



Zebra dolomitlerinin oluşumu ve karbonat yan kayaçlı Au - Ag - Zn ± Pb yatakları ile ilişkisi, Maden Köyü (Ulukışla - Niğde), Orta Toros, Güney Türkiye

Genesis of the Zebra dolomites and relation to carbonate - hosted Au - Ag - Zn ± Pb deposits in the Maden Village (Ulukışla - Niğde), Central Taurides, South Turkey

Asuman KAHYA^{a*}, Ercan KUŞCU^b ve Firdevs İrem YENİCE^a

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 06800, Türkiye

^bDemir Export AŞ, Ankara, 06800, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Zebra Dolomit, Karbonat Yan Kayaç, Au - Ag - Zn ± Pb Yatakları, Bolkar Dağı, Türkiye.

ÖZ

Maden Köyü'nde bulunan Zebra dolomiti ve karbonat yan kayaçlı Au - Ag - Zn ± Pb yatakları Bolkar Dağları'nın şelf tipi karbonat kayaçlarında yer almaktadır. Zebra dolomiti lokal olarak oluşmaktadır ve dolomitleşme ile mineralizasyon arasında ilişki olduğuna dair veri bulunamamıştır. Maden Köyü Zebra dolomiti (ZD), petrografik ve SEM + EDX çalışmalarına göre benzer mineralojik bileşim ve kimyasal özelliklere sahip birbirine paralel açık ve koyu renkli bantlarla karakterizedir. Zebra dolomitinin $\delta^{13}\text{C}$ (V - PDB) değeri ‰2,59 ile 2,72 arasında iken, $\delta^{18}\text{O}$ (V - PDB) değerleri ‰ -11,39 ile -14,88 arasındadır. Bu izotopik değerler, oksijen ve karbon kaynağının denizel karbonatlardan ve tatlı su karbonatlarından kaynaklandığını göstermektedir. Zebra dolomitinin sıvı kapanım çalışmasına göre homojenleşme sıcaklığı 80 °C - 180 °C aralığındadır. Petrografik, izotop değerleri ve sıvı kapanım çalışması baz alınarak, dolomitleşmenin, geç diyajenetik şartlar altında, mineralizasyondan önce oluşmuş olduğunu söyleyebiliriz.

Geliş Tarihi: 18.04.2020

Kabul Tarihi: 03.02.2021

Keywords:

Zebra Dolomite, Carbonate-hosted, Au - Ag - Zn ± Pb Deposits, Bolkar Mountain, Turkey.

ABSTRACT

Zebra dolomites and carbonate - hosted Au - Ag - Zn ± Pb deposits of Maden Village is located in the shelf type carbonate rocks of the Bolkar Mountains. The Zebra dolomite locally form and there is no evidence for relation between dolomitization and mineralization. Maden village ZD is characterized by parallel light and dark bands that have similar mineralogy and chemistry by petrographic and SEM + EDX investigation. The $\delta^{13}\text{C}$ (V - PDB) composition of the Zebra dolomite from 2.59‰ to 2.72‰ and the $\delta^{18}\text{O}$ (V - PDB) values of the Zebra dolomite from -11.39‰ to -14.88‰. These isotopic values show that the source of oxygen and carbon was derived from marine carbonates and freshwater carbonates. Fluid inclusion studies on Zebra dolomite show homogenization temperatures of 80 °C - 180 °C. Based on petrographic, isotope values and fluid inclusion study, we can say that the dolomitization occurred during the late diagenetic conditions prior mineralization.

Atf bilgisi: Kahya, A., Kuşcu, E., Yenice, F., İ. 2021. Genesis of the Zebra dolomites and relation to carbonate-hosted Au - Ag - Zn ± Pb deposits in the Maden Village (Ulukışla - Niğde), Central Taurides, South Turkey. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 165, 63-75.

<https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.877977>

*Başyurulacak yazar: Asuman KAHYA, asuman27@gmail.com

1. Giriş

Zebra dolomitleri, *abbabba* sırasını oluşturan mm ölçekli koyu gri (a) ve açık (b) renkli dolomit tabakalarının araldanması ile karakterize edilen, ilginç bir litoloji olarak tanımlanmıştır (Nielsen vd., 1998). Bu terim farklı araştırmacılar tarafından değişik ifadeler kullanılarak tanımlanmıştır: Levin ve Amstutz (1976), Fontbote (1981), Fontbote ve Amstutz (1983), Wallace vd. (2018) *diyajenetik kristalleşme*; Sass Gustkiewicz vd. (1982), Tompkins vd. (1994), Wallace vd. (2018) *bantlı veya bantlı cevherler*; Beales ve Hardy (1980), Wallace vd. (1994), Zeeh (1995) *zebra kayaçları veya dokuları*; Beales ve Hardy (1980), Wallace vd. (2018) *genişleme yapısı*; ve Beales ve Hardy (1980), Wallace vd. (1994), Nielsen vd. (1998), Diehl vd. (2010), Morrow (2014) *zebra kayaçlar / doku / yapı / dolomit* olarak tanımlamışlardır. Zebra dokusunun kökeni belirsiz ve tartışmalıdır (Wallace vd., 2018; Nielsen vd., 1998). Yapılan yorumlar sinjenetikten (Fontbote ve Amstutz, 1983) epijenetiğe (Arne ve Kissin, 1989) kadar değişmektedir. Beales ve Hardy (1980), beyaz Zebra dolomit tabakalarının, evaporit minerallerinden sonra oluşan psödomorflar olduğunu açıklamıştır. Bu yorum Tompkins vd. (1994) tarafından, Cadjebut'ta (Canning havzası, Batı Avustralya) ritmik olarak bantlanmış cevherlerde, yanal olarak gözenekli, jipsli lamine kireçtaşı ile ifade edilmiştir. Wallace vd. (1994), Zebra dokularının her zaman evaporitik sedimanlarda yer almayacağını, genel olarak sülfür veya sülfür fazları ile ilişkili olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bazı yazarlar, Zebra dokularının çeşitli jeolojik ortamlarda meydana geldiğini ve hem karbonat yan kayaçlı cevher yatakları (Mississippi Vadisi tipi mineralizasyon, intrüzyonla ilişkili kurşun - çinko yatakları ve Carlin tipi altın yatakları) hem de hidrotermal dolomit yatakları ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Fontbote, 1993; Davies ve Smith Jr, 2006; Diehl vd., 2010; Morrow, 2014; Hiemstra ve Goldstein, 2015; Wallace, 2018). Dolomitleşme, kireçtaşı diyajenezi ve hidrotermal alterasyon da dahil olmak üzere, evaporitik, normal denizel ve meteorik su (Morrow, 1998) içeren çeşitli jeolojik süreçlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Wilkinson vd., 2005; Zentmyer vd., 2011; Bouabdellah vd., 2012; Gomez - Rivas vd., 2014). Birçok araştırmacı, cevher yatağının türünü tanımlamak için ilgili sülfür mineralizasyonuna göre dolomitleşmenin zamanlamasını ve yapısını (diyajenetik veya hidrotermal) araştırmaktadır (örneğin Wilkinson,

2003; Wilkinson vd., 2005; Leach vd., 2006; Johnson vd., 2009; Bouabdellah vd., 2012; Wilkinson, 2014).

Çalışma alanı, Alt Paleozoyik ile Üst Kretase yaşlı kristalleşmiş kireçtaşı, dolomit, mermer ve kalk - şist içeren Torid bloğunun bir parçası olan Bolkar Dağları'nın tabanında yer almaktadır (Şekil 1; Özgül, 1976; Demirtaşlı vd., 1984; Alan vd., 2007). Bu kuşak, Türkiye'nin en büyük Pb-Zn madencilik bölgelerinden biridir ve karbonat yan kayaçlı Pb - Zn yatakları olarak bilinmektedir (Koptagel vd., 2007). İncelenen Zebra dolomitinin yakınında, Bolkar Dağı antiklinalinin kuzey kanadında Jura-Kretase mermerlerinde, çoğunlukla dikey D - B ve K30°B eğimli faylarına yakın Maden Köyü karbonat yan kayaçlı Au - Ag - Zn ± Pb yatağı bulunmaktadır. Maden Köyü cevher yatağı, ortalama 7,37 g/t Au, 813,71 g/t Ag, %31,06 Pb ve %5,94 Zn ortalama tenör ile Türkiye'deki Au - Ag - Zn ± Pb ekonomik kaynaklarından en önemlilerinden biridir. (Gümüştas AŞ, 2014). Çalışma alanındaki mineralleşme, Jura - Kretase'de kristalleşmiş kireçtaşlarında yer almaktadır ve hem hipojen hem de süpergen cevher kalıntılarında oluşmaktadır. Süperjen non - sülfat cevher; mermerlerin çözünme boşluklarında, esas olarak eklem düzlemleri ve kırıkları (gerilme çatlakları) boyunca oluşmaktadır. Hipojen sülfür mineralizasyonu, mağara duvar / tabanında kalıntı olarak ve mermer ile melanj arasındaki tektonik dokanakta yer almaktadır. Bölgedeki sülfür mineralizasyonu (hipojen), Oligo - Miyosen sırasında Torid bloğunun yükselmesi ile bölgenin ilerleyen erozyonu, gerilme koşullarda kırıkların genişlemesi (gerilme) ve sonuçta ilksel özelliklerin bozunması ile yaygın bir şekilde oksitlenmiştir (Kahya vd., 2019). ZD, Maden Köyü karbonat yan kayaçlı cevher yatağının yakınında lokal olarak oluşmaktadır. Şimdiye kadar ZD ile ilgili çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle, dolomitleşmeye neden olan sıvıların kaynağını ve Maden Köyü karbonat yan kayaçlı maden yatağı ile ilişkisini belirlemek amacıyla bu çalışmada izotop verisi, ayrıntılı mineralojik ve sıvı kapanım çalışmaları kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Dolomit örnekleri üzerinde mineralojik ve petrografik çalışmalar yapılmıştır. X - Ray difraksiyon (XRD) çalışmaları, Zebra dolomitin mineralojik içeriğinin belirlenmesi amacıyla MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye) X - Işınları Laboratuvarı'nda Philips PW 3710 / 1830 XRD analiz

Çizelge 1- Zebra dolomitlerinin oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve karbon ($\delta^{13}\text{C}$) izotop değerleri.

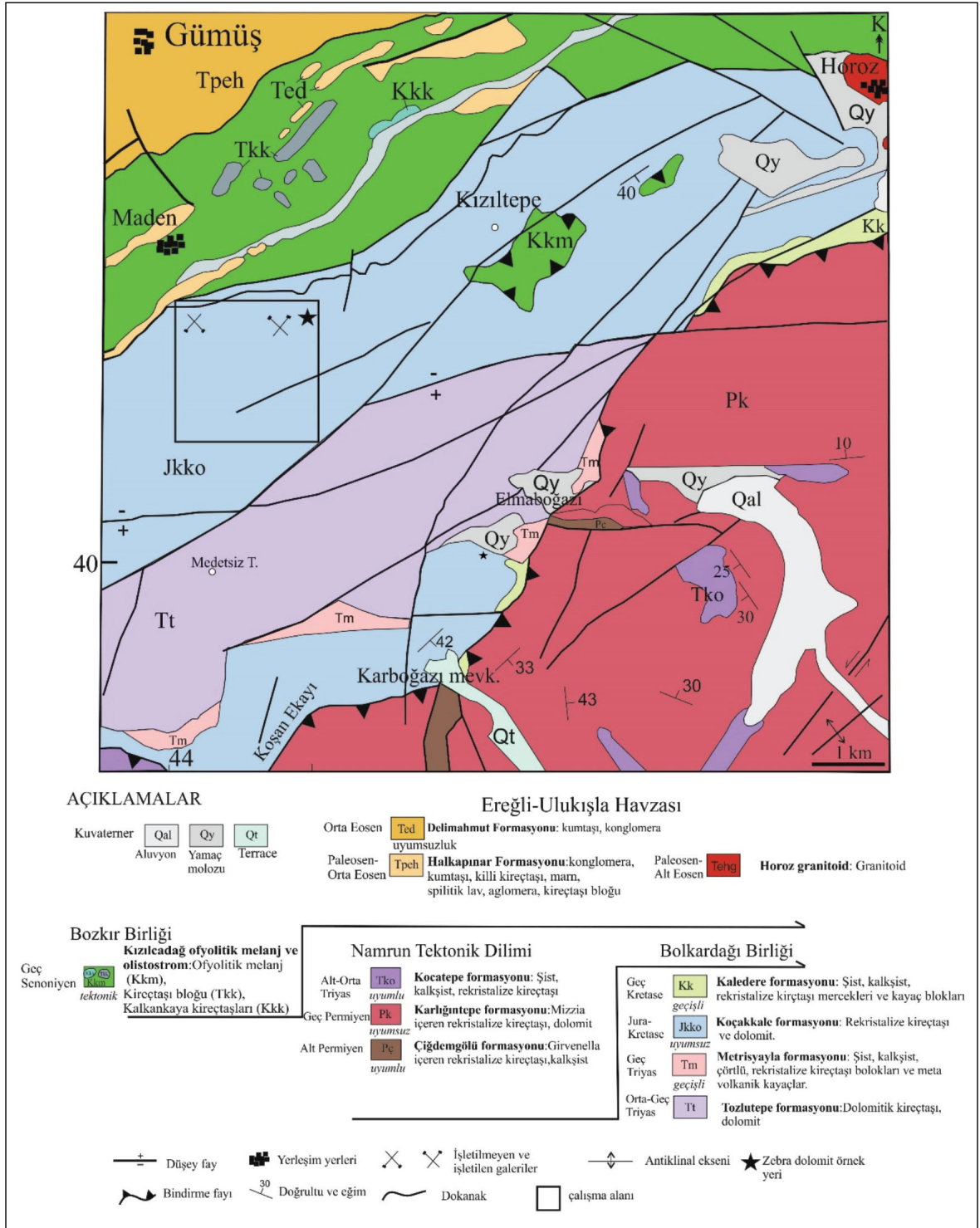
Örnek	$\delta^{13}\text{C}$ (V - PDB) ‰	$\delta^{18}\text{O}$ (V - PDB) ‰	$\delta^{18}\text{O}$ (V - SMOW) ‰
BEYAZ Zebra dolomit	2,60	-14,87	15,58
BEYAZ Zebra dolomit	2,59	-14,86	15,59
KOYU Zebra dolomit	2,72	-11,39	19,17
KOYU Zebra dolomit	2,71	-11,38	19,16
Yan kayaç (kireçtaşı)	2,81	-6,58	24,12

3. Bölgesel Jeoloji ve Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı, ITSZ'nin güneyindeki Torid bloğunun bir parçası olan Bolkardağı Birliği'nde yer almaktadır. Bolkardağı Birliği karbonat, silisiklastik ve volkanik kayalar ile bunların Üst Permiyen ile Geç Kretase arasında değişen metamorfik eşdeğerlerini içermektedir (Demirtaşlı vd., 1984; Özgül, 1976). Bu birim Gondwana'dan kopmuş şerit şeklinde bir kıta olarak yorumlanmaktadır (Özgül, 1976, 1984; Görür vd., 1998; Garfunkel, 1998). Bolkardağı platform karbonatları çoklu kıvrımlara sahiptir ve bindirme hattı boyunca üst üste binmiş durumdadır ve bu da platform içinde önemli ölçüde kıtasal kısalmaya ve kabuksal kalınlaşmaya neden olmaktadır. Bu sıkışma yapısı ve kıtasal kısalmaya, ilk olarak İTO (İç Toros Ofiyolit)'nun Geç Kretase'de kuzeyden üzerlemesi sırasında, sonra ise Geç Paleosen - Eosen de Toros bloğu ile OAKK (Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı)'nın çarpışması sırasında meydana gelmiştir (Kadioğlu ve Dilek, 2010; Dilek vd., 1999b). Toros Bloğu, Miyosen'de kuzey kenarı boyunca kuzeye dalımlı normal fay sisteminin taban bloğunda kademeli yükselmeye başlayarak, güneye dalımlı, asimetrik mega - fay bloğu oluşturarak engebeli Alpin topografyasını geliştirmektedir (Dilek vd., 1999b; Kadioğlu ve Dilek, 2010, Kahya vd., 2019). Bu fay sistemi dolomitleşme için önemlidir. Horoz Granitoidi ve kuvars porfirler Bolkar Dağları'ndaki Alt Paleozoyik Üst Kretase yaşlı Toros bloğuna ait kayaçların içine sokulum yapmaktadır (Kadioğlu ve Dilek, 2010; Dilek ve Whitney, 2000). Horoz Plütönu, Erken Miyosen'de kıtasal yükselme ve erozyon nedeniyle mostra vermektedir (Kadioğlu ve Dilek, 2010). Horoz Granitoidi'nin yaşı Paleosen-Erken Eosen olarak belirlenmiştir (Alan vd., 2007). Ulukışla Havzası Geç Kretase döneminde İTO'nun yerleşmesinden sonra; melanjların Geç Kretase sırasında Toros platformu üzerine gelmesi ile ve Geç Eosen'de ortaya çıkan deformasyona maruz kalarak Oligo - Miyosen denizel - olmayan çökellerin üzerine yerleşmesi ile oluşmuştur (Blumental, 1956;

Demirtaşlı vd., 1984; Kadioğlu ve Dilek, 2010; Atabey vd., 1990; Görür vd., 1998; Clark ve Robertson, 2002). Bu havza Neotetis bölgesinde sıkışma tektoniğinin baskın olduğu zamanda gelişmiştir (Kadioğlu ve Dilek, 2010; Görür vd., 1998; Oktay, 1982). Ulukışla Havzası Üst Kretase'den Oligo Miyosen'e volkanik ve tortul malzeme ile dolar ve Miyosen ve Kuvaterner dönemleri boyunca da Orta Anadolu'yu kaplayan başlıca göl ve nehir çökellerinden oluşan daha sığ kıta-içi havza haline gelmiştir. (Kadioğlu ve Dilek, 2010).

Çalışma alanı, Orta Toroslar'ın doğu kesiminde, Ulukışla (Niğde) ilçesinin güneyinde Maden Köyü'nde yer almaktadır. Çalışma alanında, Bolkardağı Birliği, Namrun Tektonik Dilimi ve Bozkır Birliği'ne ait Tersiyer örtü kayaları yer almaktadır (Şekil 2). Bolkardağı Birliği'ne ait birimler çalışma alanının temelini oluşturmaktadır. Orta - Geç Triyas yaşlı Tozlutepe formasyonu bu birimin en altında yer almaktadır. Bu formasyon, Geç Triyas yaşlı Metrisyayla formasyonu ile uyumlu bir şekilde üzerlenmektedir. Bu formasyonda kristalleşmiş kireçtaşı ve dolomitten oluşan Jura - Kretase yaşlı Koçakkale formasyonu ile uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Alan vd., 2007). Mineralleşme ve incelenen Zebra dolomit, Koçakkale formasyonunun kristalleşmiş kireçtaşında yer almaktadır. Bu birim Şişman ve Şenocak (1981) tarafından Bolkardağı Mermer'i olarak tanımlanmıştır. Geç Kretase yaşlı Kaledere formasyonu, uyumsuz olarak Koçakkale formasyonu üzerine gelmektedir (Alan vd., 2007). Namrun tektonik zonuna ait Çiğdemgölü formasyonu, Bolkardağı Birliği'ne bindirme ile gelmektedir. Çalışma alanında Namrun tektonik birimi, Erken Permiyen yaşlı Çiğdemgölü formasyonu, Geç Permiyen yaşlı Karlıgözü formasyonu ve Erken - Orta Triyas yaşlı Kocatepe formasyonundan oluşmaktadır. Kocatepe formasyonu eski birimleri geçişli dokanak ile üzerlenmektedir. Kızılcadağ Ofiyolitik melanj ve Bozkır biriminin olistostromları, Namrun tektonik birimi tektonik olarak üzerlenmektedir.



Şekil 2- Çalışma alanının jeoloji haritası Alan vd. (2007)'den değiştirilerek alınmıştır.

Çalışma alanında, bu birimler Ereğli - Ulukışla Havzası birimleri tarafından örtülmektedir. Paleosen - Orta Eosen yaşlı Halkapınar formasyonu ve Orta Eosen yaşlı Delimahmut formasyonu Ereğli Ulukışla Havzası'nın birimleridir (Alan vd., 2007, Şekil 2).

Ayrıca, bölgede, Paleosen - Erken Eosen yaşlı Horoz Granitoidi, Orta Eosen öncesi birimleri kesmektedir. Bu birimlerin tümü, daha genç alüvyon çökeltileri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2).

4. Petrografi

Çalışma alanında ZD lokal olarak oluşmuştur. Yan kayacı kristalleşmiş kireçtaşıdır ve ZD ile keskin dokanaktır (Şekil 3a). Kalsit ve dolomit oranını % olarak belirlemek için XRD analizi yapılmıştır. Petrografik olarak, ZD mikrokristalin dokulu ve %90'dan fazla dolomit ile az kalsitten oluşmaktadır (Şekil 3c). ZD jeopatik bir dokuya sahip olup (Şekil 3b) milimetreden santimetreye kadar değişen bir ölçekte meydana gelen paralel, açık ve koyu bantlarla karakterizedir. Bu açık ve koyu bantlar petrografik ve SEM araştırma sonuçlarına göre benzer mineralojik ve kimyasal bileşime sahiptir. Gri dolomitler genellikle beyaz, kaba kristalli dolomitin tabanında bulunur (Şekil 3b, c). İnce kesitlerde gri katmandaki dolomit kristalleri genellikle özşekilsiz olup düzensiz tane sınırlarına sahiptir. Beyaz katmandaki dolomit kristalleri, orta - iri taneli, özşekilli - yarı özşekilli planar (düz) kristal sınırlarına sahiptir (Şekil 3c, d). Zebra dolomitlerinde genellikle jeopatal doku yaygındır ve yatay çökelmeyi gösterdiği belirlenmiştir. Zebra dolomitlerdeki boşluklu yapılar ve tabakalı mineral dolguları, zebra dolomitlerin oluşumu sırasındaki ayrışma ve çözünme, çökme ve depolanma sırasında

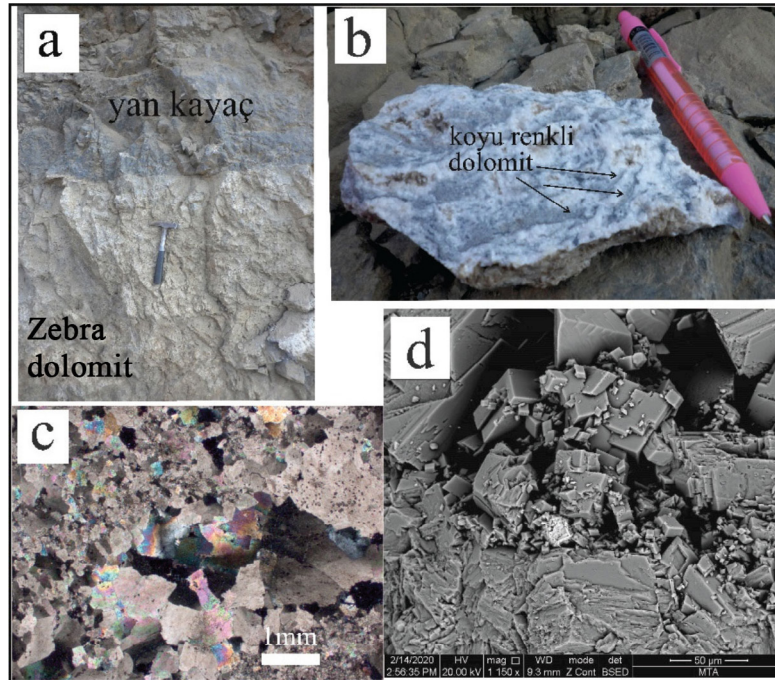
dolomitleşme çözeltilisinin kimyasal bileşimindeki dalgalanmaları ifade ettiği belirtilmiştir (Bray, 1983).

5. Sıvı Kapanım Çalışması

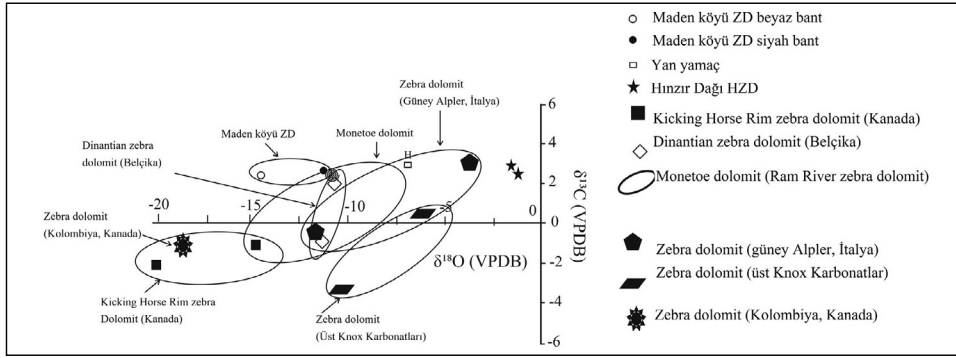
Dolomit örneklerinde sıvı kapanım çalışmaları ile mikrotermometrik ölçümler yapılmıştır ve birincil kapanımlar gözlenmiştir. Yapılan on dört ölçüme dayanarak, homojenleşme sıcaklıklarının 80 °C ile 180 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (n = 14, tüm veriler Şekil 4'te grafiksel olarak görüntülenmektedir). Birincil kapanımların çoğu tek fazlı (gaz) (Şekil 5a) veya iki fazlı (sıvı + gaz) (Şekil 5b) kapanımlardan oluşmaktadır. Birincil kökenli kapanımlar genellikle kare, dikdörtgen, uzun, çubuk şekilli, boru şekilli, yuvarlak şekilli ve / veya düzensiz şekilli olarak görülmektedir. Birincil kapanımların boyutları çoğunlukla <1 µm ve 1 µm arasında değişmektedir. İki fazlı (sıvı + gaz) birincil kapanımlar çok küçük olduğundan, faz geçişleri düşük sıcaklıkta (<0 °C) net bir şekilde tespit edilememiştir.

6. Oksijen ve Karbon İzotopları Sonuçları

ZD'nin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰ -11,39 ve ‰ -14,88 V - PDB arasında değişirken, $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰ 2,59 ve



Şekil 3- a) Zebra dolomit ve yan kayaç arasındaki dokanak, b) çalışma alanındaki ZD örneğinde, Zebra dolomit seviyeleri. Koyu renkli dolomit seviyeleri ile açık renk dolomit seviyeleri ardalanma göstermektedir. c) Zebra dolomit seviyelerinin incekesit fotoğrafları. Kaba taneli seviyeler ile ince taneli seviyeler bantlaşma göstermektedir. d) İnce ve kaba taneli dolomitlerin SEM görüntüsü.



Şekil 7- Çalışma alanının ve dünyadaki Zebra dolomit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ (V - PDB) ve $\delta^{18}\text{O}$ (V - SMOW) değerleri.

ve Katz, (1977) tarafından belirlenen $1000 \ln \alpha_{\text{D-H}_2\text{O}} = 3,06 \times 10^6 T^{-2} - 3,24$ formülü ile hesaplanmıştır. Buna göre dolomitleşmede çökelen çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ bileşimi ‰1,1 ile 1,6 V - SMOW aralığında bulunmuştur. Bu değerlere göre ZD'yi oluşturan çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ bileşimi deniz suyu ile benzer değerdedir. Tucker ve Wright (1992), dolomitin ‰+1,2 ile 2,2 aralığında $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerini, dolomitin çökmesinde hipersalin veya acı sudan ziyade normal deniz suyuna yakın olduğunu belirttiğini açıklamıştır. $\delta^{13}\text{C}$ izotop değeri ‰2 ile 4 aralığında olduğunda, dolomitin denizel CaCO_3 'ün yerini aldığını en iyi şekilde gösterdiğini veya dolomitleşme çözeltisinin (modifiye olmuş deniz suyu) CaCO_3 tanelerinin çöklediği deniz suyu ile benzer $\delta^{13}\text{C}$ değerine sahip olduğunu belirtmiştir (Tucker ve Wright, 1992). Deniz kökenli tipik karbon kaynağı; $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin 0 ile +4 olduğunda tespit edilmiştir (Irvin vd.,1974). Bunlara göre, ZD'nin $\delta^{13}\text{C}$ ve çökeltme çözeltisinin $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine göre, dolomitleşme çözeltisinin deniz suyundan türediğini söyleyebiliriz.

7. Tartışma

Çalışma alanı Torid Bloğu'nun Bolkar'da yer almaktadır. Miyosen'de bu bölge normal faylar boyunca dereceli olarak yükselmiştir (ITSZ, dalma - batma süreçlerinin bir sonucu olarak) ve güneye doğru eğimli asimetric mega - fay bloğu ile engembeli bir Alpin topografyası oluşmuştur (Dilek ve Whitney, 1997, 2000; Dilek vd., 1999b; Kadioğlu ve Dilek, 2010). Bu fay sistemi ve yükselme, karstik süreçlerin gelişmesine neden olmuştur. Çalışma alanındaki normal fay, D - B eğimli ve 36 - 45° G dalımlıdır. Hafif asitli meteorik sular, karbonat yan kayaçlara sızar ve karbonat yan kayaçlarla reaksiyona girerek, çözünen yan kayaç (kireçtaşları) ile Bolkar

Dağları'nın Üst Triyas yaşlı karbonat kayaçlarında büyük bir karst sistemi oluşturur (Kahya vd., 2019). Orta - yüksek, dikey ve yanal geçirgenlikler ile karakterize edilen, tektonik olarak yükselmiş ve deforme olmuş alanlar, derine nüfuz eden seyreltik sıvılar ile formasyon suyu veya havzasal tuzlu suların karışım alanı olabilir (Garven, 1985; Bethke ve Marshak, 1990). Sonuç olarak çalışılan ZD oluşumu fay kontrollü olabilir. Karbonat - yan kayaçlı Maden Köyü yatağı, çalışılan ZD ile aynı yan kayaçta yer almaktadır, fakat oluşum süreçleri farklıdır. Karbonat - yan kayaçlı Maden Köyü yatağı, tektonik yükselme, karst gelişimi gibi karmaşık süreçlerin etkisi sonucunda birincil sülfid minerallerinin, süpergen oksidasyonu ile meydana gelmektedir (Kahya vd., 2019), fakat ZD geç diyagenetik süreçler ile oluşmuş olabilir. Ancak ortak noktası, her iki formasyonun da tektonik yükselmeden sonra oluşmasıdır.

ZD'nin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ verilerine dayanarak, oksijen kaynağının denizel kireçtaşı, kırıntılı çökeller, metamorfik kayaçlardan (Criss, 1999); CO_2 kaynağının ise denizel kireçtaşı, tatlı su karbonatları, metamorfik CO_2 'den türediğini belirledik (Clark ve Fritz, 1997). ZD, alta yer alan ve / veya bitişik kayaçların formasyon suyundan oluşmaktadır. ZD'nin $\delta^{13}\text{C}$ bileşimi ‰+2,5 ile +2,7 arasında değişmektedir ve denizel kökenli karbonat kayaçlarının $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinden biraz daha pozitif değere sahiptir (‰ 0 ila 2 V - PDB; Keith ve Weber, 1964). Bu daha pozitif $\delta^{13}\text{C}$ değerini, Friedman (1987) yan kayacın, deniz tuzluluklarına veya denizel $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine yakın sulara maruz kaldığı yeraltı diyagenetik sistemi ile açıklamaktadır. Çünkü yan kayaç, sıvıdaki CO_2 / CH_4 değişim reaksiyonlarıyla elde edilen daha ağır karbon ile değişim reaksiyonlarında yer alır (Mattes ve Mountjoy, 1980). Dolomitize sıvılar, kademeli

olarak gömülme sırasında su - kayaç etkileşimi nedeniyle hafifçe değişime uğradığından, deniz suyundan biraz daha büyük değerler gösterirler (Wang vd., 2015). ZD'nin $\delta^{18}\text{O}$ bileşimi ‰-11,38 ile -14,87 V - PDB arasında değişir ve oldukça negatiftir. Çok negatif $\delta^{18}\text{O}$ değerleri Friedman (1987) tarafından geç diyajenetik dolomit oluşumları olarak açıklanmıştır. ZD'nin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine karşı $\delta^{18}\text{O}$ değerleri pozitif bir korelasyon göstermektedir (Şekil 6) ve Tucker ve Wright (1992), karışım zonu dolomitleşmesinin $\delta^{13}\text{C}$ ile $\delta^{18}\text{O}$ grafiğinin pozitif korelasyona sahip olduğunu açıklamıştır, nedeni ise farklı izotopik bileşimindeki iki suyun karışımı olduğunu belirtmiştir. ZD'nin dolomitleşme çözeltisi için hesaplanan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri, bir deniz suyu kaynağı etkisi olduğunu göstermektedir (Irvin vd., 1977; Tucker ve Wright, 1992).

Çalışılan ZD'nin çökeltici sıvılarının $\delta^{18}\text{O}$ bileşimi ‰1,1 ve 1,6 V - SMOW arasındadır (bu denklem $1000\ln\alpha_{\text{D-H}_2\text{O}}=3,06\times 10^6\text{T}^{-2}-3,24$, Matthews ve Katz, 1977 ile hesaplanmıştır) ve bu sonuca dayanarak, dolomitleşme sıvılarının deniz suyundan türediğini belirledik (Irvin vd., 1977; Tucker ve Wright, 1992). Dolomitin oksijen izotopik bileşimi, genellikle dolomitize sıvılarının çökeltme sıcaklığını ve izotopik bileşimini yansıtır (Tucker ve Wright, 1992). Değiştirilmiş CaCO_3 minerallerinin izotopik bileşiminden, bir sonraki aşamada etkilenebilir, ancak gözenek sıvıları zengin oksijene sahip olduğundan, genellikle önceki mineraller, sadece düşük su / kayaç oranında veya kapalı diyajenetik sistemlerden etkilendirler. Dolomitleşme ve yeniden kristalleşme, birçok koşul altında, var olan suyun yerini aldığından, dolomit çökelinin $\delta^{18}\text{O}$ değeri gözenek - sıvısı bileşimi ve sıcaklığı ile belirlenir. Buna karşın, dolomitin $\delta^{13}\text{C}$ değeri genellikle var olan suyun değerinden ciddi şekilde etkilenir. Gözenek - sıvıları genellikle var olan düşük karbon içeriğine sahiptir, böylece dolomitleşen CaCO_3 'ün $\delta^{13}\text{C}$ değeri genellikle dolomit tarafından korunur (Tucker ve Wright, 1992). İzotop verilerine dayanarak, ZD'nin dolomitleşme çözeltisinde meteor etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışılan ZD oluşumunun karstikleşme süreçleriyle ilişkili olmadığını söyleyebiliriz. Dolomitleşme çözeltisinde olası kaynaklar, çevredeki Triyas ve Kretase yaşlı formasyonların gözeneklerinde sıkışmış sularla ilişkili olabilir. Çalışılan ZD lokal olarak meydana gelmektedir, küçük bir alanda yüzeylenir ve hidrotermal kökene ait bir veri bulunmamaktadır. Diehl vd. (2010); hidrotermal Zebra

dolomitlerdeki SEM verilerine dayanarak, Sedex, MVT Pb - Zn yatakları ve plüton - ilişkili polymetalik yer değiştiren yataklarda, Pb ve Zn - ce zengin genişleme zonlarında veya kenarlarında var olduğunu açıklamıştır. Örneğin, Sheba MVT'nin Blackwater ve Queen (Ölüm Vadisi) ve the mineral Hill polimetalik damar ve yer değiştiren yatakları (Nevada) dır. Çalışılan ZD'de (SEM + EDX çalışmalarına göre) bu mineral bileşenleri gözlenmemiştir, bu nedenle ZD oluşumunun Maden Köyü cevher yatağı ile ilişkili olmadığı belirlenmiştir.

Hidrotermal dolomitleşme, yan kayaç ortamından yüksek sıcaklığa sahip çözeltilerin sirkülasyonundan kaynaklanır, ancak geç diyajenetik Saddle dolomit / Zebra dolomit, 60 °C ile 160 °C arasındaki sıcaklıklarda oluşur (Davies ve Smith, 2006). Çalışılan ZD, Çizelge 2'de geç diyajenetik Zebra dolomitler, hidrotermal ve MVT ile ilişkili Zebra dolomit oluşumları ile karşılaştırılmıştır. ZD'nin homojenleşme sıcaklığı 80 °C ile 180 °C arasındadır ve geç diyajenetik dolomitleşme ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. ZD, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ açısından dünyadaki farklı oluşumlu Zebra dolomitler ile karşılaştırıldığında, karbon izotop değerinin biraz farklı olduğu, yani geç diyajenetik oluşumlardan biraz pozitif, yüksek değer içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 7). Karbon izotop değeri açısından İran'daki Zebra dolomitine benzer ($\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰ + 0,54 ile + 3,51 ‰ V - PDB arasında değişir, Konari ve Rastad, 2018). Konari ve Rastad (2018), bu karbon izotoplarının esas olarak önceki karbonatlardan etkilendiğini açıklamıştır. ZD'nin oluşumu için gerekli olan Mg^{+2} 'nin kaynağı ise, Koçakkale formasyonu üzerine gelen geç Kretase yaşlı şist birimlerinden (Kaledere formasyonu), veya tektonik olarak bütün birimleri üzerleyen ofiyolitlerden kaynaklanmış olabilir. Tüm bu belirlenen özelliklere göre ZD'nin, geç diyajenetik dolomitleşme için genel olarak kabul edilmiş kriterlere (Morrow vd., 1990 ve Machel, 2004) uygun olduğu belirlenmiştir.

8. Sonuçlar

Bolkar Dağları'nın Jura - Kretase yaşlı kristalleşmiş kireçtaşında, zebra benzeri yapıları gösteren, geç diyajenetik dolomitlere özgü doku ve petrografik özellikleri içeren lokal olarak oluşmuş dolomit oluşumu yer almaktadır. ZD'nin homojenleşme sıcaklığı (80 ila 180 °C arasında değişir), İtalya, Kanada, İran'daki geç diyajenetik dolomitleşme ile oluşan zebra dolomit oluşumları ile benzerlik göstermektedir (Çizelge

Çizelge 2- Dünyadaki zebra dolomitlerim izotopik bileşimi ve sıvı kapanım (Th °C) sonuçları.

Adı	$\delta^{13}\text{C}$ (V - PDB) ‰	$\delta^{18}\text{O}$ (V - PDB) ‰	Th °C	Açıklamalar	Referanslar
Zebra dolomit (Souther Apennines (Italya))	3 ile -1 arasında	-4 ile -12 arasında	80 - 120 °C 2 - 6 wt % NaCl eq.	Geç Diyajenetik	Iannace vd., 2012
Zebra dolomite in Upper Knox Carbonates (in Southern Appalachian Basin)	-3.8 ile +0.9 arasında	-11.9 ile -5.3 arasında	80 - 165 °C 13 - 22 wt % NaCl eq.	Geç Diyajenetik	Montanez, 1994
Zebra dolomite (British Columbia, Kanada)	-1.35 civarında	-18.0	80 - 200 °C	Geç Diyajenetik	Swennen vd., 2003
Kicking Horse Rim zebra dolomites (Kanada)	-2.2 ile -0.1 arasında	-20 ile -14 arasında	Th is 130 - 200 °C, with 20 - 30 wt. % CaCl ₂ ,	MVT Pb - Zn yatakları ile ilişkili	Vandeginste vd., 2005)
the Dinantian (Belçika) zebra dolomite	0,1 ile 1.1 arasında	-10 ile -11 arasında	114 to 130 °C 23.8 and 21.2 eq. wt % CaCl ₂	MVT tipi yataklar ile ilişkili	Nielsen vd., 1998
Manetoe and Presque dolomite (Ram River zebra dolomite)	-1.3 ile -1.1 arasında	-11.7 ile -13.4	153 to 205 °C 11.7 25.8 NaCl eq. wt. %	Hidrotermal	Morrow, 2014
Hınzır Dağı (Kayseri) zebra dolomiti, Türkiye	2,4 ile 2.7 arasında	29.4 ile 29.5 arasında	-	yüzey ve / veya okyanus suyu, hidrotermal çözeltilerle ilişkili	Aydal vd., 2008
Zebra dolomite in Great Basin, Nevada	-	-	50 - 150 °C	Hidrotermal	Diehl vd., 2010
Zebra dolomitleşmesi (Iran Kuh Mining District) Iran	ortalama 2.39	ortalama - 12.27	170-260 °C	Erken Diyajenez ve hidrotermal	Konari ve Rastad, 2018

2). $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ ve ZD'nin hesaplanan (çökeltici sıvılarının) $\delta^{18}\text{O}$ bileşimi, sıvı kapanımlarla birlikte değerlendirildiğinde dolomitleşme çözeltileri deniz suyundan sağlanmaktadır ve dolomitleşme; çevre formasyonlardan kaynaklanan formasyon suyunun sıkıştırılarak atılması ile tamamlanmaktadır. Özetlemek gerekirse, çalışma alanındaki ZD oluşumu, Torid bloğunun Miyosen'de yükselmesiyle oluşan fay ile ilişkili, geç diyajenetik süreçler ile oluşmuştur. Dolomitleşme, ikincil mineralizasyondan önce ve formasyon sularından türeyen çözeltilerle ilişkili olabilir.

Katkı Belirtme

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 112Y144 No'lu kariyer projesinin bir kısmını içeren bu çalışmada proje çalışanlarına ve TÜBİTAK'a, ayrıca sıvı kapanım çalışmaları için Dr. Ebru Kavukcu, SEM + EDX çalışmaları için Ufuk Kibar, yararlı katkıları ile makalemin gelişmesine katkı sağlayan Prof. Dr. Halim Mutlu'ya, olumlu eleştirileri ile makalemin gelişmesine katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederiz.

Değinen Belgeler

- Alan, I., Sahin, Ş., Keskin, H., Altun, I., Bakırhan, B., Balcı, V., Böke, N., Saçlı, L., Pehlivan, Ş., Kop, A., Haniçili, N., Çelik, Ö. F. 2007. The geodynamic evolution of the intermediate Taurus Zone: Ereğli (Konya) - Ulukışla (Niğde) - Karsantı (Adana) - Namrun (İçel) surroundings. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11006, Ankara (yayımlanmamış).
- Arne, D., Kissin, S. 1989, The significance of diagenetic crystallization rhythmites at the Nanisivik Pb-Zn-Ag deposit, Baffin Island, Canada. Mineralium Deposita 24, 230-232.
- Atabey, E., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N. 1990. 1 / 100000 scale Turkish Geological Map, 33, J19.
- Aydal, D., Polat, O., Uslu, A., Uslu, İ. 2008. Locating of the ore bearing Zebra dolomites by using landsat 7 etm + and quickbird satellite data in Hınzır Mountain, Kayseri, Turkey. Third International Conference on the Geology of the Tethys, January 2008, Aswan, 217-226.
- Beales, F. W., Hardy, J. W. 1980. Criteria for the recognition of diverse dolomite types with emphasis on the study of host rocks for Mississippi Valley - type

- ore deposits. Society of Sedimentary Geology Special Publication 28, 197-214.
- Bethke C.M., Marshak, S. 1990. Brine migration across North America - the plate tectonics of groundwater. *Annual Review Earth and Planetary Sciences* 18, 287-315.
- Blumenthal, M. 1956. Geology of northern edge and west extension of Bolkar Mountains regions. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publication Special Publication Series 7, 1-53.
- Bray, T. D. 1983. Stratabound zinc - lead deposits in the Monte Cristo Limestone, Goodsprings, Nevada. Master Thesis, Dartmouth College, 235, Hanover.
- Bouabdellah, M., Sangster, D. F., Leach, D. L., Brown, A.C., Johnson, C., Emsbo, P. 2012. Genesis of the touissit - bou beker Mississippi valley - type district (Morocco - Algeris) and its relationship to the Africa - Europe Collision. *Economic Geology* 107, 117-146.
- Clark, I. D., Fritz, P. 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers, Boca Raton, New York, 328.
- Clark, M., Robertson, A. H. F. 2002. The role of the Early Tertiary Ulukisla Basin, Southern Turkey, in suturing of the Mesozoic Tethys ocean. *Journal of the Geological Society of London* 159, 637-690.
- Criss, R. E. 1999. *Principles of Stable Isotope Distribution*. Oxford University Press, New York, 264.
- Davies, G. R., Smith Jr, L. B. 2006. Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: an overview. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 90, 1641-1690.
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z., Selim, M. 1984. Geology of the Bolkar Mountains, in Tekeli, O., and Gönçüoğlu, M. C., eds., *Geology of the Taurus Belt*. Proceedings of the International Symposium, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA), Ankara, Turkey, 125-141.
- Dilek, Y., Whitney, D. L. 1997. Counterclockwise PT trajectory from the metamorphic sole of a Neo-Tethyan ophiolite (Turkey). *Tectonophysics* 280, 295-301. doi: 10.1076/50040-1951(97)00038-3
- Dilek, Y., Whitney, D. L. 2000. Cenozoic crustal evolution in central Anatolia: extension, magmatism and landscape development. Proceedings of the 3rd International Conference on the Geology of the Eastern Mediterranean, September 1998, Nicosia, Cyprus, 183-192.
- Dilek, Y., Whitney, D. L., Tekeli, O. 1999b. Links between tectonic processes and landscape morphology in an Alpine Collision Zone, south - Central Turkey. *Annals of Geomorphology* 118, 147-164.
- Diehl, S. F., Hofstra, A. H., Koenig, A. E., Emsbo, P., Christiansen, W., Johnson, C. 2010. Hydrothermal Zebra Dolomite in the Great Basin, Nevada - attributes and relation to Paleozoic stratigraphy, Tectonics, and ore deposits. *Geosphere* 6(5), 663-690.
- Fontboté, L. 1981. Strata-bound Zn - Pb - F - Ba - deposits in carbonate rocks: new aspects of paleogeographic location, facies factors and diagenetic evolution: (with a comparison of occurrences from the Triassic of southern Spain, the Triassic / Liassic of central Perú and other localities). PhD thesis, University of Heidelberg, 192.
- Fontbote, L. 1993. Self - organization fabrics in carbonate-hosted ore deposits: the example of diagenetic crystallization rhythmites (DCRs), In Hach - Ali, P. F., Torres - Ruiz, J., and Gervilla, F., eds., *Current research in geology applied to ore deposits*. Proceedings of the Second Biennial Society for Geology Applied to Mineral Deposits Meeting, Granada, Spain, 11-14.
- Fontbote, L., Amstutz, G. C. 1983. Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe. (Ed H.G. Schneider), Springer, Heidelberg, 347-358.
- Friedman, G. M. 1987. Deep - Burial Diagenesis: its implications for vertical movements of the crust, uplift of the lithosphere and isostatic unroofing - a review. *Sedimentary Geology* 50, 67-94.
- Garfunkel, Z. 1998. Constraints on the origin and history of the Eastern Mediterranean Basin. *Tectonophysics* 298, 5-35.
- Garven, G. 1985. The role of regional fluid flow in the genesis of the Pine Point deposit, Western Canada sedimentary basin. *Economic Geology* 80, 307-324.
- Gomez Rivas, E., Corbella, M., Martin - Martin, J. D., Stafford, S. L., Teixel, A., Bons, P. D., Griera, A., Cardellach, E. 2014. Reactivity of dolomitizing fluids and Mg source evaluation of fault controlled dolomitization at the Benicassim outcrop analogue (Maestrat basin, E Spain). *Marine and Petroleum Geology* 55, 26-42.
- Görür, N., Tüysüz, O., Şengör, A. M. C. 1998. Tectonic evolution of the Central Anatolian Basins. *International Geology Review* 40, 831-850.
- Hiemstra, E. J., Goldstein, R. H. 2015. Repeated injection of hydrothermal fluids into down dip carbonates: a diagenetic and stratigraphic mechanism for

- localization of reservoir porosity, Indian Basin Field, New Mexico, USA. Geological Society, London, Special Publications 406, 141-177.
- Iannace, A., Gasparrini, M., Gabellone, T., Mazzoli, S. 2012. Late dolomitization in basinal limestones of the southern Apennines Fold and Thrust Belt (Italy). *Oil and Gas Science and Technology* 67 (1), 59-75.
- Johnson, A. W., Shelton, K. L., Gregg, J. M., Somerville, I. D., Wright, W. R., Magy, Z. R. 2009. Regional studies of dolomites and their included fluids: Recognizing multiple chemically distinct fluids during the complex diagenetic history of Lower Carboniferous (Mississippian) rocks of the Irish Zn - Pb ore field. *Mineralogy and Petrology* 96, 1-18.
- Kadıoğlu, Y., Dilek, Y. 2010. Structure and geochemistry of the adakitik Horoz granitoid, Bolkar Mountains, south - central Turkey, and its tectonomagmatic evolution. *International Geology Review* 52, 505-535.
- Kahya, A., Kuşcu, E., Cengiz, O., Yıldız, M. 2019. S and Pb Isotope Geochemistry of the carbonate - hosted Au - Ag - Zn ± Pb deposits in the Maden village (Ulukışla - Niğde), Central Taurides, South Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen (Journal of Mineralogy and Geochemistry)* 196, 67-88.
- Keith, M. L., Weber, J. N. 1964. Isotopic composition and environmental classification of selected limestones and fossils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28, 1787-1816.
- Koptagel, O., Ulusoy, U., Fallick, A. E. 2007. Sulfur and lead isotope investigations of the carbonate - hosted Pb - Zn deposits in the Yahyalı Region, Kayseri, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 16(1), 57-76.
- Konari, M. B., Rastad, E. 2018. Nature and origin of dolomitization associated with sulphide mineralization: new insights from the Tappehsorkh Zn - Pb (- Ag - Ba) deposit, Irankuh Mining District. *Iranian Geological Journal* 53, 1-21.
- Leach, D. L., MacQuar, J. C., Lagneau, V., Leventhal, J., Emsbo, P., Preemo, W. 2006. Precipitation of lead - zinc ores in the Mississippi Valley type deposit at Treves, Cevennes region of southern France. *Geofluids* 6, 24-44.
- Levin, P., Amstutz, G. C. 1976. Kristallisation und bewegung in erzrhythmiten am beispiel Triassic - Jurassischer lagerstätten in Ostperu. *Munstersche Forschungen Zur Geologie und Palaontologie* 38(39), 111-128.
- Machel, H. G. 2004. Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal. In: the geometry and petrogenesis of dolomite hydrocarbon reservoirs, Braithwaith, C. J., Rizzi, G., Darke, G. (eds). Geological Society, Special Publications 235, 7-63.
- Matthews, A., Katz, A. 1977. Oxygen isotope fractionation during the dolomitization of calcium carbonate. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 41, 1431-1438.
- Mattes, B. W., Mountjoy, E. W. 1980. Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette buildup, Jasper National Park, Alberta. In: D.H. Zenger, J.B. Dunham and R.L. Ethington. (Editors), *Society of Sedimentary Geology*, 28.
- Morrow, D. 1998. Regional subsurface dolomitization: models and constraints. *Geoscience Canada* 25 (2), 57-70.
- Morrow, D. W. 1990. Dolomite - part: the chemistry of dolomitization and dolomite precipitation. In diagenesis, Mcllreath, I.A., Morrow, D.W. (eds), St. John's (NL), Geoscience Canada, Reprint Series 4, 113-124.
- Morrow, D. W. 2014. Zebra and boxwork fabrics in hydrothermal dolomites of northern Canada: indicators for dilational fracturing, dissolution or in situ replacement. *Sedimentology* 61, 915-951.
- Montanez, I. P. 1994. Late diagenetic dolomitization of Lower Ordovician, upper Knox carbonates: a record of the hydrodynamic evolution of the southern appalachian basin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 78 (8), 1210-1239.
- Nielsen, P., Swennen, R., Muchez, Ph., Keppens, E. 1998. Origin of dinantian Zebra dolomites south of the Brabant - Wales Massif, Belgium. *Sedimentology* 45, 727-743.
- Oktay, F. Y. 1982. Stratigraphy and geological history of the Ulukışla and its surroundings. *Bulletin of the Turkish Geological Society* 25, 13-23.
- Özgül, N. 1976. Some geological aspect of the Taurus orogenic belt (Turkey). *Bulletin of the Geological Society of Turkey* 19, 65-78.
- Özgül, N. 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides, in Tekeli, Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 77-90.
- Şişman, N., Şenocak, H. 1981. Geology and ore deposits around Bolkar Mountains. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publications, Report No: 1790, Ankara.

- Sass-Gustkiewicz, M., Dżułyński, S., Ridge, J. D. 1982. The emplacement of zinc - lead sulfide ores in the Upper Silesian District: a contribution to the understanding of Mississippi valley - type deposits. *Economic Geology* 77, 392-412.
- Swennen, R., Ferket, H., Benchilla, L., Roure, F., Ellam, R. 2003. Fluid flow and diagenesis in carbonate dominated Foreland Fold and Thrust Belts: petrographic inferences from field studies of Late - Diagenetic fabrics from Albania, Belgium, Canada, Mexico and Pakistan. *Journal of Geochemical Exploration* 78-79, 481- 485.
- Tompkins, L. A., Rayner, M. J., Groves, D. I., Roche, M. T. 1994. Evaporites; in situ sulfur source for rhythmically banded ore in the Cadjebut Mississippi valley - type Zn - Pb deposit, Western Australia. *Economic Geology* 89, 467-492.
- Tucker, M. E., Wright, V. P. 1992. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Oxford, 482.
- Wallace, M. W., Both, R. A., Ruano, S. M., Hach-Ali, P. F., Lees, T. 1994. Zebra textures from carbonate - hosted sulfide deposits: sheet cavity networks produced by fracture and solution enlargement. *Economic Geology* 89, 1183-1191.
- Wallace, M. W., Hood, A. V. S. 2018. Zebra textures: fracture networks produced by the force of crystallization during replacement reactions. *Sedimentary Geology* 368, 58-56.
- Wang, G., Li, P., Hao, F., Zou, H., Yu, X. 2015. Dolomitization process and its implications for porosity development in dolostones: a case study from the Lower Triassic Feixianguan Formation, Jiannan area, Eastern Sichuan Basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 131, 184-199.
- Wilkinson, J. J. 2003. On diagenesis, dolomitization and mineralization in the Irish Zn - Pb ore field. *Mineralium Deposita* 38, 968-983.
- Wilkinson, J. J. 2014. Sediment - hosted zinc - lead mineralization: processes and perspectives. In: *Treatise on Geochemistry (2nd Edition)*, 219-249.
- Wilkinson, J. J., Eyre, S. L., Boyce, A. J. 2005. Ore - forming processes in Irish - type carbonate - hosted Zn - Pb deposits: evidence from mineralogy, chemistry, and isotopic composition of sulphides at the Lisheen mine. *Economic Geology* 100, 63-89.
- Vandeginste, V., Swennen, R., Gleeson, S. A., Ellam, R. M., Osadetz, K., Roure, F. 2005. Zebra Dolomitization as a result of focused fluid flow in the Rocky Mountains fold and thrust belt, Canada. *Sedimentology* 52, 1067-1095.
- Zeeh, S. 1995. Complex replacement of saddle dolomite by fluorite within Zebra Dolomites. *Mineral Deposita* 30, 469-475.
- Zentmyer, R. A., Pufahl, P. K., James, N. P., Hiatt, E. E. 2011. Dolomitization on an evaporitic Paleoproterozoic ramp: widespread synsedimentary dolomite in the Denault Formation, Labrador Trough, Canada. *Sedimentary Geology* 238, 116-131.

