



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 07.02.2024
Kabul Tarihi : 05.03.2024

Received Date : 07.02.2024
Accepted Date : 05.03.2024

GÜVENDİK DAYK KARMAŞIĞI'NA AİT METAGRANİTLERİN ZİRKON U-Pb JEOKRONOLOJİSİ VE Lu-Hf İZOTOPLARI

ZIRCON U-Pb GEOCHRONOLOGY AND Lu-Hf ISOTOPES OF METAGRANITES BELONGING TO THE GÜVENDİK DIKE COMPLEX

Abdullah SAR^{1*} (ORCID: 0000-0002-9752-7807)
Sevcan KÜRÜM¹ (ORCID: 0000-0001-6121-5564)
Hao-Yang LEE² (ORCID: 0000-0003-1113-3477)

¹ Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye
² Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Abdullah SAR,asar@firat.edu.tr

ÖZET

Alp Himalaya Orojenik Kuşağı'nın önemli bir bölümünü oluşturan, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yüzeyleyen Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait birimler metagranitler ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada inceleme konusu metagranitlere ait zirkon U-Pb jeokronolojisi ve zirkon Lu-Hf izotopları sunulmaktadır. Metagranitler petrografik olarak plajiyoklas, kuvars, K-feldspat, amfibol ve biyotit/muskovit minerallerinden oluşmakta olup granoblastik doku göstermektedir. Zirkon U-Pb jeokronoloji verilerine göre metagranit örneğinin kristalizasyon yaşı $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; 146 ± 13 My, metamorfizma yaşı ise $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ verilerine göre $78,3 \pm 1,4$ My. dir. Magmatik kökenli zirkon minerallerinin $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ izotop verileri 0,0008 ile 0,0026 aralığında değişmektedir. $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri 6,01 ile 12,7 aralığında değişmekte olup pozitif değerler göstermektedir. TDM_2 modal yaşları 0,40-0,81 Milyar yıldır. Metamorfik kökenli zirkon minerallerinin $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ izotop verileri 0,0009 ile 0,0019 aralığında değişmektedir. $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri 3,8 ile 5,9 aralığında değişmekte olup pozitif değerler sergilemektedir. TDM_2 modal yaşları 0,76-0,89 Milyar yıldır. Pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri metagranitlerin tüketilmiş manto kökeninden geldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Güvendik Dayk Karmaşığı, Metagranit, Zirkon Lu-Hf izotopları, Zirkon U-Pb jeokronolojisi

ABSTRACT

The units of the Güvendik Dyke Complex, which forms an important part of the Alpine Himalayan Orogenic Belt and crops out in the Eastern Pontide Orogenic Belt, are represented by metagranites. This study presents zircon U-Pb geochronology and zircon Lu-Hf isotopes of the metagranites under investigation. Metagranites petrographically consist of plagioclase, quartz, K-feldspar, amphibole, and biotite/muscovite minerals, showing a granoblastic texture. According to zircon U-Pb geochronology data, the crystallization age of the metagranite sample is 146 ± 13 Ma according to $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ data. The metamorphism age is $78,3 \pm 1,4$ Ma according to $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ data. The $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ isotope values of zircon minerals of magmatic origin vary between 0,0008 and 0,0026. $\epsilon\text{Hf}(t)$ values vary between 6,01 and 12,7 and show positive values. TDM_2 modal ages are 0,40-0,81 Billion years. The $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ isotope values of zircon minerals of metamorphic origin vary between 0,0009 and 0,0019. $\epsilon\text{Hf}(t)$ values vary between 3,8 and 5,9 and exhibit positive values. TDM_2 modal ages are 0,76-0,89 Billion years. Positive $\epsilon\text{Hf}(t)$ values indicate that metagranites come from depleted mantle origin.

Keywords: Güvendik Dike Complex, Metagranite, Zircon Lu-Hf isotope, Zircon U-Pb geochronology

GİRİŞ

Alp Himalaya Orojenik Kuşağı'nın önemli bir bölümünü oluşturan Pontidler, batı, merkez ve doğu Pontidler olarak ayrılmaktadır (Şekil 1a). İnceleme alanında içerisinde yer aldığı Doğu Pontid Orojenik Kuşağı, litolojik/yapısal farklılıklara göre kuzey ve güney zon olarak ayrılmaktadır (Özsayar vd. 1981; Okay & Şahintürk 1997; Kaygusuz & Şen 2011). Kıtasal magmatik bir yay olarak kabul gören bu kuşağın (Şengör ve Yılmaz, 1981; Altherr vd., 2008; Eyüboğlu vd., 2015; Delibaş vd., 2016; Kaygusuz vd., 2016) temelinde Karbonifer yaşlı metamorfikler ve granitik kayaçlar yer almaktadır (Okay & Şahintürk, 1997; Topuz vd. 2007, 2010; Ustaömer & Robertson, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2016). Kuzey zon çoğunlukla Üst Kretase ve Orta Eosen yaşlı volkanik kayaçlar ve volkaniklastikler ile temsil edilirken, güney zon genel olarak Geç Kretase öncesi kayaçlar ile temsil edilmektedir (Sipahi, 2005; Şen, 2007; Karşlı vd., 2012; Kaygusuz vd., 2013; Sipahi & Sadıklar, 2014; Sipahi vd., 2018, 2023; Sar vd., 2022, 2023).

Konak vd. (1992), Doğu Pontidler'in doğu kesiminde yaptıkları çalışmada yanal ve yatay hareketler sonucu yan yana veya üst üste gelen ve bir kısmı Üst Palaeosen'e kadar devamlılık gösteren, genellikle Jura-Kretase yaşlı çeşitli istiflerden bahsetmiş ve ön sınıflamasını yapmıştır. Daha sonraki yıllarda bu birimler ayrıntılı olarak çalışılmış ve farklı litostratigrafik özellikler gösteren bu istifler kuzeyden güneye olmak üzere Hopa-Borçka Zonu, Artvin – Yusufeli Zonu, Olur-Tortum Zonu ve Erzurum-Kars ofiyolit Zonu olarak dört zonda toplanmıştır (Konak & Hakyemez, 2001; 2009). Olur-Tortum Zonu kuzeydeki Artvin-Yusufeli Zonu ile güneydeki Erzurum Kars Ofiyolitik Zonu arasında yer almakta ve tektonik olarak birbirleri ile ilişkili olan Olur, Aksu ve Çardaklı birliklerini oluşturmaktadır (Konak & Hakyemez, 2009). Bu birliklerin oluşturduğu Oltu ekaylı zonu boyunca tektonik dilimler halinde Jura öncesi temele ait iki farklı kaya birimi yer almaktadır. Bu birimlerden düşük dereceli metamorfik şistler içeren birim “Kışla Metamorfitleri” olarak, metagabro ve metabazitlerden meydana gelen ve diyoritik, tonalitik, dasitik, aplitik, pegmatitik, granitik ve diyabazik dayk ve damarlarca sık sık kesilen magmatik kompleks ise “Güvendik Dayk Karmaşığı” olarak adlandırılmıştır (Konak vd., 2001). Konak ve Hakyemez, 2009'a göre Olur birliğinin temelinde Liyas-Dogger yaşlı bazik-ortaç-asidik bileşime sahip volkanik kayaçlar yer almaktadır. Birim, Oksfordiyen-Berriyasiyen yaşlı ve oltutaşı içeren delta çökelleri ve denizaltı yelpazesi türbiditleri üzerine keskin bir dokanakla gelmektedir. Berriyasiyen-Apsiyen yaşlı yarı pelajik çörtlü karbonatlar ve Apsiyen-Santoniyen yaşlı kumtaşı-silttaşı-marn ardalanması bu birimin üzerine gelmektedir. Daha üstte Santoniyen yaşlı ortaç bileşimli volkanitler konumlanmaktadır. Geç Santoniyen-Maastrichtiyen sürecinde Marn ve killi kireçtaşlarının çökelişi devam etmekte olup bunların üzerinde ise Paleosen yaşlı çakıltaşları, Erken Paleosen yaşlı neritik kireçtaşları ve Geç Paleosen yaşlı türbiditik kumtaşı ve kireçtaşı ara katmanlı marn ve silttaşına geçmektedir. Aksu birliğinin temelinde Malm yaşlı türbiditikler yer almaktadır. Birim Erken Kretase yaşlı pelajik kireçtaşları üzerine geçişli olarak konumlanmaktadır. Üst Kretase istifinin temel kayaçlarını Siltli-kumlu-killi kireçtaşı, silttaşı ve kumtaşı ardalanması oluşturmaktadır olup, üst bölümde ise bazik bileşimli volkanitler bulunmaktadır (Konak & Hakyemez, 2009). Liyas-Dogger yaşlı, çoğunlukla bazik bileşimli volkanit ve volkanoklastitler Çardaklı birliğinin temelini oluşturmaktadır. Malm-Erken Kretase yaşlı sığ denizel kireçtaşları ve türbiditik çökeller bunların üzerinde konumlanmaktadır. İstifin Geç Kretase yaşlı bölümü altta kireçtaşı mercekli bir flişle üstte neritik kireçtaşları ile temsil olmaktadır. Bu birimler Erken Eosen yaşlı dasidik sokulumlar tarafından kesilmektedir (Konak & Hakyemez, 2009). Sünnetçi (2018) inceleme alanı yakın çevresinde yapmış olduğu çalışmada Güvendik Dayk Karmaşığı içerisindeki asidik bileşimli derinlik ve yarı derinlik kayaçlarının zirkon U-Pb yaş verilerine göre 185,4+ 0,99 My. yaşında (Erken Jura) olduğunu belirterek birimi Güvendik Tronjemiti olarak adlandırmıştır.

İnceleme alanı Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Olur (Erzurum) bölgesi ve çevresinde yüzeylenmektedir (Şekil 1b). Oltu ekaylı zonu içerisinde yer alan Güvendik Dayk Karmaşığı çok çeşitli kayaç türlerinden oluşmaktadır. Özellikle metagranitlerin öncel çalışmalar kapsamında zirkon U-Pb jeokronolojisi ve izotop analizleri ortaya konmamıştır. Bu kapsamda inceleme konusunu oluşturan Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait metagranitlerin zirkon U-Pb jeokronolojisi ve Lu-Hf izotop sistematığının ortaya çıkarılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

OL02 nolu metagranit örneği için zirkon ayırma işlemleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hidroseperasyon laboratuvarında hidroseperasyon yöntemi ile gerçekleştirildi. Bu yöntemde, ortalama 500 g ağırlığındaki kayaç örneği kırma ve öğütme işlemlerine tabi tutuldu. Öğütülen malzeme 30-55-78-115 mikronluk eleklerden elenerek yıkama işlemine geçildi. Yıkanan malzeme ped bardaklara alınarak hidroseperasyon aşamasına başlandı. Bu kapsamda bilgisayar programı tarafından kontrol edilen bir hidroseperasyon cihazı kullanıldı. Bu aşamada 30-15-8 cm'lik 3 adet farklı boyutlarda cam boru yardımıyla suyun

kaldırma kuvvetinden yararlanılarak ağır mineraller dibe çökerken hafif mineraller borudan dışarı atıldı. 3'üncü boruda kalan malzeme petri kabına alındı ve miknatıs yardımı ile içerisindeki manyetit mineralleri ayrıldı. Kalan numune 140 °C sıcaklıkta etüvde kurutulduktan sonra manyetik seperatörden geçirildi. Bu aşamadan sonra petri kabına alınan numune, binoküler mikroskop altında incelenerek zirkon mineralleri seçildi.

Zirkonların iç yapılarının belirlenmesi amacı ile katodoluminesans fotoğrafları Academia Sinica Yer Bilimleri Enstitüsü/Tayvan'da çekildi. Zirkon U-Pb jeokronoloji analizi LA-ICP MS (Agilent 7500s quadrupole ICP-MS equipped with a Photon Machines 193 nm Analyte G2 excimer laser ablation system) yöntemi kullanılarak Ulusal Tayvan Üniversitesinde gerçekleştirildi.

Zirkon U-Pb jeokronoloji analizinden sonra aynı zirkon mineralleri üzerinde Lu-Hf izotop ölçümleri MS-LA-ICP MS yöntemi kullanılarak Academia Sinica Yer Bilimleri Enstitüsü /Tayvan'da gerçekleştirildi.

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanı, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı içerisinde konumlanmakta olup kuşak boyunca Paleozoyik-Miyosen sürecinde gelişen magmatizma ile ilişkili derinlik ve yüzey kayalar ve volkano-sedimanter birimler bulunmaktadır. Bununla birlikte magmatizmanın duraksadığı süreçlerde sedimanter birimler gelişmiştir. Bu kuşak, kuzey ve güney zon olarak ayrılmaktadır (Özsayar vd., 1981). Kuzey zon içerisinde konumlanan inceleme alanı Olur (Erzurum) bölgesi ve çevresinde yüzeylenmektedir. Bölgede ki temel birimleri Karbonifer yaşlı granitik kayalar ve metamorfikler meydana getirmektedir (Okay & Şahintürk, 1997; Topuz vd. 2007, 2010; Ustaömer & Robertson, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2016). İnceleme konusu kayalar Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait metagranitler ile temsil edilmektedir.

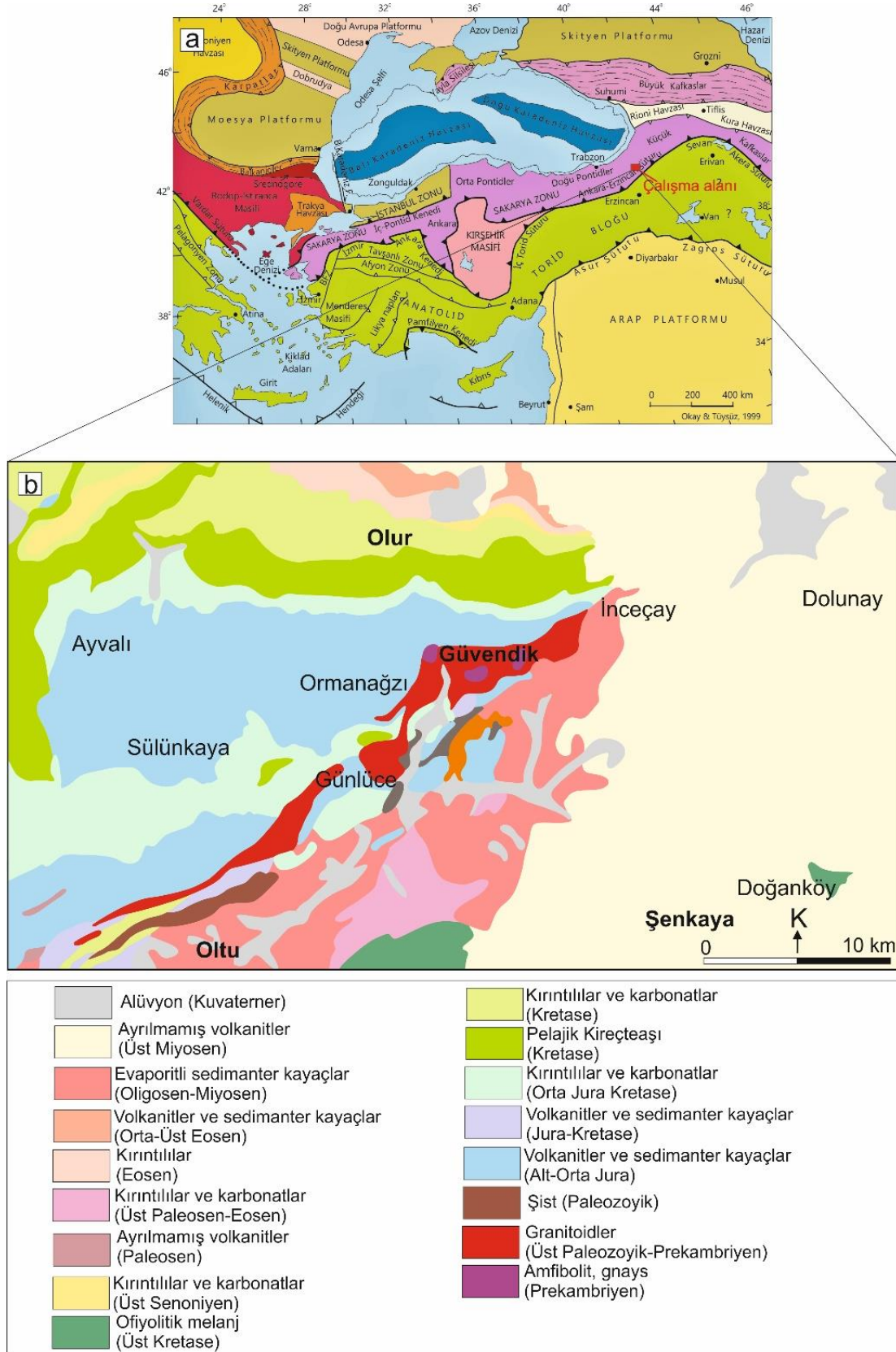
Güvendik Dayk Karmaşığı, metagranit, gnays, amfibollü gnays, mikaşist, metabazit, amfibolit gibi metamorfik kayalar ve bunları kesen tonalitik, pegmatitik, dasitik, ve diyabazik bileşimlerdeki damar kayalar ve dayklar ile temsil edilmekte olup tektonik dilim şeklinde bulunan litoloji topluluğudur (Konak vd., 1991, 2001).

Gülmez, (2015) bu kayaların, Oltu ekaylı zonu içerisinde konumlandığını, kuzey sınırı boyunca dike yakın bir dokanakra tektonik olarak Olur Birliğine ait kayalar ile yan yana geldiğini belirtmiştir. Karmaşık genel olarak derin vadiler boyunca dik bir topografya göstermektedir (Gülmez, 2015).

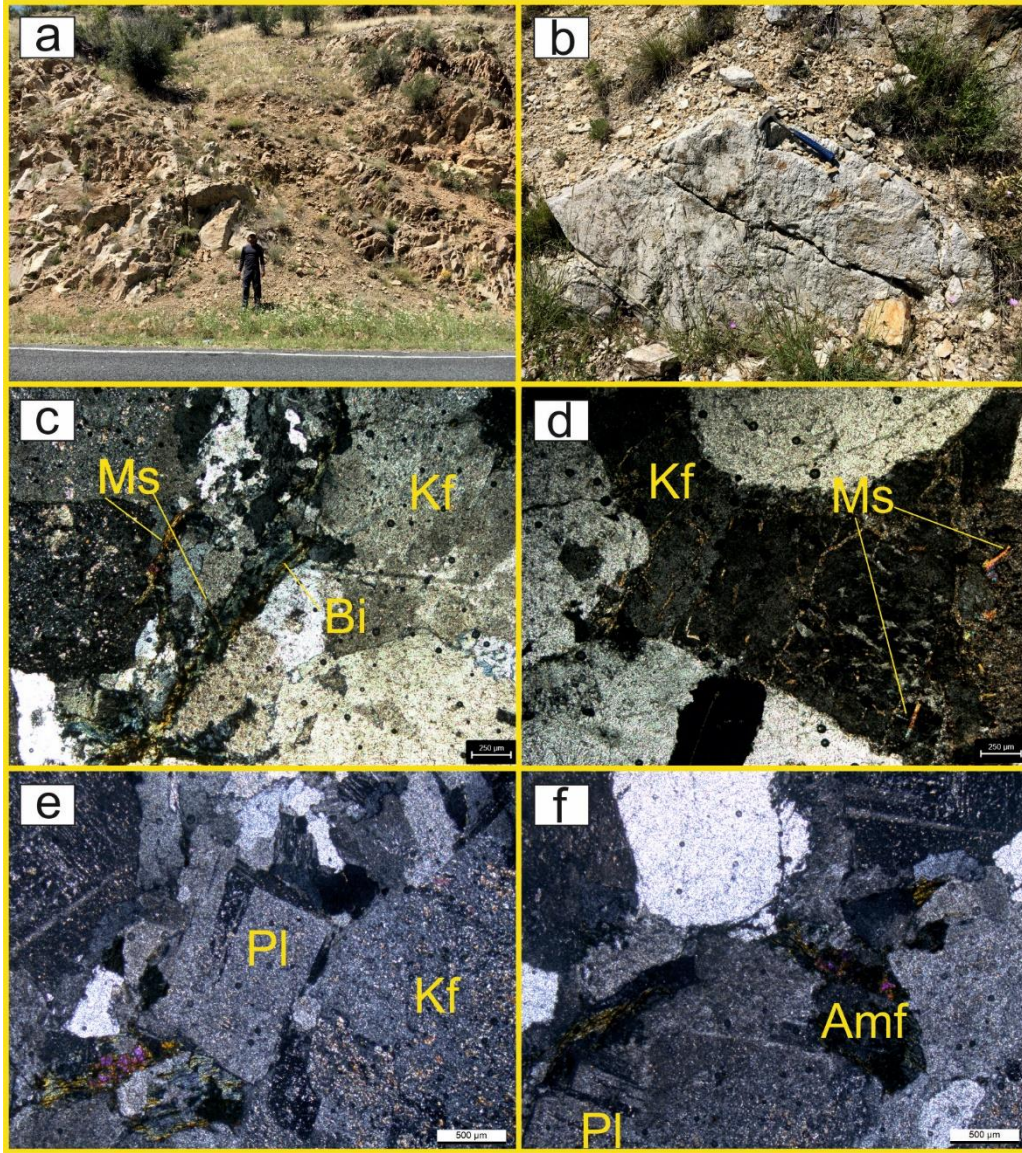
PETROGRAFI

Araziden derlenen metagranitler makro örneklerde iri taneli olup, inceleme alanında pembemsi-toprağimsi renklerde görülmektedir (Şekil 2a,b). Esas olarak K-feldispat, plajiyoklas ve kuvars minerallerini içermekte olup mafik mineral fazı ise amfibol, biyotit ve opak mineraller ile temsil edilmektedir. Düşük dereceli metamorfikler ile temsil edilen bu kayalarda alterasyon gözlenip kayaç içerisindeki minerallerde de makro örneklerde olduğu gibi az oranda yönlendirmeler gözlenmiştir.

Metagranitlerde felsik mineral fazını kuvars (20-25 vol. %), K-feldispat (22-30 vol. %) ve plajiyoklaslar (30-34 vol. %), mafik mineral fazını ise biyotit/muskovit (5-7 vol. %) ve amfibol (4-6 vol. %) mineralleri oluşturmaktadır. Kayalarda genel olarak holokristalen doku gözlenmektedir (Şekil 2c-f). Özşekilsiz kristaller halinde görülen kuvarlar polarize ışıkta şeffaf renklerde, analize ışıkta ise açık-koyu gri tonlarında girişim renkleri sergilemektedir. Düşük optik engbeleri ile karakteristiktir. Özşekilsiz kristaller şeklinde gözlenen K-feldispatlar analize ışıkta açık-koyu gri renklerde düşük çift kırınım renklerine sahiptir. Polarize ışıkta ise toprağimsi renkler göstermektedir. Bazı kristallerinde karlsbad ikizlenmeleri gösteren K-feldispat minerallerinde bozunma orta-yüksek düzeyde olup serizitleşmeler görülmektedir. Plajiyoklaslar albit, polisentetik ve albit+karlsbat ikizlenmeleri ile karakteristiktir (Şekil 2c-f). Bozunma yüksek düzeyde olup K-feldispatlarda olduğu gibi bazı kristallerde ikiz lamelleri net olarak izlenmemektedir. Mevcut bozunma türü karbonatlaşma ve serizitleşmedir. Bozunmalardan kaynaklı olarak plajiyoklas kristallerinde sönme açısı dolayısıyla tür tespiti yapılamamıştır. Levhamsı-prizmatik kristaller şeklinde görülen biyotitler canlı girişim renkleri sergilemektedir. Polarize ışıkta açık kahveden koyu kahverengiye değişen pleokroizma göstermektedir. Paralel sönme gösteren biyotit minerallerinde tek yönde dilinimler karakteristiktir. Muskovitler canlı girişim renklerinde ince levhamsı kristaller şeklindedir. Tek nikolde şeffaftır. Canlı girişim renklerine sahip amfibol mineralleri prizmatik kristaller şeklinde görülmektedir. Polarize ışıkta yeşil tonlarında pleokroizma göstermektedir. Biyotit ve amfibol minerallerinde klorit minerallerine dönüşümler gözlenmektedir.



Şekil 1. a) Türkiye Tektonik Birlikler Haritası (Okay & Tüysüz, 1999). (b) İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Jeoloji Haritası (MTA, 2002).



Şekil 2. Güvendik Dayk Karmaşığı'na Ait Metagranitlerin (a-b) Arazi Görünümleri (c-f) İnce Kesit Görünümleri (Pl: plajiyoklas; Amf: amfibol; Kf: K-feldispat; Bi: biyotit; Ms: muskovit)

BULGULAR

Zirkon U-Pb jeokronolojisi

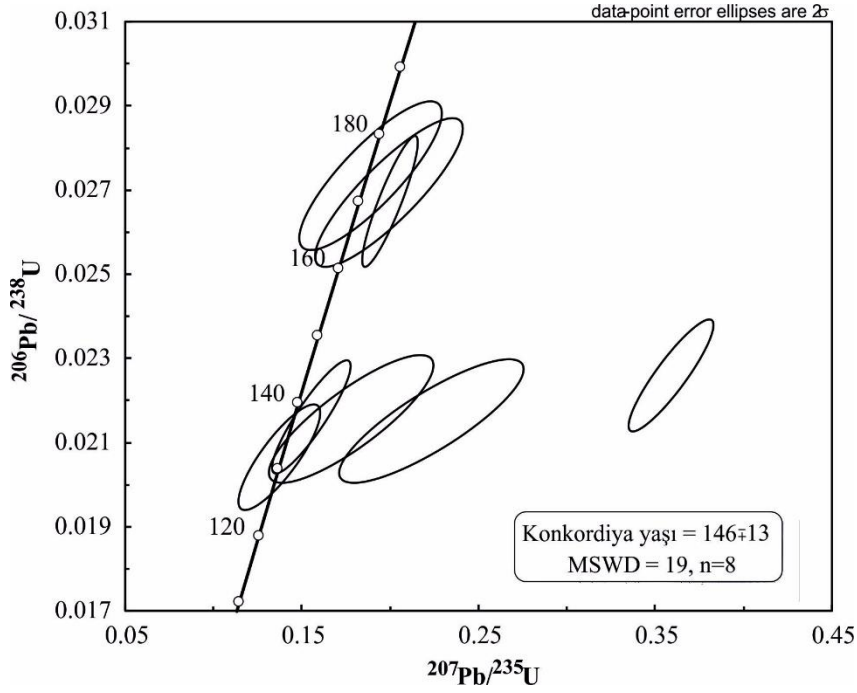
Zirkon U-Pb (OL02) jeokronolojisi ölçüm sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. İncelenen metagranit örneği için 16 adet zirkon minerali üzerinde 16 sayıda noktadan ölçüm gerçekleştirilmiştir. Zirkonlar genel olarak öz şekilsiz veya yarı özşekilli, kahverengi renklerde, kısa-uzun prizmatik şekillerde görülmekte olup bazı zirkon minerallerinde magmatik zonlanmalar ve mineral kapantıları görülmektedir (Şekil 3). Ölçümü yapılan 16 adet zirkon mineralinin 8 tanesi magmatik kökenli diğer yarısı ise metamorfik kökenli zirkonlardan oluştuğu düşünülmektedir. 8 adet magmatik zirkon için U değerleri 151,98-744,61 ppm, Th değerleri 50,17 ppm ile 999,34 ppm aralığında değişmekte, Th/U oranları ise 0,33 ile 1,34 aralığında değişmektedir. Metamorfik zirkonlar için U değerleri 377,80 ppm ile 1063,64 ppm aralığında, Th değerleri 159,23 ppm ile 367,04 ppm aralığında, Th/U oranları ise 0,42 ile 0,67 arasında değişmektedir. Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait metagranitlerin kristalizasyon yaşı $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ verilerine göre 146 ± 13 My. (Şekil 4) Metamorfizma yaşı ise $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ verilerine göre $78,3 \pm 1,4$ My. olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

Zirkon Lu-Hf izotopları

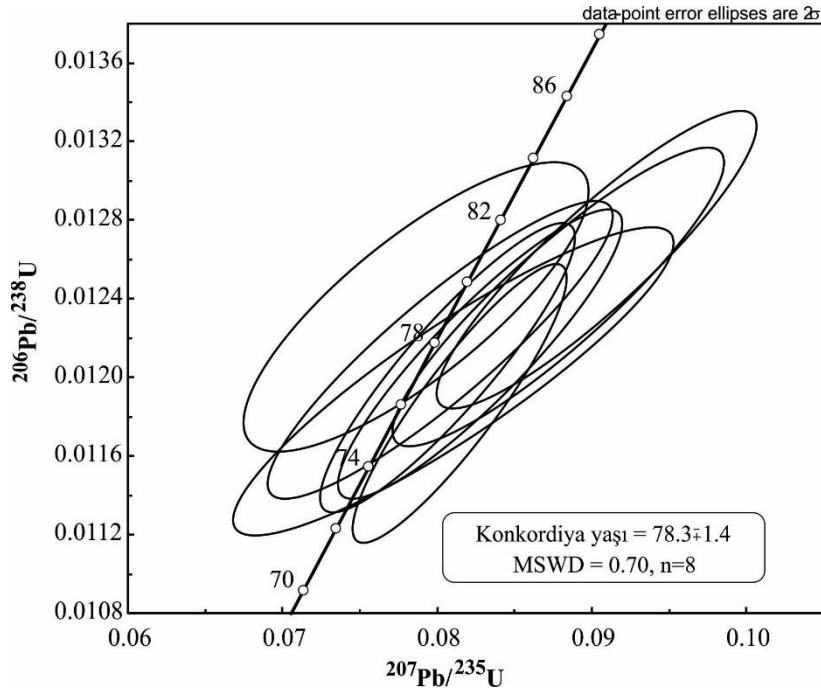
Zirkon Lu-Hf izotop (OL02) ölçüm sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Zirkon U-Pb izotop ölçümü yapılan 16 adet zirkon mineralinden 10 tanesi seçilerek aynı ölçüm noktalarında Lu-Hf izotop ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Magmatik kökenli zirkon minerallerinin $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ izotop verileri 0,0008 ile 0,0026 aralığında değişmektedir. $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri 6,01 ile 12,7 aralığında değişmekte olup pozitif değerler göstermektedir. Modal yaşları (TDM_2) 0,40-0,81 milyar yıl aralığında değişmektedir. Metamorfik kökenli zirkon minerallerinin $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ izotop verileri 0,0009 ile 0,0019 aralığında değişmektedir. $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri 3,8 ile 5,9 aralığında değişmekte olup pozitif değerler sergilemektedir. Modal yaşları (TDM_2) 0,76-0,89 milyar yıl aralığında değişmektedir. İnceleme konusu metagranitler zirkon U-Pb yaşına karşı $\epsilon\text{Hf}(t)$ diyagramında CHUR (Kondritik Uniform Rezervuar) ile tüketilmiş manto alanı içerisinde yer alıp pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerine sahiptir (Şekil 6).



Şekil 3. Güvendik Dayk Karmaşığı'nın Metagranitlerine Ait Zirkonların Katodoluminesans Fotoğrafları



Şekil 4. Güvendik Day Karmaşığı'nın Metagranitlerine Ait Magmatik Zirkonlar için U-Pb Konkordiya Diyagramı



Şekil 5. Güvendik Day Karmaşığı'nın Metagranitlerine Ait Metamorfik Zirkonlar için U-Pb Konkordiya Diyagramı

Tablo 1. Güvendik Dayk Karmaşığı'ndan Alınan OL02 Nolu Metagranit Örneğinin Zirkon U-Pb Verileri

Örnek	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	U-Th-Pb oranları							
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	1σ
OL0201	4,961,283	2,622,025	0,528497	0,04824	0,00242	0,1374	0,00948	0,02066	0,00051	0,00655	0,00015
OL0202	5,128,252	3,441,327	0,671053	0,05426	0,0008	0,19982	0,00635	0,02673	0,00063	0,00849	0,00028
OL0203	3,756,473	3,580,937	0,953271	0,07533	0,00554	0,22344	0,02132	0,02151	0,0006	0,00647	0,00015
OL0204	9,646,536	4,412,317	0,457399	0,04616	0,00191	0,07867	0,00456	0,01236	0,0003	0,00394	0,00014
OL0205	181,753	671,696	0,369565	0,05366	0,00345	0,19936	0,01716	0,02695	0,00072	0,00843	0,00019
OL0206	7,690,638	3,254,959	0,423237	0,04858	0,00107	0,08069	0,00336	0,01205	0,0003	0,004	0,00019
OL0207R	1,063,645	6,235,159	0,586207	0,04978	0,00083	0,08146	0,00283	0,01187	0,00029	0,00395	0,00018
OL0208	151,986	5,017,013	0,330097	0,05009	0,00335	0,18887	0,01653	0,02734	0,00072	0,00863	0,00024
OL0209	7,446,133	9,993,494	1,342,105	0,11526	0,00138	0,35918	0,00985	0,0226	0,00054	0,00595	0,00028
OL0210	2,391,668	1,347,791	0,563536	0,05991	0,00506	0,17807	0,01908	0,02156	0,00062	0,00666	0,00015
OL0211	3,778,041	1,592,398	0,421488	0,04908	0,00242	0,08105	0,00583	0,01198	0,00032	0,00384	0,00022
OL0212	2,317,597	9,127,216	0,393822	0,05214	0,00192	0,15542	0,00902	0,02162	0,00055	0,00657	0,00038
OL0213	4,868,049	2,458,124	0,50495	0,0479	0,00171	0,08021	0,00457	0,01214	0,00031	0,00371	0,00021
OL0214	559,302	2,448,447	0,437768	0,052	0,00141	0,09032	0,00424	0,0126	0,00031	0,00434	0,00025
OL0215	5,433,702	3,670,448	0,675497	0,05133	0,00151	0,08784	0,00438	0,01241	0,00031	0,00404	0,00023
OL0216	6,640,267	279,879	0,421488	0,04954	0,00126	0,08277	0,00375	0,01212	0,0003	0,00375	0,00023

Tablo 1. 'in devamı

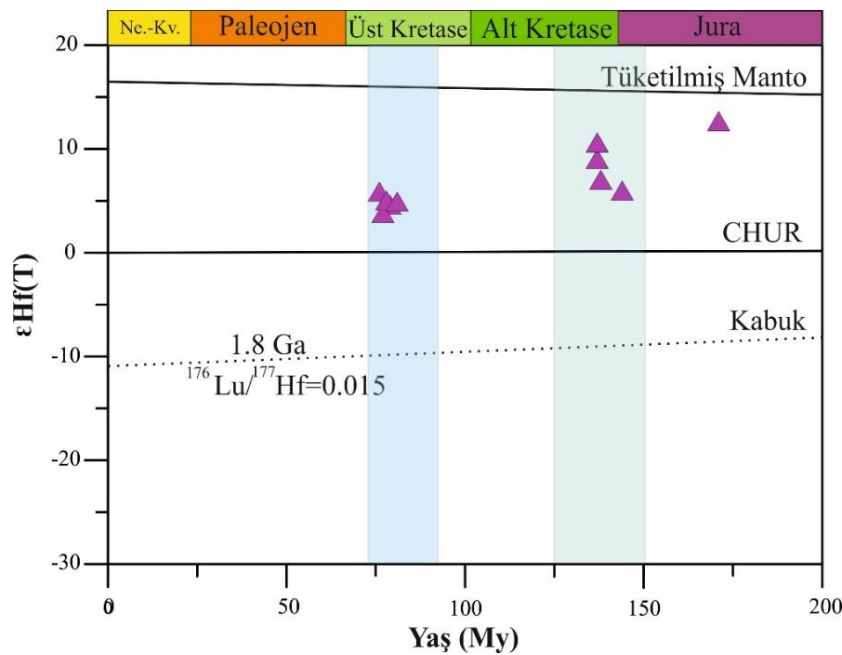
Yaş							
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	1σ
111	97	131	8	132	3	132	3
382	29	185	5	170	4	171	6
1077	134	205	18	137	4	130	3
6	71	77	4	79	2	80	3
357	131	185	15	171	5	170	4
128	46	79	3	77	2	81	4
185	34	80	3	76	2	80	4
199	136	176	14	174	5	174	5
1884	20	312	7	144	3	120	6
600	168	166	16	137	4	134	3
152	103	79	5	77	2	77	4
292	77	147	8	138	3	132	8
94	75	78	4	78	2	75	4
285	56	88	4	81	2	88	5
256	62	85	4	80	2	81	5
173	54	81	4	78	2	76	5

Tablo 2. Güvendik Dayk Karmaşığı'ndan Alınan OL02 Nolu Metagranit Örneğinin Zirkon Lu-Hf Verileri

Örnek	Yaş (My)	± 1s	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	± 2s	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	± 2s	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ (T)
OL02-3	137	4	0,282948	0,000013	0,0017322	0,000034	0,282943564
OL02-4	79	2	0,282857	0,000021	0,00171571	0,000052	0,282854468
OL02-5	171	5	0,283034	0,000014	0,00265085	0,000041	0,283025523
OL02-7	76	2	0,282895	0,000013	0,00196345	0,000074	0,282892212
OL02-9	144	3	0,282855	0,000014	0,000823919	0,000019	0,282852782
OL02-10	137	4	0,282993	0,000011	0,0017826	0,000038	0,282988435
OL02-11	77	2	0,282835	0,000011	0,000990876	0,000021	0,282833575
OL02-12	138	3	0,28289	0,000013	0,00150338	0,000036	0,282886122
OL02-13	78	2	0,282869	0,000017	0,00158431	0,000034	0,282866691
OL02-14	81	2	0,282864	0,000012	0,0013523	0,000037	0,282861953

Tablo 2.'nin devamı

$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ CHUR(T)	e Hf(0)	e Hf(T)	± 2s	T(DM) 1	T(DM) 2
0,282686973	6,224096	9,076861	0,459873	439,3346	610,7599
0,282722996	3,005955	4,650184	0,742777	570,7582	849,9342
0,282665837	9,265415	12,72478	0,495284	322,6525	402,6864
0,282724858	4,349794	5,919311	0,459811	519,3255	766,3121
0,282682622	2,935227	6,019456	0,495255	560,1039	812,1886
0,282686973	7,815484	10,66416	0,389123	374,612	508,8275
0,282724238	2,227943	3,86726	0,389072	590,9196	898,5963
0,282686351	4,172973	7,066856	0,459874	520,0696	740,4413
0,282723617	3,430325	5,060568	0,601294	551,4551	822,8989
0,282721755	3,253505	4,958895	0,424446	555,1739	831,7314

**Şekil 6.** Zirkon U-Pb Yaşına Karşı $\epsilon\text{Hf}(t)$ Diyagramı

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnceleme konusunu oluşturan kayaçlar Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait metagranitler ile temsil edilmektedir. Bu çalışma kapsamında inceleme konusu metagranitler üzerinde zirkon U-Pb ve Lu-Hf izotop verileri elde edilmiştir. Kıtasal kabuk içerisinde zirkonyum yoğun oranda bulunmaktadır. Rudnick & Gao, (2003)' göre alt kıtasal kabuktaki ortalama zirkon konsantrasyonu 68 ppm iken, üst kıtasal kabuk içerisinde bu değer ortalama 193 ppm'dir. Zirkon genel olarak yavaş ve dengesiz ergimenin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Bu sebeple kabuk ergimesinin bir sonucu olarak zirkon yaygın olarak görülmektedir. Hoskin & Schaltegger (2003), metamorfik ve magmatik kökenli zirkonları ayırmak için zirkonlar üzerinde ölçülen Th/U oranlarından yararlanmıştır. Magmatik zirkonlar için Th/U oranları 0,5'ten büyük olduğunu öne sürmüşlerdir. İncelenen kayaçların Th/U değerleri 0,33-1,31 arasında değişmektedir. Buna göre incelenen metagranitler içerisindeki zirkonların hem magmatik hem de metamorfik kökenli zirkonlardan oluştuğu görülmüştür.

Zirkon içerisinde yer alan ^{176}Lu ile ^{176}Hf arasındaki radyoaktif bozunma mantoda kısmi ergime sürecinde Lu ve Hf'un farklı davranışlarından kaynaklı olarak kıtasal kabuğun oluşum süreci ile ilgili önemli veriler sunmaktadır. Lu Hf'ye kıyasla daha uyumludur. Hf elementi ergiyiği tercih ettiği için tüketilmiş mantoda kısmen daha yüksek Lu/Hf oranları görülmektedir (Griffin vd. 2000; Dhuime vd. 2011) ($^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0,0384 - 0,0390$). Hf elementinin uyumsuz davranışının bir sonucu olarak 0,008 ile 0,025 aralığında değişen kabuksal $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ izotop değerleriyle kıtasal kabukta zenginleşmesine sebep olmaktadır (Vervoort & Patchett, 1996; Vervoort & Blichert-Toft, 1999; Rudnick ve Gao, 2003; Hawkesworth ve Kemp, 2006; Wang vd., 2011). ^{176}Lu ile ^{176}Hf 'nin bozunması sonucu mantoda kısmen daha yüksek oranlarda $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ değerleri ve kabukta kısmen daha düşük $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ değerleri üretmektedir. Epsilon parametresi ($\epsilon\text{Hf}(t)$) Lu-Hf izotop verilerinin değerlendirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerine sahip kayaçların genel olarak tüketilmiş manto ya da juvenil alt kabuktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Negatif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerine sahip olanlar evrimleşmiştir ve zenginleşmiş litosferik manto kökenini temsil etmektedir (Griffin vd. 2002).

Zirkon minerallerinden elde edilen Hf izotopları ana magma kökeni ve karışım süreçlerini belirlemek amacı ile kullanılabilir (Griffin vd. 2002). Zhao vd. (2012) Hf izotoplarının, farklı kaynaklardan türetilen felsik ve mafik magmalar arasındaki karışım süreçleri hakkında en doğru ipuçlarını verdiğini öne sürmektedir. Benzer zirkon U-Pb jeokronoloji verileri içeren magmatik kayaçların değişken $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerine sahip olmasının sebebi magmaların farklı kaynak bölgelerinden türemesinin bir sonucudur (Yang vd. 2007). Ma vd. (2013), pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerinin, magmaların tüketilmiş manto kaynağından türediğini belirtmektedir. Chen vd. (2008) ve Yang vd. (2006) negatif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerinin zenginleşmiş litosferik manto kaynağına işaret ettiğini söylemişlerdir. İnceleme konusunu metagranitlerin $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri sırasıyla (6,01-12,7/ 3,8-5,9) aralığında değişim gösteren pozitif değerlere sahiptir. Pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerleri bu kayaçların tüketilmiş bir manto kaynağı kökeninden türediğini göstermektedir. Zirkon U-Pb jeokronolojisi verilerine göre inceleme konusunu oluşturan metagranitlerin kristalizasyon yaşı 146 ± 13 My, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ verilerine göre metamorfizma yaşı ise $78,3 \pm 1,4$ My. olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak;

- ✓ Güvendik Dayk Karmaşığı'na ait inceleme konusunu oluşturan birimler metagranitler ile temsil edilmektedir.
- ✓ Birim petrografik olarak kuvars (15-20 vol. %), K-feldispat (22-30 vol. %), plajiyoklas (30-34 vol. %), biyotit/muskovit (5-7 vol. %) ve amfibol (4-6 vol. %) minerallerinden oluşmakta olup granoblastik doku göstermektedir.
- ✓ Zirkon U-Pb yaş verilerine göre metagranitlerin kristalizasyon yaşı 146 ± 13 My, metamorfizma yaşı $78,3 \pm 1,4$ My'dir.
- ✓ Zirkon Lu-Hf izotop verilerine göre metagranitler Pozitif $\epsilon\text{Hf}(t)$ değerlerine sahip olup tüketilmiş bir manto kökeninden geldiği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın doktorasının bir bölümünü oluşturmakta olup, Doktora Sırası Yurtdışı Araştırma Bursu Programı tarafından desteklenmiştir (TÜBİTAK 2214A; Protokol numarası 1059B141800146). Analizlerin yapılması konusunda desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Sun-Lin Chung'a (Ulusal Tayvan Üniversitesi) ve laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan Yu-Chin Lin ve Jia-Huei Chen'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H. P., & Satır, M. (2008). Geochemical and Sr-Nd-Pb İstotopic Characteristics of Paleocene Plagioclitites from the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 105, 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2008.03.001>
- Chen, B., Tian, W., Jahn, B.M., & Chen, Z.C. (2008). Zircon SHRIMP U-Pb age and in-situ Hf isotopic analysis for the Mesozoic intrusion in South Taihang, North China craton: evidenc for hybridization between mantle-derived magmas and crustal components. *Lithos*, 102, 118-137. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.012>
- Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov, A., Chiaradia, A., Saraç, C., Revan, K.M., & Göç, D. (2016). Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu-Mo prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New constraints from geochronology and geochemistry. *Lithos*, 248-251, 119-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2016.01.020>
- Dhuime, B. Hawkesworth, C., & Cawood, P. (2011). When continents formed. *Science*, 331, 154-155.
- Dokuz, A. (2011). A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high- potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton. *Gondwana Research*, 19, 926-944. <https://doi.org/10.1126/science.1201245>
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B., & Uysal, İ. (2010). Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides. *Tectonophysics*, 480, 259-279. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.10.009>
- Griffin, W.L., Pearson, N.J., Belousova, E., Jackson, S.E., van Achterbergh, E., O'Reilly, S.Y., & Shee, S.R. (2000). The Hf isotope composition of cratonic mantle: LAM-MC-ICP MS analysis of zircon megacrysts in kimberlites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64, 133-147. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(99\)00343-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(99)00343-9)
- Griffin, W.L., Wang, X., Jackson, S.E., Pearson, N.J., O'Reilly, S.Y., Xu, X.S., & Zhou, X.M. (2002). Zircon chemistry and magma mixing, SE China: in situ analysis of Hf isotopes, Tongluand Pingtan igneous complexes. *Lithos*, 61, 237-269. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(02\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00082-8)
- Gülmez, G. (2015). Oltu (KD Erzurum) ve Orduzu (D Malatya) Dolaylarının Eosen Foraminifer Biyostratigrafisi ve Paleoklimsel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Tunceli ve Atatürk Üniversitesi Ortak Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hawkesworth, C.J., & Kemp, A.I.S. (2006). Using hafnium and oxygen isotopes in zircons to unravel the record of crustal evolution. *Chemical Geology*, 226, 144-162. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.09.018>
- Hoskin, P.W.O., & Schaltegger U. (2003). The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53 (1), 27-62. <https://doi.org/10.2113/0530027>
- Karşlı, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, B., & Kandemir, R. (2012). A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: Records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environments. *Tectonophysics*, 530-531, 208-224. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.12.030>
- 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*, 71, 59-75. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2010.07.005>
- 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*, 4, 423-438. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2012.09.003>
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F., & Temizel, İ. (2016). U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constrains for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. *Gondwana Research*, 39, 327-346.

- Konak, N., Ercan, T., & Bilgin, Z.R. (1991). Artvin-Oltu arasındaki Jura öncesi kayaların tanımı ve yapısal özellikleri. Ankara Üniversitesi Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiri Özleri.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N., & Ercan, T. (2001). Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu- Olur-Şenkaya- Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No 10489, Ankara (Yayımlanmamış).
- Konak, N., & Hakyemez, H.Y. (2001). Tectonic units of the easternmost part of the Pontides: Stratigraphical and structural implications, Proceedings of the 2nd Int. Symp. on the Petroleum Geology and Hydrocarbon Potential of the Black Sea Area, 93-103, Turkish Association of Petroleum Geologists, Special Publication. 4.
- Konak, N., & Hakyemez H.Y. (2009). 1: 100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Tortum-G47 Paftası No: 105. MTA Genel Müdürlüğü yayını, Ankara
- Ma, X., Chen, B., Chen, J.F., & Niu, X.L. (2013). Zircon SHRIMP U–Pb age, geochemical, Sr– Nd isotopic, and in-situ Hf isotopic data of the Late Carboniferous–Early Permian plutons in the northern margin of the North China Craton. *China Earth Sciences*, 56, 126–144. <https://doi.org/10.1007/s11430-012-4456-6>
- MTA, (2002). 1:500,000-Scale Map of Turkey. MTA, Ankara.
- Okay, A.I., & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, AAPG Memoir, 68, 291-310.
- Okay, A.I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M., (Eds), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. *Geological Society London Special Publications*, 156, 475-515.
- Özsayar, T. Pelin, S., & Gedikoğlu, A. (1981). Artvin Yöresi Yastık Lavlarının Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler. *KTÜ Yerbilimleri Dergisi*, 2, 1-2,
- Rudnick, R.L., & Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. In: Rudnick, R.L. (Ed.), Treatise on Geochemistry: The Crust. Elsevier, pp. 1–64.
- Sar, A., Kürüm, S., & Bingöl, A.F. (2023). Early Cretaceous to Middle Eocene Magmatic Evolution of Eastern Pontides: Zircon U-Pb Ages and Hf Isotopes, and Geochemical and Sr-Nd Isotopic Constraints from Multiphase Granitoids, NE Turkey. *Journal of Earth Science*, 34, 518-534. doi: <https://doi.org/10.1007/s12583-022-1640-2>
- Sar, A., Kürüm, S., & Lee, H.-Y. (2022). Çamlıkaya (İspir/Erzurum) Köyü Çevresinde Yüzeyleyen Kaçkar Batoliti'ne ait Granitoidlerin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Int. J. Pure Appl. Sci.* 8(1), 224-238. <https://doi.org/10.29132/ijpas.991777>
- Sipahi, F. (2005). Zigana dağı (Torul-Gümüşhane) volkanitlerindeki hidrotermal ayrışmaların mineraloji ve jeokimyası / Mineralogy and geochemistry of hydrothermal alterations in Zigana mountain (Torul-Gümüşhane) volcanics, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sipahi, F., & Sadıklar, M.B. (2014). Geochemistry of dacitic volcanics in the Eastern Pontides NE Turkey. *Geochemistry International*, 52, 296–315. <https://doi.org/10.7868/S0016752514040086>
- Sipahi, F., Gücer, M.A., Dokuz, A., Yi, K., Kaygusuz, A., Akaryalı, E., Saydam Eker, Ç., & Doruk, C. (2023). The Sr, Nd, Pb, and Hf isotopes and crystallization conditions of the middle Eocene Dağdibi Pluton in the eastern Sakarya Zone, Turkey. *Geological Magazine*, 160, 1193-1210. doi: <https://doi.org/10.1017/S001675682300033X>
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam, Ç., Vural, E.A., & Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60, 382–400. <https://doi.org/10.1080/00206814.2017.1336120>
- Sünnetçi, K. (2008). Erken Jura Yaşlı Asidik Kayaçların (Olur-Erzurum) Jeokimyasal Ve İzotopik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72 s.
- Şen, C. (2007). Jurassic volcanism in the eastern Pontides: is it rift related or subduction related. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 523–539.
- Şengör, A.M.C., & Yilmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-4)

- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A., & Meyer, H.P. (2007). Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873. <https://doi.org/10.1007/s00531-006-0138-y>
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M., Satır, M., & Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116, 92–110. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.01.003>
- Vervoort, J.D., & Blichert-Toft, J. (1999). Evolution of the depleted mantle: Hf isotope evidence from juvenile rocks through time. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 533–556. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(98\)00274-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(98)00274-9)
- Vervoort, J.D., & Patchett, J. (1996). Behavior of hafnium and neodymium isotopes in the crust: Constraints from Precambrian crustally derived granites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 3717–3733. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(96\)00201-3](https://doi.org/10.1016/0016-7037(96)00201-3)
- Wang, C.Y., Campbell, I.H., Stepanov, A.S., Allen, C.M., & Burtsev, I.N. (2011). Growth rate of the preserved continental crust: II. Constraints from Hf and O isotopes in detrital zircons from Greater Russian Rivers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 1308–1345. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.12.010>
- Yang, J.H., Wu, F.Y., Chung, S.L., Wilde, S.A., & Chu, M.F. (2006). A hybrid origin for the Qianshan A-type granite, northeast China: Geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic evidence. *Lithos*, 89, 89-106. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2005.10.002>
- Yang, J.H., Wu, F.Y., Wilde, S.A., Xie, L.W., Yang, Y.H., & Liu, X.M. (2007). Tracing magma mixing in granite genesis: in situ U–Pb dating and Hf isotope analysis of zircons. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 53, 177–179. <https://doi.org/10.1007/s00410-006-0139-7>
- Zhao, K.D., Jiang, S.Y., Yang, S.Y., Dai, B.Z., & Lu, J.J. (2012). Mineral chemistry, trace elements and Sr–Nd–Hf isotope geochemistry and petrogenesis of Cailing and Furong granites and mafic enclaves from the Qitianling batholith in the SiHang zone, South China. *Gondwana Research*, 22, 310–324. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.09.010>