

Attepe Bölgesindeki Siderit Oluşumlarının Mineralojik Özellikleri ve Jeotektonik Ortamı (Kayseri-Adana Havzası, Türkiye)

Geotectonic Setting and Mineralogical Properties of Siderite Occurrences in Attepe Region (Kayseri-Adana Basin, Turkey)

SERDAR KESKİN^{1*}, TANER ÜNLÜ²

¹MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, 61010, Trabzon

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100, Ankara

Geliş (received) : 01 Şubat (February) 2016

Kabul (accepted) : 04 Ağustos (August) 2016

ÖZ

Bu çalışma, Doğu Toroslar'ın batısında yer alan Attepe ve civarındaki demir yataklarından alınan siderit oluşumlarının mineralojik özelliklerini, $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotopik bileşimlerini ve oluşum ortamları hakkındaki öncel verileri kapsamaktadır. Kayseri-Adana Havzası'nda yer alan demir cevherleşmeleri genellikle (1) Prekambriyen yaşlı birim içinde sedimanter pirit ve siderit, (2) Alt Kambriyen yaşlı kuvarsit ile Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları arasında hidrotermal-dolgu tipi, (3) Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları içinde hidrotermal-metazomatik hematit, siderit, ankerit ve süperjen götit-limonit, (4) Ordovisiyen yaşlı kalkışit mercerleri ile şeyller içerisinde hidrotermal siderit ve hematit ve (5) Jura-Kretase yaşlı metakonglomeralar içerisinde breşik cevherler olarak görülmektedir. Birincil cevher, Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu içerisindeki bitümlü metapelitik kayalar ile uyumlu sin-sedimanter siderit (FeCO_3) cevherleşmeleridir. Günümüzde işletilen hidrotermal-metazomatik ve hidrotermal-dolgu tipi hematit, siderit, götit ve limonit cevher oluşumları geç evre ve süperjen demir yataklarını oluşturmaktadır. Cevherleşmenin kökenini ortaya koymak için Prekambriyen yaşlı sideritler ile hidrotermal sideritlerde karbon ve oksijen izotop çalışmaları ile SEM-EDS gibi mikroskobik çalışmalar yürütülmüştür. Birincil sideritlerdeki $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰-0.71 ile ‰-1.62 arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰-9.95 ile ‰-10.68 arasındadır. Buna karşın ikincil oluşumlu sideritlerdeki $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰-6.57 ile ‰-7.94 arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerleri de ‰-10.29 ile ‰-12.03 arasındadır. Siderit örneklerinden elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop sonuçlarına göre; birincil kökenli demir cevherleşmeleri, diyajenetik veya sin-sedimanter demir oluşumlarını, ikincil kökenli geç evre demir cevherleşmeleri ise demirce zengin hidrotermal-metazomatik kökeni ve Mn-Mg siderit cevherleşmelerini göstermektedir. Hidrotermal kökenli geç evre demir cevherleşmeleri, birincil cevherleşme sonrası KD-GB doğrultulu fay zonlarında dolaşan demirce zengin hidrotermal eriyiklerin, Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları ile etkileşimi neticesinde oluşmuştur. Birincil siderit cevherleşmelerinin bulunduğu Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu, KB Gondwana'nın İnfra-Kambriyen yaşlı kayaç birimlerini temsil etmekte ve Gondwana'nın en kuzeyinde riftle-ilişkili kayaç birimleriyle benzer özellik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Attepe, duraylı izotop, Emirgazi Formasyonu, Prekambriyen, siderit.

ABSTRACT

This study includes prior data that are $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic features, mineralogical features and depositional setting of siderite occurrences taken from iron deposits in Attepe and its surrounding area, located on the western part of Eastern Taurus. The iron mineralization in Kayseri-Adana Basin can be usually observed as sedimentary pyrite and siderite in Precambrian aged outcrops (1), hydrothermal-fill type between Lower Cambrian aged quartzite and Middle-Late Cambrian aged limestones (2), hydrothermal-metasomatic hematite, siderite, ankerite and supergene goethite-limonite in Middle-Late Cambrian aged limestones (3), hydrothermal siderite and hematite in Ordovician aged shale and calcschist lens (4), breccia ores in Jura-Cretaceous aged metaconglomerates (5). Primary ore is the syn-sedimentary siderite (FeCO_3) mineralization conformable with bitumen-shale in Precambrian aged Emirgazi Formation. Hydrothermal-metasomatic and hydrothermal-fill type hematite, siderite, goethite and limonite ore mineralization are the late stage and supergene iron deposits which are being mined today. It has been carried out such as C and O isotope studies and SEM-EDS microscopic studies from Precambrian aged siderites and hydrothermal siderites

*S.Keskin

e-posta: serdar.keskin@mta.gov.tr

for reveal to origin of mineralizations. The $\delta^{13}\text{C}$ values of primary siderites range from -0.71‰ to -1.62‰ , and of the $\delta^{18}\text{O}$ values between -9.95‰ and -10.68‰ . On the other hand the $\delta^{13}\text{C}$ values of secondary siderites range from -6.57‰ to -7.94‰ , and of the $\delta^{18}\text{O}$ values between -10.29‰ and -12.03‰ . According to $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotope results obtained from siderite samples; the primary mineralizations are the diagenetic or syn-sedimentary iron formations and, late-stages of secondary iron mineralizations also show the iron-rich hydrothermal-metasomatic origin and Mn-Mg siderite mineralizations. Hydrothermal origin of late stage iron mineralizations are products of interaction between Middle-Late Cambrian limestones and iron-rich hydrothermal fluids circulating throughout the fault zones after primary mineralization at deep. Precambrian aged Emirgazi Formation including primary siderite mineralizations, represents Infra-Cambrian aged rock units of NW Gondwana and shows similar characteristics to the rift-related rock units in the northernmost of Gondwana.

Keywords: Attepe, stable isotope, Emirgazi Formation, Precambrian, siderite.

GİRİŞ

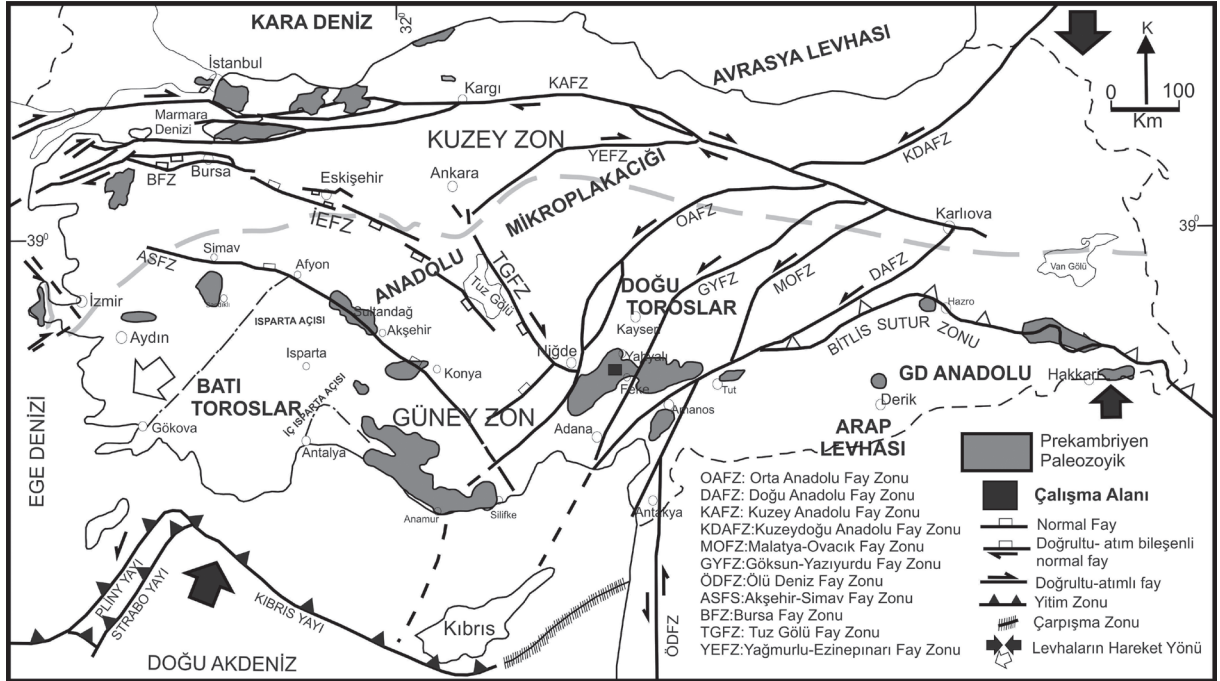
Doğu Akdeniz bölgesinde bulunan Türkiye, jeolojik geçmişi boyunca kuzeyde Lavrasya ve güneyde Gondwana'yı içeren büyük kıtasal levhalar arasında yer almıştır. Bu nedenle Türkiye pek çok Alpin ve Alpin öncesi tektonik birlik içerir. Miyosen'de Afrika ve Anadolu plakalarının çarpışmasıyla ilişkili deformasyon yapıları ve çarpışma sonrası kıta içi tektonik-kaçma ile Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Anadolu mikrolehvası oluşmuştur (Dewey vd., 1986; Burke ve Şengör, 1986; Koçyiğit ve Bayhan, 1998). Anadolu plakasının doğu kısmında kalan inceleme alanında (Şekil 1) bir dizi aktif, kıta içi, sağ ve sol yönlü doğrultu altımlı faylar (Tuz Gölü Fayı, Göksu-Yazıyurdu Fay Zonu, Malatya-Ovacık Fay Zonu, Orta Anadolu Fay Zonu) ve bunlarla ilişkili çek ayır havzalar baskındır (Koçyiğit ve Bayhan, 1998; Bozkurt, 2001; Koç ve Kaymakçı, 2013). İnceleme alanının, Türkiye'deki Alpin tektonik birliklerden biri olan Toridler'in (Özgül, 1984) Doğu Toroslar bölümünde, Orta Anadolu Fay Zonu (Ecemiş Koridoru) ile Göksu-Yazıyurdu Fay Zonu arasında yer alıyor olması (Koçyiğit ve Deveci, 2007), bölgede yer alan demir yataklarının tektonizmadan da etkilendiğini göstermektedir.

Bu çalışmaya konu olan ve Doğu Toroslar'ın batısında Kayseri-Adana bölgesinde yer alan Attepe ve civarındaki demir yatakları ile ilgili çeşitli araştırmalar (Küpeli, 1986; Ünlü ve Stendall, 1986; Dağlıoğlu ve Bahçeci, 1999; Dağlıoğlu ve Arda, 2000; Küpeli, 1991; Dayan, 2007; Küpeli vd., 2007; Arda vd., 2008; Tiringa vd., 2009; Küpeli, 2010) yapılmış olmasına rağmen, demir yataklarının geniş ölçekte oluşum ortamı konusunda ve tektonizma ile olan ilişkisi hakkında detaylı çalışmalar henüz yapılmamıştır. Çalışma alanının temelinde Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu'na ait volkanik istiflerin bulunması ve bu kayalarla ilişkili sin-sedimanter (birincil) siderit cevherleşmelerinin

varlığı, Toros Kuşağı'nın Pan-Afrikan Orojenezi ile olan ilişkisini anlatmakta önem taşımaktadır.

Jeolojik evrim olarak bakıldığında Gondwana'nın bütünlüşmesiyle ilgili olayları kapsayan Pan-Afrikan Orojenezi'nin 950-450 M.y. arasındaki bir süreci içerdiği kabul görmektedir (Kröner ve Stern, 2005). Geç Proterozoyik dönemdeki kıta dağılımları, Doğu ve Batı Gondwana'nın Mozambik Okyanusu adı verilen bir okyanusla birbirinden ayrıldığını göstermektedir. Gondwana'nın En Geç Proterozoyik'teki final bir araya gelme evresinde, Toroslar'ın Mozambik Kuşağı'nın en kuzey kesiminde, Afrika-Arap Yarımadası'nın kuzeydoğusunda yer aldığı düşünülmektedir (Stern, 1994; Wilson vd., 1997; Gürsu vd., 2015; Gürsu, 2016). Günümüzde Alpin orojenik kuşağının içinde yer alan ve Gondwana/Peri-Gondwana kabuk parçaları olarak tanımlanan bu birimlerin Geç Proterozoyik temelleri gibi Erken Paleozoyik örtüleri de büyük çapta benzerlik göstermektedir (Önal, 1986; Dean ve Monod, 1997; Demirel ve Kozlu, 1997; Cocks, 2000). Bu benzerliklere dayanılarak, paleotektonik modellerde çalışma alanının da içinde bulunduğu Toroslar, Peri-Gondwana olarak tanımlanan Gondwana kıtasının, kuzey kenarına yerleştirilmiştir (Göncüoğlu, 1997; Gürsu ve Göncüoğlu, 2005; Ghienne vd., 2010; Göncüoğlu ve Kozlu, 2000). Bu çalışma bağlamında, öncelikle çalışmalar da dikkate alınarak bölgede Prekambriyen yaşlı volkanik ve sedimanter kayaların, çalışma alanındaki birincil siderit cevherleşmeleri ile olan arazi bulgularının ortaya konulması istenmektedir.

Ayrıca Prekambriyen yaşlı birimler içindeki birincil siderit yataklarından türemiş olan ve günümüzde işletilmekte olan ikincil demir yataklarının (özellikle hematit ve siderit), geç evre hidrotermal cevher damarlarının ve süperjen ve karst koşullarında zenginleşmiş olan götit ve limonit cevherleşmelerinin faylanmalarla olan ilişkisi de bu makalede ele alınmıştır.



Şekil 1. Türkiye ve civarındaki ana fay zonları, Prekambriyen-Paleozoyik birimler ve çalışma alanının bu birimler içindeki yeri (Prekambriyen-Paleozoyik birimler ve faylar Dean ve Monod, 1997; Göncüoğlu ve Kozlu, 2000; Koçyiğit ve Deveci, 2007'den derlenmiştir).

Figure 1. The main fault zones of Turkey and its surroundings, Precambrian-Paleozoic outcrops, and study area in these units (Precambrian-Paleozoic outcrops and faults compiled from Dean and Monod, 1997; Göncüoğlu and Kozlu, 2000; Koçyiğit and Deveci, 2007).

YÖNTEM

Çalışma, Attepe demir yatağı ve çevresindeki; Karaçat, Kartalkaya, Menteş, Karakızoluğu ve Uyuzpınarı demir (hematit, siderit, götit, limonit) yatak ve zuhurlarının haritalanması, kıvrımlanma ve tektonizma ile olan ilişkisi ile maden jeolojisini içermektedir. Özellikle Attepe, Karaçat ve Kartalkaya demir yataklarının oluşumuyla ilişkili düşünülen faylar, cevher yataklarının oluşumunda yapı kontrolüne örnek gösterilebilecek özellikte yapılar olarak değerlendirilmiştir. FaultKinWin 6.0 (Allmendinger, 2013) programına girilen değerlerle bu fayları etkileyen asal gerilim eksenlerinin konumları ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca Prekambriyen içindeki metapelitik kayalarla uyumlu birincil siderit ($FeCO_3$) cevherleşmeleri ile geç evre ikincil siderit cevherleşmelerinden alınan örneklerde Arizona Üniversitesi laboratuvarlarında duraylı izotop (karbon ve oksijen izotopları) çalışmaları yürütülmüştür. Cevher örneklerin Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve Ankara Üniversitesi laboratuvarlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) ve cevher mikroskopisi çalışmaları yapılarak cevher-

leşmenin kökeni hakkında yorumlamaya gidilmiş ve cevherin oluşumu sırasındaki jeotektonik ortam modelleri üzerinde durulmuştur.

BÖLGESEL JEOLJİ

Doğu Toroslar'ın batı kesiminde, Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ) Göksu-Yazıyurdu Fay Zonu (GYFZ) arasında yer alan çalışma alanı ve yakın çevresi (Şekil 1) farklı stratigrafik özellikleri, aralarında belirgin ayrımlar bulunan, birbirleriyle tektonik dokanaklı değişik tektono-stratigrafik birlikleri kapsar. Çalışma alanı günümüze değin bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş olup, çeşitli şekillerde alt birliklere ayrılmıştır (Brunn vd., 1971; Özgül, 1971, 1976, 1984; Tekeli, 1980; Tutkun, 1984; Metin vd., 1986; Bedi ve Usta, 2006; Ghienne vd., 2010). Birlikler yüzeylemelerinin yaygın olduğu yüksek dağlar ya da yerleşim yerlerinin adlarıyla; Geyik Dağı Birliği, Aladağ Birliği, Bolkar Dağı Birliği, Bozkır Birliği, Alanya Birliği ve Antalya Birliği olarak (Şekil 2A) adlandırılmıştır (Özgül, 1976). Çalışma alanını oluşturan ve bölgede geniş alanlar

kaplayan Geyikdağı Birliği, Prekambriyen-Tersiyer aralığının tüm çökel sistemlerini kontrol eden başlıca şelf tipi karbonat ve kırıntılı kayaları kapsar. Geyikdağı Birliği inceleme alanının batısında Bozkır birlikleri tarafından tektonik olarak üstlenmiştir (Özgül, 1976; Mackintosh ve Robertson, 2009). Özellikle Lütesiyan sonrası devinimlerle kendi içinde de önemli ölçüde dilimlenmiş ve kendi içlerinde, düşük açılı bindirmelerle önemli ölçüde ekaylanmışlardır (Özgül ve Kozlu, 2002; Şenel vd., 2004).

Yukarıdaki bilgilerin ışığında çalışma alanında gözlenen ana litostratigrafik birimler, Geyikdağı Birliğine ait Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu, Alt Kambriyen yaşlı Zabuk Formasyonu, Orta-Üst Kambriyen yaşlı Değirmentaş Formasyonu, Ordovisiyen yaşlı Armutlu Formasyonu, Jura-Kretase yaşlı Kızlarsenkisi Formasyonu, Bozkır Birliği'ne ait Üst Kretase yaşlı Ofiyolitik Melanj ve Miyosen yaşlı Yaylacık Formasyonu'ndan oluşmaktadır (Özgül vd., 1973) (Şekil 2B ve Şekil 3).

Geyikdağı Tektonik Birliği'ne ait olan bu formasyonlardan Prekambriyen yaşlı kayalar genellikle bitümlü metapelitik kayalar, fillat, şist, sleyt ve bunlarla uyumlu sin-sedimanter sideritler, pirit saçınımları, kıtasal ve sığ denizel klastik kayalar ile bazik volkanik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 4A, 4B)

Alt Kambriyen yaşlı Zabuk Formasyonu, Emirgazi Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen, genellikle masif, yer yer çok kalın tabakalı, demirli, orta-iri taneli kuvarsitlerden oluşmaktadır (Şekil 4A, 4C). Bu formasyonun taban kesimleri kumtaşı ve kuvarsivake türü litolojilerden oluşmaktadır (Şenel vd., 2004; Şenel ve Sönmez, 2006). Orta-Üst Kambriyen yaşlı Değirmentaş Formasyonu'na ait kireçtaşları, kimyasal sedimantasyon yoluyla oluşmuş cevher oluşumlarının yanı sıra (Tiringa vd., 2009; Eken, 2012) aynı zamanda sahada ekonomik olarak işletilen hidrotermal-metazomatik kökenli damar tipi demir oluşumlarını da barındırmaktadır (Şekil 4D). Ordovisiyen yaşlı Armutludere Formasyonu ise fillit-şist, metasilttaşı, meta kumtaşından oluşmakta ve tabanında nodüler kireçtaşı-kalkışit birimlerini (Şekil 4D) içermektedir.

İnceleme alanının kuzeybatısında yer alan Jura-Kretase yaşlı Kızlarsenkisi Formasyonu, kristalize kireçtaşı ve metakonglomera türü kayaları içermektedir (Şekil 4E). Bu bölgedeki detay jeolojik açıklamalar ve tektono-stratigrafik gelişim Tekeli (1980) ve Özgül ve Kozlu (2002) tarafından verilmiştir.

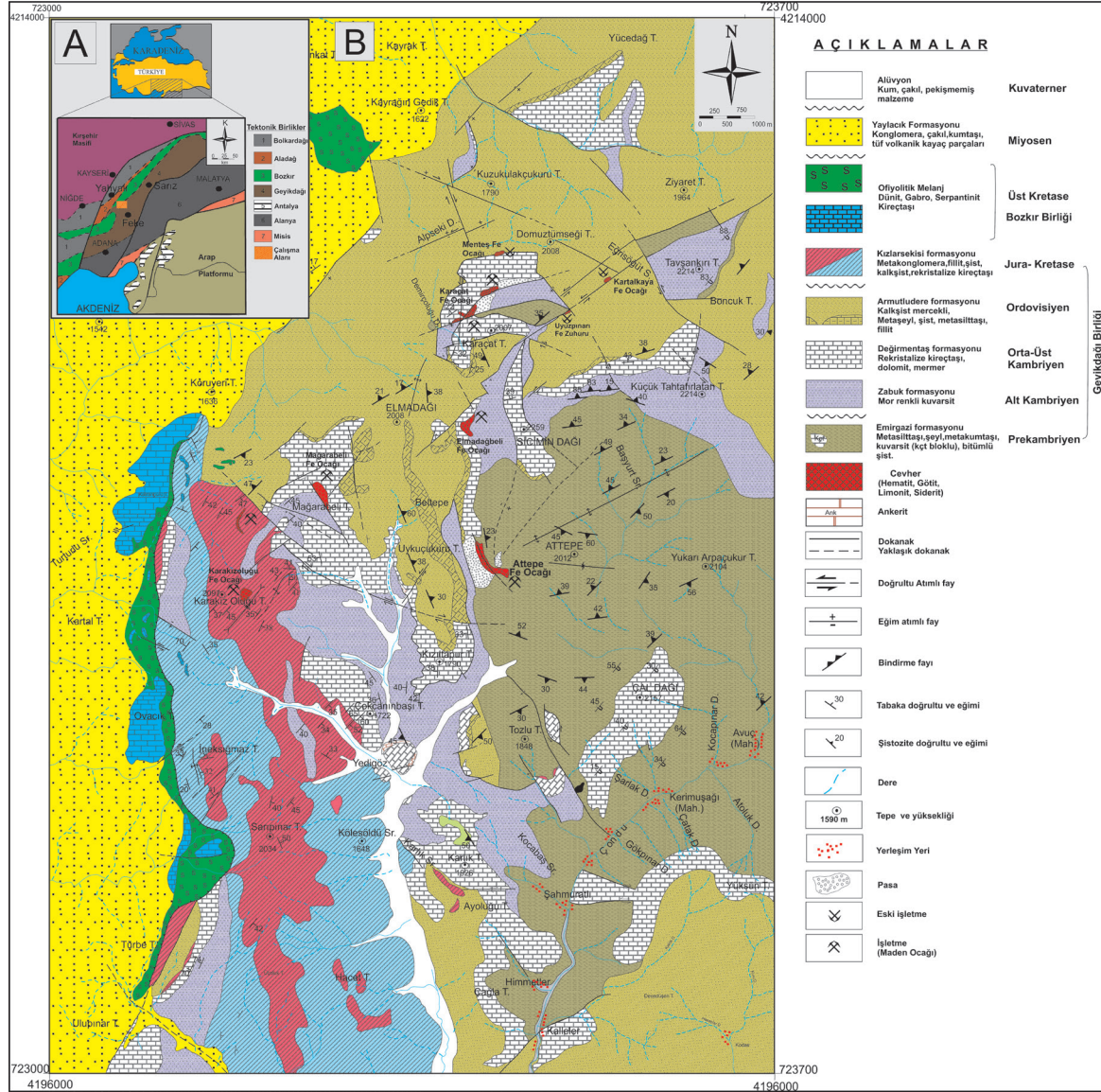
Çalışma alanında Bozkır Birliği'ne ait olan ofiyolitik kayalar dünit, gabro ve serpantinleşmiş peridotit

türü kayalardır (Şekil 4F). Üst Kretase zamanında Neotetis Okyanusu'nun kapanması ile bu kayalar temel metamorfik kayalar üzerine yerleşmiştir (Teke vd., 1984; Robertson vd., 2009). Çalışma alanında Miyosen yaşlı sığ denizel ve karasal konglomeralar, marnlar ve bazaltik-andezitik volkanik kayalar ile onların piroklastik ürünleri ile ara seviyeli olan sedimenter örtü tüm istifleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Yukarıda bahsedilen Geyikdağı Birliği içindeki formasyonların tümü Alpin ve öncesi orojenik olaylardan etkilenmiş olup çok düşük dereceli (yeşilşist fasiyesi) metamorfizma geçirmişlerdir (Özgül vd., 1973).

ATTEPE VE ÇEVRESİ DEMİR YATAKLARININ JEOLJİSİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Attepe ve civarındaki Karaçat, Elmadağbeli, Mağarabeli, Kartalkaya, Menteş ve Karakızoluğu demir yatakları (siderit, hematit, götit ve limonit) batıda Orta Anadolu Fay Zonu, doğuda ise Doğu Anadolu Fayı ile sınırlandırılan ve bu faylara paralellik gösteren doğrultu atımlı faylarla kesilmiştir. İnceleme alanının yakın çevresinde yapılan çalışmalarda bölgede Kretase'ye kadar duraylı bir havzaya özgü ortamdan bahsedilmektedir. (Demirel ve Kozlu, 1997; Yılmaz, 2004). Kretase'de Neotetis'in kuzey kolunun kuzeye dalması ile bölgede Kretase öncesi var olan gerilmeli tektonik rejim, yerini sıkışmalı tektonik rejime bırakmıştır. Üst Kretase'de okyanus kabuğu malzemeleri güney yönde sürüklenmiştir (Andrew ve Robertson, 2002). Böylece kıtasal kabukta nap hareketleri de başlamıştır. Doğu Toroslarda, Erken Eosen'de Geyikdağı Birliği üzerine gelen ofiyolit üzerlemesi gerçekleşmiş ve Lütesiyan sonunda bu üzerleme tamamlanmıştır (Şekil 2A). Geç Eosen'de ise, Toros Karbonat Platformu'nun kuzeyinde yer alan ve Toridler ile Anatolidler'i birbirinden ayıran İç Toros Okyanusu kuzeye dalımını tamamlamış ve kapanım gerçekleşmiştir. Bu kapanma ile birlikte bölgedeki naplar güney yönünde ekaylanmışlardır (Şengör vd., 1984; Mackintosh ve Robertson, 2009; Robertson vd., 2009; Akbayram vd., 2013). Geç Kretase sonrası gelişen bu nap hareketleri, birimler arasındaki faylı dokanakları oluşturmuş ve Miyosen'de genişlemeli tektonik rejimin ürünü olan doğrultu atımlı faylar bu nap ürünü bindirme faylarını kesmiştir. Bu sıkışmalı rejimin ürünleri olan kırılğan deformasyon ürünü bindirme fay zonları ile genişlemeli rejimin ürünleri olan normal faylar inceleme alanında önemli demir cevherleşmelerinin de bulunduğu yerlerdir (Şekil 5A-5L).

Bu yataklardan Attepe demir yatağındaki cevher, kıvrılma, faylanma ve litolojik kontrollerin etkisiyle

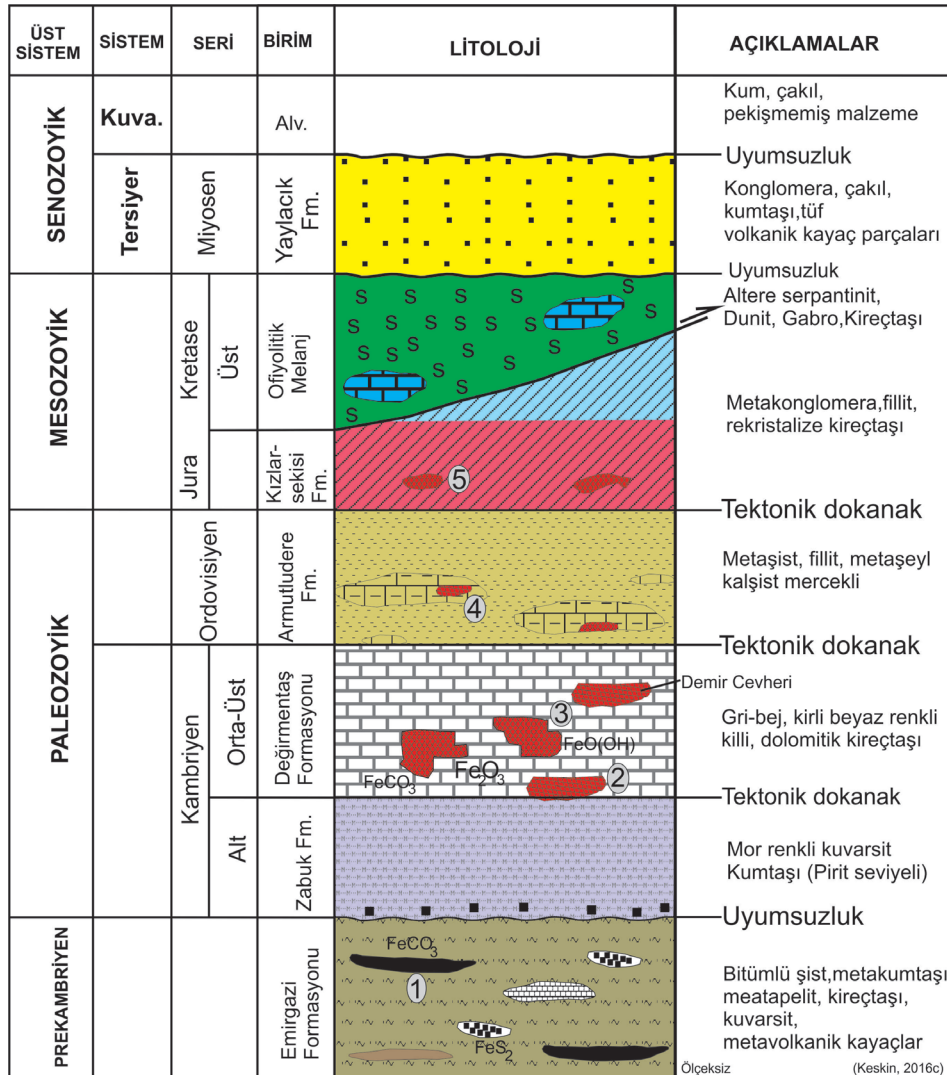


Şekil 2. A) İnceleme alanının Doğu Toroslar'ın tectono-stratigrafik birlikleri içindeki yeri (Özgül, 1976'dan alınmıştır) ve B) Çalışma alanının jeoloji haritası (Arazi çalışmaları, Arkan, 1968; Arda vd., 2009; Akça, 2011'den derlenerek).

Figure 2. A) The location of study area in tectono-stratigraphic units of the Eastern Taurides (taken by Özgül, 1976) and B) Geological map of the study area (Compiled from field studies, Arkan, 1968; Arda et al., 2009; Akça, 2011).

meydana gelen bir ortamda yerleşmiştir. Kireçtaşları ve kumtaşlarının kırılma oluşları nedeniyle kıvrılmaları sırasında faylanmalar çok etkin olmuştur. Yataкта birincil siderit cevherlerinden dönüşen hematit cevherleri yaygındır. Hematitler ve sideritler bozularak götit ve limonite dönüşmüştür. KD-GB yönlü faylar eriyikleri yüzeye ulaştırmıştır (Henden vd., 1978). Prekambriyen birimler içinde yer alan Attepe demir yatağında Attepe Fayı KB-GD doğrultusunda, 48°-51°

arasında güneybatıya eğimli normal fay karakterindedir ve 4.5 km uzunluğuna sahiptir (Şekil 5B). Bu faya bağlı birincil sideritlerden dönüşen hematit ve karstik boşluklarda zenginleşmiş götit cevherleşmeleri olup bunlar günümüzde işletilmektedir. Hematit-götit cevherleşmelerine eşlik eden ve cevherleşmeyle eş yaşlı Attepe Fayı, sağ ve sol yönlü (KB-GD doğrultulu ve 77°-80° arasında kuzeydoğuya eğimli, yan yatım açıları 13°-19° ile güneye eğimli) doğrultu atımlı faylar



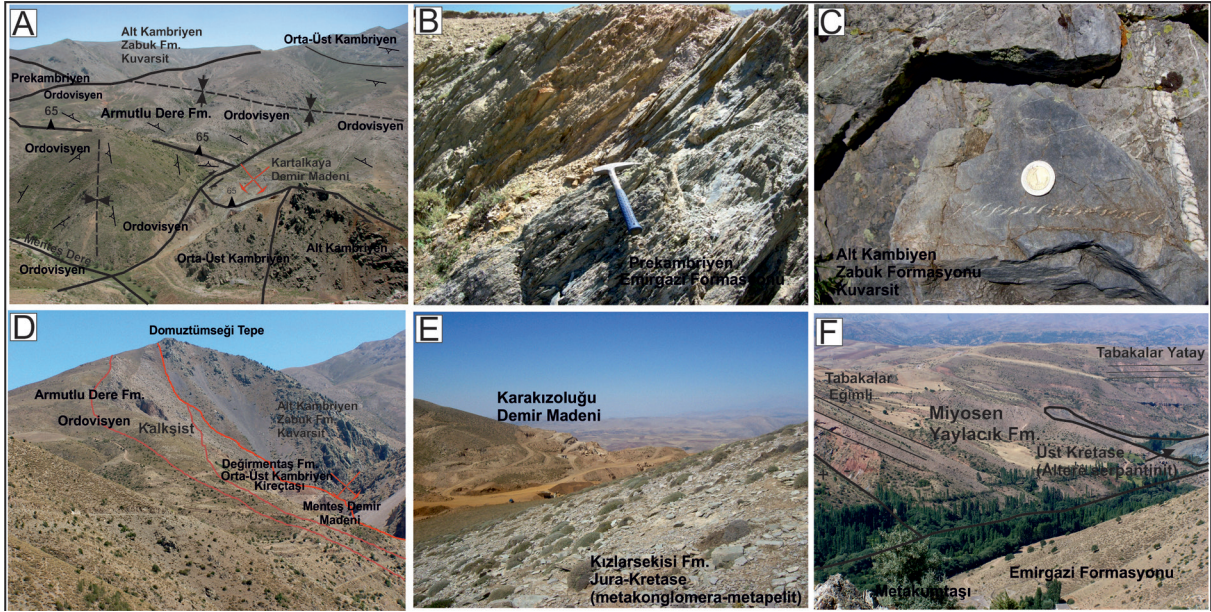
Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve demir yataklarının (1,2,3,4 ve 5) bu formasyonlar içindeki dağılımı (Şenel vd., 2004'ten değiştirilerek alınmıştır).

Figure 3. Generalized stratigraphic columnar section of the study area and the distribution of iron deposits (1,2,3,4 and 5) in these formations (Modified after Şenel vd., 2004).

tarafından kesilmektedir (Şekil 5C, 5D). Attepe Fayı boyunca meydana gelen fay breşlerinin cevherleşmiş olması, fayın cevherleşme ile eş zamanlı oluştuğunu göstermektedir. Attepe yatağında MTA tarafından yapılan çalışmalarla % 58.44 Fe tenörlü 36 milyon ton rezerv bulunmuştur (Henden vd., 1978; Dağlıoğlu, 1990). Ana cevher zonu KKB-GGD doğrultuda olup yaklaşık 800-900 metre uzunluktadır.

Çalışma alanındaki bir diğer yatak olan Kartalkaya demir madeni götit ve limoniten oluşmakta ve KD-GB doğrultulu ve 65° ile güneydoğuya eğimli bir sol yönlü doğrultulu fay tarafından atıma uğratılmıştır (Şekil 5E, 5F). Fay düzlemi üzerinde ölçülen fay çiziklerinin yan yatım açısı (rake) 5° doğuya doğrudur.

Yaklaşık 4 km uzunluğunda olan bu cevherleşme sonrası doğrultulu fay zonu KD-GB doğrultusunda uzanmaktadır. Alt Kambriyen yaşlı kuvarsit ile Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları arasındaki dokanağı oluşturan bu faylanma sonucu cevher kesilmiş, atıma uğramış ve yeniden işlenerek zenginleşmiştir. Fay zonu boyunca cevherleşmeyle görülen barit minerallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmaları (Keskin vd., 2010b), Kartalkaya Fayı'nın sığ derinlikte bir fay olduğunu göstermektedir. Bu fay zonu boyunca meydana gelen antitetik-sintetik faylanmalar sonucu Uyuzpınarı limonit cevherleşmesi gibi irili ufaklı demir zuhurları da oluşmuştur (Şekil 5E, 5G). Bu limonit zuhuru Kartalkaya Fayı'nın uzantısı olan KB-



Şekil 4. İnceleme alanının arazi gözlemlerine ait görüntüler. A) Formasyonlar arasındaki dokanaklar ve yapısal unsurlar, B) Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu'nun metapelitik kayalar, C) Alt Cambriyen yaşlı Zabuk Formasyonu'nun kuvarsit kayaları üzerinde sol yönlü makaslama zonunu gösteren sigmoidal damarların görünümü, D) Mentеш demir madeni etrafındaki formasyonlar, E) Karakızoluğu demir yatağını içeren Jura-Kretase yaşlı birimler. F) Prekambriyen yaşlı birimler üzerine bindirme ile gelen Üst Kretase yaşlı serpantinize peridotit kayalar ve her ikisi üzerine değişik açılarla gelen Miyosen yaşlı Yaylacık Formasyonu.

Figure 4. Field observations images of the study area. A) The boundary between formations and brittle structures, B) Meta-pelitic rocks of Precambrian aged Emirgazi Formation, C) The sigmoidal veins on the quartzite of the Lower Cambrian aged Zabuk Formation that shows left-lateral shearing zone, D) Formations around Mentеш iron deposit, E) Jura-Cretaceous outcrops including Karakızoluğu iron deposit, F) Upper Cretaceous aged serpentinized peridotites overthrust to Precambrian aged outcrops, and both of them overlaid by different angles outcrops of Miocene aged Yaylacık Formation.

GD doğrultulu ve 60° ile güneybatıya eğimli sol yönlü bir sentetik doğrultu atımlı fay düzlemine bağlı olarak gelişmiştir. Fayın tavan bloğunda ise 5-6 m kalınlıkta kataklastik zon oluşumu görülmektedir. Düzleme yakın kısımlarda yeşilimsi-sarımsı-kırmızımsı-grimsi renkli fay kili oluşumu gözlenirken, daha uzak kesimde breşik oluşum görülmektedir.

Bölgedeki en önemli yataklardan biri olan Karaçat hematit yatağı içindeki Karaçat Fayı, 2.5 km uzunluğuna sahip olup ters fay niteliğindedir (Şekil 5J). Şu anda işletilmekte olan bu yataktaki hematit, götit cevherleri (Şekil 5I), cevherleşme sonrası ters fay dokanağında bulunmaktadır. Karaçat demir yatağı içindeki KD-GB doğrultulu ve 55° ile güneydoğuya eğimli bu ters fay zonundaki cevherleşmiş breşlerin bulunması, cevherin fay breşlerinin içine yerleştiğini göstermektedir. Yani, ilk olarak ters fay yüzeyine birincil hematit cevherleşmesi yerleşmiş, devam eden sıkışmalı (Şekil 5L) deformasyon (ile oluşan yeni fay

breşleri), zondaki mevcut cevheri de etkilediğinden dolayı, cevher parçacıklarını fay breşinin içine almıştır. Bu özellik, fayın cevherleşme sonrası (post-mineralised) ters fayı olduğunun en önemli kanıtlarından birisidir. (Şekil 5J). Bu ters fay birçok doğrultu atımlı ve eğim atımlı faylar tarafından kesilmektedir (Şekil 5H, 5J, 5K). Karaçat demir yatağındaki cevher gövdesi K70D doğrultulu ve 55-60° arasında değişen açılarla güneydoğuya eğimli olup 80-100 metre arasında değişen kalınlık ve 600 metre uzunluk sunmaktadır. Hematit cevheri Orta-Üst Cambriyen yaşlı kreçtaşları içerisinde bu faylanmaya bağlı olarak hidrotermal-metazomatik olarak yerleşmiştir. Cevher gövdesinin kalınlığı fay zonunun kalınlığı ile doğru orantılıdır. Karaçat Demir Yatağı'nda yoğun şekilde ikincil kökenli (geç evre) siderit damarları da izlenir (Şekil 5I). Cevhere kuvars ve az da olsa barit gibi gang mineralleri de eşlik eder. Şu anda özel bir sektöre ait yapılan sondajlı aramalar sonucu işleti-



Şekil 5. Attepe, Karaçat ve Kartalkaya maden yataklarının yapısal özellikleri. A) Attepe demir yatağı, B) Attepe demir yatağında cevherleşmeyi oluşturan cevherleşmeyle eş yaşlı normal fay, C), D) Sektörün güney kesiminde kireçtaşlarını kesen cevherleşme sonrası doğrultu atımlı fay, E), F) Kartalkaya demir yatağı içinden geçen cevherleşme-sonrası sol yönlü doğrultu atımlı fay, G) Sintetik doğrultu atımlı fay tarafından kontrol edilen Uyuzpınarı limonit cevherleşmesi, H) Karaçat demir yatağının kuzeyindeki bazı fayların birbirleriyle olan ilişkileri. F1 fayı sol yanal bileşenli ters fay özelliğinde olup sondaj çalışmalarında 190 m.'de kesilmiştir. F2 fayı sağ yönlü doğrultu atımlı fay ve bu fayı kesen F3 fayı da sağ yanal bileşenli normal fay özelliğindedir, I) Karaçat madeni, litolojisi ve cevherin günümüzdeki konumu, J) Karaçat demir yatağı içindeki ana bindirme fay zonundaki cevherleşmiş breşler, K) Yatak içinde hematit cevherini kesen genç doğrultu atımlı faylar, L) Karaçat madeninin batı sektöründe sıkışmalı rejim sonucu oluşan sıkışmalı dubleks yapıları.

Figure 5. Structural features of Attepe, Karaçat and Kartalkaya iron mines. A) Attepe iron deposit, B) Syn-mineralized normal fault formed to mineralization in Attepe iron deposit, C), D) Post-mineralized strike-slip faults cut the limestones in the south section of iron deposits, E), F) Post-mineralised left-lateral strike-slip fault passes through the Kartalkaya iron deposit, G) The synthetic strike-slip fault controlled to Uyuzpınarı limonite mineralization, H) The relationships between some faults system in the northern part of Karaçat iron mine. F1 is the thrust fault with sinistral strike-slip component explored by drilling at 190 m deep. F2 is right-lateral strike-slip fault is cut by F3 normal fault with dextral strike-slip component, I) Karaçat mine, its litology and position of mineralization for current day, J) Mineralized breccias of the main thrust fault zone in Karaçat iron mine, K) Strike-slip faults cut hematite deposits in mine, L) Contraxional duplex structures caused by compressional regime in the western section of Karaçat mine.

len yatakta ortalama % 55 Fe tenörlü 30 milyon ton rezerv bulunmaktadır. Yatakta süperjen koşullarda oluşmuş götit ve limonit cevherleri de işletilmektedir.

İnceleme alanının güneybatısında Karakızoluğu Tepe'de yer alan Karakızoluğu demir yatağı diğer yatlardan farklı olarak yan kayacı Jura-Kretase yaşlı metakonglomeratik seviyeler içerisinde olup cevher, breşik hematit cevheri şeklindedir. Bu formasyonu oluşturan kayaçlar içinde belli bölgelerde plastik deformasyonun ürünü olan uzama yapıları meydana gelmiş olup ve bu zamanda bir makaslama zonunun geliştiğini göstermektedir. Yatak KD-GB doğrultulu ve 50° ile güneydoğuya eğimli bir ters fay dokanağında bulunmaktadır. Yaklaşık 300 m uzunluğunda olan bu Karakızoluğu Fayı'nın düzlemi üzerindeki kayma çiziklerinin yan yatım değeri 75°'dir.

Çalışma alanındaki yer alan diğer küçük demir yatakları da fay kontrollü olup bu yataklarda hidrotermal hematit, süperjen koşullarda zenginleşmiş götit ve limonit cevherleşmeleri hâkimdir. Faylar genellikle KD-GB doğrultulu ve GB'ya eğimli ters faylardır. Buradaki hematit ve götit cevherleşmelerine barit ve kalsit mineralleri eşlik etmektedir. Baritlerde yapılan sıvı kapanım çalışmaları (Keskin vd., 2010b) bu yataklarda oluşan hematit, götit gibi cevherleşmelerin çok düşük sıcaklıklarda oluştuğu ve cevherin kaynağı olan hidrotermal çözeltilerin sıg derinlikli bu faylardan geçtiğini göstermektedir.

Yukarıdaki arazi bulguları ışığında fay zonları, cevher oluşumunda kanal görevi görebilmektedir (Şekil 5G). Bu zonlar, derinlerden gelen cevher taşıyan hidrotermal sıvıların geçişi sağlayarak, uygun ortamlarda maden yatak ve zuhurlarını oluşturmaktadır. Böylece cevherleşme sonrası faylar tarafından kontrol edilen maden yataklarının oluşum yerlerini de bulmak mümkündür. (Şekil 5F, 5J) (Miller ve Wilson, 2004a; Keskin vd., 2010a). Farklı özelliklerdeki fay atım verilerinin, çoğunlukla maden yataklarını kontrol eden eski fayların yeniden işlemesi ile ilişkili (cevherleşme öncesi faylar) olabileceği düşünülmektedir. Miller ve Wilson (2004a)'nın yapmış olduğu çalışmalarda, fay sistemlerinin yapısal analizlerindeki anahtar problemlerden olan stres alanı doğrultusundaki değişiklikler ve ana stresin büyüklüğündeki değişimlerin cevherleşmeyle olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Böylelikle zamanla değişen stress yönlerine bağlı olarak cevher kütlelerinin oluşum modeli ortaya çıkarılmaktadır.

Maden yataklarından elde edilen bu gibi yapısal bilgilerin yardımı ile bir fayın tavan bloğuna bağlı hareket yönleri, sıkışma ve gerilme yönleri hesaplanmakta ve

araştırılan faya ait verilerin asal gerilme değişimleri ortaya konularak yeni yatakların bulunmasına olanak sağlanmaktadır. Bu bağlamda, dünyada faylanma ile ilişkili maden yataklarının ortaya konulmasında birçok araştırma yapılmıştır (örneğin; Taylor vd., 2001; Abia vd., 2003; Brown vd., 2004; McLellan vd., 2004; Miller ve Wilson, 2004b; David, 2008; Ghebreab vd., 2009). Bu çalışmalarda tektonizma ile eş yaşlı meteorik model savunulmuştur. Bu hidrotermal modelde yüzey sıvıları, aktif kara önü kıvrım ve bindirme kuşaklarının oluşumu ile genişlemeli tektonik esnasında çökme sırasında orojenik kuşağa sızmaktadır. Bu sıvılar daha önce var olan cevherleşmeleri oksidasyona uğratarak hematite dönüştürmekte ve Mt. Whalebäck gibi yapısal kontrollü zonlarda devasa hematit yataklarını oluşturmaktadır.

Bu bilgilerin yanında hipotetik olarak, başlangıçta genişleme rejiminin etkili olduğu bir alanda, buna bağlı olarak normal fayların oluşması ve eş zamanlı olarak bu zayıflık zonlarına hidrotermal akışkanların yerleşmesi mümkündür (cevherleşme ile eş yaşlı fay). Daha sonra pozitif terslenme tektoniğine (başlangıçta genişlemeli tektonik fazda çalışan bir fayın ters faya dönüşmesi) bağlı olarak fay zonlarına yerleşmiş cevherlerin cevherleşme sonrası faylar tarafından kesilip atıma uğraması olasıdır.

Bu olasılıklar göz önüne alınarak inceleme alanındaki fayların cevherleşme ile olan ilişkilerini ortaya koymak amacıyla, hemen hemen tüm birimleri etkilemiş olan fay düzlemlerinden 144 adet ölçüm alınmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu bölümde fayları doğrultularına göre değil de, ilk etapta türlerine göre ayırıp değerlendirilmesinin daha doğru olacağı düşünülmüştür. Böylelikle cevherleşmenin hangi deformasyon evresinde oluştuğunun belirlenmesi daha da mümkün olmaktadır. Bu amaçla faylara bağlı verilerden yapılan Kutupsal eşit alan neti yardımıyla stereografik projeksiyonlar hazırlanmıştır. Bu faylar türleri açısından dört grupta belirlenmiş olup bunlar: normal, ters, doğrultulu atımlı ve türü belirlenemeyen faylar olarak gruplandırılmıştır (Şekil 6). İnceleme alanında ölçülen faylardan; normal fayların yaklaşık BKB-DGD doğrultulu, ters fayların KD-GB doğrultulu, doğrultulu atımlı fayların KB-GD, KD-GB ve türü belirlenemeyen fayların KB-GD ve KD-GB hakim doğrultularda olduğu görülmektedir (Şekil 6A-D). Bu fayları oluşturan muhtemel asal gerilme eksenlerinin konumu Şekil 7'de gösterilmiştir. Asal gerilme konumlarına göre inceleme alanında normal fayları oluşturan gerilme kuvvetlerinin muhtemel yönleri KKB-GGD yönlü açılma kuvvetleridir (Şekil 7A). Ters fayları meydana ge-

tiren muhtemel sıkışma yönlerinin konumu K-G yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisini göstermektedir (Şekil 7B). Çalışma alanındaki doğrultu atımlı fayların oluşumu bölgenin batısında yer alan OAFZ ile ilişkili olup muhtemelen BKB-DKD yönlü sıkışma kuvvetleriyle ilişkilidir (Şekil 7C). İnceleme alanında diğer kırık düzlemlerin oluşumu ise farklı gerilme yönlerinin bölgeyi etkilemesiyle ilişkili olmalıdır (Şekil 7D).

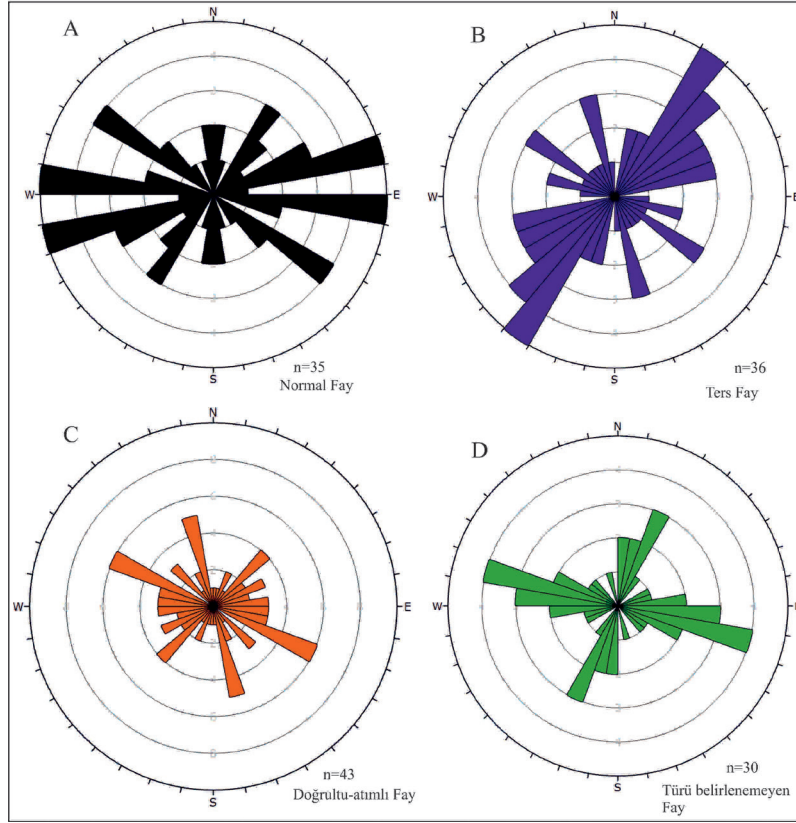
Yukarıda fayların gelişimini sağlayan en büyük (σ_1) ve en küçük (σ_3) asal gerilme eksen konumlarının bölgede etkili olan kıvrımlanma sistemleriyle olan ilişkilerinin de ortaya konulması gerekmektedir. Attepe ve çevresi demir yataklarının bulunduğu inceleme alanında kıvrım tektoniğini şu ana kadar ortaya koyabilecek herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Harita alanında makroskopik olarak gözlenen sünümlü deformasyon ürünü olan bu kıvrımlar Prekambriyen, Alt Kambriyen, Ordovisiyen ve Jura-Kretase yaşlı metamorfik kayaların içinde lokal ölçekte olup genellikle krenülasyon klivajlarının oluşturduğu kıvrımlar, kink bantları ve küçük ölçekte antiklinal ve senklinal yapılarıdır. Ayrıca Orta-Üst Kambriyen kireçtaşları içinde tektonizmaya bağlı sürüklenme kıvrımları, flat-ve-flat yapıları ve tabaka duruşlarına göre senklinal ve antiklinal gibi yapılar gelişmiştir. Arazi gözlemleri bölgedeki kayalarda, KB-GD, D-B ve KD-GB yönelimli kıvrımlanmaların varlığına işaret etmekte ve yönlü bir yapı izlenmektedir. Bu düzlemsel yapılardan hazırlanan π ve β diyagramları, formasyon ve yaş olarak ayrı ayrı değerlendirilip mümkün kıvrımların yönelimleri belirlenmiştir. Bu amaçla 601 adet metamorfik kayaç ölçümü ile 111 adet tabaka ölçüsü alınıp hazırlanan diyagramların özeti Şekil 8'de verilmiştir. Böylece bölgedeki kıvrımlanmaları oluşturan her yaş ve formasyon aralığında gelişen sıkışma yönleri fay kinematik verileriyle kıyaslanarak, cevherleşmenin hangi deformasyon fazında geliştiği ortaya çıkarılmıştır.

Fay düzlemi kayma verileri ve kıvrım analizlerine göre, KKB-GGD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü gerilme kuvvetlerinin etkisi bölgede hakim olmuştur. İnceleme alanı tektonik olarak iki ana sol yanal doğrultu atımlı fay zonu arasında yer almaktadır. Orta Anadolu ve Göksu-Yazıyurdu Fay Zonları arasında kalan inceleme alanında, bu iki ana yapı arasında KD-GB uzanımlı geniş bir sol yanal makaslama zonu gelişmiştir. Bu deformasyonda Doğu Anadolu ve Orta Anadolu Fay zonları ile sınırlı deformasyon alanında etkin olması hipotetik olarak beklenen K-G yönlü sıkışma, fay düzlemi kayma verilerine göre KD-GB yönüne kaymıştır. Bu durum, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu sol yanal fay zonları arasındaki blok rotasyonla açıklanabilir. (Koç

ve Kaymakçı, 2013). Buna göre, iki ana doğrultu atımlı fay zonu arasında kalan bölge saat yönünde yaklaşık 45 derece rotasyona uğramıştır. Anadolu levhacığının da yapılan paleomanyetik, paleotektonik, neotektonik, gravite ve manyetik çalışmalar ile (Mc Kenzie, 1972; Dewey vd., 1973; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Tatar vd., 1995; Koçyiğit ve Bayhan, 1998; Yılmaz, 2004; Taymaz vd., 2007; Akın ve Çiftçi, 2011), bu levhacığı sınırlayan faylar ile bu plaka içinde oluşan fayların KKB-GGD yönlü bir bölgesel sıkışma olduğunu göstermekte, bu sıkışma rejiminin Miyosen sonu Arap plakasının kuzeye hareket ederek Anadolu levhacığını sıkıştırması sonucu meydana gelen farklı gerilme yönleriyle açıklanabilmektedir (Şekil 1). Bu sıkışma yönünün inceleme alanında elde edilen verilerle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan Akın ve Çiftçi (2011), tüm Türkiye'de pafta bazlı yürüttükleri manyetik, gravite, paleotektonik ve neotektonik çalışmalarla, yapısal süreksizliklerin oluşan maden yataklarıyla olan ilişkisini ve gerilme fazlarını ortaya koymuşlardır. Bu gerilme fazlarının inceleme alanında kalan kesimindeki sıkışma rejimiyle uyumlu olduğu görülmekte ve günümüzde işletilen hidrotermal-metazomatik kökenli geç evre hematit ve süperjen koşullarda oluşmuş götit, limonit gibi oksit-hidroksit cevherleşmelerini oluşturan sistemle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

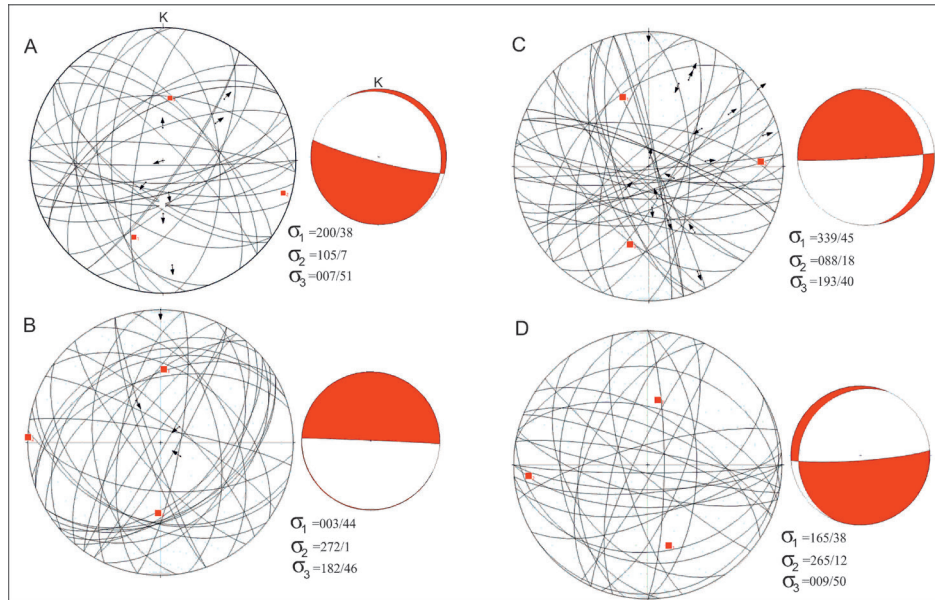
CEVHERLEŞME ÖZELLİKLERİ

Attepe demir yataklarındaki cevherleşmelerin jeolojisine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunda, günümüzde işletilen ve yukarıda yapısal sentezi anlatılan hematit-götit-limonit gibi oksit-hidroksit cevherleşmeleri detaylı olarak ortaya konulmasına rağmen, köken konusunda tektonik ağırlıklı yeterince çalışma yapılmamıştır (Küpel, 1986; Küpel, 1991; Dağlıoğlu ve Bahçeci, 1999; Dağlıoğlu ve Arda, 2000; Arda vd., 2008; Dayan vd., 2008; Tiringa vd., 2009). Yapılan çalışmalarda cevherleşme 5 ayrı seviyede gözlenmiştir (Keskin, 2016c). Bu çalışmalardan farklı olarak ilk 4 seviyede oluşan cevher oluşumu aynı, 5. seviyede oluşan cevher oluşumu, oluştuğu yan kayaç özelliğinden dolayı ayrı sınıflandırılmıştır. Bunlar, (1) Prekambriyen yaşlı birim içinde sedimanter siderit ve pirit, (2) Alt Kambriyen yaşlı kuvarsit ile Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları arasında genellikle hidrotermal-dolgu tipi hematit, götit, (3) Orta Kambriyen yaşlı kireçtaşları içinde genellikle hidrotermal-metazomatik hematit, siderit, ankerit ve süperjen götit-limonit, (4) Ordovisiyen içindeki kalkıştırcı mercerleri ile şeyller içerisinde hidrotermal siderit ve hematit ve (5) Jura-Kretase



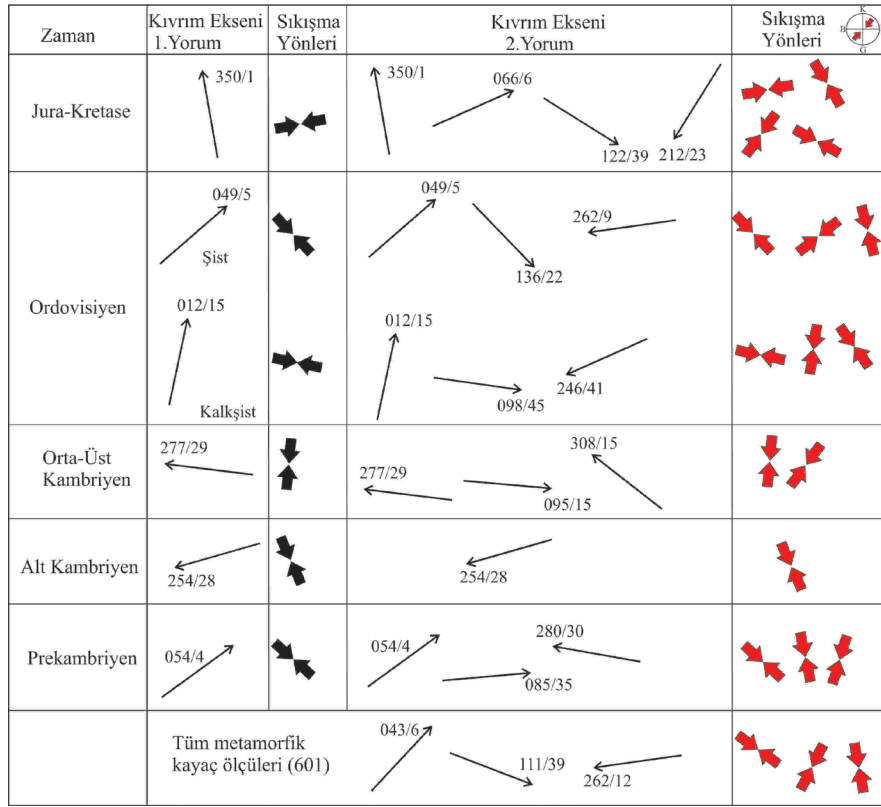
Şekil 6. Çalışma alanındaki fayların doğrultu gül diyagramları; A) Normal fay, B) Ters fay, C) Doğrultu atımlı fay, D) Türü belirlenemeyen faylar.

Figure 6. Fault directions of rose diagrams in the study area; A) Normal fault, B) Reverse fault, C) Strike-slip fault, D) Undetermined faults.



Şekil 7. Çalışma alanındaki tüm fayların en büyük ve en küçük asal gerilme konumlarını gösteren diyagramlar; A) Normal fay, B) Ters fay, C) Doğrultu atımlı fay, D) Türü belirlenemeyen faylar.

Figure 7. The diagrams show the locations of maximum and minimum principal stress of all faults in the study area; A) Normal fault, B) Reverse fault, C) Strike-slip fault, D) Undetermined faults.



Şekil 8. İnceleme alanındaki kıvrımların formasyon ve yaşlara göre olası kıvrım eksenleri ve sıkışma yönlerinin konumu.

Figure 8. The location of the possible fold axes and compression directions of folds with respect to the formation and ages in the study area.

yaşlı metakonglomeralar içerisinde breşik hematit cevheri olarak görülmektedir.

Siderit oluşumları, Prekambriyen yaşlı metapelit, sleyt, fillit, şeyl ve metakumtaşlarıyla uyumlu olarak ve yine Prekambriyen yaşlı birimler içindeki volkanik kayalarla (metavolcano-tortul, andezitik, bazaltik tüf) birlikte görülmektedir (Şekil 9). Piritler formasyon içindeki birimlerde saçınımlı olarak izlenmektedir (Şekil 9D). Çok az sayıdaki çalışma Prekambriyen yaşlı birincil cevherin sedimanter özellikte olduğu ve ayrıca, tektonik hatlara bağlı büyük siderit ve ankerit kütleleri şeklinde görüldüğünü (Ünlü ve Stendal, 1989) ve cevherleşmenin daha sonradan hidrotermal-metazomatik etkiyle hematitleşmeye (Şekil 9C) uğradığını göstermektedir. Çalışma alanında işletilen yataklardan sadece Attepe demir yatağı içinde ve Karaçat demir yatağının 2 km kuzeybatısındaki Demirçoluğu Dere içinde birincil kökenli sideritler ortaya konulmuştur (Şekil 9). Ayrıca çalışma alanının güneyinde Bekirhacılı Köyü'nde (Arda vd., 2009; Tiringa vd., 2009; Tiringa, 2016) Taşlık demir madeninde de

ilksel siderit oluşumları tespit edilmiştir. Şistoziteye uyumlu sin-sedimanter siderit ($FeCO_3$) cevherleşmelerinin varlığı (Şekil 9E ve F) inceleme alanına farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Prekambriyen birimler içinde metamorfik ve volkanik kayalarla birarada tespit edilen (Şekil 9G ve H) bu demir karbonat cevherleşmelerinden çözünen demirin, Kretase sonrası ofiyolit yerleşiminden sonraki dönemde gelişen faylarla yukarı taşınması ve Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları ile daha genç birimleri metazomatize ederek bugünkü işletilen geç evre oksit-hidroksit yataklarını oluşturduğu görülmektedir (Şekil 5).

Çalışma alanındaki maden yataklarının içinde ve çevresinde bulunan birincil (sin-sedimanter) ve ikincil (hidrotermal) siderit ($FeCO_3$) örneklerinde yapılan parlatma ve SEM-EDAX (EDS) çalışmaları ile Prekambriyen çökeller içindeki sideritlerin mineral parajenezi ve kökeni ortaya konulmak istenmiştir. İlksel oluşumlu masif sideritlerde makro olarak kristallenme belirgin değildir. İkincil oluşumlu sideritlerde makro olarak dilinimler daha belirgin ve bal mumu kristali şeklindedir

(Şekil 9B). Bu çalışmalarda sideritten çözünme aşısı hematit, götit ve limonit cevherleşmeleri tespit edilmiştir (Şekil 9C ve 10). El örneğinde kireçtaşına benzeyen birincil kökenli masif görünümlü sideritlerin parlak kesitlerinde (Şekil 10A), koyu gri yansıma rengi ve açık kahverengi iç yansıma belirgindir (Şekil 10B). Parlak kesitlerde rombohedral kristalli sideritlerin hematitler tarafından ornatıldığı ve her ikisinin de kenarlarından ve çatlaklarından itibaren götitlediği izlenmektedir (Şekil 10C ve E). Hematit mineralleri açık gri renk tonlarında olup daha düzgün yüzeylere sahip ve özşekli kristaller halindedir. Ayrıca kesitlerde kalsit dilinimleri içinde de görüldüğü gibi karbonat iskelet dokusu ve oluşan boşluklarda hidratasyon sonucu kısmen kolloform yapıya götitlediği hematitler izlenmektedir (Şekil 10D). Burada demirli karbonatlar hematitlemiş, lepidokrozitlemiş ve götitlediği hematitlerde görülen küresel yapılar tekrarlanan rekristalizasyonu göstermektedir (Şekil 10F). Cevherleşme sonrası tektonik rejimde gelişen deformasyon sonucu demir karbonat mineralleri olan sideritler parçalanarak breşik yapı kazanmışlardır (Şekil 10G). Demir oksit minerallerinin yanında pirit gibi sülfid mineralleri de gözlenmektedir. Deformasyonun ileri safhalarında mineraller arasında ve içinde özşekli kristaller halinde olan piritler katalastik yapıya görülmektedir (Şekil 10H).

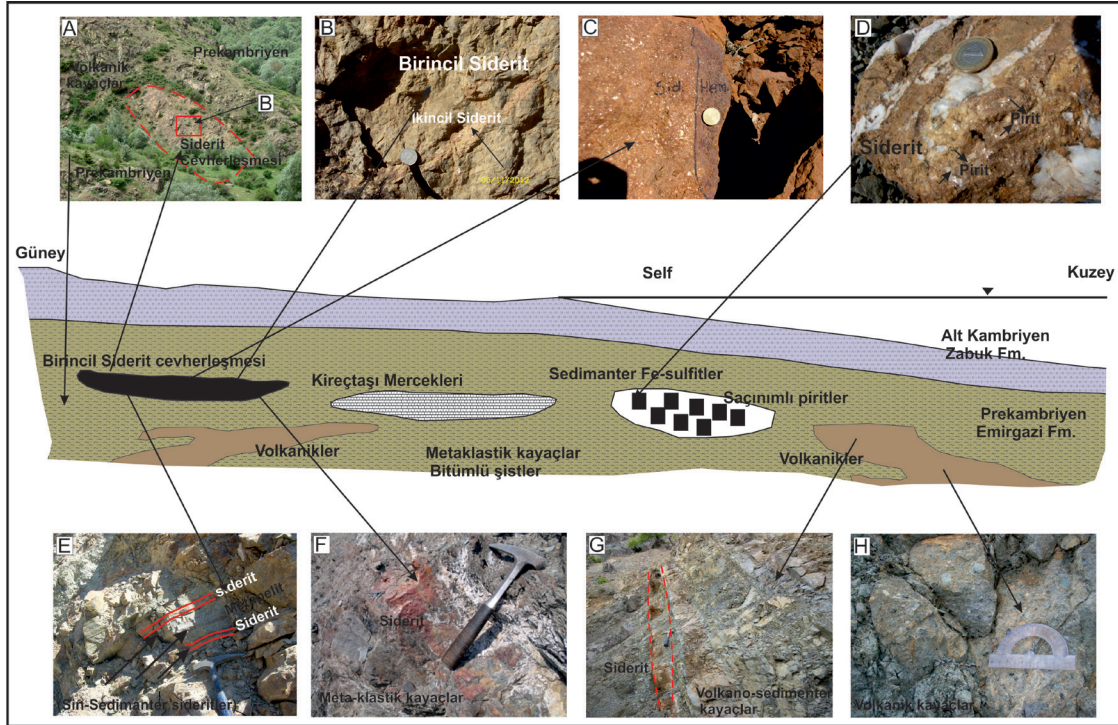
Cevher mikroskopisi çalışmaları ile ayırt edilemeyen mineraller SEM çalışmaları sonucu ortaya konulmuştur. SEM-EDS çalışmaları ve optik mikroskop sonuçlarına göre sedimanter sideritlerin mineral parajenezi, magnezyo-siderit, hematit, götit, limonit, ankerit, pirit, lepidokrozit, dolomit, kalsit, kuvars, aktinolit, apatit ve biyotittir (Şekil 10, 12). Biyotit ve aktinolit gibi mafik kayaç yapıcı minerallerin bulunması (Şekil 11C, E ve Şekil 12H) bu Prekambriyen yaşlı birimler içinde oluşan siderit cevherleşmelerinin oluşumu sırasında, volkanik bir etkinin (olasılıkla volkanik kayalardan çözünen demir) olduğuna işaret etmektedir. Arazi verileri de bu bulguları (Şekil 9) desteklemektedir. Cevherleşme içinde grimsi renk tonlarında ve küçük kümelenme şeklinde görülen apatit gibi gang minerallerinin oluşumu (Şekil 11C ve Şekil 12C) diyajenetik süreçlerle ilişkili olabilmektedir (Kholodov ve Butuzova, 2004; Bolhar vd., 2005).

OKSİJEN ($\delta^{18}\text{O}$) VE KARBON DURAYLI ($\delta^{13}\text{C}$) İZOTOP JEOKİMYASI

Attepe ve çevresindeki demir yataklarında günümüzde işletilen geç evre hematit ve süperjen götit-

limonit yataklarının oluşumu Emirgazi Formasyonu içindeki metapelitik ve volkanik kayalarla ilişkili sin-sedimanter oluşumlu siderit cevherleşmeleriyle doğrudan ilişkilidir (Keskin ve Ünlü, 2016a, b). Bu siderit cevherleşmelerinin petrografik özellikleri ve duraylı izotop bileşimleri, onların çökeltme ortamları içinde veya diyajenetik oluşumları sırasındaki çökeltme ve dağılımlarını ortaya çıkarma açısından önemlidir. Karbonat minerallerinin geniş çökeltme ortamları (Şekil 9) ve diyajenetik rejimler içindeki kökeni, izotopik bileşimleri ve dağılımı birçok çalışmayla ortaya konulmuştur (Hangari vd., 1980; Pye vd., 1990; Morad vd., 1994; Huggett vd., 2000; Fernandez-Nieto vd., 2003; Wang vd., 2015). Sideritler tipik olarak indirgeyici, sülfür bakımından fakir ortamlarda çökeltir ve oksijen ve sülfürün az olduğu suboksik, metanca zengin jeokimyasal ortamlarda gelişir (Hemi, 1985; Morad, 1998; El-ghali vd., 2006). Sideritlerin izotop jeokimyası onların oluştuğu ortamdaki sıvıların denizel, meteorik veya denizel-meteorik bileşimli olup olmadığını da göstermektedir. Bu amaçla inceleme alanında daha önce yapılan çalışmalarda, doğrudan birincil kökenli siderit cevherleşmelerinin oluşum koşulları ortaya konulmamıştır. Genellikle sonradan metazomatik-hidrotermal süreçlerde oluşan ve Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları içinde meydana gelen geç evre oksit-hidroksit-sülfid-sülfat cevherleşmeleri ile ikincil siderit oluşumları üzerinde O, Sr, S ve C izotop çalışmaları yapılmıştır (Küpeli vd., 2007). Bu amaçla inceleme alanında yer alan demir yatakları ve çevresindeki mostralardan sistematik olarak alınan (Şekil 9) birincil (sin-sedimanter) ve ikincil (hidrotermal) 11 adet siderit (FeCO_3) örneğinden duraylı izotop çalışmaları yürütülerek cevherleşmenin kökeni hakkında yorumlamalara gidilmiştir. Analizler Arizona Üniversitesi, İzotop laboratuvarlarında yapılmıştır.

Analizlerde siderit örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, bir gaz-oranlı kütle spektrometrisine (Finnigan MAT 252) bağlı otomatik bir karbonat hazırlayıcısı (Kiel III) kullanılarak ölçülmüştür. Toz numuneler 70°C 'de vakum altında kurutulmuş ve fosforik asit ile reaksiyona sokulmuştur. İzotop oranı ölçümü, NBS-18 ve NBS-19 uluslararası standartlarına uygun, tekrarlanan ölçümlerine dayalı olarak (hassasiyet $\delta^{18}\text{O}$ için $\pm 0.10\%$ ve (1 sigma) $\delta^{13}\text{C}$ için $\pm 0.08\%$) kalibre edilmektedir (Gilg vd., 2003). Tüm izotop sonuçları uluslararası PDB (Pee Dee Belemnite) ve V-SMOW (Vienna-standart Ortalama Okyanus Suyu) standartlarına göre per mil olarak kayıt altına alınmıştır (Çizelge 1). Birincil sideritlerdeki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri $\pm 0.71\%$



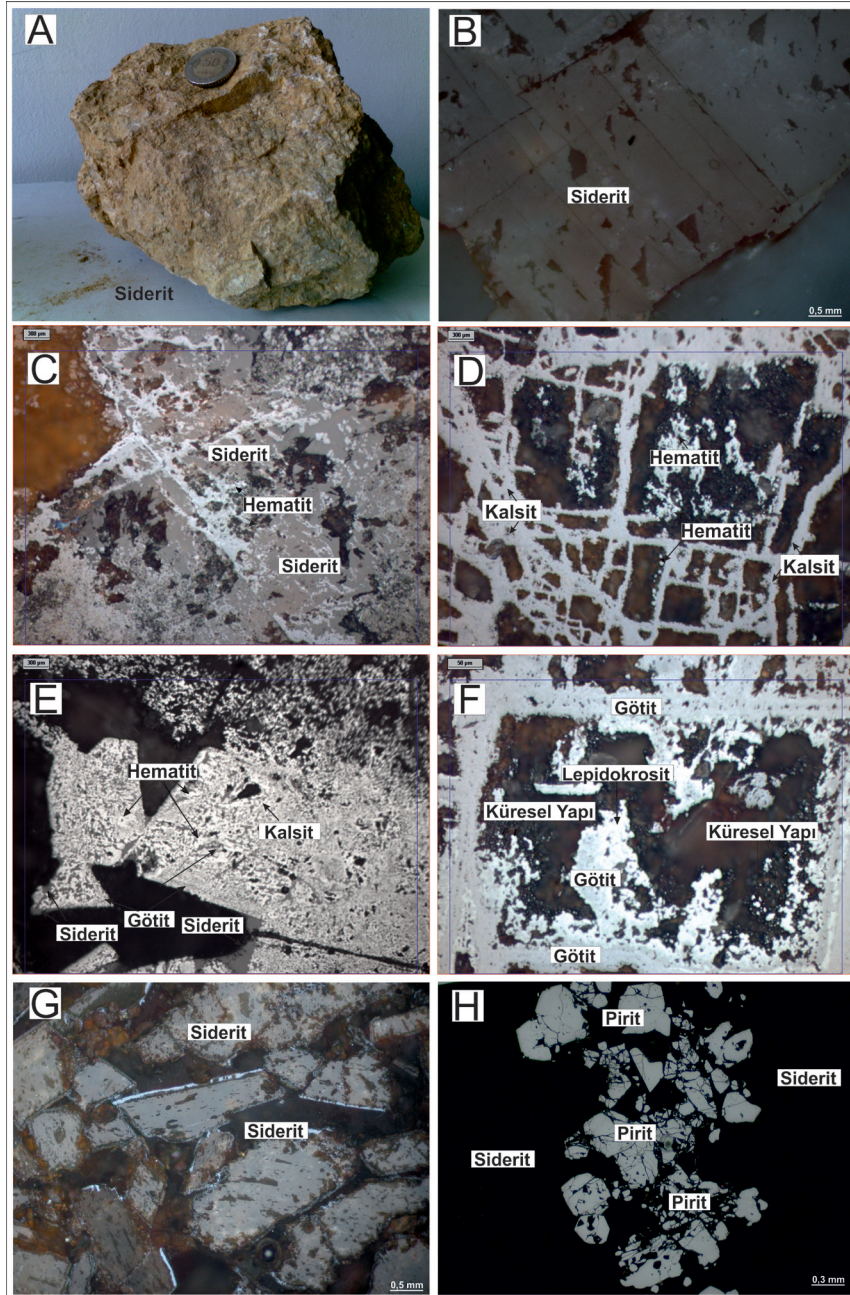
Şekil 9. Prekambriyen yaşlı birimler içinden alınan birincil sideritlerin arazi görünümü. Birincil sideritlerin oluşumu formasyon içindeki birimlerle uyumlu olup volkanik kayalarla ilişkili olabileceği görülmektedir (Paleo-coğrafik profil Demirel ve Kozlu, 1997'den değiştirilerek alınmıştır) (Şekil 9F, Dayan 2007'den alınmıştır). Şekil açıklamaları için lütfen metne bakınız.

Figure 9. Field photos of primary siderite taken by Precambrian aged outcrops. The formation of primary mineralizations is compatible with the rocks in formation and, may be related to volcanic rocks (Paleo-geographic profile modified from Demirel and Kozlu, 1997) (Figure 9F taken by Dayan, 2007). Please see the text for figure explanations.

ile $\text{‰}-1.62$ arasında, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ değerleri $\text{‰}-9.95$ ile $\text{‰}-10.68$ arasındadır. Buna karşın ikincil oluşumlu sideritlerdeki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri $\text{‰}-6.57$ ile $\text{‰}-7.94$ arasında, $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ değerleri de $\text{‰}-10.29$ ile $\text{‰}-11.28$ arasındadır (Çizelge 1). Analiz sonuçlarına göre birincil kökenli siderit cevherleşmeleri, denizel ortamlarda oluşan ve çökelen karbonatlarda meydana gelen düşük manganlı diyajenetik siderit oluşumlarına, ikincil sideritler ise hidrotermal kökenli demir oluşumlarına işaret etmektedir (Şekil 13).

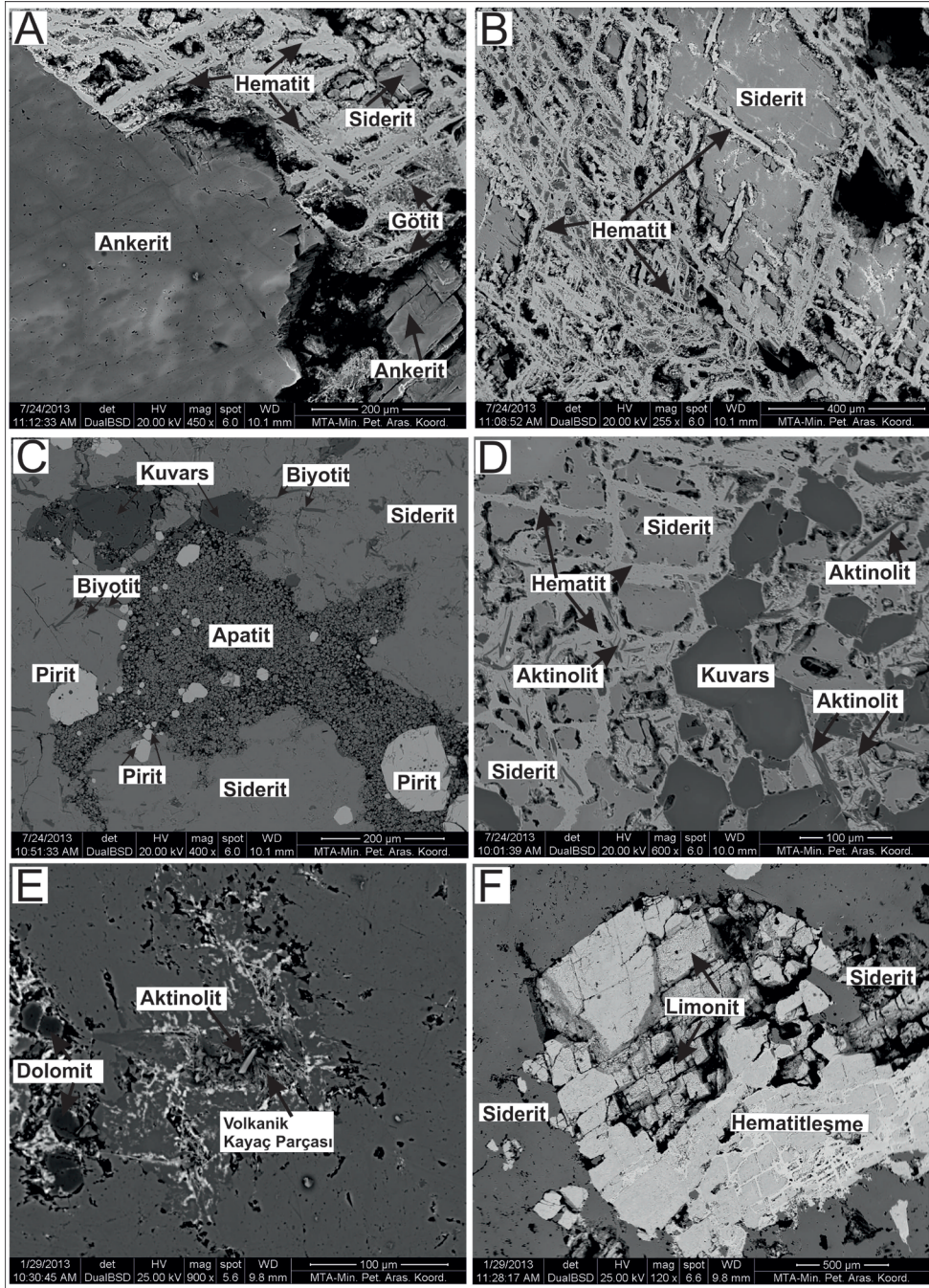
Attepe ve çevresindeki demir yataklarına yönelik önceden yapılan izotop çalışmaları verileri derlenerek bir diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 14). Dolayısıyla çalışma alanında daha önce elde edilen oksijen ve karbon izotop sonuçları bu çalışmada elde edilen verilerle kıyaslanmıştır. Önceki çalışmalarda rekristalize olmuş Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşlarından (13 adet) ve damar-tip olarak isimlendirilen cevherler içindeki sideritlerden (14 adet) oksijen ve karbon izotop çalışmaları yapmıştır (Küpeli vd., 2007).

Kireçtaşlarındaki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri $\text{‰}-0.80$ ile $\text{‰}2.30$ arasında, $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri de $\text{‰}16.18$ ile $\text{‰}21.90$ arasındadır. Sideritlerdeki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri $\text{‰}-8.20$ ile $\text{‰}10.10$ arasında, $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri de $\text{‰}17.50$ ile $\text{‰}18.30$ arasındadır. Bu çalışmada primer sideritlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri de $\text{‰}19.80$ ile $\text{‰}20.66$ arasında, ikincil oluşumlu sideritlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri de $\text{‰}18.50$ ile $\text{‰}20.30$ arasındadır. Elde edilen verilen diyagram üzerinde gösterildiğinde (Şekil 14), birincil siderit cevherleşmelerinin oluşum ortamlarınının, denizel karbonatların (Baker ve Fallick, 1989; Hoefs, 1997) oluştuğu alanda ve karbonat çözülmesinin başlangıç safhalarında oluştuğunu göstermektedir. İkincil geç evre hidrotermal oluşumlu sideritler ise önceki çalışmada elde edilen sideritlerin izotop sonuçlarıyla aynı alana düşmektedir. Bu da önceki çalışmada siderit oluşumlarının birincil değil, ikincil, geç evre hidrotermal cevherleşmeler olduğunu göstermektedir. Birincil kökenli düşük manganlı sin-sedimanter siderit cevherleşmelerindeki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerlerinin 0'a yakın olması, bunların denizel



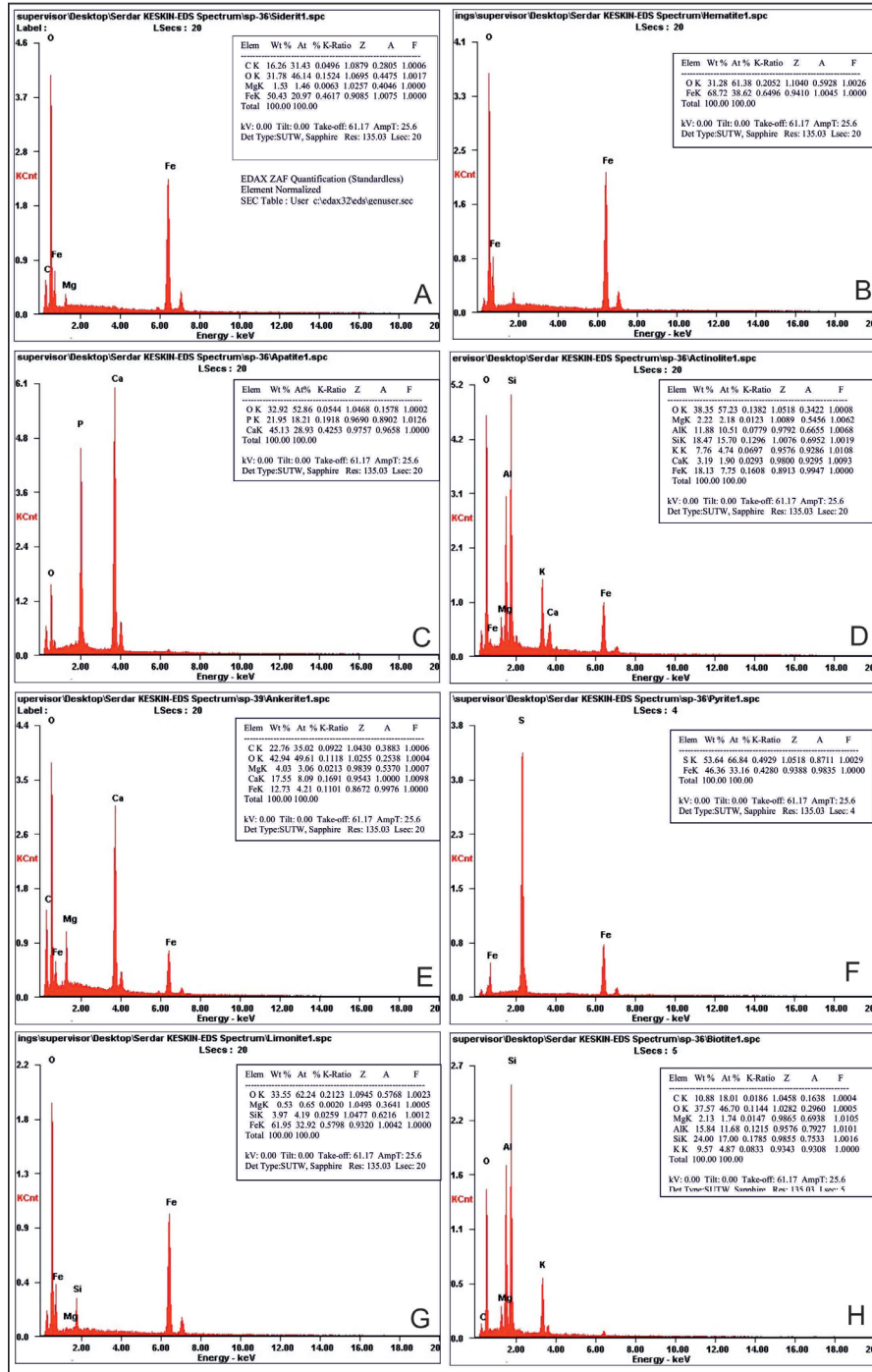
Şekil 10. Masif birincil siderit örneklerindeki mineral parajenezi. A) Prekambriyen birimler içinde oluşan masif birincil siderit cevherleşmesi, B) Rombohedralik yapıli siderit kristali, C) Siderit minerallerinin ornatımı sonucu oluşan hematit cevherleşmesi, D) Karbonat iskelet dokusu içinde kalsitlerin yerini kolloform yapıli götittlemiş hematitler, E) Siderit kristallerinin kenarlarından itibaren hematit ve götit minerallerine dönüşümü, F) Rekristalizasyon sırasında meydana gelen küresel yapılar ve kolloform yapıli götit-lepidokrosit gibi sulu oksit minerallerinin oluşumu, G) Deformasyon sonucu oluşan breşik yapıli sideritlerin görünümü, H) Siderit minerali içindeki kataklastik yapıli pirit oluşumları.

Figure 10. Mineral paragenesis of primary massive siderite samples. A) Primary massive siderite mineralization occurred in Precambrian outcrops, B) Rhombohedral-texture of siderite crystals, C) Hematite mineralization developed by replacement of siderite minerals, D) Colloform-texture of goethite-hematite replacing to calcite in carbonate-frame texture, E) Hematite-goethite mineralization return from the edges of siderite crystals, F) Spherul-textures formed during the recrystallization, and hydrous-oxide minerals occurred as colloform-texture goethite-lepidocrocite, G) The view of brecciated-texture of siderite caused by deformation, H) Cataclastic-texture of pyrite occurrences in siderite minerals.



Şekil 11. Bazı birincil siderit minerallerinin SEM-BSE görüntüleri. Demir karbonat minerallerinin; ankerit, götit (A), hematit (A, B ve F) ve limonite (F) dönüşmesi. Hematit oluşumları sideritlerin kenar ve çatlaklarından itibaren büyüyüp gelişmektedir. Yarı-özşekilli pirit (C) ve özşekilli ikincil kuvars mineralleri (D) sideritler içerisinde ayırt edilebilmektedir. İğnemsiz biyotit (C), ve çubuksu görümlü aktinolit (D ve E) minerallerinin varlığı siderit oluşumunda volkanik süreçlerinin de etkili olduğuna işaret etmektedir. Apatit minerallerinin oluşumu (C) cevher oluşumunda diyagenetik süreçlerin de varlığını belirtmektedir.

Figure 11. SEM-BSE images of some primary siderite minerals. Iron carbonate minerals return to ankerite, goethite (A), hematite (A, B and F) and limonite. Hematite occurrences develop and grow from the edge and fractures of siderite minerals. C) Subhedral pyrite and D) euhedral secondary quartz minerals are distinguished in siderite minerals. Presence of some minerals such as styliform-texture biotite (C), and fibrous-texture actinolite, indicate the volcanic process may be effective to formation of siderite. The formation of apatite mineralizations (C) indicate the existence of diagenetic processes during the ore formation.



Şekil 12. Prekambriyen birimler içindeki bir kısım birincil sideritlerin SEM-EDS analiz sonuçları. EDS sonuçları (A) siderit (FeCO₃) cevherleşmeleri içindeki (B) hematit (Fe₂O₃), (C) apatit (Ca₅(PO₄)₃), (D) aktinolit (Ca₂(Mg,Fe)₅Si₈O₂₂(OH)₂), (E) ankerit (Ca(Fe,Mg)(CO₃)₂), (F) pirit (FeS₂), (G) limonit ve (H) biyotit (K(Mg,Fe)₃(Al,Fe)Si₃O₁₀(OH)₂) minerallerinin oranları ortaya konulmuştur. EDS analizleri siderit cevher örnekleri içinde yapılmıştır.

Figure 12. SEM-EDS analysis results of some primary siderite mineralization in Precambrian outcrops. EDS results demonstrated to minerals rates of (A) siderite (FeCO₃), (B) hematite (Fe₂O₃), (C) apatite (Ca₅(PO₄)₃), (D) actinolite (Ca₂(Mg,Fe)₅Si₈O₂₂(OH)₂), (E) ankerite (Ca(Fe,Mg)(CO₃)₂), (F) pyrite (FeS₂), (G) limonite, and (H) biotite (K(Mg,Fe)₃(Al,Fe)Si₃O₁₀(OH)₂) in siderite mineralizations. EDS analysis were conducted in samples of siderite ores.

karbonatların (‰0) (Hoefs,1987) olduğu ortamda olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kambriyen'den Tersiyere kadar olan zaman aralığında oluşan karbonatlı minerallerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri 0'a yakındır (Faure,1986). İkincil siderit cevherleşmelerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri de doğal olarak denizel karbonatların $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerlerinden düşüktür ve bu cevherleşmelerin bölgede işletilen geç evre hidrotermal-metazomatik oluşumlu hematit cevherleşmeleriyle birlikte aynı zamanda oluştuğunu ve meteorik sıvıların da oluşumda etkili olduğunu göstermektedir (Dayan vd., 2008; Arda vd., 2009). Bu sideritler derinlerden gelen demirce zengin eriyiklerin, kireçtaşlarındaki karbonat çözülmesi sırasında (Şekil 14) kireçtaşlarını metazomatize ederek çökmesiyle oluşmuştur. Kireçtaşlarındaki $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerlerinin siderit cevherleşmelerindekinden yüksek olması, bölgesel metamorfizma ve Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu içinde oluşan metapelitik-bitümlü şeylerin varlığıyla açıklanabilir.

Prekambriyen yaşlı bitümlü şeyler ve metapelitik kayalar içindeki sedimanter piritler (Fe-sülfidler) ve birincil baritlerden (sülfatlar) da elde edilen izotop değerleri (Küpeli vd., 2007), birincil siderit cevherleşmelerinin oluşum koşullarıyla örtüşmektedir. Sedimanter Fe-sülfidler olan piritlerden (Şekil 10D) elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri (‰22.30-23.00) ile baritlerden elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ (‰32.40-38.30 arası) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri (‰12.20-14.70 arası) daha geç evre ve süperjen cevherleşmelerle kıyaslandığında, Permiyen-Tersiyer zaman aralığındaki deniz suyunun $\delta^{34}\text{S}$ (‰10-22 arası) ve $\delta^{18}\text{O}$ (‰7-12 arası) değerlerinden daha yüksektir (Claypool vd.,1980). Bu sülfür ve oksijen izotopik değerler ile birincil kökenli sideritlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerleri (‰19.80-20.66 arasında), Prekambriyen-Kambriyen zaman aralığındaki deniz suyunun izotop içeriklerine yakınlık göstermektedir (Claypool vd., 1980). Ayrıca sedimanter piritlerdeki bu $\delta^{34}\text{S}$ değerleri de Geç Proterozoyik zamanındaki deniz suyu değerlerine de yakınlık göstermektedir. Sedimenter pirit oluşumları, değişik çökme yapısı ve diyajenetik özellikler gösteren organik maddelerle birlikte bulunan, şeyl-fillit türü kayalar içerisinde mevcut olup (Ayhan vd., 1992), bunların İnfra-Kambriyen esnasında hüküm süren indirgen ortam şartlarında oluştuklarını göstermektedir.

TARTIŞMA VE DENEŞTİRME

Jeolojik süreçler boyunca tektonizmanın etkili olduğu Doğu Toroslar'ın batı kesiminde yer alan bölgede Paleosen-Eosen zaman aralığında (Ayhan vd.,1992;

Dayan, 2007; Küpeli, 2010) olduğu düşünülen ve şu anda çoğunlukla yan kayacı Orta-Üst Kambriyen yaşlı kireçtaşları olan ve işletilen (Attepe, Karaçat, Elmadağbeli demir yatakları) geç evre hematit ve süperjen götit-limonit gibi cevherleşmelerin oluşum kökeni konusunda tartışmalar halen devam etmektedir. Bölgede cevherleşmenin yaşı ile ilgili şu ana kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Yapılan tüm çalışmalarda cevher-yan kayaç modellemesi üzerinden gidilmiştir. Arazi gözlemleri, cevher mikroskopisi, SEM analizleri ve izotop çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre Emirgazi Formasyonu içindeki birincil (sinjenetik) sideritler, denizel bir ortamda, sedimanter ve diyajenetik koşulların hakim olduğu, karbonatlı kayaların çökeldiği Prekambriyen-Kambriyen zaman aralığında çökelmiş ve oluşmuştur. Kretase sonrası dönemde gelişen KD-GB yönlü faylar kanal görevi yaparak, Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu içindeki birincil siderit (ve +/-pirit) cevherleşmelerini çözerek Fe elementinin, Kambriyen ve daha genç birimler içerisine taşınmasını sağlayarak hematit yataklarını oluşturmuşlardır (Keskin, 2016c). Paleosen-Eosen sırasındaki nap hareketleri (Özgül, 1976) ve Miyosen döneminde gelişen fay zonlarında yaygın biçimde gelişen karstlaşma ve yüzeysel alterasyon olaylarının etkisinde kalan cevherler oksitlenerek limonit ve götit gibi süperjen cevher minerallerine dönüşmüşlerdir. Miyosen ve sonrası tektonik rejimde gelişen en genç sistemleri oluşturan KD-GB ve KB-GD uzanımlı sol ve sağ yanal doğrultu atımlı faylar (cevherleşme sonrası faylar) alandaki tüm kırık sistemlerini ve cevherleşmeleri kesmektedir. Geç Miyosen'den itibaren geliştiği düşünülen bu faylar, doğrultu atım karakterinde olmakla beraber, az da olsa eğim atım bileşenine de sahiptirler.

Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu'nun birimleri içinde yer alan primer siderit cevherleşmelerinin ve sedimanter piritlerin bulunduğu ortam ve kayaç litolojisi, Batı Toroslar'da Güvercinoluk Formasyonu (Bozkaya vd., 2006; Gürsu ve Göncüoğlu, 2006), Orta Toroslar'da tanımlanan Kozan Formasyonu (Özgül ve Kozlu, 2002), Sultandağlar'ında ve Doğanhisar bölgesinde Gökoluk Formasyonu (Özgül vd., 1991), Amanos Dağları yöresinde Eğribucak Formasyonu (Atan, 1969), Doğu Toroslar'da Tufanbeyli-Kozan bölgesinde yer alan tuf-tüfit ara seviyeli kumtaşı, kiltası, silttası ve kuvarsitlerden oluşan Oruçlu Formasyonu (Özgül ve Kozlu, 2002), Mardin-Derik bölgesinde Prekambriyen yaşlı andezit, spilitik andezit, aglomera, kumtaşı, silttası, konglomera ve benzeri kaya birimlerini içeren Telbesmi Formasyonu (Ketin, 1966), diyabaz

Çizelge 1. Oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve Karbon ($\delta^{13}\text{C}$) izotop analiz sonuçları.Table 1. Results of Oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) and Carbon ($\delta^{13}\text{C}$) isotope analysis.

Örnek No	Mineral	Oluşum	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ VSMOW	C std dev.	O std dev.
S6/K706	Siderit	Birincil	-0.77	-9.95	20.65	0.022	0.014
S7/K706	Siderit	Birincil	-0.71	-10.19	20.41	0.022	0.010
S8/K706	Siderit	Birincil	-1.62	-9.95	20.66	0.007	0.062
S9/K706	Siderit	Birincil	-1.07	-10.60	19.98	0.032	0.032
S11/K706	Siderit	Birincil	-1.12	-10.68	19.90	0.015	0.035
S1/K706	Siderit	İkincil	-6.57	-10.43	20.16	0.073	0.085
S2/K706	Siderit	İkincil	-6.62	-11.20	19.37	0.007	0.042
S3/K706	Siderit	İkincil	-6.85	-10.29	20.30	0.056	0.064
S4/K706	Siderit	İkincil	-7.94	-12.03	18.50	0.017	0.009
S5/K706	Siderit	İkincil	-7.09	-10.96	19.61	0.020	0.044
S10/K706	Siderit	İkincil	-6.77	-11.28	19.28	0.011	0.058

PDB= (Pee Dee Belemnite)

V-SMOW= (Vienna-Standart Ortalama Okyanus Suyu)

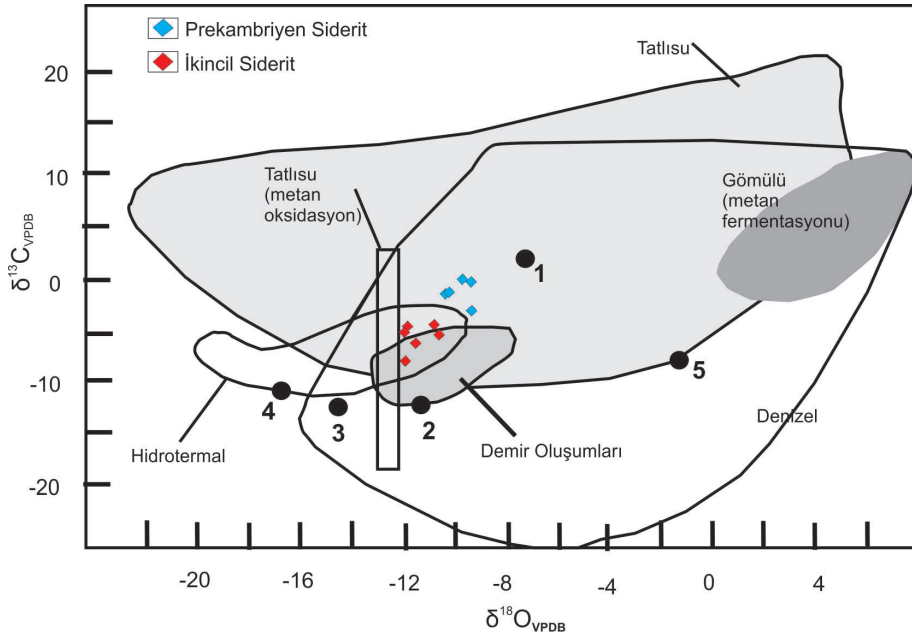
Std dev.= Standart düzeltme

dayki, şist, fillit, kuvars şist, kloritşist, metakonglome-
ra, metaçört ve benzeri birimlerden oluşan Bozburun
Formasyonu (Şenel ve Sönmez, 2006) ile benzerlik
göstermekte ve deneştirilebilir özelliktedir. Bu deneş-
tirme, Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu'nun
oluştığı havza koşulları ve jeotektonik ortamını yan-
sıtma açısından önemlidir. Bu formasyonların oluş-
tuğu kuşak boyunca Pan-Afrikan Orojenezi etkin
olmuş ve aynı kaynaktan beslenmişlerdir. Özellikle
Amanoslar'da mostra veren ve ilk defa bulunan iz fo-
sillerle Prekambriyen yaşı verilen (Önal, 1986), fa-
kat temeli görülemeyen Eğribucak Formasyonu, derin
denizel ortamda çökelen grovak, laminalı şeyl türü
kayaçlar ile düşük dereceli metamorfik kayaçlar olan
metakumtaşları ile temsil edilmektedir. Formasyonun
gerek litolojisi gerekse de oluşum ortamı (Şekil 9 ve 15)
çalışma alanındaki Emirgazi Formasyonu'nun oluşum
koşullarıyla benzerlik sunmaktadır. Birincil kökenli
düşük manganlı sin-sedimanter siderit cevherlerinde-
kii $\delta^{13}\text{C}$ izotopik değerleri (0'a yakın), cevherleşmelerin
bu derin denizel ortam koşullarında oluştuğunu gös-
termektedir (Şekil 15). Ayrıca Prekambriyen birimler
içindeki sedimanter piritlerdeki $\delta^{34}\text{S}$ değerleri de Geç
Proterozoyik zamanındaki deniz suyu değerlerine ya-
kınlık göstermekte (Claypool vd.,1980) ve bu ortam
koşullarında Fe-sülfid cevherleşmelerinin olduğu
görülmektedir (Ayhan vd.,1992). Çalışma alanında
baritlerden elde edilen (Küpeli vd., 2007) $\delta^{34}\text{S}$ ve $\delta^{18}\text{O}$

izotop verileri de Geç Proterozoyik-Alt Kambriyen za-
man aralığında oluşan denizel barit yataklarına işaret
etmekte (Wang ve Li, 1991) ve primer sideritler gibi
(Şekil 15) derin deniz ortamlarında çökeldiğine işaret
etmektedir.

Derin denizel ortamda çökelen Prekambriyen yaşlı
Eğribucak Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen
Alt Kambriyen yaşlı Eğrek Formasyonu (Şekil 15A ve B)
ise kuvars arenitlerden oluşmuş olup Zabuk Formasyo-
nu kayaçlarıyla benzer özelliktedir (Önal, 1986). Eğ-
rek Formasyonu birimleri yüksek enerjili, sıg bir şelf or-
tamında çökelmiştir (Dean ve Özgül, 1979) (Şekil 15A).
Günümüzde işletilen geç evre hematit ve süperjen götit
cevherleşmelerinin bulunduğu Ort-Üst Kambriyen yaşlı
Değirmentaş Formasyonu'nun kireçtaşları ise, düşük
enerjili, duraylı bir şelf ortamı koşullarını yansıtan Orta
Kambriyen yaşlı Koruk Formasyonu'nun kireçtaşlarıyla
ile benzer ortam koşullarında oluşmuştur (Şekil 15A).
Karaya yakın duraylı bir şelf ortamında çökelen bu kar-
bonatlı kayaçların, çökeltme koşullarındaki değişiklikle-
rinden dolayı $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinde hafif değişimler
ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ değerlerin de zenginleşen oranlar da gö-
rülmemektedir (Şekil 15).

Attepe ve çevresi demir yataklarında olduğu gibi bi-
rincil siderit cevherleşmesinin olduğu metalojenik
kuşak göz önüne alındığında, bu kuşak boyunca
(İran, Hindistan) çok sayıda Prekambriyen yaşlı de-

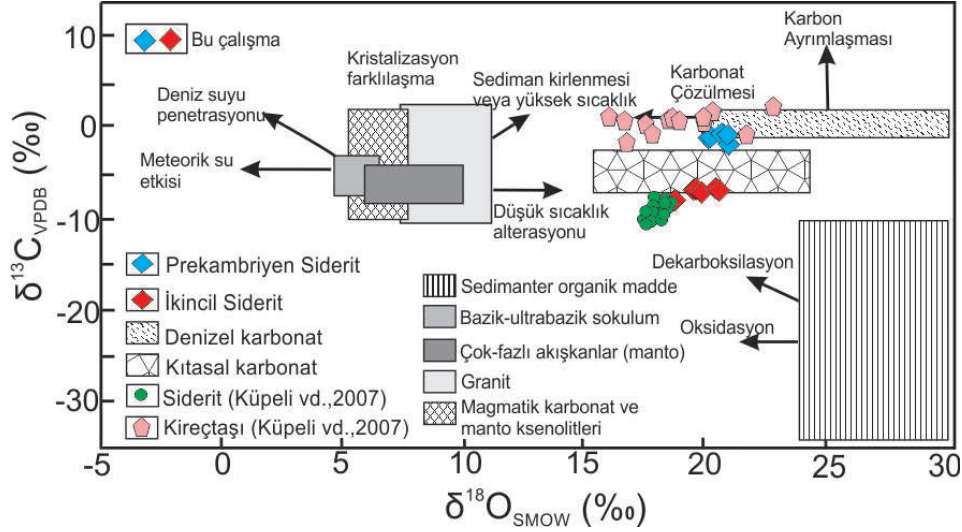


Şekil 13. Sideritlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin gösterdiği olası çökeltme ortamları (Diyagram Damyanov, 2002'den alınmıştır). 1- Düşük-Mn'lı diyajenetik siderit alanı. 2- Mn-Mg'lu siderit. 3- İri taneli özşekilli kristalli Mn-Mg siderit (barit ve sülfidlerle ilişkili). 4- Diyajenetik olarak sideritlenmiş organik kalıntılar. 5- Oolitik Siderit. Bu çalışmada analiz edilen birincil sideritler, diyajenetik oluşumlu düşük Mn içerikli alana düşerken, ikincil sideritler hidrotermal kökenli demir oluşumlarına işaret etmektedir.

Figure 13. Possible depositional environments of $\delta^{18}\text{O}$ and the $\delta^{13}\text{C}$ isotope values obtained from siderite (Diagram taken by Damyanov, 2002). 1- Lower-Mn diagenetic of siderite area. 2- Mn-Mg siderite. 3- coarse-grained, idiomorphic Mn-Mg siderite crystalline (associated with barite and sulphides). 4- Diagenetically sideritized organic remnants. 5- Oolitic siderite. While analysed primary siderites plot to low-Mn content area in diagenetic setting, secondary siderites indicate hydrothermal origin of iron formation, in this study.

mir cevherleşmeleri bulunmaktadır (Rajabi vd., 2015). İran'daki demir yatakları Pan-Afrikan Orojenezi ile ilgili yataklar olup bunlar Geç Neoproterozoyik-Alt Kambriyen zaman aralığında gelişen bir dizi kıta içi riftleşme ile ilişkilidir. Arap ve Hindistan plakaları arasındaki Proto-Tetis okyanusunun kenarı boyunca yer alan İran'daki yataklanmalar, alkalin volkanizma ve spilitik bazaltların eşlik ettiği, denizaltı volkanizmasının olduğu yay-gerisi bir havza ortamında gelişmişlerdir. (Rajabi vd., 2012). İran'daki Chahmir ve Koushk'taki SEDEX tipi Zn-Pb yatakları, sin-sedimanter faylarla ilişkili, yarı graben sisteminde oluşmuşlardır. Bölgedeki Zarigan P-Fe, Chahgaz Fe-P, Esfordi, P-Fe ve Narigan Fe-Mn yatakları volkano-sedimanter özellikle yataklar olup yay gerisi havzada meydana gelen bir riftleşme ile ilişkilidirler (Rajabi vd., 2015). Chahmir ve Koushk'taki sin-sedimanter faylar, sübsidans sırasında aktif rol alarak kanal görevi yapıp cevherli hidrotermal sıvıların geçişini sağlamışlar ve cevherin gelişmesinde etkin olmuşlardır. Zarigan-Chahmir havzasındaki bu yataklar anoksik koşullar

altında çökelen, meta-sedimanter kayaçların bulunduğu, sin-sedimanter faylara yakın olan SEDEX Zn-Pb depolanmalarıdır. Kousk SEDEX Fe-Mn ve Zn-Pb yatakları ise rift kökenli sedimanter bir ortamda, kıta içi tektonik ortamı yansıtan kıtasal magmatik yayla ilişkili asitik-bazik kayaçlarla aynı ortamda oluşmuşlardır (Yaghubpur ve Mehrabi, 1997). Bölgedeki stratabound tipi demir cevherleşmeleri Esfordi ve Mishdovan bölgesinde yer almakta olup bu yataklar volkano-sedimanter kayaçlar içinde oluşmaktadır (Jami vd., 2007). Stratiform demir oluşumları ise Esfordi bölgesinde sin-volkano-sedimanter kayaçlarla birlikte bulunmakta ve hidrotermal sıvıların doğrudan deniz tabanında çökmesi ile oluşan sedimanter-eksalatif demir yatakları olarak yorumlanmaktadır (Aftabi vd., 2009). Bu tip yatak oluşumlarına Almanya'daki Lahn Dill demir yatağı (Dill ve Botz, 1989; Dill 2010) ve Malatya-Deveci siderit yatağı örnek verilebilir (Ünlü, 1983, 1987). Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı Lahn-Dill tip demir yatağında siderit-hematit birlikteliği gözükürken, Deveci demir yatağında sadece siderit cev-



Şekil 14. Siderit örneklerinin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ karşı $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ grafiği. Veriler denizel karbonat (Baker ve Fallick, 1989; Hoefs, 1997), kıtasal karbonat (Hoefs, 1997), sedimanter organik madde karbonu (Hodson, 1977; Hoefs, 1997), ve magma-manto karbonatını (Ray vd., 1999) içeren 4 farklı alandan oluşmaktadır. Diyagramdaki diğer alanlar Wang vd., 2015'ten alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre birincil siderit örnekleri denizel karbonatların olduğu alana düşmektedir. İkincil kökenli siderit cevherleşmelerimiz önceki çalışmalarda elde edilen verilerle birlikte (Küveli vd., 2007) kıtasal karbonat alanında sonraki hidrotermal-metazomatik süreçte oluşan siderit cevherleşmeleridir.

Figure 14. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ versus $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ plots for siderite samples. Data consist of four different areas including marine carbonate (Baker et Fallick, 1989; Hoefs, 1997), continental carbonate (Hoefs, 1997), sedimentary organic matter carbons (Hodson, 1977; Hoefs, 1997), and the magma mantle carbonate (Ray et al., 1999). Other areas in the diagram taken by Wang et al. (2015). Primary siderite samples plot the marine carbonate field in this study. Secondary-origin siderite mineralizations and previous data results (Küveli et al., 2007) plot the continental carbonate field and formed during the hydrothermal-metazomatic process.

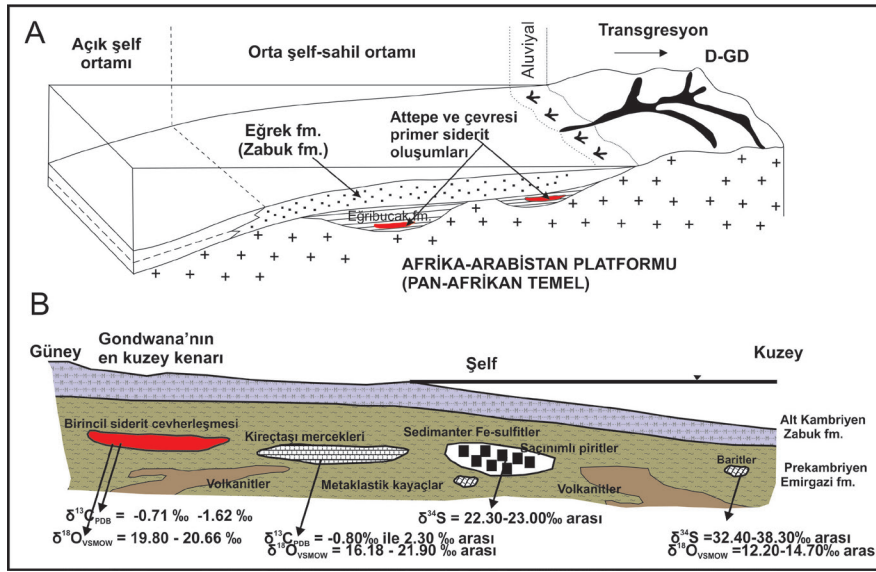
heri görülmektedir. Riftleşme ile ilişkili hidrotermal sistemlerin oluşturduğu yay-gerisi havzalardaki bu tip yatakların bulunduğu anoksik, stratiform havzalar metalce zengin sedimanların içerdiği demir oksit, silikat, sülfür ve karbonatların çökeldiği havzalardır. Demir ve silikaca zengin bu tür havzalara Batı Afrika'daki Çad Gölü'nün tabanındaki sedimanlarda oluşan oolitik demir yataklarının oluşumu da örnek gösterilebilir (Lemolle ve Dupont, 1973).

Yukarıdaki havza koşullarıyla benzer özellikler gösteren Geyikdağı Tektonik Birliği içindeki Emirgazi Formasyonu Türkiye'de, KB Gondwana'nın İnfrakambriyen yaşlı kayaç birimlerini temsil etmekte ve KB Gondwana'nın en kuzeyinde yer alan kayaç birimleriyle benzer özellik göstermektedir (Şekil 15B). Formasyonun oluşumu olasılıkla Geç Prekambriyen-Erken Kambriyen zamanında genişlemeli rejimin etkili olduğu bir zaman dilimine denk gelmekte ve çökeltme ortamı riftle ilişkili bir sedimantasyon ortamını yansıtmaktadır (Şekil 15) (Cater ve Tumbridge, 1992; Dean ve Monod, 1997; Kozlu ve Göncüoğlu, 1997; Göncüoğlu ve Koz-

lu, 2000; Ghienne vd., 2010). Bu zaman aralığı (İnfrakambriyen- Erken Kambriyen) sırasında Toroslar'da Pan-Afrikan orojenezi bileşimli KB Gondwana perikratonik kenarın yay gerisi genişleme ve/veya açılmasıyla riftleştiği ve çalışma alanındaki volkanik kayaçların bu rejim sonucu ortaya çıktığı (Gürsu, 2008; Tiringa vd., 2009; Keskin ve Ünlü, 2012; Gürsu vd., 2015) ve bu volkanik kayaçların birincil siderit cevherleşmeleri ile ilişkili olabilecekleri görülmektedir. İnceleme alanında birincil siderit cevherleşmelerinin bulunduğu Emirgazi Formasyonu bu paleotektonik ortamda yer almakta ve cevherleşme Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı Lahn-Dill tip demir yatakları gibi (Bottke, 1963; Dill ve Botz, 1989; Dill, 2010) eksalatif sedimanter yatakların (Large, 1981; Lydon, 1996) metamorfizmaya uğramış eşleniklerine benzerlik göstermektedir.

SONUÇLAR

Attepe demir yatağında izlenen birincil siderit cevherleşmeleri, Prekambriyen yaşlı Emirgazi Formasyonu



Şekil 15. A) Prekambriyen-Alt Cambriyen zamanında Emirgazi ve Zabuk formasyonlarının çökelme ortamları (Önalın, 1986), B) Prekambriyen-Alt Cambriyen zamanında Gondwana'nın en kuzey kenarındaki çökelme ortamı ve paleo-coğrafik profili ve primer cevherleşmelerin bu formasyonla olan stratigrafik ilişkisi (Şekil 9A'ya bakınız).

Figure 15. A) Depositional settings of Emirgazi and Zabuk formation in Precambrian-Lower Cambrian time (Önalın, 1986). B) Depositional setting and paleo-geographic profile at the northern edge of Gondwana, and stratigraphic relationship of primary siderite mineralizations with these formations in Precambrian-Lower Cambrian time (See Figure 9A).

içerisinde oluşmuş, sin-sedimanter/volcano-sedimanter oluşum kökenli bir cevherleşmedir. KB Gondwana'nın Prekambriyen yaşlı kayaç birimlerini temsil eden Emirgazi Formasyonu içindeki sinjenetik siderit cevherleşmelerinin oluşumu Pan-Afrikan Orojenezi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Cevher mikroskopisi çalışmalarında birincil oluşumlu siderit ve geç evre hematit, götit, siderit ve limonit parajenezleri ortaya konulmuştur. Siderit örneklerinden elde edilen $\delta^{13}C$ ve $\delta^{18}O$ izotop sonuçlarına göre; birincil kökenli demir cevherleşmeleri, diyajenetik veya sin-sedimanter demir oluşumlarını, ikincil kökenli geç evre demir cevherleşmeleri ise demirce zengin hidrotermal-metazomatik kökeni ve Mn-Mg siderit cevherleşmelerini göstermektedir. Birincil siderit cevherleşmelerinin derin denizel ortamda, anoksik ortam koşullarında oluştuğunu göstermektedir. Bu dönemde karbonat zenginleşmeleri de siderit oluşumlarına eşlik etmektedir.

Geç Kretase'de ve Paleosen-Eosen zaman aralığında bölgede meydana gelen ofiyolit üzerlemesi ve nap hareketlerinden dolayı birçok ters faylar ve kıvrımlar gelişmiştir. Bu dönemde KB-GD yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisi ile oluşan ters fay zonlarına sideritlerden çözünme yolu ile oluşan hidrotermal hematit-götit cevherleşmeleri yerleşmiştir. Karaçat,

Attepe, Elmadağbeli, Ayıdeliği, Menteş, Mağarabeli ve Kartalkaya geç evre demir yatakları bu dönemde oluşmuştur. Orta-Üst Cambriyen yaşlı kireçtaşları içinde hidrotermal-metazomatik olarak yerleşmiş olan bu hematit ve götit gibi cevherleşmelerin oluşumundan sonraki evrelerde karstlaşmalarda da etkilidir. Bu cevherleşmelerin dışında Jura-Kretase yaşlı metakonglomeratik seviyeler içerisinde Karakızoluğu demir cevherleşmesi gibi zenginleşmelere de rastlanmaktadır. Fay düzlem kayma verileri ve kıvrım analizlerine göre, çalışma alanında KKB-GGD yönlü sıkışma ve KKD-GGB yönlü gerilme rejiminin etkin olduğu düşünülmektedir. İnceleme alanındaki sol ve sağ yönlü makaslama zonlarına bağlı olarak gelişen yapılar dikkate alındığında, doğrultu atım tektoniği şu an bölgede baskın olan rejimdir. Bu da bölgede etkin olan Orta Anadolu Fay Zonu (Ecemiş Fayı) ile ilişkilidir. Eosen-Miyosen ve sonraki dönemde gelişen bu KD-GB ve KB-GD doğrultu atımlı faylar, tüm fayları ve günümüz işletilen geç evre hematit, götit gibi cevherleşmeleri kesmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında bitmiş olan doktora tezinin (Ankara Üniversitesi,

Fen Bilimleri Enstitüsü) bir bölümünü oluşturmaktadır. Yazarlar, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Veysel IŞIK (Ankara Üniversitesi), İsmail AKÇA (MTA) ve Necdet ARDA'ya (MTA), parlatma kesit incelemelerindeki katkıları sebebi ile Şükrü KOÇ'a (Ankara Üniversitesi), SEM çalışmalarındaki katkılarından dolayı Nihal GÖRMÜŞ'e (MTA) ve de izotop analizlerinin yapılması ve yorumlamasına katkı sağlayan David DETTMAN'a (Arizona Üniversitesi) teşekkür ederler. Bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü'nün 2009-32-13-02-1 kodlu Kayseri-Adana Havzası Demir Aramaları Projesi ile kısmen desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abia, E.H., Nachit, H., Marignac, C., Ibhi, A. ve Saadi, S.A., 2003. The polymetallic Au-Ag-bearing veins of Bou Madine (Jbel Ougnat, eastern Anti-Atlas, Morocco) tectonic control and evolution of a Neoproterozoic epithermal deposit. *Journal of African Earth Sciences*, 36, 251-271.
- Aftabi, A., Mohseni, S., Babeki, A. ve Azaraien, H. 2009. Fluid inclusion and stable isotope study of the esfordi apatite-magnetite deposit — A discussion. *Econ. Geol.* 104, 137-143.
- Akbayram, K., Okay, A. ve Satır, M. 2013. Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). *Journal of Geodynamics*, 65, 28-55.
- Akça, İ., 2011. Yahyalı (Kayseri) Mansurlu-Feke (Adana) Demir Aramaları. MTA Rapor No:11411, Ankara.
- Akın, U. ve Çiftçi, Y., 2011. Türkiye'nin Yapısal Süreksizlikleri: Jeolojik-Jeofizik (Gravite ve Manyetik) Analiz. MTA Monografi serisi No:6, Ankara
- Andrew, T. ve Robertson, A. H. F. 2002. The Beyşehir-Hoyran-Hadim Nappes: genesis and emplacement of Mesozoic marginal and oceanic units of the northern Neotethys in southern Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 159, 529-543.
- Arda, N., Tiringa, D., Ateşçi, B., Akça, A. ve Tufan, E., 2008. Yahyalı (Kayseri)- Mansurlu (Feke-Adana) Yöresi Demir Sahaları Maden Jeolojisi Arama Raporu. MTA Derleme No:11093. Ankara.
- Arda, N., Tiringa, D., Çelik, Y., Ateşçi, B. ve Keskin, S., 2009. Özkoyuncu Demir Madeni Ltd. Şti. ne ait İR: 13601 nolu Ruhsat Sahasında Yapılan (Yahyalı-Kayseri) Ücretli Detay Maden Etüt Raporu. MTA Derleme No:11118. Ankara.
- Arıkan, Y., 1968. Mansurlu (Feke-Yahyalı) demir zurları. MTA Derleme No:3992.
- Atan, O., 1969. Eğribucak-Karacaören (Hassa)-Ceyhanlı Dazevleri (Kırıkhan) arasındaki Amanos dağlarının jeolojisi. MTA yayınları, No. 139.
- Ayhan, A., Küpeli., Ş. ve Amstutz, G.C., 1992. Attepe (Feke-Adana) Demir Yatağının Bitişindeki Pirit Oluşumları. MTA Dergisi 114, 85-94.
- Baker, A. J. ve Fallick, A. E., 1989. Evidence from Lewisian limestones for isotopically heavy carbon in two-thousand-million-year-old sea water. *Nature* 337, 352-354.
- Bedi, Y. ve Usta, D., 2006. Tufanbeyli-Feke-Kozan Dolayının Paleozoyik Stratigrafisi (Doğu Toroslar), Toros Kuşağı ve Güneydoğu Anadolu bölgesi Prekambriyen- Paleozoyik Kaya Birimlerinin Litostratigrafi Adlamaları. Stratigrafi Komitesi 6.Çalışmayı Özler Kitabı, 22-23., Ankara.
- Bolhar, R., Van Kranendonk., M.J. ve Kamber, B.S., 2005. A trace element study of siderite-jasper banded iron formation in the 3.45 Ga Warrawoona Group, Pilbara Craton - Formation from hydrothermal fluids and shallow seawater. *Precambrian Research*, 137 1-2: 93-114.
- Bottke, H., 1963. Zur Kenntnis der dichten Roteisenerze aus Eisenerzlagerstätten des Lahn-Dill-Typs und deren Bildungsbedingungen. *Erzmetall*, B. 16, 437-494.
- Bozkaya, H., Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C., 2006. Mineralogical evidence for Cadomian tectonothermal event in the western Central Taurides (sandıklı-Afyon area), Turkey. *Gondwana Research*, 10, 301-315.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodynamica Acta*, Volume 14, Issue 1-3.
- Brown, M.C., Oliver, N.H.S. ve Dickens, G.R. 2004. The characterization and paragenesis of veining and fluid flow in the Mt. Whaleback iron ore district, eastern Hamersley Province, Western Australia. *Precambrian Research*, 128, 441-474.

- Brunn, J.H., Dumont, J.F., De Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., ve Poisson, A., 1971, Outline of the geology of the Western Taurides In Geology and History of Turkey. (ed A.S. Campwell), Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, 225-257.
- Burke, K. ve Şengör, A.M.C., 1986. Tectonic escape in the evolution of the continental crust. *Geodyn. Ser.* 14, 41-53.
- Cater, J.M. ve Tunbridge, I.P., 1992. Paleozoic tectonic history of the SE Turkey. *Journal of Petroleum Geology* 15, 35-50.
- Claypool, G.E., Holser, W.T., Kaplan, I.R., Hitoshi, S. ve Zak, I., 1980. The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. Volume 28, 199-260.
- Cocks, L.R.M., 2000. The Early Paleozoic geography of Europe. *Journal Geological Society*, 157, 1-10, London.
- Dağlıoğlu, C., 1990. Mansurlu yöresi TDÇİ sahaları. MTA Derleme No:8910.
- Dağlıoğlu, C. ve Bahçeci, A., 1999., Özkoyuncu'ya ait Koruyeri (Mağarabeli) demir madeni Jeoloji Raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2913.
- Dağlıoğlu, C. ve Arda, N., 2000. Koruyeri (Mağarabeli) ile Kovalı ve Mustafabeyli (TDÇİ Genel Müdürlüğüne ait) demir sahalarının Jeoloji Raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2891.
- Damyantov, Z., 2002. (<http://www.clmc.bas.bg/Annreps/Annrep08/annrep8.htm>). Annual Report No:8/2002.(Erişim tarihi: 25.03.2016)
- David, V. 2008. Structural-geological setting of the Elura-Zn-Pb-Ag massive sulphide deposit, Australia. *Ore Geology Reviews*, 34, 428-444.
- Dayan, S., 2007. Adana-Mansurlu Attepe civarındaki demir yataklarının jeolojik, petrografik ve yapısal özelliklerinin incelenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137 sf. (Türkçe).
- Dayan, S., Ünlü, T. ve Sayılı, İ.S. 2008. Adana- Mansurlu Attepe Demir Yatağı'nın Maden Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32 (2); 1-44.
- Dean, W.T. ve Özgül, N., 1979. Orta Toroslar'da Çaltepe Formasyonunun Bağbaşı (Hadim-Konya) yöresindeki yüzeylemesinde bulunan Orta Kambriyen trilobitleri. *M T A Dergisi* 92, 1-7.
- Dean, W.T. ve Monod, O., 1997. Cambrian development of the Gondwanaland Margin in southeastern Turkey. In: Goncuoglu, M.C. and Derman, A.S. (Eds.), Early Paleozoic evolution of NW Gondwana, Turkish Assoc. Petrol. Geol., Sp. Publ. NO. 3, pp. 61-74.
- Demirel, I. H. ve Kozlu, H., 1997. Evaluation of burial history, thermal maturity and source rock assessment of the Upper Paleozoic succession of the eastern Taurus region, southern Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, 14 (7-8), 867- 877.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and the Evaluation of the Alpine Systems. *Geological Society of American Bulletin*, 84, 3137-3180.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geol. Soc. Am. Bül.*, 90, 84-92.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.E., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia -a young collision zone. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 19, 3-36.
- Dill, H.G. ve Botz, R., 1989. Lithofacies variation and unconformities in the metalliferous rocks underlying the Permian Kupferschiefer of the Stockheim Basin/F.R. of Germany. *Economic Geology*, 84: 1028-1046.
- Dill, H.G., 2010. The "chessboard" classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium. *Earth Science Reviews*, 100: 1-420.
- Eken, E., 2012. Mağarabeli (Mansurlu-Feke Havzası, Adana) Demir Yatağının Maden Jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 81 s., Ankara (yayınlanmamış).
- El-ghali, M.A.K., Tajorib, K.G., Mansurbega, H., Oglec, N. ve Kalinc, R.M., 2006. Origin and timing of siderite cementation in Upper Ordovician glaciogenic sandstones from the Murzuq basin, SW Libya. *Marine and Petroleum Geology* 23, 459- 471.
- Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology. Wiley, New York, 589 pp.
- Fernandez-Nieto, C., J. Torres-Ruiz, J., I. Subías Pérez, I., Fanlo González, I. ve González

- López, J. M., 2003. Genesis of Mg-Fe Carbonates from the Sierra Menera Magnesite-Siderite Deposits, Northeast Spain: Evidence from Fluid Inclusions, Trace Elements, Rare Earth Elements, and Stable Isotope Data. *Economic Geology* 98(7),1413-1426.
- Ghebreab, W., Greiling, R.O. ve Solomon, S. 2009. Structural setting of Neoproterozoic mineralization, Asmara district, Eritrea. *Journal of African Earth Sciences*, 55, 219-235.
- Ghienne, J.-F., Monod, O., Kozlu, H. ve W.T. Dean, W.T. 2010. Cambrian–Ordovician depositional sequences in the Middle East: A perspective from Turkey. *Earth-Science Reviews* 101 (2010) 101–146.
- Gilg, H.A., Struck, U., Vennemann, T. ve Boni, M. 2003, Phosphoric acid fractionation factors for smithsonite and cerussite between 25 and 72°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 67, pp. 4049-4055.
- Göncüoğlu, M.C., 1997. Distribution of Lower Paleozoic rocks in the Alpine terranes of Turkey: Paleogeographic constraints. Göncüoğlu, M.C. ve Derman, A. S. (ed). *Early Paleozoic in NW Gondwana*. Turkish Association of Petroleum Geologist Special Publication, 3, 13-23.
- Göncüoğlu, M.C. ve Kozlu, H., 2000. Early Paleozoic evolution of the NW Gondwanaland, data from southern Turkey and surrounding regions. *Gondwana Research*, 3, 315-323.
- Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C., 2005. Early Cambrian back-arc volcanism in the Western Taurides, Turkey: implications for the rifting along northern Gondwanan margin. *Geological Magazine* 142 (5), 617–631.
- Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C., 2006. Petrogenesis and tectonic setting of Late Pan-African meta-felsic rocks in Sandıklı area (Western Turkey). *International Journal of Earth Sciences* 95, 741–775.
- Gürsu, S., 2008. Petrogenetic and Tectonic Significance of rift-Related Pre-Early Cambrian Mafic Dikes, Central Taurides, Turkey. *International Geology Review*. Vol. 50., 895-913.
- Gürsu, S., Möller, A., Göncüoğlu, M.C., Köksal, S., Demircan, H., Köksal, F.T., Kozlu, H. ve Gürsel, S., 2015. Neoproterozoic continental arc volcanism at the northern edge of the Arabian Plate, SE Turkey. *Precambrian Research*, Vol. 258., 208-233.
- Gürsu, S., 2016. A New Petrogenetic Model for Metagranitic Rocks in the Central and Southern Menderes Massif - W Turkey: Implications for Cadomian Crustal Evolution within the Pan-African Mega-cycle. *Precambrian Research*, Vol. 275., 450-470.
- Hangari, K.M., Ahmad., S.N. ve Jr. Perry, E.C., 1980. Carbon and Oxygen Isotope Ratios in Diagenetic Siderite and Magnetite from Upper Devonian Ironstone, Wadi Shatti District, Libya. *Economic Geology* 98(7),1413-1426.
- Hemi, J.D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters. US Geological Survey Water Supply Paper No. 2254, 263pp.
- Henden, İ., Önder, E. ve Yurt, M. Z., 1978; Adana-Kayseri-Mansurlu-Karaköy-Attepe-Elmadagbeli-Kızılmevkii-Menteşdere-Uyuzpınarı demir madenleri Jeoloji ve Rezerv Raporu. MTA Derleme No: 6394 (yayınlanmamış).
- Hodson, J.D., 1977. Stable Isotopes and limestone lithification. *J. Geol. Soc.* 133, 637-660.
- Hoefs, J., 1997. *Stable Isotope Geochemistry*. Springer, Heidelberg. 1-214 pp.
- Huggett, J., Dennis, P. ve Gale, A.S., 2000. Geochemistry of Early Siderite Cements from the Eocene Succession of Whitecliff Bay, Hampshire Basin, U.K. *Journal of Sedimentary Research* 70(5), 1107-1117.
- Jami, M., Dunlop, A.C. and Cohen, D.R. 2007. Fluid inclusion and stable isotope study of the Esfordi apatite–magnetite deposit, Central Iran. *Econ. Geol.* 102, 1111–1128.
- Keskin, S., Ünlü, T. ve Arda, N., 2010a. Attepe ve Çevresindeki Demir Yataklarının Yapısal Özellikleri ve Tektoniği, Kayseri-Adana Havzası (Türkiye), 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 5-9 Nisan 2010, Ankara. MTA Kültür Sitesi, 356.sf.
- Keskin, S., Ünlü, T. ve Coşkun, E., 2010b. Elmadagbeli, Menteş, Kartalkaya ve Mağarabeli Demir Yataklarında Jeotermometrik Çalışmalar (Kayseri-Adana Havzası, Türkiye). IV Ulusal Jeokimya Sempozyumu, 26-28 Mayıs 2010, Elazığ., 137. sf.
- Keskin, S. ve Ünlü, T., 2012. Geotectonic setting and structural controls of Elmadagbeli, Menteş,

- Karaçat, Kartalkaya and Attepe iron deposits (Kayseri-Adana Region, Turkey). IESCA (International Earth Science Colloquium on the Aegean Region), IESCA-2012, Abstracts, pp 150, İzmir.
- Keskin, S. ve Ünlü, T. 2016a. Attepe ve Civarındaki Demir Yataklarında Duraylı İzotop Çalışmaları (Kayseri-Adana Bölgesi, Türkiye). 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı 11-15 Nisan, MTA Kültür Sitesi, Bildiri Özleri Kitabı, 158-159 s., Ankara.
- Keskin, S. ve Ünlü, T. 2016b. Attepe Bölgesindeki Prekambriyen Yaşlı Demir Yataklarının Oksijen ve Karbon İzotop Jeokimyası (Kayseri-Adana Havzası, Türkiye). Uluslararası VII. Jeokimya Sempozyumu, 16-18 Mayıs, Bildiri Özleri Kitabı, 89-90 s., Antalya.
- Keskin, S., 2016c. Attepe Demir Yatağı (Mansurlu Havzası, Adana) ve Çevresi Demir Yatakları ve Zuhurlarının Jeolojisi, Yapısal Özellikleri ve Tektoniği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 218 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Ketin, İ., 1966. Güneydoğu Anadolu'nun Kambriyen teşekkülleri ve bunların doğu İran Kambriyenine ile mukayesesi. MTA Dergisi., sayı 66.
- Kholodov, V.N. ve Butuzova, G.Y., 2004. Problems of Siderite Formation and Iron Ore Epochs: Communication 2. General Issues of the Precambrian and Phanerozoic Ore Accumulation. Lithology and Mineral Resources, Vol. 39, No. 6, 2004, pp. 489-508.
- Koç, A. ve Kaymakçı, N., 2013. Kinematics of Sürçü Fault Zone (Malatya, Turkey): A remote sensing study. Journal of Geodynamics 65 (2013) 292-307.
- Koçyiğit, A. ve Bayhan, A., 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics 284, 317-336.
- Koçyiğit A. ve Deveci, Ş., 2007. A N-S-trending Active Extensional Structure, the Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of the Extensional Neotectonic Period in the Isparta Angle, SW Turkey. Turkish J. Earth Sci., Vol. 16, 391-416.
- Kozlu, H. ve Goncuoğlu, M.C., 1997. Stratigraphy of the Infra-Cambrian rock-units in the Eastern Taurides and their correlation with similar units in southern Anatolia. In: Goncuoğlu, M.C. and Derman, A.S. (Eds.), Early Paleozoic evolution of NW Gondwana, Turkish Assoc. Petrol. Geol., Sp. Publ. NO. 3, pp. 50-60.
- Kröner, A. and Stern, R. J. 2005. Pan-African Orogeny. Elsevier Encyclopedia Geology, Volume I, 1-12.
- Küpeli, Ş., 1986. Attepe (Mansurlu-Feke) yöresinin demir yatakları. S.Ü. Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, 111s., Konya (yayınlanmamış).
- Küpeli, Ş., 1991. Attepe (Mansurlu-Feke) yöresi demir yataklarının jeolojik, petrografik ve genetik incelemesi. S.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Konya, 227s.
- Küpeli, Ş., Karadağ, M. M., Ayhan, A., Döyen, A. ve Arık, F., 2007. C, O, S and Sr isotope studies on the genesis of Fe-carbonate and barite mineralizations in the Attepe iron district (Adana, Southern Turkey). Chemie der Erde, 67, 313-322.
- Küpeli, Ş., 2010. Trace and rare-earth element behaviors during alteration and mineralization in the Attepe iron deposits (Feke-Adana, southern Turkey). Journal of Geochemical Exploration, V.105, 51-74.
- Large, D.E., 1981. Sediment-hosted Submarine Exhalative Sulphide Deposits - a Review of their Geological Characteristics and Genesis. in Handbook of Stratiform and Strati-form Ore Deposits; Wolfe, K.E., Editor, Geological Association of Canada, Volume 9, pages 459-507.
- Lemoalle, J. ve Dupont, B. 1973. Iron-bearing oolites and the present conditions of iron sedimentation in Lake Chad (Africa). International Union of Geological Sciences, Series A, no. 3, p. 167-178.
- Lydon, J.W., 1996. Sedimentary Exhalative Sulphides (SEDEX). in Geology of Canadian Mineral Deposit Types, Eckstrand, O.R., Sinclair, W.D. and Thorpe, R.I., Editors, Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 8, 130-152.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ou-

- zounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G. 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105(B3): 5695-5719.
- McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- Mackintosh, P.W. ve Robertson, A.H.F., 2009. Structural and sedimentary evidence from the northern margin of the Tauride platform in south central Turkey used to test alternative models of Tethys during Early Mesozoic time. *Tectonophysics* 473, 149-172.
- McLellan, J.G., Oliver, N.H.S. ve Schaub, P.M., 2004. Fluid flow in extensional environments; numerical modelling with an application to Hamersley iron ores. *Journal of Structural Geology*, 26, 1157-1171.
- Metin, S., Ayhan, A. ve Papak, I., 1986. Doğu Torosların batı kesiminin jeolojisi. *MTA Dergisi*, 107, 1-13.
- Miller, J.M. ve Wilson, C.J.L., 2004a. Structural analysis of faults related to a heterogeneous stress history: reconstruction of a dismembered gold deposit, Stawell, western Lachlan Fold Belt, Australia. *Journal of Structural Geology*, 26, 1231-1256.
- Miller, J.M. ve Wilson, C.J.L., 2004b. Stress Controls on Intrusion-Related Gold Lodes: Wonga Gold Mine, Stawell, western Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. *Economic Geology*, 99, 941-963.
- Morad, S., Ben Ismail, H.N., De Ros, L.F., Al-Aasm, I.S. ve Serrhini, N.-E., 1994. Diagenesis and formation water chemistry of Triassic reservoir sandstones from southern Tunisia. *Sedimentology* 41, 1253-127.
- Morad, S., 1998. Carbonate Cementation in Sandstones: Distribution Patterns and Geochemical Evolution. 26. *International Association of Sedimentologists* 1-26.
- Önal, M., 1986. Amanos dağlarındaki Alt Paleozoik çökellerinin çökme ortamları ve bölgenin paleocoğrafik evrimi. *TJK Bül.*, 29, 49-63.
- Özgül, N., 1971. Orta Torosların Kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. *TJK Bül.* 14 (1), 85-101.
- Özgül, N., Metin, S., Göğür, E., Bingöl, İ. ve Baydar, O. 1973. Tufanbeyli dolayının (Doğu Toroslar, Adana) Kambriyen-Tersiyer kayaları. *TJK Bül.*, cilt XVI, sayı 1.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *T.J.K. Bül.*, 19, 65-78.
- Özgül, N., 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In: Tekeli, O. ve Göncüoğlu, M.C. (eds). *Int. Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 77-90.
- Özgül, N., Bölükbaşı, S., Alkan, H. ve Öztaş, Y. 1991. Sultan Dağları-Sandıklı-Hama Akdağ Yöresinin Jeolojisi. *TPAO Rapor No:3028*, Ankara.
- Özgül, N. ve Kozlu, H., 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) yöresinin stratigrafisi ve yapısal konumu ile ilgili bulgular. *TPJD Bülteni*, Cilt 14, Sayı 1, Sayfa 1-36.
- Pye, K., Dickson, J.A.D., Schiavon, N., Coleman, M.L. ve Cox, M., 1990. Formation of siderite-Mg-calcite-iron sulphide concretions in an intertidal marsh and sandflat sediments, North Norfolk, England. *Sedimentology* 37, 325-343.
- Rajabi, A., Rastad, E., Alfonso, P. ve Canet, C. 2012. Geology, ore facies and sulfur isotopes of the Koushk vent-proximal sedimentary-exhalative deposit, Posht-e-Badam block, Central Iran. *Int. Geol. Rev.* 54, 1635-1648.
- Rajabi, A., Canet, C., Rastad, E. ve Alfonso, P. 2015. Basin evolution and stratigraphic correlation of sedimentary-exhalative Zn-Pb deposits of the Early Cambrian Zarigan-Chahmir Basin, Central Iran. *Ore Geology Reviews*, Vol. 64, 328-353.
- Ray, J.S., Ramesh, R. ve Pande, K., 1999. Carbon isotopes in Kerguelen plume-derived carbonates: evidence for recycled inorganic carbon. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol.170(3), 15, 205-214.
- Robertson, A.H.F., Parlak, O. ve Ustaömer, T., 2009. Melange genesis and ophiolite emplacement related to subduction of the northern margin of the Tauride - Anatolide continent, central and western Turkey. *Geological Society, London, Special Publications* 2009, v.311; p9-66.

- Stern, R.J., 1994. Arc assembly and continental collision in the Neoproterozoic East African Orogen: implications for the consolidation of Gondwanaland. *Annual Reviews Earth Planetary Sciences* 22: 319–351.
- Şenel, M., Usta D., Metin Y., Bedi Y., Vergili Ö., Usta M., Balcı V., Kuru K., Tok T., Özkan, M., K. ve Kop A., 2004. Kozan-Tufanbeyli (Adana) arasındaki yapısal birimlerin jeolojik özellikleri. 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özelleri, s. 275.
- Şenel, M. ve Sönmez, İ., 2006. Toros Kuşağı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Alt Kambriyen Kuvarsitleri (Zabuk Fm.) Öncesine Ait Kaya Birimleri. *Stratigrafi Komitesi, 6.Çalış-tayı, Özler 9-11sf.*, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Satir, M. ve Akkok, R., 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, v. 3, pp. 693-707.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75, 81–241.
- Tatar, O., Piper, J.D.A., Park, R.G. ve Gürsoy, H., 1995. Palaeomagnetic study of block rotations in the Niksar overlap region of the North Anatolia Fault Zone, Central Turkey. *Tectonophysics*, 244, 251-266.
- Taylor, D., Dalstra, H.J., Harding, A.E., Broadbent, G.C. ve Barley, M.E., 2001. Genesis of high-grade hematite orebodies of the Hamersley Province, Western Australia. *Economic Geology*, 96, 837–875.
- Taymaz, T., Yılmaz, Y. ve Dilek, Y., 2007. The geodynamics of the Aegean and Anatolia: introduction. *Geological Society, London, Special Publication* 291,1-16.
- Tekeli, O., 1980. Toroslarda, Aladağların Yapısal Evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 23, 11-14.
- Tekeli, O., Aksay, A., Ürgün, B. M. ve Işık A., 1984. Geology of the Aladağ Mountains. *Geology of The Taurus Belt* (edd.: Tekeli, O. ve Gönçüoğlu, M. C.), 143-158.
- Tiringa, D., Ünlü, T. ve Sayılı, İ.S., 2009. Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat Demir Yatağının Maden Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 33 (1); 1-44.
- Tiringa, D. 2016. Karaçat Demir Yatağı (Mansurlu Havzası, Adana) ve Doğusunda Yer Alan Demir Yatakları ve Zuhurlarının Jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 283 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Tutkun, S. Z., 1984. Saimbeyli (Adana) Yöresinin stratigrafisi. *C.Ü. Müh. Fak. Yer Bilimleri Dergisi* 1 (1), 31-40.
- Ünlü, T. 1983. Die Genese der Siderit-Lagerstätte Deveci in der Hekimhan-Provinz Malatya/Turkei und ihre wirtschaftliche Bewertung. Doktora Çalışması, Berlin Teknik Üniversitesi, Almanya, mikrofilm (aynı çalışma TDÇİ Genel Müdürlüğü tarafından bastırılmıştır).
- Ünlü, T. ve Stendall, H., 1986. Divriği Bölgesi Demir Yataklarının Element Korelasyonu ve Jeokimyası (Orta Anadolu-Türkiye). *TMMOB Jeoloji Müh. Odası Dergisi*, 28, 5-19, Ankara.
- Ünlü, T. 1987. Maden yataklarının değerlendirilmesi yöntemine bir örnek: Deveci Siderit Yatağı (An Example to the Mineral Deposits Evaluation Method: Deveci Siderit Deposit). *S. Ü. Müh. Mim. Fak. Derg.*, Sayı 2, C. 2, 68-78, Konya.
- Wang, Z. ve Li, G., 1991. Barite and Witherite in Lower Cambrian Shales of South China: Stratigraphic Distribution and Chemical Characterization. *Economic Geology*, 86, 354-363.
- Wang, C., Deng, J., Santosh, M., Carranza, E.J.M., Gong, Q., Guo, C. Xia, R. ve Lai, X., 2015. Timing, tectonic implications and genesis of gold mineralization in the Xincheng gold deposit, China: C–H–O isotopes, pyrite Rb–Sr and zircon fission track thermochronometry. *Ore Geology Reviews*, 65, 659-673.
- Wilson, T.J., Grunow, A.M. ve Hanson, R.E. 1997. Gondwana assembly: the view from southern Africa and East Gondwana. *J. Geodynamics* 23, 263–286.
- Yaghubpur, A. ve Mehrabi, B. 1997. Koushk zinc-lead deposit a typical black-shale-hosted deposit in Yazd State, Iran. *J. Sci. Islam. Repub. Iran* 8, 117–125.
- Yılmaz, İ. 2004. Mansurlu-Feke Civarının Yapısal Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, 208 sf (Yayınlanmamış).