



Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması
Investigation of the Geological, Geochemical and Gemological Features of Diaspore Formations on the Southwestern Side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas)

Eyyüp Hikmet Kınacı^{1*} , Alican Öztürk² 

¹ *Batman Üniversitesi TBMYO Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Bölümü, Batman*

² *Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ardıçlı Mah. Selçuklu, Konya*

• Geliş/Received: 07.03.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 05.08.2022 • Kabul/Accepted: 05.08.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 23.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Tarih öncesi çağlardan beri güzellik, zenginlik ve statü simgeleri olarak kullanılan süstaşlarına olan ilginin son yıllarda artması sonucunda bu konu ülkeler bazında önemli bir yere gelmiştir. Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde Menderes Masifi, Türkiye boksit yataklarının yaygın ve en önemlilerinin gözlemlendiği alanların başında gelmektedir. Süstaşı kalitesindeki diaspor kristalleri ise sadece bu yataklar içerisinde oluşmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Menderes Masifi'nin güneybatı kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) diaspor oluşumlarının mineralojik, jeokimyasal ve gemolojik özellikleri araştırılmıştır. İnceleme alanında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında diaspor kristallerine Bafa Gölü ile Milas arasında yer alan Pınarcık bölgesinde kloritoid ve muskovit ile birlikte metaboksit oluşumları içerisinde yer yer de metaboksit kireçtaşı kantağına yakın altere zonlar içerisinde rastlanmıştır. Yankayaç numunelerinde yapılan petrografik analizler sonucunda grano-lepidoblastik dokulu “muskovit-kuvarşşist”, “kuvarşfillit”, “mika-kuvarşşist” ile lepidoblastik dokulu “fillit” ve nematoblastik dokulu “yeşilşist-klorit-epidot fels” kayalar tanımlamaları yapılmıştır. Derlenen 28 adet numune üzerinde yapılan anaokisit, iz ve nadir toprak element analizleri sonuçlarını değerlendirmek için Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 üçgen varyasyonu kullanılmış ve bu sınıflandırmaya göre, alınan boksit numunelerinin “ferrik boksit” ve “boksit” alanında olduğu belirlenmiştir. Numunelerde yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda numunelerin ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin de varlığı tespit edilmiştir. Raman Spektroskopisi çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında Pınarcık (PI) bölgesinden alınan numunelerin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($Mg(OH)_2$) ve ugit ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Pınarcık (PI) bölgesinden alınan 4 adet numune üzerinde FTIR analizi yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre numunelerin standart dalga boyu referanslarına istinaden uyumlu olduğu görülmüş ve bölgeden toplanarak fasetlenen numunelerin çeşitli renk varyasyonlarına sahip süstaşı kalitesinde diaspor kristali olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın değerli taş niteliğindeki diaspor mineralinin özelliklerinin anlaşılmasına, oluşumuna ve bölgede benzer oluşumların bulunmasına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diaspor, FTIR, gemoloji, Menderes Masifi, Metaboksit, Milas, Raman Spektroskopisi, SEM-EDS, süstaşı.

Abstract: Interest in gemstones, which have been used as symbols of beauty, wealth and status since prehistoric times, has increased in recent years and taken an important place in many countries. The Menderes Massif is the most important area where bauxite deposits are observed in Turkey. Gemstone quality diaspore crystals are formed only

in these deposits. In this study, the mineralogical, geochemical and gemological features of the diasporite formations on the south-western side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas) were investigated. In field studies carried out in the study area, diasporite crystals were found in the Pınarcık region, located between Bafa Lake and Milas, within metabauxite formations together with chloritoid and muscovite, and in some places were encountered in altered zones close to the metabauxite limestone contact. As a result of petrographic analyses of the wallrock samples, grano-lepidoblastic textured "muscovite-quartzschist", "quartz-phyllite", "mica-quartzschist" and lepidoblastic textured "phyllite", and nematoblastic textured "greenschist-chlorite-epidote fels" rocks were identified. To evaluate the main oxide, traces and rare earth elements on the 28 collected samples, Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 triangular variation was used. According to the classification, the bauxite samples were determined to be in the "ferric bauxite" and "bauxite" areas. As a result of SEM imaging and EDS analyses performed on the samples, it was determined that the samples mainly contained O, Al and Si. K, Na, Fe, Ca and Mg were also found close to these elements. Using Raman Spectroscopy, in the light of matching values obtained from the microscope's own database, it was seen that the samples taken from Pınarcık (PI) region were diasporite, and brucite ($Mg(OH)_2$) and uggillite ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) minerals were also detected. In addition, FTIR analysis was performed on 4 samples taken from Pınarcık (PI) region and according to the results of their analysis, it was seen that the samples were compatible with standard wavelength references. It was scientifically proven that the samples collected from the region and subjected to facet processing are gemstone quality diasporite crystals with various color variations. This study will make an important contribution to understanding the properties of the gemstone quality diasporite mineral, its formation, and finding similar formations in the region.

Keywords: *Diasporite, FTIR, gemology, gemstone, Menderes Massif, metabauxite, Milas, Raman Spectroscopy, SEM-EDS.*

GİRİŞ

Gemoloji bilimi, değerli ve yarı değerli taşlar ile ilgilenen bilim dalıdır. Gemoloji, kapsadığı konular arasında taşların doğada tespitinden başlayarak, tanımlanması, işlenmesi, ticareti ve sertifika süreçlerini içine alır. Süstaşlarının keşfinden itibaren etkileyici görüntüleri sebebiyle, artan ilgiyle beraber araştırma, işleme ve inceleme yöntemleri de gelişmiştir (Read, 2005). Süstaşlarının değerini belirleyen en önemli özellikleri güzellik, dayanıklılık, nadirlik, işlenebilirlik ve parlaklıktır. Süstaşları doğadaki çeşitli fiziksel ve kimyasal koşullar altında, belirli basınç ve sıcaklık şartları altında oluşmuşlardır. Örneğin, yüksek sıcaklıklı magmadan silikatların kristalleşmesi, metamorfik koşullar altında kristallenme veya yeniden kristallenme, sulu çözeltilerden itibaren çökme, organik aktiviteler ile bunlardan ikisinin veya daha fazlasının aynı anda etkili olması sonucu süstaşları oluşabilmektedir.

Boksit çeşitli oranlarda; Al-oksit/hidroksit mineralleri (hidrarjilit, böhmit, diaspor), Fe-

oksit/hidroksit mineralleri (hematit, götit), kil mineralleri (kaolinit) ve rutil/anatas gibi titanyumoksit mineralleri içeren kayadır. Bu kayalar, aluminosilikatçe zengin mineraller içeren kayaların tropik veya yarı tropik iklim koşullarında ayrışması sonucunda bazı elementlerin (Ca, Mg, K, Na, Si, Fe) ayrışma yüzeyinde kısmen veya tamamen uzaklaşması ve geride Al'nin zenginleşmesi ile oluşurlar (Bárdossy ve Aleva, 1990; Hanilçı, 2013). Dolayısıyla bir boksit yatağının kökensel yorumunu yapabilmek için kaynak kayacık, ayrışma zamanı, ayrışma şartları, birikme ortamı, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'ı ve depolanma sonrasında geçirdiği değişimleri açıklamak gerekmektedir (Grubb, 1973; Bárdossy ve Aleva, 1990; Price vd. 1991, Hill vd., 2000, Temur vd., 2003).

Diaspor dünyada ilk defa 1800'lü yılların başında Ural dağlarında keşfedilmiştir. Ülkemizde ise 1950'li yıllarda Milas, Danişment-1 boksit ocağında fark edilen süstaş kalitesindeki diaspor kristalleri ikincil mineral olarak görülmüş

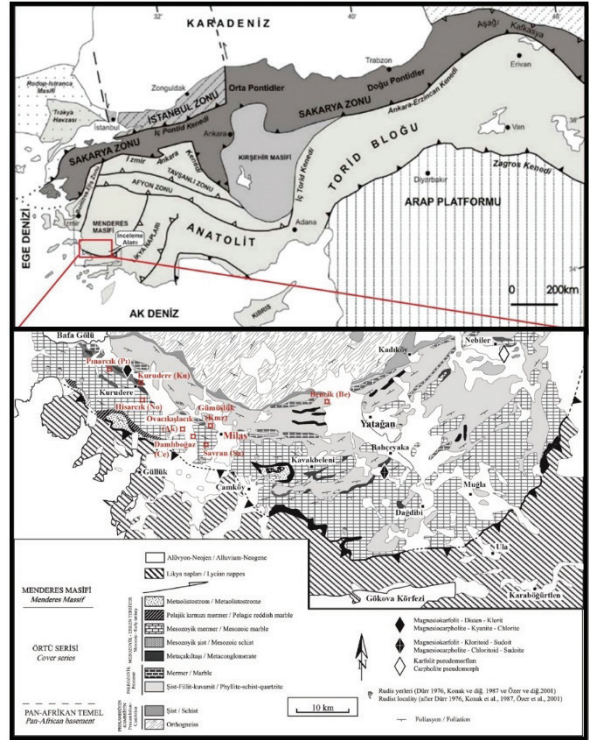
ve ekonomik olarak değerlendirilmemiştir. 1978 yılına kadar önemsenmeyen ve işçilerin inisiyatifine bırakılan diaspor kristallerinin bu yıla kadar olan üretim miktarı hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir (Saatçioğlu, 2002).

Muğla ili Milas ilçesi sınırlarındaki metaboksit sahalarında diaspor kristalleri bulunmaktadır. Diaspor; AIO(OH) bileşimli, ortorombik sistemde kristalleşen, mükemmel dilinime ve camsı parlaklığa sahip bir mineraldir. Diaspor genel olarak kireçtaşı kontak ve çatlak sistemleri içerisinde tek ya da çoklu kristaller şeklinde bulunabilmektedir.

Diaspor kristalleri, ileri girişim renkleri ve yüksek optik engebelerinin yanı sıra özellikle iri kristallerin de mükemmel dilinimleri ile kolayca tanınırlar. Uzun prizmatik irice kristallerinde ayrıca bol sıvı kapanımının yanı sıra yer yer kloritoid kapanımlarına rastlanır (Lüle, 1998). Tüm bu safsızlıklara rağmen ülkemizden çıkarılan numuneler en önemli süstaşı numuneleridir.

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmalarında diaspor kristallerine Bafa Gölü ile Milas arasında yer alan Pınarcık bölgesinde kloritoid ve muskovit ile birlikte metaboksit oluşumları içerisinde yer yer de metaboksit kireçtaşı kantağına yakın altere zonlar içerisinde gözlenmiştir. (Şekil 1).

Bölgedeki boksitlerin tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5-10 kb basınç ve 500-620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitleerin diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşiklerin manyetite, killerin de muskovit ve kloritoid gibi minerallere dönüştüğü (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Candan vd., 2001; Temur vd., 2003) düşünülmüştür. Ayrıca diasporun yaklaşık 420 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma ile korunda dönüşmeye başladığı ifade edilmektedir (Ramdohr ve Sturz, 1978).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Dora, 2011).

Figure 1. Location map of the study area (Dora, 2011).

İnceleme alanındaki (Menderes Masifi) metaboksit ve diaspor oluşumları Göktepe napında Orta-Geç Triyas yaşlı mermerler ile Jura-Kretase yaşlı birimler arasında bulunurlar (Alan vd., 2019). Bu çalışma kapsamında bölgedeki metaboksit madenlerinin içinde yer alan diaspor ve bunlara eşlik eden diğer minerallerin belirlenmesi, oluşum koşullarının-biçiminin irdelenmesi, diasporun gemolojik özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Öte yandan, bu çalışmada yapılan gemolojik çalışmaların, Türkiye'nin diğer yörelerindeki değişik süstaşlarının da aynı yöntem ve disiplin ile incelenmesi çalışmalarına bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOD

Arazi çalışmalarında diaspor mineralizasyonu açısından önem arz eden çekirdek ve örtü birimleri kantağında ayrıntılı jeolojik, yapısal incelemeler yapılmış; bölgeyi temsil edebilecek sayıda ve nitelikte Pınarcık (PI), Hisarcık (NO), Ovacıkışlacık (AK), Bencik (BE), Damlıboğaz (CE), Gümüşlük (KMZ), Savran (SA), Kurudere (KU) bölgelerinden örnekler derlenmiş ve bunlardan 28 adet numune analize gönderilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, numunelerin hazırlama işlemleri ve petrografik analizler; Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, kimyasal analizleri ve gemolojik analizler ise yurtiçi ve yurtdışı akredite edilmiş laboratuvarlarda yaptırılmıştır.

Petrografik analizler

Derlenen numunelerden petrografik ince kesit hazırlanmıştır. Mineral tayinlerinde petrografik çalışmalar, taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDS) ile lokal element tayini ve görüntüleme amaçlı kullanılarak tamamlanmıştır. Hitachi-SU 1510 cihazı ile 10 ve 100 µ yakınlaştırmada nokta ve haritalama yöntemleri ile kalitatif elementler analizi yapılmıştır. SEM-EDS görüntüleme işlemleri Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM laboratuvarında yapılmıştır.

Jeokimya Analizleri

Çalışma sahasından alınan kayaç ve mineral numunelerinde jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmeler yapılabilmesi için alınan 28 adet numuneden tüm kayaç (ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi) ve mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç analizi hem yan kayaç numunelerinden hem de diaspor bulunduran kayalardan ana oksit, iz element ve nadir elementleri bakımından bileşiminin tespitine yönelik olmuştur. Jeokimyasal incelemeler için sahadan derlenen numuneler çekiç

yardımıyla veya çeneli kırıcılardan geçirilerek 0,5 cm'nin altına indirilmiştir. Daha sonra 20-50 gr ağırlığındaki kayaç numuneleri otomatik havan veya agat havanlarda tane boyu 70 µ'un altına düşecek şekilde öğütülmüştür. Kimyasal analizlerin yurtdışında, Bureau Veritas (Kanada) Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Gemolojik Analizler

Süstaşı kalitesindeki diasporların şekillendirilmesi için Batman Üniversitesi TBMYO'da kabaşon şekillendirme yapılmış, faset şekillendirme işlemleri ise Turan DEMİRKAN'ın atölyesinde gerçekleştirilmiştir.

Süstaşı örnekleri az sayıda ve ekonomik olarak da önemli oldukları için gemolojide tahribatsız analiz yöntemleri tercih edilmektedir. Bu amaç ile MAGILABS GemmoFtir™ spektrometresi düşük gürültülü DLATGS- dedektörü ile donatılmış FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy/Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) cihazı ile taramalar; 20 saniyelik bir ölçüm süresi için 4 cm-1 çözünürlükte elde edilmiştir. Bu yöntemler ile her bir numunenin karakteristik parmak izini tespit etmek sureti ile pikler oluşmuş ve bu pikler ise kimyasal tanımlama için kullanılmıştır.

Bir diğer tahribatsız tanımlama amaçlı kullanılan Renishaw inVia Reflex raman ile ölçümler 532 nm (45-50 mW) lazer ile X5 ve X100 objektifler kullanılarak 10 saniyelik ölçüm süresi boyunca ölçümler yapılmıştır. Ölçüm öncesi cihazın kalibrasyonu için silikon wafer kullanılmıştır.

Özgül ağırlık, renk, refraktif indeks ve FTIR analizleri süstaşı tanımlama amaçlı olarak MTA Mineraloji- Petrografi ve Gemoloji Birimi laboratuvarlarında, Raman Spektrometresi analizi ise FTIR analizini doğrulama amaçlı olarak Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM laboratuvarlarında yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve BULGULAR

Bölge Jeolojisi

Türkiye, orojenik kuşak bakımından Alp-Himalaya kuşağının doğu-batı uzanımlı kısmına ait bir parçasıdır ve Gondwana ile Lavrasya arasındaki sınır bölgede bulunmaktadır. Bu kuşak içinde farklı yaşlardaki okyanusların açılması ve kapanması ile ilgili olan farklı okyanusal ve kıtasal birlikler mevcuttur. Yaş bakımından Paleozoyik ve Mesozoyik olan bu havzalar genel anlamda Tetis okyanusu olarak adlandırılır (Şengör, 1986; Okay, 2000). Paleozoyik ve Mesozoyik sırasında, Türkiye'yi meydana getiren farklı kıtasal bloklar/kütleler, Tetis Okyanusunun kenarlarında konumlanmışlardır (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2000).

Batı Anadolu'da yaklaşık 60.000 km²'lik bir alanı kapsayan Menderes Masifi bulunmaktadır (Dora vd., 1990). Menderes Masifi yaklaşık D-B uzanımlı Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Simav grabenleri tarafından bölünen dört alt masife ayrılmaktadır (Dora vd., 1990). Litostratigrafik incelemelerde Menderes Masifi çekirdek ve bunu üzerleyen örtü serileri olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Schuiling, 1962; Dürr, 1975; Dora vd., 1990). Buna göre masifin çekirdek kesimini Prekambriyen-Kambriyen yaşlı granitik gnays, gözlü gnays, bandlı gnays ve migmatitik gnays gibi yüksek dereceli metamorfite oluşturmaktadır (Dora vd., 1990). Çekirdek kayalarının daha düşük dereceli şist ve mermerlerden oluşan Ordovisiyen-Paleosen yaşlı örtü serileri tarafından örtüldüğü ifade edilmiştir. Çekirdek ve örtü serilerinin dokanak ilişkisi konusunda araştırmacılar tam bir fikir birliğine varamamışlardır. Bazı araştırmacılar örtü serilerinin çekirdek birimlerini uyumsuz olarak üzerlediğini ifade ederlerken (Konak vd., 1987; Dora vd., 1990) bazıları tektonik dokanaklı olduğunu belirtmişlerdir (Şengör vd., 1984; Bozkurt vd., 1993).

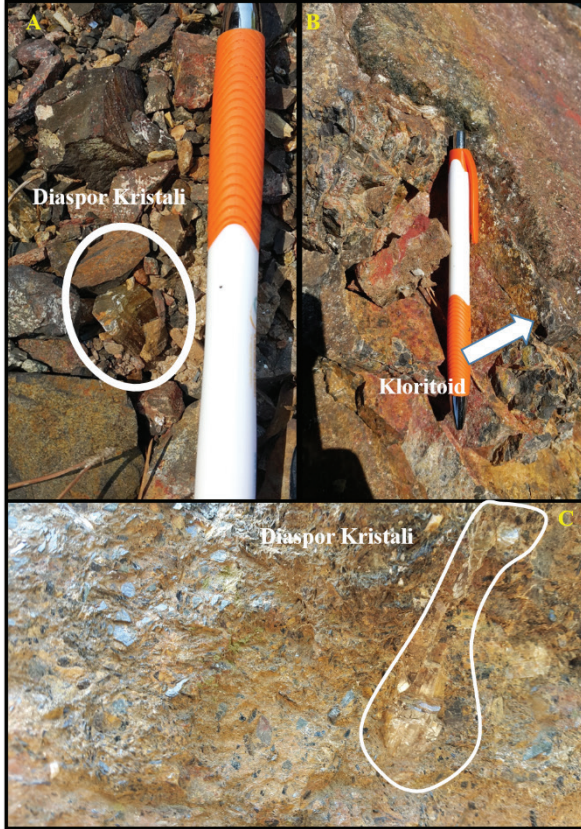
Örtünün alt seviyelerini oluşturan granatlı şistlerden Geç Devoniyen-Erken Karbonifer (Çağlayan vd., 1980; Konak vd., 1987); üst seviyeleri oluşturan karbonatlardan ise Vizeyen-Geç Permiyen yaşları tespit edilmiştir (Önay, 1949; Schuiling, 1962; Çağlayan vd., 1980). Böylece şist örtüsü Geç Devoniyen'den-Geç Permiyen'e kadar olan bir zaman aralığını temsil etmektedir. Mermer örtüsü şist örtüsünü oluşturan kayaların üzerine uyumsuz bir taban konglomerası ile gelir (Öztürk ve Koçyiğit, 1983; Çağlayan vd., 1980; Şengör vd., 1984; Konak vd., 1987). (1) Geç Triyas-Liyas yaşlı şistler, metavolkanikler ve rekrystalize kireçtaşları; (2) Jura-Erken Kretase yaşlı boksitli rekrystalize kireçtaşları; (3) Geç Kretase yaşlı rudist içeren rekrystalize kireçtaşları; (4) Geç Kretase-Paleosen yaşlı breşleşmiş pelajik kireçtaşları ve (5) Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı fliş, olistostromal fasiyesler içeren kristalize kireçtaşı ve serpantin blokları litolojilerinden oluşur (Dürr, 1975; Gutnic vd., 1979; Çağlayan vd., 1980; Şengör vd., 1984; Konak vd., 1987; Rimmelé vd., 2003).

Bölgedeki metaboksit oluşumları beyaz renkli rekrystalize kireçtaşı ile koyu renkli rekrystalize kireçtaşı (rekrystalize dolomitik kireçtaşı) sınırında karstik bir dolgu şeklinde gözlenmiştir. Diaspor oluşumları ise metaboksit ile rekrystalize dolomitik kireçtaşları kantağında karbonatlı altere zon içerisinde ve metaboksitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit)-kloritoid oluşumları ile birlikte gözlenmiştir (Şekil 2).

Yankayaç Petrografisi

Çalışma bölgesinden alınan 8 adet yankayaç numunesinin petrografik incelemeleri sonucunda kayaçlarda Kuvars (%7-81), Serisit (%71-89), Muskovit (%2-28), Plajiyoklas (Albit) (%1-7), Biotit (%4-15), Klorit (%4-23), Epidot (%1-40), Kalsit (%8), Sfen (titanit) (%2-3), Opak Mineral (%1), Turmalin (%1), Apatit (%1) tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda grano-lepidoblastik

dokulu “muskovit-kuvarşşist”, “kuvars-fillit”, “mika-kuvarşşist” ile lepidoblastik dokulu “fillit” ve nematoblastik dokulu “yeşilşist-klorit-epidot fels” kayac tanımlamaları yapılmıştır.



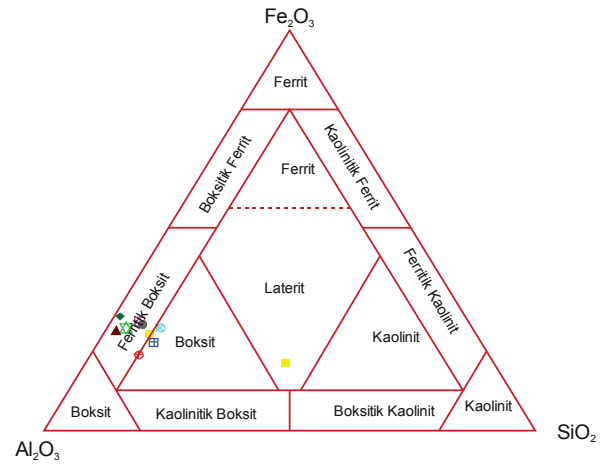
Şekil 2. Çalışma bölgesi diaspor oluşumları **A)** Diaspor kristali **B)** Diaspor ile birlikte bulunan kloritoid minerali **C)** rekristalize kireçtaşı içerisinde diaspor içeren cep şekilli oluşum

Figure 2. Diaspore formations in the study area. **A)** Diaspore crystal, **B)** Chloritoid mineral found with diaspore, and **C)** pocket-shaped formation containing diaspore in recrystallized limestone.

Jeokimyasal Bulgular

İnceleme alanında derlenen 28 adet numune üzerinde yapılan anaoksit, iz ve nadir toprak element analizleri sonucu lateritleşme derecesini,

mineral kontrolünü ve boksit sınıflandırmasını göstermek için Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 'ün üçgen varyasyonu (Aleva, 1994; Meshram ve Randive, 2011; Gu vd., 2013; Zamanian vd., 2016) kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırmaya göre alınan boksit numuneleri “ferrik boksit” ve “boksit” alanında görülmektedir. Laterit bölgesine düşen numune ise Gümüşlük bölgesindeki boksit yatağı üzerindeki ayrışma zonundan derlenen (KMZ-2-1) toprak oluşumudur (Şekil 3).



Şekil 3. SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3 diyagramı (Aleva, 1994; Meshram ve Randive, 2011; Gu vd., 2013; Zamanian vd., 2016).

Figure 3. SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3 diagram (Aleva, 1994; Meshram and Randive, 2011; Gu et al., 2013; Zamanian et al., 2016).

İnceleme alanının genelini temsil edecek şekilde alınan metaboksit ve diaspor numunelerinde Si oranı sırasıyla %0,88 - %15,52 ve %0,18 - %0,32 arasında değişmektedir (oksit değerler, elementsel değere çevrilmiştir). Anakitle (Numunelerin) aritmetik ortalama değeri (Gümüş, 1998, Krauskopf, 1979) oldukça altındadır.

Al değeri (diaspor) arasında olup ortalama değerleri ise sırasıyla 13'tür (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993). Ortalama değerler

yer kabuğundaki değerden yaklaşık sırasıyla 3 ve 5 kat fazladır. Fe ortalaması % (diaspor) olarak tespit edilmiştir. Alınan numuneler arasındaki en düşük değerler (metaboksit) ve (diaspor)'tür. %5 (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993) olan yer kabuğundaki Fe ortalamasının yaklaşık metaboksit) katıdır. Ti konsantrasyonu en düşük

diaspor); en yüksek ise %1,86 (metaboksit) ve) olarak tespit edilmiştir. Numunelerin ortalama değerleri ise (diaspor)'tür. Yer kabuğunda ortalama (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993) olup, ortalama değerden metaboksitler yüksek, diasporlar ise düşük özellik göstermektedir. (Çizelge 1).

Çizelge 1. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu (Ort : Aritmetik ortalama).

Table 1. Majoroxide (%) concentration of the samples taken from the study area (Average: Arithmetic mean).

Numune No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
PI-7-1 (Diaspor)	0,48	83,9	0,74	0,02	0,02	0,02	0,02	0,015	0,06	0,01	0,07
PI-7-2 (Diaspor)	0,58	83,4	0,80	0,03	0,03	0,02	0,03	0,020	0,06	0,01	0,02
PI-7-3 (Diaspor)	0,68	83,0	0,92	0,05	0,05	0,01	0,06	0,026	0,06	0,01	0,01
PI-7-4 (Diaspor)	0,38	85,9	0,74	0,04	0,03	0,03	0,02	0,023	0,06	0,02	0,01
Ort	0,53	84,1	0,80	0,04	0,03	0,02	0,03	0,021	0,06	0,01	0,03
NO-1 (Kısmen Diaspor)	0,65	82,3	1,48	0,19	0,02	0,01	0,02	0,013	0,09	0,01	0,01
BE-1 (Kısmen Diaspor)	32,4	54,6	8,90	0,20	0,07	0,03	0,14	0,034	1,75	0,01	0,06
KMZ-1 (Kısmen Diaspor)	1,16	76,0	1,64	4,08	0,02	0,03	0,15	0,008	0,21	0,01	0,03
SA-1 (Kısmen Diaspor)	0,64	83,0	1,41	0,03	0,01	0,02	0,01	0,008	0,15	0,01	0,01
KU-1 (Kısmen Diaspor)	9,72	10,8	11,65	37,30	0,48	0,17	0,34	0,005	0,10	0,14	0,02
Ort	8,91	61,3	5,02	8,36	0,12	0,05	0,13	0,014	0,46	0,04	0,03
NO-2 (Metaboksit)	3,32	60,0	22,10	0,03	0,13	0,02	0,01	0,053	2,91	0,07	0,03
AK-2 (Metaboksit)	9,59	56,5	18,90	0,05	0,44	0,09	1,23	0,035	2,70	0,04	0,11
BE-2 (Metaboksit)	6,98	41,6	17,05	13,45	0,11	0,25	0,49	0,029	1,99	0,14	0,08
CE-2 (Metaboksit)	5,02	58,2	24,00	0,14	0,20	0,04	0,03	0,045	2,74	0,05	0,10
KMZ-2-1 (Metaboksit toprak oluşumu)	7,07	50,0	18,55	5,95	0,18	0,07	0,63	0,030	2,40	0,08	0,09
KMZ-2-2 (Metaboksit)	33,2	34,8	13,95	1,64	0,62	0,25	1,42	0,031	1,67	0,07	0,14
SA-2 (Metaboksit)	5,66	58,0	23,40	0,17	0,21	0,04	0,68	0,031	2,75	0,07	0,09
KU-2 (Metaboksit)	1,88	61,6	21,10	0,05	0,09	0,03	0,01	0,060	3,10	0,06	0,03
Ort	9,09	52,6	19,88	2,69	0,25	0,10	0,56	0,039	2,53	0,07	0,08
BE-3 (Kloritoid)	20,80	40,4	27,60	2,64	0,90	0,07	0,12	0,015	0,43	0,13	0,02
CE-3 (Kloritoid)	22,00	36,3	27,60	3,90	0,94	0,02	0,10	0,007	0,09	0,26	0,02
KMZ-3 (Kloritoid)	23,90	39,3	28,60	0,11	1,52	0,02	0,09	0,008	0,08	0,16	0,04
SA-3 (Kloritoid)	22,60	38,3	33,00	0,02	0,71	0,02	0,02	0,017	0,01	0,47	0,02
KU-3 (Kloritoid)	22,30	38,7	33,60	0,24	0,96	0,01	0,01	0,023	0,29	0,78	0,04
Ort	22,32	38,6	30,08	1,38	1,01	0,03	0,07	0,014	0,18	0,36	0,03
CE-4 (Muskovit/Margarit)	24,4	21,4	8,60	21,10	0,40	0,24	4,08	0,005	0,05	0,10	0,01
KMZ-4 (Muskovit/Margarit)	33,9	26,9	14,05	9,45	0,14	0,12	7,70	0,008	0,16	0,03	0,01
SA-4 (Muskovit/Margarit)	41,7	37,0	5,19	0,02	0,26	0,31	9,35	0,007	0,19	0,13	0,01
KU-4 (Muskovit/Margarit)	41,6	37,7	3,50	0,03	0,25	0,25	9,50	0,050	0,15	0,05	0,02
Ort	35,4	30,8	7,84	7,65	0,26	0,23	7,66	0,018	0,14	0,08	0,01
SA-5 (İlmenit)	3,3	10,1	80,60	0,03	0,11	0,02	0,08	0,036	3,71	0,07	0,03
CE-6 (Piritli oluşum)	15,3	58,8	5,92	0,04	0,15	0,19	2,71	0,030	2,63	0,01	0,06

Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre iz elementlerin ortalama değerlerine bakıldığında V : 278 ppm, Ba : 202 ppm, Zn : 273 ppm, Ni : 226 ppm, Zr : 201 ppm, Ga : 66 ppm, Rb : 57 ppm, Y : 48 ppm ve Sc : 57 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 2).

Analiz sonuçlarına göre derlenen numunelerdeki ortalama NTE konsantrasyonları; Ce : 106.3 ppm, La : 80.4 ppm, Nd : 54.30 ppm, Pr : 14.51 ppm ve Sm : 10.08 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 3).

Çalışma bölgesinden toplanan diaspor numuneleri kondirite (Haskin vd., 1968; Wakita

vd., 1971; Tanaka ve Masuda, 1973; Nakamura, 1974; Evensen vd., 1978; Taylor ve McLennan, 1981; Boynton, 1984) göre normalize edilmiştir (Çizelge 4) ve normalleştirme grafiği HNTE (hafif nadir toprak elementleri), MNTE (orta nadir toprak elementleri) ve ANTE (ağır nadir toprak elementleri)'e göre hazırlanmıştır (Şekil 4). Bu grafiğe göre; PI-7-2, PI-7-3 ve PI-7-4 diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirme grafiğinde belirgin bir uyum görülmektedir. PI-7-1 numunesi HNTE, MNTE'ye göre oldukça yüksek, PI-7-2, PI-7-3, PI-7-4 numunelerinde HNTE'ye göre kondrit değerlerinden fazla MNTE'ye göre kondrit değerlerine yakın ANTE'ye göre ise kondrit değerlerinden düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm). (Ort : Aritmetik ortalama).

Table 2. Trace element concentration (ppm) in the study area. (Average: Arithmetic mean).

Numune No	Ba	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zr	Ag	As	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Zn
PI-7-1	5,5	0,17	92,9	0,2	0,3	1,4	1	2,7	0,1	41,9	0,06	29	1	13,3	12	0,5	5	0,5	1	3	10	1	13	10	1	8
PI-7-2	9,2	0,11	93,0	0,1	0,3	2,1	1	1,5	0,1	0,6	0,60	28	1	1,3	3	0,5	5	0,5	24	5	90	1	120	44	128	168
PI-7-3	14,0	0,21	93,6	0,1	0,3	3,4	1	1,8	0,1	0,8	0,08	27	1	1,1	3	0,5	5	0,5	1	7	10	1	7	8	2	8
PI-7-4	8,4	0,08	93,0	0,1	1,2	1,0	1	1,3	0,1	0,4	0,06	29	1	1,4	3	0,5	5	0,5	3	8	10	1	5	14	1	3
Ort	9,3	0,14	93,1	0,1	0,5	2,0	1	1,8	0,1	10,9	0,20	28	1	4,3	5	0,5	5	0,5	7	6	30	1	36	19	33	47
NO-1	3,8	0,07	78,9	0,2	0,5	0,7	2	0,7	0,1	2,2	0,31	49	1	4,3	6	0,5	9	0,5	1	3	10	1	6	5	4	10
BE-1	17,3	0,35	37,7	9,7	33,0	6,3	6	6,8	2,3	25,7	16,25	361	5	58,9	338	0,5	30	1,7	16	19	20	29	107	28	8	56
KMZ-1	19,1	0,51	80,3	0,7	3,1	6,9	1	8,2	0,1	13,7	0,44	59	1	7,8	30	0,5	6	0,5	3	14	10	1	12	12	5	19
SA-1	4,6	0,02	95,9	0,1	0,4	1,3	1	0,9	0,1	0,8	0,06	88	1	8,6	6	0,5	5	0,5	1	4	10	1	6	2	1	10
KU-1	30,9	1,99	17,4	0,7	2,0	18,1	2	104,5	0,1	5,6	2,05	65	1	34,3	30	0,5	24	2,5	56	63	50	12	195	19	54	254
Ort	15,1	0,59	62,0	2,3	7,8	6,7	2	24,2	0,5	9,6	3,82	124	2	22,8	82	0,5	15	1,1	15	21	20	9	65	13	14	70
NO-2	6,8	0,22	75,9	15,4	56,6	0,4	11	12,7	3,8	43,2	4,52	351	6	45,6	584	0,5	34	0,5	22	7	10	1	143	15	41	78
AK-2	126,0	4,96	72,5	15,0	50,4	64,2	11	67,9	3,6	48,9	7,58	401	6	167,0	547	0,5	10	0,5	47	27	50	1	396	34	37	183
BE-2	82,4	4,92	51,3	11,1	36,5	34,5	8	126,0	2,6	35,3	4,28	312	6	148,5	396	0,5	10	1,5	1,5	2	400	1	212	76	28	80
CE-2	12,7	0,28	72,0	15,2	51,6	1,0	11	34,6	3,6	48,1	6,83	428	9	173,5	540	0,5	17	0,5	21	4	10	1	427	19	36	179
KMZ-2-1	106,5	2,13	63,0	13,3	46,6	36,7	9	49,2	0,1	55,0	6,29	277	7	136,5	508	0,5	11	1,6	20	41	10	2	117	37	27	118
KMZ-2-2	246,0	6,73	49,1	10,6	37,4	91,4	7	62,9	0,1	31,6	5,30	242	6	77,0	409	0,5	22	0,5	30	46	60	2	140	42	23	150
SA-2	113,5	2,12	73,7	15,2	52,5	30,5	11	63,6	0,1	50,3	6,00	357	8	101,5	565	0,5	8	0,5	30	5	10	1	154	45	34	139
KU-2	4,2	0,42	77,1	18,0	72,6	0,6	13	11,2	0,1	33,0	4,32	309	11	43,5	670	0,5	8	0,5	25	6	10	1	130	16	45	89
Ort	87,3	2,72	66,8	14,2	50,5	32,4	10	53,5	1,8	43,2	5,64	335	7	111,6	527	0,5	15	0,8	26	17	70	1	215	36	34	127
BE-3	59,2	1,37	54,0	2,4	8,2	8,0	4	29,1	0,5	8,9	1,42	534	2	31,9	85	0,5	12	1,3	44	2	70	1	297	22	28	872
CE-3	52,2	0,45	51,1	0,6	1,9	3,8	6	9,6	0,1	4,2	1,24	368	2	12,6	19	0,6	16	3,4	68	82	70	5	467	21	41	985
KMZ-3	28,9	2,06	70,9	0,7	2,0	6,3	8	4,4	0,1	13,7	0,66	307	1	12,3	29	0,5	9	1,2	83	6	10	1	544	5	37	904
SA-3	13,4	0,47	62,5	0,4	0,3	0,8	5	1,2	0,1	13,7	0,50	217	1	6,0	20	0,6	17	2,2	197	110	100	1	689	20	87	812
KU-3	4,8	0,31	68,9	2,3	6,4	0,4	22	3,2	0,1	13,7	0,75	220	2	52,2	93	0,7	16	1,3	305	16	10	1	1510	8	185	791
Ort	31,7	0,93	61,5	1,3	3,8	3,9	9	9,5	0,2	10,8	0,91	329	2	23,0	49	0,6	14	1,9	139	43	52	2	701	15	76	873
CE-4	832,0	7,79	36,8	0,2	0,7	167,0	6	66,2	0,1	0,9	1,09	208	1	14,0	6	0,5	13	2,3	40	124	40	6	148	75	52	334
KMZ-4	1560	7,35	46,2	0,9	1,0	389,0	9	93,4	0,1	13,7	0,14	146	2	3,7	48	0,5	5	0,5	8	55	30	5	76	77	78	34
SA-4	1955	47,60	66,1	0,8	2,8	601,0	11	160,5	0,1	13,7	0,46	307	1	35,1	28	0,5	5	1,3	16	79	80	1	125	133	342	63
KU-4	4,5	0,22	70,0	2,5	11,2	0,5	15	17,2	0,1	13,7	1,80	225	4	45,2	95	0,7	5	0,5	12	5	170	1	137	116	226	99
Ort	1087,9	15,74	54,8	1,1	3,9	289,4	10	84,3	0,1	10,5	0,87	222	2	24,5	44	0,6	7	1,2	19	66	80	3	122	100	175	133
SA-5	19,4	0,33	22,7	1,3	5,2	4,7	11	7,4	0,1	13,7	0,78	1630	4	10,1	51	0,8	5	0,6	15	7	10	1	86	29	36	1110
CE-6	325,0	8,40	71,7	13,9	50,9	120,5	6	101,5	0,1	27,7	7,20	209	6	87,6	504	0,8	29	0,5	20	11	30	19	72	201	18	80

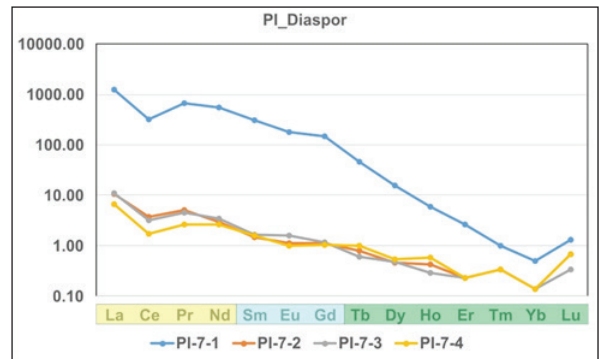
Çizelge 3. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları ppm (Ort: Aritmetik ortalama).
Table 3. REE chemical analysis results of the samples collected from the examination area, ppm (Average: Arithmetic mean).

Numune No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣNTE	ΣHNTE	ΣMNTE	ΣANTE
PI-7-1	416,00	277,00	79,80	346,00	62,60	12,55	39,90	2,28	5,20	0,41	0,58	0,03	0,11	0,04	1242,50	1118,80	115,05	8,65
PI-7-2	3,50	3,20	0,60	1,80	0,30	0,08	0,30	0,04	0,15	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	10,11	9,10	0,68	0,33
PI-7-3	3,60	2,70	0,55	2,10	0,33	0,11	0,32	0,03	0,16	0,02	0,05	0,01	0,03	0,01	10,02	8,95	0,76	0,31
PI-7-4	2,20	1,50	0,31	1,60	0,32	0,07	0,28	0,05	0,18	0,04	0,05	0,01	0,03	0,02	6,66	5,61	0,67	0,38
Ort	106,33	71,10	20,32	87,88	15,89	3,20	10,20	0,60	1,42	0,13	0,18	0,02	0,05	0,02	317,32	285,62	29,29	2,42
NO-1	1,40	2,00	0,27	1,50	0,35	0,09	0,63	0,11	0,83	0,18	0,51	0,07	0,55	0,08	8,57	5,17	1,07	2,33
BE-1	96,10	130,50	15,80	53,90	8,05	1,39	7,07	1,10	7,41	1,78	5,31	0,82	5,62	0,88	335,73	296,30	16,51	22,92
KMZ-1	46,00	61,50	7,73	27,50	3,78	0,58	2,03	0,24	1,11	0,21	0,59	0,11	0,75	0,11	152,24	142,73	6,39	3,12
SA-1	0,90	1,80	0,21	1,10	0,67	0,15	0,93	0,16	1,07	0,22	0,71	0,10	0,77	0,11	8,90	4,01	1,75	3,14
KU-1	46,80	58,40	9,44	36,70	6,39	1,02	5,06	0,67	3,91	0,83	2,37	0,29	1,96	0,27	174,11	151,34	12,47	10,30
Ort	38,24	50,84	6,69	24,14	3,85	0,65	3,14	0,46	2,87	0,64	1,90	0,28	1,93	0,29	135,91	119,91	7,64	8,36
NO-2	105,00	151,00	14,15	39,70	5,31	1,07	4,75	0,97	6,31	1,49	5,33	0,92	6,99	1,27	344,26	309,85	11,13	23,28
AK-2	212,00	304,00	41,00	155,00	27,60	5,33	21,90	3,04	18,25	4,09	12,10	1,73	11,60	1,96	819,60	712,00	54,83	52,77
BE-2	150,00	212,00	25,10	90,60	15,40	3,31	14,75	2,28	15,10	3,40	10,70	1,58	10,05	1,65	555,92	477,70	33,46	44,76
CE-2	286,00	320,00	51,20	175,50	34,00	7,06	28,10	4,75	29,30	6,11	18,15	2,84	19,85	3,16	986,02	832,70	69,16	84,16
KMZ-2-1	220,00	328,00	42,90	161,50	28,40	5,50	23,50	3,13	18,60	3,87	11,85	1,66	11,90	1,89	862,70	752,40	57,40	52,90
KMZ-2-2	122,50	203,00	23,00	83,20	14,85	3,04	12,70	1,83	11,50	2,40	7,53	1,02	7,19	1,14	494,90	431,70	30,59	32,61
SA-2	133,50	320,00	24,50	86,80	16,10	2,99	12,45	1,92	13,25	3,00	9,61	1,52	9,89	1,67	637,20	564,80	31,54	40,86
KU-2	92,90	152,50	12,60	45,70	10,70	2,44	8,61	1,20	6,15	1,30	4,53	0,78	7,15	1,33	347,89	303,70	21,75	22,44
Ort	165,24	248,81	29,31	104,75	19,05	3,84	15,85	2,39	14,81	3,21	9,98	1,51	10,58	1,76	631,06	548,11	38,73	44,22
BE-3	31,60	45,90	5,30	20,10	3,88	0,92	3,70	0,49	3,29	0,75	2,41	0,29	2,21	0,35	121,19	102,90	8,50	9,79
CE-3	11,30	17,80	3,45	17,80	5,83	1,21	4,48	0,54	2,61	0,47	1,13	0,18	1,33	0,23	68,36	50,35	11,52	6,49
KMZ-3	9,90	16,80	2,12	8,40	1,75	0,43	1,94	0,30	1,74	0,31	0,90	0,12	0,70	0,13	45,54	37,22	4,12	4,20
SA-3	2,10	1,70	0,91	5,10	2,01	0,45	1,75	0,20	0,98	1,16	0,47	0,05	0,30	0,05	16,23	9,81	4,21	2,21
KU-3	57,90	87,20	6,29	20,30	4,78	1,44	6,72	1,27	8,98	1,90	4,76	0,55	3,34	0,43	205,86	171,69	12,94	21,23
Ort	22,56	33,88	3,61	14,34	3,65	0,89	3,72	0,56	3,52	0,72	1,93	0,24	1,58	0,24	91,44	74,39	8,26	8,78
CE-4	3,00	5,60	1,08	6,30	3,29	0,98	3,73	0,49	2,26	0,40	1,09	0,14	1,06	0,17	29,59	15,98	8,00	5,61
KMZ-4	3,90	5,30	0,75	3,00	0,94	0,11	1,04	0,12	0,57	0,12	0,31	0,05	0,24	0,04	16,49	12,95	2,09	1,45
SA-4	36,50	30,60	6,00	23,80	6,41	1,62	6,02	0,85	4,62	0,93	2,58	0,33	1,86	0,29	122,41	96,90	14,05	11,46
KU-4	44,75	52,03	10,60	34,29	6,68	1,65	7,24	0,77	5,15	0,88	3,59	0,43	2,71	0,35	171,09	141,66	15,57	13,86
Ort	22,04	23,38	4,61	16,85	4,33	1,09	4,51	0,56	3,15	0,58	1,89	0,24	1,47	0,21	84,90	66,87	9,93	8,10
SA-5	13,60	31,00	2,58	9,00	1,78	0,38	1,39	0,21	1,23	0,33	0,93	0,13	0,86	0,14	63,56	56,18	3,55	3,83
CE-6	97,70	153,50	18,15	62,00	9,70	1,83	8,85	1,49	11,10	2,55	8,03	1,14	7,98	1,31	385,33	331,35	20,38	33,60

Çizelge 4. Çalışma bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE'lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi, ppm (Ort: Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L.: Üst limit).

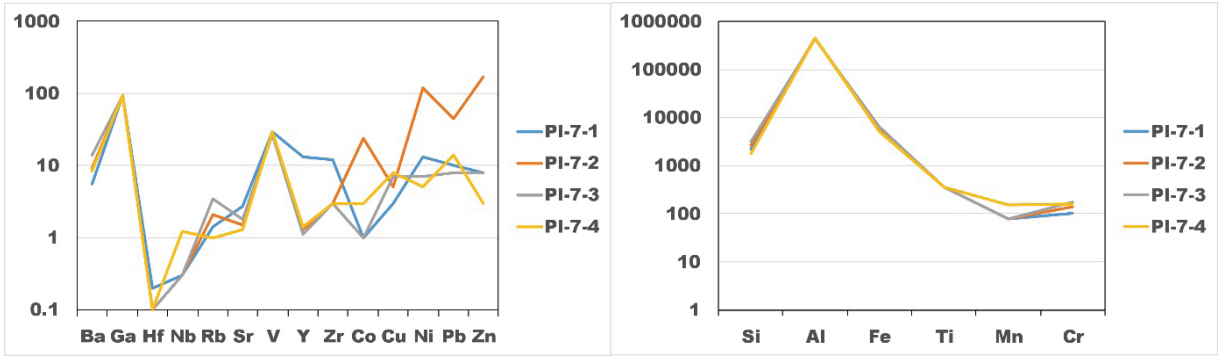
Table 4. Normalization chart of REEs found in the samples taken from the study area according to the conditiy, ppm (Mean: Arithmetic mean, St.S.: Standard deviation, Ns: Number of samples, A.L.: Lower limit, U.L.: Upper limit).

Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)
PI-7-1 (Diaspor)	1242,5	1118,8	115,05	8,65
PI-7-2 (Diaspor)	10,11	9,1	0,68	0,33
PI-7-3 (Diaspor)	10,02	8,95	0,76	0,31
PI-7-4 (Diaspor)	6,66	5,61	0,67	0,38
Ort.	317,32	285,62	29,29	2,42
N.S.	4	4	4	4
St.S.	616,79	555,46	57,17	4,16
A.L.	6,66	5,61	0,67	0,31
Ü.L.	1242,50	1118,80	115,05	8,65



Şekil 4. Çalışma bölgesindeki diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirilmiş logaritmik (y eksen) dağılım grafiği

Figure 4. Normalized logarithmic (y-axis) distribution plot of diaspor samples in the study region according to chondrite.



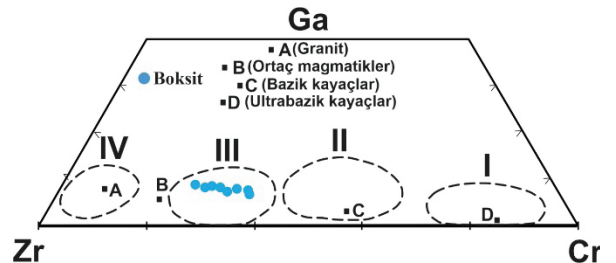
Şekil 5. Diaspor oluşumlarına ait bazı elementel haldeki oksit ve iz elementleri logaritmik (y eksenli) dağılım grafikleri.

Figure 5. Logarithmic (y-axis) distribution graphs of some elemental oxide and trace elements belonging to diaspor formations.

İnceleme alanındaki diaspor numunelerin renk değişimlerini belirlemek için renk değişimine sebebiyet verebilecek oksitlerin (elementsel olarak) ve iz elementlerin kondritlere (Thompson, 1982; Pearce vd., 1984) göre normalize edilmiş halleri ve analiz değerleri karşılaştırmaları logaritmik olarak yapılmıştır (Şekil 5).

Numunelerde hafif nadir toprak element zenginleşmesinin (HNTE) orta (MNTE) ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni kaynak magmaya üst kıta kabuğundan malzeme gelmesi olabilir. Ayrıca negatif Eu anomalisi gözlenmektedir. Negatif Eu anomalisinin belirgin olması bu kayaların gelişiminde plajiyoklaz ayrımlaşmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Gill, 1981; Kalkan ve Özpınar 2018)

İnceleme alanındaki metaboksit ve diaspor oluşumlarının olası kaynağı aydınlatmak için Cr-Ni dağılımlarına göre metaboksit oluşumları karst boksit bölgesine düşmektedir. Ayrıca metaboksit numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumları (III) alanı içinde ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6).

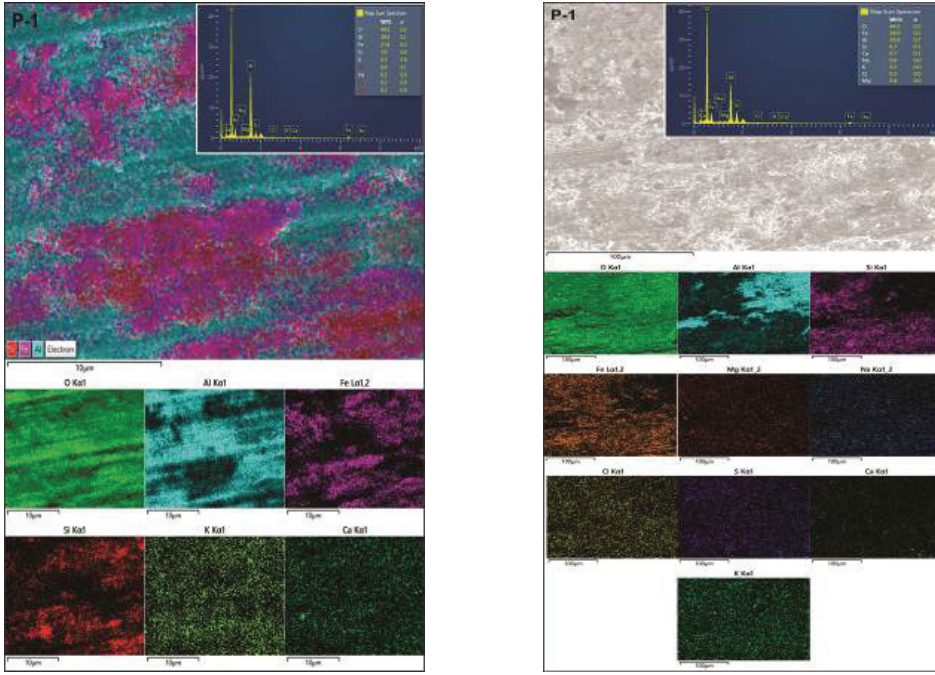


Şekil 6. İnceleme alanındaki metaboksitlerin olası kaynak kayaç(lar)ını gösteren Zr-Cr-Ga üçgen diyagramı (I-Ultramafik, II-Mafik, III-Ortaç magmatik (veya killi) ve IV-Asidik) (Özlü, 1983'ten).

Figure 6. Zr-Cr-Ga triangle diagram showing the possible source rock(s) of the metabauxites in the study area (I-Ultramafic, II-Mafic, III-Ortaç (???) magmatic (or clayey) and IV-Acidic) (from Özlü, 1983).

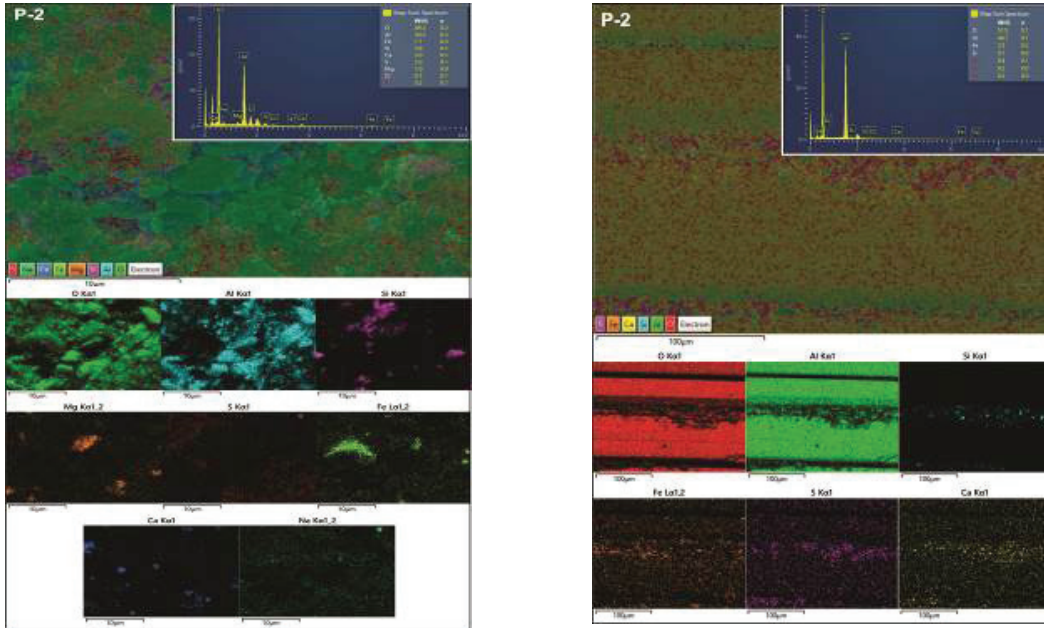
SEM-EDS Çalışmaları

Bölgeden derlenen 2 adet diaspor numunesinin kristal kafes yapısı içerisinde bulunabilecek elementlerin tespiti için yapılan noktasal ve haritalama yöntemi sonucuna göre oksijen %40-50 ve alüminyum ise %23-30 arasında belirlenmiştir. Numunelerde SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin de varlığı tespit edilmiştir (Şekil 7 ve 8).



Şekil 7. Pınarcık bölgesindeki P-1 nolu diaspor numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS nokta ve haritalama görüntüleri.

Figure 7. 10µ and 100µ magnification SEM-EDS dot and mapping images of the P-1 diaspore sample in Pınarcık region.



Şekil 8. Pınarcık bölgesindeki P-2 nolu diaspor numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS nokta ve haritalama görüntüleri

Figure 8. 10µ and 100µ magnification SEM-EDS dot and mapping images of the P-2 diaspore sample in Pınarcık region.

Raman Spektroskopisi Çalışmaları

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında örneklerin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($Mg(OH)_2$) ve ugilit ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).

Gemolojik Özelliklerin Belirlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar

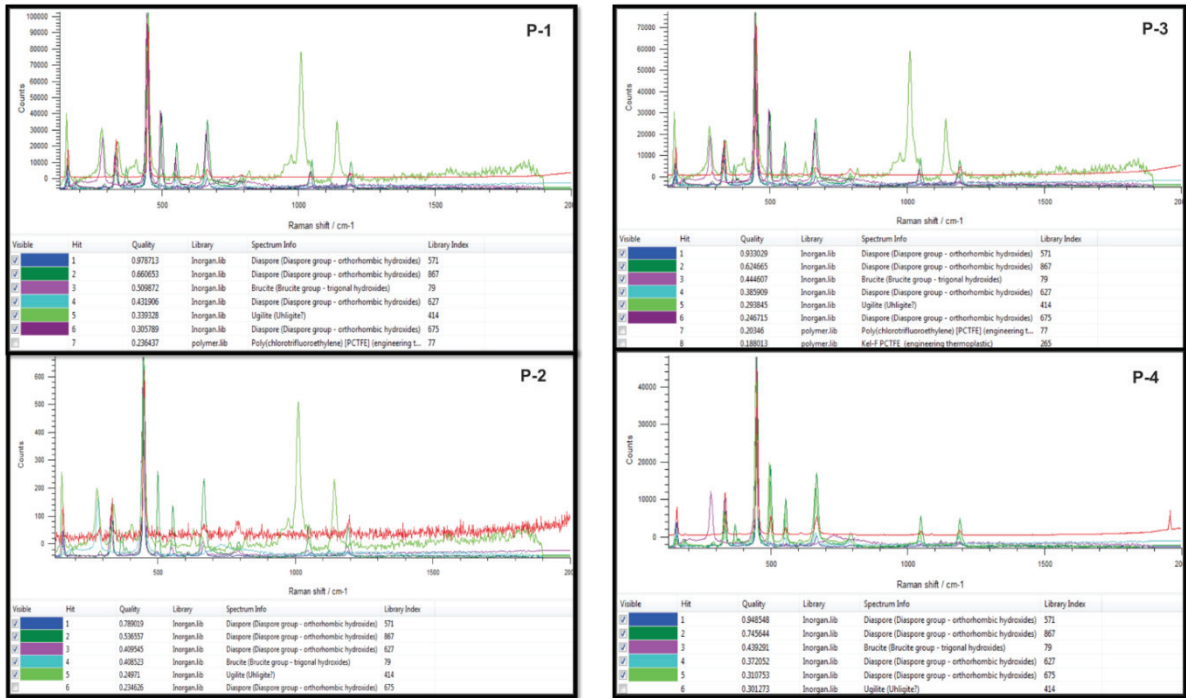
İnceleme alanından alınan 4 adet numune üzerinde FTIR analiz yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre numunelerin (kırmızı renkli) standart dalga boyu (mavi / siyah renkli) referanslarına istinaden uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 10).

Bölgeden toplanarak fasetlenen (Şekil 11) numunelerin çeşitli renk varyasyonlarına sahip süstaşı kalitesinde diaspor kristali olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır.

Fasetlenen örnek üzerinde MTA laboratuvarlarında yapılan gemolojik tanımlama sonucu ise süstaşı örneğinin renk, ağırlık, boyut gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 5).

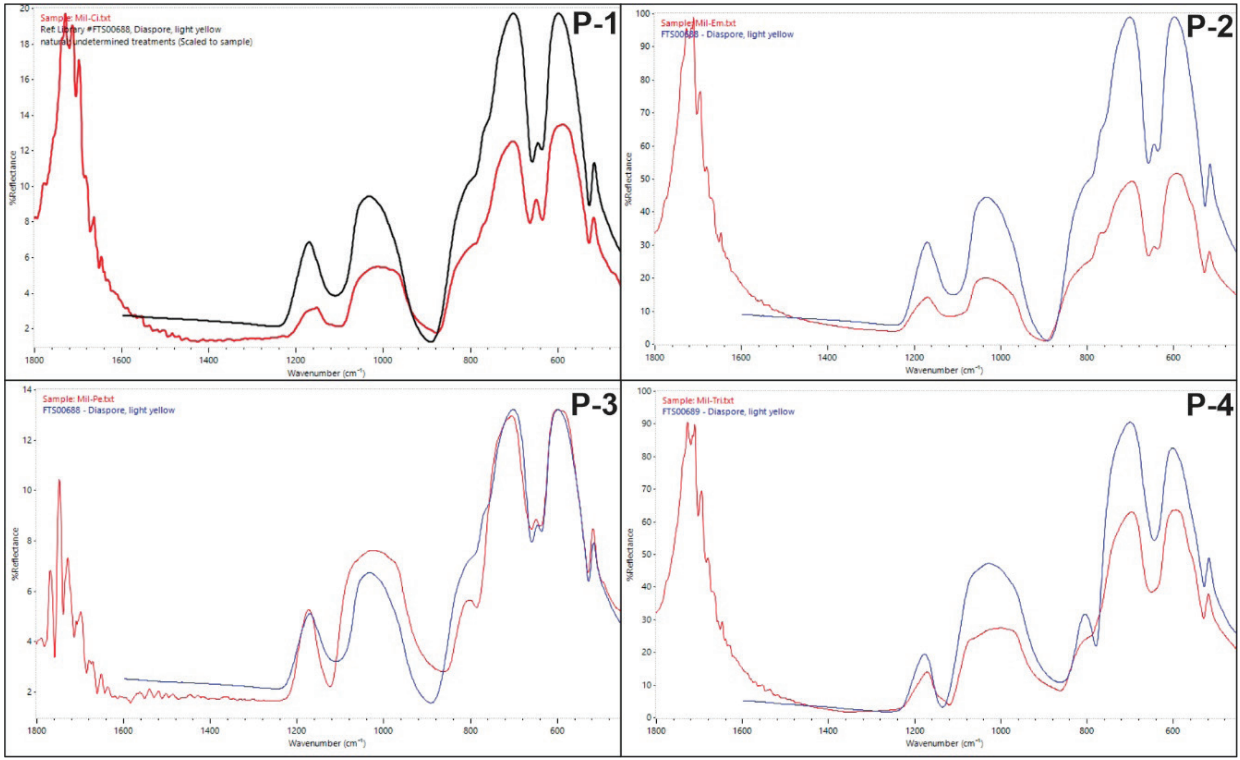
TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Boksitler uygun iklim, topografya ve jeolojik zaman içerisinde alüminyumca zengin ve kolay ayrışan kayalardan yüzey şartlarında çözünen bileşenlerin ortamdaki uzaklaşması ile gerçekleşen hacim azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan kayalardır. Dolayısıyla bir boksit yatağının genetik yorumunu yapmak için kaynak kayaç, ayrışma zamanı, ayrışma şartları, birikme ortamı, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'ı ve depolanma sonrasında geçirdiği değişimleri açıklamak gerekmektedir (Grubb, 1973; Bárdossy ve Aleva, 1990; Oliviera ve Campos, 1991; Price vd., 1991, Hill vd., 2000, Temur vd., 2003).



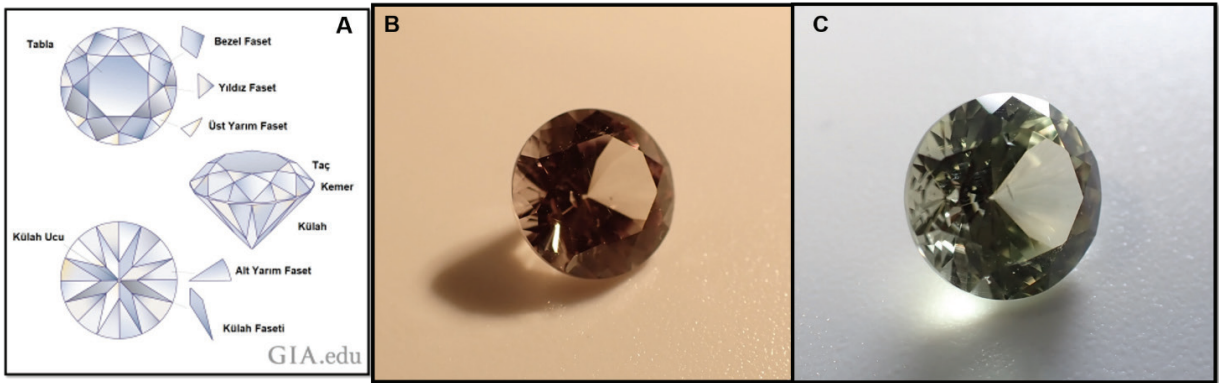
Şekil 9. Pınarcık bölgesine ait diaspor numunelerinde raman spektroskopisi ile tespit edilen mineral içerikleri.

Figure 9. Mineral content determined by Raman Spectroscopy in diaspore samples from Pınarcık region.



Şekil 10. Pınarcık bölgesinde alınan diaspor numelerine ait FTIR grafikleri (mavi çizgiler FTIR standartları, kırmızı çizgiler diaspor numuneleri).

Figure 10. FTIR graphs of diaspor samples taken in Pınarcık region (blue lines are FTIR standards, red lines are diaspor samples).



Şekil 11. Araziden derlenen diaspor numunelerin A) Yuvarlak - Pırlanta kesim (Brilliant Cut) (GIA, 2022) B ve C) Numunelerden kesilmiş örneğin sarı ışık ve beyaz ışık altındaki görüntüsü.

Figure 11. I Picture of the diaspor samples collected from the field. A) Round - Brilliant Cut (GIA, 2022). B&C) Picture of sample cut from samples under yellow light and white light.

Çizelge 5. İnceleme alanından derlenen numunelerin fiziksel özellikleri.**Table 5.** Physical properties of samples from the study area.

Numune Bilgileri	Genel Özellikler	Fenomen	Ağırlık ve Boyutlar	Kırılma İndisi
Numune Kayıt No: 21-H0063	Renk Yoğun Sarımsı Yeşil (Gün Işığı) Pembe (Sıcak Işık)		Ağırlık: 1,60 ct Boyutlar: Çap:~7,21 mm Yük.: 4,81 mm	RI: 1,70-1,75
Numune İşareti Mil-Ci	Saydam Camsı Parlaklık	Renk Değişimi		Çift Kırma Değeri: 0,048

Diaspor pek çok metamorfik boksit yatağının ana bileşenini oluşturmakla birlikte metamorfizma geçirmemiş yataklarda da bulunabilmektedir. Ayrıca Vrace (Yugoslavya) boksit yataklarında her üç mineralin de birlikte bulunduğunu ve diasporun doğrudan kaolinitten türediğini belirten Sinkovec (1971), bu mineralin yüzey koşullarında da oluşabileceğini öne sürmektedir (Karadağ vd., 2003)

Değişik miktarlarda Al içeren kayaçların atmosferik koşullarda bozunması sonucunda önce gibsit oluşmaktadır (Keller, 1964; Grubb, 1973). Boksit yataklarında diaspor ve böhmitin bulunuşu diyajenez ve metamorfizma ile açıklanmaktadır.

İnceleme alanındaki metaboksit cevherleşmelerinin Eu/Eu* değerleri (PAAS – Post-Archean Australian Shale) ortalama 1,05, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 1,28 (PI) değeri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların/çözeltilerin muhtemelen uzak bir volkanik kaynaktan türeyen rüzgarla/su (?) ile taşınan magmatik malzemenin bir karışımı/ türetilen baskın kırıntılı malzeme ürünü (Menderes masifine ait magmatikler, şist-fillit ve mafik sokulumlar) olarak düşünülebilir.

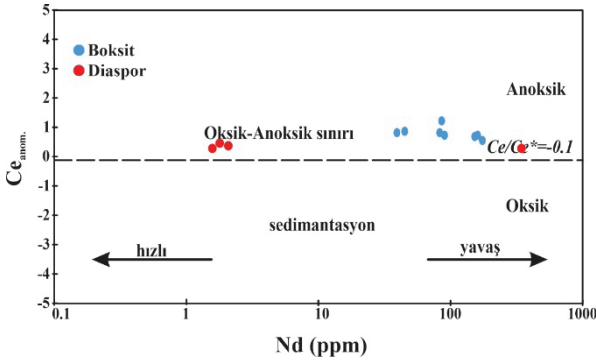
$Ce_{anom} - Nd$ diyagramına göre, Ce/Ce^* ($Ce_{anom} - NASC - North American Shale Composite$). $> -0,1$ ise, sedimanter depolanma ortamında cevherleşmelerinin oluştuğu veya depolandığı ortamdaki suyun oksijen bakımından yetersiz olduğunu, $Ce_{anom} < -0,1$ ise ortamdaki sedimanter

suyun oksijen bakımından zengin olduğunu göstermektedir (McLennan, S.M. ve Taylor, S.R. 1984; Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Rollinson, 1993; Jones ve Manning, 1994; Bau, M.ve Dulski, P. 1996; Özyurt vd., 2020). Altere olmuş/ayrışmış malzeme seryumca zenginleşebilir veya tükenebilir ve buna göre de pozitif veya negatif Ce anomalileri gösterebilmektedir. NTE'lerin çoğu için kararlı değerlik üç değerli olsa da Ce'nin hava koşulları altında redoksa duyarlı olduğu ve dört değerlikli duruma oksitlendiği gösterilmiştir (Taylor ve McLennan, 1995; Ma vd., 2007). NTE'lerin kondrite göre değerlendirilmesinde (Şekil 4) gözlenen Negatif Ce değerlerinin suboksik su kütlesi/deoksidize koşullar altında cevher oluşturma sürecinin muhtemelen olduğunu (Cao ve Li, 2017) ifade etmektedirler.

İnceleme alanındaki metaboksit cevherleşmelerinin Ce/Ce^* değerleri (NASC) ortalama 0,86, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 0,40 (PI) değeri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların oksijen bakımından fakir bir ortamda (anoksik) ve boksit oluşum süreçlerinin yavaş, diaspor oluşum süreçlerinin ise hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 12).

Bölgedeki boksitlerin ise tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5 - 10 kb basınç ve 500 - 620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitler diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşikler manyetite,

killer de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Candan vd., 2001; Temur vd., 2003) düşünülmüştür.



Şekil 12. Oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları gösteren diyagram (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994).

Figure 12. Diagram showing oxid, semi-oxid, anoxic and redox conditions. (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994).

Ayrıca boksit oluşumları ile birlikte gözlenen pirit oluşumlarının ise demir sülfürleri ve sülfatları oluşturan kükürtün, boksitlerin üzerindeki kireçtaşlarının çökelişi sırasında deniz suyundan sağlanan sülfat iyonlarının boksitik malzeme içine filtre olması ve burada biyojeokimyasal işlemlerle sülfürlere indirgenmesiyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Öztürk et al., 2002). Kükürtün bir diğer kaynağı da karasal ayrışmayı ve ilişkili olarak toprak asitlenmesini sağlayan vejetasyon ya da karayı etkileyen volkanizma ve ilişkili asit yağmurlarından kaynaklı olabileceği belirtilmektedir (Öztürk ve Haniççi, 1999).

Ayrıca büyük iyon litofil elementler (K, Rb, Sr, Cs, Ba vb) genellikle feldispatlar ve mikalar gibi ana silikat minerallerinde bulunmaktadır. Bu elementler, ayrışma ve hidrotermal değişim sırasında oldukça hareketlidir ve kısmi erime, fraksiyonel kristalleşme, metasomatik değişim ve akışkan bileşen davranışı çalışmaları için uygun olmaktadır (Motoki, 2015). Yüksek Sr ve Ba

değerleri, kabuk kirliliğinin bu kayaçların oluşumu ve evrimi sırasında fraksiyonel kristalleşme ile etkili bir süreç olduğunu düşündürmektedir (Açlan ve Davran, 2019).

Al-silikatların ayrışmasından sonra kaolinit, montmorillonit veya gibsitin oluşması tamamen ortamın Eh-pH değerleri, Al_2O_3/SiO_2 oranı ve çözücü miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kaolinitin oluşması için ortamın pH değerinin 4 ve ağırlık olarak Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/2 olması, montmorillonitin oluşabilmesi için ortamın pH'ının 8-9 ve Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/3 veya daha az olması gerekmektedir. Suyun az olduğu zamanlar gibsit, fazla olduğu zamanlar da ise killer ortaya çıkmaktadır (Seyhan, 1972). Boksit oluşum süreçlerini ortaya çıkarmak için ana ve eser elementlerin özellikleri ve dağılımları incelenmiş ve Al_2O_3/SiO_2 oranına (1,0-61,3) göre Al içeriği fazla olan killi/kırıntılı metamorfik-magmatik kayaçların boksit oluşumuna kaynaklık sağladığı ve zenginleşmenin birden fazla kez tekrarlandığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca inceleme alanındaki boksit ve diaspor numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumlarının ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya ilişkili olmasının yanı sıra diaspor oluşumlarının ise ultrabazik-bazik özelliklere yakın veriler sunduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ise inceleme bölgesindeki numunelerin ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir. Kimyasal analiz sonuçları ile EDS analiz sonuçları birbirini desteklemekte olup, numune taramaları esnasında farklı bir sonuç bulunmamıştır.

İnceleme alanından derlenen numunelerin fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından süstaşı nitelikleri taşıdıkları görülmüş ve bu numunelerin fasetleme işlemi sonucunda ekonomik sınıflandırmada değerli taşlar grubunda yer alabileceği tespit edilmiştir.

Diaspor kristallerinin kesimi sırasında %60'a varan miktarlarda fire verdiği tespit edilmiş bunun ise dilinim yapısından kaynaklandığı görülmüştür. Şeffaf olan örneklerin faset kesim işçiliğinin süstaşına kattığı ekonomik katma değerinin daha fazla olması nedeninden dolayı nihai ürün olan fasetlemenin ülkemizde yapılması süstaş sektörünün özellikle ihracata carat değer açısından katma değer olarak yüksek kazanç sağlayacaktır. Opak ve/veya yarı-şeffaf numuneler ise kabaşon şekillendirildikleri takdirde fire miktarı minimum düzeyde kalacaktır.

EXTENDED SUMMARY

The Menderes Massif is one of the most important areas of bauxite deposits in Turkey. Gemstone quality diaspor crystals are formed only in these deposits. In this study, the mineralogical, geochemical and gemological features of the diaspor formations on the southwestern side of the Menderes Massif (Bafa Lake, Milas, Muğla province) were investigated.

During field studies in the study area, diaspor crystals were encountered together with chloritoid and muscovite in the Pınarcık region, located between Bafa Lake and Milas, and also were observed in the altered zones close to the metabauxite limestone contact within the metabauxite formations (Figure 1).

As a result of the burial of bauxites in the region due to tectonic movements, they underwent metamorphism at approximately 10-25 km depth, 5-10 kb pressure, and 500-620 °C temperature. Due to this metamorphism, it is thought that while gibbsite and boehmite transformed into diaspor and corundum, ferrous compounds turned into magnetite and clays into minerals, such as muscovite and chloritoid (Şengör and Yılmaz, 1981; Şengör et al., 1984; Candan et al., 2001; Temur et al., 2003). In addition, the diaspor began to transform into corundum with

metamorphism at temperatures of about 420 °C (Ramdohr & Sturnz, 1978).

Metabauxite and diaspor formations in the study area (Menderes Massif) are found in Göktepe nappe between Middle-Late Triassic aged marbles and Jurassic-Cretaceous aged units (Alan et al., 2019). Metabauxite formations in the region were observed as a karstic filling at the border of white colored recrystallized limestone and dark colored recrystallized limestone (recrystallized dolomitic limestone). Diaspor formations, on the other hand, were observed in the carbonate altered zone at the contact of metabauxite and recrystallized dolomitic limestones and in the fractures of metabauxites, generally together with mica (muscovite)-chloritoid formations (Figure 2).

As a result of petrographic examination of 8 wall-rock samples taken from the study area, Quartz (7-81%), Sericite (71-89%), Muscovite (2-28%), Plagioclase (Albite) (1-7%), Biotite (4-15%), Chlorite (4-23%), Epidote (1-40%), Calcite (8%), Sphen (titanite) (2-3%), Opaque Mineral (1%), Tourmaline (1%), and Apatite (1%) were detected. Based on these data, grano-lepidoblastic textured "muscovite-quartzschist", "quartz-phylite", "mica-quartzschist", lepidoblastic textured "phylite" and nematoblastic textured "greenschist-chlorite-epidote fels" rocks were defined.

As a result of mainoxide, trace and rare earth element analyses on 28 samples collected from the study area, the triangular variation of Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 (Aleva, 1994; Meshram and Randive, 2011; Gu et al., 2013; Zamanian et al., 2016) was used to show the degree of lateritization, mineral control, and bauxite classification. According to the classification made, bauxite samples are seen in the "ferric bauxite" and "bauxite" areas. The sample falling in the laterite region is the soil formation (KMZ-2-1) collected from the weathering zone on the bauxite deposit in the Gümüslük region (Figure 3).

The Si ratios in the metabauxite and diaspor samples taken to represent the overall study area vary between 0.88-15.52% and 0.18-0.32%, respectively (oxide values converted to elemental values). The arithmetic average value of the population (samples) is 4.25% (metabauxite) and 0.25% (diaspor); these values are well below the Si average (27.72%) in the earth's crust (Silver, 1998, Krauskopf, 1979).

The Al value is between 16.27-28.80% (metabauxite) and 38.80-40.15% (diaspor) and their average values are 24.59% and 39.31%, respectively. The Al value in the Earth's crust is 8.13% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993). Average values are approximately 3 and 5 times higher, respectively, than the value in the Earth's crust. Fe average was determined as 13.90% (metabauxite) and 0.56% (diaspor). The lowest values among the samples taken were 9.76% (metabauxite) and 0.59% (diaspor); the highest values were 16.79% and 0.64% (diaspor). This is approximately 2.5 (metaboxide) times the average Fe in the Earth's crust, which is 5% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993). The lowest concentration of Ti was 1.00% (metaboxide) and 0.04% (diaspor); the highest was determined as 1.86% (metaboxide) and 0.04% (diaspor). The average values of the samples are 1.52% (metabauxite) and 0.04% (diaspor). The average value in the Earth's crust is 0.44% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993), and the average value is higher for metabauxites and low for diaspores (Table 1).

According to the results of chemical analyses on the samples taken from the study area, when the average values of trace elements are examined, V: 278 ppm, Ba: 202 ppm, Zn: 273 ppm, Ni: 226 ppm, Zr: 201 ppm, Ga: 66 ppm, Rb: 57 ppm, Y: 48 ppm and Sc: 57 ppm values stand out clearly (Table 2). The average REE concentrations in the samples compiled according to the analyses results were

detected as: Ce: 106.3 ppm, La: 80.4 ppm, Nd: 54.30 ppm, Pr: 14.51 ppm and Sm: 10.08 ppm (Table 3).

Diaspor samples collected from the study area were normalized according to chondrite (Haskin et al., 1968; Wakita et al., 1971; Tanaka and Masuda, 1973; Nakamura, 1974; Evensen et al., 1978; Taylor and McLennan, 1981; Boynton, 1984) (Table 4). The normalization graph was prepared according to LREE (light rare earth elements), MREE (medium rare earth elements) and HREE (heavy rare earth elements) (Figure 4). According to this graph, a clear agreement is seen in the normalization graph of PI-7-2, PI-7-3 and PI-7-4 diaspor samples, in accord with chondrite.

In order to determine the color changes of the diaspor samples in the study area, the normalized states according to the chondrites of the oxides (elementally) and trace elements that can cause color changes (Thompson, 1982; Pearce et al., 1984) and analysis values were compared logarithmically (Figure 5).

It is seen that light rare earth element (LREE) enrichment in the samples is higher than medium (MREE) and heavy rare earth element (HREE) enrichment. This may be due to material coming from the upper continental crust to the source magma. In addition, a negative Eu anomaly is observed. The significant negative Eu anomaly indicates that plagioclase differentiation plays an important role in the development of these rocks (Gill, 1981; Kalkan & Ozpinar 2018).

According to the Cr-Ni distribution made to elucidate the possible source of the metabauxite and diaspor formations in the study area, the metabauxite formations fall into the karst bauxite region. In addition, comparison of the Zr, Cr and Ga content of the metabauxite samples shows that the bauxite formations (III) have a bedrock with intermediate magmatic or clayey composition (Figure 6).

Pursuant to the results of the point and mapping method carried out for determination of the elements that can be found in the crystal lattice structure of 2 diaspore samples collected from the region, oxygen was determined between 40-50% and aluminum between 23-30%. As a consequence of SEM imaging and EDS analyses, the samples mainly contain O, Al and Si, and the presence of K, Na, Fe, Ca and Mg in addition to these elements was detected in close-ups (Figure 7 & 8).

As a result of the Raman Spectroscopy images in the light of the match values obtained from the microscope's own database, it was seen that the samples were diaspore, as well as brucite ($Mg(OH)_2$) and ugilite ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) (Figure 9).

FTIR analysis was performed on 4 samples taken from the study area and according to the findings it was seen that the samples (red color) were compatible with reference to the standard wavelength (blue / black color) references (Figure 10).


Our research proved scientifically that the faceted samples collected from the region (Figure 11) are gemstone quality diaspore crystals with various color variations. From the gemological identification made on the faceted sample in the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) laboratories, the physical properties of the gemstone sample such as color, weight and size were determined (Table 5).

It was determined that diaspore crystals shrank to 60% during cutting because of the cleavage structure of crystals. Due to the fact that the added economic value provided by the facet cutting workmanship of the transparent samples to the gemstone is higher, faceting the final product in Turkey will provide a higher value in the gemstone sector, especially in terms of the carat value for exports.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü (BAP Proje No: 201107007) tarafından desteklenmiştir.

ORCID

Eyyüp Hikmet Kinacı  <https://orcid.org/0000-0002-0267-7387>

Alican Öztürk  <https://orcid.org/0000-0003-2748-6322>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açlan, M., ve Davran, N. (2019). Karlıca Volkanitlerinin (Hamur-Ağrı) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 40 (1), 72-91.
- Alan, İ., Keskin, H., Böke, N., Altun, İ., Balcı, V., Elibol, H., Demirbağ, H., Bakırhan, B., Arman, S., Soyakıl, M., Hanilçı, N., Çelik, Ö.F. ve Candan, O. (2019). Menderes Masifi'nin tektono-stratigrafik özellikleri projesi kapsamında elde edilen son bulgular. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 28, 41-48.
- Aleva, G. J. J. (1994). *Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry*. Wageningen, the Netherlands: ISIRC, ISBN: 90.6672.053.0., 169 p.
- Bau, M. & Dulski, P. (1996). Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, 79, 37-55.
- Bárdossy, G. & Aleva, J. Y. Y. (1990). *Lateritic Bauxites. Developments in Economic Geology* 27. Elsevier, Amsterdam.
- Boynton, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteoric studies. In *Rare Earth Element Geochemistry. Developments in Geochemistry*, 2, 63-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42148-7.50008-3>
- Bozkurt, E., Park, R.G. & Winchester, J. A. (1993). Evidence against the core/cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, west Turkey. *Terra Nova*, 5, 445-451.

- Candan, O. Çetinkaplan, M. (2001). *Menderes masifi'ndeki eklojit / epidot-mavi şist fasiyesi metamorfizması ve Kikladik kompleksle karşılaştırması* (Proje No: YDABÇAG-495). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.
- Çağatay, N., Erler, A., Güleç, N., Savaşçın, Y. ve Tokel, S. (1993). *Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler; İkinci Baskı*. (Ed: N. Çağatay, A. Erler), Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Eğitim Dizisi, Ankara, 293 s.
- Çağlayan, M. A., Öztürk, E. M., Öztürk, Z., Sav, H., & Akat, U. (1980). Menderes masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum (New data on the southern part of the Menderes massif and a structural interpretation). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 10(1), 9-17. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/28159/297184>
- Dora, O. Ö., Kun, N. & Candan, O. (1990). Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In M.Y. Savaşçın & A.H. Eronat (Eds.), *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (Volume II, pp: 102-115)*
- Dora, O. Ö. (2011). Menderes Masifindeki Jeolojik Araştırmaların Tarihsel Gelişimi. *Maden Tatvik Arama Dergisi*, 142, 1-23. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bulletinofmre/issue/3960/52448>
- Dürr, St. (1975). *Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis* [Habilitation Thesis]. University of Marburg/Lahn, 107 pp.
- Evensen, M. N.; Hamilton, P. J.; O'Nions, R. K. (1978). Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(8), 1199–1212. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90114-X](https://doi.org/10.1016/0016-7037(78)90114-X)
- GIA, (2022, 03 Mayıs) Gemological Institute Of America, Round Brilliant Cut. <https://4cs.gia.edu/wp-content/uploads/2016/07/155880-960x960-round-brilliant-cut-diamond-illustration.jpg>
- Gill, J.B. 1981. Orogenic Andesite and Plate Tectonics. Springer-Verlag, Berlin, 390. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-68012-0>
- Grubb, P. L. C. (1973). High-level and low-level bauxitization: a criterion for classification. *Miner. Sei. Engin. Johannesburg* 5(3), 219-231.
- Gu, J., Huang, Z., Fan, H. & Jin, Z. (2013). Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan–Zheng'an–Daozhen area, Northern Guizhou Province, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 130, 44–59.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., & Dumont, J-F. 1979. Géologie des Taurides Occidentales (Turquie). *Mémoires de la Société Géologique de France*, No. 137, 112 pp.
- Gümüş, A. (1998). *İç Olaylara Bağlı Maden Yatakları*. 1. Baskı, Bilim Ofset, İzmir, 481 s.
- Hanilçi, N. (2013). Geological and Geochemical Evolution of the Bolkardağı Bauxite Deposits, Karaman-Turkey: Transformation from Shale to Bauxite. *Journal of Geochemical Exploration*, 133(2013), 118-137.
- Hatch, J. R. & Leventhal, J. S. (1992). Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) stark shale member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. *Chemical Geology*, 99(1-3), 65– 82. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(92\)90031-Y](https://doi.org/10.1016/0009-2541(92)90031-Y)
- Haskin, L. A.; Haskin, M. A.; Frey, F. A.; Wildeman, T. R. (1968). Relative and Absolute Terrestrial Abundances of the Rare Earths. In L. H. Ahrens, (Ed.); *Origin and Distribution of the Elements* (pp.:889-912). Pergamon: New York, NY, USA.
- Hill, I. G., Worden, R. H., Meighan, I. G. (2000). Yttrium: the immobility-mobility transition during basaltic weathering. *Geology* 28, 923–926.
- Jones, B. & Manning, D. A. C. (1994), Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111(1-4), 111 –129. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90085-X)
- Kalkan, M. ve Ozpınar, Y. (2018). Civanadağ Bölgesi (Güğü-Balıkesir) Piroklastik Kayaçlarının Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KB-Türkiye. *Aksaray University Journal of*

- Science and Engineering*, 2(2), 95-115. <https://doi.org/10.29002/asujse.331754>
- Karadağ, M. M., Temur S., Arık, F. ve Öztürk, A. (2003). Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin dört anabileşen jeokimyası. *Geosound* (42), 35-51.
- Keller, W. D. (1964). The origin of high-alumina clay minerals. W. F. Bradley, (Ed.), *Nationals Conference on Clays and Clay Minerals, 12 th, Proceedings*, (pp.: 129-151), Macmillan Company, New York.
- Krauskopf, K. B. (1979). Current perspectives in geologic disposal of radioactive wastes. *Proceedings of the Symposium on Waste Management*, (pp.: 99-107).
- Konak, N. Akdeniz, N. Ve Öztürk, E. M. (1987). Geology of the south of Menderes Massif. In *Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt* (pp.:42-53), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Lüle, Ç. (1998). *Muğla-Milas-Küçükçamlıktepe diaspor oluşumlarının mineralojisi, oluşum koşulları ve gemolojik özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi], Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Meshram, R. & Randive, K. (2011). Geochemical study of laterites of the Jamnagar district, Gujarat, India: Implications on parent rock, mineralogy and tectonics. *Journal of Asian Earth Sciences*. 42(6), 1271-1287. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2011.07.014>
- Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W. and Sun, W. (2007). Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3223-3237. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.03.035>
- McLennan, S. M. & Taylor, S. R. 1984. Archaean Sedimentary Rocks and Their Relation to the Composition of the Archaean Continental Crust. In *Archaean Geochemistry* (pp. 47-72). Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Motoki A., Sichel S. E., Vargas, T., Melo, D. P. Kenji F. & Motoki, K. F. (2015). Geochemical behaviour of trace elements during fractional crystallization and crustal assimilation of the felsic alkaline magmas of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 87(4): 1959-1979.
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5), 757-775, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen. In B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth & M. Séranne Eds.), *Geological Society, London, Special Publication 156*, 475-515.
- Okay, A. I. (2000). Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau? In E. Bozkurt, J. A. Winchester & J. D. A. Piper (Ed.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area (25-41)*, Geological Society, London, Special Publication, 173. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.0>
- Önay, T. Ş. (1949). Über die Smirgelgesteine Südwest-Anatoliens. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 29, 357-492.
- Özlu, N. (1983). Trace-element content of “Karst Bauxites” and their parent rocks in the mediterranean belt. *Mineralium Deposita*, 18(3), 469-476. <https://doi.org/10.1007/BF00204491>
- Öztürk, A. & Koçyiğit, A. (1983). Menderes Grubu kayalarının temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye - Muğla) (A structural approach to the basement-cover relation in the Menderes Group (Selimiye-Muğla)). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26(1), 99-106. https://jmo.org.tr/resimler/ekler/c144c47ecba6f83_ek.pdf
- Öztürk, H. ve Hanılçı, N. (1999). Doğan kuzu ve Mortaş Boksit Yatağının Jeolojisi ve Sülfürlü Zonların Özellikleri, Orta Toroslar, Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 121, 185-197.

- Öztürk, H., Hein, J. R. & Haniççi, N. (2002). Genesis of the Doğanlı and Mortaş bauxite deposits, Taurides, Turkey: Separation of Al, Fe and Mn and implications for passive margin metallogeny. *Economic Geology*, 97, 1063-1077.
- Özyurt, M.; Kırmacı, M.Z.; Al-Aasm, I.; Hollis, C.; Taşlı, K.; Kandemir, R. REE Characteristics of Lower Cretaceous Limestone Succession in Gümüşhane, NE Turkey: Implications for Ocean Paleoredox Conditions and Diagenetic Alteration. *Minerals*, 10, 683. <https://doi.org/10.3390/min10080683>
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>
- Price, R. G., Gray, M., Wilson, R. E., Frey, F. A. & Taylor, S. R. (1991). The effects of weathering on rare earth elements Y and Ba abundances in Tertiary basalts from southern Australia. *Chemical Geology*, 93, 254-265. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(91\)90117-A](https://doi.org/10.1016/0009-2541(91)90117-A)
- Ramdohr, P. & Strunz, H. (1978). Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 876pp. *Mineralogical Magazine*, 43(329), 686-686.
- Read, P. G. (2005). *Gemmology*, (Third Ed.). Elsevier.
- Rimmele, G., Oberhansli, R., Goffe, B., Jolivet, L., Candan, O. & Çetinkaplan, M. (2003). First evidence of high-pressure metamorphism in the "Cover Series" of the southern Menderes Massif. Tectonic and metamorphic implications for the evolution of SW Turkey. *Lithos*, 71, 19-46.
- Rollinson, H. R. (1993). *Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific and Technical, Wiley, New York.
- Saatçioğlu, H. A. (2002). Kaybolmak Üzere Olan Değerlerden Diaspor Kristalleri. *Madencilik Bülteni*, 64, 25-28.
- Schuiling, R. D. (1962). On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW-Turkey). *Bulletin of the Mineral research and Exploration Institute of Turkey*, 58, 71-84. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/eng/20151028141120_954_2275ee3d.pdf
- Thompson, R. N. (1982). Magmatism of the British tertiary volcanic province. *Scotland Geological Journal* 18, 49-107.
- Seyhan, İ. (1972). Bentonit, kil ve tuğla-kiremit toprakları jeolojisi. *MTA yayınları, No:13*, Ankara, Türkiye.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: *Tectonics*, 3, 693-707
- Şengör, A. M. C. (1986). The dual nature of the Alpine-Himalayan system: Progress, problems and prospects. *Tectonophysics*, 127(3-4), 177-195.
- Tanaka, T. & Masuda, A. (1973). Rare-earth elements in matrix, inclusions, and chondrules of the Allende meteorite. *Icarus*, 19(4), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(73\)90079-1](https://doi.org/10.1016/0019-1035(73)90079-1)
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1981). The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301(1461), 381-399. <https://doi.org/10.1098/rsta.1981.0119>
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1995). The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics* 33, 241-265. <https://doi.org/10.1029/95RG00262>
- Temur S., Kansun G., Karadağ, M. M., Arık, F. & Öztürk, A. (2003). Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin stratigrafik konumu. *Geosound*, 109-122.
- Wakita, H., Ray, P. & Schmit, R.A. Abundances of 14 rare-earth elements and 12 other trace elements in Apollo 12 samples: Five igneous and one breccia

- rocks and four soils. In *Proceedings of the Second Lunar Science Conference*, (pp.:1319-1329), Volume 2.
- Wright, J., Schrader, H. & Holser, W. T. (1987). Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(3), 631–644. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(87\)90075-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(87)90075-5)
- Zamanian, H., Ahmadnejad, F. & Zarasvandi, A. (2016). Mineralogical and geochemical investigations of the Mombi bauxite deposit, Zagros Mountains, Iran. *Chemie der Erde Geochemistry*, 76(1), 13–37. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2015.10.001>