



Kahramanmaraş Sutcu Imam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 12.02.2018
Kabul Tarihi : 20.06.2018

Received Date : 12.02.2018
Accepted Date : 20.06.2018

Evciler Plütönu'nun (KB Türkiye) Petrolojisi

Petrology of Evciler Pluton (NW Turkey)

Şenel Özdamar^{1*}

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Şenel Özdamar, ozdamarse@itu.edu.tr

ÖZET

Oligo-Miyosen yaşlı farklı boyutlarda ve jeokimyasal özelliklerde plütönlər Kuzey Batı Anadolu'da yaygın yüzlek verirlər. Bunlardan biriside Kazdağ metamorfiklerine sokulum yapan KD-GB uzanımlı Evciler plütönüdür. Plütön başlıca granodiyorit olmak üzere kuvarslı monzonitik ve granitik kayalardan oluşmuş ve kuvars, plajiyoklas (An26-41), K-feldspat (Or85-90), biotit (Mg#:0.54), hornblend (Mg#:0.50-0.74) ana mineraller ile titanit, magnetit, ilmenit, apatit, zirkon gibi tali minerallerin yanısıra ikincil minerallerden meydana gelmiştir. Evciler plütönu çarpışma sonrası, I-tip metalüminli ve yüksek potasyumlu kalk alkalen özellikler sunar. İlksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramında büyük iyon yarıçaplı elementler pozitif bir eğilim sergilerken, Nb, Pr, P ve Ti ise negatif bir eğilim sergilemektedir. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramında is Evciler örneklerinde bulunan hafif nadir toprak elementler ağır nadir toprak elementlerine göre zenginlik göstermektedir. Eu'un negatif ve Gd'nin pozitif anomalisi dikkat çekicidir. Tüm bu veriler Evciler plütönünün çarpışma sonrası bir ortamda, zenginleşmiş litosferik ergiyiklerinden oluşan ana mağmadan meydana geldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Evciler, Jeokimya, I-Tip, Yüksek Potasyumlu Kalk Alkalen, Türkiye

ABSTRACT

Oligo-Miocene plutons with various sizes and compositions are widespread in Northwest Anatolia. Of these, Evciler pluton was emplaced into the Kazdağ metamorphics. The pluton is made up of granodiorite, quartz monzonite and granite and comprises plagioclase, K-feldspar, biotite, hornblende as mainly major minerals and sphene, magnetite, ilmenite, apatite and zircon as accessory and secondary minerals. The Evciler pluton shows post-collisional, I-type, metaluminous and high-calc-alkaline features. In the primitive mantle-normalized trace elements diagrams, large ion lithophile elements shows positive trends, while Nb, Pr, P and Ti have negative trends. The chondrite-normalized rare earth element plots of the Evciler pluton show moderately enriched concave-shaped patterns with negative Eu anomalies. All data suggest that the Evciler pluton has evolved a parental magma derived from the melts of the enriched lithospheric mantle in a post-collisional environment.

Keywords: Evciler, Geochemistry, I-Type, High-K Calc-Alkaline, Turkey

1. GİRİŞ

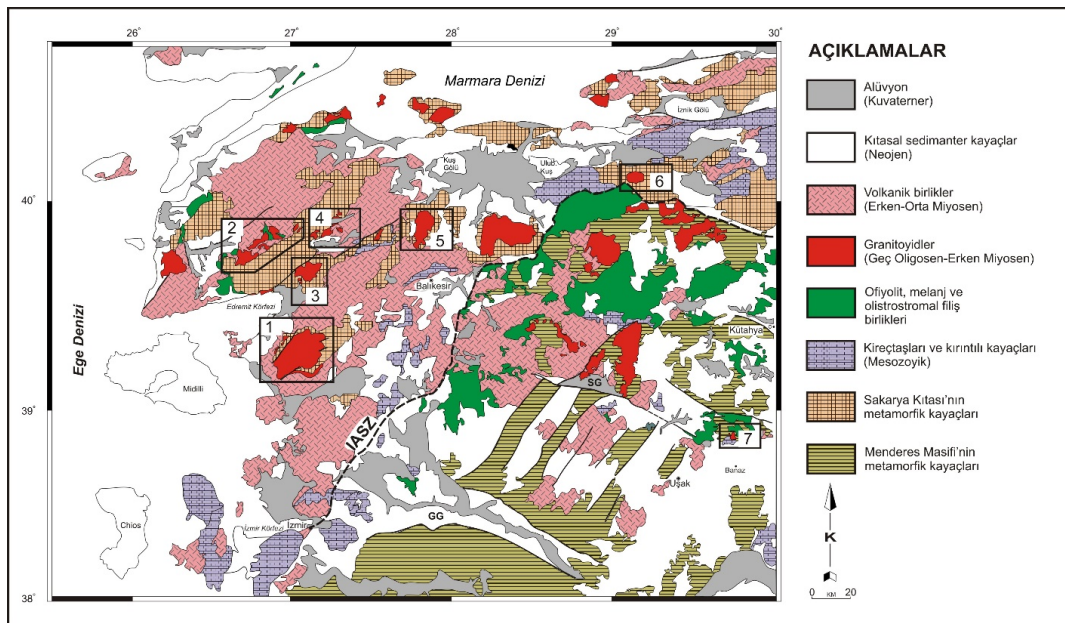
Neredeyse her kıtasal jeolojik ortamda var olan granitoidlerin kökeni litosferik evrimin ve yer yuvarının tarihi boyunca meydana gelen jeodinamik olayların anlaşılmasında çok önemli ipuçları verir. Bu tür kayaç kütleleri hem dalma-batma ve hemde çarpışma gibi olayların sonucu olan orojenez nedeniyle kalınlaşan kıtasal kabuk alanlarında yaygındırlar. Granitoidlerin kökensel sınıflaması kabuk, manto ya da her ikisinin karışım miktarı temelinde yapılır (Barbarin ve Didier, 1992; Chappell ve White, 1992).

Delaloye ve Bingöl (2000) Kuzeybatı Anadolu'daki granitoidleri iki yaş grubu altında toplamışlardır. Bunlar: 1) Kambriyen-Orta Jura arası yaşlara sahip granitoidler ve 2) Üst Kretase'den Geç Miyosen'e kadar olan granitoidlerdir. Kuzeybatı Anadolu Oligosen ve Miyosen yaşlı birçok plütöna ev sahipliği yapmaktadır. Bu bölgedeki plütönik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalar maden yatakları ve plütönlərin petrojenezine yönelik çalışmalar olmak üzere iki ana grupta toplanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Genç, 1998; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Okay ve Satır 2000; Yücel-Öztürk ve ark., 2005; Akay, 2008; Aydoğan ve ark., 2008; Karacık ve ark., 2008; Altunkaynak ve ark., 2012; Altunkaynak ve Dilek, 2013; Karaoğlu ve Helvacı, 2014). Yapılan bu çalışmalar plütönlərin jeokimyasal ve tektonik özelliklerinin yanı sıra jeokronolojik veriler de içermektedir. Araştırmacılar bu çalışmalardan elde ettikleri jeokimyasal ve jeokronolojik verilerle bölgedeki tektonomagmatizma ve tektonovulkanizma evrimine önemli katkı sağlamışlardır.

Uludağ plütunu gibi bazı plütunlar haricinde I tip olan bu plütunlar kalk alkalenden şoşonitik karaktere kadar geniş bir yelpazede jeokimyasal özellikler sunarlar. Bunlardan birisi de Evciler plütonudur (Şekil 1), Evciler plütonu Çanakkale ili, Bayramiç ilçesi doğu-güneydoğusu boyunca Evciler bucağı çevresinde olmak üzere Serhatköy ile Yeşilköy arasında KD-GB uzanımlı mağmatik bir merkez ve yükselti olarak şekillenmiştir ve 180 km²'lik bir alanda mostra vermektedir. Bu çalışma ile Evciler plütonuna ait başlıca granodiyorit, kuvarslı monzonit ve granit litotipinde kayaçların tüm-kayaç kimyası ve ilk defa mineral kimyası verileri ortaya konularak, petrokimyasal özellikleri belirlenmiş ve plütonu oluşturan magmanın kökeni ve gelişimi petrolojik olarak irdelenmiştir.

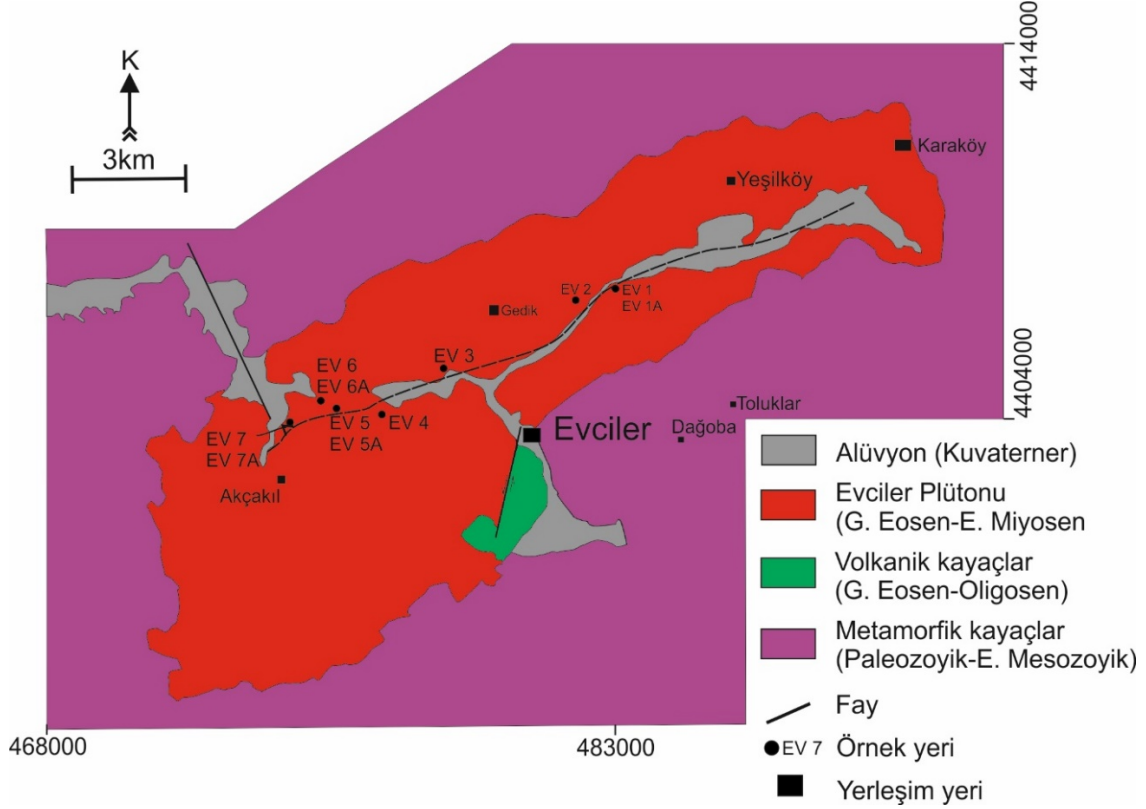
2. BÖLGESEL VE YEREL JEOLJİ

KB Anadolu, Alp-Himalaya orojenik kuşağında dağ oluşumunda kabuk-manto etkileşiminin, tektonik ve magmatik işlemlerin, çarpışma sonrası mağmatizma anlaşılması için seçilebilecek en güzel bölgelerden birisidir. Neo-Tetis okyanusunun Üst Kretase döneminde kuzeye yani Sakarya kıtasının altına dalmasıyla Sakarya ve Anaolit-Torid kıtaları arasında kıta-kıta çarpışması meydana gelmiştir. Çarpışmanın zamanı literatürde genel olarak Orta Eosen öncesidir (Yılmaz, 1990; Güleç, 1991; Harris ve ark., 1994). Bu bölge yaygın olarak granitoidlerin geniş yayılımları ile karakteristiktir. Bu granitoidler yaş içeriklerine göre 1) Geç Kretase-Geç Miyosen yaşlı genç granitoidler, 2) Kambriyen-Orta Jura yaşlı daha yaşlı granitoidler şeklinde 2 grup altında toplanabilir (Delaloye ve Bingöl, 2000). Birinci gruba dahil edilen plütunlar çalışmanın konusunu oluşturacaktır. Bu granitoidlerden, Senozoyik yaşlı plütonik kayaçlar, çoğunlukla Eosen ve Oligo-Miyosen yaşlı Batı Anadolu orojenik kabuğunun sıkışması süresince yerleşmiş olan kompozit plütunlardır ve İzmir-Ankara-Erzincan Sütür zonu boyunca ve kuzeyinde bulunmaktadır (Savaşın ve Güleç, 1990; Harris ve ark., 1994; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Genç, 1998; Karacık ve Yılmaz, 1998; Yılmaz ve ark., 2001; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Şekil 1). Çoğunlukla I-tip, çarpışma-sonrası ortamda oluşmuş granitoidlere ek olarak, daha güneyde Menderes Masifi'nin kuzey-kuzeydoğu kesiminde lökokratik granitik intrüzyonlar (Alaçam, Eğrigöz, Koyunoba, Baklan) mostra vermektedir. Bu granitoidler, masifte düşük açılı fayların kenar kesimlerindeki metamorfik kayaçlar içerisine intrüzyon yapmaktadırlar (Bozkurt, 2004; Işık ve ark., 2004; Akay, 2008; Özgenç ve İlbeyli, 2008; Aydoğan ve ark., 2008). Bu yapısal ilişkiler, Menderes Masifi içerisindeki intrüzyif kayaçların gerilme-öncesi intrüzyonlar olduğunu göstermektedir ve Cordilleran-tip kor kompleksin tipik özelliği olan yükselen alt kıta kabuğunun (Özgenç ve İlbeyli, 2008) ve/veya alt juvenil kabuğun kısmi ergimesinden türemişlerdir (Aydoğan, 2006; Aydoğan ve ark., 2008). Burada şu önemli noktayı belirtmek gerekir ki, Özgenç ve İlbeyli (2008), Eğrigöz Plütonu'nun kuzey kesimindeki kayaçlardan yaptıkları sadece kimyasal analizlere bağlı kalarak, plütunun mafik bir alt kıta kabuğunun kısmi ergimesinden meydana geldiğini belirtmişlerdir. Aydoğan ve ark., (2008) ise, Menderes Masifi'nin kuzeydoğu kesiminde, Muratdağı Bölgesi'nin güney kesiminde dar bir alanda mostra veren Baklan Graniti üzerine yaptıkları kimyasal analizlerin mafik bir alt kıta kabuğunun kısmi ergimesini işaret ettiğini, ancak izotop analizlerinin ise bunu desteklemesinin yanısıra plütundaki ksenolitlere bağlı kalarak tek tip bir alt kıta kabuğunun kısmi ergimesi ile meydana gelebileceğini, bununla birlikte alt juvenil kabuğun kısmi ergimesi ile oluşabileceğini savunmuşlardır. Bölgedeki en son çalışma Akay (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, detaylı saha verileri ile Simav Magmatik Kompleksi'ndeki Oligo-Miyosen yaşlı granitoidler ve volkanik-subvolkanik oluşumlar ile ilgili çalışma yapmış ve bu çalışmasında Simav Magmatik Kompleksi'nde elde ettiği gerek jeokimyasal ve gerekse de saha verilerini. Batı Anadolu'daki diğer magmatik birlikler ile karşılaştırmış ve sonuç olarak bölgedeki oluşumların gerilme tektoniği ile değil özellikle çarpışma ile ilgili bir kökene işaret ettiğini ortaya koymuştur.



Şekil 1. KB Anadolu'daki Plütunlar ve Diğer Kaya Gruplarını Gösteren Basitleştirilmiş Jeolojik Harita (Bingöl ve ark., 1989'dan değiştirilerek). *Kısaltmalar:* 1) Kozak Plütonu, 2) Evciler Plütonu, 3) Eybek Plütonu, 4) Yenice Plütonu, 5) Ilıca-Şamlı Plütonu, 6) Uludağ Plütonu, 7) Baklan Plütonu.

Evciler plütünü; Çanakkale ili, Bayramiç ilçesi doğu-güneydoğusu boyunca Evciler bucağı çevresinde olmak üzere Serhatköy ile Yeşilköy arasında KD-GB uzanımlı mağmatik bir merkez ve yükselti olarak şekillenmiştir (Şekil 2). Çalışma konusu Evciler plütönüne adını veren Evciler bölgesinde iki kayaç topluluğu mostra vermektedir. Bunlar temelde yer alan Kazdağ metamorfik topluluk ile Evciler plütönüne ait başta granodiyorit olmak üzere daha nadir kuvars monzonit ve granit türünde litolojilerdir. Metamorfik topluluk değişik türde gnays, mermer ve amfibolitik kayalardır. Gnayslar genellikle sedimanter kökeni işaret eden doku ve kuvars ve feldspatlarla beraber biotit, silimanit, garnet mineral içeriğine sahiptirler. KD-GB uzanımlı Evcileri plütönüne ait intrüzif kayalar metamorfik kayaçiçine sokulum yaparlar. Sahada ayrıca bu plütöne ait volkanik kayaları da görmek mümkündür.



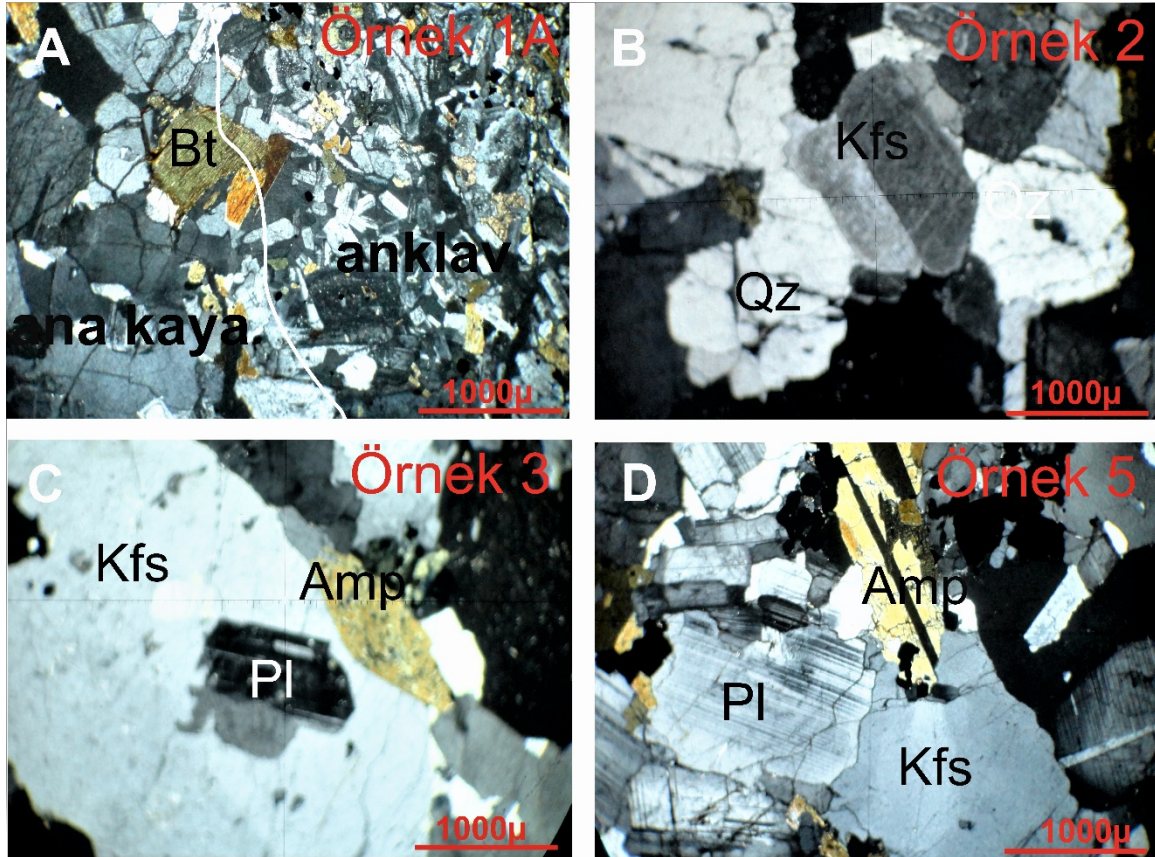
Şekil 2. Evciler Plütönü ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası.

3. PETROGRAFI VE MİNERAL KİMYASI

Makro mineralojik bileşim açısından başlıca hornblend ve biotitli granodiyorit olarak adlandırılan plütöne ait kayalar holokokrat olup, merkezde orta tane boyulu ve granüler iken kenarlarda daha çok ince taneli ve porfirik olarak görülürler. Plütönü genelde yuvarlatılmış-elipsoidal şekilli mafik mikro anklavlar içermektedir (Şekil 3). Ayrıca, özellikle kenar zonlarda aplit daykalarında yaygındır. Evciler Plütönüne ait örneklerin yapılan optik mikroskop incelemelerinde plütönün çoğunluğu granodiyorit olmak üzere kuvarslı monzonitik ve granitik özellikler içerdikleri; tüm kristalli doku altında, yarı-öz şekilli ve granüler tanelerden meydana geldiği ve içerdikleri anklavlarla keskin kenarlı oldukları görülmektedir (Şekil 4A). Plütönde ana litotip olan granodiyoritik kayaların genel mineralojik bileşimi kuvars, feldspat, biotit, amfibol ana faz ile titanit, magnetit, ilmenit, apatit, zirkon gibi tali fazların yanısıra epidot, serizit ve klorit gibi ikincil fazların birlikteliğinden meydana gelmiştir. Doku tüm kristalli, porfiritik ince-orta tanelidir. Plajiyoklas en bol bulunan mineral olup, çokluk sırası, K-feldspat, kuvars, hornblend ve biotit şeklindedir. Bazı örneklerde nadir ojit türünde piroksen varlığı da saptanmıştır. Kuvarslar 0.2-3 mm arası değişen boyutlardaki genellikle öz şekilsiz tanelerden oluşmaktadır (Şekil 4B). K-feldspatlar 1-3 mm boyutlarda, genellikle inklüzyonlu ve kuvars ve plajiyoklaslarla mirmekitik dokular oluşturan öz şekilsiz tanelerden meydana gelmiştir (Şekil 4C). Geniş 2V açılarıyla ortoklaz bileşimindedirler. Pertitleşme nadiren de olsa görülmektedir. Killeşme ve serizitleşme alterasyon türleridir. Plajiyoklaslar yarı öz şekilli ve K-feldspatlar içinde inklüzyonlar halinde ise öz şekilli taneler olarak görünürler (Şekil 4D). Alterasyon sonucu killeşme ve serizitleşme gösterirler. Biotit türündeki mikalar genellikle dilinimleri yönünde resorbe olmuş yarı öz şekilli tanelerden meydana gelmiştir. Tane boyutları 2 mm'ye varabilmektedir. Kloritleşme ve epidotlaşma biotitler için genel alterasyon türüdür. Hornblendler öz – yarı öz şekillerdeki amfibollerdir. Öz şekilsiz olarak da yaygın görülürler. Hornblendlerde mineral segregasyonlarına da rastlanmaktadır (Şekil 4).



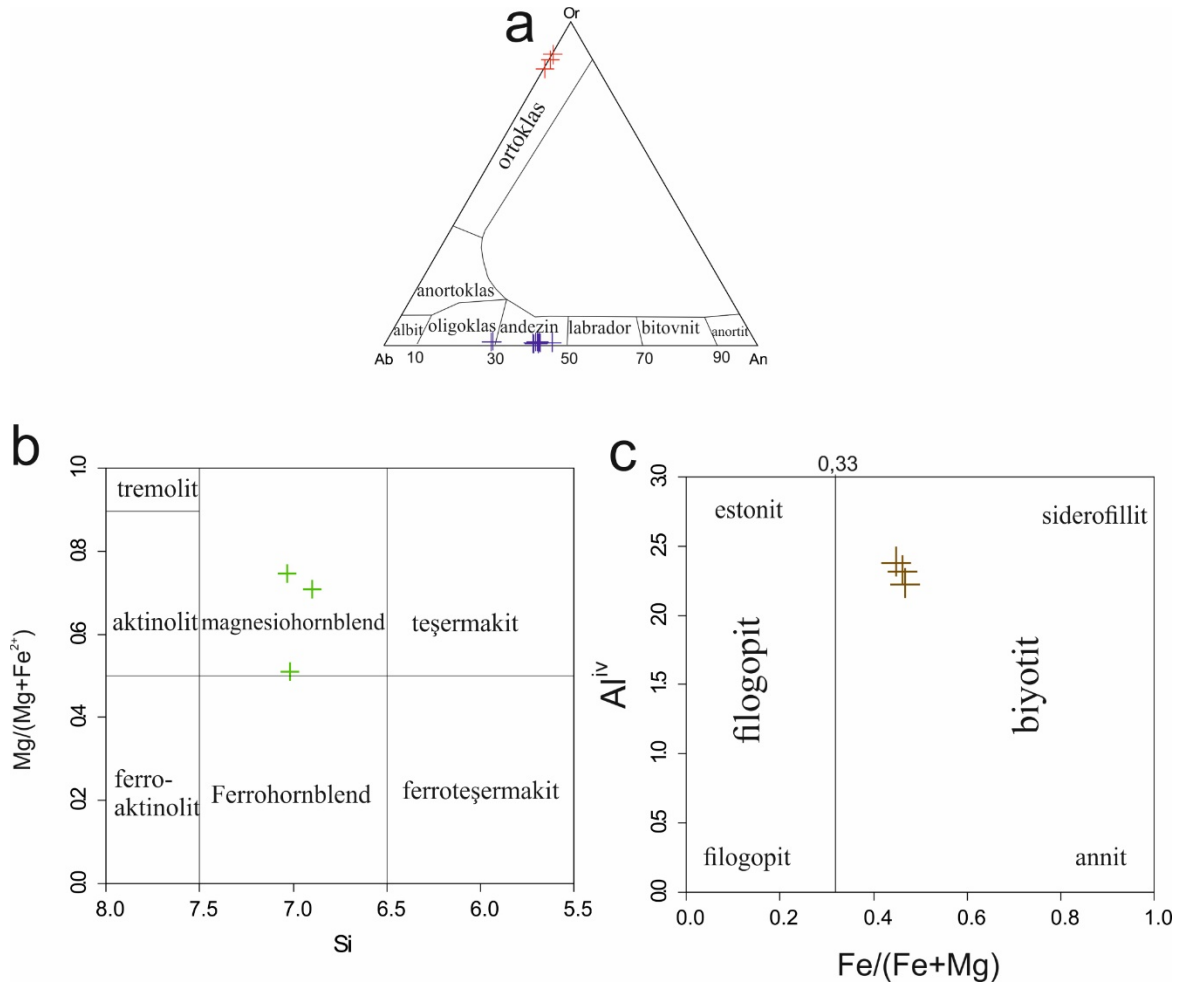
Şekil 3. Evciler Plütönünü Oluşturan Kayaçlarda Görülen Mafik Mikro Granüler Anklavların Arazi Görünümü.



Şekil 4. Evciler Plütönüne Ait Örneklerin Çift Nikolde Mikroskop Görüntüleri (Qz Kuvars, Kfs: K-feldspat, Pl: Plajiyoklas, Bt: Biotit; Amp: Amfibol, kısaltmeler Kretz (1983) ve Whitney and Evans (2010)'dan alınmıştır).

Evciler plütönüne ait mineral kimyası sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Evciler plütönüne ait plajiyoklaslar başlıca andezin ve az oligoklas olup bileşimleri $An_{39-41}Ab_{57-59}Or_{0-2}$ arasında değişmektedir. K-feldspatlar ortoklas olup bileşimleri $An_{0-1}Ab_9$.

$^{14}\text{Or}_{85-90}$ arasında değişim göstermektedir. Evciler plütönuna ait hornblendler Leake ve ark., (1997) sınıflamasında magnesiohornblend alanına düşmektedir ve $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{ii})$ 0.74-0.76 arasında değişmektedir. Evciler plütönuna ait kayaç örneklerine ait biyotitler $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ karşı Al^{IV} (apfu) diyagramında biyotit alanında yer almakta ve X_{Mg} değerleri 0.54'tür (Tablo 1; Şekil 5).



Şekil 5. Evciler Plütönuna Ait Kayaçların; (a) Feldspatların An-Ab-Or Üçgen Diyagramı (Deer ve ark., 1992), (b) Hornblendlerin Si (apfu) Karşı $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$ (Leake ve ark., 1997) Sınıflama Diyagramı ve (c) Biyotitlerin Al^{IV} (apfu) Karşı $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ (Tischendorf ve ark., 1997) Diyagramlarındaki Yerleri.

Tablo 1. Evciler Plütönuna Ait Örneklerde Yapılan Mineral Kimyası Sonuçları

Mineral	Hornblend			K-Feldspat			Plajiyoklas			Biyotit		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SiO ₂	47.67	47.7	46.31	63.53	64.34	64.2	57.13	57.46	58	36.4	36.59	36.64
TiO ₂	0.77	0.74	0.92	-	-	-	-	-	-	2.21	2.28	2.32
Al ₂ O ₃	6.47	6.44	7.6	17.63	17.88	17.76	25.38	25.61	25.65	13.66	13.69	13.58
FeO	13.03	13.38	13.98	-	-	-	0.25	0.28	0.13	17.74	17.58	18.03
CaO	11.37	11.43	11.24	0.04	0.04	0.03	8.42	8.43	8.32	0.01	0.01	0
MnO	0.61	0.45	0.51	-	-	-	-	-	-	0.54	0.55	0.62
MgO	14.09	13.91	12.86	-	-	-	-	-	-	11.79	11.67	12.09
Na ₂ O	1.26	1.14	1.32	1.19	1.54	1.06	6.6	6.73	6.78	0.09	0.06	0.04
K ₂ O	0.48	0.54	0.66	14.15	13.98	14.7	0.2	0.21	0.21	9.23	9.25	9.25
Total	97.77	97.74	97.38	97.04	99.02	98.5	97.98	98.72	99.1	95.46	95.48	96.4
Si	7.120	7.130	6.990	3.014	3.006	3.012	2.613	2.610	2.620	5.760	5.780	5.740

Ti	0.090	0.080	0.100	-	-	-	-	-	-	0.260	0.270	0.270
Al	1.140	1.140	1.350	0.986	0.984	0.982	1.368	1.371	1.366	2.550	2.550	2.510
Al ^(iv)	0.981	0.966	1.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ^(vi)	0.142	0.154	0.234	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	1.630	1.670	1.760	-	-	-	-	-	-	2.310	2.320	2.360
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.972	1.041	1.177	-	-	-	0.010	0.011	0.005	-	-	-
Fe ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0.632	0.609	0.565	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	1.820	1.830	1.820	0.002	0.002	0.002	0.413	0.410	0.403	-	-	-
Mn	0.080	0.060	0.070	-	-	-	-	-	-	0.070	0.070	0.080
Mg	3.130	3.100	2.890	-	-	-	-	-	-	2.780	2.750	2.830
Na	0.370	0.330	0.390	0.109	0.139	0.096	0.585	0.593	0.594	0.030	0.020	0.010
K	0.090	0.100	0.130	0.856	0.833	0.880	0.012	0.012	0.012	1.860	1.860	1.850
Mg/(Mg+Fe ⁱⁱ)	0.761	0.746	0.708	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al/(Al+Fe ⁱⁱⁱ)	0.643	0.652	0.705	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe ⁱⁱⁱ /(Fe ⁱⁱⁱ +Al ^{vi})	0.817	0.798	0.707	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na _B	0.180	0.170	0.180	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X _K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.984	0.989	0.995
X _{Na}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.016	0.011	0.005
X _{Mg}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.546	0.542	0.545
Or				88.48	85.48	89.98	1.16	1.20	1.20	-	-	-
Ab				11.31	14.31	9.86	57.97	58.39	58.88	-	-	-
An				0.21	0.21	0.15	40.87	40.41	39.92	-	-	-

4. JEOKİMYA

Evciler plütönundan alınan bir apilit (EV2AP) ve dört anklav (EV1A, EV5A, EV6A, EV7A) olmak üzere örneklerin XRF ve ICP-MS yöntemiyle analiz edilmiştir (Tablo 2 ve 3).

Tablo 2. Evciler Plütönü Örneklerinin Major Oksit (%) Analiz Sonuçları

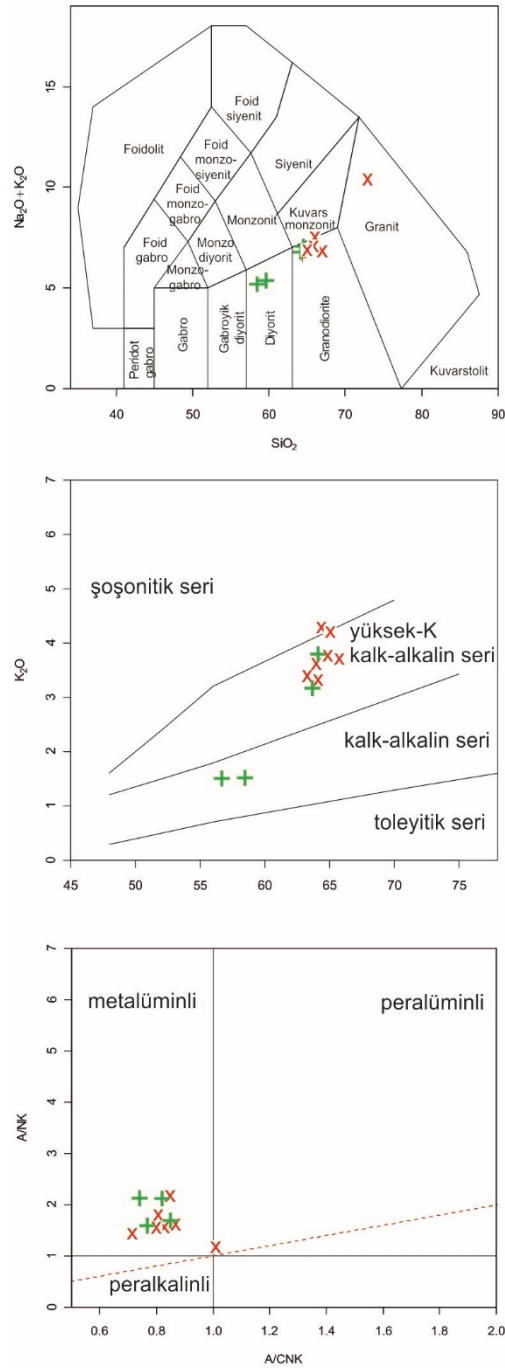
Örnek	EV1	EV1A	EV2	EV2AP	EV3	EV4	EV5	EV5A	EV6	EV6A	EV7	EV7A
Major oksitler												
SiO ₂	64.84	64.15	64.37	72.28	63.27	64.82	65.78	63.66	64.02	56.68	64.12	58.48
Al ₂ O ₃	14.61	14.84	14.03	14.81	14.76	15.64	14.77	15.43	15.09	15.86	15.64	16.53
Fe ₂ O ₃	3.99	4.05	3.57	0.54	4.59	3.59	3.96	5.23	4.78	6.85	4.15	6.73
MgO	2.30	2.13	2.13	0.11	2.79	1.83	1.92	1.76	1.79	3.78	1.89	3.17
CaO	4.76	5.51	5.40	0.98	5.37	4.64	4.90	4.96	5.26	7.69	5.69	6.80
Na ₂ O	3.20	3.20	3.15	3.15	2.97	3.09	3.06	3.48	3.23	3.53	3.34	3.74
K ₂ O	3.77	3.79	4.29	7.16	3.40	4.20	3.71	3.18	3.69	1.51	3.33	1.51
TiO ₂	0.49	0.53	0.46	0.06	0.58	0.38	0.48	0.46	0.44	0.70	0.47	0.66
P ₂ O ₅	0.33	0.37	0.30	0.00	0.35	0.17	0.22	0.18	0.20	0.26	0.22	0.29
MnO	0.09	0.11	0.11	0.01	0.12	0.09	0.11	0.12	0.11	0.19	0.11	0.18
AZ	1.35	1.04	1.94	0.72	1.52	1.29	0.89	0.87	0.84	2.82	0.85	1.73
Toplam	99.75	99.74	99.76	99.82	99.75	99.75	99.81	99.81	99.76	99.85	99.80	99.85

Toplam Fe, Fe₂O₃ olarak verilmiştir.

Tablo 3. Evciler Plütonu Örneklerinin İz ve Nadir Toprak Element (ppm) Analiz Sonuçları

Örnek	EV1	EV1A	EV2	EV2AP	EV3	EV4	EV5	EV5A	EV6	EV6A	EV7	EV7A
İz elementler												
Ba	920.9	1059.	939.6	748.3	897.9	991.9	616.8	636.5	850.9	281.0	706.8	294.9
Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.17	0.18	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70
Co	30.21	21.11	23.57	19.57	24.45	28.42	25.05	43.40	36.81	32.91	30.32	34.72
Cs	3.12	2.92	2.67	1.54	1.45	2.90	2.62	3.26	5.81	1.61	3.88	3.05
Ga	15.06	15.57	13.92	13.11	16.26	17.09	14.98	18.57	16.67	19.31	17.12	18.80
Hf	0.75	0.65	0.67	0.52	0.71	0.49	0.68	0.65	0.65	0.93	0.67	0.98
Li	26.99	22.66	25.55	14.28	23.36	17.48	25.36	29.51	27.26	32.31	21.76	20.84
Nb	12.11	10.84	9.73	8.38	10.58	5.91	10.84	10.99	7.92	8.56	9.86	7.95
Ni	11.10	9.23	7.00	2.75	10.67	8.16	5.15	8.39	10.03	11.96	6.40	9.45
Pb	14.94	18.66	14.59	19.79	16.45	27.58	19.28	21.57	20.33	14.53	19.53	18.52
Rb	112.1	111.4	114.5	149.17	98.99	126.7	98.48	106.2	99.34	61.52	90.67	59.05
Sr	552.5	624.5	523.7	172.2	563.0	568.5	370.0	422.0	444.8	406.0	438.7	415.9
Ta	1.17	1.23	0.90	1.21	0.96	0.61	1.14	1.09	0.85	0.51	0.98	0.59
Tl	0.67	0.72	0.63	0.70	0.57	0.95	0.57	0.69	0.57	0.39	0.58	0.37
Th	36.49	29.97	47.41	13.63	35.23	37.32	15.94	21.12	6.42	7.61	15.29	4.58
U	5.48	4.83	8.38	2.62	8.46	6.47	4.03	3.97	3.80	2.37	4.73	1.87
W	157.9	94.71	119.9	188.00	98.97	145.9	159.9	263.7	232.2	125.0	154.2	155.2
Zn	84.71	64.35	18.94	0.00	434.5	44.63	33.76	47.17	70.42	530.3	46.85	151.3
Zr	133	118	118	59	111	87	111	110	114	112	119	109
Nadir toprak elementler												
La	38.15	37.85	39.07	14.46	48.26	16.52	22.86	35.08	17.63	21.06	28.66	20.63
Ce	76.41	68.88	71.91	25.21	75.78	32.94	47.36	60.23	37.32	42.42	54.11	43.26
Sc	93.38	88.99	100.3	88.54	84.87	104.5	94.38	103.7	91.73	100.4	102.9	102.9
Y	17.95	15.29	16.21	7.31	14.68	13.46	19.35	20.44	16.79	20.67	20.48	21.13
Nd	29.96	26.48	27.82	9.91	25.87	15.55	20.21	22.72	17.11	20.02	22.43	19.41
Sm	5.67	4.95	5.18	2.18	4.55	3.46	4.35	4.52	3.76	4.33	4.66	4.08
Eu	1.64	1.59	1.60	0.65	1.38	1.31	1.21	1.35	1.16	1.12	1.36	1.10
Gd	5.83	4.94	5.15	1.99	4.75	3.43	4.66	5.04	3.93	4.86	4.81	4.74
Tb	0.72	0.60	0.62	0.26	0.60	0.47	0.65	0.68	0.57	0.69	0.68	0.70
Dy	3.51	3.04	3.22	1.36	2.92	2.57	3.60	3.88	3.16	4.09	3.81	3.85
Ho	0.69	0.60	0.64	0.26	0.57	0.51	0.76	0.78	0.65	0.79	0.79	0.78
Er	2.18	1.76	2.01	0.81	1.78	1.61	2.31	2.45	1.92	2.42	2.50	2.46
Tm	0.30	0.25	0.28	0.12	0.24	0.21	0.33	0.35	0.29	0.34	0.36	0.36
Yb	2.18	1.72	1.98	0.83	1.69	1.58	2.42	2.44	1.88	2.32	2.39	2.47
Lu	0.33	0.29	0.31	0.14	0.27	0.25	0.36	0.39	0.30	0.38	0.37	0.41

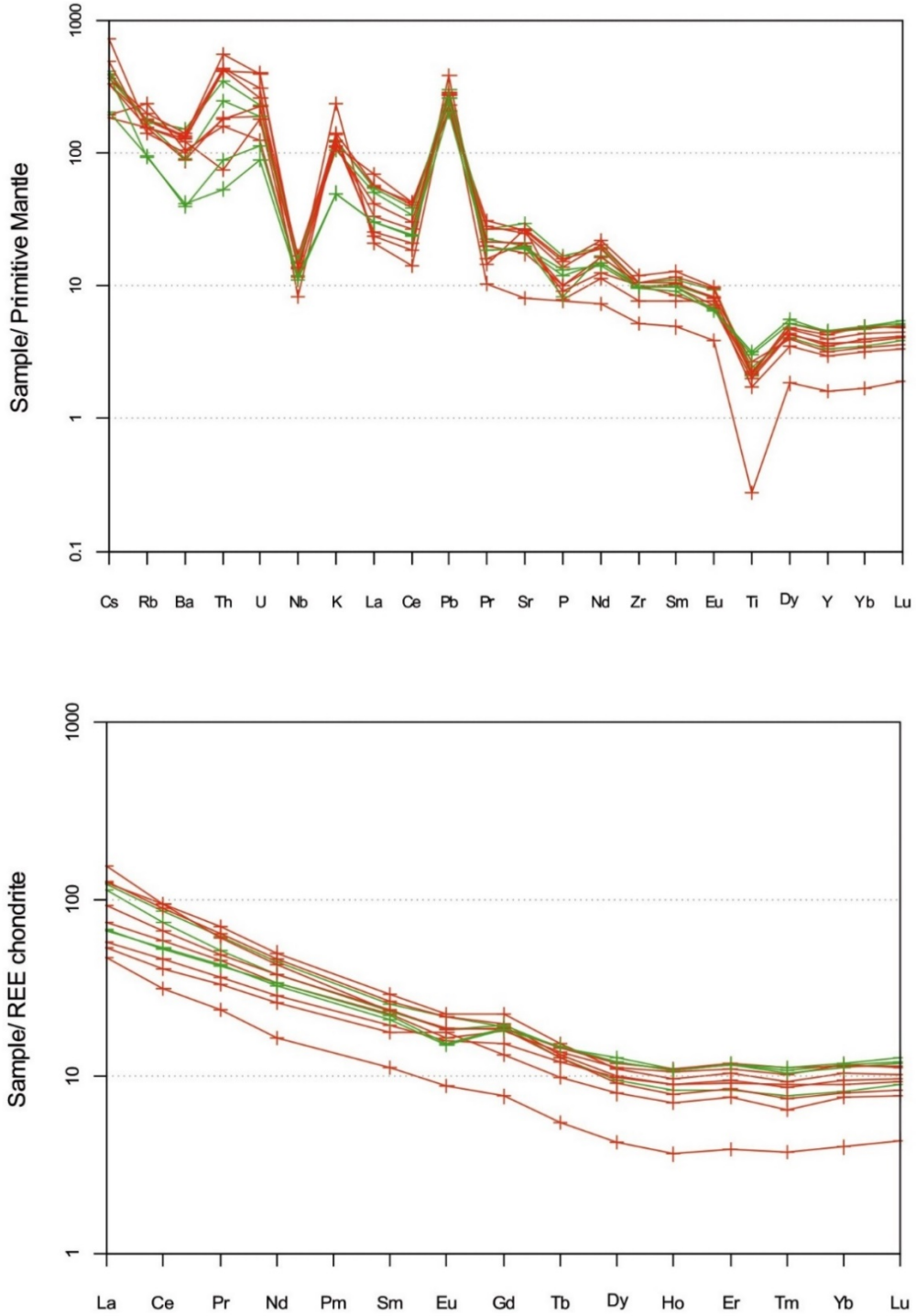
Kimyasal analiz sonuçlarına göre; kayaçların dikkat çekici jeokimyasal özelliğinin dar bir aralıktaki silika, alümina ve alkali içeriği olduğu söylenebilir. Örnekler ayrıca Ba, Rb ve Sr açısından da oldukça zengindirler. Major oksit yüzdeleri anklav ve aplitik dayk haricinde: SiO₂ %63.27-65.78, Al₂O₃ %14.03-15.64, Fe₂O₃ %3.57-4.78, CaO %4.64-5.69, Na₂O %2.97-3.34 ve K₂O %3.33-4.29 şeklindedir. Ateşte kayıplar ise genellikle % 2'nin, çoğunluğu ise %1'in altındadır. Bu ateş zayıfatı değeri seçilen örneklerin taze olduğunu işaret etmektedir. Anklavların görece düşük SiO₂ ve aplitik örneğin yüksek SiO₂ değerleri ana kayaçlarla olan belirgin jeokimyasal farklılıklarını gösterir. Analiz edilen örnekler Middlemost (1985) kayaç adlama diyagramında yoğunlukla granodiyorit, az oranda kuvarslı monzonit ve granit alanlarına düşmektedir (Şekil 6a). Magmatik kayaçların jeokimyasal karakterlerini gösteren diyagramlarda ise çoğu örnek yüksek potasyumlu kalk-alkali (Şekil 6b: Peccerillo ve Taylor, 1976) ve I tip-metaalüminli kayaçlar (Şekil 6c: Shand, 1947) alanlarına düşmektedir.



Şekil 6. Evciler Plütunu Örneklerinin Kayaç Adlama (a: Middlemost, 1985) ve Jeokimyasal Karakterini Gösterir Diyagramlarındaki (b: Peccerillo ve Taylor, 1976; c: Shand, 1947; x: ana kayaç, + anklav) Yeri.

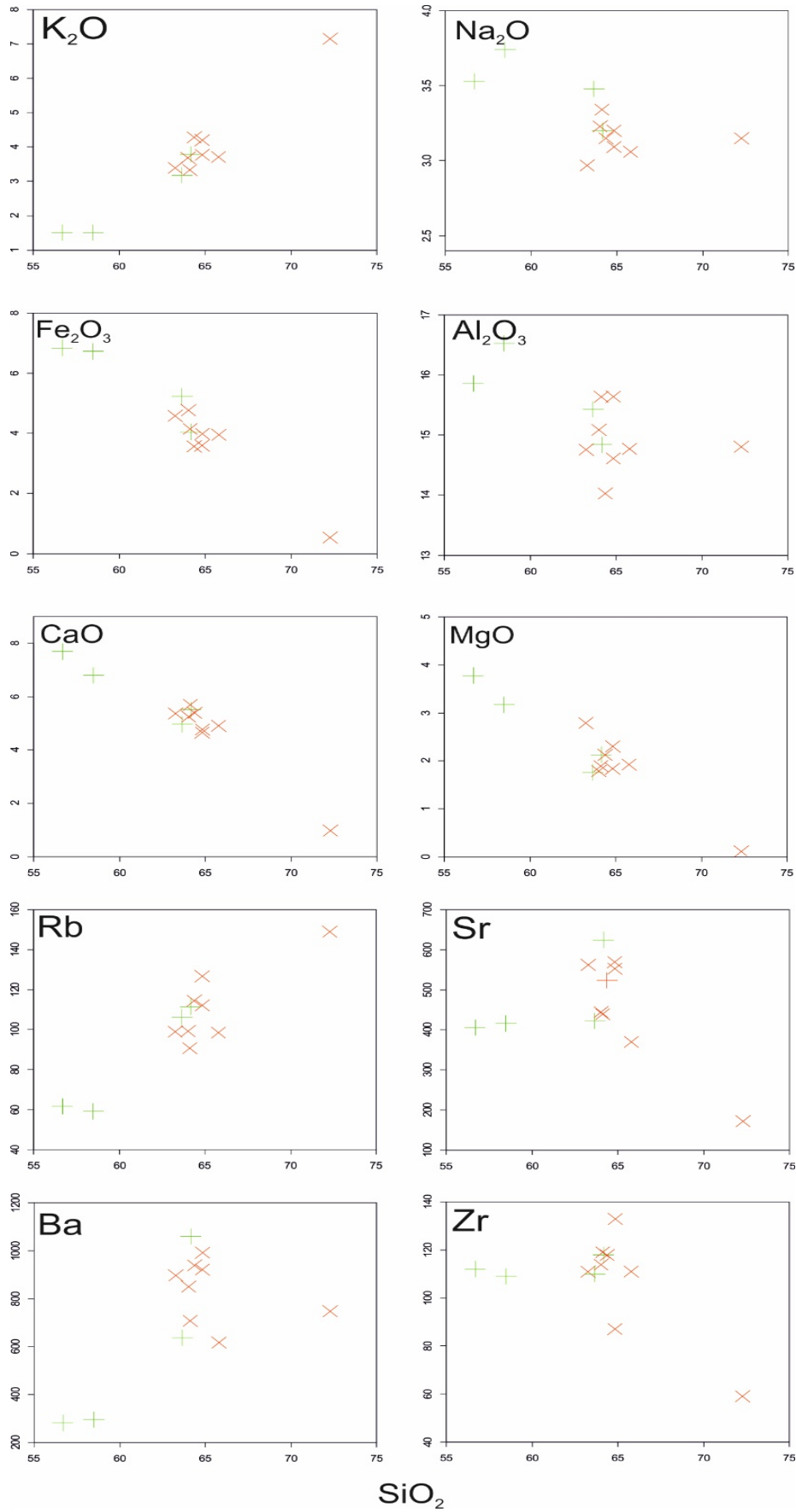
Evciler plütouna ait örnekler ilksel mantoya ve kondrite göre normalize edilmiş örümcek diyagramlarında değerlendirilmiştir (Şekil 7a). Normaleştirme değerleri iz element diyagramı için Sun ve McDonough (1989)'dan, nadir toprak element diyagramı için Boynton (1984)'den alınmıştır. Sr, Rb, Th, U, Pb gibi büyük iyon yarıçaplı (LIL) elementler pozitif bir eğim sergilerken, Nb, Pr, P ve Ti ise negatif bir eğim sergilemektedir.

Evciler örneklerinde bulunan hafif nadir toprak elementleri (LREE) ağır nadir toprak elementlerine (HREE) göre zenginlik göstermektedir. Hafif nadir toprak elementlerin ağır nadir toprak elementlerine göre zenginlik göstermesi magma yükselimi esnasında kabuksal kökenli malzeme katkısının daha fazla olduğuna işaret etmektedir (Şekil 7b).



Şekil 7. Evciler Plütönu Örneklerinin İlksel Mantoya (üstte) Ve Kondrite (altta) Göre Normalize Edilmiş İz Element Paternleri (kırmızı ana kayaç, yeşil anklav).

Evciler plütönuna ait örneklerin artan SiO_2 içeriklerine karşın major oksit ve bazı iz element davranışlarını gösteren ikili değişim diyagramları Şekil 8'de gösterilmiştir.



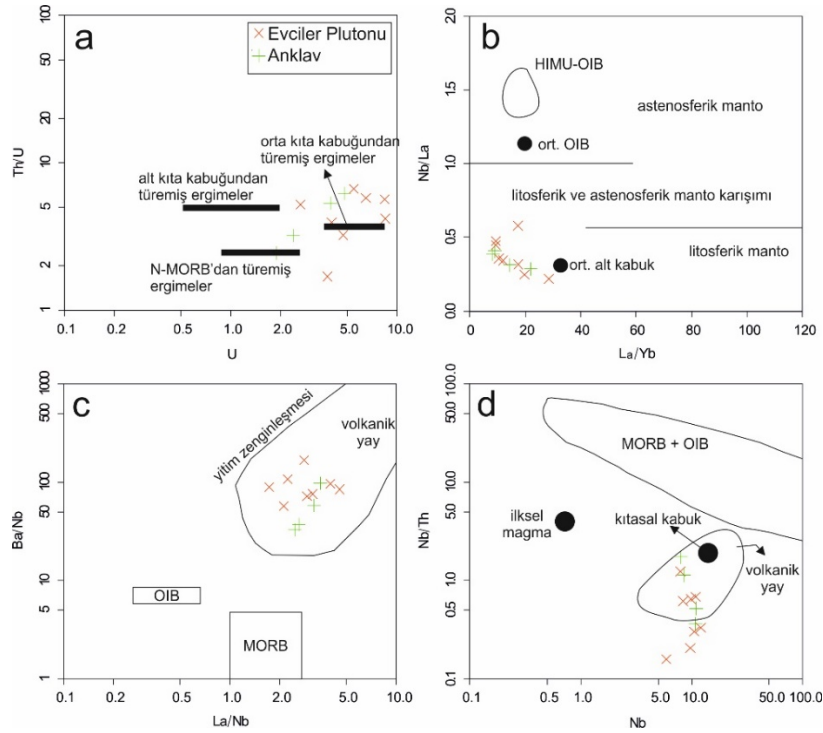
Şekil 8. Evciler Plütönuna Ait Örneklerin Seçilmiş Ana Oksit ve İz Element Harker Diyagramları (x ana kayaç, + anklav).

Magmatik süreçlerdeki fraksiyonel kristallenmeler ve kirlenmelerle ilişkili ipuçları veren Harker diyagramları incelendiğinde; artan SiO_2 'ye karşılık Fe_2O_3 ve CaO miktarlarındaki azalış trendleri dikkat çekicidir. Diğer elementler ise dağınık patenler göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Evciler plütönuna ait örneklerin tüm-kayaç ve mineral kimyası sonuçlarından yararlanarak plütönun ana magma türü, kaynak alanı ve gelişim süreçleri yorumlanmıştır. Granitik magmaların kökenlerine yönelik önerilen petrojenetik modeller; (1) manto kökenli bazaltik magmalardan fraksiyonel kristallenme (FK) ve/veya asimilasyon+fraksiyonel kristallenme (AFK) (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon ve Druitt, 1988; Aghazadeh ve ark., 2011), (2) mafik-ortaç meta-magmatik kabuk kayaçlarından kısmi ergime (Roberts ve Clemens, 1993; Köksal ve ark., 2013), (3) manto kökenli mafik magma ile kabuk kökenli felsik magmaların karışımı (Barbarin, 1999; Gagnevin ve ark., 2004; Ackerman ve ark., 2010; Lan ve ark., 2013; Liu ve ark., 2014) ve (4) manto kökenli bazaltik magmaların kabuk kayaçlarını ergitmesi için ısı sağlaması (Bullen ve Clyne, 1990; Roberts ve Clemens, 1993) ve felsik magmalar mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik (Rapp ve Watson, 1995; Singh ve Johannes, 1996) ya da meta-sedimanter (Patiño Douce ve Beard, 1996; Stevens ve ark., 1997) kayaçları kısmi ergitmesinden türemekte şeklinde özetlenebilir.

Evciler plütönuna ait örnekler (SiO_2 : %63-66) başta granodiyorit olmak üzere kuvarşlı monzonitik ve granitik kayaçlar olup, I-tip, metalümin (A/CNK : 0.79-0.83) ve yüksek potasyumlu kalk-alkalen karakterlidirler. Plütöna ait örnekler bazı iz elementlerin birbirine oranına göre yapılmış diyagramlara yerleştirilmiştir. Buna göre kayaçlar Th/U 'ya karşı U diyagramında orta-alt kıta kabuğundan türemiş ergiyikleri (Şekil 9a), Nb/La 'ya karşı La/Yb diyagramında litosferik manto alanını ve ortalama alt kabuk bileşimini işaret etmektedir (Şekil 9b). Evciler plütönuna ait örnekler Ba/Nb 'ye karşı La/Nb diyagramında yay volkanikleri alanını işaret etmekte ve yitim zenginleşmesi trendi göstermektedir (Şekil 9c). Plütöna ait örnekler Nb/Th 'ye karşı Nb (ppm) diyagramında da yay volkanikleri alanında yer almaktadırlar (Şekil 9d).

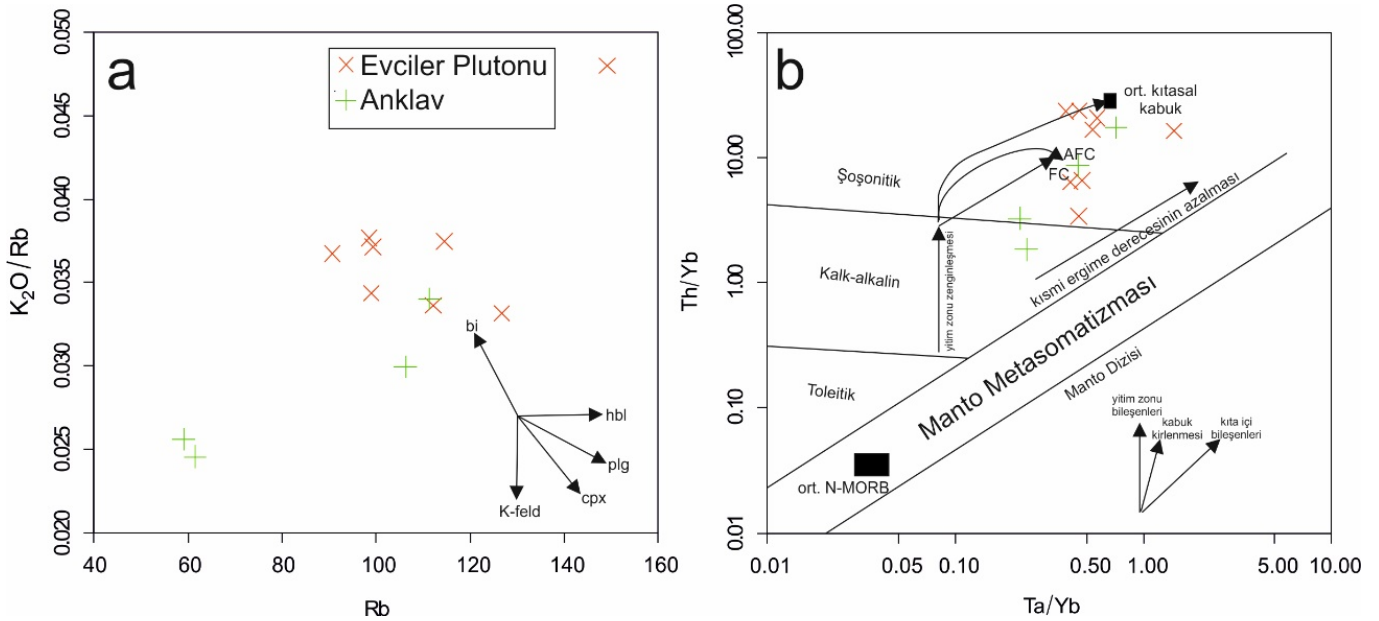


Şekil 9. Evciler Plütönuna Ait Kayaçların; (a) U (ppm) Karşı Th/U , (b) La/Yb Karşı Nb/La , (c) La/Nb Karşı Ba/Nb ve (d) Nb (ppm) Karşı Nb/Th Kökensel Ayırım Diyagramları. a) alt ve orta kıtasal kabuğa ait alanlar Rudnick ve Gao (2003)'den, tüketilmiş OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) alanı Sun ve ark. (2008)'den alınmıştır. b) Astenosferik manto, litosferik manto ve litosferik-astenosferik manto karışımı arasındaki sınırlar Smith ve ark. (1999)'den, HIMU-OAB alanı Weaver ve ark. (1987)'den, ort. OAB (ortalama Okyanus Adası Bazaltı) değeri Fitton ve ark. (1991)'den, ortalama alt kabuk değeri ise Chen ve Arculus (1995)'den alınmıştır. c) Yay volkanitleri alanı Jahn ve Zhang (1984)'den, ilksel manto değeri Sun ve McDonough (1989)'den, ortalama kıtasal kabuk değeri Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den, OOSB ve OAB alanları Le Roex (1987)'den alınmıştır. d) İlksel manto değeri Hofmann (1988)'den, kıtasal kabuk değeri, OOSB ve OAB ve yay volkanitleri alanı Schmidberger ve Hegner (1999)'den alınmıştır.

Plütöna ait kayaçlar ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında negatif Nb ve Ti ve pozitif Th , U , Pb , Sr ve Nd anomalileri yitim olayları sonucu zenginleşmiş bir kaynağı işaret etmektedir. Düşük Rb/Sr (0.12-0.27), orta-yüksek

K_2O (% 3.33-4.29) ve yüksek SiO_2 (% 63.27-65.78) ana magmanın litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini göstermektedir (Jung ve ark., 2009).

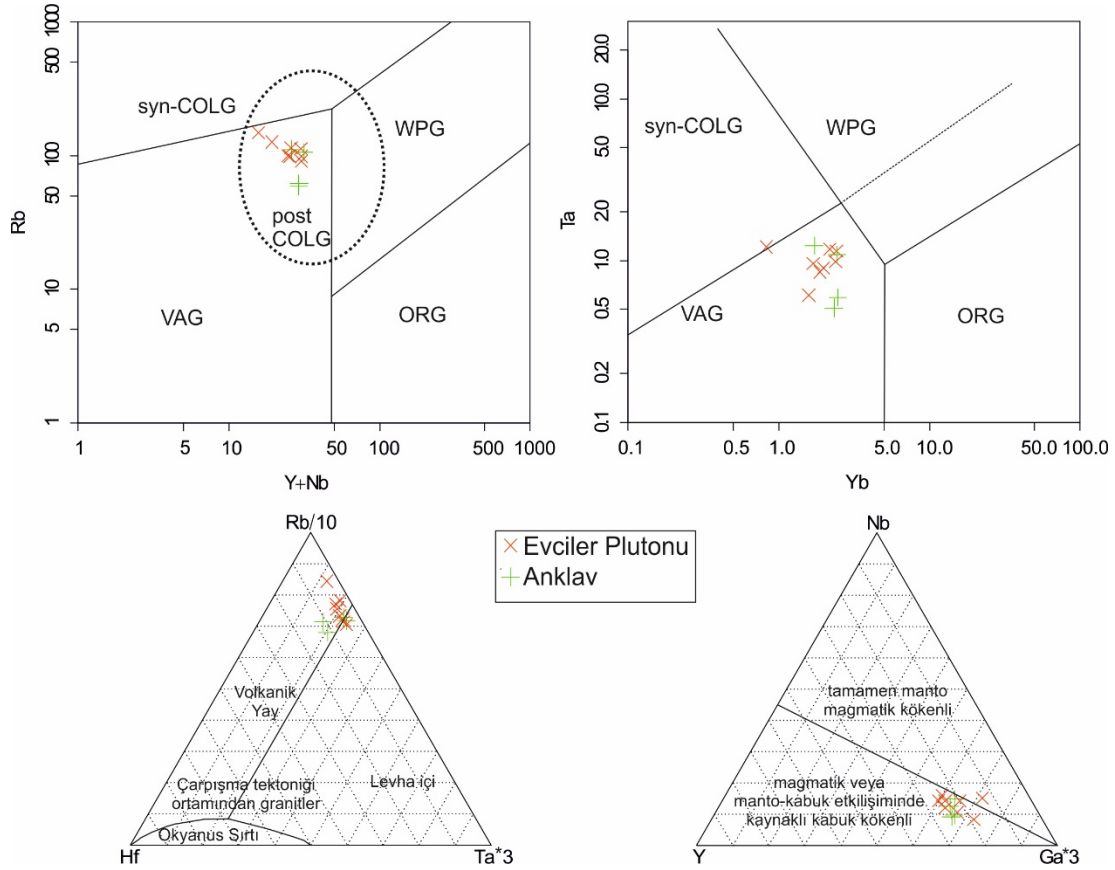
Örnekler SiO_2 'ye karşın bazı major oksit ve iz element ikili değişim diyagramlarında önemli değişimler göstermektedir (Şekil 8). Artan SiO_2 ile K_2O ve Rb pozitif bir ilişki görülürken, Fe_2O_3 ve CaO miktarlarındaki negatif trendler görülmektedir. Genellikle, Fe_2O_3 ve CaO'de görülen azalmalar klinopiroksen ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir. K_2O 'nun, SiO_2 ile pozitif bir korelasyon göstermesi, biyotit ve K-feldspat fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. Nadir toprak element (NTE) dağılımındaki konkav şekilli desen klinopiroksen ve/veya hornblend fraksiyonlaşmasını (Thirlwall ve ark., 1994) işaret ederken, negatif Eu anomalisi bu kayaçların gelişiminde K-feldspat ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 7b). Şekil 8'de görüldüğü gibi bazı ana oksit ve eser element değişimindeki düzensiz korelasyonlar plütone ait kayaçların gelişiminde etkili olan fraksiyonel kristalleşmeler yanında kabuk asimilasyonu ve magma karışım olaylarının etkili olduğunu ifade edebilmektedir. Rb (ppm)- K_2O /Rb diyagramı Evciler plütönuna ait kayaçların gelişiminde plajiyoklas, K-feldspat, hornblend ve biyotit fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir (Şekil 10a). Plütönlarin gelişiminde kıtasal kabuk asimilasyonunun varlığı, Ta/Yb karşı Th/Yb diyagramıyla açıklığa kavuşturulabilir (Pearce, 1983). Bu diyagramda, Evciler plütönik kayaçları, yüksek Th/Yb ve Ta/Yb oranları ile ortalama kıtasal kabuk değerine doğru bir yönelim göstermektedir (Şekil 10b). Buna göre, incelenen kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin yanında az oranda kabuk asimilasyonunun (AFK) da rol oynadığını söylemek mümkündür.



Şekil 10. Evciler Plütönuna Ait Kayaçların Fraksiyonel Kristallenme (FK) ve/veya Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFK) ve Mineral Fraksiyonlaşması. (a) Rb (ppm) Karşı K_2O/Rb ve (c) Ta/Yb'a Karşı Th/Yb (Pearce, 1983) Diyagramları (plg: plajiyoklas, cpx: klinopiroksen, hbl: hornblend, bi: biyotit, K-feld: K-feldspat, FK: fraksiyonel kristallenme, AFK: asimilasyon-fraksiyonel kristallenme, yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce ve ark. (1990)'den alınmıştır.

Batı Anadolu'da çarpışma sonrası magmatizma, farklı yaşlarda ve kimyasal özelliklerde, plütönik ve volkanik kayaçlar meydana getirmiştir. Plütönik kayaçlara göre volkanik kayaçlar daha geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Batı Anadolu'daki Oligo-Miyosen yaşlı magmatik faaliyetler ile ilgili 2 farklı tektonik model kabul edilmektedir: 1) Sıkışma rejimi, 2) Gerilme rejimi. Evciler plütönunun ptojenetik özelliklerini konu alan bu çalışmayla uyumlu olarak Yılmaz (1990), Savaşçın ve Güleç (1990), Güleç (1991), Harris ve ark. (1994, Altunkaynak ve Yılmaz (1998), Karacık ve Yılmaz (1998) ve Genç (1998) magmatizmanın, bir sıkışma rejimi altında çarpışmayla ilişkili olduğunu savunmaktadırlar. Bunun aksine, Seyitoğlu ve Scott (1992), Hetzel ve ark. (1995), Okay ve Satır (2000), Işık ve Tekeli (2001) ve Işık ve ark. (2004) ise Batı Anadolu'daki plütönlarin düşük açılı fayların kenar kesimleri içerisine yerleşmiş granitik intrüzyonlar şeklinde yorumlamışlardır.

Evciler plütönuna ait kayaçların tektonik ortam yorumlamaları Pearce ve ark. (1984)'nin Rb-(Y+Nb) ve Ta-Yb (Şekil 11a ve b), Harris ve ark. (1986)'nin Rb/10-Hf-Ta*3 (Şekil 11c) ve Eby (1992)'nin Nb-Y-Ga*3 diyagramlarında yorumlanmıştır. Buna göre Evciler plütönü örnekleri sırasıyla volkanik yay ve çarpışma sonrası granit alanına, yay granitleri ve çarpışma ile oluşan granitler alanına ve manto-kabuk etkileşimi sonucu veya kabuk kökenli alanlara düşmektedirler.



Şekil 11. Evciler Plütönüne Ait Örnekleri Tektonik Ayırım Diyagramındaki Yerleri.

Tüm saha, jeokimyasal veriler birlikte değerlendirildiğinde Evciler plütönünün Oligo-Miyosen dönemde kabuğun sığ derinliklerine yerleşmiş olan bir magmatik kütle olduğu söylenebilir. Bu magmatik kütle çarpışma sonrası litosferik manto kökenli mağmalardan türemiş ve metamorfik ve volkanik kayalar içine yerleşmiştir. Evciler plütönü ayrıca, kabuksal kirlenmeye maruz kaldıklarının bir göstergesi olan metamorfik ksenolitler ve mafik mikro granüler anklavlar içermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Tübitak 1001 türü 115Y152 nolu proje ile desteklenmiştir. Yazar İTÜ Rektörlüğü'ne, editör ve hakemlere makaleye sundukları katkı için teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Ackerman, L., Krňanská, M., Siebel, W., Strnad, L. (2010). Geochemistry of the Drahotín and Mutěnin Intrusions, West Bohemian Shear Zone, Bohemian Massif: Contrasting Evolution of Mantle-Derived Melts, *Mineralogy and Petrology*, 99, 185-199.
- Aghazadeh, M., Castro, A., Badrzadeh, Z., Vogt, K. (2011). Post-Collisional Polycyclic Plutonism from the Zagros Hinterland. The Shaivar-Dagh Plutonic Complex Alborz Belt, Iran, *Geological Magazine*, 148, 980-1008.
- Akay, E. (2008). Geology and Petrology of the Simav Magmatic Complex (NW Anatolia) and its Comparison with the Oligo-Miocene Granitoids in NW Anatolia: Implications on Tertiary Tectonic Evolution of the Region, *International Journal of Earth Sciences* (doi 10.1007/s00531-008-0325-0).
- Altunkaynak, Ş., Yılmaz Y. (1998). The Mount Kozak Magmatic Complex, Western Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 211-231.
- Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, Ş.C., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Foland, K.A., Yang, Y. (2012). Spatial, Temporal and Geochemical Evolution of Oligo-Miocene Granitoid Magmatism in Western Anatolia, Turkey, *Gondwana Research*, 21, 961-986.

- Altunkaynak, Ş., Dilek, Y. (2013). Eocene mafic volcanism in northern Anatolia: its causes and mantle sources in the absence of active subduction, *International Geology Review*, 55:13, 1641-1659,
- Aydoğan, M.S. (2006). Baklan Graniti (Murat Dağı, Banaz/Uşak) civarındaki baz metal cevherleşmesinin mineral parajenezi, metal zonlanması ve kökenlerinin izotop jeokimyası ile saptanması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 230 s.
- Aydoğan, M.S., Çoban, H., Bozcu, M., Akıncı, Ö. (2008). Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites, *Journal of Asian Earth Sciences*, 33, 155–176
- Bacon, C.R., Druitt, T.H. (1988). Compositional Evolution of the Zoned Calc-Alkaline Magma Chamber of Mount Mazama, Crater Lake, Oregon, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 98, 224-256.
- Barbarin, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments, *Lithos*, 46, 605-626.
- Barbarin, B., Didier, J. (1992). Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas, *Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sci*, 83, 145–153.
- Boynton, W.V. (1984). Geochemistry of the rare-earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry, *Elsevier*, Amsterdam, 63–114.
- Bozkurt, E. (2004). Granitoid rocks of the southern Menderes Masif (southwestern Turkey): Field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone, *International Journal of Earth Sciences*, 93, 52–71.
- 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. (1992). I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 83, 1–26.
- Chen, W., Arculus, R.J. (1995). Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, U.S.A, *Lithos*, 110, 99-119.
- Condie, K.C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Deer, W.A., Howie R.A., Zussman, J. (1992). An Introduction to the Rock Forming Minerals (2nd edn), *Longman Group Ltd*, London.
- Delaloye, M., Bingöl, E. (2000). Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: geochemistry and modelling of geodynamic evolution, *International Geology Review*, 42, 241-268.
- Fitton, J.G., James, D., Leeman, W.P. (1991). Basic magmatism associated with late Cenozoic extension in the western United States: Compositional variations in space and time, *Journal of Geophysical Research*, 96, 13693-13711.
- Gagnevin, D., Daly, J.S., Poli, G. (2004). Petrographic, geochemical and isotopic constraints on magma dynamics and mixing in the Miocene Monte Capanne monzogranite (Elba Island, Italy), *Lithos*, 78:1-2, 157-195.
- Genç, Ş.C. (1998). Evolution of the Bayramiç magmatic complexes, northwestern Anatolia, *Journal of Volcanological and Geothermal Research*, 85, 233-250.
- 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, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 281-302.

- Güleç, N. (1991). Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics, *Geological Magazine*, 23, 417-435.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A., & Tindle, A. G. (1986). Geochemical characteristics of collision zone magmatism. In M. P. Coward, & A. C. Ries (Eds.), *Collision Tectonics* (pp. 67-81), *Geological Society of London Special Publication* 19. <http://dx.doi.org/10.1014/GSL.SP.1986.019.01.04>.
- Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A. (1994). Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252.
- Hetzl, R., Ring, U., Akal, C., Troesch, M. (1995). Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Mendere Massif, southwestern Turkey, *Journal of the Geological Society, London*, 152, 639-654.
- Hofmann, A.W. (1988). Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust, *Earth and Planetary Science Letters*, 90, 297-314.
- Işık, V., Tekeli, O. (2001). Late orogenic crustal extension in the northern Mendere Massif (Western Turkey): evidence for metamorphic core complex formation, *International Journal of Earth Sciences*, 89, 757-765.
- Işık, V., Tekeli, O., Seyitoglu, G. (2004). The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of extensional ductile deformation and granitoid intrusions in the northern Mendere core complex: Implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 555-566.
- Jahn, B.M., Zhang, Z.Q. (1984). Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 85, 224-243.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y. (1998). Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 251-264.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A. and Ece, Ö.I. (2008). Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Sciences* DOI 10.1007/s00531-007-0222-y.
- Karaoğlu, Ö., Helvacı, C. (2014). Isotopic evidence for a transition from subduction to slabtear related volcanism in western Anatolia, Turkey, *Lithos*, 192-195, 226-239.
- Köksal, S., Toksoy-Köksal, F., Göncüoğlu, M.C., Möller, A., Gerdes, A., Frei, D. (2013). Crustal source of the Late Cretaceous Satansarı monzonite stock (central Anatolia-Turkey) and its significance for the Alpine geodynamic evolution, *Journal of Geodynamics*, 65, 82-93.
- Köprübasi, N., Aldanmaz, E. (2004). Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: Evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting, *International Geology Review*, 46, 705-729.
- Kretz, R. (1983). Symbols of rock-forming minerals, *American Mineralogist*, 68, 277-27.
- Lan, T.G., Fan, H.R., Santosh, M., Hu, F.F., Yang, K.F., Yang, Y.H., Yang, Y.H., Liu, Y.S. (2013). Crust-mantle interaction beneath the Luxi Block, eastern North China Craton: evidence from coexisting mantle- and crust-derived enclaves in a quartz monzonite pluton, *Lithos*, 177, 1-6.
- Le Roex, A.P. (1987). Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes. In: Menzies, A.M., Hawkesworth, C.J. (Eds.), *Mantle Metasomatism*, *Academic Press*, London, 389-422.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names, *American Mineralogist*, 82, 1019-1037.

- Liu, L., Qiu, J.S., Zhao, J.L., Yang, Z.L. (2014). Geochronological, geochemical, and Sr–Nd–Hf isotopic characteristics of Cretaceous monzonitic plutons in western Zhejiang Province, Southeast China: new insights into the petrogenesis of intermediate rocks, *Lithos*, 196-197, 242-260.
- Middlemost, E. A. K. (1985). *Magma and Magmatic Rocks*. Longman Group Limited, Essex, UQ.
- Okay, A.I., Satır, M. (2000). Coeval plutonism and metamorphism in latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey, *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Özgenç, İ., İlbeyli, N. (2008). Petrogenesis of the Late Cenozoic Egrigöz Pluton in Western Anatolia, Turkey: Implications for Magma Genesis and Crustal Processes, *International Geology Review*, 50, 375-391.
- Patiño Douce, A.E., Beard, J.S. (1996). Effects of P, f (O₂) and Mg/Fe Ratio on Dehydration Melting of Model Metagreywackes, *Journal of Petrology*, 37, 999-1024.
- Pearce, J.A. (1983). The Role of Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Destructive Plate Margins. In: Continental Basalts and Mantle Xenoliths (eds): Hawkesworth, C.J., Norry, M.J., *Shiva Publishing*, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. (1984). Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, 25, 956–983.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., Delong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., and Mitchell, J.G. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189–229.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Kastamonu area, Northern Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63–81.
- Rapp, R.P., Watson, E.B. (1995). Dehydration Melting of Metabasalt at 8–32 kbar: Implications for Continental Growth and Crust-Mantle Recycling, *Journal of Petrology*, 36, 891-931.
- Roberts, M.P., Clemens, J.D. (1993). Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids, *Geology*, 21, 825-828.
- Rudnick, R.L., Gao, S. (2003). The composition of the continental crust. In: Rudnick, R.L. (Ed.), *The Crust*. In: Holland, H.D., Turekian, K.K. (Eds.), *Treatise on Geochemistry 3*. Elsevier-Pergamon, Oxford, 64s.
- Savaşçın, M.Y., Güleç, N. (1990). Relationship between Magmatic and Tectonic Activities in western Turkey with Examples from the Coastal Section, *IESCA*, Abstracts, Publ. 1, Izmir, Turkey
- Seyitoğlu, G., Scott, B. (1992). Late Cenozoic volcanic evolution of the Northeastern Aegean region, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54, 157-176.
- Schmidberger, S.S., Hegner, E. (1999). Geochemistry and isotope ststematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW Germany)- implications for Late Variscan orogenic development, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 373-385.
- Shand, S.J. (1947). *Eruptive rocks. Their Genesis, Composition, Classification and their relation to Ore Deposits*. 3rd edition. New York: *Wiley & Sons*, 488s.
- Singh, J., Johannes, W. (1996)., Dehydration Melting of Tonalites: Part II. Composition of Melts and Solids, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 125, 26-44.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D., Wang, K.F. (1999). Geochemistry of mafic magmas in the hurricane volcanic field, Utah: implications for small- and large-scale chemical variability of the lithospheric mantle, *Journal of Geology*, 107, 433-448.
- Stevens, G., Clemens, J.D., Droop, G.T.R. (1997). Melt Production during Granulite Facies Anatexis: Experimental Data from ‘Primitive’ Metasedimentary Protoliths, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 128, 352-370.

- Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: Magmatism in the ocean basins. Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Editors), *Geological Society of London, London*, 42, 313-345.
- Sun, C.G., Zhao, Z.D., Mo, X.X., Zhu, D.C., Dong, G.C., Zhou, S., Chen, H.H., Xie, L.W., Yang, Y.H., Sun, J.F., Yu, F. (2008). Enriched mantle source and petrogenesis of Sailipu ultrapotassic rocks in southwestern Tibet Plateau: constraints from zircon U–Pb geochronology and Hf isotopic compositions, *Acta Petrologica Sinica*, 24, 249-264.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985). The Continental Crust, Its Composition and Evolution. *Blackwell*, Oxford, 312s.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. Arculus, R.J. (1994). High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? *Journal of Petrology*, 35:3, 819-838.
- Tischendorf, G., Gottesmann, B., Förster, H.-J., Trumbull, R.B. (1997). On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analysis and an improved diagram for graphical representation, *Mineralogical Magazine*, 61, 809-834.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J., Joron, J. (1987). Geochemistry of Ocean Island Basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda”, In: Fitton, J.G. and Upton, B.G.J., Eds., Alkaline Igneous Rocks, *The Geological Society London, Special Publication*, 30, 1, 253-267.
- Whitney, D.L., Evans, B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals, *American Mineralogist*, 95, 185–187.
- Yılmaz, Y. (1990). Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: a review, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69-87.
- Yılmaz, Y., Genç, S. C., Karacik, Z., Altunkaynak, S. (2001). Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, *Journal of Geodynamics*, 31, 243–271.
- Yücel-Öztürk, Y., Helvacı, C., Satir, M. (2005). Genetic relations between skarn mineralization and petrogenesis of the Evciler Granitoid, Kazdag, Çanakkale, Turkey and comparison with world skarn granitoids, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14:3, 255–280.