

Metaboksitlerin Pb İzotopik Özellikleri Üzerine Bir Çalışma (Milas-Muğla-Türkiye)

Leyla KALENDER¹, Hatice KARA^{2*}, Azar AKHUNDLU³

^{1,2,3} Fırat University, Faculty of Engineer, Department of Geology, Elazığ, Türkiye

¹ <https://orcid.org/0000-0001-6078-428X>

² <https://orcid.org/0000-0003-3441-9865>

³ <https://orcid.org/0000-0002-1864-7385>

*Sorumlu yazar: haticekara@firat.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 05.10.2022

Kabul tarihi: 01.03.2023

Online Yayınlanma: 04.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Diyaspor

Metaboksit

Milas (Muğla-Türkiye)

Pb izotop

Cevherlerin Pb izotop bileşimi, cevher kaynaklarının izini sürmek için önemli yaklaşımlardan biridir. Milas-Muğla metaboksit yataklarının oluşum koşullarının belirlenmesine yönelik bu çalışma ile örneklerin Pb izotopik bileşimleri Doe ve Zartman plumbotektonik modellerine yansıtılmıştır ve sonuçlar yorumlanmıştır. ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb ve ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb oranına göre; örneklerin bazıları metaboksit kaynağının üst kıtasal kabuk kaynaklı olduğu ancak bazı örneklerin ise alt kabuk kaynaklı kirlenmenin olduğu belirlenmiştir.

A Study on Pb Isotopic Characteristics of Bauxite (Milas-Muğla-Türkiye)

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 05.10.2022

Accepted: 01.03.2023

Published online: 04.12.2023

Keywords:

Diaspore

Metabauxite

Milas (Muğla-Türkiye)

Pb isotope

The Pb isotopic composition of ores is one of the important approaches to trace the ore sources. With this study to determine the formation conditions of Milas-Muğla metabauxite deposits, the Pb isotopic compositions of the samples were reflected in the Doe and Zartman plumbotectonic models and the results were interpreted. According to the ratio of ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb; It was determined that the metabauxite source of some of the samples was from the upper continental crust, but some samples were contaminated by the lower crust.

To Cite: Kalender L., Kara H., Akhundlu A. Metaboksitin Pb İzotopik Özellikleri Üzerine Bir Çalışma (Milas-Muğla-Türkiye). Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(3): 1810-1819.

1. Giriş

Dünya boksit kaynaklarının %14'ünü temsil eden karst boksitler, morfoloji, bileşim ve coğrafi-paleocoğrafik kriterlere dayalı olarak otokton, para-otokton, allokton ve para-allokton alt tiplerine ayrılmıştır (Laville, 1981; Bárdossy, 1982; Combes, 1990; Combes ve ark., 1993). Karst boksitler lateritik boksitlerden farklıdır. Tipik olarak, klasik lateritik bir profil sergilemezler ve farklı ortamdaki ana kayaç ya da kayaçların lateritik topraklarının drenaj ağları vasıtasıyla karstik ceplere ya da çukurlara depolanması ile oluşan allokton kökenli oluşumlardır (Herrington ve ark., 2016; Mondillo ve ark., 2021). Türkiye'de Seydişehir karstik boksit yatakları buna tipik örnek olarak verilebilir. Doğu Akdeniz bölgesinin karst boksitleri ve metaboksitleri ve bu oluşumların metamorfik karşılıkları olan metaboksitler, genellikle Permo-Triyas'tan Kretase'ye kadar kalın tabakalı platform tipi kayaçlarla

çevrilidir (Liaghat ve ark., 2003; Calagari ve Abedini, 2007; Zarasvandi ve ark., 2008). Özellikle dünya çapında çok nadir bulunan korund bakımından zengin metaboksitler, Türkiye'nin güneybatısındaki Menderes Masifi'nde rapor edilmiştir (Yalçın, 1987; Aydoğan, 2001; Aydoğan ve Moazzen, 2012). Bu kayaçlar, Menderes Masifi'nde, bölgesel olarak metamorfeze olmuş temel çekirdek kayaları çevreleyen kalın tabakalı Mesozoyik metasedimanter tabakalara gömülmüş eski karstik cepleri/boşlukları temsil eden, düzensiz şekilli mercekler ve sucuk yapısı benzeri yapılar olarak mostra vermektedirler (Aydoğan ve Moazzen, 2012). Buna ek olarak, bölgede özellikle İsmail Dağı (Yatağan, Muğla) civarında plaser zımparataşı yatakları mevcuttur (Aydın ve ark., 2011).

Boksit cevherlerinin kurşun (Pb) izotop bileşimi, cevher kaynaklarının izini sürmek için önemli yaklaşımlardan biridir. Özellikle maden yataklarında cevherin kaynağını belirlemek amacıyla kurşun izotop çalışmaları yapılmaktadır. Chenming (2012), Guangxi (Çin) boksitlerinde Pb izotop bileşimlerinin özelliklerini ve bunlardan yola çıkarak kaynak modellemesi üzerinde çalışmalar yapmıştır. Buna göre Nadou ve Taiping maden bölgelerinden alınan cevher ve kaya örneklerinin Pb izotopik bileşimleri, Doe ve Zartman plumbotektonik modellerine yansıtılmıştır ve sonuçlar, cevher kaynaklarının iki maden için farklı olduğunu göstermiştir.

Pb izotopları arasında ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb bulunmaktadır. ^{204}Pb radyojenik değildir, dolayısıyla bolluğu değişmeden kalmaktadır. Ancak ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb sırasıyla ^{238}U , ^{235}U ve ^{232}Th 'nin son bozunma ürünleridir. ^{238}U , ^{235}U ve ^{232}Th 'nin kademeli olarak azalması nedeniyle, ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb izotoplarının bolluğu artmaya devam etmektedir, dolayısıyla $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları kullanarak cevher kaynaklarını incelemek için en etkili araçlardan biridir (Chaozhuang, 2009; Fengxiang, 2009; Shah ve ark., 2010; Sihong ve ark., 2010; Qinzhi ve ark., 2012; Liu ve ark., 2017).

Bu çalışmada, Pb izotop verileri ile metaboksit cevheri kaynaklarının izini sürmek amaçlanmıştır. Kurşun izotop çalışmaları, kurşun mineralleri içeren cevherleşmelerde zenginleşen kurşunun kökeninin araştırılmasında kullanılan en yararlı yöntemdir. Cevherleşmeler içindeki diğer metallerin kökeni için de kurşun ile birlikte aynı kaynaktan geldikleri düşünülerek yaklaşımlarda bulunmaktadır. Jeokimyasal incelemeler sırasında; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları analiz edilmekte ve sonuçlar $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ikili diyagramları hazırlanarak köken açısından değerlendirilmektedir. Köken incelemelerinde ise U ve Th içeriği çok düşük (zamanla radyojenik Pb üretimi sonucu izotopsal bileşimi değişmeyen) galen gibi mineraller, yaş tayini incelemelerinde U ve Th içeriği yüksek olan zirkon gibi mineraller kullanılmaktadır (Tosdal ve ark., 1999). Muğla-Milas bölgelerinden alınan metaboksit örneklerinin Pb izotopik bileşimleri Doe ve Zartman plumbotektonik modellerine yansıtılmıştır ve sonuçlar yorumlanmıştır.

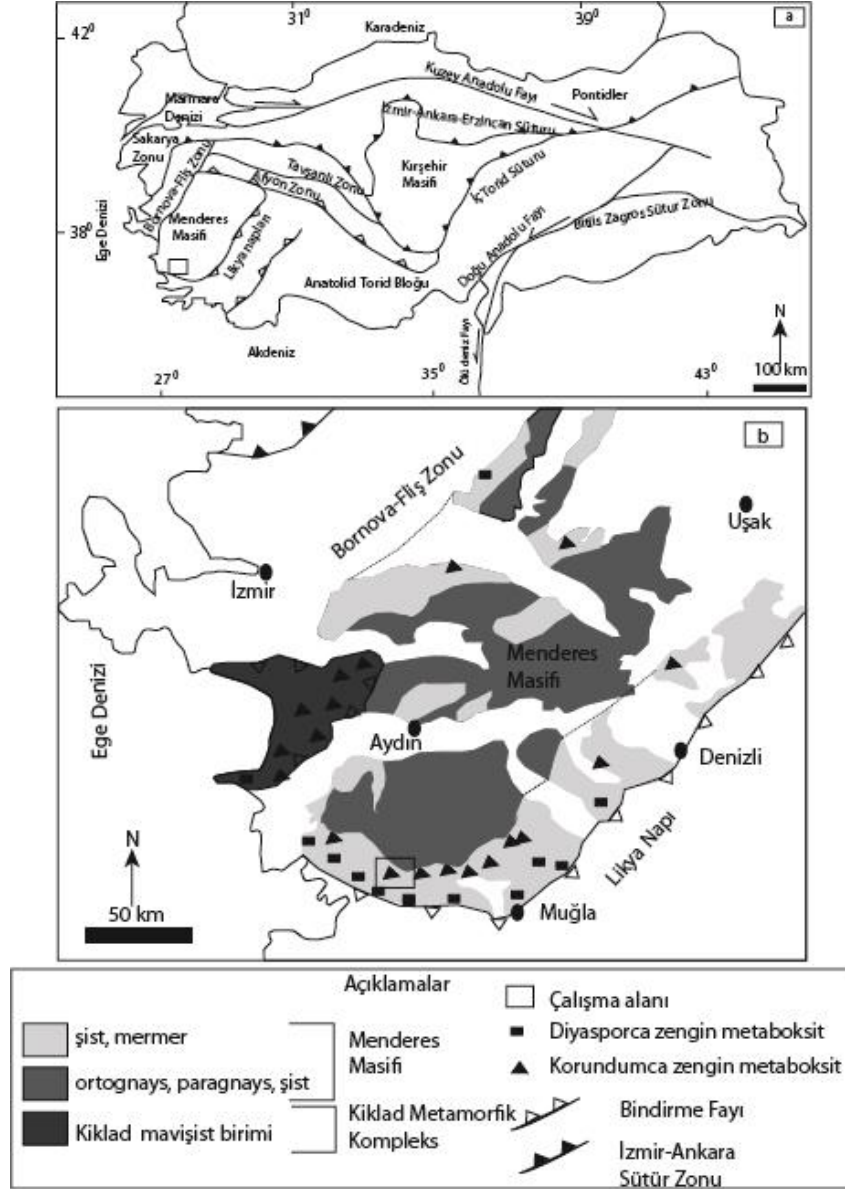
2. Materyal ve Metot

ICP-MS (Ion Coupled Plasma- Mass Spectrometry) analiz yöntemi ile metaboksit ve yan kayaç örnekleri aqua regia (kral suyu) (1:1:1 HNO₃:HCl:H₂O) çözdürülmüştür. Toplamda 2 gram örnek

lantanitler ve refraktör elementler için 200 mesh altı alınarak analiz edilmiştir. Lityum borat füzyonu (LF 100) ile rayojenik Pb ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb izotop bileşim oranları belirlenmiştir. Kurşun izotop analizleri için STD DS11, STD NIST981-1Y ve STD NIST 983 -1Y standartlar kullanılmıştır. Tüm analizler Kanada ACME Bureau Veritas Mineral Laboratuvarında yaptırılmıştır. Masif metaboksitlerden 8 numune ve yan kayaçlardan 2 numune üzerinde Pb izotop analizleri yapılmıştır.

3. Genel Jeoloji

Çalışma alanı, Muğla-Milas metaboksit yatağının jeolojisi, Menderes Masifinin literatür kapsamında anlatılması ile ortaya konulacaktır. Menderes Masifi üzerine birçok bilimsel çalışma bulunmaktadır. İlk olarak; “Menderes Masifi” adı Paréjas (1940) tarafından kullanılmış ve 1944 yılında jeolojik haritalarda tektonik dilim olarak gösterilmiştir. Erdoğan ve ark., (2011) önceki araştırmacılardan farklı olarak Menderes Masifi'nin çekirdeğine dahil edilen gözlü gnaysların Geç Kretase-Erken Eosen yaşlı granitoidlerden türediğini ileri sürmüştür. Önceki çalışmalarda bu birimler Prekambriyen yaşlı gnays ve şistler olarak değerlendirilmiştir ve Menderes Masifindeki naplı yapıların varlığını tespit edilmiştir (Bozkurt ve ark.,1993; Candan ve ark., 1992; Dora ve ark.,1994, 1995) (Şekil 1a ve Şekil 1b). Metaboksit oluşumları Göktepe napında Orta-Geç Triyas yaşlı mermerler ile Jura-Kretase yaşlı birimler arasında bulunurlar.



Şekil 1. a) Türkiye'nin tektonik birimlerini gösteren basitleştirilmiş tektonik harita (Okan ve Tüysüz, 1999; Whitney ve Bozkurt, 2002). b) Muğla-Milas (Menderes Masifi) civarının jeoloji haritası (Yalçın ve ark., 1993; Aydoğan ve Moazzen, 2012'den değiştirildi)

4. Bulgular ve Tartışma

Muğla-Milas metaboksit yataklarının oluşum koşullarının belirlenmesine yönelik bu çalışma Muğla ili Milas ilçe sınırları içerisinde 4131523 K enlemi ve 588484 D boylamlarında yer almaktadır (Şekil 1 a).

Çalışma alanından alınan örneklerin Pb izotop bileşimleri ve izotop oranları Tablo 1'de verilmiştir. B2 nolu örnekte en yüksek kurşun değerleri görülmektedir. D1a nolu örnek ise 0,5 kat daha düşük kurşun değerlerine sahiptir (Tablo 1). Tüm örneklerdeki farklı kütle sayısına sahip kurşun izotopları duraylı kurşun değerine bölüldüğü zaman B1 ve D3 nolu örnekler en yüksek Pb izotop oranı değerine sahiptir.

Tablo 1. Metaboksit ve yan kayaç örneklerinin Pb izotop içerikleri verilmiştir (*: ppm).

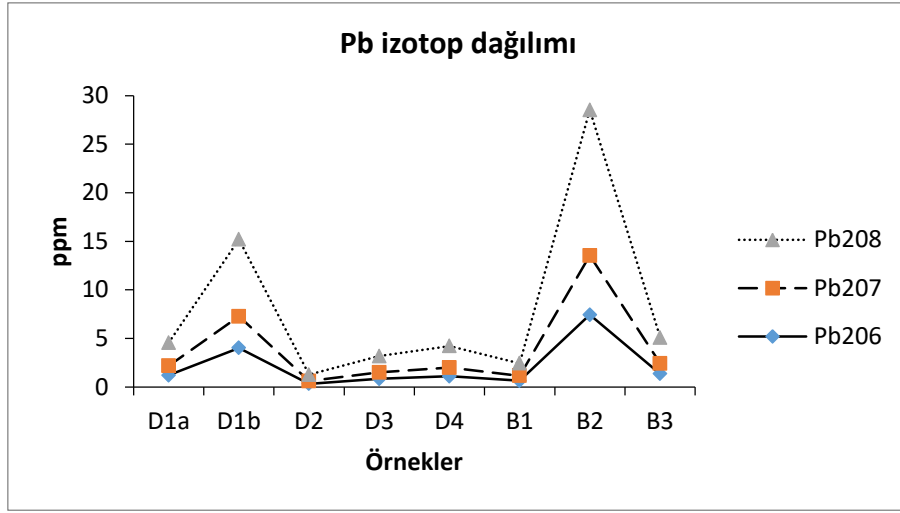
Örnek No	²⁰⁴ Pb *	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁷ Pb*	²⁰⁸ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
D1a (mermer)	0,06	1,20	0,97	2,37	20,00	16,17	39,50
D1b (mermer)	0,2	4,01	3,25	7,94	20,05	16,25	39,70
D2 (metaboksit)	0,02	0,33	0,27	0,66	16,5	13,50	33,00
D3 (metaboksit)	0,04	0,83	0,67	1,67	20,75	16,75	41,75
D4 (metaboksit)	0,06	1,09	0,9	2,23	18,17	15,00	37,17
B1 (metaboksit)	0,03	0,63	0,52	1,29	21,00	17,33	43,00
B2 (metaboksit)	0,39	7,42	6,11	15,00	19,03	15,67	38,46
B3 (metaboksit)	0,07	1,34	1,08	2,66	19,14	15,43	38,00

Kurşun izotop çalışmaları, kurşun mineralleri içeren cevherleşmelerde zenginleşen kurşunun kökeninin araştırılmasında kullanılan en yararlı yöntemdir. Cevherleşmeler içindeki diğer metallerin kökeni için de kurşun ile birlikte aynı kaynaktan geldikleri düşünülerek yaklaşımlarda bulunmaktadır (Tosdal ve ark., 1999). Jeokimyasal incelemeler sırasında; ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb ve ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb izotop oranları analiz edilmekte ve sonuçlar ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb ikili diyagramları hazırlanarak köken açısından değerlendirilmektedir (Tosdal ve ark., 1999).

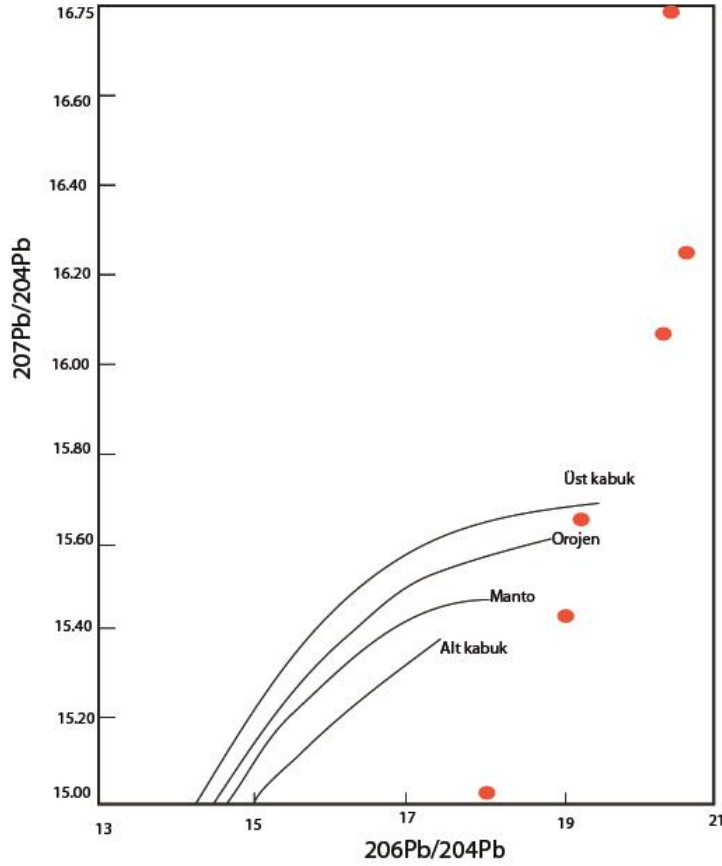
Bu çalışmada Pb izotop bileşim oranları her bir örnek için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır (Şekil 3). En yüksek değerlerin, D1b ve B2 nolu örnekler ile temsil edildiği belirlenmiştir (Şekil 3). Zartman ve Doe (1981) plumbotektonik diagram üzerinde metaboksit ve mermer örneklerinin ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb -²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb ve ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb izotop bileşim dağılımında örneklerin bazıları (D1b, D3, B1, B2) metaboksit kaynağının üst kıtasal kabuk olduğunu ancak D4 ve D2 nolu örneklerin ise alt kabuk kaynaklı kirlenmenin söz konusu olduğunu göstermektedir (Şekil 4 ve Şekil 5).

Kurşun izotop bileşimlerine göre cevherin kökenini bulmaya yönelik yapılan çalışmalarından bazıları aşağıda özetlenmiştir. Eskiköy (Malatya) bölgesindeki kurşun-çinko-barit yatağından alınan barit örneklerinin izotop verileri Zartman ve Doe'nun (1981) plumbotektonik diyagrama göre, manto, orojen ve alt kabuk eğrisi arasında olduğu belirlenerek, baritteki kurşunun manto, orojen ve kabuk kaynaklarından türetildiğini göstermektedir (Kara ve Bal Akkoca, 2021). Demirören (2010), Bolkardağ-Aladağlar Pb-Zn cevherleşmelerinin kurşun izotop niteliklerini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada; galen cevherinin Pb-izotop bileşimleri çalışılan bütün yatakları için, referans kabuksal büyüme eğrileri ve geleneksel Pb-izotop diyagramları üzerinde izokronlara (eş yaş eğrileri) göre şekillenmeleri değerlendirildiğinde ortalama kabuksal değerlere göre daha büyük U/Pb oranlarına işaret etmekte olduğunu ve bu durumun kurşun için üst kabuksal kaynağa işaret ettiğini belirtmiştir. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Alanya (Antalya) bölgelerindeki barit yataklarının kurşun kaynağı, kurşun izotop bileşimi için (galen, pirit) orojenik ve üst kabuk kökenli olarak yorumlanmıştır (Cengiz ve ark., 2008). Guangxi bölgesinde (Çin) çeşitli madenlerden alınan cevher ve kayaç örneklerinin Pb izotopik bileşimleri üzerinde yapılan karşılaştırmalı çalışma sonuçlarına göre: Pb izotopik bileşimi, boksitin cevher kaynaklarının sadece kireçtaşını değil, aynı zamanda diğer tortul kayaçları ve magmatik kayaçları da içerdiği belirlenmiştir (Qinzhi ve ark., 2012). Liu ve ark., (2017) Permiyen karstik Pingguo boksit yatağının izotopik (Sr-Nd-Pb) verileri ile bu bölgedeki Permiyen boksitlerini

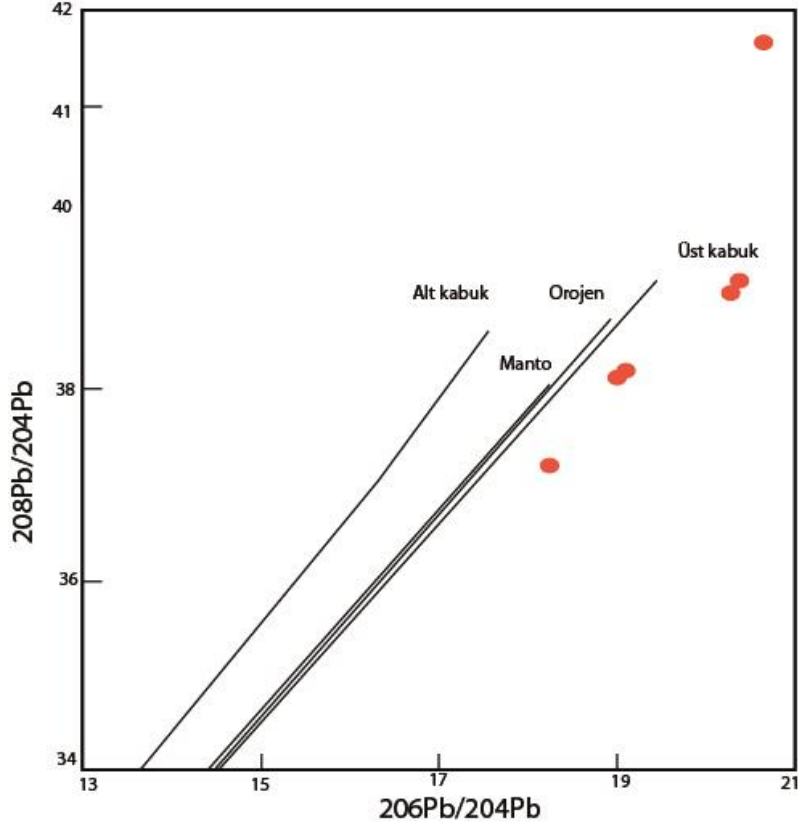
oluşturan süreçler hakkında bilgi edinmişlerdir. Boksitin Sr-Nd-Pb izotopik bileşimine göre kireçtaşı ve magmatik kayalardan (özellikle bazaltlardan) oluştuğu belirlenmiştir (Liu ve ark., 2017).



Şekil 3. Metaboksit örneklerinin Pb izotop dağılımı.



Şekil 4. Zartman ve Doe (1981) plumbotektonik diagram üzerinde metaboksit ve mermer örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop bileşim dağılımı.



Şekil 5. Zartman ve Doe (1981) plumbotektonik diagram üzerinde metaboksit ve mermer örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop bileşim dağılımı.

5. Sonuç

Bu çalışmada Pb izotop bileşim oranları her bir örnek için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır ve en yüksek değerlerin, D1b ve B2 nolu örnekler ile temsil edildiği belirlenmiştir. Zartman ve Doe (1981) plumbotektonik diagram üzerinde metaboksit ve mermer örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop bileşim dağılımında örneklerin bazıları (D1b, D3, B1, B2) metaboksit kaynağının üst kıtasal kabuk olduğunu ancak D4 ve D2 nolu örneklerin ise alt kabuk kaynaklı kirlenmenin olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Elazığ, FÜBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri) MF1440 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye benzer oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Alan İ., Keskin H., Böke N., Altun İ., Balci V., Elibol H., Demirbağ H., Bakirhan B., Arman S., Soyakıl M., Hanilçı N., Çelik ÖF., Candan O. MTA doğal kaynaklar ve ekonomi bülteni 2019; 28: 41-48.
- Aydoğan MS. (Muğla-Yatağan) Elmacık köyü İsmail Dağı civarındaki zımparaların araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel University, MSc Thesis, (Turkish with English abstract) 2001; 53.
- Aydoğan MS., Moazzen M. Origin and metamorphism of corundum-rich metabauxites at Mt. Ismail in the Southern Menderes Massif, SW Turkey. *Resource Geology* 2012; 62(3): 243–262.
- Bárdossy G., Karst bauxites. Elsevier Scientific, Amsterdam 1982; 441.
- Bozkurt E., Park RG., Winchester JA. Evidence against the core/cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, West Turkey. *Terra Nova* 1993; 445-451.
- Candan O., Dora OÖ., Kun N., Akal C., Koralay E. Aydın Dağları (Menderes Masifi) güney kesimindeki allokton metamorfik birimler. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni* 1992; 4: 93-110.
- Calagari AA., Abedini A. Geochemical investigations on Permo-Triassic bauxite horizon at Kanisheeteh, east of Bukan, West-Azarbaidjan, Iran. *J. Geochem. Explor.*, 2007; 94: 1-18.
- Cengiz O., Uçurum A., Muchez P. Orta Toroslar'daki Sarkikaraağaç (Isparta), Hüyük, Beyşehir (Konya) ve Gazipasa (Antalya) barit yataklarının kökeninin sıvı kapanım ve S, O, C, Sr ve Pb izotop incelemeleri ile belirlenmesi. Proje No: 104Y032. 2008. Ankara.
- Chaozhuang X., Tagen D., Wuhui L. Lead and sulfur isotope geochemistry of the Huangshaping lead-zinc deposit, Hunan Province [J]. *Acta Geoscientica Sinica* 2009; 30: 89-94.
- Chenming L. The discovery of the intermediate and basic volcanic rocks in the Dachang ore deposit, Guangxi, and its geological significance. *Kunming University of Science and Technology* 2012; 1(1): 73-78.
- Combes PJ. Typologie, cadre géodynamique et géne`se des bauxites franc,aises. *Geodinamica Acta* 1990; 4: 91-109.
- Combes PJ., Oggiano G., Temussi I. Geodynamique des bauxites sardes, typologie, gé`nese et controle paleotectonique. *Comptes Rendus de l'Acade`mie des Sciences Se`rie II*, 1993; 316: 403-409.
- Demirören SS. Bolkardağ-Aladağlar Pb-Zn cevherleşmelerinin kurşun izotop nitelikleri. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde 2010; 123.
- Dora OÖ., Candan O., Kun N., Akal C. Menderes Masifinin metamorfik evrimi ve orta kesiminin (Ödemiş - Kiraz Asmasifi) 1 / 500.000 ölçekli jeoloji haritasının yapılması. TBAG - 937 nolu TÜBİTAK projesi (yayımlanmamış) 1994; 124.
- Dora OÖ., Candan O., Dürr S., Oberhänsli R. New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes Massif. *International Earth Sciences Colloquium on the Eagean Region, Izmir-Turkey*. 1995; 1: 53-72.

- Erdoğan B., Akay E., Hasözbeğ A. Menderes Masifi'ndeki (Batı Anadolu) gnaysik granitlerin yerleşim özellikleri ve masifin tektonik evrimindeki yeri; Yeni arazi bulguları ve yaş tayinleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi 2011; 142: 167-193.
- Fengxiang L., Fanglin L., Han Yinwen. Characteristics of Pb Isotopic composition in upper mantle Cenozoic for China continent [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences 2009; 34: 1-16.
- Herrington R., Mondillo N., Boni M., Thorne R., Tavlan M. Hukuo bauxite and nickel-cobalt lateritic deposits of the tethyan belt. Society of Economic Geologists, Inc. Special Publication 2016; 19: 349-387.
- Kara H., Bal Akkoca D. Origin of barite mineralization in the Doğanşehir (Malatya): Trace and rare earth element. Isotope and Fluid Inclusion Evidence. El-Cezeri 2021; 8(2): 1035-1050.
- Laville P. La formation bauxitique provenc,ale (France). Se'quence des facie's chimiques et pale'omorphologie cre'tace'e, Chronique de la Recherche Minie're 1981; 461: 51-68.
- Liaghat S., Hosseini M., Zarasvandi A. Determination of the origin and mass change geochemistry during bauxitization process at the Hangan deposit, SW Iran. Geochemistry Journal 2003; 37: 627-637.
- Liu X., Wang O., Zhang Q., Yang S., Liang Y., Zhang Y., Li Y., Guan T. Genesis of the Permian karstic Pingguo bauxite deposit, western Guangxi, China. Miner Deposita 2017; 52: 1031-1048.
- Mondillo N., Herrington R., Boni M. Bauxites. In: Encyclopedia of Geology, Second edition 2021; 694-708.
- Qinzi L., Qianhong W., Yiping Z. A study on Pb isotopic characteristics of raw bauxite in western Guangxi, China. Chin.J.Geochem. 2012; 31: 323-326.
- Okay AI., Tüysüz O. Tethyan sutures of northern Turkey. In Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F. and Séranne, M. (eds.) The Mediterranean basins: tertiary extension within the Alpine orogen. Special Publication 156, Geological Society, London 1999; 475-515.
- Parejas E. La tectonique transversale de la Turquie. Revue de la Faculte des Sciences de l'Universite d'Istanbul, Serie B, tome V, fasc 1940; 3-4.
- Sihong J., Fengjun N., Yifei L. Sulfur and lead isotopic compositions of Bairendaba and Weilasituo silver-polymetallic deposits, Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits 2010; 30, 101-112.
- Shah MT., Khan T., Khan A. Lead isotope signatures of Pb-Zn sulfide mineralization in the Reshian-Lamnian area of Azad Jammu and Kashmir Pakistan [J]. Chinese Journal of Geochemistry 2010; 29: 65-74.
- Tosdal RM., Wooden JL. Bouse RM. Pb isotopes, ore deposits, and metallogenic terranes, application of radiogenic isotopes to ore deposit research and exploration. Reviews in Economic Geology 1999; 12: 1-28.

- Whitney, DL., Bozkurt E. Metamorphic history of the southern Menderes massif, western Turkey. Geol. Soc. Am. Bull., 2002; 114: 829-838.
- Yalçın Ü. Petrologie und Geochemie der Metabauxite SW-Anatoliens. Unpublished PhD Thesis, Ruhr- Universität Bochum, 146p, 1987.
- Yalçın Ü., Schreyer W., Medenbach O. Zn-rich högbomite formed from gahnite in the metabauxites of the Menderes Massif, SW Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., 1993; 113: 314-324.
- Zartman RE., Doe BR. Plumbtectonics-Themodel [J]. Tectonophysics 1981; 75: 1.
- Zarasvandi A., Charchi A., Carranza EJM., Alizadeh B. Karst bauxite deposits in the Zagros Mountain Belt, Iran. Ore Geol. Rev., 2008; 34: 521-532.