

## ALADAĞLAR-ZAMANTI (DOĞU TOROSLAR) BÖLGESİNDE MİSİSİPİ VADİSİ TİPİ (MVT) Zn-Pb YATAKLARI: AYRAKLI VE DENİZOVASI Zn-Pb YATAKLARI, TÜRKİYE

### MISSISSIPPI VALLEY TYPE Zn-Pb DEPOSITS IN THE ALADAĞLAR-ZAMANTI (EASTERN TAURUS) REGION: AYRAKLI AND DENİZOVASI Zn-Pb DEPOSITS, TURKEY

Nurullah HANİLÇİ ve Hüseyin ÖZTÜRK  
İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar-İstanbul  
e-mail: [nurullah@istanbul.edu.tr](mailto:nurullah@istanbul.edu.tr)

**ÖZ:** Aladağlar-Zamanti (Doğu Toroslar) bölgesinde, farklı tipte Zn-Pb cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bu cevherleşmelerden Ayraklı ve Celaldağı Zn-Pb yatağı (Denizovası bölgesi) bölgedeki birincil cevherleşmelerin oluşumlarının anlaşılmasına ilişkin önemli veriler sunar. Ayraklı Zn-Pb yatağı, Yahyalı Napı'na ait alt yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Devoniyen yaşlı karbonatlar içinde yer alır. Devoniyen serisi içinde, strata-bound tipte tabakaya uyumlu ve mercek şekilli 3 farklı düzeyde cevherleşme bulunur. En altta, kristalize kireçtaşları içerisinde, tabakaya uyumlu ve tamamen simitsonitten oluşan 15-20 cm kalınlığında bir cevherleşme yer alır. İkinci ve üçüncü düzeydeki cevherleşmeler ise, kalk şistler içerisinde ve kalk şist-bitümlü şist ile kristalize kireçtaşı arasında görülür ve genellikle sülfürlü cevher minerallerinden oluşur. Denizovası Zn-Pb yatakları, Siyah Aladağ Napı'na ait kireçtaşları içerisinde yer alır. Üst Permiyen yaşlı kireçtaşlarındaki cevherleşmeler starta-bound tipte tabakaya kısmen uyumlu (Celaldağı yatağı), Jura yaşlı kireçtaşları içindekiler ise damar dolgusu ve karstik tipte gelişmiştir (Uzunkol Tepe yatağı). Ayraklı ve Denizovası bölgesi yatakları benzer mineral parajenezine sahiptir. Parajenezde; galenit, sfalerit, pirit/markazit, serüzit, anglezit, simitsonit, hidrozinkit, zinkit, hematit, limonit ve gang olarak kalsit, dolomit ve kuvars bulunmaktadır. Sıvı kapanım çalışmaları; Ayraklı ve Celaldağı yatağını oluşturan çözeltilerin yüksek tuzluluğa sahip olduklarını (%14-28 NaCl), çözelti sistemlerinde NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, LiCl ve FeCl<sub>2</sub> gibi tuzların hakim olduğunu, Zn ve Pb'nin klorlü çözeltiler şeklinde taşındıklarını ortaya koymuştur. Ayrıca, Ayraklı Yatağı için 50°C - 229°C, Celaldağı Yatağı için ise, 86°C - 162°C arasında değişen homojenleşme sıcaklıkları tespit edilmiştir. Bölgedeki cevherleşmeler Üst Permiyen deniz suyunun faylardan derine süzülerek ısınması, ısınan suyun temel kayalar içerisindeki Zn ve Pb'yi çözerek klor kompleksleri şeklinde yukarı taşınması şeklinde oluşmuştur. Zn, Pb iyonlarının zengin hidrotermal çözeltilerin organik maddece zengin kayalarla reaksiyona girmesi ve sülfatların sülfürlere indirgenmesi ile ilişkili olarak sülfürlü çökelimler gerçekleşmiştir. Tüm veriler; Celaldağı Zn-Pb yatağı (Denizovası) için "Misisipi Vadisi Tipi" (MVT) bir cevherleşmeye, Ayraklı Zn-Pb yatağı için ise "Gays Rever Yatakları" ile "Misisipi Vadisi Tipi" (MVT) arasında bir cevher oluşumuna işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Sıvı Kapanım, Ayraklı-Denizovası Zn-Pb Yatakları, Misisipi Vadisi Tipi (MVT), Doğu Torosla, Türkiye*

**ABSTRACT:** There are different types of Zn-Pb mineralizations in the Aladağlar-Zamanti region, Eastern Taurus. Among the mineralizations, the Ayraklı and Celaldağ Zn-Pb deposit (Denizovası region) display important clues for the understanding of the primary mineralization events in the Aladağlar-Zamanti region and therefore the studied focused on these two important deposits. The Ayraklı Zn-Pb deposit occurs in the Devonian carbonates of Yahyalı Nappe and shows low grade-green schist metamorphism. There are three different mineralization horizons in the Devonian series, which occur as a strata-bound type, concordant to bedding and lens-shaped. In the bottom horizon, the mineralization in the crystalised limestone is 15-20 cm thick and formed by simithsonite. The mineralizations in the second and third horizons comprise with sulphur ore minerals; occur in the calc schist and between the calc-schist, bituminous-schist and crystalised limestones. The Denizovası region Zn-Pb deposits occur in the limestones of the Siyah Aladağ Nappe. The mineralization occurs as a strata-bound type that is partly concordant to bedding in the Upper Permian limestones (Celaldağı deposit), and as a vein fill, karstic-type mineralizations in the Jurassic massive limestones (Uzunkol Tepe deposit). The Ayraklı deposit and the Denizovası region deposits show similar ore parajenesis. The galena, sphalerite, pyrite/marcasite, cerussite, anglesite, simithsonite, hydrozincite, zincite, hematite and limonite as ore minerals; calcite, dolomite and quartz occur as gangue minerals in the paragenesis. Fluid inclusion studies on the

Ayraklı and Celaldağı deposit indicate that ore solutions were highly saline (wt 14-28 % NaCl eq.) and NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, LiCl and FeCl<sub>2</sub> was the dominant salts in the solution. Thus it's apparent that Zn, Pb was transported as chloride complexes for the both deposits. The homogenization temperature is determined as 50°C to 229°C for the Ayraklı deposit and 86°C to 162°C for the Celaldağı deposit. The mineralization in the region was formed in the carbonate rocks via sea water of the Upper Permian that infiltrated through deep faults, and dissolved Zn, Pb metals in the basement rocks and carried up as chloride complexes. Zn, Pb rich hydrothermal solutions reacted with organic matter rich lithologies and precipitated as sulphides due to sulphate reduction. All data indicate that the Celaldağı Zn-Pb deposit (Denizovası) was formed as the Mississippi Valley Type (MVT) and the Ayraklı Zn-Pb deposit was formed as a transition type from "Gays Rever Deposits" to "Mississippi Valley Type" (MVT) deposit.

**Key Words:** *Fluid inclusion, Ayraklı-Denizovası Zn-Pb deposits, Mississippi Valley Type (MVT), Eastern Taurus, Turkey*

## GİRİŞ

Doğu Toroslar'ın Aladağlar- Zamantı Zn-Pb provenisi, ülkemizin karbonatlı çinko üretiminin yapıldığı tek bölgedir. Bölgedeki madencilik faaliyetleri Romalılar dönemine kadar uzanmakta ve günümüzde de devam etmektedir. Eldeki verilere göre bölgede günümüze kadar %35 Zn+Pb tenörlü yaklaşık 6,5 milyon ton tüvenan cevher üretimi gerçekleştirilmiş olup, şu anda faaliyet gösteren şirketlerin bilançolarına göre ise bölgede halen 3,5 milyon ton görünür rezerv bulunmaktadır (Hanılçı, 2003).

Aladağlar-Zamantı bölgesinde kireçtaşları, dolomitik kireçtaşları içindeki Zn-Pb cevherleşmeleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bunların oluşumu üzerine başlıca üç görüş ileri sürülmüştür. Birinci ve en yaygın olan görüşe göre; bölgedeki yataklar magmatik sokulumlara bağlı hidrotermal damar dolgusu şeklinde oluşmuştur (Imreh,1965; Petrascheck, 1967; Metag ve Stolberg, 1971; Ayhan, 1983; Ayhan ve diğ., 1984; Çopuroğlu, 1996; Altuncu, 2000; Kuşçu ve Cengiz, 2001). İkinci görüşe göre; hem ofiyolitik karmaşık içerisindeki kayalardan, hem de Permiyen içindeki tabakayla uyumlu cevherli zonlardan çözülen metallerin, karstlar içinde çökmesi şeklinde gelişmiştir (Çevrim ve diğ., 1986). Üçüncü bir görüş ise; primer cevherleşme SEDEX-tipi bir cevherleşme olup, Permo-Triyas döneminde okyanuslaşmanın erken evrelerinde stratiform tipte (sinjenetik) meydana gelmiş, sonraki süreçlerde karst sistemlerine aktarılarak karstik bir nitelik kazanmıştır (Koptagel ve diğ., 1998, 2001,2004).

Farklı oluşum modellerinin ileri sürüldüğü bu yataklarının oluşumu üzerine Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) bölgesindeki Ayraklı, Çadırkaya, Delikkaya, Suçatı ve Denizovası Zn-Pb yatakları çeşitli dönemlerde tarafımızda incelenmiştir. İncelenen yataklar içerisinde Toros kuşağı boyunca gözlenen karbonat anakayaçlı Zn-Pb cevherleşmelerinin ilksel oluşum kökenlerine ilişkin önemli veriler sunan, Ayraklı ve Denizovası bölgesi Zn-Pb yatakları bu makale kapsamında detaylı olarak anlatılacaktır.

## JEOLÖJİK ORTAM

İnceleme alanı, Doğu Toroslar'ın Aladağlar-Zamantı (Yahyalı-Kayseri) bölgesinde yer almaktadır

(Şekil 1). Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) bölgesi çeşitli naplardan oluşmaktadır. Bu nap birlikleri, farklı havza koşullarında çökelmiş kayaç gruplarını içermektedir (Özgül,1976). Bu olgu dikkate alınarak Doğu Toroslar'da 7 farklı tektonostratigrafik birlik (Yahyalı Napı, Siyah Aladağ Napı, Çataloturan Napı, Beyaz Aladağ Napı, Ofiyolitik Melanj, Aladağ Ofiyolitik Napı) (Şekil 1) ayırtlanmıştır (Tekeli ve diğ.,1983).

Bu makale kapsamında anlatılan Ayraklı Zn-Pb yatağı "Yahyalı Napı" içinde, Denizovası bölgesi Zn-Pb yatakları ise "Siyah Aladağ Napı" içinde yer almaktadır (Şekil 2, 3). Kireçtaşlarının egemen olduğu bu iki nap, Anadolu mikro kıtasının kuzey yamacındaki pasif kıtada çökelmiştir.

Litolojik özellikleri açısından her iki tektonik dilim arasında benzerlikler olmasına rağmen, Yahyalı Napı'na ait birimler alt yeşil şist fasiyesinde metamorfizma izleri gösterir. Tok ve diğ. (2004), Yahyalı Napı'nın, Siyah Aladağ Napı'nın metamorfik eşleniği olduğunu belirtmiştir.

## Ayraklı Zn-Pb Yatağı'nın Jeolojisi

Ayraklı Zn-Pb yatağı, Yahyalı (Kayseri) ilçesinin 17 km güneybatısında "Yahyalı Napı" içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Cevherleşme Orta Devoniyen yaşlı birimler içinde gelişmiştir (Şekil 2,3).

Yahyalı Napı, Orta Torosların Bozkır-Hadim bölgesinde "Güney İç Anadolu Birliği" (Özgül, 1971); Doğu Toroslar'ın Aladağlar bölgesinde ise "Yahyalı Napı" (Blumenthal,1952; Tekeli ve diğ.,1983) isimleriyle bilinmektedir. İstif olası Silüriyen (?)-Alt Devoniyen yaşlı kırıntılılarla başlayıp Triyas yaşlı karbonatlara kadar devam eden kesintisiz bir seri sunmaktadır (Şekil 2). Yahyalı Napı, Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) bölgesinde gözlenen tek metamorfik istif özelliğinde olup bölgesel metamorfizmanın alt yeşil şist fasiyesine ait metamorfiklerle temsil edilmektedir.

**Silüriyen (?)-Alt Devoniyen;** başlıca serizit şist, fillit, kuvars-serizit şist, kloritli – serizitli şist, kloritli-kalk şist, kristalize kireçtaşı ve kuvarsitlerden oluşur.

Şistler genellikle sarımsı yeşil, açık yeşil, gri, açık pembemsi kahve renklerde. Bazı kesimlerde şistler, gri renkli kristalize kireçtaşı- kalk şist, ince-orta

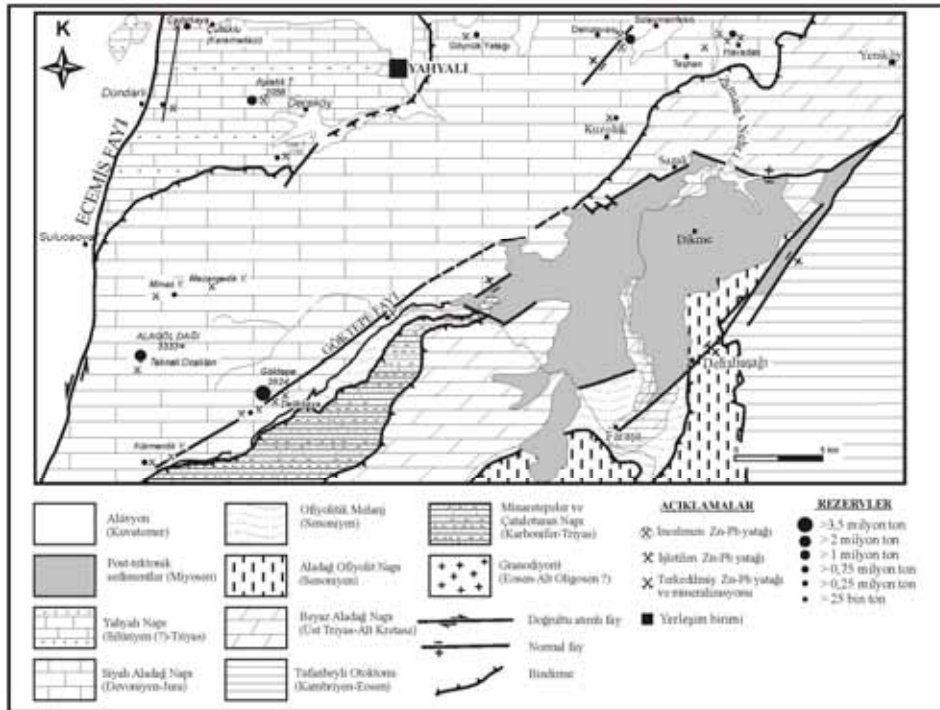
tabakalı grimsi-sarı renkli kuvarsitler, süt kuvarsitler ve dolomitik kireçtaşı ardalanmalı olarak izlenir. Serinin üst kesimlerinde *Crinoid* parçaları içeren kristalize kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları bulunur (Ayhan ve diğ.,1984). Silüriyen üzerine, *Amffora* ve bol mercan fosilli Orta-Üst Devoniyen yaşlı krsitalize kireçtaşları uyumlu olarak gelir. Formasyon içerisinde yaş verecek herhangi bir fosil bulgusu olmaması ve Orta- Üst Devoniyen yaşlı kristalize kireçtaşlarına geçişli olması nedeniyle en azından Alt Devoniyen yaşlı olduğu, ancak tabanındaki serizit şistlerin hakim olduğu düzeylerin Silüriyen yaşlı olabileceği belirtilmiştir (Ayhan ve Lengeranlı, 1986; Haniççi, 2003; Tok ve diğ., 2004).

**Orta-Üst Devoniyen;** kristalize kireçtaşı, kalkşist, dolomit ve bitümlü kireçtaşı seviyeleri ile temsil edilmektedir. Genellikle gri-koyu gri renkli orta-kalın tabakalı kristalize kireçtaşları hakim litolojiyi oluşturur. Yer yer açık gri, gri ve hatta siyah renkli dolomitler ile ardalanma gösterirler. Serinin orta kesimlerinde 20-25 m kalınlığında serizit şist- kuvarsit-dolomit ardalanması gözlenir. Kristalize kireçtaşları yoğun alg toplulukları ve Orta Devoniyen yaşını karakterize eden *Amffora* fosili içermektedir.

**Karbonifer;** şistlerle temsil edilmektedir. Sarımsı yeşil, açık kahve-bej renkli şistler genellikle

serizit-klorit şist, kuvars-serizit şist, fillit ile yeşil renkli, oldukça sert kuvarsit ara bantlarından oluşmaktadır. Şistlerin Orta-Üst Devoniyen yaşlı rekristalize kireçtaşları ile ilksel dokanağı çoğunlukla tektoniktir. Dereköy'ün kuzeybatısında (Şekil 3) kısmen de olsa ilksel ilişkisini koruyan şistler, Devoniyen yaşlı kristalize kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak durmaktadır. Birim yaşı, Orta- Üst Devoniyen yaşlı kristalize kireçtaşları ile olan uyumlu ilişkisi ve üzerine gelen Alt Permiyen yaşlı *Girvanella*'lı kristalize kireçtaşı seviyesinden dolayı Karbonifer olarak değerlendirilmiştir (Haniççi, 2003; Tok ve diğ., 2004).

**Permiyen;** başlıca kristalize kireçtaşı, kuvarsit ve kalk şist ara seviyeleri ile temsil edilmektedir. Genellikle gri-koyu gri renkli, üste doğru siyah renkli kristalize kireçtaşları, yeşil, sarı ve kirli beyaz renklere kuvarsit ara seviyeleri hakim litolojiyi oluşturmaktadır. Permiyen'in tabanı bol fosilli (*Girvanella*, *Fussulina*) yeşilimsi-sarı ince tabakalı kristalize kireçtaşı ile başlamakta (Tok ve diğ., 2004) ve yeşil-kirli beyaz renkli kuvarsitlere geçiş göstermektedir. Koyu gri renkli kalk şist ara seviyeleri ve sarımsı renkli kuvarsit ardalanması istifin orta seviyelerinde hakimdir.



**Şekil 1:** Aladağlar-Zamanti (Doğu Toroslar) bölgesinin tektonostratigrafik birlikleri ve bölgedeki Zn-Pb yataklarının konumu.

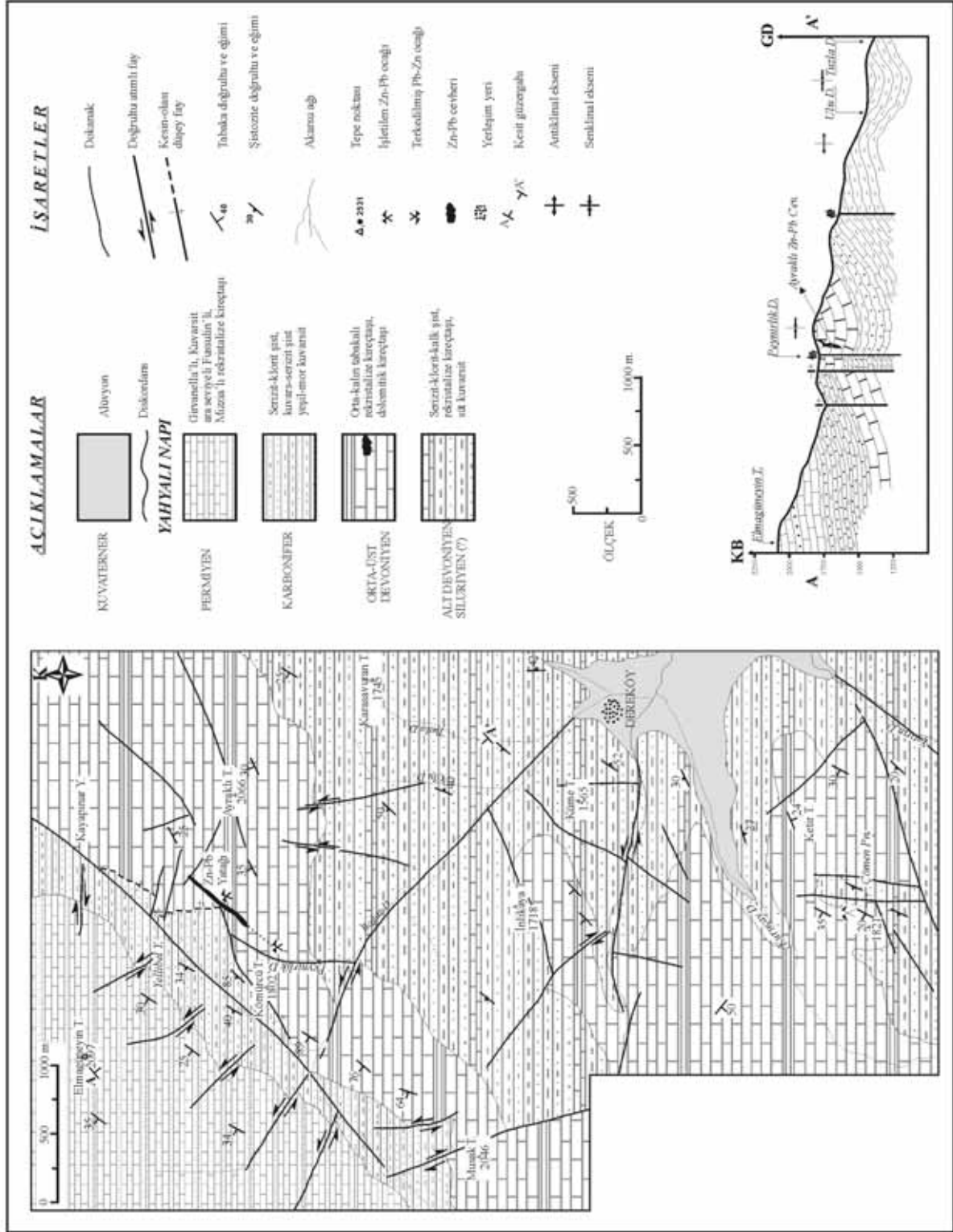
**Figure 1:** Tectonostratigraphic units of the Aladağlar-Zamanti (Eastern Taurus) region and location of the Zn-Pb deposits.

Ü. SİSTEM	SİSTEM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon
	EÖSEM OLİGOSEN		Diskordans Granodiyorit
MESZOYİK	TRİYAS		Dolomit
			Marn-çamurtaşı-kireçtaşı
PALEOZOYİK	PERMİYEN		ÇADIRKAYA Zn-Pb YATAĞI Girvanella'lı, Kuvarsit ara seviyeli, Fussulin'li, Mizzia'lı rekristalize kireçtaşı
			Serizit-klorit şist, kuvars-serizit şist, yeşil-mor kuvarsit
	DEVONİYEN		AYRAKLI Zn-Pb YATAĞI Orta-kalın tabakalı, koyu gri rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kalkşist.
			Serizit-klorit-kalk şist, rekristalize kireçtaşı, süt kuvarsit
SİLÜRİYEN (?)			

ÖLÇEKSİZ

**Şekil 2:** Yahyalı Napı'nın stratigrafik sütun kesiti ve Ayraklı Zn-Pb yatağının jeolojik konumu (Hanilci, 2003'den değiştirilerek).

**Figure 2:** Stratigraphic columnar section of the Yahyalı Nappe unit and setting of the Ayraklı Zn-Pb deposit (modified after Hanilci, 2003).



**Şekil 3:** Ayraklı Zn-Pb yatağının jeoloji haritası ve jeolojik enine kesiti.

**Figure 3:** Geological map and cross section of the Ayraklı Zn-Pb deposit.

Kristalize dolomitik kireçtaşı ara seviyeleri içeren koyu gri-siyah renkli ince ve orta tabakalı bol *Mizzia'* lı kristalize kireçtaşları ise üst seviyelerde gözlenmektedir. Permien yaşlı kayaçlar platform oluşuklar olup, zaman zaman ortam sığ yüksek enerjili konum kazanmıştır (Ayhan ve Lengeranlı, 1986). Permien, Karbonifer yaşlı şistler üzerine uyumlu gelmekte, ancak bazı kesimlerde Triyas yaşlı birimler üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır.

**Triyas;** marn-çamurtaşı- kireçtaşı ardalanması ve dolomitler ile temsil edilir. Tabanda, çok sığ bir ortamı karakterize eden, konglomeratik ve oolitik kireçtaşı- çamurtaşı ardalanması yer alır. Bu seviye üzerine yeşilimsi, bordo renkli kilttaşları gelir. Üste doğu kloritli şist ara seviyeli rekristalize kireçtaşları ve en üstte dolomitler yer alır. Dolomitli seviyenin tabanında, ara seviyeler halinde stramatolitik çamurtaşları bulunur. Bu düzey, yaklaşık 100 m kalınlık sunmakta ve tipik olarak evaporitik bir fasiyesi karakterize etmektedir (Ayhan ve Lengeranlı, 1986). Üste doğru tamamen dolomitler hakimdir. Birincil çökeltme ortamında oluşan dolomitlerde fosil bulgusu olmamasına rağmen Triyas yaşlı oldukları belirtilmiştir (Oygür, 1986; Ayhan ve Lengeranlı, 1986).

Triyas yaşlı birimler Permien üzerine uyumlu gelmekte (Ayhan ve Lengeranlı, 1986) ancak bazı bölgelerde Permien, Triyas üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır (Hanılçı, 2003). Triyas'ın Ortalama kalınlığı 450 m dir.

#### **Ayraklı Zn-Pb Yatağı**

Ayraklı Zn-Pb yatağında, 1962-2003 yılları arasında, ortalama % 25 Zn, %10 Pb tenörlü **450.000** ton tüvenan cevher üretimi gerçekleştirilmiştir. Yatakta, günümüzde ortalama **%35-38** Pb+Zn tenörlü, **13.000 ton/yıl** tüvenan cevher çıkarılmaktadır. Üretim, yer altı işletmesi şeklinde yapılmaktadır.

Ayraklı Zn-Pb Yatağı, Yahyalı Napı'nın Orta-Üst Devonien yaşlı kalın tabakalı, kristalize kireçtaşları içinde ve kristalize kireçtaşı-kalk şist dokanaklarında yer almaktadır (Şekil 2). Yatakta iki farklı cevherleşme tipi gözlenmektedir. Bunlar, tabakaya uyumlu ve mercek şeklinde gelişen strata-bound tip cevherleşmeler ile karstik süreçlerle oluşmuş karstik tip cevherleşmelerdir.

Saha çalışmalarında tespit edilen strata-bound tipte tabakaya uyumlu ve mercek şekilli gelişmiş cevherleşmeler Orta Devonien yaşlı birimler içerisinde, 3 farklı zonda bulunmaktadır (Şekil 4). **Birinci zon,** kristalize kireçtaşları içerisinde, tabakaya uyumlu ve tamamen simitsonitten oluşan 15-20 cm kalınlığındadır (Şekil 4-a). **İkinci ve üçüncü zon ise,** K50D, 40°GD konumlu, kalk şistler içerisinde ve kalk şist-bitümlü şist- kristalize kireçtaşı dokanağında yer alan, sfalerit ve galenit gibi sülfürlü mineraller içeren

mercek şekilli cevher seviyeleridir (Şekil 4-b,c). Bu zonlardaki kayaçlar organik madde içeriği nedeniyle siyah ve koyu gri renklidir. Strata-bound tipteki bu cevherli zonları, Toros kuşağındaki karbonat ana kayaçlı Zn-Pb yataklarının ilksel oluşumuna ilişkin önemli ipuçları içermesi açısından önemlidir.

Şekil 4-b ve c de gözlenen cevher zonlarının yan kayaçlarındaki organik madde içeriği cevher çökeli mi açısından etkin bir rol oynamıştır. Ortamdaki organik maddenin bakteriyel parçalanmasına bağlı olarak; sülfatlar sülfür bileşiklerine (**H<sub>2</sub>S, HS<sup>-</sup>**) indirgenmiş, sınırlı da olsa sistemdeki çözünmüş oksijen tamamen tüketilmiş, çözeltinin redoks potansiyeli düşmüş, çözelti kuvvetli indirgen bir özellik kazanmış ve cevher çökeli mi gerçekleşmiş olmalıdır.

Karstik tipte gelişen cevherleşmeler, genellikle KD-GB doğrultulu kırık hatlarına ve karstik ceplere yerleşmiştir. Karstik tipte oluşan ana cevher damarı K40-60D, 40°-80° GD konumudur (Şekil 3).

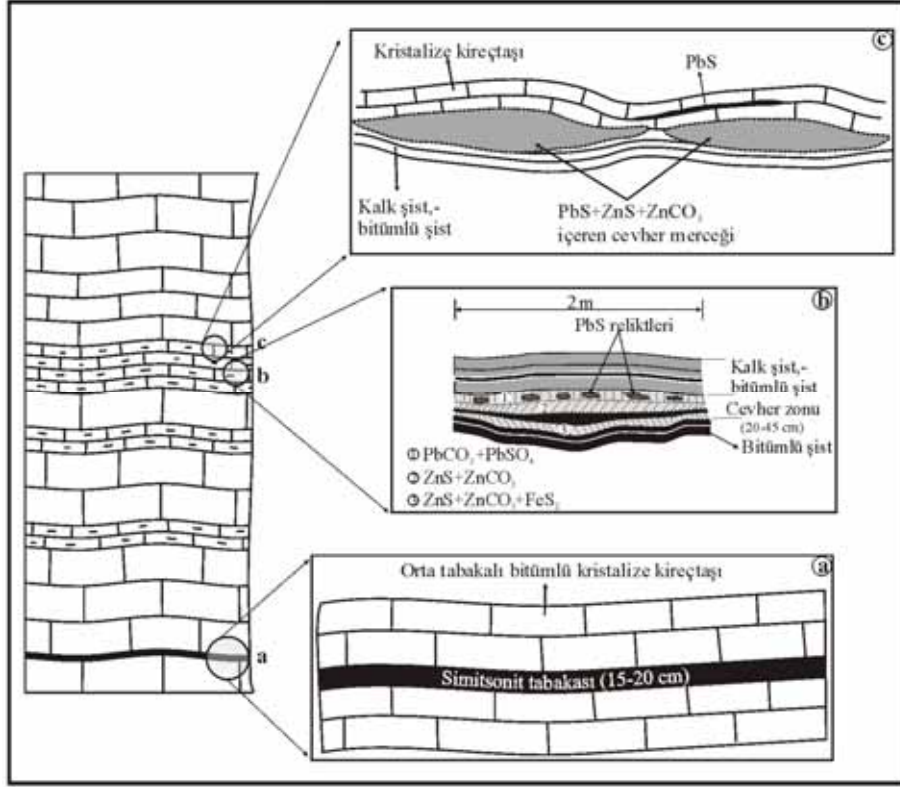
Karstik tip cevherleşme Orta Devonien yaşlı rekristalize kireçtaşları, bitümlü kireçtaşları ve kalk şistler içerisinde oluşmuştur. Kristalize ve bitümlü kireçtaşları, kalın ve orta tabakalı, gri, koyu gri renklidir. Kalk şistler, 5-10 cm kalınlığında bitümlü şist ara seviyeleri içermektedir. Bu zonlarda çoğunlukla sülfürlü cevher mineralleri (sfalerit, galenit) bulunur. Kristalize kireçtaşlarının yan kayaç olduğu zonlarda ise, sülfürlü cevher minerallerinden galenit kısmen korunmuşken, sfaleritler tamamen karbonatlaşarak simitsonite dönüşmüştür.

Genel olarak tektonik hatlar ve karstik yapıların kontrolünde gelişen karstik tipteki cevherleşmeler, damar ve stok biçimli geometri sunmaktadır. Damar geometrisine sahip cevher gövdelerinin kalınlıkları 1-5 m arasında, stok ve cep şekilli cevher boyutları ise değişken olmakla birlikte, ortalama 10 metre kalınlık sunmaktadır.

Ayraklı Yatağı'nda ekonomik olarak işletilen cevherli zonların büyük bir kısmı karstik tipteki karbonatlı çinko (simitsonit) ve kurşunca (serüzit) zengin zonlardır. Kırık hatlarındaki damar tipi karstik cevher gövdeleri genel olarak simitsonit ve serüzitten oluşmakta ve yer yer galenit kalıntıları içermektedir. Çeşitli boyutlardaki karst ceplerinin dolgulanması şeklinde gelişen cevherli zonlarda, karst içi sedimentasyonu oldukça iyi gelişmiştir. Karst içi sedimentasyonunun geliştiği zonlar, mikrokristalen galenit, limonitçe zengin simitsonit ve kil ara seviyelerinden oluşan lamine bir yapı sunmaktadır. Lamine yapı sunan cevherli zonlar, çözeltide, kurşun ve çinko iyonlarının dönemsel olarak farklı miktarlardaki konsantrasyonlarına işaret etmektedir. Oksidasyon koşullarında galenitler büyük ölçüde serüzit ve anglezite, sfaleritler ise simitsonite dönüşmüştür. İlksel sülfürlerden, sfalerit tamamen karbonatlaşmış,

galenit ise kısmen serüzitler içerisinde korunmuştur. Karbonatlı yan kayaçların ornatımı şeklinde gelişen simitsonit, zinkit-hidrozyinkitten oluşan cevherli zonlar

ise, genellikle iskeletli, kovuklu, masif, sert ve böbreğimsi yapı sunarlar.



**Şekil 4:** Devoniyen istifindeki Ayraklı Zn-Pb yatağında gelişen strata-bound tipteki cevher düzeylerinin stratigrafik konumu: (a) kristalize kireçtaşları içinde 15-20 cm kalınlığında simitsonit tabakası, (b) kalk şist-bitümlü şistler içerisinde gelişmiş sülfürlü cevher düzeyi, (c) kalkşist-bitümlü şist- rekristalize kireçtaşı dokanağında gelişmiş mercer şekilli cevher düzeyi.

**Figure 4:** Stratigraphic position of the strata-bound type ore horizons of the Ayraklı Zn-Pb deposit in Devonian series: (a) Simitsonite layer, 15-20 cm thick, in the crystalised limestones, (b) Sulfide ore horizon in the calc-schist, bituminous-schist, and (c) Lense shaped ore horizon, between the calc-schist, bituminous schist and recrystalised limestone.

#### Denizovası bölgesi Zn-Pb Yataklarının Jeolojisi

Denizovası bölgesi Zn-Pb yatakları, Yahyalı (Kayseri) yerleşim biriminin 20 km doğusunda, Siyah Aladağ Napı içinde yer almaktadır (Şekil 1).

Siyah Aladağ Napı, Orta Toroslar'da Hadım Napı" (Blumenthal, 1944), Orta Toros Birliği (Özgül, 1971), Aladağ Birliği (Özgül, 1976), Doğu Toroslar'da ise "Siyah Aladağ Serisi" (Blumenthal, 1941), Belemelik Paleozoik"i (Blumenthal, 1947) ve "Siyah Aladağ Napı (Blumenthal, 1952) olarak bilinmektedir. Siyah Aladağ Napı, Üst Devoniyen-Üst Kratese zaman aralığında çökelmiş karbonatlı ve kırıntılı kayaçları içerir (Şekil 5). Denizovası bölgesindeki, Celaladağ yatağı Üst Permiyen, Uzunkol Tepe yatağı ise Jura yaşlı karbonatlar içinde gelişmiştir (Şekil 6).

**Devoniyen;** başlıca silttaşı ve ara seviyeler halinde resifal kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Siyah Aladağ Napı'nın görünür tabanını oluşturmaktadır. Silttaşları soluk yeşilimsi, gri-kahverengimsi ve yer yer çapraz tabakalanma gösterir. Makroskobik olarak gözlenebilen kuvars ve feldspat mineralleri silttaşlarının esas bileşenini oluşturmakta ve az miktarda mika ve opak mineraller içermektedir. Kuvarsa zengin kısımları, demirce zengin opak minerallerin limonitleşmesi nedeniyle sarımsı-kahverengilidir. Silttaşları bazı seviyelerde resifal karakterli, bol *Heksagonaria*, *Felix austria* fosilleri içeren, koyu gri renkli kireçtaşları ile aralanmalıdır. Birimin görünür kalınlığı 100 m. olup üzerine Karbonifer yaşlı birimler uyumlu olarak gelmektedir.

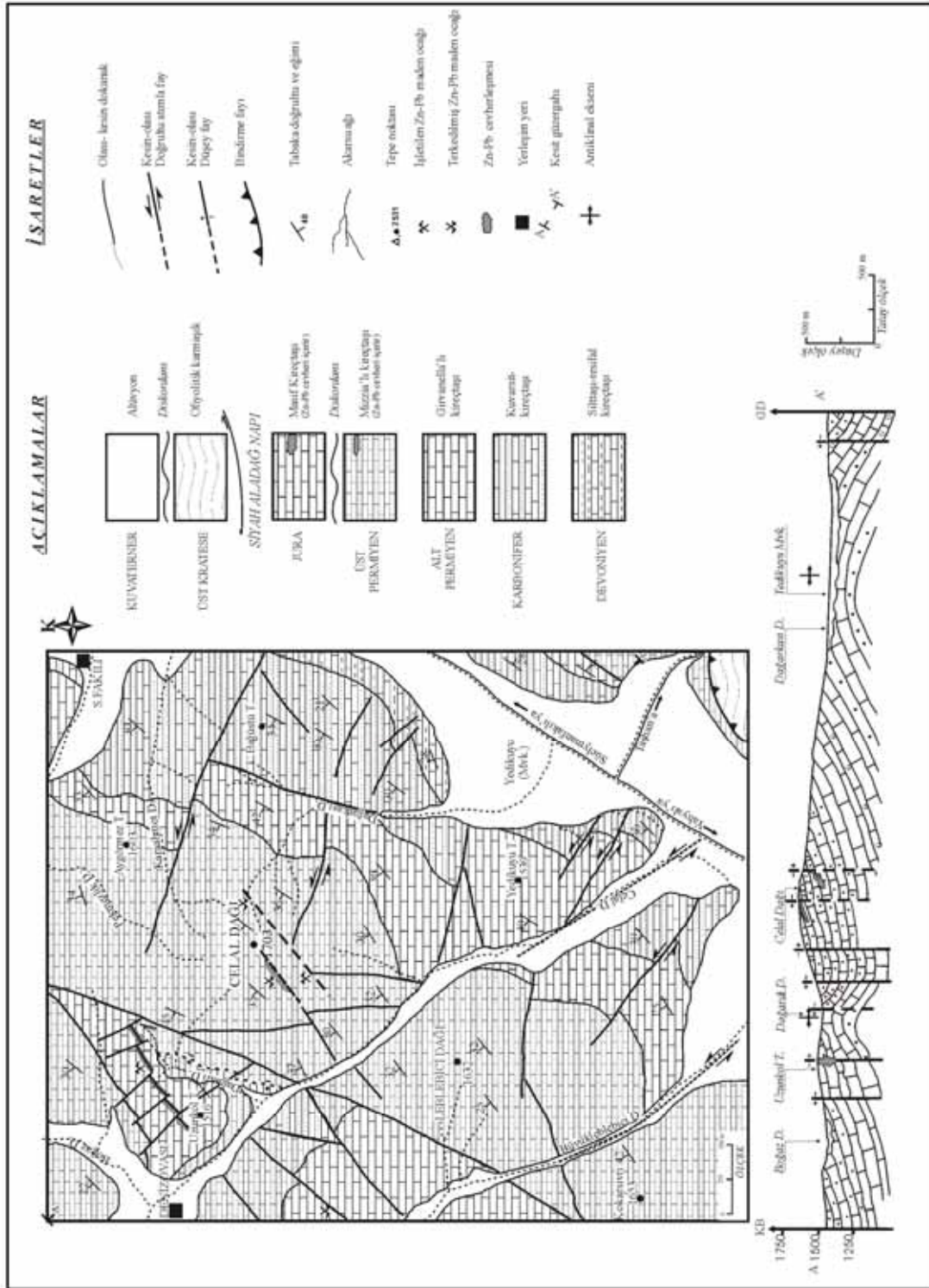
Ü. SİSTEM		SİSTEM		SERİ		KAT		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATER- NER	KRETASE	ÜST KRETASE	SENONİYEN				Alüvyon Moren	Diskordans	
								Ofiyolitik karmaşık		
MESOZOYİK	JURA	DOĞGER MALM				Orta-kalın tabakalı, koyu gri-siyah renkli bitümlü, killi, yer yer dolomitik kireçtaşı	→ DENİZOVASI-UZUNKOLTEPE ve DELİKKAYA CEVH.	Masif, kalın tabakalı, gri-bej renkli kireçtaşı	Boksit	Laminalı-ince tabakalı kireçtaşı
						Açık gri, mor, yeşil, kahve ve sarı renkli çamurtaşı-marn-silttaşı ardalanması	Oolitik kireçtaşları			
						Koyu gri-siyah renkli, yer yer dolomitik kireçtaşı seviyeli, orta-kalın tabakalı Mizzia'lı kireçtaşı.	→ DENİZOVASI-CELAL DAĞ CEVHERLEŞMELERİ			
PALEOZOYİK	PERMİYEN	ÜST PERMİYEN				Orta-ince tabakalı, kül-koyu kül renkli, zengin alg topluluğu içeren, üst kısımları kuvarsit arakatlı, GİRVANELLA klavuz düzeyli kireçtaşı	→ KÖŞK DERESİ (SUÇATI) CEVHERLEŞMESİ			
						Beyaz, yeşilimsi renkli kuvarsit- kireçtaşı ardalanması				
						Şeyl-kuvarsit arakatlı, orta-kalın tabakalı kireçtaşı				
DEVONİYEN	ÜST DEVONİYEN				Şeyl-kuvarsit arakatlı, orta-kalın tabakalı kireçtaşı					

ÖLÇEKSİZ

**Şekil 5:** Siyah Aladağ Napı'nın stratigrafik sütun kesiti ve Denizovası bölgesi Zn-Pb yataklarının (Celaldağı ve Uzunkol Tepe) stratigrafik konumu.

**Figure 5:** Stratigraphic columnar section of the Siyah Aladağ Nappe unit and geological position of the Denizovası region Zn-Pb deposits (Celaldağı and Uzunkol Tepe).





**Şekil 6:** Celaldağı ve Uzunkol Tepe Zn-Pb yataklarının (Denizovası bölgesi) jeoloji haritası ve jeolojik enine kesiti.

**Figure 6:** Geological map and cross section of the Celaldağı and the Uzunkol Tepe Zn-Pb deposits (Denizovası region).

**Karbonifer;** kuvarsit arakatlı kireçtaşları ve kalın tabakalı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Karbonifer' in tabanı, gri renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşları ile karakterize edilir. Çok sık kuvarsit ve kumlu kireçtaşı ara seviyeleri içerir. Pek yaygın olmasa da yer yer silttaşı arakatlıları da gözlenir. Bazı kuvarsit seviyeleri soluk yeşil-bordo renkli ve demir oksit-hidroksit içeriğinin arttığı seviyelerde koyu kahve renklidir. Birim üste doğru kalın tabakalı kireçtaşlarına geçiş gösterir. Kireçtaşları açık gri ve bej renkli olup masif görünümlüdür. Çatlaklarında iri kalsit kristalleri gelişmiştir. Kalın tabakalı kireçtaşları alt seviyelere oranla çok az kuvarsit ara seviyeleri içermektedir. Karbonifer yaşlı birimler muhtemelen sıg, sıcak ve çalkantılı bir deniz ortamında çökelmiştir.

**Alt Permien;** başlıca *Girvanella*' lı kireçtaşı, *Pseudoschwagerina*' lı kireçtaşı ve kuvarsitler ile temsil edilmektedir. *Girvanella*' lı kireçtaşları, Toros kuşağı boyunca Siyah Aladağ Napı' nda klavuz seviye özelliğindedir ve Karbonifer' den Alt Permien' e geçişi karakterize eder. *Girvanella*' lı kireçtaşları, yeşilimsi sarı, kahverengimsi sarı, sarı, gri ve şarabi gibi çeşitli renkler sunar. Genellikle ince-orta tabakalı, bol fosil içerikli ve iyi tabakalanmalıdır. Kireçtaşları, *Girvanella* ile birlikte yoğun *Fussulinella*, *Brachiopoda* ve *Crinoid* gibi fosil kalıntıları da içermektedir.

*Girvanella* zonu üzerine gri, koyu gri renkli *Pseudoschwagerina*' lı kireçtaşları gelmektedir. Strata-bound tipte Zn-Pb' ce zengin seviyeler içerir. Alt Permien, üste doğu kuvarsitlere geçiş göstermektedir. Kuvarsitler, genellikle kirlili beyazdır. Demir oksit-hidroksit içeriğinin arttığı zonlarda sarımsı-kahve renk tonları sunmaktadır. Kuvarsitler iyi yuvarlaklaşmış kuvarsit tanelerinden oluşmuştur. Tabakalanmaları pek belirgin olmamakla beraber ince-orta ve hatta kalın tabakalanmalı seviyeleri de gözlenmektedir. Karbonifer üzerine uyumlu olarak gelen Alt Permien' in kalınlığı 10-250 m arasında değişmektedir. Alt Permien, sıg resifal veya resif yakınına temsil eden bir ortamda çökelmiştir.

**Üst Permien;** *Mizzia*' lı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Oldukça yaygın alg (*Mizzia*) içerikli kireçtaşları siyah, koyu gri, gri renkli, iyi tabakalanmalı ve 10-75 cm arasında değişken tabaka kalınlıklarına sahiptir. Bitümlü kalın bir karbonat istifi şeklindedir. Ara seviyeler halinde dolomitik kireçtaşları ve ince tabakalı açık kahve, bej renkli kuvarsit seviyeleri de içermektedir. Aladağlar-Zamantı bölgesinde (Doğu Toroslar) strata-bound tipte Zn-Pb' ce zengin seviyeler içerir.

Üst Permien yaşlı birimlerin litofasiyes özellikleri, bunların genelde lagüner-resifal fakat,

kesinlikle indirgen koşullardaki sıg-sıcak ve duraylı bir karbonat platformunda çökelmiş olduğunu göstermektedir (Eren ve diğ., 1993).

**Alt-Orta Triyas;** Denizovası bölgesinde mostra vermemektedir. Ancak, istifteki bütünlüğün sağlanması için burada bahsedilmiştir. Alt-Orta Triyas, olitik kireçtaşı, marn-çamurtaşı-silttaşları ile temsil edilir. Triyas'ın tabanını açık gri, soluk sarı renkli oolitik kireçtaşları oluşturmaktadır ve altındaki *Mizzia*' lı kireçtaşları ile dokanak ilişkisi uyumludur (Ayhan ve Lengeranlı, 1986). Triyas'ın üst düzeylerini sarı, mor, yeşil, gri, kahve renkli, laminalı, ince tabakalı çamurtaşı-marn-silttaşı ardalanmalı seviye oluşturmaktadır ve renk çeşitliliğinden dolayı sahada diğer birimlerden kolaylıkla ayırt edilmektedir. Marn-çamurtaşı-silttaşı ardalanmalı birimler altındaki oolitik kireçtaşları ile geçişlidir (Ayhan ve Lengeranlı, 1986).

#### Jura

Aladağlar-Zamantı bölgesinde işletilen büyük rezervli Zn-Pb yatakları (Delikkaya, Denizovası gibi), masif görünümlü, Jura yaşlı kireçtaşları içinde yer almaktadır. Bu nedenle, cevherleşmenin seçtiği litolojik farklılık dikkate alınarak, Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) bölgesindeki Jura yaşlı birimler; ince tabakalı - laminalı kireçtaşları, kalın tabakalı kireçtaşları ve bitümlü kireçtaşları şeklinde üç topluluğa ayrılarak önceki çalışmalarımızda (Hanılçı, 2003) incelenmiştir. Denizovası cevherleşme bölgesinde Jura, kalın tabakalı kireçtaşları ile temsil edilmekte ve Üst Permien üzerine diskordansla gelmektedir (Şekil 6).

İnceleme alanı dışında Jura'nın görünür tabanı ince tabakalı-laminalı kireçtaşları ile başlamaktadır. Gri, koyu gri, siyah renkli, ince tabakalı, yer yer laminalı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bazı seviyelerinde açık gri renkli dolomitik kireçtaşları da gözlenmektedir. Herhangi bir fosil bulgusu olmamasına rağmen, üzerine uyumlu olarak gelen Dogger-Malm yaşlı kireçtaşları nedeniyle birimin yaşı Jura olarak kabul edilmiştir.

**Kalın Tabakalı Kireçtaşları,** Jura'nın en yaygın kaya türünü oluşturmaktadır. Diğer birimlerden masif görünümü ile kolaylıkla ayırt edilmektedir. Tabanda ince tabakalı, açık gri renkli dolomitik kireçtaşı seviyesi ile başlamaktadır. Bu seviye aynı zamanda kalın tabakalı kireçtaşları ile ara seviyeler de oluşturmaktadır. Kalın tabakalı kireçtaşları açık gri, bej renkli ve organik madde içeriğinin artışıyla koyu gri-siyah renk hakim olmaktadır. Tektonizmanın da etkisiyle ileri derecede karstlaşmıştır.

Kalın tabakalı kireçtaşlarının alt dokanağı, bazı bölgelerde ince tabakalı-laminalı kireçtaşları ile uyumlu, bazı bölgelerde ise Triyas ve Üst Permien üzerine

tektonik dokanakla veya uyumsuz olarak gelmektedir. Üst Permiyen üzerine uyumsuz geldiği yerlerde Jura'nın tabanında boksit oluşukları yer almaktadır. Birimin yaşı Dogger-Malm'dir (Ayhan ve diğ., 1984).

**Bitümlü Kireçtaşları;** kalın katmanlı-masif görünümlü kireçtaşları üzerine uyumlu gelmektedir. Birim, genel olarak koyu gri-siyah renkleri ile belirgin olan bitümlü kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Bazı seviyelerde killi-bitümlü kireçtaşı özelliğinde olup, dolomitik kireçtaşları ile ar dalanmalıdır.

#### **Denizovası Bölgesi Zn-Pb Yatakları**

Denizovası bölgesindeki yataklar Uzunkol Tepe Yatağı ve Celaldağı Yatağı olarak iki farklı bölgede görülür (Şekil 1). Bölgede Romalılar ve Osmanlılar döneminde Zn-Pb üretiminin yapıldığını gösteren, madencilik faaliyetlerinde kullanılmış çeşitli aletler bulunmaktadır. Denizovası bölgesi Zn-Pb yataklarında günümüze kadar %25-30 Zn+Pb tenörlü yaklaşık 1 milyon ton cevher üretimi gerçekleştirilmiştir (Hanilçı, 2003).

#### **Uzunkol Tepe Zn-Pb Yatağı**

Yatak, Uzunkol Tepe'nin KD'sunda, K45-60 D, 70°-89° KB konumlu, yaklaşık 750 metre uzunluğundaki fay hattı boyunca gelişmiştir (Şekil 6). Cevherleşme fay kontrolünde gelişmiş ancak daha sonra K 40-45 B doğrultulu, doğrultu atımlı bir çok fay tarafından parçalanmıştır. Uzunkol Tepe yatağı genel olarak kırık ve karst dolgusu şeklinde gelişmiş karstik tip özellikler gösterir. Cevherleşmenin yan kayacını, Siyah Aladağ Napı'na ait Jura yaşlı, masif görünümlü, orta tabakalı, bol kırıklı, açık gri, bej renkli kireçtaşları oluşturmaktadır. Cevher geometrisi genellikle damar şeklindedir. Fay hatları boyunca gelişen karstik ceplerdeki cevher gövdeleri ise genellikle stok şeklindedir. Cevher damarlarının kalınlığı 1-5 metre arasında değişmekle birlikte ortalama 2 metredir.

#### **Celaldağı Zn-Pb Yatağı**

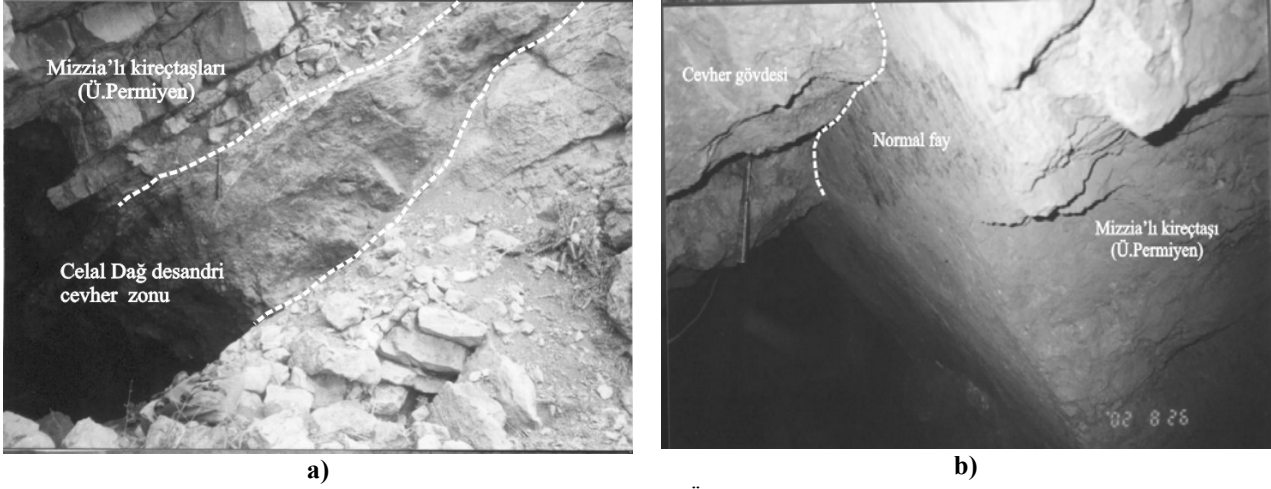
Uzunkol Tepe yatağının yaklaşık 900 metre güneyinde ve Üst Permiyen yaşlı *Mizzia*'lı kireçtaşları içerisinde yer alır (Şekil 6). Celaldağı mevkiinde iki farklı zonda cevherleşme bulunmaktadır.

Birinci zon, Celaldağı'nın zirvesine yakın ve güneyinde yer alan "*Desandri*" ismiyle bilinen cevherleşme (Şekil 7-a) ile bu cevherleşmenin KB'sında yine *Mizzia*'lı kireçtaşları içerisinde gelişmiş cevher zonedir. Bu zonlardaki cevherleşmelerde üretim yapılmamaktadır. Celaldağı Yatağı'ndaki *Desandri* oluşumu olarak bilinen cevher zonu Üst Permiyen yaşlı *Mizzia*'lı kireçtaşlarının K45D doğrultulu, 45°KB eğimli tabakalanmasına paralel, strata-bound tipte gelişmiştir. Cevher zonunun kalınlığı ortalama 1,5 metredir. Cevher gövdesinin yoğun demir oksit ve hidroksitler içermesi nedeniyle işletme yapılmamaktadır. Bu cevher zonunun 700 metre KB'sında *Mizzia*'lı kireçtaşları içerisinde, K25-30D doğrultulu tabakalanmayı kesen ve yer yer tabakalanmaya uyumlu, strata-bound tipte 15-30 cm kalınlığında, 1,5-2 metre uzunluğunda cevherli zonlar yer almaktadır. Sfalerit ve galenit gibi sülfürlü mineraller içeren bu zonlarda alınan sfalerit örneklerinde sıvı kapanım ölçümleri yapılmıştır.

Celaldağı Yatağı'nın ana cevher zonu Celaldağı'nın güneyinde yer alır ve yüzeyde gözlenmemektedir. İşletme galerilerinde yapılan çalışmalar bu ikinci zondaki cevherleşmelerin tamamen karstik süreçlerde ve tektonizmanın kontrolünde geliştiğini göstermektedir. Cevherleşme K35B, 50°GB, K60D, 65°-70°GD ve K40D, 65°KB geometrilili fay hatlarında yer almaktadır (Şekil 7-b). Cevherleşmenin yerleştiği fay hatları cevher yerleşimi sonrasında da hareketlenmiş, cevher gövdelerini etkilemiş ve cevherin breşik bir yapı kazanmasını sağlamıştır. Cevher kalınlığı 1,5-5 metre arasında değişmektedir. Genellikle damar tipi geometriye sahip cevher zonunda demir oksit gelişimi oldukça yaygındır.

#### **Ayraklı ve Denizovası Bölgesi Zn-Pb Yataklarının Cevher Mineralojisi**

Ayraklı ve Denizovası bölgesi Zn-Pb yataklarından alınan cevher örneklerinin üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda incelenmesi sonucunda, her iki yatağın mineral parajenezinin benzer olduğu gözlenmiştir (Şekil 8). Parajenezdeki bazı minerallerin belirlenmesinde XRD çalışmalarından da faydalanılmıştır.



**Şekil 7:** Denizovası bölgesinde Celaldağı Zn-Pb yatağında Üst Permiyen yaşlı Mizzia'lı kireçtaşları içerisindeki cevherleşmeler: (a) strata-bound tipte tabakaya uyumlu, demir oksit-hidroksitçe zengin cevher gövdesi ve (b) genellikle normal fay hatlarına yerleşmiş ve karstik süreçlerle yeniden şekillenmiş karstik tip cevher gövdesi.

**Figure 7:** Celaldağı Zn-Pb mineralisation in Mizzia-bearing Upper Permian limestones in the Denizovası region: (a) strata-bound type, iron oxide-hydroxide rich Zn-Pb ore body, occurs concordant to bedding, and (b) karstic-type ore body that is formed in normal fault zones and redeposited after the karstification.

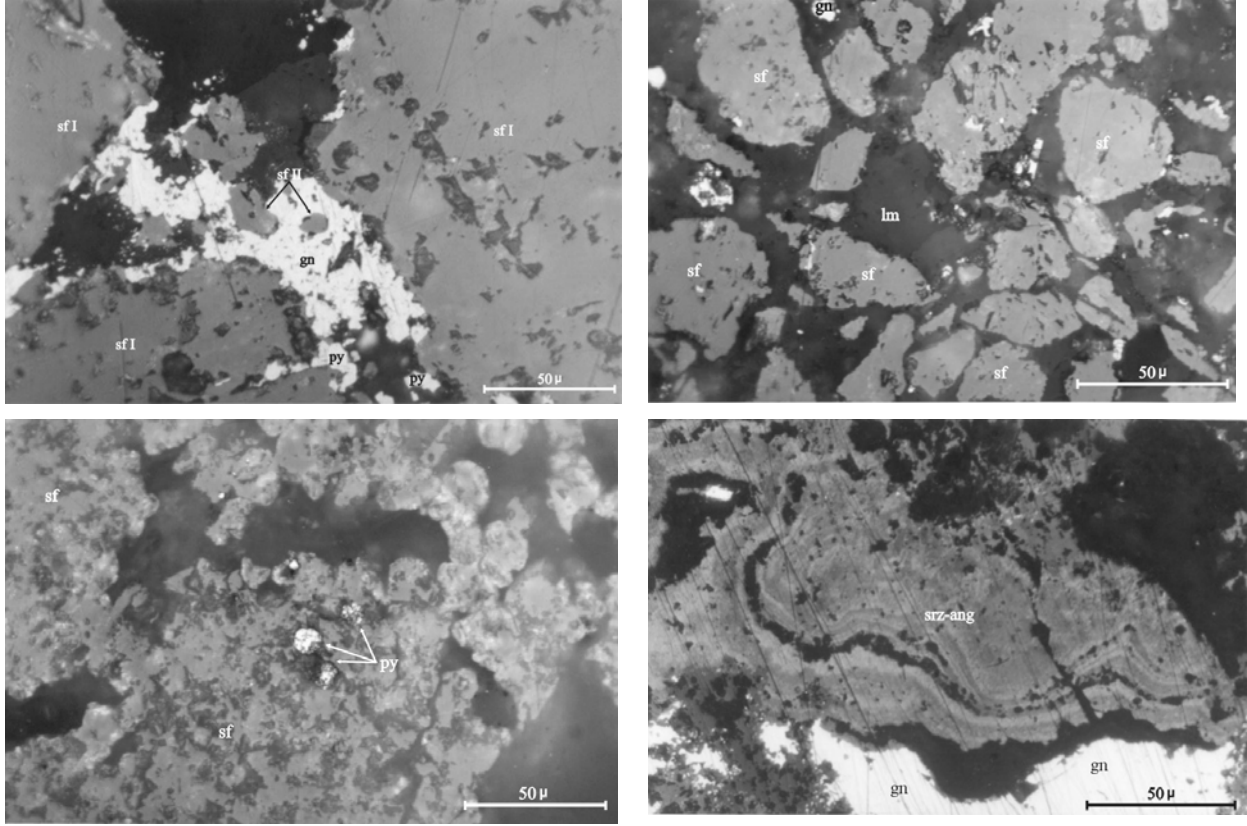
Cevher parajenezi	Ayraklı Zn-Pb Yatağı	Denizovası Zn-Pb Yatakları (Uzunkol Tepe, Celal Dağı)
<b>Sülfürlü mineraller</b>		
Pirit/Markazit	██████████	██████████
Galenit	██████████	██████████
Sfalerit	██████████	██████████
<b>Sülfatlı, karbonatlı ve oksitli mineraller</b>		
Anglezit	██████████	██████████
Serüzit	██████████	██████████
Simitsonit	██████████	██████████
Hidrozinkit/Zinkit	██████████	██████████
Hematit/Limonit	██████████	██████████
<b>Gang mineralleri</b>		
Kuars	? ██████████	? ██████████
Kalsit	██████████	? ██████████
Dolomit	? ██████████ ?	

**Şekil 8:** Ayraklı ve Denizovası bölgesi Zn-Pb yataklarının mineral parajenezi ve mineral oluşum sırası.

**Figure 8:** Mineral paragenesis and sequence of mineral deposition in the Ayraklı and Denizovası region Zn-Pb deposits.

**Sfalerit :** Parajenezde iki farklı evrede sfalerit oluşumu gözlenmiştir. I. evrede oluşan sfalerit açık gri, gri renklidir. Açık portakal renginde iç yansıma gösterir. Bazı kristallerinde zonlanmalar görülür. Genellikle iri kristaller halinde olup, öz şekilsizdir. Zonlu yapı gösteren kristalleri ölçüme uygun sıvı kapanım içerir. Genellikle çatlak ve kristal kenarları boyunca, bazen de

tamamen simitsonite dönüşmüştür. Ayraklı Zn-Pb yatağındaki II. evre sfaleritleri daha koyu gri renkli olup, küçük yamalar şeklinde galenitlerdeki boşluklarda gelişmiştir (Şekil 9-a). Denizovası-Celaldağı yapısal kontrollü cevherleşmesindeki sfaleritler çoğunlukla parçalanmış ve breşik yapı sunmaktadır (Şekil 9-b).



**Şekil 9:** Ayraklı ve Celadağı Zn-Pb yatağına ait cevher mikroskobisi fotoğrafları (a) Ayraklı Zn-Pb yatağında gözlenen I. evre sfaleriti (sf I), galenit (gn), pirit (py) ve II. evre sfaleritin (sf II) parlak kesit görüntüsü, (b) Celadağı Zn-Pb yatağında breş dokulu sfaleritler, (c) Ayraklı Zn-Pb yatağında framboidal şekilli piritler, (d) Galenitlerin kenarları boyunca gelişen, kolloform dokulu serüzit-anglezit mineralleri (sf: sfalerit, gn: galenit, py: pirit, lm: limonit, srz: serüzit, ang: anglezit)

**Figure 9:** Ore microscopy photomicrographs from the Ayraklı and the Celadağı Zn-Pb deposit. (a) Polished-section photomicrograph of the I. phase sphalerite (sf I), galena and II. phase sphalerite (sf II) in the Ayraklı Zn-Pb deposit, (b) brecciated texture developed in a sphalerite in the Celadağı Zn-Pb deposit, (c) framboidal pyrite in the Ayraklı Zn-Pb deposit, and (d) colloform texture developed in cerussite - anglesite along the grain boundaries of galena (sf: sphalerite, gn: galena, py: pyrite, lm: limonite, srz: cerussite, ang: anglesite)

**Galenit:** Beyaz renkli, genellikle öz şekilsiz, ve iri kristaller halinde bulunur. İki yöndeki dilinimleri bazı kristallerde belirgindir. Dilinimlerin kesiştiği yerlerde gelişen üçgen boşluklar tipiktir. Sfalerit kristallerinin arasını doldurma şeklinde ve/veya onu ornatarak yerleşmiştir. Kristal kenarları ve dilinim düzlemleri boyunca serüzit ve anglezite dönüşmüştür.

**Pirit/Markazit:** Ayraklı yatağında iki farklı evrede pirit oluşumu gözlenir. I. evrede oluşan piritler genellikle öz şekilsiz, yarı öz şekilli ve beyaz renklidir. Çoğunlukla hematit ve limonite dönüşmüştür. II. evrede oluşan piritler kübik şekilli ve iri kristallidir. Şekil 4-b'de gözlenen cevher zonundaki Levre piritler framboidal formda olup (Şekil 9-c), bakteriyel indirgenme süreçleri ile şekillenmiştir. Yer yer kuvars

gangı içerisinde küçük kristal saçınımları şeklinde de bulunur. Denizova yataklarındaki piritler ise genellikle öz şekilli, yarı öz şekilli ve parçalanmış olarak gözlenir.

**Serüzit ve Anglezit:** Serüzitler, galenitten sonra en çok gözlenen kurşun mineralidir. Galenitlerin çatlak, dilinim ve kenarları boyunca gelişmiştir. Mikroskopta gri, yeşilimsi gri renklerde gözlenir. Makroskobik olarak serüzitler, kahverengimsi gri, kirli sarı, bej ve yeşilimsi renkler sergiler. Anglezitler ise serüzitlere göre kirli beyaz, beyaz renkler göstermesiyle ayırt edilebilirler. Serüzitlerde çok iyi kolloform dokular gelişmiştir (Şekil 9-d).

**Simitsonit:** Yaygın çinko karbonat mineralidir. Değişik cevher tiplerinde çok farklı şekil ve renklerde

bulunur. El örneklerinde toprağımsı, kirli sarı, açık kahverengi, mavimsi gri, koyu gri gibi çok değişken renkler sergiler. Sert yapılı olan örnekleri iyi parlak yüzey verir. Mikroskopta, açık gri, grimsi mavi, kirli beyaz ve beyaz gibi renklerde gözükür.

**Hidrozinkit ve Zinkit:** Genellikle karbonatlı cevherin etrafını saran zarf şeklinde veya ayrışma sonucu gelişen boşluklarda dolgu şeklinde bulunurlar. El örneklerinde beyaz, kirli beyaz renklerde olup, tipik böbreğımsi yapı sunarlar.

**Hematit ve Limonit:** Cevher gövdesinin üst kesimlerinde ve karbonatlı cevher içerisinde yaygın olarak gözlenir. Sülfürlü cevher zonlarında pirit ve sfalerite eşlik eder. Özellikle piritlerin oksidasyonu sonucu çatlak dolgusu şeklinde veya piritleri ornatarak gelişmiştir.

Ayraklı Yatağı'nda tespit edilen strata-bound tipteki 3 cevher zonu (Şekil 4), mineralojik olarak farklılıklar sunmaktadır. Şekil 4-a'de gözlenen tabakaya bağımlı cevher zonu sadece simitsonit içerirken, Şekil 4-b' de gözlenen cevher zonunda galenit, sfalerit, pirit, anglezit, serüzit, simitsonit ve gang bileşen olarak kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Bu zondaki piritler framboidal şekillidir. Şekil 4-c zonunda ise, galenit ve sfalerit ile birlikte, bunların ikincil dönüşüm ürünleri olan simitsonit ve serüzit mineralleri parajenez eşlik etmektedir.

#### SIVI KAPANIMLAR

Sıvı kapanım incelemeleri, sfaleritten hazırlanan iki tarafı parlatılmış ince kesitlerde yapılmıştır. Hazırlanan örnekler standart teknikler kullanılarak (Rooedder, 1984; Shephard ve diğ., 1985) "Linkham THM-600 ısıtma-soğutma (heating-freezing)

düzeneğinde incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde doğruluk, ısıtma evresi (heating stage) için  $\pm 0.4$  °C, soğutma evresi (freezing stage) için  $\pm 0.2$  °C dir.

Ölçüm için uygun sıvı kapanımlar Ayraklı ve Celaldağı (Denizovası bölgesi) yataklarındaki birincil sfaleritlerde tespit edilmiştir. Buna göre; Ayraklı yatağına ait 3 örnekteki (901-1, 901-2, 902) sfalerit mineralinde, Celaldağı yatağına ait 1 örnekteki (DNZ-02) sfalerit mineralinde ölçümler yapılmıştır.

Sıvı kapanım ölçümleri, birincil (P-Primary) ve yalancı ikincil (PS-Pseudosecondary) kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Sfaleritlerdeki kapanımların boyutları 5-17  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Kapanım şekilleri genellikle düzensiz olup, sfalerit kristallerinin büyüme zonlarına paralel gelişen kapanımların düzenli şekiller sunmaktadır. Kapanımların tamamı sıvı (L) ve gaz (V) olmak üzere iki fazlı (L+V) kapanımlardır. İki fazlı (L+V) kapanımlarda sıvı faz, kapanım hacminin yaklaşık %85-90'ını doldururken, gaz fazı hacmin %10-15'lik kısmını doldurmaktadır. Homojenleşme, sıvı fazda gerçekleşmiştir.

#### Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Özellikleri

Birincil ve yalancı ikincil kapanımlarda elde edilen ötektik sıcaklık (Te), son buz ergime sıcaklığı (Tm-ice) ve homojenleşme sıcaklığı (Th) değerleri Ayraklı Zn-Pb yatağı için Tablo 1'de ve Denizovası (Celaldağı cevherleşmeleri) Zn-Pb yatağı için Tablo 2'de verilmiştir.

Sıvı kapanım ölçümlerinde, ötektik sıcaklık (Te) ve son buz ergime sıcaklığı (Tm-ice) bazı kapanımlarda fark edilebilmiştir. Tespit edilen Te ve Tm-ice değerleri Rooedder (1979), Hein (1989), Shephard ve diğ. (1985) tarafından geliştirilen tablolar dikkate alınarak yorumlanmıştır.

**Tablo 1:** Ayraklı Zn-Pb Yatağı'ndan alınan örneklerdeki, birincil sfaleritlerde tespit edilen sıvı kapanımların mikrotermometrik özellikleri.

**Table 1:** Microthermometric features of the fluid inclusions from the first stage sphalerite of the Ayraklı Zn-Pb deposit.

Numune No	Kapanım Tipi	Ötektik Sıcaklık Te (°C)			Son Buz Ergime Sıcaklığı Tm-ice (°C)			Homojenleşme Sıcaklığı- Th (°C)		
		Aralık	n	Ortalama	Aralık	n	Ortalama	Aralık	n	Ortalama
901-1	P/PS	-80 -78	4	-79	-27 -19	4	-23	50 94	4	72
901-2	P	-80 -78	1	-79	-22	1	-22	98	1	98
901-2	P	-75 -73	2	-74	-23 -21	2	-22	89 93,4	2	91,2
901-2	P/PS	-52,2 -51	4	-51,6	-29 -14	4	-21,5	76 94	4	85
902	P	-55 -47	7	-51,5	-28,5 -21	7	-24,75	192 229	7	210,5
902	P/PS	-25 -23	3	-24	-17 -3	3	-10	224 229	3	226,5
902	PS	-21,2	1	-21,2	-4	1	-4	196	1	196

**Tablo 2:** Celaldağı Zn-Pb Yatağı'na ait sfaleritlerde tespit edilen sıvı kapanımların mikrotermometrik özellikleri.  
**Table 2:** Microthermometric features of the fluid inclusions from the sphalerite of the Celaldağı Zn-Pb deposit.

Numune No	Kapanım Tipi	Ötektik Sıcaklık -Te (°C)			Son Buz Erime Sıcaklığı - Tm-ice (°C)			Homojenleşme Sıcaklığı- Th (°C)		
		Aralık	n	Ort.	Aralık	n	Ortalama	Aralık	n	Ort.
DNZ-02	P	-52 -51,9	8	-51,95	-28,5 -21	8	-24,75	89 157	8	123
DNZ-02	P	-37,5 -37	10	-37,25	-28 -22	10	-25	86 162	10	124
DNZ-02	P	-21,6	1	-21,6	-15	1	-15	90	1	90

### Çözelti Sistemleri

Ayraklı Zn-Pb yatağına ait sfaleritlerde tespit edilen ötektik sıcaklık (Te) değerleri -21,2°C ile -80°C gibi oldukça geniş bir aralık sunmaktadır. Görece yüksek (180-229 °C) homojenleşme sıcaklığına sahip (Grup I) örneklerin Te değerleri -55 ile -21,2 °C arasındadır. Bu değerler cevherleşmenin meydana geldiği ilk evrelerde çözelti sisteminde NaCl, CaCl<sub>2</sub> ve MgCl<sub>2</sub>'nin dominant tuz bileşeni olduğunu göstermektedir. Düşük homojenleşme sıcaklığına sahip (51-100 °C) örneklerde (Grup II) ise Te değerleri -52,2 ile -80 arasındadır. Bu değerler, çözelti sisteminde NaCl, CaCl<sub>2</sub> ve MgCl<sub>2</sub> ile birlikte soğuma sürecinde LiCl, KCl ve Br'nin eklendiğini göstermektedir. Bu süreç muhtemelen, cevher taşıyıcı çözeltilerin yan kayaçlar içerisindeki uzun süreli sirkülasyonuna bağlı olarak, yan kaya etkileşimiyle çeşitli katyonları da bünyelerine aldığına işaret etmektedir.

Celaldağı Zn-Pb yatağına ait sfalerit örneklerinde tespit edilen ötektik sıcaklık (Te) değerleri -52°C ile -37°C arasında yer almaktadır. Te değerleri cevher oluşturan çözeltilerde CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> ve FeCl<sub>2</sub> 'nin dominant bileşenler olduğunu işaret etmektedir.

### Çözeltilerin Tuzluluğu

Sıvı kapanımların tamamında son buz erime sıcaklık değerleri (Tm-ice) ölçülmüştür. Tm-ice değerinin  $\geq -20,8$  olduğu kapanımların %NaCl eşdeğeri tuzlulukları Rooedder (1979), Crawford (1981) 'dan, MgCl<sub>2</sub>, KCl, LiCl, FeCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub> gibi çeşitli tuzları içeren sistemlerin tuzluluk değerleri ise Bakker (1999) tarafından geliştirilen AQSO bilgisayar programları ve Bodnar (1993) tarafından geliştirilen hesaplama formülü kullanılarak tespit edilmiştir.

Ayraklı Yatağına ait kapanımların tuzluluğu değişken olmakla birlikte genel olarak %13,5 ile %26 NaCl eşdeğeri arasında (Şekil 10-a), Denizovası Yatağına ait kapanımların tuzluluk değerleri ise % 23 ile % 28 NaCl eşdeğeri arasındadır (Şekil 10-c). Bu durum, her iki yatağın ilksel cevher oluşumunda yüksek tuzluluğa sahip çözeltilerin etkin rol oynadığını göstermektedir.

### Homojenleşme Sıcaklığı (Th)

Ayraklı yatağında ölçülen 41 adet Th değerleri iki farklı bölgede toplanmaktadır. Bunlardan I. grupta,

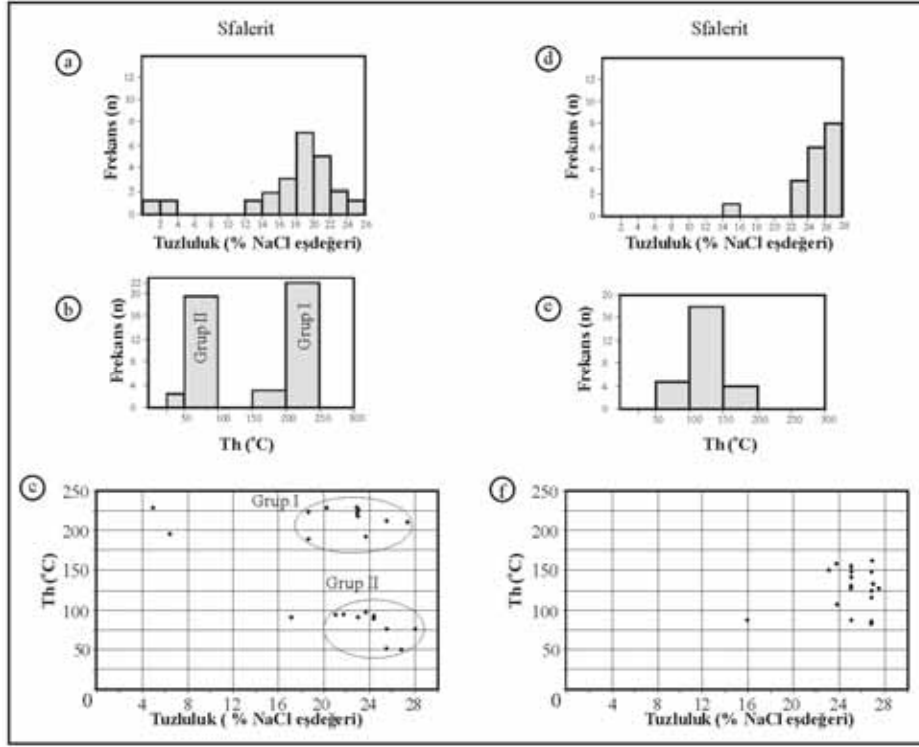
22 adet ölçüm değeri 180 ile 229°C arasında (ortalama 211°C), II grupta ise 19 adet Th ölçüm değeri 50 ile 100°C arasında (ortalama 86°C) yer almaktadır (Tablo 1). Homojenleşme sıcaklığı değerleri, cevherleşmeye neden olan çözeltilerin nispeten yüksek sıcaklık koşullarına sahip olduğunu (I. grup) ve cevherleşme süresince sirküle olan çözeltilerin sıcaklığının düştüğü (II.grup) ve cevherleşmenin düşük sıcaklıklarda da devam ettiğini göstermektedir (Şekil 10-b).

Celaldağı Yatağına ait 27 adet Th ölçüm değerinden 5 tanesi 86 ile 100°C arasında, 18 tanesi 100 ile 150°C arasında ve 4 tanesi 150-162°C arasında yer almaktadır (Tablo 2). Histogramda, cevherleşmeye neden olan çözeltilerin sıcaklıklarının genel olarak 100 ile 150°C arasında (ortalama 112°C) olduğu ve cevherleşme süresince sıcaklığın kısmen de olsa düştüğü görülmektedir (Şekil 10-e).

Cevherleşmenin oluşumu sürecinde çözelti sıcaklığının Ayraklı Zn-Pb yatağında 229°C den 50°C ye, Celaldağı yatağında ise 162°C den 86°C ye kadar düştüğü, ancak bu süreçte çözeltinin tuzluluğunda bir değişikliğin olmadığı açıkça görülmektedir (Şekil 10-c,f). Bu durum, her iki cevherleşmede etkin olan çözeltilerin, muhtemelen cevherleşme süresince düşük tuzluluk değerlerine sahip farklı kökenli çözeltiler ile karışmadığına işaret etmektedir.

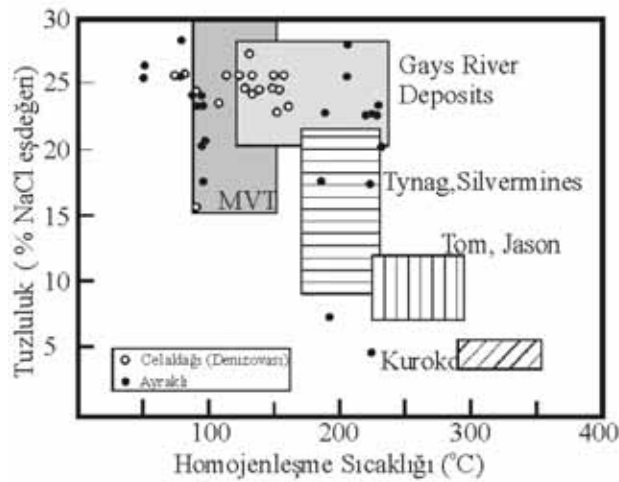
Celaldağı Yatağının oluşumu, elde edilen homojenleşme sıcaklığı, %NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri ve kapanımlarda CO<sub>2</sub> gibi gazların bulunmayışı nedeniyle, tamamen "Mississippi Vadisi Tipi" (MVT) Pb-Zn cevherleşmelerine benzemektedir (Şekil 11).

Ayraklı Yatağı' nın mikrotermometrik verileri iki grup altında değerlendirilebilir. I. grup veriler MVT yataklarına oranla nispeten yüksek sıcaklık fakat benzer tuzluluk değerleri sergilemektedir. Bu durumda I. grup veriler "Gays River" yataklarına ait verilerle (Şekil 11) benzerlikler göstermektedir. Silvermines ve Tynag yatakları ile temsil edilen "Irish Tipi" cevherleşmeler de nispeten yüksek sıcaklık sunmakta fakat düşük tuzluluk değerlerine sahiptir. II. grup veriler ise MVT tipi yataklar ve Celaldağı cevherleşmelerine ait mikrotermometrik veriler ile benzerlikler göstermektedir.



**Şekil 10:** Ayraklı Zn-Pb yatağına ait (a) %NaCl eşdeğeri tuzluluk - Frekans histogramı, (b) Homojenleşme sıcaklığı (Th)-Frekans histogramı ve (c) Tuzluluk (%NaCl eşdeğeri)-Homojenleşme sıcaklığı (Th) grafiği ile Celaldağı Zn-Pb yatağına ait (d) %NaCl eşdeğeri tuzluluk - Frekans histogramı, (e) Homojenleşme (Th)-Frekans histogramı ve (f) Tuzluluk (%NaCl eşdeğeri)-Homojenleşme sıcaklığı (Th) grafiği.

**Figure 10:** Frequency vs. wt % NaCl equivalent salinity histogram (a), homogenization temperature (Th) vs. frequency histogram (b), and homogenisation temperature (Th) vs. salinity diagram of fluid inclusions (c) in sphalerite in the Ayraklı Zn-Pb deposit. Frequency vs. wt % NaCl equivalent salinity histogram (d), homogenisation temperature (Th) vs. frequency histogram (e), and homogenization temperature (Th) vs. salinity diagram of fluid inclusions (f) in sphalerite in the Celaldağı Zn-Pb deposit.



**Şekil 11:** Celaldağı ve Ayraklı Zn-Pb yataklarına ait homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk verilerinin dünyadaki çeşitli yatak tipleriyle karşılaştırılması (MVT: Misisipi Vadisi Tipi).

**Figure 11:** Comparison of the homogenization temperature and salinity values of the Celaldağı and Ayraklı Zn-Pb deposit with the different deposit types in the World (MVT: Mississippi Valley Type).



## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### Cevherleşmenin Oluşum Sıcaklığı, Çözeltilerin Türü ve Kaynağı

Aladağlar-Zamanti bölgesindeki Ayraklı ve Denizovası Zn-Pb yataklarına ait cevher oluşum sıcaklığı ile çözeltilerin türü ve niteliğine ilişkin ilk veriler, bu çalışma kapsamında yapılan sıvı kapanım incelemelerinde elde edilmiştir.

Ayraklı Yatağı'ndaki ilksel cevher düzeyleri, Yahyalı Napı'na ait Devoniyen yaşlı rekrystalize kireçtaşı-kalkışist-bitümlü şistler içerisinde, litoloji kontrolünde tabakaya uyumlu ve mercek şeklinde gelişmiştir. Bu sülfürlü cevher düzeylerinde alınan örneklerdeki birincil sfaleritlerin homojenleşme sıcaklıkları, iki farklı grupta toplanmıştır. I. gruptaki homojenleşme sıcaklığı ortalama 211°C, II. gruptaki homojenleşme sıcaklığı ise ortalama 86°C'dir. Bu veriler, Ayraklı Yatağı'ndaki ilksel cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin başlangıç sıcaklığının, ortalama 211°C gibi nisbeten yüksek değerlere sahip olduğunu ve zaman içerisinde çözelti sıcaklığının ortalama 86°C'ye düştüğünü göstermektedir.

Denizovası yataklarındaki ilksel sülfürlü cevher zonu, Siyah Aladağ Napı'na ait Üst Permiyen yaşlı Mizzia'lı kireçtaşları içerisinde, damar şeklinde gelişmiştir (Celaldağı Yatağı). Bu sülfürlü cevher zonundan alınan örneklerdeki birincil sfaleritlerin homojenleşme sıcaklığı, Celaldağı Yatağı'ndaki ilksel cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin, ortalama 112°C gibi düşük sıcaklığa sahip olduğunu göstermektedir.

Metalleri taşıyan çözeltilerin türü ve olası çözelti sistemleri, sıvı kapanım ölçümlerinde elde edilen verilere göre;

1- Ayraklı Pb-Zn Yatağını oluşturan ilksel çözeltiler nisbeten yüksek sıcaklık koşullarında (ortalama 211°C)  $H_2O+CaCl_2 \pm NaCl \pm MgCl_2$  ve  $H_2O+NaCl$  şeklindedir. Bu süreçte çözelti  $NaCl_2$  ve  $CaCl_2$  açısından zengindir. Sıcaklığın düşmesi ile birlikte (ortalama 86°C) çözelti  $H_2O+LiCl\pm CaCl_2\pm KCl$ ,  $H_2O+LiCl$  şeklinde değişmiş ve sisteme LiCl ve KCl dahil olmuştur.

2- Celaldağı Pb-Zn Yatağını oluşturan ilksel çözeltiler ortalama 112°C sıcaklıkta ve çözelti sistemi  $H_2O+MgCl_2+CaCl_2$  ve  $H_2O+NaCl+CaCl_2$  şeklindedir. Sistemde NaCl ve  $CaCl_2$ ' baskın tuz bileşeni olduğu, bununla birlikte  $FeCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$  ve KCl nin de sistemde varlığı tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen olası çözelti sistemlerindeki Ca, K, Li, Mg, Fe gibi katyonlar ilksel çözelti bileşiminde var olabileceği gibi daha sonraki süreçlerde, çözeltilerin sirküle olduğu yan kayaçların bileşimine bağlı olarak da çözelti sistemine eklenmiş olabilir. Ayrıca, cevherleşme sırasında cevherli çözeltiler de aynı şekilde yan kaya etkileşimi ile içerdikleri katyonları

kayaca yükleyebilirler (Claypool ve diğ., 1980; Viets ve Leach,1990; Hanor,1994; Leach,1994). Ayraklı yatağındaki strata-bound tipteki cevher düzeylerinin oluşumuna neden olan çözeltilerdeki çok farklı katyonlar, çözeltilerin değişik mineral bileşimine sahip kayaçlar içinde uzun süre sirküle olduğuna işaret etmektedir. Yine, Ayraklı ve Celaldağı Zn-Pb yataklarında elde edilen mikrotermometrik veriler de çözelti sistemlerindeki  $MgCl_2$  ve özellikle  $CaCl_2$  ün baskın olması, çözeltilerin bölgede hakim olan karbonat litolojisi ile etkileşime girdiği şeklinde açıklanabilir. Zira, Jubile ve Gays River Zn-Pb yataklarında yapılan sıvı kapanım çalışmalarında da çözelti sistemlerindeki yüksek  $CaCl_2$  içeriğinin, çözeltilerin karbonatlı yan kayaçlar ile uzun süre etkileşimi sonucu arttığı belirtilmiştir (Savard ve Chi, 1998).

Sıvı kapanım çalışmalarında, Ayraklı Yatağı için %13,5 ile %26 arasında, Celaldağı Yatağı için ise % 23 ile % 28 arasında değişen ve yüksek NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri tespit edilmiştir. Bu derece yüksek %NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip ve magmatizma ile ilişkisi olmayan çözeltilerin, özellikle Mississippi Vadisi Tipi ve Gays River Pb-Zn yataklarının oluşumunda etkin olduğu bilinmektedir (Sverjensky, 1981; Rooedder, 1984; Savard ve Chi, 1998; Sangster, 1990).

### Misisipi Vadisi Tipi (MVT) İlksel Cevherleşmenin Oluşum Dönemi

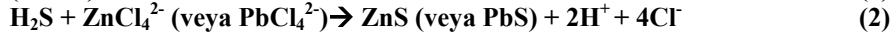
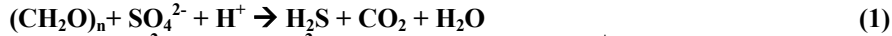
Aladağlar-Zamanti (Doğu Toroslar) bölgesindeki karbonatlar içindeki Zn-Pb cevherleşmeleri Hanilçi (2003) ile Hanilçi ve Öztürk (2003) tarafından sülfür izotopu verileri doğrultusunda detaylı olarak tartışılmıştır. Elde edilen  $\delta^{34}S_{CDT}$  değerleri ( $\text{‰}+3,43$  ile  $+13,70$ ), sülfürün magmatik kaynaktan ziyade  $^{34}S$  izotopu açısından daha zengin, muhtemelen deniz suyu olabileceğine işaret etmektedir. Zira, bu veriler ilksel cevherleşmelerin olduğu Üst Permiyen dönemine ait deniz suyunun  $\delta^{34}S$  ( $\text{‰} 12,5$ ) değerleri ile de uyumaktadır (Hanilçi, 2003).

Üst Permiyen deniz suyu, derin faylardan aşağılara süzülerek ısınmış, temel kayaçlar içerisindeki Zn ve Pb yi çözerek yukarı doğru taşımış ve karbonatlı kayaçlar içerisinde Misisipi Vadisi tipi Zn-Pb yataklarının oluşumuna neden olmuştur. Aladağlar-Zamanti (Doğu Toroslar) bölgesinde bu tipteki cevherleşmeler 3 farklı stratigrafik düzeyde gelişmiştir. Birincisi, Yahyalı Napı'na ait Devoniyen yaşlı rekrystalize kireçtaşı-kalkışist-bitümlü şistler içerisinde gelişmiş olan Ayraklı Zn-Pb yatağıdır. İkincisi, bu makale kapsamında anlatılmayan Siyah Aladağ Napı'nın Alt Permiyen yaşlı *Girvanella*'lı kireçtaşları üzerindeki *Pseudoshwagerina*'lı kireçtaşları içerisinde yer alan Suçatı-Köşk Deresi (Yahyalı, Kayseri) cevherleşmesidir (Hanilçi, 2003). Üçüncüsü ise

Denizovası bölgesinde Celaldağı Zn-Pb yatağı ile temsil edilen, Üst Permiyen yaşlı Mizzialı kireçtaşları içerisindeki cevherleşmedir.

Sıvı kapanım ve kükürt izotopu verileri strata-bound tipteki cevherleşmelerin, Üst Permiyen döneminde deniz suyu ve/veya formasyon sularının yanal ve düşey yöndeki göçleriyle ilişkili oluştuğunu göstermektedir. Söz konusu tuzlu sular, metamorfik masif ve temel kayalar içerisindeki sirkülasyonu sırasında, masif ve temel kayaların içerdiği Zn ve Pb metallerini çözmüş ve klorlü kompleksler şeklinde taşımıştır. Klor kompleksleri şeklinde taşınan Zn ve Pb metalleri, Devoniyen (Ayraklı Yatağı), Alt Permiyen

(Hadim-Bozkır bölgesindeki yataklar-Orta Toroslar) ve Üst Permiyen (Denizovası-Celaldağı Yatağı) kayaları içerisinde, organik maddece zengin ortamlarda sülfürlü cevherleşmeler şeklinde çökelmişlerdir. Cevher çökelişi işleminde etkin olan ana faktör, yan kayaların organik madde açısından zengin olmasıdır. Böylesi bir ortamla karşılaşan çözeltilerdeki sülfat iyonları ortamdaki organik maddenin bakteriyel parçalanmasına bağlı olarak sülfürlere ( $H_2S$ ,  $HS^-$ ) indirgenmiş, sınırlı da olsa sistemdeki çözünmüş oksijen tüketilerek, ortam kuvvetli indirgen bir özellik kazanmıştır. Bu süreçle ilgili cevher çökelişi reaksiyonu aşağıdaki şekilde gerçekleşmiş olmalıdır;



↓                      ↓  
(Sfalerit) (Galenit)

Yan kayalardaki organik madde varlığına bağlı olarak çözelti niteliğinin hızla değişmesi (pH'nin artışı, Eh'nin düşmesi) ve böylelikle klorlü komplekslerin parçalanması, muhtemelen cevher çökelişiminin ana mekanizmasını oluşturmuştur. Metalleri taşıyan yüksek orandaki klorun kaynağı, hem deniz suyu hem de temel kayalar içerisindeki evaporitik çökeltiler olmalıdır. Üst Permiyen döneminde kara halinde olan (Özgül, 1983) Geyik Dağı Birliği içerisinde, tuz ve jips oluşuklarının varlığı bilinmektedir (Yılmaz, 2004). Yine, Permiyen döneminde Doğu Akdeniz'de tuz domlarının da olduğu Garfunkel (1998) tarafından belirtilmiştir.

Sıvı kapanım sonuçları, Denizovası bölgesi ve Ayraklı yataklarının hidrotermal etkinlikle ilişkili oluştuğunu göstermektedir. Ancak, bu hidrotermal etkinliğin bölgede sınırlı bir alanda gözlenen Eosen-Oligosen (?) yaşlı granitik sokulumla ilişkili olduğunu söylemek güçtür. Zira, bölgedeki bu sokulumla bağlı oluşan Çadırkaya Zn-Pb Yatağı, çinko ve kurşun minerallerinin dışında yoğun bir şekilde kalkopirit, pirit, az miktarda arsenopirit içermekte ve mineral parajenezi açısından Ayraklı ve Denizovası bölgesi yataklarından farklılık göstermektedir. Yine Çadırkaya yatağı diğer yatakların aksine yüksek miktarlarda Cu, As, Bi, Sb ve Au içermektedir (Çevrim, 1984). Mineral parajenezi ve cevher kimyası dışında Çadırkaya yatağında yüksek sıcaklık oluşum koşullarını yansıtan arsenopirit, kalkopirit ve kalkopirit kapanımları içeren sfaleritler görülmektedir. Daha önemlisi, yatakların duraylı kükürt izotopları açısından bir karşılaştırması yapıldığında, belirgin farklılıkların olduğu görülür. Magmatik hidrotermal oluşumlu Çadırkaya yatağının  $\delta^{34}S$  değerleri ‰ -0.59, +0.34 arasında olup sınırlı bir aralıkta bulunmakta ve kükürtler tipik magmatik kökene

( $\delta^{34}S$  ‰ 0) işaret etmekte, Denizovası bölgesi ve Ayraklı Zn-Pb yataklarının  $\delta^{34}S$  değerlerinden (‰ -5.4, +12.19) belirgin şekilde farklılık göstermektedir (Hanilci, 2003; Hanilci ve Öztürk, 2003).

#### KATKI BELİRTME

Yazarlar, sıvı kapanım verilerinin yorumlanmasındaki değerli katkılarından dolayı Dr. A.M. Van den KERKHOF'a (Almanya Göttingen Üniversitesi, IGDL) teşekkür eder. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından T-1164/18062001 nolu proje kapsamında ve TİNCEL Kültür Vakfı'nın sağladığı yurt dışı bursu ile desteklenmiştir.

#### SUMMARY

The Aladağlar-Zamantı region, Eastern Taurides, is unique and most important carbonatic zinc-lead ore province of Turkey. Mining activity in the region has began in Roman time, approximately 6,5million tons of ore with 35% Zn+Pb grade have been mined up to now. Economically minable ore which is karstic-type formed by reworking and reaccumulation processes in and around the primary Zn-Pb formations.

All deposits in the region more or less affected by karstification processes and they lost their original formation features.

The carbonate-hosted Zn-Pb deposits in Aladağlar-Zamantı region occur only within the Siyah Aladağ and Yahyalı Nappe unit. Both units consist mainly of carbonates which were deposited on the northern slope of the passive margin of the Anatolian

micro plate. In spite of similarities between two tectonic unites, Yahyalı Nappe unit metamorphosed in low-grade green schist facies whereas Siyah Aladağ Unit not metamorphosed.

The Ayraklı and Celaldağ Zn-Pb deposit display important clues for the understanding of the primary mineralization events in the Aladağlar-Zamanti region and therefore the studied focused on these two important deposits.

The Ayraklı Zn-Pb deposit occurs in the Yahyalı Nappe unit consists of crystallised limestones and calc schist-bituminous schists of the Devonian age. There are three mineralization horizons in the Ayraklı deposit as a strata-bound type which are lense and strata shaped. The first ore horizon is seen as a strata, mainly comprises with smithsonite in 20 cm thick. The second ore horizon occurs in the calc schist and bituminous schist lithologies as lense shape. The third ore horizon occurs between the calc schist and crystallised limestone. The second and third ore horizons consist of sulfide minerals such as galena, sphalerite and framboidal pyrite. Fluid inclusion measurements have been carried out from sphalerite samples from the second and third levels.

Denizovası region where 20 km east of the Ayraklı deposit includes two important deposits as Celaldağ and Uzunkol Tepe. The Celaldağ Zn-Pb deposit occur both discordant and concordant ore bodies in the Upper Permian limestone, reveals strata-bound type formation nature. The concordant ore horizon is enriched as iron oxide-hydroxides whereas, discordant ore horizon mainly consist of sulphide minerals such as sphalerite, galena, pyrite and matcasite. Fluid inclusion measurements have been carried out from the sulfide minerals rich ore horizons of the Celaldağ deposit. The Uzunkol Tepe deposit is mainly vein type that controlled by tectonic structures in the Jurassic limestone.

Fluid inclusion studies indicated that the homogenization temperature of the Ayraklı and Celaldağ deposit are 50 °C to 229 °C and 86 °C to 162 °C, respectively. The salinity of the fluid inclusions from both deposits determined as wt. 14-28% NaCl equivalent

The formation history of the studied Zn-Pb deposits can be summarized in the three formation stages. The first stage is penetrating of sea water into the deeper parts of the crust and collecting Zn, Pb metals. The second stage is transporting of the Zn and Pb compounds into the upper section through the fault zones. The final stage is reacting of the Zn, Pb bearing hydrothermal solutions with organic matter rich limestones which resulted in sulphate reduction and Zn, Pb sulphide deposition.

Field studies and fluid inclusion data indicate that the Celaldağ Zn-Pb deposit in the Denizovası

region was developed as the **Mississippi Valley Type** (MVT) and the Ayraklı Zn-Pb deposit was developed as a transition type from “**Gays Rever Deposits**” to “**MVT**” deposit.

#### KAYNAKLAR

- Altuncu, S., 2000;** Meydanyaylası-Karagöl İspirtepe (Çamardı) Karbonat İçerikli Pb-Zn Yataklarının Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikleri. Niğde Üniversitesi, Fen. Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 96 sayfa.
- Ayhan, A., 1983;** Aladağ (Yahyalı-Çamardı) Yöresi Karbonatlı Çinko-Kurşun Yatakları. TJK Bülteni, 26, 107-116.
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y., Çeltek, N., Aksoy, E., 1984;** Aladağlar (Batı Zamanti) Yöresi (Yahyalı-Çamardı) Jeolojisi ve Kurşun-Çinko Etüdüleri, MTA Rapor No:1483, 112 shf. MTA Ankara.
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y., 1986;** Yahyalı-Demirkazık (Aladağlar Yöresi) Arasının Tektonostratigrafik Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği, 27 (Nisan -1986), 31-45.
- Bakker, R. J., 1999;** Optimal Interpretation of Microthermometrical Data from Fluid Inclusions: Thermodynamic Modelling and Computer Programming. <http://www.unileoben.ac.at/~buero62/minpet/ronald/Habilitation/Computer.html>
- Blumenthal, M. M., 1941;** Niğde ve Adana vilayetleri dahilinde Toroslar'ın jeolojisine umumi bakış: MTA Enst., Ankara, No:6, 48 s.
- Blumenthal, M. M., 1944;** Bozkır güneyinde Toros sıradağlarının serisi ve yapısı: İ.Ü. Fen Fak. Mec., Seri B, 9, 2, 95-125.
- Blumenthal, M. M., 1947;** Belemelik Paleozoyik penceresi ve bunun Mesozoyik kalker çerçevesi: MTA Enst., Ankara, No:3, 39 s.
- Blumenthal, M. M., 1952;** Das taurische Hochgebirge des Aladağ, neuere Forschungen zur seiner Geographie, Stratigraphie und Tektonik: MTA Yayınları, seri D, 6, 136 s.
- Bodnar, R.J., 1993;** Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.57, p. 683-684.
- Claypool, G.E., Holser, W.T., Kaplan, L. R., Sakai, H. ve Zak, I., 1980;** The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. Chemical Geology, 28, 199-260.
- Crawford, M.L., 1981;** Phase equilibria in aqueous fluid inclusions. In L.S. Hollister and M.L. Crawford (eds.), Short Course in Fluid Inclusions:

- Applications to Petrology, vol. 6, Mineralogical Association of Canada, 15-100.
- Çevrim, M., Ehle, W., ve Friedrich, G., 1986;** Aladağlar'da Paleokarstlaşmaya Bağlı Pb-Zn Mineralizasyonu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C.29, 27-41, Şubat-1986.
- Çopuroğlu, İ., 1996;** Yahyalı Kayseri-Demirkazık Niğde-Çamardı Yöresi Çinko-Kurşun Yataklarının Mineralojisi ve Jenezi: MTA Dergisi 118, 35-46, 1996.
- Eren, R.H., Uz, B., Özpeker, I., ve Seymen, İ.,1993;** Toroslar'da Tekneli (Çamardı-Niğde) yöresinin tektoniği ve Pb-Zn mineralizasyonu. Yerbilimleri, Haziran 1993, s.22, 45-60.
- Garfunkel, Z., 1998;** Constrains on the origin and history of the Eastern Mediterranean basin. Tectonophysics 298 (1998), 5-35.
- Hanilçi, N., 2003;** Orta ve Doğu Toroslarda karbonatlar içindeki Zn-Pb Yataklarının Oluşumu. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, yayınlanmamış Doktora Tezi, 166 sayfa.
- Hanilçi, N., ve Öztürk, H., 2003;** Aladağlar'da Karbonatlar İçindeki Pb-Zn Yataklarında Duraylı Kükürt İzotopu ve Mikrotermometrik İncelemeler, Doğu Toroslar, Türkiye. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, s.112-114.
- Hanor, J.S., 1994;** Origin of saline fluids in sedimentary basins. Geofluids: Origin, migration and evolution of fluids in sedimentary basins. Geological Society of London Special Publication 78, p. 151-174.
- Hein, U.F.,1989;** Microthermometry. Compact course and excercises, IGDLU,University of Göttingen, 52 sayfa.
- Imreh, L., 1965;** Zamantı Metal cevherleşme Bölgesinin Kurşun-Çinko Mineralizasyonları. M.T.A. Dergisi, no:65, 85-108, Ankara.
- Koptagel, O., Efe, A., ve Ceyhan, F., 1998;** Göynük Pb-Zn cevherleşmesinin (Yahyalı- Kayseri) kökeni. Türkiye Jeoloji Bülteni, 41 (2), 53-62, Ağustos, 1998.
- Koptagel, O., Efe, A., Ceyhan, F., ve Erik, D., 2001;** Denizovası-Havdan Yöresi (Yahyalı Doğusu-Kayseri) Pb-Zn Cevherleşmelerinin Genel Özellikleri; Köken ile ilgili bir yaklaşım. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt:44, Sayı:3 (Ayhan Erler Özel Sayısı), sayfa: 15-35, Ankara.
- Koptagel, O., Ulusoy, U., Efe, A., 2004;** A study of sulfur isotopes in determining the genesis of Goynuk and Celaldagi Desandre Pb-Zn deposits, eastern Yahyalı, Kayseri, Central Turkey. Journal of Asian Earth Sciences (in press).
- Kuşçu, M., ve Cengiz, O., 2001;** Karbonatlı Kayaçlara Bağlı Orta Toroslar Pb-Zn Cevherleşmelerinin Kükürt İzotopları İncelemesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt: 44, Sayı: 3 (Ayhan Erler Özel Sayısı), Sayfa: 59-73, Ankara.
- Leach, D.L., 1994;** Genesis of the Ozark Mississippi Valley-type metallogenic province Missouri, Arkansas, Kansas and Oklahoma, USA: Society for Geology Applied to Mineral Deposits Special Publication 10, p. 104-138.
- Metag & Stolberg, 1971;** Zamantı kurşun-çinko projesi niha, raporu, Maden sahalarının jeolojisi ve paleontoloji ekleri. DPT Müsteşarlığı Raporu, C.IV, 191 sayfa (yayınlanmamış).
- Oygür, V., 1986;** Karamadazı (Yahyalı-Kayseri) Kontak Metazomatik Manyetit Yatağının Jeolojisi ve Oluşumu. Jeoloji Mühendisliği, 27, 1-9, Nisan - 1986.
- Özgül, N., 1971;** Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi: TJK Bülteni, 14, 75-87.
- Özgül, N., 1976;** Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri, TJK Bülteni,c.19,65-78, Şubat 1976.
- Özgül, N., 1983;** Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. International Symposium on the Geology of the Taurus Belt. Edt: Tekeli,O and Göncüoğlu, M.C., sayfa 77-90, Ankara.
- Petrasccheck, E. W., 1967;** Batı Toros kalkerlerindeki kurşun-çinko yatakları. MTA Dergisi, no:68, 38-48.
- Roedder, E., 1979;** Fluid inclusions as samples of ore fluids. In H.L. Barnes (ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. 2nd edition., Wiley Interscience, New York, 684-737.
- Roedder, E., 1984;** Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy, Vol.12, 644 pp. Mineralogical Society of America, Washington.
- Sangster, D.F., 1990;** Mississippi-Valley type and lead-zinc sedex deposits: A comparative examination. Institute of Mining and Metallurgy Transactions, sec.B, v.99, p. B21-B41.
- Savard, M.M., ve Chi, G., 1998;** Cation Study of Fluid Inclusion Decrepitates in the Jubilee and Gays River (Canada) Zn-Pb Deposits- Characterization of Ore-Forming Brines. Economic Geology, Vol.93, 1988, pp.920-931.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., ve Alderton, D.H.M., 1985;** A practical guide to fluid inclusion studies, 239 pp., Blackie-Glasgow.
- Sverjensky, D.A., 1981;** The Origin of a Mississippi Valley-Type Deposit in the Viburnum Trend, Southeast Missouri. Economic Geology, v.76, n.7, 1848-1872.
- Tekeli, O., Aksay, A., Ürgün, B.M., ve Işık, A., 1983;** Geology of Aladağ Mountains: International Symposium on the Geology of the Taurus Belt Proceedings (Ed: Tekeli, O., ve Göncüoğlu, M.C.), pp.143-158, MTA, Ankara.

- Tok, T., Şenel, M., Alan, İ., Keskin, H., Taptık, A., ve Kop, A., 2004;** Yahyalı Napının Stratigrafik ve Yapısal Özellikleri ve Toros Kuşağı'nda Benzer Birimlerle Karşılaştırılması. 57.Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, sayfa:267-268, Ankara.
- Viets, J.G., ve Leach, D.L., 1990;** Genetic implications of regional and temporal trends in ore fluid geochemistry of Mississippi valley-type deposits in Ozark region. Economic Geology, v.85, p.842-861.
- Yılmaz, İ., 2004;** Doğu Torosların Mansurlu-Saimbeyli (Adana) Kesiminin Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri. İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, yayınlanmamış Doktora Tezi, 184 sayfa.

**Yayına Geliş – Received :** 11.10.2004

**Yayına Kabul - Accepted :** 31.03.2005