



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Sultan Dağları'nda Jura bazik volkanizması: yeni yaş bulguları ve lateritik boksit yataklarının oluşumuyla ilişkisi

Ali ERGEN^{a*}, Alper BOZKURT^a, Ercan TUNCAY^a, Ayhan ILGAR^a ve Nazlı Ece DERİNEL^a

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Bazalt, Boksit, Düzkaya volkaniti, Jura, Sultan Dağları.

ÖZ

Isparta Açısı'nın kuzeydoğu kenarını oluşturan Sultan Dağları'nın Orta Jura-Geç Kretase yaşlı karbonatlı kayalarından bazik bileşimli volkanitler eşlik eder. Hacialabaz formasyonu olarak adlandırılan karbonat platformu kayalarının alt düzeylerinde gözlenen ve bazalt ile diyabazlardan oluşan Düzkaya volkaniti, Sultan Dağları'nın güneyinde KB-GD uzanımlı yaklaşık 40 km'lik bir kuşak boyunca yüzlekler vermektedir. Düzkaya volkaniti koyu yeşil-kahverengli, ince-orta kristalli, diyabaz ve bazaltlardan oluşur. Toplam alkali (K_2O+Na_2O)-silis (SiO_2) bileşimlerine göre bazalt karakterinde olan volkanitler, $FeO/MgO-SiO_2$ diyagramına göre ise büyük ölçüde toleyitik, daha az oranda kalkalkalen bileşim sunmaktadır. Birime ait bazaltlardan alınan örneklerde $^{40}Ar/^{39}Ar$ yöntemiyle tüm kayadan $161,9 \pm 10,6$ My plato yaşı elde edilmiştir. Ayrıca Düzkaya volkanitinin altında ve üstünde yer alan Hacialabaz formasyonuna ait kireçtaşlarından bentik foraminifer içeriklerine dayanarak sırasıyla Bajosiyan ve Kimmericiyen yaşları belirlenmiştir. Elde edilen radyometrik ve paleontolojik yaş bulguları, volkanizma ve bununla eş yaşlı lateritleşmenin Batoniyen-Oksfordiyen zaman aralığında meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Düzkaya volkanitinin lateritleşmesine bağlı olarak bölgede önemli demirli boksit yatakları gelişmiştir.

Gönderim Tarihi: 17.10.2024

Kabul Tarihi: 19.06.2025

Keywords:

Basalt, Bauxite, Düzkaya volcanics, Jurassic, Sultan Dağları.

ABSTRACT

The Middle Jurassic-Upper Cretaceous carbonate rocks of the Sultan Dağları, which form the north-eastern margin of the Isparta Angle, are accompanied by basic volcanic rocks. Düzkaya volcanics, consisting of basalt and diabase, observed in the lower levels of the carbonate platform rocks called Hacialabaz Formation, outcrop along a NW-SE belt of about 40 km, south of the Sultan Dağları. The Düzkaya volcanics consist of dark green, brown, fine to medium-crystalline diabases and basalts. These volcanic rocks have basaltic characteristics according to their total alkaline (K_2O+Na_2O)-silica (SiO_2) composition, while they are predominantly tholeiitic in composition, with subordinate calc-alkaline composition according to the $FeO/MgO-SiO_2$ diagram. A whole-rock basalt sample of the unit yielded a $^{40}Ar/^{39}Ar$ plateau age of 161.9 ± 10.6 Ma. In addition, Bajocian and Kimmeridgian ages based on benthic foraminiferal content have been determined from the limestones of the Hacialabaz Formation, which underlie and overlie the Düzkaya volcanics. The radiometric and palaeontological ages obtained reveal that volcanism and coeval lateritization occurred in the Bathonian-Oxfordian interval. Lateritization of the Düzkaya volcanics has led to the development of important iron bauxite deposits in the region.

Received Date: 17.10.2024

Accepted Date: 19.06.2025

Atıf Bilgisi: Ergen, A., Bozkurt, A., Tuncay, E., Ilgar, A., Derinel, N. E. 2025. Sultan Dağları'nda Jura bazik volkanizması: yeni yaş bulguları ve lateritik boksit yataklarının oluşumuyla ilişkisi. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 7, 18-33.

*Başvurulan yazar: Ali ERGEN, ali.ergen@mta.gov.tr

ortaya konmasına yönelik olup (Öncel, 1995; Koçak vd., 2007; Öncel ve Söğüt, 2008; Bozkır, 2007; Hanilçi, 2019), özellikle bu kayaçların yaşlandırılması konusunda herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bölgenin jeodinamik gelişimi ve lateritik boksit yataklarının oluşumu açısından kritik bir öneme sahip olan Düzkaya volkanitinin litolojik ve jeokimyasal özellikleri ile yaşının ortaya konması bu çalışmanın amaçları arasındadır.

2. Materyal ve Metot

Arazi çalışmaları süresince derlenen petrografik ve paleontolojik amaçlı örneklerin ince kesitleri MTA Jeoloji Etütleri Dairesi laboratuvarlarında hazırlanmış olup, tanımlamaları konusunda uzman petrograf ve paleontologlar tarafından yapılmıştır. Düzkaya volkanitinden alınan 11 adet jeokimya örneği, MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi laboratuvarlarında ICP-MS cihazında analiz edilmiştir. Jeokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler ilgili diyagramlarda (Le Bas vd., 1986; Miyashiro, 1974) değerlendirilmiştir. Düzkaya volkanitine ait 1 adet diyabaz örneğinden tüm kaya ^{40}Ar - ^{39}Ar yaş tayini analizi Nevada İzotop Jeokronoloji Laboratuvarı (ABD)'nda yapılmıştır.

3. Stratigrafi

Sultan Dağları'nın ana kütlesi erken Kambriyen-Geç Kretase yaşlı metasedimanter ve metavolkanik kayaçlarla temsil edilen Sultandağı Birimi'nden (Özgül vd., 1991; Ergen vd., 2021) oluşur ve bu birimin paraotokton konumlu Geyikdağı Birliği'ne (Özgül, 1976) ait olduğu kabul edilir.

Allokton konumlu Aladağ Birliği'ne (Özgül, 1976) ait Çay Birimi (Özgül vd., 1991) ve Bozkır Birliği'ne ait Beyşehir-Hoyran Napları (Monod, 1977) Sultandağı Birimi üzerinde tektonik olarak yer alır.

Çay Birimi Geç Devoniyen-Geç Kretase yaşlı metakırıntılı ve metakarbonat kayaçlarından, Beyşehir-Hoyran Napları ise Mezozoyik yaşlı ofiyolit ve melanja ait kayaçlardan oluşur. Senozoyik yaşlı metamorfizma özelliği göstermeyen örtü çökelleri

bu birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Örtü çökelleri geç Paleosen-Lütesiyen yaşlı denizel kırıntılı ve karbonatlardan oluşan Celeptaş formasyonu (Demirkol, 1977) ile Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal özellikli Yalvaç Havzası (Yağmurlu, 1991; Koç vd., 2016; Ilgar vd., 2021, 2022) ve Akşehir Havzası'na (Umut vd., 1987) ait birimlerle temsil edilir (Şekil 2).

Bu çalışma kapsamında Sultandağı Birimi'nin Jura öncesi formasyonları ayrılmamış temel olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın ana konusunu temsil eden Hacılabaz formasyonu ve bu formasyon içerisinde gözlenen Düzkaya volkaniti ise detaylı olarak verilmiştir.

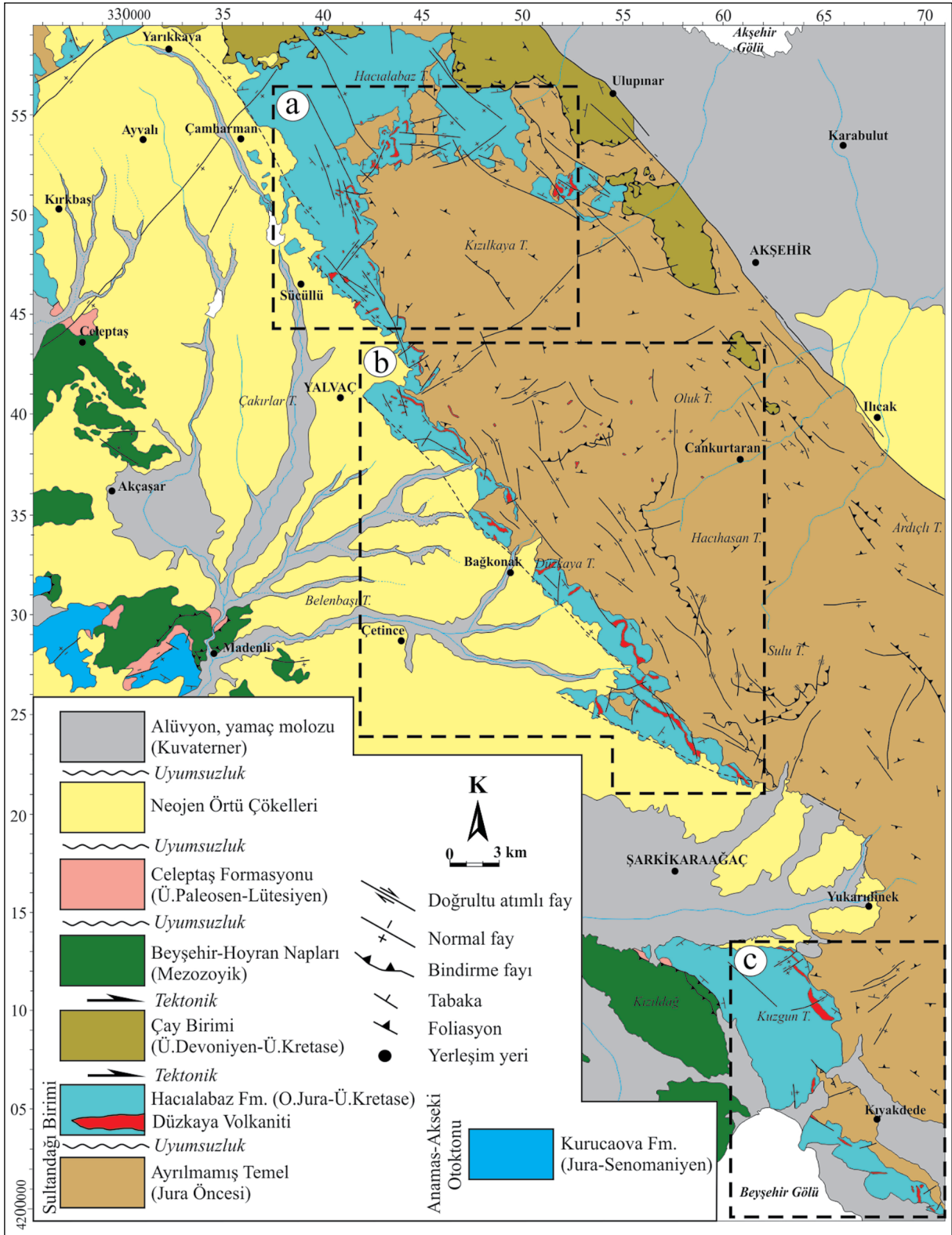
3.1. Hacılabaz Formasyonu

Kalkarenit, dolomit ve neritik kireçtaşlarından oluşan Hacılabaz formasyonu (Demirkol, 1977), Orta Toroslar'da geniş yayılım sunan Jura-Kretase yaşlı platform karbonatlarının bir bölümünü oluşturur.

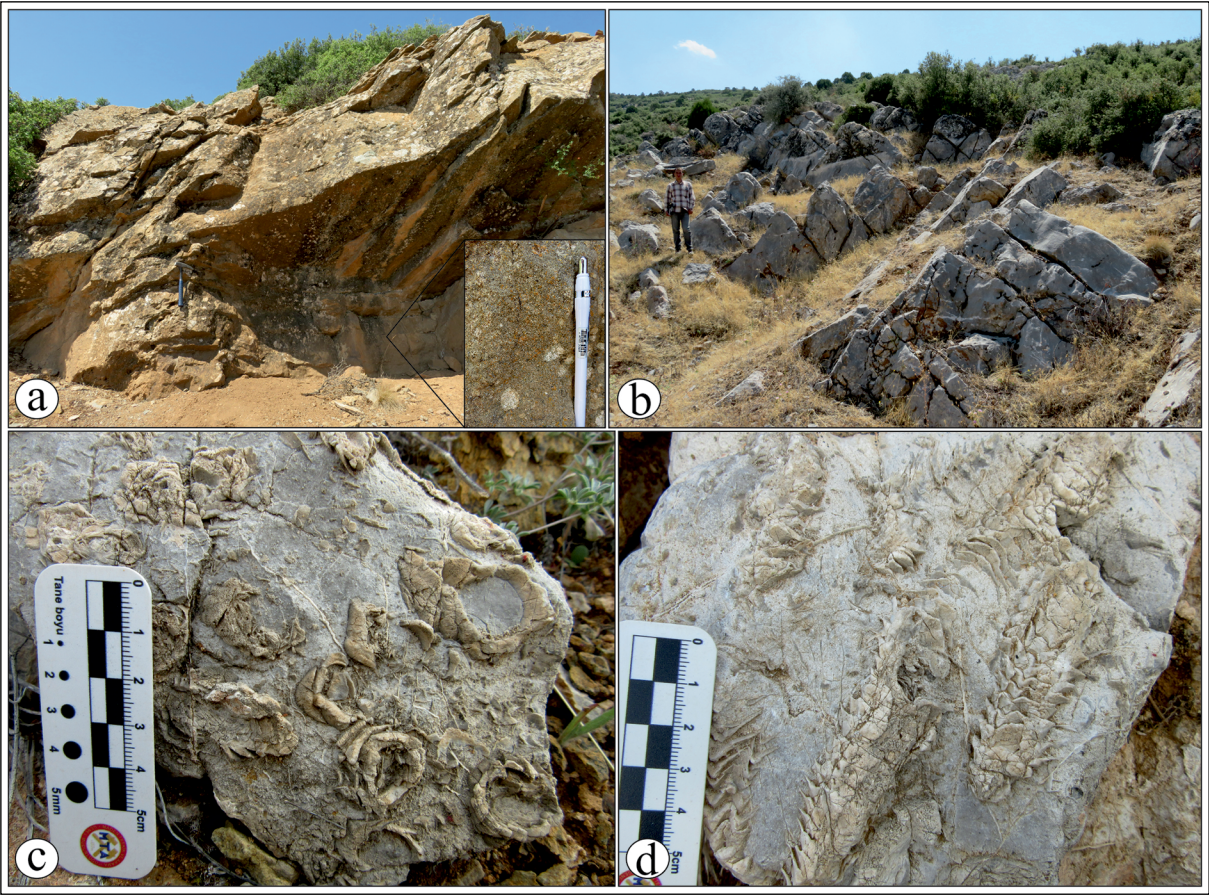
Hacılabaz formasyonu tabanda, sarı, bej renkli, orta-kalın tabakalı, iyi boyplanmalı, karbonat çimentolu kalkarenitlerle başlar (Şekil 3a). Üzerinde koyu gri, mavimsi renkli, kalın tabakalı dolomit ve dolomitik kireçtaşları yer alır. Bu seviyenin üzerinde ise Hacılabaz formasyonunun önemli bir bölümünü oluşturan gri, mavi renkli, orta-kalın tabakalı, düzgün tabakalanmalı, bol fosilli kireçtaşları (Şekil 3b) yer alır. İstifin en üst kesimlerinde gözlenen biyomikrit ve kireçtaşları ise bol miktarda rudist kavkı parçaları içerir (Şekil 3c, 3d; Şekil 4).

Hacılabaz formasyonu genel olarak Sultan Dağları'nın güney kenarı boyunca uzanır ve Jura öncesi temel birimleri uyumsuzlukla örter. Çalışma alanında geç Paleosen-Lütesiyen yaşlı Celeptaş formasyonu ve Miyosen-Pliyosen yaşlı Yalvaç Havzası'na ait çökeller Hacılabaz formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir.

Hacılabaz formasyonunun yaşı Orta Jura-Geç Kretase olarak bilinmektedir (Özgül vd., 1991; Ergen vd., 2021).



Şekil 2- Çalışma alanının jeoloji haritası (Ergen vd., 2021'den sadeleştirilerek).



Şekil 3- Hacılabaz formasyonunun (a) en alt kesimlerinde gözlenen kalkarenitler, (b) kireçtaşları, (c, d) en üst bölümünde gözlenen rudist fosilleri.

Formasyonun egemen litolojisini oluşturan neritik kireçtaşları ve biyomikritler enerjinin düşük olduğu self ortamını karakterize etmektedir.

Hacılabaz formasyonunun özellikle alt bölümlerinde yaygın olan dolomitlerdeki magnezyum Düzkaya volkaniti içerisindeki bazik volkanitlerden kaynaklanmaktadır (Özgül vd., 1991). Formasyonun üst kesimlerindeki bol rudist kavkı parçaları kireçtaşları, enerjinin yüksek olduğu resif önü ortamını işaret etmektedir (Özgül vd., 1991; Ergen vd., 2021).

2.2. Düzkaya Volkaniti

Düzkaya volkaniti koyu yeşil, kahve renkli, ince kristalli, yer yer yastık yapıları sunan, spilitik bazalt ve diyabazlardan oluşur (Özgül vd., 1991; Ergen vd., 2021) (Şekil 5, 6a). Alterasyonun yaygın olarak gözlemlendiği diyabaz ve bazaltlar bol kırıklı çatlaklı olup, bunlar çoğunlukla kalsit dolguludur.

Diyabazlar mikroskobik incelemelerinde genel olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşmakta ve ofitik doku göstermektedir. Plajiyoklaslar orta kristalli, yarı özşekilli ve polisentetik ikizlenme sunmakta olup serisitleşme ve karbonatlaşma yaygındır (Şekil 5b).

Bazaltlarda yine plajiyoklas, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşmakta, diyabazlardan farklı olarak mikrolitik porfirik doku sunmaktadır. Orta kristalli, yarı özşekilli plajiyoklaslarda silisleşme gözlenirken, kayacın genelinde kloritleşme ve epidotlaşma yaygındır.

Düzkaya volkaniti Hacılabaz formasyonunun alt kesimleri içerisine dayk, sil ve lav akıntıları şeklinde yerleşmiştir (Şekil 6c-6e). Özellikle lav akıntıları şeklinde gözlenen bazaltlar 3 seviyede izlenmektedir (Şekil 4). Bu ilişki özellikle Sultan Dağları'nın güneybatı kenarı boyunca Hacılabaz formasyonunun yüzlek verdiği bölgelerde açıkça izlenmektedir.

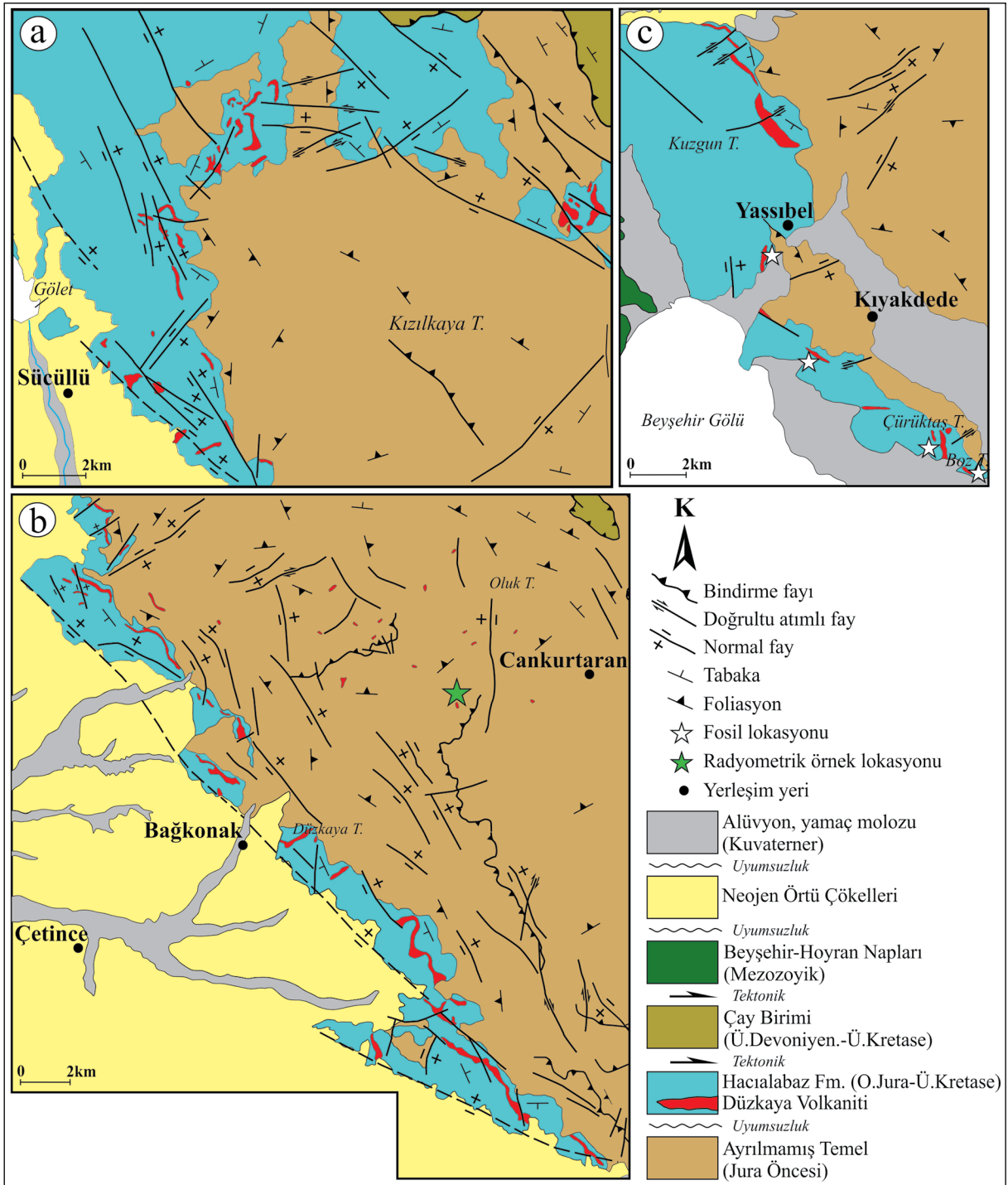
MEZÖZOYİK					SENZOYİK		ERATEM
JURA		KRETASE		PALEOJEN	SİSTEM		
ORTA	ÜST	ALT	ÜST	PALEOSEN	EÖSEN	SERİ	
DÜZKAYA VOLKANİTİ				TANESİYEN	LÜTESİYEN	KAT	
HACIALABAZ				CELEPTAŞ		FORMASYON	
LİTOLOJİ							
AÇIKLAMALAR							
Kumtaşı, çamurtaşı, kalkarenit, mikritik kireçtaşı neritik kireçtaşı							
Uyumsuzluk							
Gri, mavimsi gri renkli, orta-kalın tabakalı planktik foraminiferli, rudistli kireçtaşı							
Gri, kül renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı							
Paleontolojik yaş: Kimmericiyen							
Koyu yeşil, gri renkli ince-orta kristalli diyabaz, bazalt, lateritik boksit oluşumu							
40Ar/39Ar Radyometrik yaş: 161,9 ± 10,6 My							
Paleontolojik yaş: Bajosiyen							
Koyu mavi renkli, kalın tabakalı dolomit, dolomitik kireçtaşı							
Sarı, açık kahverenkli orta-kalın tabakalı kalkarenit							
Uyumsuzluk							
Şist, kuvarsit, mermer, kalkşist, metavulkanit vb.							

Şekil 4- Hacıalabaz formasyonu ve Düz kaya volkanitinin litolojik özellikleri ve stratigrafik ilişkisini gösteren dikme kesit (ölçeksiz). Kırmızı oklar Düz kaya volkanitinin altından ve üstünden elde edilen paleontolojik yaşlarının stratigrafik seviyelerini göstermektedir (Fosil toplulukları için bkz. Çizelge 1).

Düzkaya volkaniti çalışma alanında farklı lokalitelerde farklı kalınlıklar sunmaktadır. Birim en iyi gözlemlendiği Düzkaya Tepe civarında yaklaşık 70 m kalınlık gösterir (Özgül vd. 1991).

Düz kaya volkaniti, Sultan Dağları'nda daha önce tanımlanan Kocakızıl doleritinin (Eren, 1991*a,b*;

Koçak vd., 2007) karşılığıdır. Ayrıca daha batıda Afyon civarında Homa-Akdağ Birimi'nde gözlenen Hacıalabaz formasyonunun eşleniği olan Kocaçal formasyonu (Orta Jura-Maastrichtiyen) içerisindeki Belceğiz volkanit üyesi (Gutnic ve Juteau, 1973; Öztürk, 1989; Özgül vd., 1991) ile korele edilebilir.



Şekil 5- Düzkaya volkanitinin yayılımını ve örnek lokasyonlarını gösteren jeoloji haritaları (Ergen vd., 2021'den sadeleştirilerek).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Düzkaya Volkaniti'nin Yaşı

Düzkaaya volkanitine ait diyabazların Cankurtaran batısında Kocakızıl Tepe civarında (Şekil 4b) Jura

öncesi temel birimleri kestiği lokaliteden alınan örnekte yapılan, tüm kayadan ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırmasında $161,9 \pm 10,6$ My plato yaşı elde edilmiştir (Şekil 7).

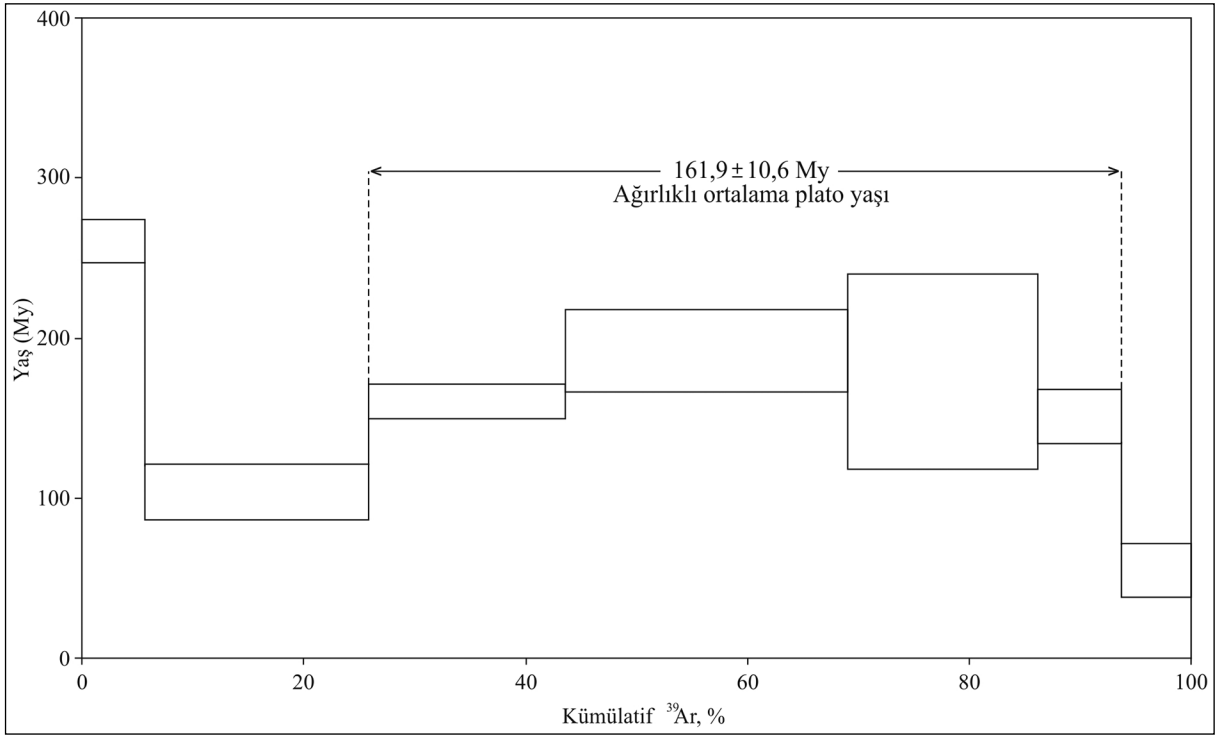
Ayrıca, Düzkaya volkanitinin yaşının paleontolojik veriler ile sınırlandırılması amacıyla,



Şekil 6- Hacialabaz formasyonu (JKh) içerisinde Düz kaya volkanitine (Jd) ait (a) bazaltların mostra görünümü, (b) bazaltların ince kesit görünümü (Pl: Plajiyoklas, Kp: Klinopiroksen, Op: Opak mineral), (c, d, e) sil ve dayklar şeklinde yerleşen ve boksitleşmeye uğrayan bazalt ve diyabazlar.

çeşitli lokasyonlarda birimin alt ve üst düzeylerinde bulunan Hacialabaz formasyonuna ait kireçtaşlarından örneklemeler yapılmıştır. Bu örneklerden yapılan foraminifer tanımlamaları, volkanitlerin altında yer

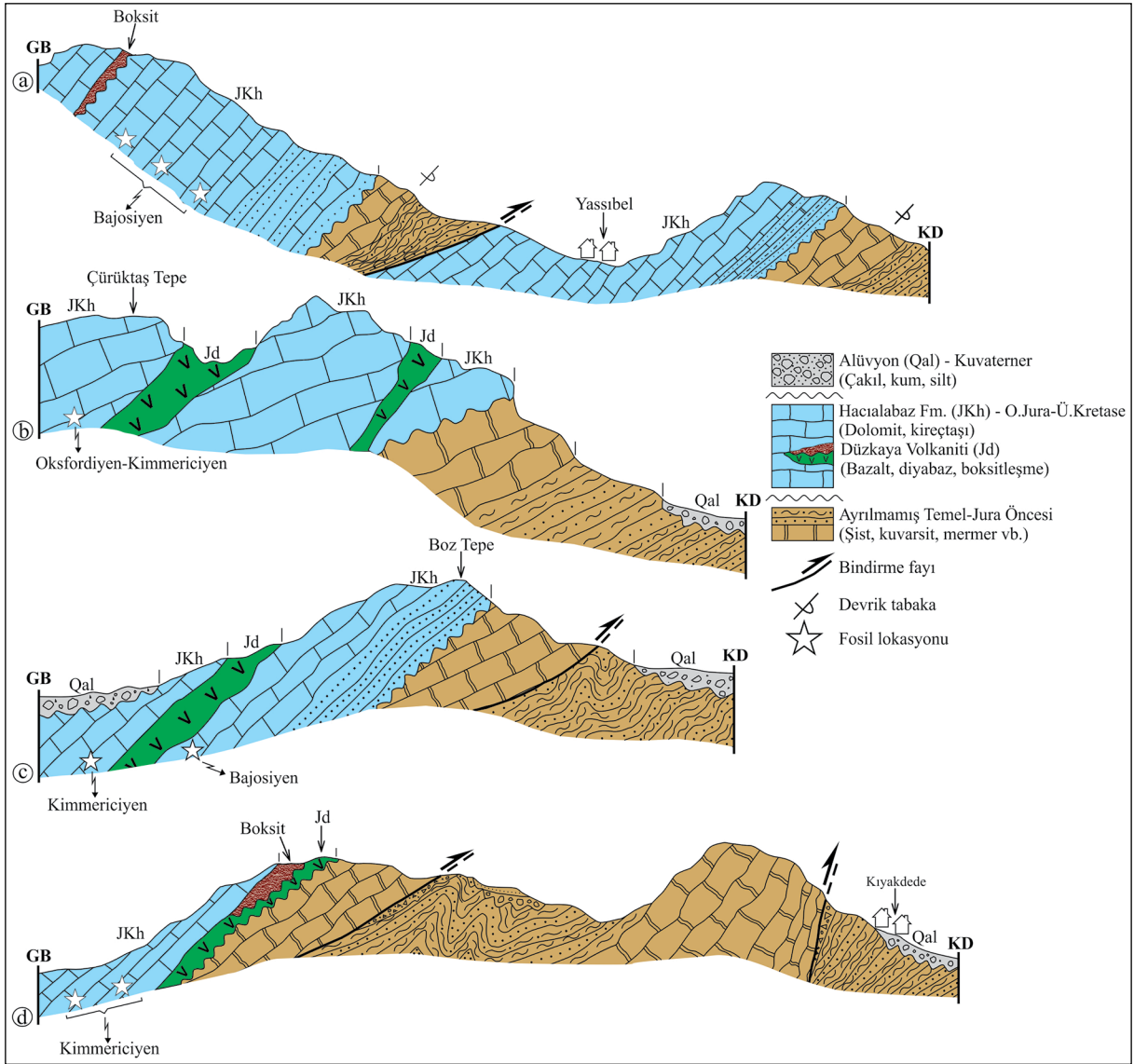
alan kireçtaşı örneklerinden Bajosiyen, üzerinde yer alan seviyelerden ise Kimmericiyen yaşlarını sağlamıştır (Çizelge 1, Şekil 8).



Şekil 7- Düzkaya volkanitine ait diyabazlardan tüm kaya ^{40}Ar - ^{39}Ar yöntemiyle elde edilen radyometrik yaşı ait diyagram.

Çizelge 1- Hacıalabaz formasyonuna ait kireçtaşlarından tanımlanan foraminifer toplulukları.

Kesit / Lokasyon	Stratigrafik Konum / Koordinat	Fosil Topluluğu	Yaş
Yassıbel Kesiti Yassıbel (Şarkikaraağaç) (Şekil 8a)	Düzkaya volkanitinin altı Koordinat: 363673D/4206173K	<i>Earlandia</i> sp., <i>Everticyclammina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., <i>Haurania deserta</i> Henson, <i>Mesoendothyra croatica</i> Gusic, <i>Redmondoides luegoni</i> (Septfontaine), <i>Redmondoides</i> cf. <i>primitivus</i> (Redmond), <i>Redmondoides</i> sp., <i>Riyadhella elongata</i> Redmond, <i>Riyadhella regularis</i> Redmond, <i>Siphovalvulina variabilis</i> Septfontaine, <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri), <i>Timidonella sarda</i> Bassoullet, Chabrier&Fourcade	Bajosiye
Çürüktaş Tepe Kesiti Kireli Kuzeybatısı (Şarkikaraağaç) (Şekil 8b)	Düzkaya volkanitinin üstü Koordinat: 368412D/4200347K	<i>Clypeina jurassica</i> Favre, <i>Earlandia</i> sp., <i>Kurnubia palestinensis</i> Henson, <i>Redmondoides luegoni</i> (Septfontaine), <i>Salpingoporella annulata</i> Carozzi, <i>Siphovalvulina variabilis</i> Septfontaine, <i>Siphovalvulina</i> sp., <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri), Miliolidae, Ophthalmidtidae	Oksfordiye- Kimmeriye
Boz Tepe Kesiti Kireli Kuzeybatısı (Şarkikaraağaç) (Şekil 8c)	Düzkaya volkanitinin altı Koordinat: 369440D/4199445K	<i>Haurania deserta</i> Henson, <i>Mesoendothyra croatica</i> Gusic, <i>Redmondoides luegoni</i> (Septfontaine), <i>Riyadhella regularis</i> Redmond, <i>Selliporella donzelli</i> Sartoni&Crescenti, <i>Siphovalvulina gibraltarensis</i> Boudagher-Fadel, Rose, Bosence& Lord Favre, <i>Siphovalvulina variabilis</i> Septfontaine, <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri), <i>Timidonella sarda</i> Bassoullet, Chabrier&Fourcade	Bajosiye
	Düzkaya volkanitinin üstü Koordinat: 369269D/4199155K	<i>Cladocoropsis mirabilis</i> Felix, <i>Clypeina jurassica</i> Favre, <i>Everticyclammina</i> sp., <i>Kilianina lata</i> Oberhauser, <i>Kilianina</i> sp., <i>Kurnubia palestinensis</i> Henson, <i>Redmondoides luegoni</i> (Septfontaine), <i>Salpingoporella annulata</i> Carozzi, <i>Siphovalvulina variabilis</i> Septfontaine, <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> (Raineri), Miliolidae, Ophthalmidtidae	Kimmeriye
Kıyakede Kesiti Kıyakede Batısı (Şarkikaraağaç) (Şekil 8d)	Düzkaya volkanitinin üstü Koordinat: 365118D/4202480K	<i>Clypeina jurassica</i> Favre, <i>Clypeina</i> sp., <i>Kilianina lata</i> Oberhauser, <i>Kurnubia palestinensis</i> Henson, <i>Redmondoides luegoni</i> (Septfontaine), <i>Siphovalvulina variabilis</i> Septfontaine, Miliolidae, Ophthalmidtidae	Kimmeriye



Şekil 8- Hacalabaz formasyonu ve Düzkaça volkanitinin birbirleriyle ve temel kayalarla ilişkisini gösteren jeolojik kesitler. Düzkaça volkanitinin altından ve üstünden elde edilen bentik foraminifer yaşlarının konumları kesitler üzerinde gösterilmiştir.

Yapılan sistematik örneklemelerde spesifik olarak Batoniyen-Oksfordiyen yaş aralığını temsil eden fosil bulgusuna rastlanmamıştır. $161,9 \pm 10,6$ My olarak tespit edilen radyometrik yaş bulgusuyla uyumlu paleontolojik sonuçlar, volkanizmanın Batoniyen-Oksfordiyen aralığında meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 8).

3.2. Düzkaça Volkaniti'nin Jeokimyası

Düzkaça volkanitinden alınan 11 adet jeokimya örneğinin ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) içerikleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Buna göre inceleme alanında Düzkaça volkanitine

ait diyabaz ve bazaltlar SiO_2 %45-48,9, Al_2O_3 %13,7-18,2, Fe_2O_3 %7,6-12,2 içeriklerine sahiptirler. Analiz sonuçlarına göre yüksek ateşte kayıp değerlerine sahip olan bu kayaların alterasyondan etkilenmiş olduğu gözlenmektedir.

Düzkaça volkanitinden alınan örnekler, Le Bas vd. (1986) tarafından toplam alkali ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)–silis (SiO_2) bileşimlerine göre hazırlanmış olan diyagramda genel olarak bazalt alanına düşmekte; ayrıca kayaların bir kısmının alkalen, diğerlerinin ise subalkalen-toleyitik karakterde olduğu gözlenmektedir (Şekil 9a). Volkanik kayaç örnekleri Miyashiro (1974)

Çizelge 2- Düz kaya volkanitine ait kayaçların ana oksit, iz element ve NTE içeriklerinin yüzde ağırlıklarına göre dağılımı.

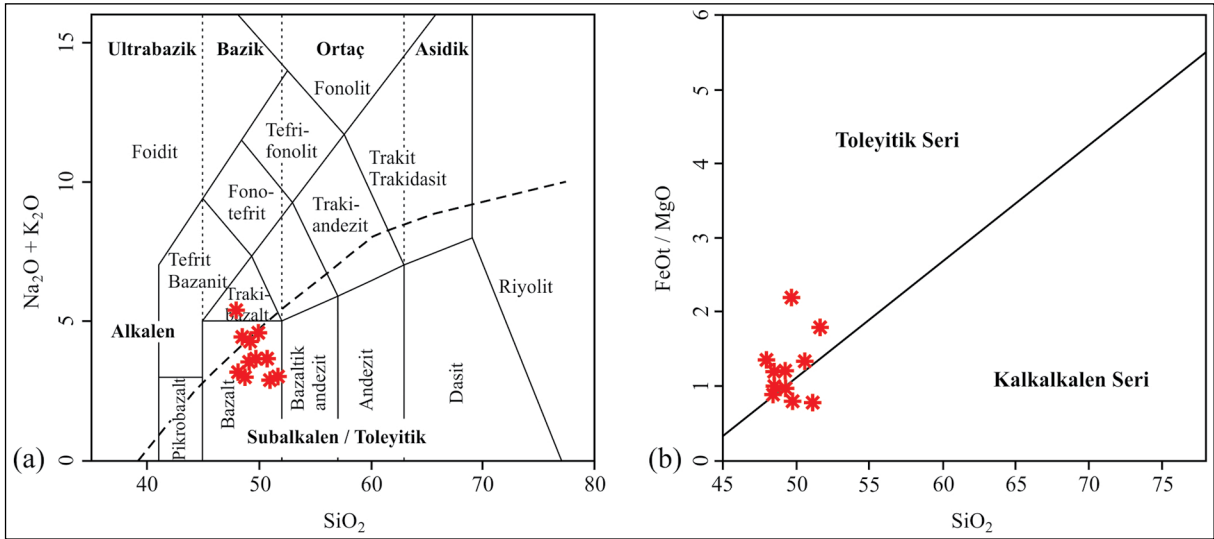
Örnek No	DZ-1	DZ-2	DZ-3	DZ-4	DZ-5	DZ-6	DZ-7	DZ-8	DZ-9	DZ-10	DZ-11
Kaya türü	Diyabaz	Diyabaz	Diyabaz	Diyabaz	Diyabaz	Bazalt	Bazalt	Diyabaz	Diyabaz	Diyabaz	Diyabaz
Koordinat	343550D 4252173K	3402200D 4246725K	343150D 4253709K	3433304D 4253665K	343584D 4252546K	338118D 4257554K	351901D 4250708K	350419D 4231744K	339525D 4247560K	368716D 4200377K	365034D 4202446K
SiO ₂	47,3	48,1	45,0	46,0	46,0	46,7	47,6	47,1	48,9	47,2	48,2
Al ₂ O ₃	17,1	18,2	16,0	17,0	16,6	13,7	17,5	17,8	16,6	14,8	14,4
Fe ₂ O ₃	10,6	7,6	9,6	9,1	10,1	8,2	10,0	9,1	8,7	12,2	10,2
MnO	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1
MgO	7,1	5,1	8,8	9,6	7,6	9,2	7,6	8,4	10,1	5,0	5,1
CaO	8,4	10,0	8,2	7,9	7,8	10,8	7,7	7,5	6,1	9,3	10,2
Na ₂ O	4,3	2,8	2,5	2,5	2,9	3,7	3,0	3,0	2,4	2,9	2,2
K ₂ O	1,0	0,6	0,3	0,4	1,3	0,6	1,2	0,4	0,4	0,5	0,6
TiO ₂	1,9	1,9	1,7	1,9	1,9	0,7	1,8	1,7	1,8	2,3	1,8
P ₂ O ₅	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
AK	1,2	4,9	7,2	4,8	5,0	6,0	2,9	4,1	4,3	4,8	6,4
Toplam	99,7	99,9	99,8	99,9	99,8	99,8	99,7	99,8	99,9	99,8	99,7
Rb	35,7	30,1	26,9	27,7	30,3	6,6	32,6	18,5	29,1	36,9	36,8
Hf	3,2	2,4	2,1	2,6	2,1	0,8	2,8	2,1	2,6	1,9	2,5
Co	38	26	54	38	36	23	32	34	38	54,1	42,2
Y	14,4	12,6	11,0	12,1	12,1	8,6	12,7	10,5	12,8	17,4	15,8
Th	1,8	1,5	1,2	1,4	1,4	0,4	1,7	0,7	1,5	1,7	2,7
Ga	16,5	15,1	14,3	14,3	14,7	8,2	14,9	13,5	16,1	26,3	24,2
La	16,5	13,2	12,2	13,5	14,6	3,1	15,6	8,1	13,6	17,6	17,3
Ce	35,7	30,1	26,9	27,7	30,3	6,6	32,6	18,5	29,1	36,9	36,8
Pr	4,1	3,7	3,0	3,4	3,6	0,9	3,8	2,4	3,5	4,5	4,4
Nd	18,7	17,6	14,9	16,1	16,6	4,9	17,8	12,2	16,6	19,8	19,2
Sm	4,5	4,2	3,5	3,8	3,9	1,4	4,1	3,1	3,8	4,9	4,5
Eu	1,5	1,5	1,2	1,3	1,3	0,5	1,4	1,1	1,3	1,6	1,5
Th	1,8	1,5	1,2	1,4	1,4	0,4	1,7	0,7	1,5	1,7	2,7
Dy	3,5	3,2	2,8	3,0	2,9	1,9	3,1	2,7	3,1	3,9	3,6
Ho	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7
Er	2,0	1,8	1,5	1,6	1,6	1,2	1,7	1,5	1,7	1,9	2,0
Tm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Yb	1,6	1,4	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4
Lu	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mg#	56,9	57,1	64,4	67,4	59,6	68,6	59,8	64,3	69,4	44,6	49,5

diyagramına göre hem toleyitik hem de kalkalkalen seri bölgelerinde gözlenmektedir (Şekil 9b).

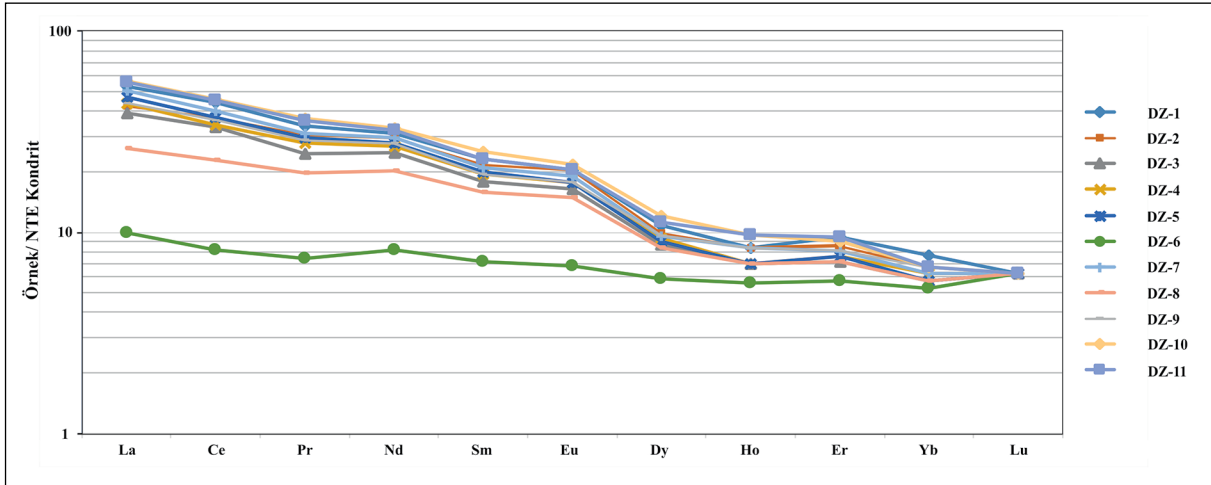
Hesaplanan Mg# değerleri 44,6-69,4 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu durum örneklerden bazılarının (Mg#>65) direkt mantodan gelen ergiyiklerden oluştuğunu, bazılarının ise (Mg#<65)

yükselim sırasında diferansiyasyona uğradığını göstermektedir.

Kondrite göre normalize edilen NTE diyagramına (Boynton, 1984) göre ise Pr, Sm, Dy, Ho ve Yb'de hafif bir tüketilme gözlenmektedir (Şekil 10). Bu durum granatın bulunduğu derinliklerde ergimenin



Şekil 9- Düzkaýa volkanitine ait kayaların a) Toplam alkali-SiO₂ diyagramı (Le Bas vd., 1986), b) FeOt/MgO-SiO₂ diyagramı (Miyashiro, 1974).



Şekil 10- Kondrite göre (Boynton, 1984) normalize edilen NTE diyagramı.

gerçekleştirdiğini ve granat içeren bir manto kaynağına işaret etmektedir. Aynı zamanda, Nd, Eu ve Er’de hafif zenginleşme, plajiyoklaz kristalleşmesi ve kabuksal kirlenmeyi göstermektedir. Özellikle Eu anomalisi, plajiyoklaz birikimini yansıtarak fraksiyonel kristalleşmenin önemini desteklemektedir. FeOt/MgO-SiO₂ diyagramı ile NTE diyagramı birlikte yorumlandığında kayaların geçişli bir tektonik ortamı işaret ettiği değerlendirilmektedir.

3.3. Düzkaýa Volkaniti’nin Jeolojik Gelişimi ve Boksit Yataklarının Oluşumuyla İlişkisi

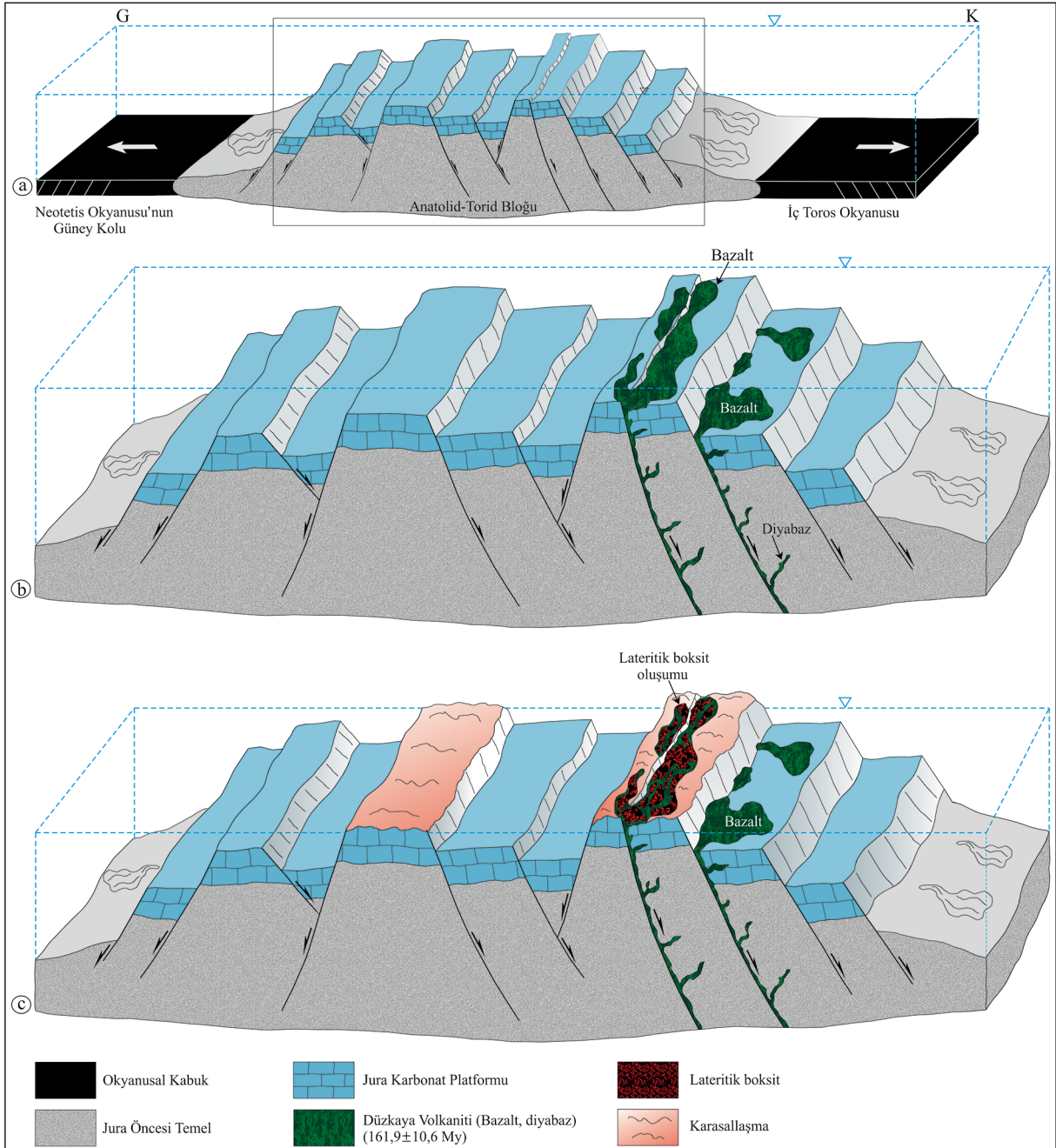
Orta-Geç Triyas döneminde Sultan Dağları’nın da içerisinde yer aldığı Anadolu-Torid Bloku’nda

kuzeyde İç Toros Okyanusu (Görür vd., 1984; Robertson ve Dixon, 1984), güneyde ise Neotetis Okyanusu’nun güney kolu açılmaya başlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1993; Parlak vd., 2019). Bu haliyle mikro kıta özelliği kazanan Anadolu-Torid Bloku’nda Orta-Geç Jura döneminde kuzeyde ve güneyde genişlemenin devam etmesine bağlı olarak kıta içi derin blok faylanmalar meydana gelmiştir (Şekil 11a). Bu faylanmalara bağlı olarak okyanus kenarına yakın kesimlerde derinleşmeler meydana gelirken uzak kesimlerde oluşan pozitif alanlarda sığ denizel ve karasal ortam şartları gelişmiştir. Aynı zamanda kıta içi bu büyük faylar toleyitik-kalkalkalen özellikte, bazik bileşimli volkanik ve yarı volkanik

kayaçların (Düz kaya volkaniti) gelişimine neden olmuştur (Şekil 11b). Bu volkanitlerin jeokimyasal olarak büyük oranda toleyitik karakter sunması, bu dönemde Neotetis Okyanusu'nun yüksek oranda yayılıp açıldığını desteklemektedir (Koçak vd., 2007). Hacılabaz formasyonunun sedimantasyonu ile eş zamanlı bu volkanizma, Düz kaya volkanitine ait diyabaz ve bazaltların dayk, sil ve lav akıntıları şeklinde yerleşmesini sağlamıştır. Nispeten pozitif

alandaki kalan Sultan Dağları ve çevresinde çok sık ve/veya karasal ortamda oluşan bu volkanik kayaçlar, tropik iklim şartlarının hüküm sürdüğü Geç Jura'da hızla lateritleşmeye uğramış ve bölgedeki boksit yataklarını oluşturmuştur (Öncel, 1995; Öncel ve Söğüt, 2008) (Şekil 11c).

Sultan Dağları'nın güneyinde kuzeybatı-güneydoğu yönlü bir hat boyunca lateritleşmeye bağlı

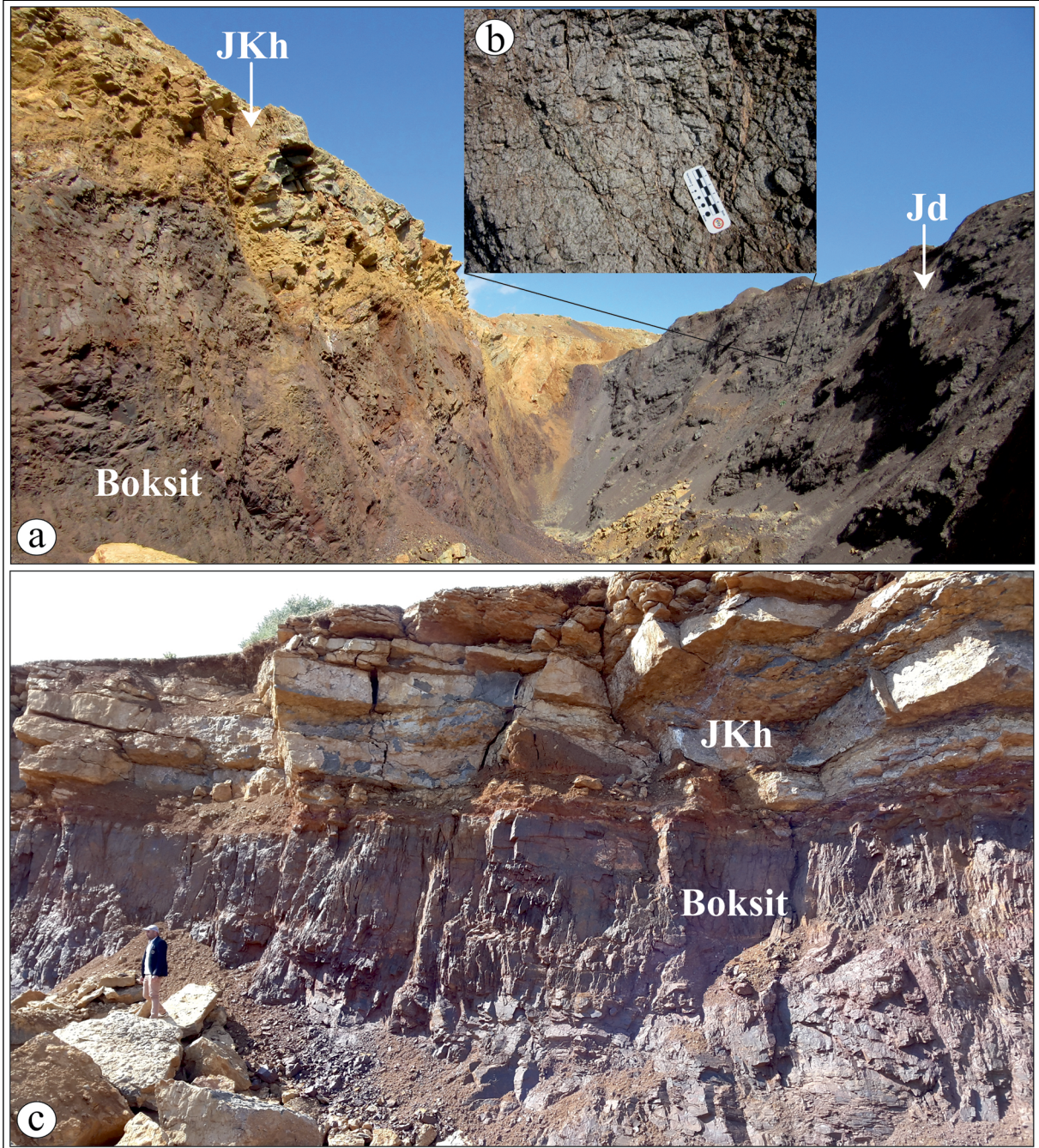


Şekil 11- Düz kaya volkaniti ve lateritik boksit yataklarının oluşumunu gösteren jeolojik modeller.

olarak gelişen boksitlerin (Şekil 12a, 12b) mineralojik bileşimleri hematit, böhmite, diyaspore, anatase, götite, manyetit, kaolinite, klorite, gibbsite, kuvars, kalsit ve barit şeklindedir (Öncel, 1995; Bozkır, 2007; Öncel ve Söğüt, 2008).

Düzkaya volkanitinden elde edilen $161,9 \pm 10,6$ My radyometrik yaş ile volkanitleri altından ve

üstünden sınırlayan kireçtaşlarından elde edilen Bajosiye ve Kimmericiye paleontolojik yaşları dikkate alındığında, önerilen jeolojik gelişim modeli içerisinde volkanizma ve boksit oluşumunu sağlayan lateritleşmenin Batoniye-Oksfordiye zaman aralığında meydana geldiği değerlendirilmektedir.



Şekil 12- Düzkaya volkanitinin (Jd) (a) boksitleşmiş kesimlerinin, (b) bazaltik kesimlerinin yakın görünümü. (c) Hacılaz formasyonu (JKh) içerisinde gözlenen lateritik boksitler. Çankırı kuzeyi, Şarkikaraağaç.

4. Sonuçlar

- Jeokimyasal olarak toplam alkali (K_2O+Na_2O)–silis (SiO_2) bileşimlerine göre bazalt karakteri sunan Düzkaya volkanitinin alkali ile subalkali-toleyitik karakter sunduğu belirlenmiştir. $FeO/MgO-SiO_2$ diyagramına göre ise büyük ölçüde toleyitik kısmen kalkalkali özellik sunduğu tespit edilmiştir.
- Düzkaya volkanitine ait kayaçların Mg# değerleri, bazı örneklerin direkt mantodan gelen ergiyiklerden oluştuğunu, bazılarının ise yükselim sırasında diferansiasyona uğradığını göstermektedir.
- Kondrite göre normalize edilen NTE diyagramına göre ise Pr, Sm, Dy, Ho ve Yb’de hafif bir tüketilme gözlenmektedir. $FeO/MgO-SiO_2$ diyagramı ile NTE diyagramı birlikte yorumlandığında kayaçların geçişli (transitional) bir tektonik ortamı işaret ettiği değerlendirilmektedir.
- Düzkaya volkanitine ait diyabazlarda tüm kayadan $^{40}Ar-^{39}Ar$ yöntemiyle $161,9 \pm 10,6$ My plato yaşı elde edilmiştir.
- Düzkaya volkanitinin altında ve üstünde yer alan Hacılabaz formasyonuna ait kireçtaşlarından bentik foraminifer içeriklerine dayanarak sırasıyla Bajosiye ve Kimmericiye yaşları belirlenmiştir.
- Elde edilen radyometrik ve paleontolojik yaş bulguları, volkanizma ve lateritleşmenin Batoniye-Oksfordiye zaman aralığında meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Düzkaya volkanitinin lateritleşmesine bağlı olarak bölgede önemli demirli boksit yatakları gelişmiştir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı’nın “Sultan Dağları’nın Jeolojisi ve Jeodinamik Evrimi” adlı projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan paleontolojik örneklerin tanımlamaları Dr. Erkan EKMEKÇİ tarafından, petrografik örneklerin incelemeleri ise Dr. Meral GÜREL, Aylin PAÇALA ve Banu TÜRKMEN

BOZKURT tarafından yapılmıştır. Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesinde Prof. Dr. Gültekin TOPUZ’ un görüşlerinden yararlanılmıştır. Değerli katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ederiz. Makalenin değerlendirilmesinde yapıcı katkı ve önerileri nedeniyle Prof. Dr. Nurullah HANİLCİ’ye (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa) ve ismi açıklanmayan diğer hakeme teşekkürü bir borç biliriz.

Değinen Belgeler

- Blumenthal, M.M. 1947. Seydişehir-Beyşehir Hinterlandındaki Toros Dağları’nın Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 2, Ankara (yayımlanmamış).
- Boynton, W.V. 1984. Geochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: Henderson, P., Ed., Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, New York, 63–114
- Bozkır, Y. 2007. Çarıksaraylar ile Kozluca (Şarkikaraağaç-Isparta) arasındaki boksitlerin NTE’leri ve oluşum şartları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105.
- Demirkol, C. 1977. Yalvaç-Akşehir dolayının jeolojisi. Doçentlik Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Fak. Yerbilimleri Bölümü. Konya.
- Eren, Y. 1991a. Engilli (Akşehir)-Bağkonak (Yalvaç) arasında Sultandağları Masifi’nin stratigrafisi, Ahmet ACAR Jeoloji sempozyumu, Bildiriler, Adana, 83–92.
- Eren, Y. 1991b. Akşehir Güneyinde Sultandağları Masifi Metatortul Kılıfının Mesoskopik Tektoniği, Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi 6, 55–68.
- Ergen, A. 2023. Sultan Dağları’nın Doğanhisar (Konya)-Gelendost (Isparta) arasında kalan güney bölümünün tektono-stratigrafisi ve yapısal özellikleri. Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 229.
- Ergen, A., Bozkurt, A., Ilgar, A., Tuncay, E., Doğan, A. 2021. Sultan Dağları’nın Jeolojisi ve Jeodinamik Evrimi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13958, 241. Ankara (yayımlanmamış).
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, İ., Şengör, A. M. C. 1984. “Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: Sedimentary record of a Neo-Tethyan closure”. In The geological evolution of the eastern Mediterranean, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. no. 17 Edited by: Dixon, J. E. and Robertson, A. H. F. 467–482.

- Gutnic, M., Juteau, T. 1973. Un exemple de coulées volcaniques sous-Marines d'âge jurassique dans le Taurus de Pisidie, environnement sédimentaire, spilitisation des pillowlavas de Balçıkhisar (Turquie). *Sci. Terre*, XVIII (2), 115–141.
- Hanilçi, N. 2019. Bauxite Deposits of Turkey. *Mineral Resources of Turkey*, 681–730. doi:10.1007/978-3-030-02950-0_15
- Ilgar, A., Ergen, A., Tuncay, E., Bozkurt, A. 2021. Basin margin tectonics and morphology as controls of delta type and architecture: Examples from the Mio-Pliocene Yalvaç Basin (SW Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30, 516–535.
- Ilgar, A., Ergen, A., Bozkurt, A., Tuncay, E. 2022. Sedimentology and Miocene-Pliocene depositional evolution of the stream-dominated alluvial fan deposits at circum-Sultandağları region, *Bull. Min. Res. Exp.* (2022) 168, 43–66.
- Koç, A., Kaymakçı, N., van Hinsbergen, D. J. J., Vissers, R. L. M. 2016. A Miocene onset of the modern extensional regime in the Isparta Angle: constraints from the Yalvaç double dagger Basin (southwest Turkey), *International Journal of Earth Sciences* 105, 1, 369–398.
- Koçak, K., Eren, Y., Işık, F. 2007. Kocakızıl (Akşehir-Konya) doleritinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 19(1), 93–104.
- Le Bas, J. M., Le Maitre, R.V., Streckeisen, A., Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the totalalkali-silica diagram, *Journal of Petrology* 27, 745–750.
- Miyashiro, A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins, *American Journal of Science* 274, 321–355.
- Monod, O. 1977. Recherches Geologique Mineralogique et Geochimie des Bauxites de la Region d'Akseki Seydişehir (Taurus Occidental-Turquie). These Üniv. Pire et Marie Curie, Paris.
- Nemec, W., Alçiçek, M. C., Özaksoy, V. 2018. Sedimentation in a foreland basin within synorogenic orocline: Paleogene of the Isparta Bend, Taurides, SW Turkey. *Basin Research* 30, 650–670.
- Okay, A.I., Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen* (eds B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth & M. Séranne), pp. 475–515, Geological Society of London, Special Publication 156.
- Öncel, M.S. 1995. Şarkikaraağaç-Yalvaç (Isparta) arasındaki jeolojisi ve boksit zuhurlarının mineralojik, petrografik, jeokimyasal incelemesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi, Konya, 147.
- Öncel, M.S., Söğüt, A.R. 2008. Kaletape Lateritik Boksit Zuhurunun Mineralojik ve Jeokimyasal İncelemesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 23, 4.
- Özgül, N. 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 19/1, 65–67.
- Özgül, N., Bölükbaşı, S., Alkan, H., Öztaş, Y., Korucu, M. 1991. Sultan Dağları-Sandıklı-Homa-Akdağ yöresinin jeolojisi. *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Rapor No: 3028*. Ankara (yayımlanmamış).
- Öztürk, E.M. 1989. Balçıkhisar-Karadilli (Afyon) Dereköy (Isparta) dolayının jeolojisi: Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 319. İstanbul.
- Parlak, O., Dunkl, I., Karaoğlu, F., Kusky, T. M., Zhang, C., Wang, L., Koepke, J., Billor, Z., Hames, W.E., Şimşek, E., Şimşek, G., Şimşek, T., Öztürk, S.E. 2019. Rapid cooling history of a Neotethyan ophiolite: Evidence for contemporaneous subduction initiation and metamorphic sole formation. *Geological Society of America Bulletin* 131, 2011–2038.
- Robertson, A. H. F., Dixon, J. E. 1984. Introduction; Aspects of the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. In *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (eds J. E. Dixon & A. H. F. Robertson), pp. 1–74. Geological Society of London, Special Publication no. 17.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Umut, M., Karabıyıklıoğlu, M., Saraç, G., Bulut, V., Demirci, A. R., Erkan, M., Kurt, Z., Metin, S., Özgönül, E. 1987. Tuzlukçu-Ilgın-Doğanhisar-Doğanbey (Konya ili) ve dolayının jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 8246*, 38, Ankara (yayımlanmamış).
- Yağmurlu, F. 1991. Yalvaç-Yarıkkaya Neojen havzasının tektono-sedimanter özellikleri ve yapısal evrimi, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi* 112, 1–13.
- Yılmaz, Y. 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian Orogen. *Geological Society of America Bulletin* 105, 251–271.