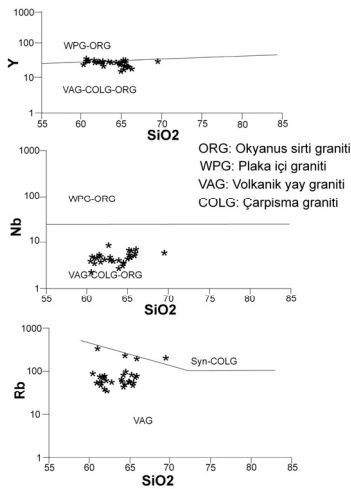
Şekil 12. Kondrite göre normalize edilmiş Boğazova Granitoidine ait REE değerleri. (Kondrit değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır).



Şekil 13. İlksel mantoya göre normalize edilmiş Boğazova Granitoidine ait iz element değerleri. (İlksel manto değerleri Wood (1979)' dan alınmıştır).

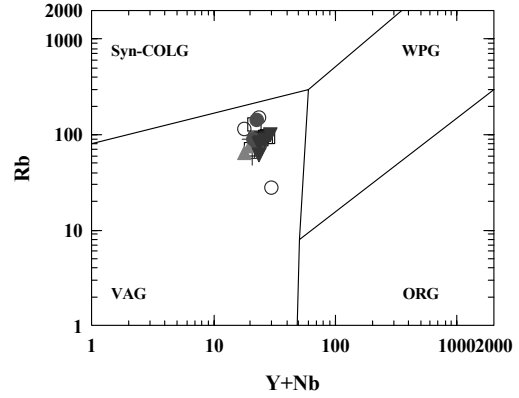


Şekil 14. Boğazova granitoidine ait örneklerin Th/Yb-Ta/Yb diyagramında dağılımı (Pearce, 1983).

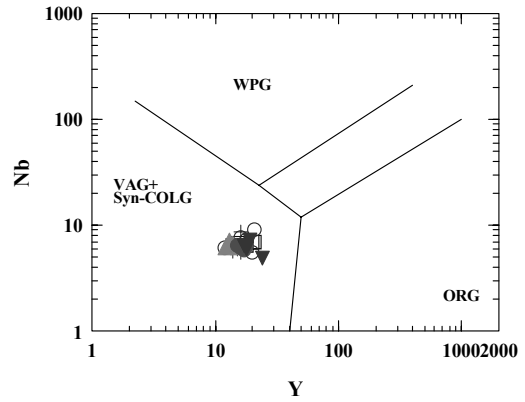


Şekil 15. Boğazova granitoidine ait örneklerin SiO₂' ye karşı Y, Nb ve Rb değerlerine göre durumları (Pearce ve diğ., 1984).

Diğer tektonik ayırtman diyagramları yine (Pearce vd., 1984)' ün önerdiği diyagramlardır (Şekil 16 ve 17). Her iki diyagramda da Boğazova granitoidine ait örnekler volkanik yay-çarpışma granitoidi alanlarında yer almışlardır.



Şekil 16. Rb-(Y+Nb) diyagramında örneklerin dağılımı (Pearce ve diğ., 1984). WPG: Plaka ortası granitler, ORG: Orojenik granitler, VAG: Volkanik yay granitleri, syn-COLG: Çarpışma granitleri.



Şekil 17. Nb-Y diyagramında örneklerin dağılımı (Pearce ve diğ., 1984).

6. SONUÇLAR

Boğazova granitoidine ait örneklerin; modal analiz sonuçlarına göre çoğunlukla granodiyorit kayaçlarından oluştuğu, bir miktar da granit bileşimine sahip oldukları belirlenmiştir. Gerek major oksit ve gerekse iz elementler baz alınarak çizilen Harker diyagramlarının (Şekil 7, 11) yorumlamasında etkin bir fraksiyonel kristallenme izleri ortaya açıkça çıkmaktadır. Plüton ayrıca peralümin, kalkalkalen bir karakter sunmaktadır.

Nadir toprak elementlerin kondrite göre normalize edilmesiyle oluşan diyagram (Şekil

12), hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) belirgin bir zenginleşmeyi, ağır nadir toprak elementlerinde ise (HREE) bir tüketilmeyi işaret etmektedir. Ayrıca ilksel mantoya göre normalize edilen ve bazı iz elementlerin de bulunduğu diyagramda (Şekil 13), geniş iyonlu litofil elementler (LIL) olarak bilinen Rb, Ba, K, U gibi elementlerde belirgin bir zenginleşme, REE' lerde ise belirgin bir tüketilme gözlenmiştir. Dikkate değer bir diğer unsur da negatif Nb ve Ti anomalileridir. (Pearce, 1983) bu durum için ana magma gelişmesinde yitim olgusu veya kıta kabuğu kirlenmesi olabileceği fikrini savunmuştur. Yine, manto trendinin ayırıcı olarak kullanıldığı diyagramda (Şekil 14) (Pearce, 1983) örnekler manto çizgisine göre sapmalar göstermiştir. Yazar bu durum için ise yitim metasomatizması veya kabuk kirlenmesi olgularını vurgulamıştır. Jeokimyasal veriler eşliğinde, (Pearce vd., 1984) tarafından granitoidlerin tektonik olarak ayrımlanmasında önerilen diyagram gruplarında (Şekil 15, 16, 17) çalışma alanındaki granitoid örnekleri volkanik yay granitleri ve çarpışma ile yaşlı granitler olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu sonuçları destekleyen diğer saptamalar da belirgin bir hafif nadir toprak element (LREE) zenginleşmesi, çarpıcı bir şekilde negatif Nb ve Ti anomalileridir. Ayrıca bazı yazarlar, yukarıdaki sonuçlara ilaveten kalkalkalen karakterli plütonların yaygın olarak dalma-batma ile ilişkili ortamlarda oluştuğunu belirtmektedirler (Floyd ve Winchester, 1975; Rogers ve Hawkesworth, 1989; Sajona vd., 1996).

Araştırmanın giriş bölümünde de ifade edildiği gibi, bölgenin gelişimine bir göz atacak olursak; Kuzeybatı Anadolu' da Geç Kre-tase sonu-Tersiyer başı zaman aralığında Neotetis Okyanusu kuzey kolu kuzeye hareketle Sakarya kıtası altına dalmış ve tüketilmiştir. İzleyen evrede güneyde bulunan Torid-Anatolid platformu ve kuzeyde bulunan Sakarya kıtası çarpışarak İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kuşak gelişiminin ardından gerek kenet kuşağı birimleri ve gerekse Sakarya kıtası temel kayaları üzerinde uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı çökel kayaları oluşmuştur. Bu birimler, (Akdeniz, 1980)' nin isimlendirdiği Başlamış formasyonu ile (Akyürek ve Soysal, 1983)' in isimlendirdiği Gebeler formasyonlarıdır. Bu önemli stratigrafik durum, kıta-kıta çarpışmasının Orta Eosen öncesi olduğunun bir kanıtıdır. Nitekim çarpışmanın ardından Batı Anadolu' da Erken Miyosen zamanında geniş ölçekli bir volkanik faaliyet ile Oligosen-Miyosen evresinde yaygın bir magmatizma meydana gelmiştir (Bingöl vd., 1982; Keller, 1983). Bu magmatizma ürünleri

Şekil 1' de görülmektedir. Bölgenin büyük ölçekteki bu tarihi geçmişine paralel olarak, çalışma alanındaki granitoidin yaşının belirlenmesinde, (Ataman, 1973) çalışma alanı ve çevresinde çalışmalarda bulunmuş, Rb/Sr yöntemiyle yaptığı yaş tayininde 45 milyon yıl sonucuna ulaşmıştır. Bu değer Orta Eosen' e karşılık gelmektedir. Ayrıca (Taşkın, 1983a ve Pehlivan, 1987) sahaya ilgili jeolojik raporlarında plütonun yaşını Tersiyer (Eosen) olarak belirlemişlerdir.

Özetlenecek olursa tüm yukarıda belirtilen jeokimyasal veriler ve bölgenin jeodinamik evrimi göz önüne alındığında, Boğazova granitoid sokulumunun, daha önce bahsedilen yitim zonu ve çarpışma süreçleri ile ilişkili olarak geliştiği söylenebilir.

7. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu' nca desteklenen (Proje No: 200615020) bir doktora tez çalışmasının verilerinin bir kısmından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, N. (1980). Başlamış formasyonu. *Jeoloji Mühendisliği* 10, 39-47.
- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1983). Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama- Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *MTA Derg.* 95/96, 1-12.
- Ataman, G. (1973). Gürgenyayla (Domañıç) granodiyoritik kütlelerinin radyometrik yaşı. *TJK Bülteni* 16/1.
- Bacak, G. ve Kuşçu, M. (2000). Kütahya-Domañıç porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin jeolojik özellikleri ve kökeni. Cumhuriyetin 75. yıldönümü yerbilimleri ve madencilik kongresi 683-697; MTA, Ankara.
- Barker, F. (1979). Trondhjemite: Definition, environment and hypotheses of origin. In: F. Barker (ed.), *Trondhjemites, Dacites and related rocks*, Elsevier, Amsterdam 1-12.
- Bingöl, E. (1976). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. *MTA Derg.* No:86.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G. (1982). Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geody-

- namic study of this area. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 75(2), 437-446.
- Bingöl, E. (1989). Geological map of Turkey, scale: 1/2.000.000. Mineral Research and Exploration Institute publications, Ankara, Turkey.
- Boynton, W.V. (1984). Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: P. Henderson (ed.), Rare earth element geochemistry, Elsevier 63-114.
- Bürküt, Y. (1966). Kuzeybatı Anadolu' da yer alan Plütonların mukayeseli jenetik etüdü. İTÜ Maden Fak., Doktora Tezi, 272 s.
- Bürküt, Y. (1975). Kuzeybatı Anadolu granitik plütonları içindeki Ti,P,Zr,Mn,V tayini ve dağılımı. *MTA Derg.* No: 84.
- Cengiz, I. ve Genç, Y. (2003). Domaniç (Kütahya) bakır-molibden cevherleşmesinin jeolojisi ve alterasyon özellikleri. *Jeoloji Müh. Der* 27, 47-75.
- Debon, F. ve Le Fort, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Transactions Royal Society of Edinburg, Earth Sciences 73, 135-149.
- Floyd, P.A. ve Winchester, J.A. (1975). Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements, Earth Planet. *Sci. Lett.* 27, 211-218.
- Genç, C. ve Altunkaynak, Ş. (2007). Eybek graniti (Biga yarımadası, KB Anadolu) üzerine: Yeni jeokimya verileri ışığında yeni bir değerlendirme. *Yerbilimleri* 28, 75-98.
- Güçtekin, A., Köprübaşı, N. ve Aldanmaz, E. (2004). Karabiga (Çanakkale) granitoidinin jeokimyası. *Yerbilimleri* 29, 29-38.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.* 8, 523-543.
- Kaaden, G.V. (1958). Saadet-Mesruriye-Sefadurabey-Domaniç-Tiraz köyleri arasındaki sahada W-Zn-Cu ve Uludağ silsilesi, Orhaneli ve M. Kemalpaşa güneyinde W prospeksiyonu ile bölgenin Jeolojik durumu ve evlasyonu. MTA Der. Rap. No:2645, Ankara (yayımlanmamış).
- Keller, J. (1983). Potasic lavas in the orogenic volcanism of the Mediterranean area. *J. Volcano. Geot. Res.* 18, 321-335.
- Ketin, İ. (1947). Uludağ masifinin tektoniği. TJK Bülteni, 1/1.
- Küçükayman, A. (1987). Bozüyük-Tavşanlı-Kütahya arasındaki jeolojisi. MTA Der. Rap. No: 8356., Ankara (yayımlanmamış).
- Maniar, P.D. and Picolli, P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geo. Soc. of Am. Bull.* 101, 635-643.
- Middeleaar, W.V. (1975). Domaniç (Kütahya-Türkiye) civarındaki sokulumun güney sınırında bulunan maden yatakları ve kontak-metasomatik oluşumların araştırılması hakkında ön rapor. MTA Rap. No: 1522., Ankara (yayımlanmamış).
- Okay, A. (1984). Kuzeybatı Anadolu' da yer alan metamorfik kuşaklar, Ketin Semp., T.J.K Yayını.
- Özkoçak, O. (1969). Bursa-Orhaneli çevresinin jeolojisi. Doktora Tezi (Fransızca).
- Pearce, J.A. (1983). Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C.J. Hawkesworth, and M.J. Norry (eds.), Continental basalts and mantle xenoliths, Shiva, Nantwich, 230-249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G.W. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25, 956-983.
- Pehlivan, A.N. (1979). Uludağ (Bursa)-Orhaneli-Keles-İnegöl yörelerinde granit kenar zonlarındaki (W, Mo, Pb, Zn, Cu) mineralizasyonları ön raporu. MTA Rap. No: 1621, Ankara (yayımlanmamış).
- Pehlivan, A.N. (1987). Bursa-İnegöl-Keles-Orhaneli çevresinin genel jeokimya raporu (KAVAP I): MTA Der. Rap. No:2135, Ankara (yayımlanmamış).
- Rogers, N.W. and Hawkesworth, C.J. (1989). A geochemical traverse across the North

Chilean Andes: evidence for crust generation from the mantle wedge. *Earth Plan. Science Lett.* 91, 271-285.

Sajona, F.G., Maury, R.C., Bellon, H., Cotton, J. ve Defant, M. (1996). High field strength elements of Pliocene-Pleistocene island-arc basalts Zamboanga Peninsula, Western Mindanao (Philippines). *J. Petrol.* 37, 393-726.

Streckeisen, A.L. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews* 12, 1-33.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75, 181-241.

Taşkın, İ. (1983a). Bursa-İnegöl yöresi Boğazova ve Domaniç granodiyorit masifleriyle ilgili W-Mo-Pb-Zn-Cu cevherleşmelerine ait Jeoloji raporu (KAVAP-V). MTA Der. Rap. No:7675, Ankara (yayımlanmamış).

Yıldırım, S. ve Çelebi, A. (1991). Domaniç (Kütahya)-İnegöl (Bursa) AR 44858 No'lu MTA Ruhsat sahası Topukdere-Sarıçayırıyla çevresi porfiri bakır yatağı ön etüd raporu. MTA Der. Rap. No: 9327., Ankara (yayımlanmamış).

Wood, D.A. (1979). Variably-veined sub-oceanic upper mantle: Genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence. *Geology* 7, 499-503.



Kadir SARIİZ, 1948 yılında Tavas (Denizli)' da doğdu. Lisans ve Yüksek Lisansını Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü' nde tamamladı. Doktorasını 1983 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi' nde tamamladı. Halen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



Hüseyin SENDİR, 1974 yılında Bilecik' de doğdu. 1999 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü' nden mezun oldu. 2001 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,

Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında Arş. Gör. olarak göreve başladı. Halen aynı bölümde öğretim elemanı olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

