

Naldöken Civarındaki Guleman Ofiyolitine Ait Magmatik Kayaçların Jeokimyası (GD Elazığ, D Türkiye)

Esra YILDIRIM^{1*}, İlker KARABULUT²

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

² Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*¹ eozyildirim@gmail.com, ² ilkerkarabulutgeo@gmail.com

(Geliş/Received: 22/01/2021;

Kabul/Accepted: 26/04/2021)

Öz: Guleman ofiyolitinin manto peridotitleri (serpantinize dünit-harzburgit) ve okyanusal kabuk birimleri (gabro, diyabaz, bazalt ve derin deniz sedimanları) Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı (GDAOK)'nda Naldöken (Elazığ GD, Türkiye) bölgesinde yüzeylenmektedir. Bu çalışma, okyanusal kabuğa ait gabro ve ilişkili intrüzif kayaların petrografisi ile tüm-kaya jeokimyasal verilerini sunmaktadır. Gabroyik kayalar, toleyitik bileşimli olup, kondrite göre normalize edilmiş, yatay görünümü nadir toprak element (NTE) desenleri (L_{an}/Y_{bn} : 0,43-1,03; L_{an}/S_{mn} : 0,54-1,44; S_{mn}/Y_{bn} : 0,58-0,88), Nb ve Ta'daki tüketilme, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE)'lerinde zenginleşme (Ba, Rb, Th, Sr, Pb) ve daha düşük kalıcılığı yüksek element (HFSE) içerikleriyle, yitimle-ilişkili bazaltlara (ada-yayı toleyitleri veyay-önü bazaltları) benzerlik göstermektedir. Guleman ofiyolitinin okyanusal kabuk kayalarına ait tüm jeokimyasal veriler, okyanus-ıçi dalma-batma zonu (SSZ) ortamında genişletilmiş bir yay-önü ortamındaki ofiyolitlerin kademeli bir magmatik evrimini göstermektedir. Güney Neotetis içerisinde gelişmiş olan Guleman ofiyoliti Doğu Akdeniz bölgesindeki Göksun (Kahramanmaraş), İspendere (Malatya) ve Kömürhan (Elazığ) ofiyolitlerini kapsayan Güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağının bir parçasıdır. Ofiyolitik seriye ait gabro ve diyabazları kesen tonalitler, yarı-alkalen kayaçların genel özelliklerini sergilerken; NTE, spider ve tektono-magmatik sınıflandırma diyagramları bu kayaçların yitimle ilişkili yay-magmatizmasını işaret etmektedir. Bu özellikleri ile Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri ile intrüzif ilişkili granitoidler (Baskil ve Esence) ile benzerdir.

Anahtar kelimeler: Naldöken (GD Elazığ, Türkiye), Guleman ofiyoliti, tonalit, ada-yayı.

Geochemistry of the Magmatic Rocks of Guleman Ophiolite Around Naldöken (SE Elazığ, E Turkey)

Abstract: Mantle peridotites (serpentinized dunite-harzburgite) and oceanic crust units (gabbro, diabase, basalt and abyssal sediments) of Guleman Ophiolite outcrop in Naldöken (SE Elazığ, Turkey) region at the Southeast Anatolian Orogenic Belt. This study presents the petrographical and whole rock geochemical data of intrusive rocks related to the oceanic crust gabbros. Gabbroic rocks have tholeiitic affinity. They show similarity with subduction-related basalts (island-arc tholeiites and fore-arc basalts) by their flat Rare Earth Element (REE) patterns (L_{an}/Y_{bn} : 0,43-1,03; L_{an}/S_{mn} : 0,54-1,44; S_{mn}/Y_{bn} : 0,58-0,88), Nb-Ta depletions, enrichment in large ion lithophile elements (Ba, Rb, Th, Sr, Pb) and lower high field strength element contents. Geochemical data of oceanic crustal rocks of Guleman ophiolite indicate a gradual magmatic evolution of ophiolites that are in an extended fore-arc setting on the supra-subduction zone. The Guleman ophiolite developed within S Neotethis is a part of Southeast Anatolian ophiolite belt and contains Göksun (Kahramanmaraş), İspendere (Malatya) and Kömürhan (Elazığ) ophiolites situated in the Eastern Mediterranean region. While tonalitic rocks that cut gabbro and diabase belonging to ophiolitic series exhibit general characteristics of sub-alkaline rocks, REE, spider, and tectono-magmatic classification diagrams indicate that these rocks are the result of arc-magmatism related to subduction. With these features, they have some similarities with the granitoides (Baskil and Esence) which have an intrusive relation with the Southeast Anatolian Ophiolites.

Key words: Naldöken (SE Elazığ, Turkey), Guleman ophiolite, tonalite, island arc.

1. Giriş

Karmaşık jeolojik hareketler milyonlarca yıldır Anadolu (Küçük Asya) yarımadasını şekillendirmiştir. Alp-Himalaya orojenik sistemi içerisinde yer alan bölge, yaklaşık olarak D-B uzanımlı tektonik kuşaklar arasında (Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımlar) Tetis okyanusal basenlerinin (Paleotetis ve Neotetis) kalıntıları içerir ([1, 2]; Şekil 1a).

* Sorumlu yazar: eozyildirim@gmail.com. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0002-0823-988X, ² 0000-0003-1711-2570

Anatolid/Torid ile Arap platformları arasında yer alan GDAOK, Alp-Himalaya orojenik sisteminin en karmaşık parçalarından biridir. Önceki çalışmalar, bu kuşağın Ediyakaran-Kuvaterner arasında hüküm süren farklı jeokimyasal bileşimlere sahip tektono-magmatik birimleri içerdiğini göstermektedir [3-7]. GDOAK içerisinde yer alan inceleme alanı, Ergani (Diyarbakır) ilçesinin 25 km batısındadır (Şekil 1b). Bu alanda, Paleozoyik yaşlı Pütürge Metamorfileri, Geç Kretase yaşlı Guleman ofiyoliti, Orta Eosen yaşlı Maden Grubu ve Alt Miyosen yaşlı Çüngüş formasyonuna ait kayaçlar yüzeylenmektedir (Şekil 1b). Tetis evriminin önemli bölgesinden biri olan GDOAK’nda okyanus-ıçi yitim zonu ofiyolitleri ile başlayıp, Toros platformu ile Arap platformunun çarpışması ile son bulan Neotetis’in güney kolunun gelişim (kapanması ve kıta-kıta çarpışması) süreçlerinin yorumlanabilmesi için Guleman ofiyolitinin jeolojik evriminin bilinmesi zorunludur.

Bu çalışmada, Ergani ile Maden ilçe sınırında yer alan Armutova ve Naldöken köyleri arasında yüzeyleyen magmatik kayaçların (Şekil 1c), petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek hangi litolojik birime karşılık geldiklerinin belirlenmesiyle bölgenin jeolojik evrimine katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca inceleme alanında çeşitli mineralizasyonlar da izlenmektedir. Bu mineralizasyonlar, diyabazik-gabroyik kayaçları kesen yoğun silisifiye olmuş tonalitik kayaçlar içerisinde saçınım pirit-kalkopirit ve malahit oluşumları şeklindedir. Bu çalışma, inceleme alanındaki muhtemel maden yatakları-yan kayaç ilişkisinin ortaya çıkarılması açısından da önem arz etmektedir. İnceleme alanı güvenlik açısından tehlikeli bir bölgede yer alırken, zorlu arazi şartları da akademik çalışmaların sınırlı kalmasına neden olmuştur. Bu çalışma, uzun yıllardan sonra bölge jeolojisine yeni veriler kazandırması bakımından önemlidir.

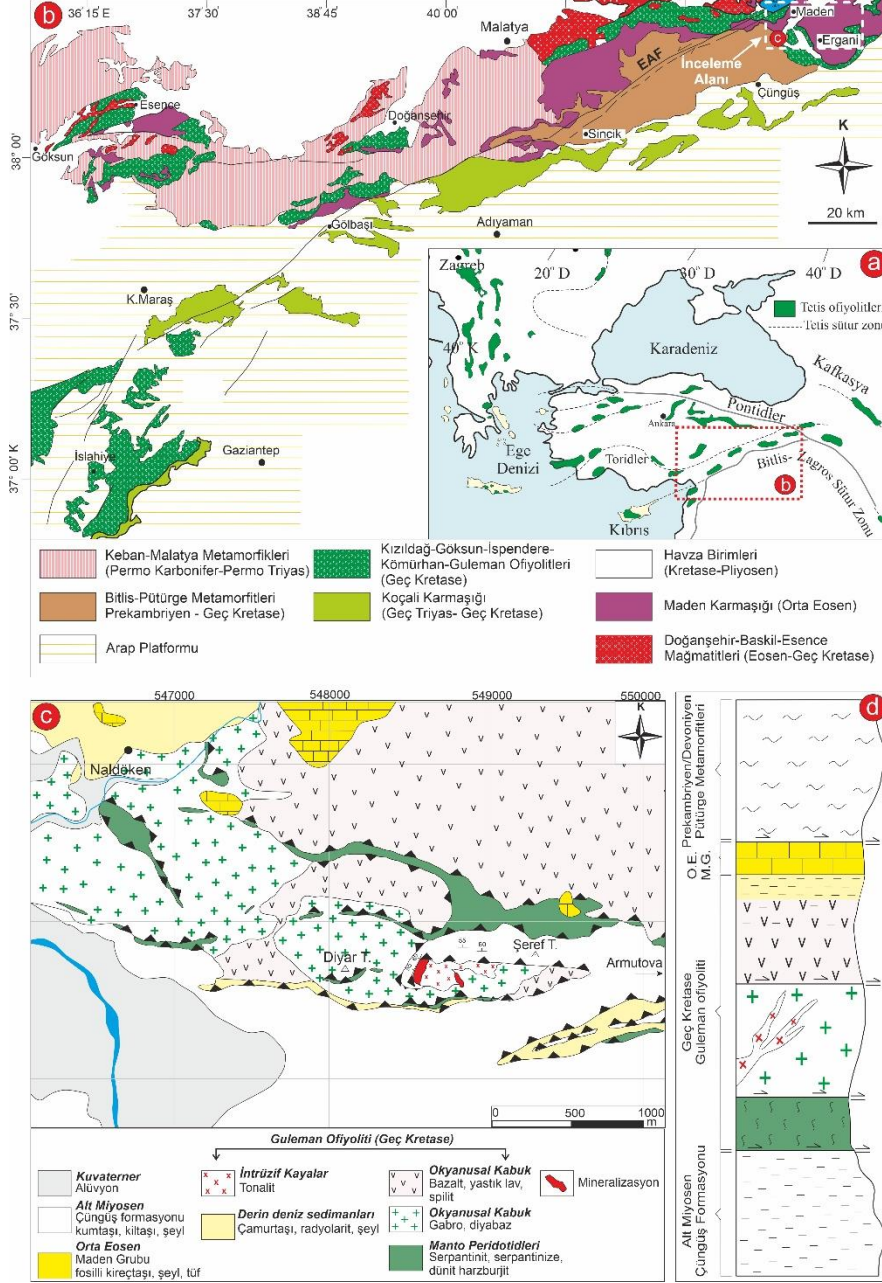
2. Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi

İnceleme alanı Toridler ve Kenar Kıvrımları arasında (GDAOK) yer almaktadır. GDAOK, yaklaşık D-B uzanımlı üç farklı tektonik birlikten oluşmaktadır [3]. Bu tektonik birlikler kuzeyden güneye doğru Nap zonu, Yığışım Prizması ve Arap Platformu şeklindedir. Arap platformu, Alt Paleozoik- Miyosen aralığında, kalın otokton bir sedimanter istif ile temsil edilmektedir [3, 8]. Nap zonu ve yığışım zonu ise, esas olarak metamorfik ve ofiyolitik kaya birliklerinden oluşmaktadır [3]. Çalışma alanı Nap zonu ile Yığışım prizması sınırında yer almakta ve Paleozoyik yaşlı Pütürge Metamorfileri, Geç Kretase yaşlı Guleman ofiyoliti, Orta Eosen yaşlı Maden Grubu ve Alt Miyosen yaşlı Çüngüş formasyonu tarafından temsil olunmaktadır (Şekil 1b-c, 2a). Pütürge Metamorfileri, genellikle Guleman ofiyolitinin üzerine itilmişlerdir. İnceleme alanı şaryaj kuşağı içerisinde yer aldığından, birçok birimi ekaylanmış halde bir arada görmek mümkündür (Şekil 1c-d, 2a). İnceleme alanında yer alan metamorfik ve magmatik/volkanik kayaç topluluklarının jeolojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Pütürge Metamorfileri (Paleozoyik): İnceleme alanındaki en yaşlı birim, Prekambriyen / Devonyen yaşlı Pütürge Metamorfileri’dir. Bu metamorfiter konum olarak daha doğuda yer alan ve yaklaşık D-B uzanımlı, Bitlis Metamorfileri’nin batı uzantısı niteliğindedir [9]. Anadolu’nun güneydoğu kesiminde yer alan ve oldukça geniş bir bölgeyi (yaklaşık 300 km uzunluk, 40 km genişlik) kapsayan metamorfik bir alandır. Bu masif, bölgesel ölçekte alloktondur ve Erken Miyosen’de güneye doğru Arap kıta kenarına yerleşmiştir [3, 10, 11]. Pütürge masifindeki granitik sokulumlar Prekambriyen yaşında, üzerindeki kalkıştiller ise Permiyen-Alt Triyas yaşında olmalıdır [1]. Pütürge Metamorfiti, inceleme alanının batısında yer almakta ve mikaşist, kalkışist, serizitist, kloritistlerle temsil edilmektedir. Birim, tektonik olarak Guleman ofiyoliti ile Çüngüş formasyonu üzerine gelmektedir (Şekil 1d).

Guleman Ofiyoliti (Geç Kretase): Birimin tip kesit yeri Elazığ ilinin 60 km güneydoğusunda yer alan Guleman ilçesi ve çevresidir. GDAOK’nın en önemli ofiyolitik masiflerinden biridir [12, 13]. Ofiyolitik seri; manto peridotitleri (hazburjit, dünit ve podiform kromitit) ile ultramafik kümülat (dünit-verlit-klinopiroksenit-gabro-troktolit), tabakalı ve izotropik gabrolar, levha dayk karmaşığı, bazaltik yastık lavlar ve derin deniz sedimanlarından oluşur. Birim tektonik olarak Alt Miyosen yaşlı Çüngüş formasyonunu üzerler ve Üst Maastrichtiyen-Alt Eosen yaşlı Hazar Karmaşığı ve Orta Eosen yaşlı Maden Grubu tarafından üzerlenir [14]. Guleman ofiyoliti, üst manto ve okyanusal kabuktan oluşan Kretase okyanusal litosferinin bir parçasıdır. Önceki çalışmalarda Guleman ofiyolitinin okyanus-ortası sırta olduğu ve yeşil-şist fasiyesinde metamorfizma geçirdiği öne sürülmüştür [13, 15]. Son yıllarda Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri üzerinde yapılan çalışmalarda [16-25] bu ofiyolitlerin yitimle ilişkili ofiyolitler olduğu kabul edilmektedir. [26], Guleman ofiyolitinin manto peridotitlerinin yitimle-ilişkili mantoya karşılık geldiğini ve yay-önü ortamda oluştuğunu belirtmişlerdir. Perinçek [27], stratigrafik ilişkilere dayanarak Guleman ofiyolitinin Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen yaşlı olduğunu belirtirken; Bingöl vd. [21], zirkon U-Pb yaşlandırma yöntemine göre 92±2My yaşlı elde etmişlerdir. İnceleme alanında Guleman ofiyoliti manto peridotitleri (serpantinit, serpantinize harzburjit, serpantinize dünit), okyanusal kabuğa ait mafik kayalar (diyabaz-gabro, bazaltik yastık lav) ve derin deniz sedimanları (çamurtaşı, radyolarit, şeyl) ile temsil edilir (Şekil 1c, 2a). Mafik kayalar (gabro-diyabaz) yer yer tonalitik kayaçlar ile kesilmektedir (Şekil 2a-b). Elazığ-Malatya yöresi ve inceleme alanında yaygın yüzlekler veren, esas olarak radyolarialı çört, çamurtaşı, şeyl

ve pelajik kireçtaşlarıyla ilişkili bazaltik dayk ve yastık lavdan oluşan tektonik olarak kaotik bir topluluktan oluşan birim bazı çalışmacılar [28, 29] tarafından, Orta-Geç Kretase’de oluşmuş yay ve yay-ardı volkanizması ile temsil edilen Yüksekova Karmaşığı’na dahil edilmiştir. Yıldırım ve Eroğlu [30] ise, inceleme alanında çevre mineralizasyonlarının izlendiği bu birimi Maden Grubu içerisinde değerlendirmiştir.



Şekil 1. (a) Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer alan ofiyolitler (Dilek ve Flower [31]’den değiştirilerek), (b) GDAOK (Gaziantep-Diyarbakır)’da yüzeylenen tektono-stratigrafik birimlerin dağılımı (MTA 2002 [32]’den sadeleştirilerek), (c) İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Yıldırım ve Eroğlu [30]’dan değiştirilerek) ve (d) Tektono-stratigrafik kolon kesiti.

Maden Grubu (Orta Eosen): Perinçek ve Kozlu [33] tarafından Maden Kompleksi olarak isimlendirilen birim bazı çalışmalarda [34] Maden Grubu olarak tanımlanmıştır. Maden Grubu Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca Pütürge Metamorfileri ve Guleman ofiyoliti üzerinde yüzlek verir. Maden Grubu’nu oluşturan kayalar; altta konglomera-kumtaşı-şeyl (Ceffan Formasyonu) ve bunu izleyen kireçtaşı-tüf-şeyl (Arbo formasyonu), üste doğru ise volkanik kayaç ve kristalize kireçtaşı mercekli sleyt-fillit ve meta-kumtaşı (Melefan formasyonu) ile

volkaniklerden oluşmaktadır [34]. Maden Grubu'nun oluşum ortamı hakkında araştırmacılar birbirinden farklı yorumlar yapmışlardır. Okyanus tabanı yayılımı veya kenar denizi ortamında oluştuğu [35]; gerilme kökenli açılmış derin deniz havzasında geliştiği [36]; kıta kabuğu üzerinde geliştiği [9, 14, 37] şeklindedir. Robertson vd. [38], Orta Eosen'deki riftleşme ile Maden havzasının oluştuğunu, burada toplanan malzemenin Arap kıtasıyla çarpışması sonucunda da tüm bindirme kümesinin Arap burnuna yerleştiğini belirtmişlerdir.

Önceki çalışmalara göre [14] birimin yaşı Orta Eosendir. Pişkin ve Delaloye [39], Karadere formasyonunun yastık lavları ve diyabazlarından 45 ± 5.7 ile 52.0 ± 10.3 My K-Ar yaşı elde etmişlerdir. İnceleme alanı içerisinde çok geniş yüzlek vermeyen Maden Grubu fosilli-kumlu kireçtaşı, şeyl ve tuf ile temsil edilmektedir. Birim, çoğunlukla Guleman ofiyolitik serisine ait volkanik ve çökel kayaları üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şekil 1c-d, 2a).

3. Örneklem ve Analitik Yöntemler

Çalışma kapsamında, inceleme alanında yüzeyleyen magmatik kayaçlardan 50 adet örnek alınmıştır. Alınan bu kayaç örneklerinden 30 adet ince kesit yapılarak polarizan mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Polarizan mikroskopta ince kesit incelemeleri sonucu yapılan petrografik değerlendirme ile seçilmiş ofiyolitik seriye ait 8 adet mafik kayaç ve 5 adet felsik bileşimli intrüzif kayacın ana oksit, iz ve NTE analizleri Kanada'daki ACME Analytical laboratuvarında ICP-OES (inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer) ve ICP-MS (inductively coupled plasma-mass spectrometer) cihazları ile yaptırılmıştır. Kayaçların alterasyon derecesinin veya analitik problemlerin göreceli olarak anlaşıldığı ateşte kayıp (loss on ignition 'LOI') değerleri % 0.7 ile % 4.7 arasında değişmektedir.

4. Magmatik Kayaçların Petrografisi

4.1. Ofiyolitik kayalar

İnceleme alanında ofiyolitik kayalar; ultramafikler (serpantinit, serpantinize-harzburgit, serpantinize-dünit), mafik kayalar (diyabaz-gabro, bazalt, yastık lav) ve derin deniz sedimanları (çamurtaşı, radyolarit) ile temsil edilir. Gabro ve diyabazik kayalar bazı seviyelerde tonalitik kayaçlar ile kesilmektedir. Bölgenin yığılma prizması zonu içerisinde bulunmasından ötürü birimler arasındaki ilksel ilişkiler çoğunlukla kaybolmuştur.

Ultramafikler: Ofiyolitik seriye ait diğer kayaç grupları ile tektonik ilişkili olup, çok kalın olmayan ekay dilimleri şeklinde yüzeylenmektedir (Şekil 2a). Serpantinize ultramafik kayalar; serpantinit, serpantinize-harzburgit, serpantinize-dünit ile temsil edilir. Ayrışma renkleri yeşilin tonlarında olup, makroskopik ölçüde yaygın serpantinleşme izlenmektedir. Mikroskopik incelemelerde, piroksenlerin bastit mineraline (Şekil 2c), olivinlerin ise lizartit ve krizotil gibi serpantin minerallerine dönüşümleri yaygın olarak izlenmektedir. Serpantinleşme nedeniyle birincil doku özellikleri kısmen veya tamamen kaybolmuş ve ağısı (mesh) doku gelişmiştir (Şekil 2d).

Gabro: Yaygın izlenen ofiyolitik kayaç gruplarından olan gabrolarda granüler ve heterogranüler (Şekil 2e) dokular, ender olarak da pegmatitik doku gözlenmiştir. Ayrışma yüzeyi gri, yeşil, kahve renkli, taze yüzeyi yeşil, siyahımsı renkli olup kırık ve çatlaklıdır. Gabro-tonalit dokanalarında silisleşme yaygın olup, kloritleşme tipiktir (Şekil 2b). İnce kesitlerin petrografik değerlendirmesine göre gabrolar esas olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak piroksen ve az oranda da opak minerallerden oluşmaktadır. Öz şekilli ve yarı-özşekilli kristaller halindeki plajiyoklaslarda karlsbad+albit ve albit ikizlenmeleri görülmektedir (Şekil 2e). Piroksenler, öz şekilsiz olup, klinopiroksenlerde soluk yeşilimsi pleokroizma belirgindir.

Diyabaz: Yeşil ve tonlarında ayrışma rengine sahip olan diyabazik kayalarda, makroskopik olarak kloritleşme ve epidotlaşma gibi alterasyonlar izlenebilmektedir. İnceleme alanının kuzeybatısında (Diyar Tepe civarında) gabrolarla birlikte yer alan bu kayaçlar felsik dayklarca kesilmektedir (Şekil 1c, 2a). Gabrolar ile ilişkileri belirgin olmayan ve iç yapısını kaybetmiş olan diyabazlar, ince taneliden, iri taneliye kadar değişebilen kristal boyutlarına sahiptirler. Diyabazlar, esas olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak piroksen ve olivin, az oranda da ikincil kalsit, klorit ve opak minerallerden oluşmuşlardır. Plajiyoklaslar, öz şekilli ve yarı özşekilli çubuksu kristaller halindedir. Polisentetik ikizlenmeler görülmektedir. Bazı kristallerde zonlanma izlenmekte ve kristallerin merkezi çoğunlukla karbonatlaşmıştır. Piroksenler, öz şekilsiz, bazen de yarı-özşekilli kristaller halinde olup, canlı polarizasyon rengine sahiptir. Olivinler, özşekilsiz kristaller halinde bol kırıklı, çatlaklı bir görünümündedir. Diyabazlarda intersertal ve intergranüler dokular (Şekil 2f) görülür.

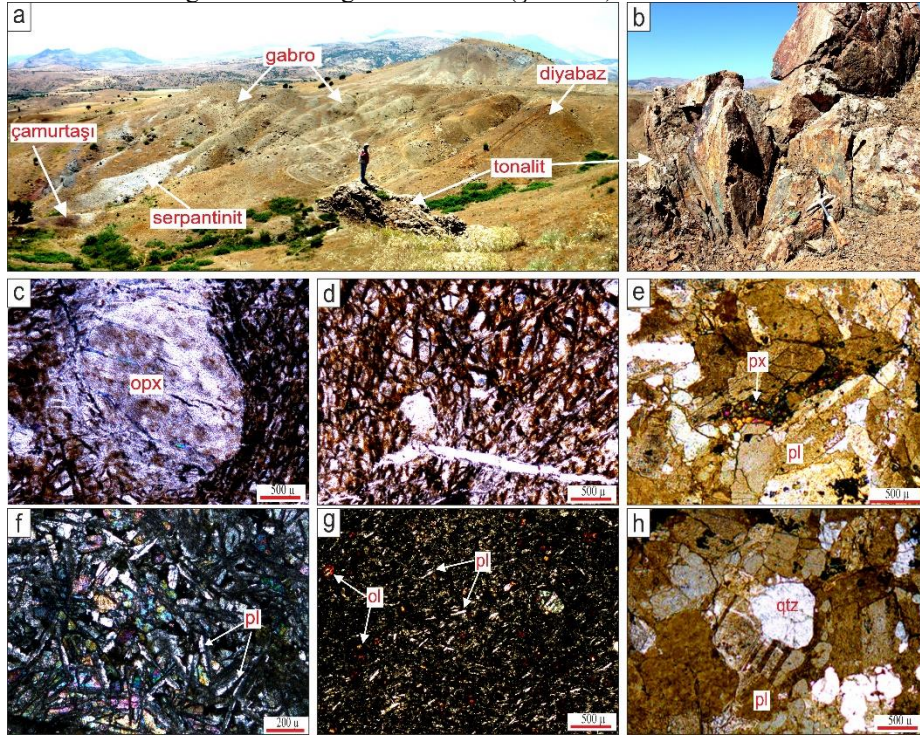
Bazalt: Ofiyolitik seriye ait bazaltlar en geniş yüzleklere sahiptir ve ultramafiklerle tektonik ilişkilidir (Şekil 1c). Bazaltlar, seyrek olarak, ince pelajik radyolaritler ve çamurtaşları ile ardalanmalar içerir. Bordo, yeşil ve gri

renklidir, masif lavlar yastık lavlara oranla daha fazladır. Yastık lavlarda spilitleşmeden ötürü yeşilimsi gri renk hakimdir. Esas olarak plajiyoklastan oluşan bazaltlarda mafik mineral olarak piroksen, olivin ve ikincil mineral olarak da kalsit, kuvars, klorit, albit ve zeolit bulunmaktadır. Bazaltlarda, genellikle küçük, çubuksu kristaller halindeki plajiyoklastların oluşturduğu mikrolitik doku (Şekil 2g) ve plajiyoklastların fenokristaller halinde olduğu mikroporfirik doku izlenmektedir. Gaz boşluklarının ikincil minerallerle dolduğu amigdaloidal doku da yaygın bir şekilde izlenmektedir. Kloritleşme, seritleşme ve karbonatlaşma tipinde alterasyonlar yoğun şekilde izlenir.

4.2. Felsik Bileşenli Magmatik Kayalar

Ofiyolitik seriye ait gabro/diyabazik kayalar ile intrüzif ilişkiye sahip felsik bileşenli kayalar oldukça dar alanlarda yüzeylemektedir (Şekil 1c-d). Tonalitik bileşimli bu kayalarda, yoğun silisifikasyon ve sülfür minerallerince zengin hidrotermal tip mineralizasyonlar yaygındır (Şekil 2a,b).

Tonalit: Makro örneklerde orta taneli ve açık renkli kayalardır. Esas olarak plajiyoklast ve kuvars mafik mineral olarak da amfibol ve/veya biyotit içermektedirler. Kuvars, genelde küçük öz şekilsiz kristaller halinde mineraller arası boşlukları doldururken, bazen de büyük kristallidir. Bazı kristallerde deformasyona bağlı dalgalı sönme gözlenmektedir. Plajiyoklast, öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller halindedir. Alterasyonun az olduğu kesitlerde plajiyoklastlarda albit+karlsbad ve albit ikizlenmeleri (Şekil 2h) izlenmektedir. Örneklerin bazılarında plajiyoklastların kenar kısımlarında alterasyon sonucu karbonatlaşma ve serizitleşme görülür (Şekil 2h). Yoğun alterasyon nedeniyle plajiyoklastların türü belirlenememiştir. Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halindeki biyotitlerde oksidasyon yaygındır. Amfiboller, çoğunlukla yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halindedir. Tonalitler, genel olarak heterogranüler doku göstermektedir (Şekil 2h).



Şekil 2. (a) Ofiyolitik seriye ait birimlerin genel görünümü (Diyar Tepeye batıya doğru bakış), (b) Gabroyik kayaları kesen silisifiye tonalit, (c) Serpantinize harzburjitlerde bastitleşmiş ortopiroksen (ÇN), (d) Serpantinitlerde gelişmiş ağsı (mesh) doku (ÇN), (e) Gabrolarda gözlenen heterogranüler doku ve plajiyoklast ikizlenmeleri (ÇN), (f) Diyabazlarda izlenen intergranüler doku (ÇN), (g) Bazaltlarda izlenen mikrolitik doku (ÇN), (h) Tonalitlerde gözlenen heterogranüler doku ve plajiyoklastlardaki albit ikizlenmeleri (ÇN). (ÇN=Çift Nikol, opx=ortopiroksen, px= piroksen, pl= plajiyoklast, ol= olivin, qtz= kuvars).

5. Jeokimya

5.1. Ofiyolitik Seriye Ait Mafik Kayalar

Ofiyolitik serinin kabuksal birimlerine ait gabrolardan 8 adet örneğin tüm kayaç jeokimyası verileri

Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. İnceleme alanındaki gabro ve tonalit kayalara ait jeokimyasal (ana-oksit, iz ve NTE) analiz verileri.

Örnek	Tonalit					Gablo							
	1	3	20	26	29	7	9	11	12	13	14	27	32
SiO ₂	75.65	69.37	72.24	80.34	67.89	43.18	39.96	42.2	42.01	47.64	46.59	92.32	47.51
Al ₂ O ₃	11.71	12.05	10.43	10.39	14.6	17.34	16.43	14.47	13.11	10.6	18.65	2.57	16.53
Fe ₂ O ₃	3.63	6.34	5.85	2.01	3.07	16.5	17.25	19.83	21.31	9.18	7.96	1.96	5.38
MgO	0.49	1.64	0.52	0.33	0.48	7.7	10.42	7.88	8.37	11.64	8.32	0.35	9.33
CaO	1.91	4.79	8.81	0.59	11.63	6.13	7.74	8.49	8.45	14.06	10.49	1.46	16.34
Na ₂ O	4.53	2.19	0.03	5.23	0.12	0.92	1.34	1.03	1.52	1.38	1.86	0.1	1.2
K ₂ O	0.28	0.97	0.16	0.14	0.13	3.27	0.37	1.71	0.4	0.83	1.45	0.34	0.64
TiO ₂	0.29	0.56	0.33	0.21	0.25	1.02	1.18	1.44	1.62	0.46	0.31	0.5	0.21
P ₂ O ₅	0.05	0.15	0.09	0.04	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
MnO	0.04	0.06	0.06	0.01	0.07	0.16	0.15	0.15	0.18	0.16	0.13	0.02	0.1
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.009	0.077	0.015	<0.002	0.047
LOI	1.4	1.8	1.4	0.7	1.6	3.4	4.7	2.4	2.6	3.6	4	0.8	2.5
Toplam	99.95	99.93	99.94	99.98	99.92	99.64	99.63	99.6	99.55	99.63	99.78	99.99	99.78
Ba	21	146	11	14	15	265	31	111	33	63	65	20	38
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Co	4.9	8.3	4.1	4.7	2.8	54.1	77.1	62.9	62.7	47.9	42.3	3.2	28.7
Cs	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	<0.1	0.6	0.2	1.1	1.7	0.1	0.6
Ga	10.5	15.8	21.4	4.8	17.2	14.4	15.8	14.8	12.6	7.3	10.7	2.9	6.7
Hf	4.1	2.5	2.1	2.7	3.9	0.2	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.2
Nb	1.8	1.5	1.2	1.2	1.9	<0.1	0.4	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1
Rb	3	12	3.4	1.1	1.7	75.6	6.8	37.4	6.2	14.4	25.6	5.6	9.9
Sn	<1	2	1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1
Sr	73.2	178.8	273.7	91.2	344.9	174	89.9	117.5	134.8	169.7	443.4	113.4	281.1
Ta	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th	0.5	0.4	0.2	<0.2	0.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
U	0.3	0.2	0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
V	11	19	12	11	73	1116	962	1376	1617	346	171	13	216
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	129.2	74.1	64.1	90.4	149.1	6.4	25.4	12.2	12.1	13.6	14.6	20.9	5.6
Y	47.6	48.1	41.3	26.8	34.1	5.6	12.9	9	8.5	8.3	8	6.3	4.8
La	3.5	4.7	4.7	4.7	6.9	0.9	1	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6
Ce	10.7	14.8	12.8	11.3	15.9	0.9	3.2	1.4	1.3	1.6	1.6	1.7	0.8
Pr	1.95	2.53	2.18	1.62	2.29	0.13	0.55	0.24	0.23	0.25	0.26	0.27	0.11
Nd	11.7	13.8	12.3	8.8	11.1	0.9	3.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	0.8
Sm	4.35	4.73	3.85	2.68	3.69	0.39	1.15	0.58	0.5	0.59	0.61	0.47	0.37
Eu	1.12	1.98	1.58	0.56	0.93	0.23	0.28	0.32	0.27	0.29	0.34	0.27	0.17
Gd	6.27	6.92	5.72	3.84	5.15	0.74	1.78	1.16	1.04	1.07	1.07	0.9	0.62
Tb	1.23	1.26	1.06	0.71	0.92	0.14	0.33	0.23	0.2	0.21	0.2	0.16	0.13
Dy	8.11	8.11	6.86	4.82	6	0.94	2.23	1.49	1.57	1.46	1.39	1.09	0.87
Ho	1.83	1.85	1.62	1.07	1.34	0.23	0.52	0.33	0.35	0.34	0.28	0.23	0.19
Er	5.76	5.66	4.83	3.26	3.97	0.72	1.6	1.03	0.96	0.98	0.91	0.78	0.55
Tm	0.84	0.79	0.73	0.48	0.59	0.1	0.22	0.14	0.14	0.13	0.11	0.12	0.07
Yb	5.89	5.18	5.1	3.13	3.97	0.59	1.4	0.95	0.94	0.92	0.78	0.77	0.46
Lu	0.83	0.81	0.76	0.47	0.57	0.07	0.2	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09	0.04
Mo	0.5	0.4	0.2	0.5	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1
Cu	115.8	3.8	4	5.2	2.9	23.3	3.6	22.8	5.1	651.4	14.5	4	10.1
Pb	59	29.1	11.5	14	12.2	7.4	5.3	5.5	5.4	4.4	3.7	16.9	5.2
Zn	74	73	72	75	36	46	73	47	61	81	62	53	21
Ni	2.1	1	2.3	1	1.2	17.6	29.3	17.3	19.8	34.8	25.5	1.2	12.8
Sc	8	18	11	7	2	48	41	61	48	61	35	2	55
As	64.8	35.4	14.2	19.3	17.3	5	3.6	3.1	5.1	3.9	3.3	23.4	7.3
Cd	0.3	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1
Sb	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
Au	6.4	4.1	1	2.6	1.8	0.7	<0.5	0.8	0.5	2.8	<0.5	3	1.8
Hg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Gabroyuk kayalar, toleyitik özellikleri ile çok düşük Zr/Ti, Nb/Y oranlarına karşın yüksek Ti/Y içermektedir (Şekil 3a,b). Ta/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramında, MORB'a göre görece daha yüksek Th/Yb oranlarına sahiptirler

(Şekil 3c). Örneklerin kondrite göre normalize edilmiş NTE dağılımları, hafif nadir toprak elementler (LREE) bakımından oldukça az tüketilme (La_n/Yb_n : 0,43-1,03) ve yatay ve yataya yakın bir dağılım sunarlar (düşük La_n/Sm_n : 0,54-1,44; Şekil 3d). Kayaç örneklerinin normal-okyanus ortası sırtı bazaltları (N-MORB)'na göre normalize edilmiş örümcek diyagramında LIL elementleri (Rb, Ba, Th, K), HFS elementlerine (Ta, Nb, Hf, Zr, Ti, Y) göre zenginleşmiştir (Şekil 3e). HFS elementleri MORB çizgisine paraleldir, ancak MORB'a göre daha fazla tüketilmiştir. Ayrıca örnekler, Sr ve Pb'ce zenginleşmiş, Nb'ca tüketilmiştir (Şekil 3e).

5.2. Felsik Bileşenli Magmatik Kayalar

Tonalitik kayaların jeokimyasal özellikleri ve oluştukları jeodinamik ortamı belirlemek amacı ile 5 adet tonalit örneğinin tüm-kayaç jeokimyasal analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Bu kayalar yüksek SiO_2 içerikleriyle (Tablo 1) asidik bileşimli, görece yüksek Zr/Ti içeriğine karşın düşük Nb/Y oranları ile tonalit karakterlidir (Şekil 3a). Kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramında, NTE'ler genel olarak yatay veya yataya yakın bir dağılım sunmakla birlikte, ağır nadir toprak element (HREE)'lerine göre LREE'ler görece tüketilmiştir (Şekil 3f). Eu elementinin hafif bir negatif anomalisi, plajiyoklaz fraksiyonlanmasıyla ilişkili olabilir. Tonalitler, tipik volkanik-yay graniti NTE deseni sunmaktadırlar. Örnekler, okyanus sırtı granitleri (ORG)'ne göre normalize edilmiş örümcek diyagramında K, Rb, Ba ve Th gibi LIL elementlerinde zenginleşme ve Nb, Zr, Hf ve Y gibi HFS elementlerinde tükenme sergiler (Şekil 3g). Negatif Nb ve Ta anomalisi, bu kayaların oluşumu sırasında bir yitim bileşeninin veya kabuk kirliliğinin varlığının göstergesidir [44, 45].

6. Tartışma ve Sonuçlar

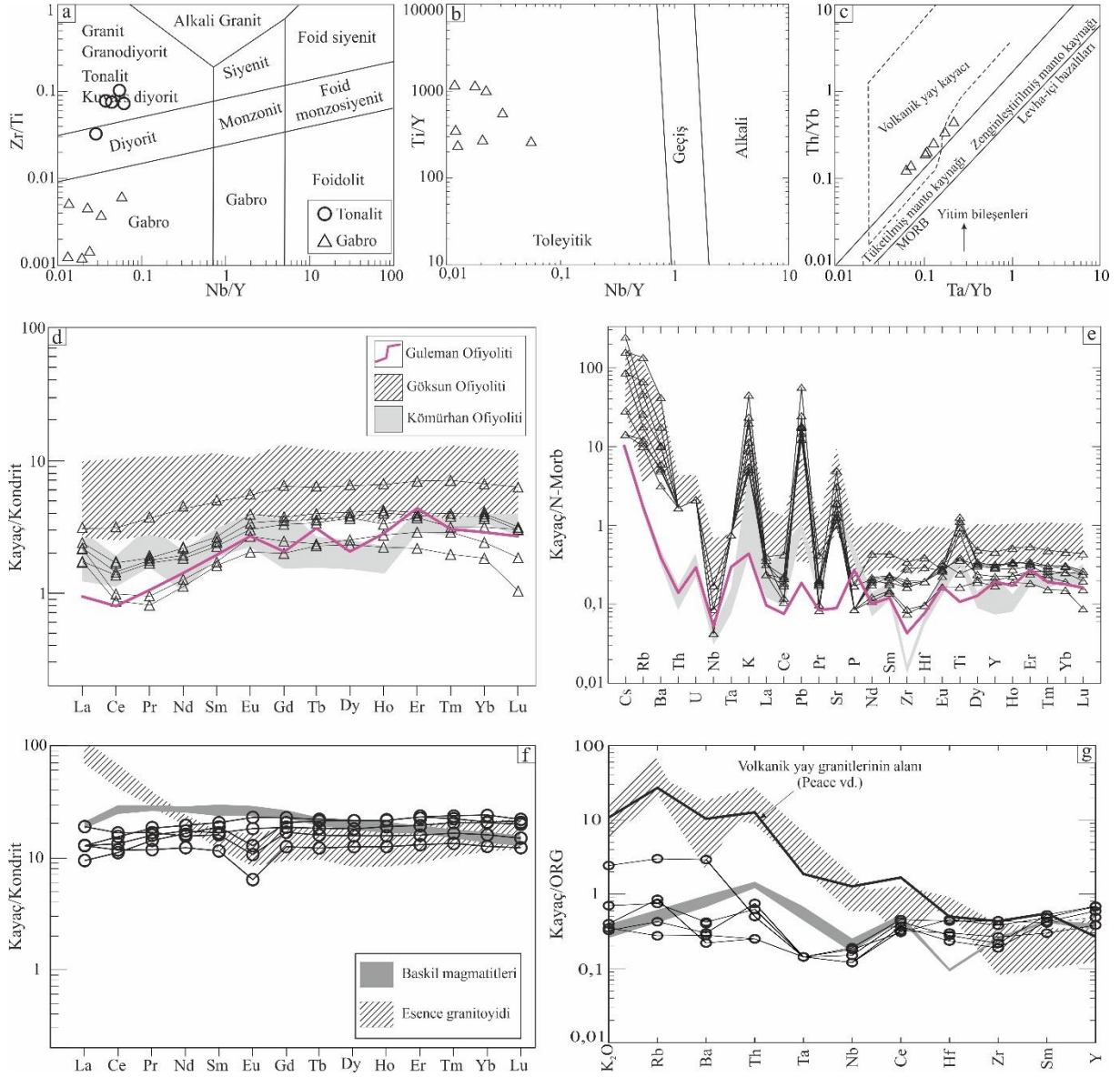
Ofiyolitlerin, eski okyanusal litosfer parçalarının günümüzde kıtasal kabuk üzerine yerleşmiş kalıntıları olduğu bilinmektedir. Tektonik ortamlarına göre ofiyolitler Tetis ve Kordillera ofiyolitleri olarak iki tipe bulunurlar [48]. Kordillera ofiyolitleri yığılma zonları üzerine yerleşmiş olarak gözlenirken, Tetis ofiyolitleri tektonik olarak kıta kenarını üzerlemektedir [25]. Tetis okyanusuna ait ofiyolitler ve ilişkili diğer magmatik birimler günümüz modern okyanus kabuğu ile karşılaştırıldığında, birbirlerinden farklı tektonik ortam ve kökeni temsil etmektedirler [2, 21].

GDOAK boyunca farklı iki kuşak halinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı ofiyolitik birimler, Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri (kuzey kuşak) ve peri-Arabian (güney kuşak) olarak bilinmektedir. Kuzeyde, Toros karbonat platformunun altında yer alan Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri, Göksun (Kahramanmaraş), İspendere (Malatya), Kömürhan ve Guleman (Elazığ) ofiyolitlerini kapsamaktadır [2, 19, 23, 24]. Güney kuşakta yer alan Geç Kretase yaşlı Kızıldağ (Hatay), Koçalı (Adıyaman), Baer-Bassit (Suriye) ve Troodos (Güney Kıbrıs) ofiyolitleri ise doğrudan Arap platformu üzerinde tektonik olarak yer almakta ve Peri-Arabian ofiyolit kuşağı olarak adlandırılmaktadır [25, 49-52]. Her iki kuşakta yüzeyleyen ofiyolitlerin, okyanus-ıçi yitim zonu üzerinde (SSZ-tipi) oluştuklarına dair birçok çalışma mevcuttur [2, 19, 21, 23-25, 53].

Guleman ofiyoliti, bölgesel ölçekte Güneydoğu Anadolu bölgesindeki kenar kıvrımları kuşağı boyunca batıdan doğuya yaygın yüzeylemelere sahiptir. Güneydoğu Anadolu Orojeni, Kahramanmaraş'tan Malatya-Elazığ-Diyarbakır'a ve daha doğuda Siirt'e kadar uzanan kuşak boyunca ofiyolitik kayaç topluluklarını içermekte ve farklı isimlendirmelerle (Kahramanmaraş bölgesinde Göksun ofiyoliti; Malatya bölgesinde İspendere-Kömürhan ofiyoliti; Elazığ-Siirt bölgesinde Guleman ofiyoliti) tanımlanmıştır.

Bölgeyi de içine alan kuşağın yoğun tektonik özellikleri nedeniyle gelişmiş kıvrımlanma, bindirme ve nap dilimleri düzenli bir ofiyolitik istifin izlenmemesine neden olmuştur. İnceleme alanında Guleman ofiyoliti; ultramafikler, mafik kayalar ve derin deniz sedimanlarını kapsamakta ve gabroyik kayalar bazı seviyelerde felsik dayklarca kesilmektedir.

Ofiyolitik seriye ait kabuksal kayaların (gabro) ana, iz ve nadir toprak element içerikleri bu kayaçların, toleyitik bir eğilim sergilediklerini, ada-yayı toleyitlerine benzediklerini ve okyanus içi dalma-batma zonu (SSZ) üzerinde oluştuklarını göstermektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramında düz NTE desenleri, Nb ve Ta'da tüketilme, LILE'lerde zenginleşme (Ba, Rb, Th, Sr, Pb) gösterir ve daha düşük HFSE zenginleşmesi ile temsil edilir. Gabroların jeokimyası, yitimle-ilişkili bazaltları (ada-yayı toleyitleri ve yay-önü bazaltları) yansıtmaktadır. Farklı ortamlardaki bazaltları ayırt etmek ve yitim girdisini gösteren Th-Yb/Ta-Yb diyagramında, ok yönünde dalan levhadan ayrılan uçucular ve sıvılar gibi dalma-batma bileşeninin eklenmesiyle manto kaynağında Th/Yb oranında bir artış meydana getirmektedir [42]. Örneklerin de bu artışla birlikte volkanik-yay kayaçlarına benzedikleri görülmektedir.



Şekil 3. Gabro örneklerine ait (a) Kayaç sınıflandırma (Nb/Y-Zr-Ti) diyagramı [40], (b) Nb/Y-Ti/Y değişim diyagramı [41], (c) Ta/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramı [42], (d) Kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı ve (e) N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramı. Tonalit örneklerine ait (f) Kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı ve (g) ORG'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (Kondrit, N-MORB ve ORG değerleri Sun ve McDonough [43]'dan; Guleman ve Kömürhan ofiyolitinin gabrolarına ait örnek analizleri Bingöl vd. [21]'den; Göksun ofiyoliti gabrolarına ait örnek analizleri Yıldırım [24]'den; Baskil magmatitlerinin tonalitlerine ait örnek analizleri Rızaoğlu [19]'den; Esence granitoyidinin tonalitlerine ait örnek analizleri Yıldırım, [24]'den alınmıştır).

Bingöl vd. [21], GDOAK boyunca yüzeyleyen tüm ofiyolitik birimleri Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri [12] başlığı altında değerlendirmiş ve Guleman ofiyolitinin tüm kaya jeokimyasal verilerine göre, SSZ ortamında boninitik-tip magmadan oluştuğunu belirtmiştir. Rizeli vd. [26]'ne göre, Guleman ofiyolitinin manto peridotitlerine ait Cr-spinel kimyası da, yitimle-ilişkili mantoyu ve yay-önü ortamını işaret etmektedir. Bu veriler, Naldöken bölgesindeki ofiyolitik kayaların jeokimyası ile karşılaştırıldığında, değişken bir biçimde tüketilmiş manto kaynağının ergimesinin farklı derecelerindeki jeokimyasal ayırt edici özelliklerini göstermektedir. Guleman ofiyoliti magmalarının bu evrimsel (ada-yayı toleyitlerinden boninitige) eğilimleri, birçok Tetis ofiyolitinin

(Trodos, [54]; Kızıldağ, [2, 51, 53]; Koçali, [25]) evrim tarihi içerisinde yaygındır ve dalma-batma zonu içerisinde başlangıç aşamasındaki bir yay magmatizmasının ofiyolitik şablonunu yansıtmaktadır [2, 25, 52, 53]. Naldöken gabroyik kayalarının jeokimyasal verileri, Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri (Göksun, Kömürhan, Guleman) ile birlikte değerlendirildiğinde (Şekil 3d-e), SSZ ortamında genişletilmiş bir yay-önü ortamındaki ofiyolitlerin kademeli bir magmatik evrimi gösterdiği şeklinde yorumlanabilir.

Bölgede ve inceleme alanında geniş yüzleklere sahip volkanitler (bazalt, masif lav akıntıları, yastık lavlar, spilit) ve derin deniz sedimanları, ofiyolitik sekansın üst bölümüne dahil edilmiştir. Bu birimde jeokimyasal ve jekronolojik bir çalışmamız olmamasına karşın, litolojisi ve tektono-stratigrafik konumu itibarıyla Yüksekova Karmaşığı [9, 28, 29] ile denetirilebilir.

Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri, Toros platformu ile birlikte Geç Kretase yaşlı I-tipi kalkalkali karakterli yay- granitoidleri (Esence ve Baskil) tarafından kesilmişlerdir [10, 22, 55, 56]. İnceleme alanı ve çevresinde (Elazığ-Maden bölgesi) de yüzlek veren benzer granitik kayalar (tonalit), okyanusal kabuğa ait birimler ile intrüzif ilişkili olarak izlenmektedir. Yarı-alkalen bileşimli bu kayalar Ba, Th ve Pb'de zenginleşmiş; Ti ve Ta'a ek olarak Nb elementlerince tüketilmişlerdir. Naldöken civarındaki tonalit kayaların jeokimyasal karakteristikleri, Güneydoğu Anadolu ofiyolitleri (Guleman-Kömürhan-İspendere-Göksun) ile intrüzif ilişkili Elazığ/Baskil magmatitleri ve Esence granitoidleriyle karşılaştırıldığında (Şekil 3f-g), bu kayalar ile yakın benzerlik sundukları ve yay-granitlerine benzedikleri görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü MF.18.19 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmalarında katkıları olan Jeoloji Mühendisi Dr. Nail Yıldırım, Jeoloji Yüksek Mühendisi Mahmut Eroğlu ve Jeoloji Mühendisi Yunus Sönmez'e teşekkür ederiz. Yazarlar, makaleye yapıcı eleştiri ve görüşleriyle katkı sağlayan dergi editörleri ve hakemlere teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Robertson, A. H. F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, U. C., Inan, N., Tash, K., and Ustaömer, T. Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus mountains (Elazığ region, SE Turkey), in Deformation of the Continental Crust. The Legacy of Mike Coward, Geological Society of London, Special Publications 2007; 272, : 233-272, Eds. Ries, A.C., Butler, R.W.H., Graham, R.H.
- [2] Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlu, F., Höck, V. Tectonic significance of the geochemistry and petrology of ophiolites in southeast Anatolia, Turkey. Tectonophysics 2009; 473(1): 173-217.
- [3] Yılmaz, Y. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. Bull. Geol. Soc. Am. 1993; 105.
- [4] Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. Tethyan evolution of Turkey : A plate tectonic approach :Tectonophysics 1981;75:181-241.
- [5] Ustaömer, P.A., Ustaömer, T., Collins, A.S., Robertson, A.H.F. Cadomian (Ediacaran-Cambrian) arc magmatism in the Bitlis Massif, SE Turkey:Magmatism along the developing northern margin of Gondwana. Tectonophysics 2009; 473: 99-112.
- [6] Beyarslan, M., Lin, Y-C., Bingöl, A.F., Chung, S-L. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implication of Cadomian (Ediacaran-Early Cambrian) magmatism in SE Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 2016; 130: 23-238.
- [7] Ertürk, M.A., Beyarslan, M., Chung, S-L., Lin, T-H. Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian Orogenic Belt: Magma genesis and tectonic implications. Geoscience Frontiers 2017; 9: 1829-1847.
- [8] Elmas, A. and Yılmaz, Y. Development of an Oblique Subduction Zone—Tectonic Evolution of the Tethys Suture Zone in Southeast Turkey. International Geology Review 2003; 45: 827-840.
- [9] Perinçek, D. Geological Investigation Of The Çelikhan-Sincik- Koçali Area (Adıyaman Provinz). İst. Üniv. Fen. Ed. Mec. Seri: B 1979; 127-147.
- [10] Aktaş, G., Robertson, H.F. The Maden Complex, S E Turkey : evolution of a Neotethyan active margin In : The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (J.E.Dixon and A.H.F. Robertson eds.). Published for The Geological Society by Blackwell Scientific Publication Oxford London Edinburgh Boston Palo Alto Melbourne 1984; p. 375-401.
- [11] Perinçek, D., Duran, O., Bozdoğan, N., Çoruh, T. Stratigraphy and paleogeographical evolution of the autochthonous sedimentary rocks in the SE Anatolia. In: Turgut, S. (Ed.), Ozan Sungurlu Symposium Proceedings. O. Sungurlu Foundation, Ankara 1991; pp. 274-305.
- [12] Özkan, Y.Z. Guleman (Elazığ) Ofiyoliti'nin jeolojisi ve petrolojisi. Yerbilimleri, İstanbul 1982; 3(1/2): 295-311.
- [13] Özkan, Y.Z., Öztunalı, Ö. Petrology of the magmatic rocks of Guleman Ophiolite. Proceeding of the International Symposium on the Geology of the Taurus Belt 1984; 285-293.
- [14] Özkaya, İ. Ergani-Maden yöresi stratigrafisi. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 1978; 21/2: 129-139.

- [15] Erdoğan, B. Ergani-Maden Yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının Jeolojisi ve Volkanik Kayaları. *Türk. Jeol. Kur.* 1982; 25: 49-59.
- [16] Beyarslan, M., Bingöl, A.F. Petrology of the İspendere Kömürhan and Guleman Ophiolites Southeast Turkey Subduction Initiation Rule SIR Ophiolites and Arc Related Magmatism. *GEOS 3rd Annual International Conference on Geological and Earth Sciences 2014*; 50-60.
- [17] Bağcı, U., Parlak, O., Höck, V. Whole rock and mineral chemistry of cumulates from the Kızıldağ (Hatay) ophiolite (Turkey): clues for multiple magma generation during crustal accretion in the southern Neotethyan ocean. *Mineralogical Magazine* 2005; 69: 53-76.
- [18] Bağcı, U., Parlak, O., Höck, V. Geochemistry and tectonic environment of diverse magma generations forming the crustal units of the Kızıldağ (Hatay) ophiolite, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 2008; 17:43-71.
- [19] Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V., İşler, F. Nature and significance of Late Cretaceous ophiolitic rocks and its relation to the Baskil granitoid in Elazığ region, SE Turkey. *Special Publications* 2006; 260: 327–350, Geological Society, London.
- [20] Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Chung, S. L. The Peri-Arabian Ophiolites (Turkey and Syria): Mid-Oceanic - Ridge (MOR) and or Subduction Initiation Rule (SIR) Ophiolites. *Bul. Shk. Geol. '1/2014 - Special Issue Proceedings of)(X CBGA Congress, Tirana, Albania 2014.*
- [21] Bingöl, A.F., Lin, Y-C., Lee, H-Y., Beyarslan, M. Geochronological and geochemical constraints on the origin of the Southeast Anatolian ophiolites. *Turkey, Arabian Journal of Geosciences* 2018.
- [22] Karaoğlu, F., Parlak, O., Klötzli, U., Thöni, M., Koller, F. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Kızıldağ (Hatay, Turkey) ophiolite: implications for the timing and duration of suprasubduction zone type oceanic crust formation in southern Neotethys. *Geological Magazine* 2013.
- [23] Parlak, O., Karaoğlu, F., Rızaoğlu, T., Nurlu, N., Bağcı, U., Höck, V., Önal, A., Kürüm, S., Topak, Y. Petrology of the İspendere ophiolite from the Southeast Anatolia: implications for the Late Mesozoic evolution of the southern Neotethyan ocean. *Geology Society, London, Special Publication* 2013;372:219-249.
- [24] Yıldırım, E. Geochemistry, petrography and tectonic significance of the ophiolitic rocks, felsic intrusions and Eocene volcanic rocks of an imbrication zone (Helete area, Southeast Turkey). *Journal of African Earth Sciences* 2015;107: 89–107.
- [25] Yıldırım, N., Koçali Karmaşığını (Adıyaman) Oluşturan Okyanusal Birimlerin Petrolojik Özellikleri ve Tektonik Önemi. *Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2017.*
- [26] Rizeli, M.E., Beyarslan, M., Wang, K. L., Bingöl, A.F. Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): Evidence of a forearc setting. *Journal of African Earth Sciences* 2016;123:392-402.
- [27] Perinçek, D. Hakkari ili ve dolayının stratigrafisi, (Hakkari Province, Southeast Turkey). (Stratigraphy of Hakkari city and surrounding.) *Turkish Petroleum Society Bulletin* 1990; 2:21–68.
- [28] Ural, M. Geochemistry of the Volcanic Rocks of the Yüksekova Complex near Güneyköy (SE of Elazığ, E Turkey). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2019; 17: 1125-1133.
- [29] Tekin, U.K. Ural, M., Göncüoğlu, M. C. Arslan, M., & Kürüm, S. Upper Cretaceous Radiolarian ages from an arc-back-arc within the Yüksekova Complex in the southern Neotethys mélange, SE Turkey. *Comptes Rendus Palevol* 2015;14(2):73-84.
- [30] Yıldırım N., Eroğlu, M. Maden Karmaşığına Ait Dasitik Kayaçlarla İlişkili Hidrotermal Tıp Bakır Cevherleşmelerine Güneydoğu Anadolu'dan Bir Örnek (Yukarı Şeyhler, Diyarbakır). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 2015.
- [31] Dilek, Y., Flower, M.F.J. Arc-trench rollback and forearc accretion: 2. A model template for ophiolites in Albania, Cyprus, and Oman. *Geological Society [London] Special Publication* 2003;218:43–68.
- [32] MTA. 1:500,000 scale geology map of Turkey. General Directorate of Mineral Research and Exploration (Turkey), Ankara, Turkey 2002.
- [33] Perinçek, D., Kozlu, H. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin–Elbistan–Doğanşehir region (Eastern Taurus), in the Geology of Taurus Belt. *Proceedings International Symposium, MTA, Ankara, Turkey* 1984; 181–198.
- [34] Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., Yılmaz, Y. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Maden grubunun tektonik konumu ve jeolojik önemi. *A. Suat Erk Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi* 1993.
- [35] Sungurlu, O., Arpat, E. Türkiye doğu kesiminin jeolojisi ve beklenir kabuk yapısı. *TPAO Arama Grubu* 1978; Rapor no. 1204, 8 s., Ankara.
- [36] Şengör, A.M.C., Özeren, M.S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A.D., Kayan, İ. Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens. *Earth-Science Reviews* 2008; 90: 1-48.
- [37] Yiğitbaş, E., Yılmaz, Y. New evidence and solution to the Maden complex controversy of the southeast Anatolian orogenic belt (Turkey). *Geol. Rundsch* 1996; 85:250–263.
- [38] Robertson, A. H. F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, Ü., İnan, N., Taslı, K., Ustaömer, T. Tectonic evolution of the South Tethyan Ocean: evidence from the Eastern Taurus Mountains (Elazığ region, SE Turkey). *Geological Society, London, Special Publications* 2007; 272(1):231-270.
- [39] Piskin, O., et M., Delaloye. *Petrologie et Geochronologie des ophiolites de Celikhan (Taurus oriental, Turquie)*. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt* 1981; 61:133-145.
- [40] Pearce, J.A. A users guide to basalt discrimination diagrams. *Geol Ass Canada, Short Course Notes* 1996;12:79–113.

- [41] Winchester, J.A. & Floyd, P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 1977; 20:325-343.
- [42] Pearce, J. A. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries. In: Thorpe, J. S (ed.), *Andesites*, John Wiley, New York 1982; 525-548.
- [43] Sun, S.S. and McDonough, W.F. Chemical and systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London, London* 1989; 42: 313-345.
- [44] Pearce, J. A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *Shiva Publications* 1983; 230-249.
- [45] Wilson, M. *Igneous Petrogenesis: a Global Tectonic Approach*. Chapman and Hall, London 1989;1-466.
- [46] Middlemost EAK. Naming materials in magma/igneous rock system. *Earth Sci Rev* 1994; 37:215-224.
- [47] Pearce, J.A., Harris, N.B.W. & Tindle, A.G. Trace-element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 1984; 25:956-983.
- [48] Moores, E. M. Origin and emplacement of ophiolites. *Rev. Geophys* 1982; 20(4): 735-760.
- [49] Selçuk, H., Etude geologique de la partie meridionale du Hatay (Turquie). PhD. Thesis, Univ. De Geneve, 1981.
- [50] Al-Riyami, K., Robertson, A.H.F. Mesozoic sedimentary and magmatic evolution of the Arabian continental margin, northern Syria: evidence from the Baer-Bassit Melange. *Geological Magazine* 2002; 139: 395-420.
- [51] Dilek, Y., Thy, P. Island arc tholeiite to boninitic melt evolution of the Cretaceous Kizildag (Turkey) ophiolite: model for multi-stage early arc-forearc magmatism in Tethyan subduction factories. *Lithos* 2009; 113 (1-2): 68-87.
- [52] Dilek, Y., Furnes, H. Structure and geochemistry of Tethyan ophiolites and their petrogenesis in subduction rollback systems. *Lithos* 2009; 113: 1-20.
- [53] Bağcı, U., Parlak, O., and Höck, V. Geochemistry and tectonic environment of diverse magma generations forming the crustal units of the Kızıldağ (Hatay) ophiolite, Southern Turkey. Submitted to *Turkish Journal of Earth Sciences* 2008.
- [54] Robinson, P.T., Melson, W.G., O'Hearn, T. & Schmincke, H.U. Volcanic glass compositions of the Troodos ophiolite, Cyprus. *Geology* 1983;11:400-404.
- [55] Beyarslan, M., Bingöl, A.F. Petrology of a supra-subduction zone ophiolite (Elazığ, Turkey). *Canadian Journal of Earth Sciences* 2000; 37:1411-1424.
- [56] Rızaoglu, T., Parlak, O., Höck, V., Koller, F., Hames, W.E., Billor, Z. Andean type active margin formation in the eastern Taurides: geochemical and geochronological evidence from the Baskil granitoid, SE Turkey. *Tectonophysics* 2009; 473: 188-207.