



# GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI**

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 4

SAYI/NUMBER:1

YIL/YEAR: 2014

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY  
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 75 36 Faks: 0 456 233 74 27

## Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Gökhan ÇAKMAK<sup>1,\*</sup>, Abdullah KAYGUSUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayburt İl Özel İdaresi, Su ve Kanal Hizmetleri Müdürlüğü, Bayburt, Türkiye

<sup>2</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 29.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 28.11.2013

Kabul tarihi/Accepted 13.12.2013

### Özet

*Bu çalışma, Pelitli (Bayburt) civarında yüzeylenen granitoidik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda yer alan inceleme alanının tabanında Eosen yaşlı andezit ve piroklastları bulunmaktadır. Bu birimler Eosen yaşlı Pelitli Granitoyidi (46 My, U-Pb zirkon) tarafından kesilmiş olup, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile uyumsuz olarak örtülmüştür.*

*Pelitli Granitoyidi elips şekilli olup, yaklaşık 16 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzeylenmiştir. Diyorit, tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayalardan oluşmuş olup, başlıca mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, hornblend, biyotit ve az oranda piroksen oluşturur. Granitoid, genel olarak I-tipi, düşük-yüksek K'lu kalk-alkali karakterli olup, genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterlidir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementlerce (LREE) zenginleşmiş, kalıcılığı yüksek elementlerce (HFSE) tüketilmişlerdir. Pelitli Granitoidini oluşturan kayaların (La/Lu)<sub>N</sub> değerleri 5.6-12.2 arasında olup, negatif Eu anomalisi (Eu/Eu\*=0.3-0.9) gösterirler. Ana ve iz element değişimleri, granitoidin gelişiminde plajiyoklas, piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. Apatit-zirkon jeotermometresine göre hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 690-897 °C arasındadır. Jeokimyasal veriler, granitoidin meta-magmatik (amfibolitik) kayaların kısmı ergimesinden türeyebileceğini göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Pontid, Eosen, Pelitli Granitoyidi, Petrografi, Jeokimya

## Petrographical and Geochemical Features of the Pelitli (Bayburt) Granitoid

### Abstract

*In this study, the granitoid rocks exposed in the Pelitli (Bayburt) area was investigated to determine its petrographical and geochemical characteristics. In the studied area located on the*

\* Gökhan ÇAKMAK, gokhan\_cakmak69@hotmail.com, Tel: 0 507 707 1906

*northern zone in the eastern Pontides, the basement is represented by Eocene aged andesite and pyroclastic rocks. These units are cut by the Eocene Pelitli Granitoid (46 Ma, U-Pb zircon) and are overlain uncorformably by Quaternary alluvium.*

*Pelitli Granitoid is in ellipse shape and settled approximately in an area of 16 km<sup>2</sup>. The Pelitli Granitoid consists of diorite, tonalite, granodiorite and granite, and includes plagioclase, orthoclase, quartz, hornblende, biotite and rare pyroxene as main minerals. The rocks of the granitoid are generally I-type, low to high K calc-alkaline, metaluminous to slightly peraluminous characteristics. They are enriched in large ion lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) relative to high field strength elements (HFSE). (La/Lu)<sub>N</sub> values are between 5.6 and 12.2 with pronounced negative Eu anomalies (Eu/Eu\* = 0.3-0.9) of the Pelitli Granitoid rocks. Major and trace element variations indicate significant role of plagioclase, pyroxene, hornblende and Fe-Ti oxide fractionation during the evolution of granitoid. As determined by zircon and apatite saturation thermometry, the estimated crystallization temperatures range from 690 °C to 897 °C. The geochemical compositions of the Pelitli Granitoid suggest an origin through partial melting of meta-igneous (amphibolitic) source rocks.*

**Key words:** Eastern Pontides, Eocene, Pelitli Granitoid, Petrography, Geochemistry

## 1. Giriş

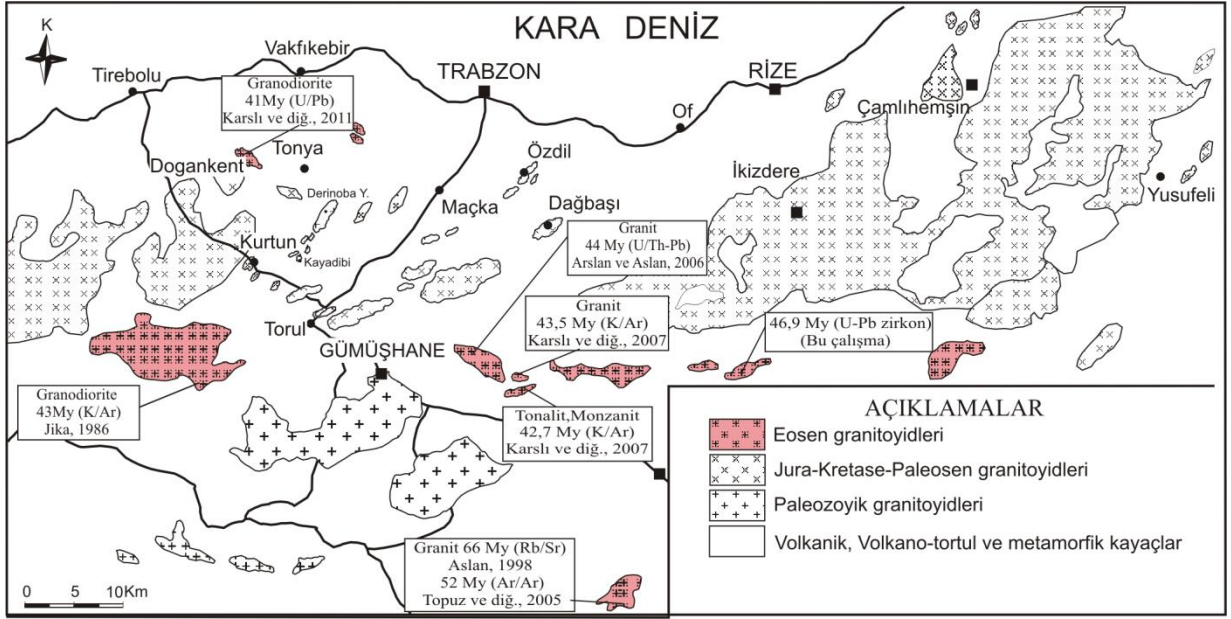
Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer alan Doğu Pontidler (KD Türkiye), volkanik ve plütonik kayaçların yaygın olarak gözlemlendiği önemli alanlardan biridir. Bölgede Permo-Karbonifer'den Eosen sonrasına kadar geniş bir yaş aralığında oluşmuş ve başlıca gabrodan granit kadar değişen türdeki irili ufaklı onlarca granitik sokulum bulunmaktadır (Şekil 1). Bu granitik plütonlar Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca üç farklı zaman periyodunda sokulum yapmışlardır (Şekil 1). Bunlardan Paleozoyik yaşlı granitler metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975; Topuz, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012a). Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Köprübaşı vd., 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2012b, 2013; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karlı vd., 2010, 2012; Sipahi, 2011). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Eyuboğlu vd., 2011, 2013).

Doğu Pontid'lerdeki Eosen yaşlı plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılan radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Şekil 1), pek çok plütonun yaşı dokanak ilişkileri ve stratigrafik ilişkilerle göreceli olarak saptanmaya çalışılmıştır. Aslan (1998) çalışma alanının güneyindeki Saraycık Granitoidi'nin yaşını 66 My, Topuz vd., (2005) ise 52 My bulmuşlardır. Karlı vd., (2007) inceleme alanının batısında yer alan Dölek ve Sarıççek Plütonlarının yaşlarını 42-43 My olarak tesbit etmişlerdir. Eyuboğlu (2011), çalışma alanının batısında yer alan Aydın-tepe Granitoidi'nin yaşını 42 My olarak bulmuştur. İncelenen Pelitli Granitoidi'nin yaşına ilişkin herhangi bir jeokronolojik çalışma yapılmamıştır. İlk olarak bu çalışma ile Pelitli Granitoidi'nin yaşı  $46.9 \pm 0.68$  My (U-Pb zircon) olarak tarafımızdan belirlenmiştir.

Bu makalede Pelitli Granitoidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ortaya konularak, Doğu Pontid Eosen magmatizmasının gelişimine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

## 2. Jeolojik Konum

Doğu Pontid Tektonik Birliği Kuzey Zonu'nda yer alan ve genelde volkanik ve plütonik kayaçların egemen olduğu çalışma alanında, en yaşlı kayaçları Eosen yaşlı birimler oluşturur



Şekil 1. Doğu Pontid’lerdeki plütonik kayaların dağılımı ve Eosen yaşlı olanlardan elde edilen jeokronolojik yaşlar.

(Şekil 2). Geniş bir alanda yüzeylen birim, başlıca andezit ve bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. Renkleri açık yeşilden koyu yeşile, griden siyaha doğru değişmektedir. Bu birimler yine Eosen yaşlı Pelitli Granitoyidi tarafından kesilmiştir (Çakmak, 2013). İnceleme alanının en genç birimini Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar oluşturur.

Pelitli Granitoyidi, uzun eksenli kuzeydoğu-güneybatı istikametinde uzanım gösteren, elips şekilli yüzeylemeye sahip bir sokulundan oluşur (Şekil 2). Pelitli Granitoyidi yaklaşık 16 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzeyleme vermekte olup, 5-6 km uzunluğunda ve 3-4 km genişliğindedir. Pelitli Granitoyidi, Eosen volkanitlerini kesmiş olup, yan kayalar ile olan dokanaklarında yoğun şekilde epidotlaşma, kloritleşme ve silisleşme gözlenmiştir. Ayrıca dokanaklarda yer yer skarn zonları gelişmiştir. Pelitli Granitoyidi genelde sağlam bir görünüme sahiptir. Arenalaşma az olarak Pelitli Köyü batısı ve Üzengili Köyü doğusunda görülmektedir. Pelitli Granitoyidi mafik mikrogranüler anklav ve yan kayaç ksenoliti içermektedir. Anklavların tümü içinde buldukları kayalara göre daha ince taneli ve daha koyu renktedir.

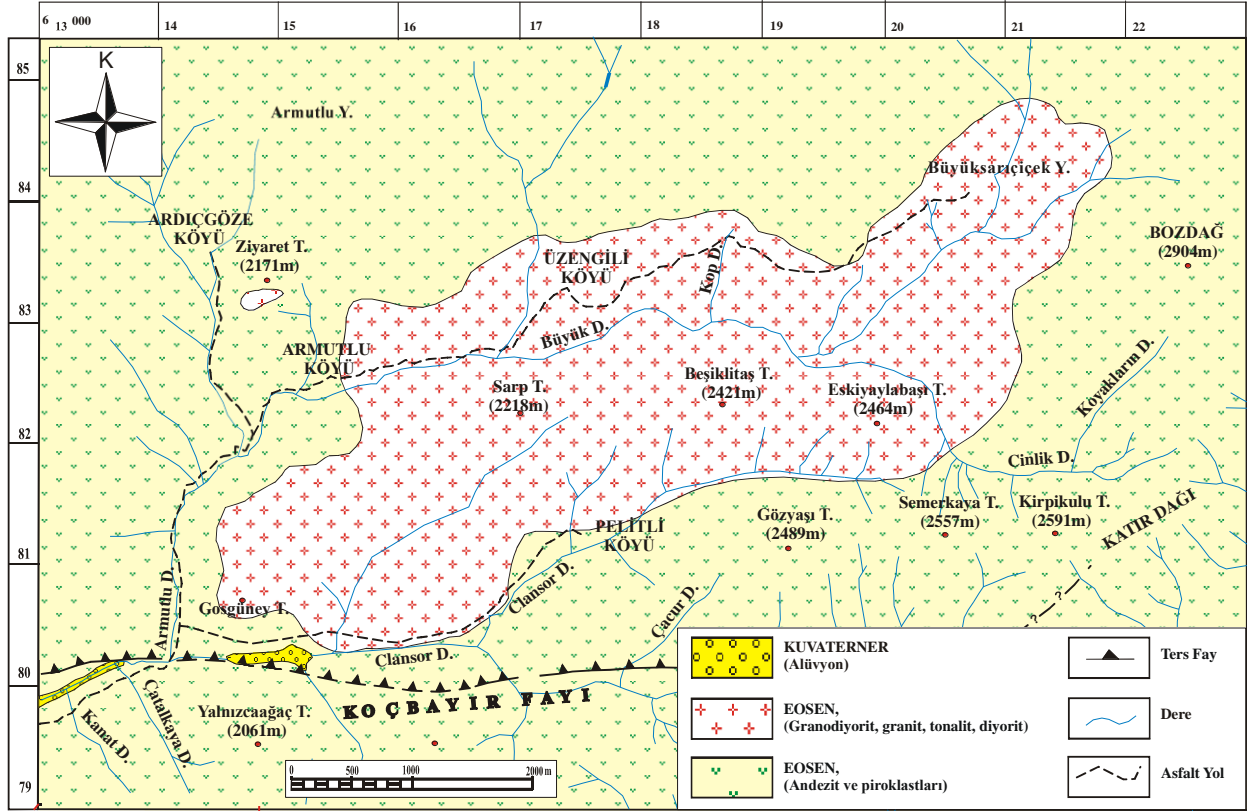
### 3. Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında, araziden derlenen kayaç örneklerinin ince kesitleri hazırlanmış, polarizan mikroskopta ayrıntılı petrografik özellikleri belirlenmiş ve modal analizleri yapılmıştır. Pelitli Granitoyidi’ne ait 17 adet örneğin ana, iz element ve nadir toprak element analizleri Kanada da ACME Analiz (Vancouver, BC) laboratuvarında yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0.2 gr toz örnek 1.5 gr LiBO<sub>2</sub> ile karıştırılarak, % 5 HNO<sub>3</sub> içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri, 0.250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmesi ile analiz edilmiştir.

### 4. Sonuçlar

#### 4.1. Petrografik Özellikler

Pelitli Granitoyidi’nin petrografik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Pelitli Granitoyidi kayaç örnekleri modal analize dayalı QAP diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarıldığında (gösterilmemiş), diyorit, tonalit, granodiyorit ve monzogranit bileşimli kayalardan oluştuğu görülmektedir. Pelitli Granitoyidi’ni oluşturan diyoritlerin yayılımı çok az olup, plütonun



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Çakmak 2013'den değiştirilerek).

güneybatı kenar kısmında yer alırlar (Şekil 3). Diğer granitik kayalara nazaran mafik mineral içeriklerinin daha fazla olması, daha koyu renkte görülmeleri ve çok az orandaki kuvars içerikleri ile onlardan kolaylıkla ayırt edilirler. Tonalitler, granodiyoritlerden sonra yayılımı en fazla olan kayalardır. Plütonun kenar fasiyesini oluşturan bu birim, arazide açık gri renktedir. Granodiyoritler, Pelitli Granitoyidi'nde yayılımı en fazla olan kayaları oluştururlar. Genellikle tonalitlerin iç kısmında ve onları çevreleyen zon boyunca yer alır (Şekil 3). Monzogranitler, granodiyorite nazaran yayılımları daha azdır. Genellikle plütonun iç kısmında ve onları çevreleyen zon boyunca yer alır (Şekil 3). Genelde rengi açık gri ve yer yer pembemsi olan bu birim yer yer kaolinleşmiştir.

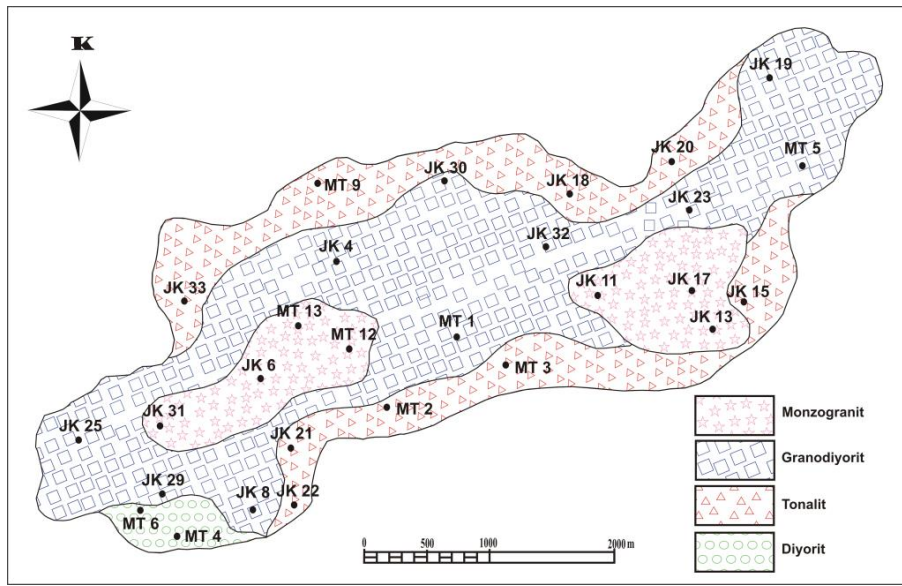
Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayalar genellikle tüm kristalli ince-orta taneli, porfirik, poikilitik, monzonitik, yer yer de mikrofrik ve granofirik dokular gösterir. Ana mineralleri plajiyoklas (% 31-80), kuvars (% 2-40), ortoklas (% 1-22), hornblend (% 1-9), biyotit (% 1-4) ve az oranda piroksen (% 2-4); aksesuar

mineralleri apatit, zirkon, opak mineraller ve ikincil mineralleri de serizit, klorit, kalsit, epidot ve kil mineraller oluşturur (Tablo 1). Plajiyoklaslar, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde tüm örneklerde yaygın olarak bulunmaktadır. Plajiyoklasların 010'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerinde, bileşimlerinin oligoklas ve andezin arasında değiştiği görülmüştür.

Bu bileşim diyoritlerde  $An_{34-37}$ , tonalitlerde  $An_{32-34}$ , granodiyoritlerde  $An_{35-37}$  ve granitlerde  $An_{22-25}$  şeklindedir. Zonlanma gösteren kristallerde yaygın olarak halkalı zonlanma görülür. Kuvars, öz şekilsiz olarak ortoklasla birlikte diğer minerallerin arasını doldurur. Genellikle dalgalı sönme gösterirler. Ortoklas, öz şekilsiz kristaller halinde diğer minerallerin arasını doldururlar. Genellikle mikropertitik yapıda olup, bazı minerallerde karlsbad ikizi belirgindir. Hornblend, öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Bazı kesitlerde dilinim ve kenarlar boyunca yer yer kloritleşmiş olarak gözüktürler. Biyotitler öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde olup,

Tablo 1. Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaların petrografik özellikleri.

Kayaç birimleri	Diyorit	Tonalit	Granodiyorit	Monzogranit
Doku	Tüm kristalli	Tüm kristalli	Tüm kristalli, mirmekitik	Tüm kristalli, poikitik, monzonitik, mikrografik
Tane boyutu	İnce-orta	İnce-orta, yer yer porfirik	İnce-orta, yer yer porfirik	İnce-orta
Modal mineraller	Min-max	Min-max	Min-max	Min-max
Plajiyoklas	80	55-63	45-49	31-37
Kuvars	2-3	31-35	27-36	38-40
Ortoklas	1-2	3-4	8-14	21-22
Hornblend	9	1-3	2-6	1
Biyotit	1	1-2	1-4	1-3
Piroksen	2-4	-	-	-
Aksesuar mineraller	Apatit, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral	Apatit, zirkon, opak mineral
İkincil mineraller	Serizit, klorit, kalsit, kil min.	Serizit, klorit, epidot, kil min.	Serizit, klorit, kalsit, kil min.	Serizit, kalsit, klorit, kil mineralleri



Şekil 3. Modal analizi yapılan örneklerin plütondaki konumları ve modal bileşimlerinden itibaren hazırlanan zonlanma haritası (Çakmak 2013'den değiştirilerek).

hornblende oranla daha az oranda bulunurlar. Piroksenler az oranda olup, genellikle diyoritlerde gözlenirler. Apatitler genellikle iğnemsî şekillerde kuvars ve feldispat içinde kapanımlar halinde bulunurlar. Zirkon, öz şekilli küçük prizmatik kristaller halinde tüm kayalarda gözlenirler.

## 5. Pelitli Granitoyidi'nin Jeokimyasal Özellikleri

### 5.1. Ana ve İz Elementler

Pelitli Granitoyidi'ne ait 17 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo

2'de verilmiştir. Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaç örneklerin SiO<sub>2</sub> değerleri geniş bir aralıkta (% 57-77) değişmekte olup, bu değerler diyoritlerde en düşük (% 57-58), granitlerde ise en yüksek (% 73-77)'tir. Örneklerin K<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O oranları 0.19-0.23 arasında değişirken, A / CNK (molar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) değerleri 0.80-1.15 arasında, magnezyum numaraları [100 x (MgO / MgO + ΣFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)] ise 19.10-33.30 arasında değişmektedir.

Jeokimyasal analizler (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) - SiO<sub>2</sub> diyagramına düşürüldüğünde, Pelitli Granitoyidi'nin subalkalen karakterli diyorit, tonalit, granodiyorit ve granit bileşimli

Tablo 2. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri.

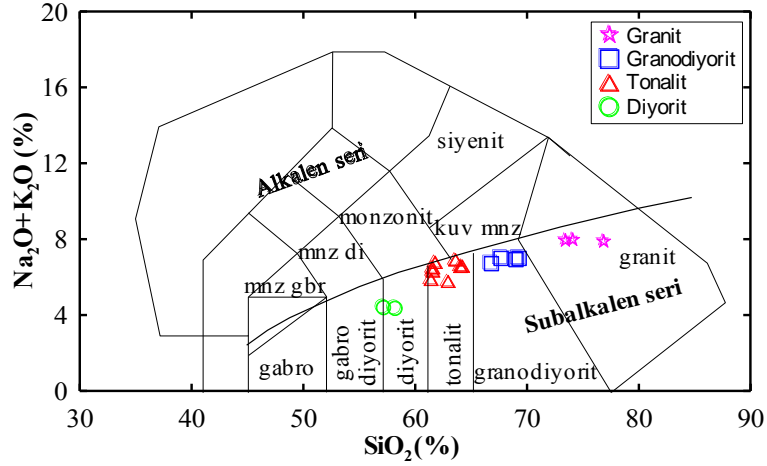
Kayaç Adı Örnek. No	Diyorit		Tonalit							
	MT6	MT4	JK20	MT2	JK22	MT3	JK18	JK21	JK15	MT9
SiO <sub>2</sub>	57.01	58.04	61.26	61.42	61.43	61.63	62.79	63.47	63.92	64.07
TiO <sub>2</sub>	0.79	0.78	0.68	0.71	0.63	0.68	0.63	0.57	0.61	0.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.62	16.53	15.78	15.90	15.74	15.99	15.35	15.84	15.31	15.43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>T</sup>	7.51	7.44	5.92	5.75	5.84	5.76	5.75	4.04	5.38	5.03
MnO	0.12	0.11	0.07	0.11	0.09	0.12	0.11	0.07	0.14	0.08
MgO	3.75	3.62	2.82	2.75	2.52	2.68	2.32	2.33	2.15	2.09
CaO	7.55	7.43	5.28	5.40	4.73	5.13	4.72	5.05	3.88	4.47
Na <sub>2</sub> O	3.76	3.61	3.78	3.18	3.30	3.36	3.54	3.29	3.83	3.04
K <sub>2</sub> O	0.72	0.83	2.19	3.23	3.28	3.51	2.32	3.71	2.82	3.63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.21	0.15	0.19	0.19	0.18	0.15	0.16	0.16	0.17
LOI	1.80	1.20	1.90	1.10	2.00	0.70	2.10	1.20	1.60	1.20
Toplam	99.85	99.80	99.83	99.74	99.75	99.74	99.78	99.73	99.80	99.74
Ni	5.50	5.30	4.70	5.80	8.10	4.90	5.10	3.20	4.30	7.10
V	198.00	192.00	155.00	142.00	139.00	132.00	146.00	122.00	123.00	107.00
Cu	6.80	6.20	5.30	10.20	12.40	46.50	3.30	2.40	11.20	51.70
Pb	2.70	2.50	3.30	5.20	9.40	8.60	3.00	5.50	2.20	10.40
Zn	12.00	14.00	22.00	13.00	47.00	14.00	27.00	15.00	33.00	38.00
W	0.5	0.4	1.20	0.60	0.5	0.70	0.70	0.5	0.5	0.90
Rb	26.10	27.80	26.40	88.40	93.40	87.80	31.10	55.70	40.40	113.30
Ba	201.00	261.00	877.00	798.00	841.00	761.00	1083.00	1111.00	1015.00	918.00
Sr	434.00	411.00	352.40	379.50	470.20	354.70	341.60	434.70	304.10	418.20
Ta	0.50	0.60	0.50	0.70	0.80	0.70	0.40	0.80	0.60	0.90
Nb	9.30	9.80	8.00	11.70	12.00	10.70	8.30	11.50	9.60	10.60
Hf	3.10	3.20	3.40	4.30	4.60	4.70	4.10	3.80	5.10	4.20
Zr	97.30	98.60	149.90	174.10	171.10	185.20	166.70	162.10	189.40	162.90
Y	20.40	21.10	24.30	21.60	22.10	21.50	26.70	20.10	26.50	18.50
Th	8.20	8.70	6.30	10.90	13.10	11.40	6.80	13.60	7.70	12.10
U	1.40	1.50	1.80	1.90	2.50	2.60	1.60	3.00	2.20	2.40
Ga	15.50	15.10	15.40	15.70	15.80	14.90	15.40	14.10	15.30	14.20
La	21.90	22.20	20.00	29.30	37.20	26.70	24.50	29.90	26.40	35.40
Ce	44.30	44.80	41.40	55.90	67.90	52.50	46.30	61.70	48.30	63.70
Pr	5.13	5.15	4.77	6.23	7.25	5.78	5.38	6.82	5.64	6.54
Nd	18.60	18.80	18.50	23.00	25.80	21.50	21.40	23.70	21.50	21.40
Sm	4.14	4.12	3.92	4.17	4.51	4.07	4.20	4.17	4.23	4.15
Eu	0.94	0.93	0.92	1.02	1.04	0.98	0.95	0.93	0.98	0.93
Gd	3.99	3.92	4.00	4.28	4.07	3.63	4.35	3.92	4.61	3.44
Tb	0.65	0.64	0.66	0.67	0.66	0.63	0.70	0.61	0.77	0.56
Dy	3.66	3.64	4.48	3.49	3.49	3.16	3.92	3.49	4.20	3.01
Ho	0.77	0.75	0.87	0.76	0.75	0.74	0.94	0.76	0.93	0.67
Er	2.15	2.13	2.83	2.46	2.34	2.12	2.75	2.31	3.23	1.94
Tm	0.35	0.34	0.41	0.37	0.38	0.36	0.45	0.39	0.47	0.31
Yb	2.13	2.11	2.38	2.30	2.27	2.10	2.68	2.17	2.81	1.99
Lu	0.36	0.35	0.40	0.35	0.37	0.35	0.44	0.35	0.46	0.30
(La/Lu) <sub>N</sub>	6.30	6.57	5.18	8.67	10.41	7.90	5.77	8.85	5.94	12.22
Eu=Eu/Eu*	0.70	0.70	0.70	0.73	0.73	0.76	0.67	0.69	0.67	0.73
Mg #	33.30	32.73	32.27	32.35	30.14	31.75	28.75	36.58	28.55	29.35
A /CNK	0.80	0.81	0.87	0.86	0.90	0.86	0.91	0.85	0.93	0.90
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.19	0.23	0.58	1.02	0.99	1.04	0.66	1.13	0.74	1.19

Tablo 2'nin devamı

Kayaç Adı Örnek. No	Granodiyorit			Granit			
	JK25	JK30	JK19	JK29	JK31	JK13	JK17
SiO <sub>2</sub>	66.66	67.52	68.85	69.15	73.28	73.94	76.71
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.42	0.35	0.34	0.31	0.30	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.12	14.85	14.68	14.65	13.28	13.17	12.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>T</sup>	4.02	3.92	3.42	3.25	2.27	2.33	1.52
MnO	0.10	0.09	0.04	0.03	0.06	0.05	0.02
MgO	1.58	1.42	0.83	0.81	0.54	0.55	0.41
CaO	3.94	3.55	2.55	2.46	0.29	0.30	0.26
Na <sub>2</sub> O	2.89	2.95	2.93	2.88	4.17	4.15	4.01
K <sub>2</sub> O	3.90	4.12	4.08	4.19	3.84	3.90	3.95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.02
LOI	1.00	0.90	1.20	1.30	1.10	1.00	0.50
Toplam	99.78	99.85	99.02	99.14	99.20	99.74	99.90
Ni	4.00	3.80	1.80	1.70	1.50	0.70	0.80
V	86.00	82.00	51.00	48.00	21.00	20.00	10.00
Cu	5.90	5.60	19.30	19.10	4.20	2.60	1,10
Pb	6.10	6.30	11.60	11.20	6.80	4.50	0,80
Zn	24.00	25.00	10.00	11.00	12.00	20.00	8,00
W	0.60	0.50	0.5	0.4	1.70	1.30	0.5
Rb	97.00	102.00	96.80	97.20	77.30	80.40	99.50
Ba	1177.00	1203.00	860.00	895.00	906.00	894.00	1282.00
Sr	371.20	355.60	221.40	201.20	73.50	74.20	63.10
Ta	0.80	0.70	0.70	0.80	0.80	1.60	0.80
Nb	10.50	10.70	8.90	11.20	12.50	12.40	12.60
Hf	3.90	3.80	4.40	4.80	6.70	6.90	5.90
Zr	152.40	155.60	159.70	179.20	245.20	239.70	253.70
Y	16.70	16.50	21.20	21.10	42.60	40.00	44.00
Th	12.30	12.20	12.20	12.40	11.40	10.90	12.60
U	1.60	1.50	2.90	2.80	2.70	2.60	2.90
Ga	13.70	13.60	13.20	13.10	14.30	14.40	12.50
La	18.80	18.90	27.70	27.90	35.10	35.00	62.30
Ce	36.50	36.70	50.70	50.90	59.60	58.80	69.70
Pr	4.02	4.03	5.49	5.52	7.66	7.47	10.90
Nd	15.50	15.60	19.30	19.20	29.80	27.00	39.80
Sm	3.06	3.07	3.71	3.69	6.06	5.58	7.02
Eu	0.75	0.74	0.66	0.64	0.95	0.98	0.75
Gd	2.72	2.71	3.41	3.40	6.33	6.50	7.47
Tb	0.46	0.45	0.56	0.54	1.10	1.07	1.17
Dy	2.64	2.63	3.16	3.15	6.43	6.36	6.70
Ho	0.56	0.55	0.76	0.74	1.47	1.41	1.44
Er	1.93	1.91	2.25	2.23	4.70	4.45	4.58
Tm	0.28	0.27	0.37	0.36	0.71	0.72	0.72
Yb	1.76	1.75	2.25	2.23	4.56	4.85	4.74
Lu	0.29	0.28	0.36	0.34	0.70	0.71	0.74
(La/Lu) <sub>N</sub>	6.71	6.99	7.97	8.50	5.19	5.10	8.72
Eu=Eu/Eu*	0.78	0.77	0.56	0.54	0.47	0.50	0.31
Mg #	28.21	26.59	19.53	19.95	19.22	19.10	21.24
A /CNK	0.94	0.94	1.06	1.07	1.15	1.14	1.09
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.35	1.40	1.39	1.45	0.92	0.94	0.99

LOI :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>). A/CNK= Mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/((CaO+NaO+K<sub>2</sub>O).  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Toplam demir. Eu\*=(Sm+Gd)<sub>N</sub> /2





Şekil 4. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin sınıflaması (Middlemost, 1994).  
mnz: monzonit, kuv: kuvars, di: diyorit, gbr: gabro

kayaçlardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4).

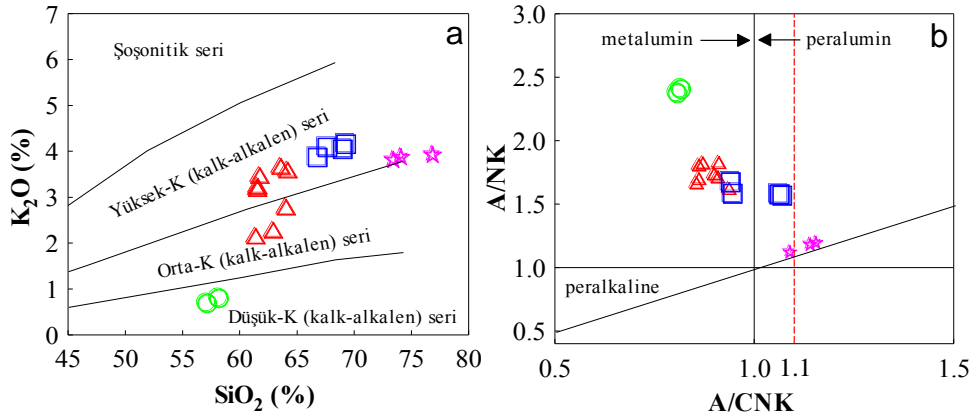
Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlardan diyorite ait örnekler K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diyagramında düşük potasyum; tonalite ait örnekler orta-yüksek potasyum; granit ve granodiyoritlere ait örnekler ise yüksek potasyum içeriğine sahiptirler (Şekil 5a).

Molar A/CNK-A/NK diyagramında granit ve bir kısım granodiyorit örnekleri hariç diğer tüm örnekler metalümin karakterli, granitler ise peralümin karakterlidir (Şekil 5b).

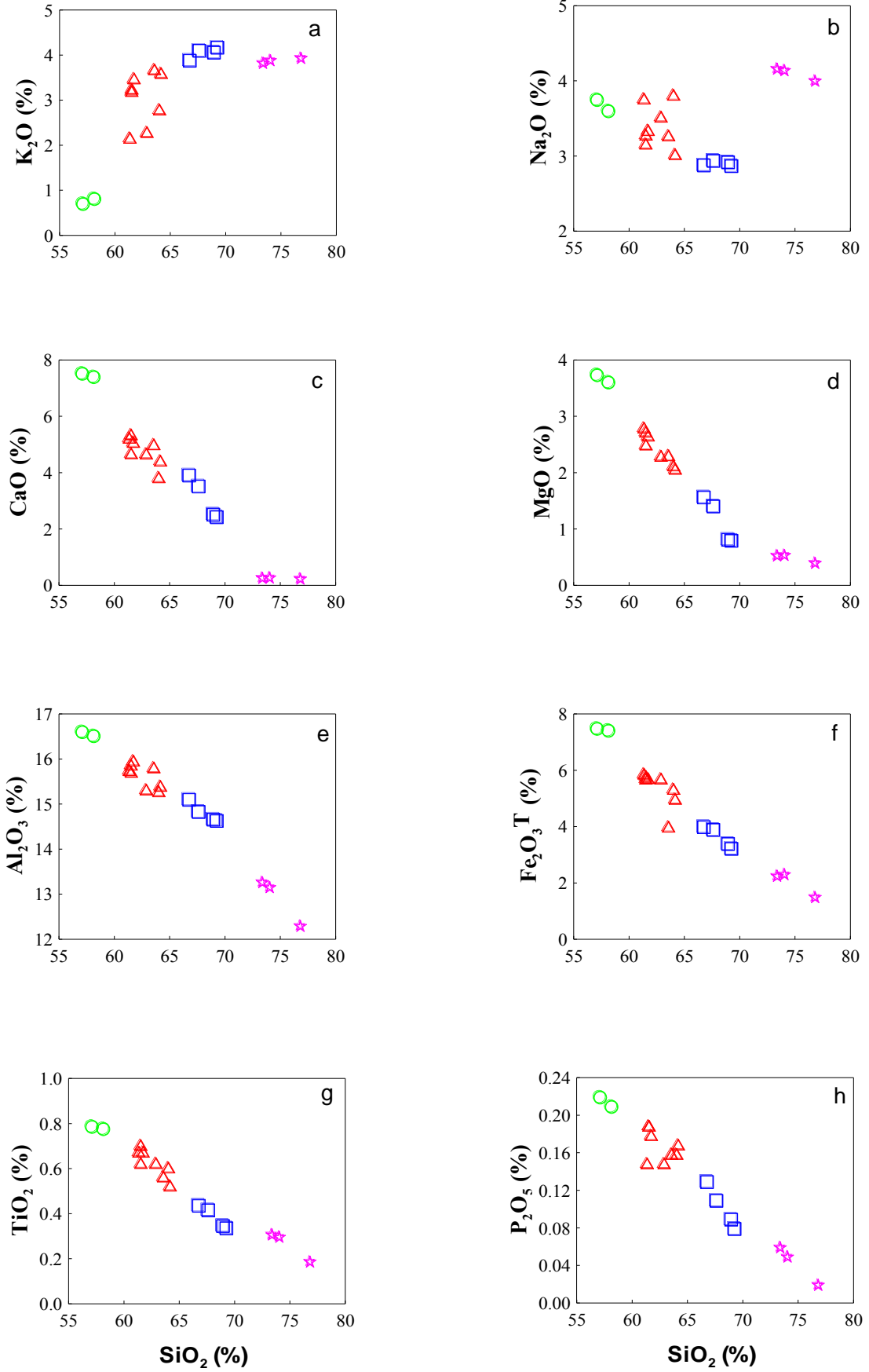
Ana element değişim diyagramlarında SiO<sub>2</sub>'ye karşı TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında iyi derecede negatif bir korelasyon görülmektedir (Şekil 6). Buna karşın, SiO<sub>2</sub> değerleri arttıkça K<sub>2</sub>O değeri de

artmaktadır. İz element değişim diyagramlarında ise SiO<sub>2</sub>'ye karşı Zr, Ba, Rb, Th, Y ve Nb pozitif bir korelasyon gösterirken Sr ve Ni'de ise negatif bir korelasyon mevcuttur (Şekil 7).

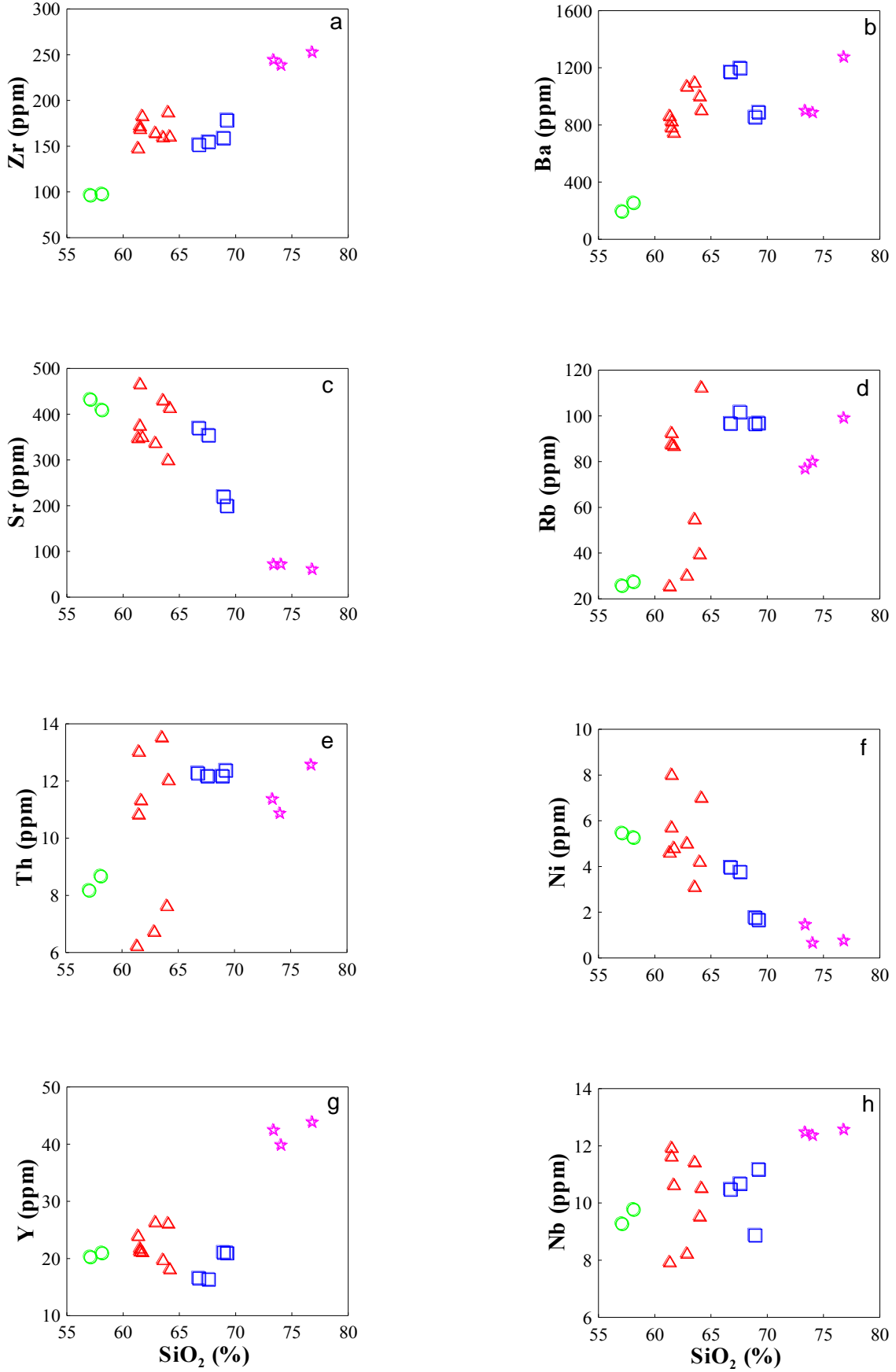
Örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 8a) genel olarak zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Rb, Ba, Th, U)'de oldukça fazladır. Nb, Ta, Ti, P'da oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle Th ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır. Negatif Nb anomalisi, kayaçların ana magmasının gelişiminde, yitim bileşeninin etken bir rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 5. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin a) K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diyagramı (Le Maitre vd., 1989), b) molar A/CNK - A/NK diyagramı (Mainar ve Piccoli, 1989).

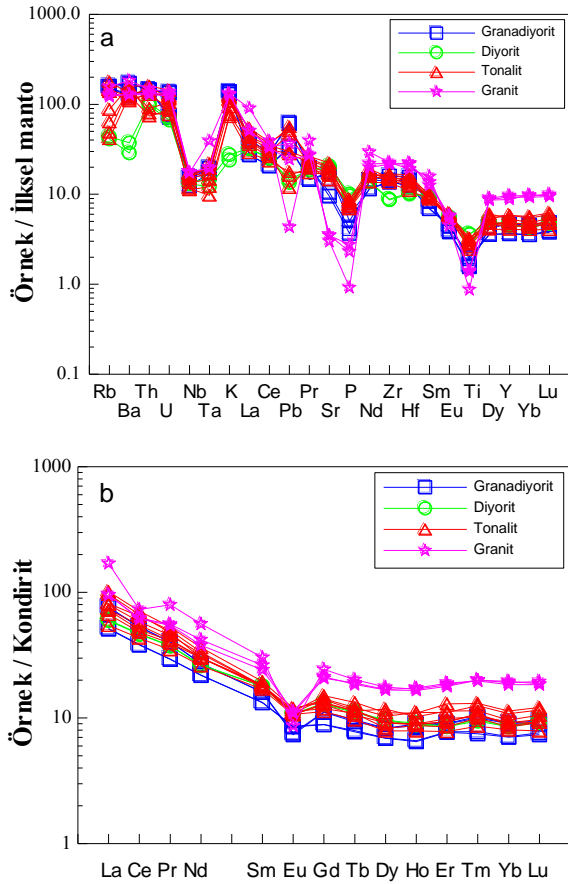


Şekil 6. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).



Şekil 7. Pelitli Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

Kayaçların kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında tüm örnekler birbirlerine çok iyi paralellik göstermektedir (Şekil 8b). Bu, granitoyidi oluşturan kayaçların aynı kökenden türediklerini belirtir. Kayaçalarda hafif nadir toprak element zenginleşmesinin, orta ve ağır nadir toprak element zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Örneklerin  $(La/Lu)_N$  değerleri 5.56-12.22 arasındadır. Örneklerde negatif Eu anomalisi gözlenmekte olup,  $(Eu/Eu^*)_N$  değerleri 0.31-0.92 arasında değişmektedir.



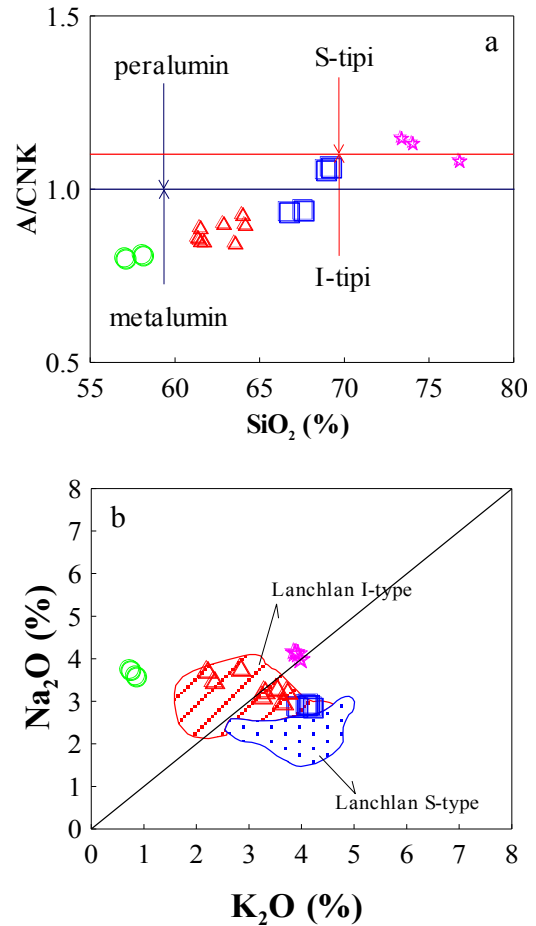
Şekil 8. Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların a) primitif mantoya (Sun ve McDonough, 1989), b) kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

## 6. Tektonik Konum

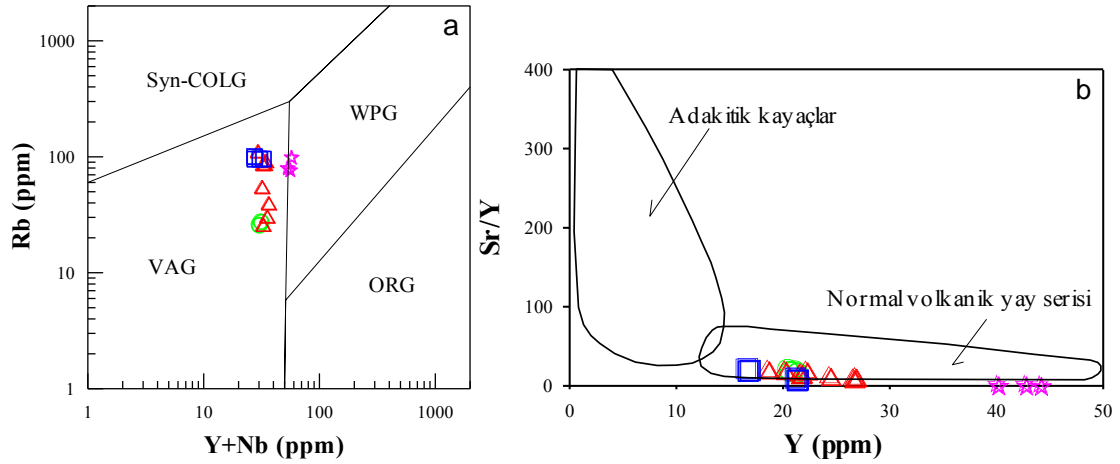
$SiO_2$ 'ye karşı molar A/CNK diyagramında (Chappel ve White, 1974) örneklerin büyük bir çoğunluğu volkanik yayların tipik granitoyidleri olan I tipi granitoyidler alanında yer alırlar

(Şekil 9a).  $SiO_2$ 'ye karşı negatif  $P_2O_5$  korelasyonu I-tipi trendi desteklemektedir (Şekil 6). Pelitli Granitoyidi'ne ait örnekler Lachlan Kuşağı'nın I- ve S-tipi granitler (Chappel ve White, 1974) ile karşılaştırılmış olup, örneklerin büyük çoğunluğu Lachlan Kıvrım Kuşağı'ndaki I-tipi granitler ile aynı alana düşmektedir (Şekil 9b).

İz element konsantrasyonlarını ele alan Rb-(Nb+Y) diyagramında (Pearce, 1996) Pelitli Granitoyidi'ne ait örnekler volkanik yay granitoyidleri (VAG) alanında yer alır (Şekil 10a). Sr/Y-Y diyagramında (Defant ve Drummond, 1990) örnekler normal volkanik yay serisi alanında toplanmaktadır (Şekil 10b).



Şekil 9. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin; a)  $SiO_2$ 'ye karşı A/CNK değişimleri (Chappel ve White, 1974); b)  $Na_2O-K_2O$  (%) diyagramı. Lachlan Kıvrım Kusağı I-S tipi alanları (Chappel ve White, 1974) (Semboller Şekil 4'deki gibidir).



Şekil 10. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin (a) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce, 1996); b) Sr/Y - Y diyagramındaki (Defant ve Drummond, 1990) konumları. WPG: levha içi granitler, Syn-COLG: çarpışmayla eş zamanlı granitler, VAG: volkanik yay granitoidleri, ORG: okyanus ortası sırtı granitleri (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

## 7. Zirkon ve Apatit Jeotermometresi

Apatit ve zirkon doygunluk sıcaklığı (Watson ve Harrison, 1983; Hanchar ve Watson, 2003; Miller vd., 2003), kayaç örneklerinin tüm kayaç jeokimyasal analizlerinden hesaplanır. Sıcaklık değerleri, sokulum yapan magmanın maksimum ya da minimum sıcaklığına ve ergiyiğin bu bileşenlerce doymuş yada doymamış olmasına bağlı olarak değişim gösterirler.

Ana kayaçların zirkon değerlerinden yapılan hesaplamalarda, Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan

diyoritlerin kristallenme sıcaklıkları 690-694 °C, granodiyoritlerin 765-799 °C, tonalitlerin 743-778 °C ve granitlerin 838-842 °C arasında değişmektedir (Tablo 3). Ana kayaçlardaki apatitlerden yapılan hesaplamalarda, Pelitli Granitoyidi'ni oluşturan diyoritlerin kristallenme sıcaklıkları 839-847 °C, granodiyoritlerin 873-896 °C, tonalitlerin 849-897 °C ve granitlerin 826-887 °C arasında değişmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Pelitli Granitoyidi'nde hesaplanan minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.

Kayaç türü	Diorit (n=2)	Granodiorit (n=4)	Tonalit (n=8)	Granit (n=3)
	Min-max	Min-max	Min-max	Min-max
T °C (Zirkon)	690-694	765-799	743-778	838-842
T(AP) HW (Apatit)	839-847	873-896	849-897	826-887

## 8. Tartışma

### 8.1. Pelitli Granitoidinin Petrolojisi

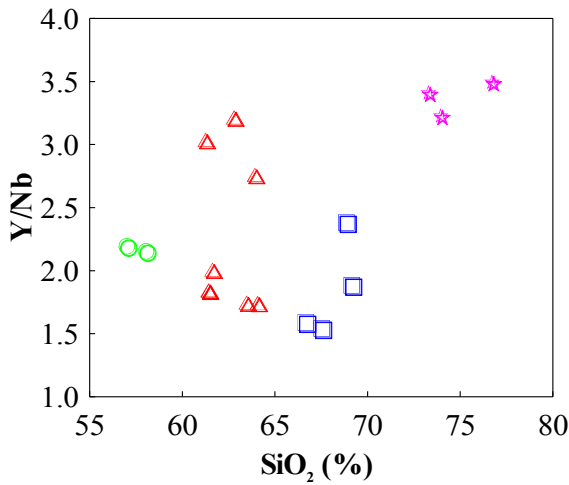
#### Fraksiyonel Kristallenme (FC) - AFC

Pelitli Granitoyidi'ne ait kayaçların ana ve iz element değişimlerinde gözlenen iyi derecede korelasyonlar, bu kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Harker

diyagramlarında (Şekil 6 ve 7), SiO<sub>2</sub> artışıyla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sr ve Ni azalması; K<sub>2</sub>O ve Rb artışı plajiyoklas, hornblende, piroksen, apatit ve titanit fraksiyonlaşması ile ilişkilidir. SiO<sub>2</sub> artışıyla K<sub>2</sub>O ve Rb artışı, K-feldispat ve biyotitin fraksiyonlaşmada önemli bir rol oynamadığını gösterir. Negatif Ti ve Nb anomalisi Ti-çerikli fazların fraksiyonlaşmasıyla; negatif P anomalisi de apatit ayrışması ile ilişkilidir. Kuvvetli negatif Eu anomalileri plajiyoklas

ya/yada K-feldspat fraksiyonlaşması ile ilişkilidir. Keza plajiyoklas fraksiyonlaşması negatif Sr ve Eu anomalilerini, K-feldspat fraksiyonlaşması da negatif Ba ve Eu anomalilerini oluşturur.

Y/Nb'a karşı  $\text{SiO}_2$  diyagramında gözlenen pozitif yönelim (Şekil 11), kabuksal asimilasyonla ilgili olabilir. Keza yatay trendler kabuksal asimilasyonun önemli olmadığına işaret eder. Ayrıca, incelenen örneklerde gözlenen az belirgin negatif Nb anomalisi, yitim bileşeni ve/veya kabuk kirlenmesinden kaynaklanabilir.



Şekil 11. Pelitli Granitoyidi'ne ait örneklerin  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı Y/Nb diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

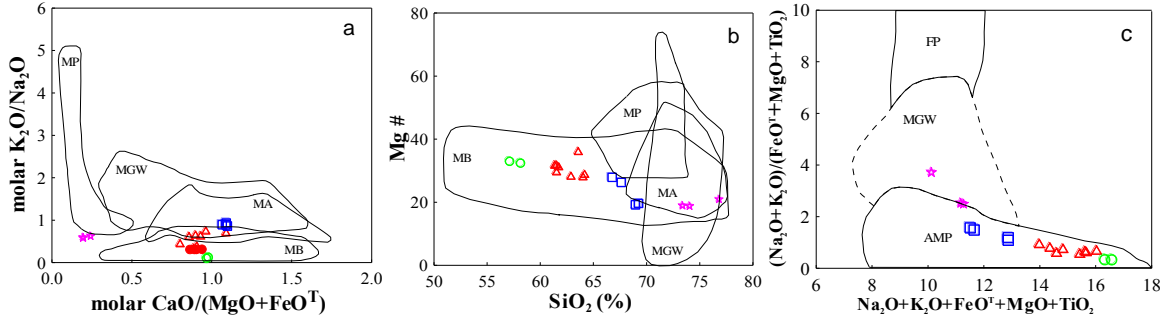
## 8.2. Pelitli Granitoyidini Oluşturan Magmanın Kökeni

Felsik magmalar; (1) manto kökenli bazaltik ana magmalardan fraksiyonel kristallenme (FC) veya AFC (assimilasyon+fraksiyonel kristallenme) olayları ile türeyebilir (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon ve Druitt, 1988); (2) manto kökenli bazaltik magmaların kabuk kayaçlarını ergitmesi için ısı sağlaması esas alınmakta (Bullen ve Clyne, 1990; Roberts ve Clemens, 1993; Teper vd., 1993; Guffanti vd., 1996) olup, felsik magmalar mafik-ortaç bileşimli metamagmatik (Rapp ve Watson, 1995; Singh ve Johannes, 1996) ya da metasedimenter (Patino Douce ve Beard, 1996; Stevens vd., 1997) kayaçların kısmı

ergimesinden türeyebilmektedir. Birinci model incelenen Eosen yaşlı granitlerin kökenleri için geçersizdir. Çünkü incelenen Eosen yaşlı granitik intrüzyonların jeokimyasal verilerinin hiçbirinde bazik bileşim yoktur (örneklerin  $\text{SiO}_2$  içeriği % 57-77 arasında, Mg# 19-33 arasında ve Ni içerikleri 1-8 arasındadır). Bu tür geniş hacimli felsik magmalar, mantodan türemiş mafik magmaların farklılaşması ile açıklanamaz. Buna ek olarak, kayaç bileşimleri gabrodan granodiyorite veya lökogrante doğru bir farklılaşmayı temsil etmemektedir. Tüm bu özellikler, granitoyidi oluşturan magmanın bazik bir ana magmadan AFC olayı ile türemediğini göstermektedir. Granitoyid ailesi kayaçlarını meydana getiren magmalar, genellikle metasedimenter ve/veya metamagmatik kayaçların dehidrasyonu sonucu kısmi ergimesi ile meydana gelmektedirler (Patino Douce ve Johnston, 1991; Atherton ve Petford, 1993; Rapp, 1995; Rapp ve Watson, 1995; Gardien vd., 1995; Patino Douce ve Beard, 1996; Singh ve Johannes, 1996; Thompson, 1996; Stevens vd., 1997).

Magmanın bileşimindeki farklılıklar, değişken ergime koşulları altında, amfibolit, tonalitik gnays, metagrovak ve metapelit gibi farklı kaynak kayaçların kısmi ergimesi sonucu oluşabilir ve durum molar  $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO} / (\text{MgO} + \text{FeO}^T)$ ,  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$  ve  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$  gibi molar oksit oranları ile ortaya konulabilir (Şekil 12).

Pelitli Granitoyidi'nde gözlenen düşük  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , ASI ve  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) / (\text{FeO}^T+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ 'ye karşı daha yüksek  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} + \text{FeO}^T + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$  içerikleri (Şekil 12), granitoyidi oluşturan kayaçların kökeninde meta-bazaltik (amfibolitik) kayaçların bulunabileceğini göstermektedir. Özet olarak veriler Pelitli Granitoyidi'nin kaynak alanının Pontid kıtasal kabuğunun tabanını oluşturan meta-magmatik kayaçlardan oluşmuş heterojen yapıda olduğunu göstermektedir.



Şekil 12. (a-c) Pelitli Granitoidi'nin kimyasal bileşimi. Şekil içi alanlar çeşitli bileşimdeki kayaların, susuz ergime koşullarında, deneysel çalışmalarla elde edilen kısmi ergime bileşimlerini göstermektedir. MB: metabazaltlar, MA: meta-andezitler, MGW: metagrovaklar, MP: metapelitler, AMP: amfibolitler. Kaynaklar: Vielzeuf ve Holloway (1988), Patino Douce ve Johnston (1991), Rapp vd., (1991), Gardien vd., (1995), Rapp ve Watson (1995), Patino Douce ve Beard (1996), Stevens vd., (1997), Skjerlie ve Johnston (1996), Patino Douce ve McCarthy (1998) (Semboller Şekil 4'deki gibidir).

## 9. Sonuçlar

Pelitli Granitoidi elips şekilli olup diyorit, tonalit, granodiorit ve granit bileşimli kayalardan oluşmuştur.

Pelitli Granitoidi'nin yaşı U-Pb zirkon yöntemine göre  $46.9 \pm 0.68\text{My}'$ dir.

Pelitli Granitoidi, genel olarak I-tipi, düşük ve yüksek derecede K içeriğine sahip, genellikle metalümin karakterli ve kalkalkali özellik göstermektedir.

Ana ve iz element değişimleri, granitoidin gelişiminde plajiyoklas, piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

Apatit-zirkon jeotermometresine göre hesaplanan kristallenme sıcaklıkları  $690-897\text{ }^\circ\text{C}$  arasındadır.

Pelitli Granitoidi'ni meydana getiren magma mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik (amfibolitik) kayaların kısmi ergimesi ile oluşmuşlardır.

## Teşekkür

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (GÜBAB) (Proje No: 2013.F5114.02.1) tarafından desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006, Mineralogy, Petrography and Whole-rock Geochemistry of the Tertiary Granitic Intrusions in the Eastern Pontides (Turkey), *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177–193.
- Aslan, Z., 1998, Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve Çevre Kayalarının Petrolojisi, Jeokimyası ve Sarıhan Granitoidinin Jeokronolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aslan, Z., Arslan, M., Şen, C., 1999, Doğu Pontidlerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s.223–230.
- Atherton, M.P., Petford, N., 1993, Generation of Sodium-Rich Magmas from Newly Underplated Basaltic Crust, *Nature*, 362, 144–146.
- Bacon, C.R., Druitt, T.H., 1988, Compositional Evolution of the Zoned Calc-alkaline Magma Chamber of Mount Mazama,

- Crater Lake, Oregon, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 224–256.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yeğingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ., Güngör, Y., 2002, Sphe-ne and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction- and Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey. International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey, Abstracts, p.121.
- Bullen, T.D., Clynne, M.A., 1990, Trace Element and Isotopic Constraints on Magmatic Evolution at Lassen Volcanic Center, Journal of Geophysical Research, 95, 19671–19691.
- Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974, Two Contrasting Granite Types, Pacific Geology, 8, 173-204.
- Çakmak, G., 2013, Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 88s.
- Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar. İ.T.Ü. Yayın, 1034, İstanbul, 112 s.
- Defant, M.J., Drummond, M.S., 1990, Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Lithosphere, Nature, 347, 662–665.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M., Akaryali, E., 2011, Transition From Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, 19, 413–429.
- Eyüboğlu, Y., Dudas F.O., Santosh, M., Y.I.K., Kwon, S., Akaryali, E., 2013, Petrogenesis and U-Pb Zircon Chronology of Adakitic Porphyries Within the Kop Ultramafic Massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey), Gondwana Research, (in press).
- Gardien, V., Thompson, A.B., Grujic, D., Ulmer, P., 1995, Experimental Melting of Biotite + Plagioclase + Quartz ± Muscovite Assemblages and Implications for Crustal Melting, Journal of Geophysical Research, 100, 15581–15591.
- Grove, T.L., Donnelly-Nolan, J.M., 1986, The Evolution of Young Silicic Lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the Origin of Compositional Gaps in Calc-Alkaline Series Lavas, Contribution to Mineralogy and Petrology, 92, 281–302.
- Guffanti, M., Clynne, M.A., Muffler, L.J.P., 1996, Thermal and Mass Implications of Magmatic Evolution in the Lassen Volcanic Region, California, and Minimum Constraints on Basalt Influx to the Lower Crust, Journal of Geophysical Research, 101, 3001–3013.
- Hanchar, J.M., Watson, E.B., 2003, Zircon saturation thermometry. In: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., (eds) Zircon Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Vol. 53. Mineralogical Society of America, Geochemical Society of America, 53, 89–112.
- Jica., 1985, The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, MTA Yayını, Ankara.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007, Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for Magma Interaction in the Genesis of High-K Calc-Alkaline Granitoids in a Postcollision Extensional Setting, Lithos, 98, 67–96.



- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2010, Relative Contributions of Crust and Mantle to Generation of Campanian High-K Calc-Alkaline I-Type Granitoids in a Subduction Setting, With Special Reference to the Harşit Pluton (Eastern Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 467–487.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B., Kandemir, R., 2012, Deciphering the Shoshonitic Monzonites with I-Type Characteristic, the Sisdagi Pluton, NE Turkey: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C., Satır, M., 2008, Petrochemistry and Petrology of I-Type Granitoids in an Arc Setting: The Composite Torul Pluton, Eastern Pontides (NE Turkey), International Journal of Earth Sciences, 97, 739–764.
- Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., 2009, Mineralogy, Whole-Rock and Sr–Nd İsoptop Geochemistry of Mafic Microgranular Enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides (NE Turkey), Evidence of Magma Mixing, Mingling and Chemical Equilibration, Chemie der Erde, Geochemistry, 69, 247–277.
- Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., 2011, Petrogenesis of a Late Cretaceous Composite Pluton from the Eastern Pontides: the Dağbaşı Pluton, NE Turkey, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188/3, 211–233.
- Kaygusuz A., Chen B., Arslan Z., Siebel W., Şen C (2009). U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549–581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M., Şen, C., 2010, Insight Into Magma Genesis at Convergent Plate Margins – A Case Study From the Eastern Pontides (NE Turkey), Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 187/3, 265–287.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N., 2012b, Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Review, 54 (15), 1776–1800.
- Kaygusuz, A., Şen, C., 2011, Calc-Alkaline I-Type Plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb Zircon Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions, Chemie der Erde Geochemistry, 71, 59–75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F., Aydınçakır, E., 2012, Doğu Pontid Kuzey Zonu ve Kuzey-Güney Zon Geçişinde Yüzeyleyen Kretase-Paleosen Yaşlı Granitoidik Sokulumların Petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Jeodinamik Gelişimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B., Aydınçakır, E., 2013, Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for Magma Genesis in the Arc Setting, Geoscience Frontiers, (in press).
- Köprübaşı, N., Şen, C., Kaygusuz, A., 2000, Doğu Pontid Ada Yayılı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111–120.
- Le Maitre. R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of

- Igneous rocks. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K. 193 pp.
- Middlemost, E.A.K., 1994, Naming Minerals in the Magma/Igneous Rock System, Earth Sciences Review, 37, 215–224.
- Miller, C.F., Meschter McDowell, S., Mapes, R.W., 2003, Hot and Cold Granites? Implications of Zircon Saturation Temperatures and Preservation of Inheritance, Geology, 31, 529–532.
- Patino Douce, A.E., Johnston, A.D., 1991, Phase Equilibria and Melt Productivity in Thepelitic System: Implications for the Origin of Peraluminous Granitoids and Aluminous Granulites, Contributions to Mineralogy and Petrology, 107, 202–218.
- Patino Douce, A.E., Beard, J.S., 1996, Effects of P, f (O<sub>2</sub>) and Mg/Fe Ratio on Dehydration Melting of Model Metagreywackes, Journal of Petrology, 37, 999–1024.
- Patino Douce, A.E., McCarthy, T.C., 1998, Melting of Crustal Rocks During Continental Collision and Subduction. In: Hacker BR, Liou JG (Eds) When Continents Collide: Geodynamics and Geochemistry of Ultrahigh-Pressure Rocks, Kluwer, Dordrecht, 27–55.
- Pearce, J.A., 1996, Sources and Settings of Granitic Rocks, Episodes, 19 (2), 120–125.
- Rapp, R.P., Watson, E.B., Miller, C.F., 1991, Partial Melting of Amphibolite / Eclogite and the Origin of Archean Trondhjemites and Tonalites, Precambrian Research, 51, 1–25.
- Rapp, R.P., 1995, Amphibole-out Phase Boundary in Partially Melted Metabasalt, its Control Over Liquid Fraction and Composition, and Source Permeability, Journal of Geophysical Research, 100, 15601–15610.
- Rapp, R.P., Watson, E.B., 1995, Dehydration Melting of Metabasalt at 8–32 kbar: Implications for Continental Growth and Crustmantle Recycling, Journal of Petrology, 36, 891–931.
- Roberts, M.P., Clemens, J.D., 1993, Origin of High-Potassium, Calc-Alkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21, 825–828.
- Singh, J., Johannes, W., 1996, Dehydration Melting of Tonalites: Part II. Composition of Melts and Solids, Contributions to Mineralogy and Petrology, 125, 26–44.
- Sipahi, F., 2011, Formation of skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 169–190.
- Skjerlie, K.P., Johnston, A.D., 1996, Vapour-Absent Melting from 10 to 20 kbar of Crustal Rocks That Contain Multiple Hydrous Phases: Implications for Anatexis in the Deep Tertiary Deep Continental Crust and Active Continental Margins, Journal of Petrology, 37, 661–691.
- Streckeisen, A., 1976, To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Sciences Review, 12, 1-33.
- Stevens, G., Clemens, J.D., Droop, G.T.R., 1997, Melt Production During Granulitefacies Anatexis: Experimental Data From ‘Primitive’ Metasedimentary Protoliths, Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 352–370.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989, Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes. in: Saunders AD, and Nory MJ, (eds.): Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society of London, Special Publication, 42, 313–345.
- Şahin, S.Y., Güngör, Y., Boztuğ, D., 2004, Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc (Northern Turkey), Earth Planets Space, 56, 429–446.

- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985, The Continental Crust; its Composition and Evolution Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.
- Teper, J.H., Nelson, B.K., Bergantz, G.W., Irving, A.J., 1993, Petrology of the Chilliwack Batholith, North Cascades, Washington: Generation of Calc-Alkaline Granitoids by Melting of Mafic Lower Crust With Variable Water Fugacity, Contributions to Mineralogy and Petrology, 113, 333–351.
- Thompson, A.B., 1996, Fertility of Crustal Rocks During Anatexis. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, 87, 1–10.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005, Post-Collisional Plutonism With Adakite-Like Signatures: the Eocene Saraycik Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441–455.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbek, A., Barth, M., Satir, M., Şen, C., 2010, Carboniferous High-Potassium I-Type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92–110.
- Watson, E.B., Harrison, T.M., 1983, Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition Effects in a Variety of Crustal Magma Types, Earth and Planetary Science Letters, 64, 295–304.
- Vielzeuf, D., Halloway, J.R., 1988, Experimental Determination of the Fluid-Absent Melting Relations in the Pelitic System; Consequences for Crustal Differentiation, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 257-276.
- Yılmaz, Y., 1972, Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia. PhD Thesis, University of London, 260 pp.
- Yılmaz, S., Boztuğ, D., 1996, Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides (Turkey), International Geology Review, 38, 935–956.