

## DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ MASİF SÜLFİT YATAKLARINDAKİ (LAHANOS, KİLLİK VE ÇAYELİ) FOSİL İZLERİNE AİT İLK BULGULAR

M. Kemal REVAN\*, Taner ÜNLÜ\*\* ve Yurdal GENÇ\*\*\*

ÖZ.- Doğu Karadeniz Bölgesi Üst Kretase yaşlı masif sülfid yataklarında tüp şeklinde solucan fosilleri saptanmıştır. Bu tip tüp formundaki solucan fosillerinin benzerlerine bu güne kadar Umman, Kıbrıs, İrlanda ve Urallar'daki masif sülfid yataklarında rastlanmıştır. Dünyada çok az sayıda masif sülfid yatağında tanımlanan bu fosil topluluğu, Pontid'lerdeki Kretase deniz tabanı hidrotermal çıkışlarının önemli kanıtlarıdır. Tanımlanan bu solucan benzeri formlar, aynı zamanda Doğu Pasifik yükselimi, Galapagos ve Juan de Fuca sırtı gibi güncel hidrotermal çıkışlarının gözleendiği yerlerde tanımlanmış sıra dışı organizma topluluğunun atalarına ait formları olarak düşünülebilir.

Anahtar kelimeler: Doğu Karadeniz, masif sülfid, fosil, hidrotermal çıkış

ABSTRACT.- Tube worm fossils have been found in the Upper Cretaceous aged massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea Region. Similar ones of these tube worm fossils have been found in the massive sulfide deposits of Umman, Cyprus, Ireland and Urals. This fossil community defined in very few massive sulfide deposits in the world is the important evidences of the sea floor hydrothermal vents in Pontids. These worm-like forms can be considered as the ancestral forms of the unusual vent communities defined in places where modern hydrothermal vents are observed such as East Pacific Rise, Galapagos and Juan de Fuca Ridge.

Key Words: Eastern Black Sea, massive sulphite, fossil, hydrothermal vent

### GİRİŞ

Günümüz okyanus tabanlarında hidrotermal kükürt çıkışlarına bağlı yaşam süren canlıların varlığı araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Hidrotermal çıkış bacaları çevresinde yaşam süren bu canlılar içinde en ilginç olanları ise bakterilerle simbiyotik bir yaşam süren tüp solucanlardır. Güncel maden yatağı oluşumlarının gözleendiği ve sıra dışı organizma topluluklarının yoğun olarak yaşadığı güncel derin deniz sıcak su çıkış alanları dünyada birkaç yerde (örn., Doğu Pasifik yükselimi, Juan de Fuca sırtı, Galapagos sırtı) ayrıntılı olarak çalışılmış ve tanımlanmıştır (Hannington ve diğerleri, 2005; Little, 2002; Rona ve diğerleri, 1983; Rona, 1984). Metaller ve kükürt açısından zengin sıcak çözeltilerin, çıkış kanallarından deniz tabanına boşalırken, deniz suyu ile karışarak ani soğumaları nedeniyle demir, çinko ve bakırlı sülfid minerallerinin deniz tabanı-

na çökerek masif sülfid yataklarını oluşturduğu farklı araştırmacılarca ifade edilmiştir (Spooner ve Fyfe, 1973; Hebert ve Constantin, 1991; Haymon ve diğerleri, 1984; Qudin ve Constantinou, 1984). Hidrotermal çözeltilerin getirdiği kükürt, çıkış bacalarını çevresinde yaşayan canlılar için gıda zincirinin temelini teşkil eder. Güncel sıcak su çıkış bölgelerinde gözlenen yaygın canlı toplulukları midye, yengeç, vestimentiferan tüp solucan ve birkaç balık türünü içerir. Mussel, anemones, barnakler, limpetler ve siphonophores gibi türlerin yaşam alanları sadece bazı sıcak su çıkış bölgeleri ile sınırlıdır (Haymon ve diğerleri, 1984). Bazı solucan türlerinin bu sıcak su çıkış kanalları boyunca yükselen ve sıcaklıkları 350 °C ye ulaşan hidrotermal çözeltilere çok yakın alanlarda yaşadığı gözlenmiştir (Haymon ve diğerleri, 1984). Bu solucanların tüp şekilli kalıntılarının, buldukları ortamda, ancak sülfid ve sülfat minerallerince ornatılanları korunabilmektedir. Gün-

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06800, Balgat-Ankara

\*\* Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan-Ankara

\*\*\* Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe-Ankara

müz denizlerinde yoğun olarak gözlenen bu sıra dışı organizma faaliyetlerinin (Kuznetsov ve diğerleri, 1988; Little ve diğerleri, 1996) paleo-denizlerdeki izlerine ise çok nadir rastlanmaktadır. Bu nedenle Üst Kretase yaşlı Lahanos, Killik ve Çayeli (Doğu Karadeniz Bölgesi) masif sülfid yataklarında (Şekil 1) bu fosil izlerinin bulunması önemli bir veri oluşturmaktadır.

## ÇALIŞMA YÖNTEMİ

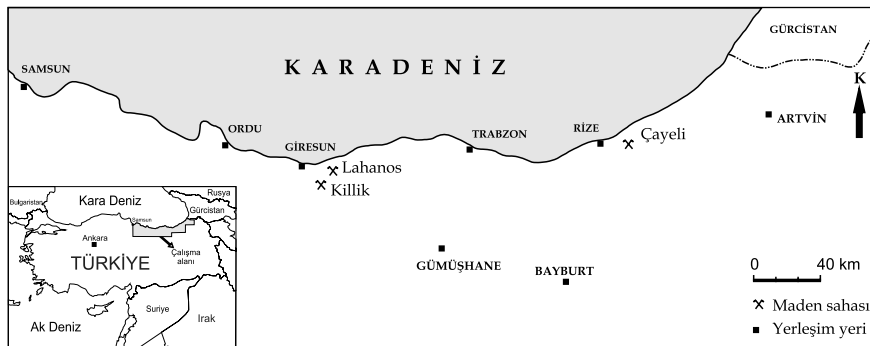
Lahanos, Killik ve Çayeli yataklarından toplanan fosilli cevher örnekleri fosillerin ekvatorial ve aksiyal kesitleri alınacak şekilde kesilmiş ve yüzeyleri aşındırıcıda düzelterek makro yapı, doku ve mineralojik tanımlamaları yapılmıştır. Fosil izlerinin ve dolgularının opak ve gang mineral içeriğini saptamak amacıyla her yatağı temsil eden örneklerden parlatma ve ince kesitler hazırlanmıştır. Parlatma yapımı ve opak mineral incelemeleri Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Cevher Mikroskobisi Laboratuvarında yapılmıştır. Örneklerde cevher mikroskobu ile tanımlanamayan gang mineralleri ise MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi laboratuvarlarında elektron mikroskobu (SEM) ve Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarındaki yüksek çözünürlüklü, analitik Raman mikroskoplu Horiba Jobin Yvon marka Labraun HR (633 laser gücünde) Konfokal Raman Spektrometre cihazı kullanılarak, noktasal

bazda mineralojik analizler biçiminde belirlenmiştir.

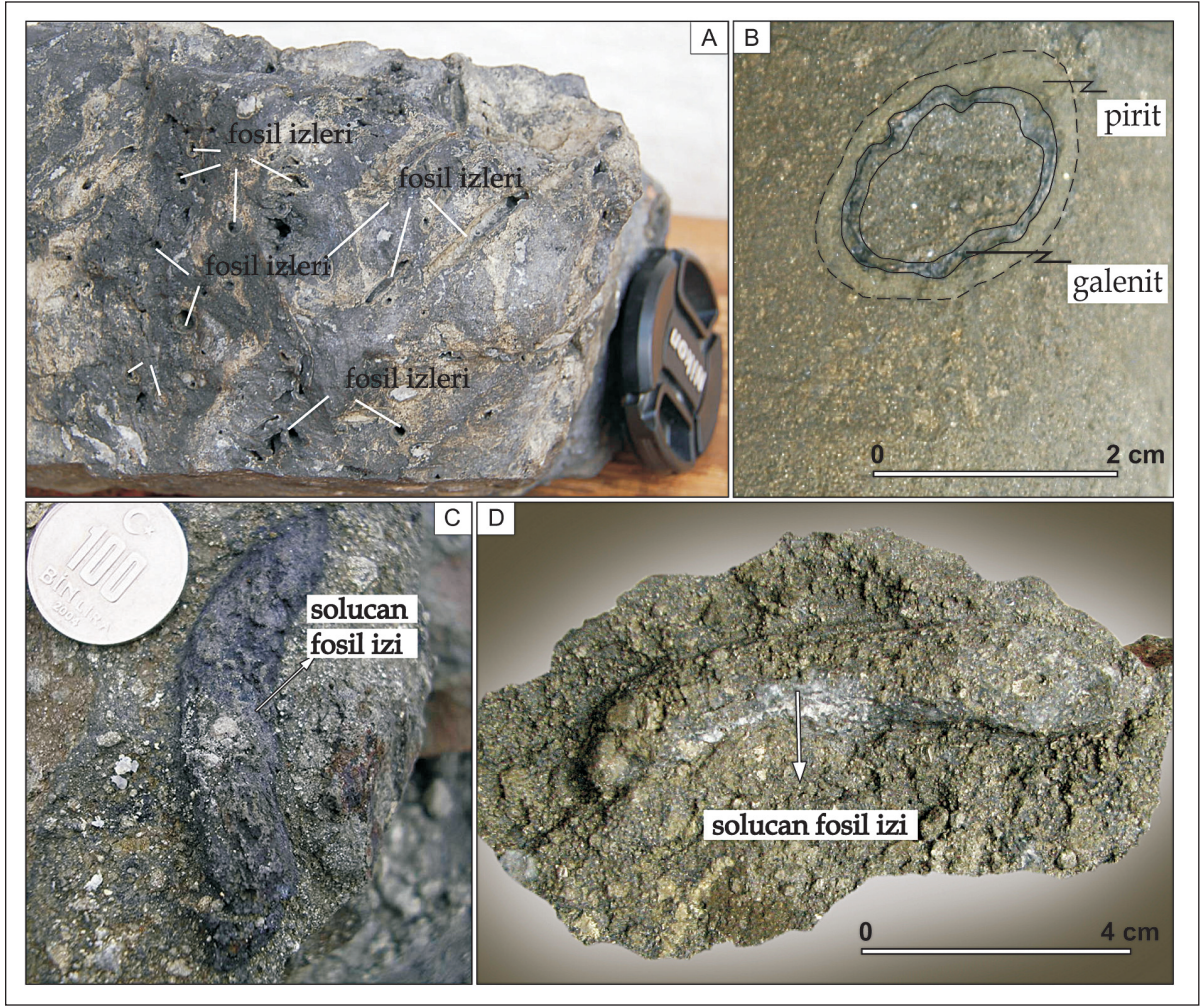
## Lahanos, Killik ve Çayeli masif sülfid yataklarında gözlenen cevherleşmiş fosil izleri

Lahanos, Killik ve Çayeli yataklarında tanımlanan tüp solucan fosil izlerinin çapları 25 mm ve uzunlukları 8 cm ye ulaşır. Solucan fosil izleri genelde pirit ile sfaleritten oluşan siyah cevher zonu içinde korunmuşlardır (Şekil 2B,C,D).

Her üç yatakta da cevherleşmiş tüp solucan fosil örnekleri sülfid matrisli breşik cevher zonu içinde bulunur. Tüp şekilli fosil izlerinin içi genelde pirit, sfalerit, kalkopirit ve galenit gibi mineral kırıntıları tarafından doldurulurken az sayıda fosil izinin ise kenardan içeriye doğru opak ve gang mineralleri tarafından ornatıldığı gözlenmiştir. Aksiyal ve ekvatorial kesitlerden gözlembildiği kadarıyla bu ornatmalar bazı örneklerde fosil izinin tamamını kapsarken bazı örneklerde ise ornatma sadece kenar kesimlerde gerçekleşmiş, fosil izinin iç kesimi boşluk şeklinde kalmıştır (Şekil 3A). Bazı örneklerde ise fosil izlerinin kenar kesimleri opak minerallerden pirit ve galenit tarafından ornatılırken iç kesimleri pirit, sfalerit, kalkopirit, galenit gibi opak mineral kırıntılarınca doldurulmuştur.



Şekil 1- Fosil bulgularının elde edildiği maden sahalarının yer bulduru haritası.



Şekil 2- A-Urallar Bölgesindeki masif sülfitlerde tespit edilen değişik formlarda tüp fosiller ile B- Çayeli C- Lahanos ve D- Killik masif sülfid yataklarında saptanan breşik sülfitler içerisinde tüp formunda solucan fosillerine ait farklı kesitler.

Lahanos örneklerinde kenarlarından itibaren opak minerallerce ornatılmış fosil izlerinde, dıştan içe doğru sfalerit+pirit >> kalkopirit+pirit şeklinde değişen mineralojik zonlanma tanımlanabilmektedir.

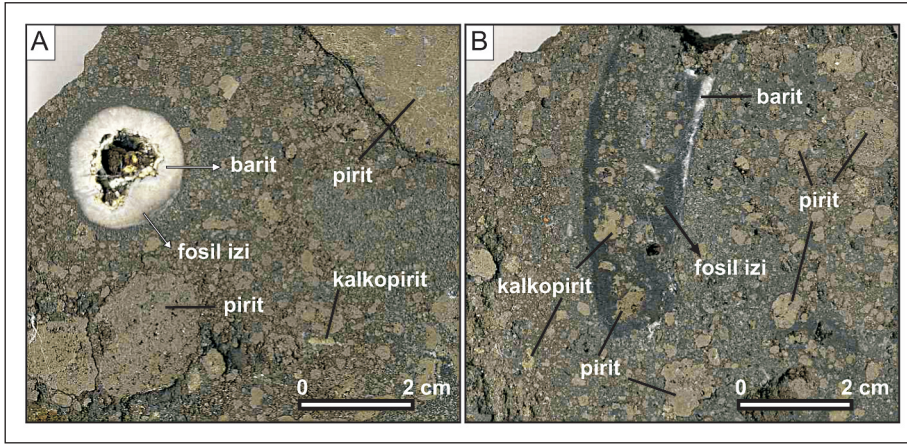
Çayeli örneklerinde cevherleşmiş fosil çepçepçerlerinde dıştan içe doğru pirit >> galenit şeklinde gelişmiş bir mineral zonlanması gözlenmektedir (Şekil 2B).

Killik madeninde tanımlanan bazı örneklerde ise tüp solucan fosil izlerinin kenar kesimleri barit tarafından ornatılmışken iç kısımları başlıca sülfid minerallerinden oluşan kırıntılar tarafından doldurulmuştur (Şekil 3B). Lahanostan alınan bir örnekte tüp solucan fosil izinin tamamı barite dönüşmüştür. Bu örnek kenar kesimlerde sadece barit içerirken iç kesimleri baritin yanı sıra pirit, kalkopirit, kovellin, sfalerit gibi sülfid minerallerini içermektedir. Fosil izi dolgularında baritin (Şe-

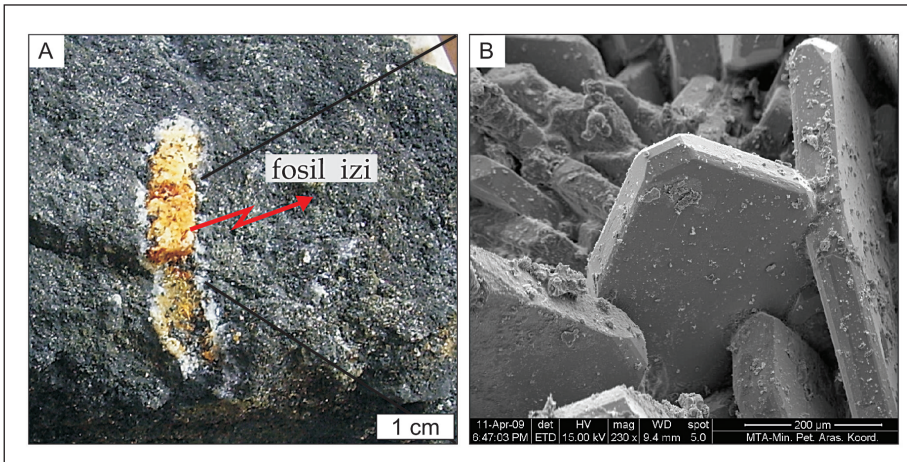
kil 4) yanı sıra, mikroskopta ayırt edilemeyecek oranlarda, götüt [FeO(OH)], serpiyerit [Ca(Cu,Zn)<sub>4</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>.3(H<sub>2</sub>O)], nabit kükürt [S] ve jarosit [KFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>] gibi oksidasyon ürünü ikincil minerallerin ve dolomitin [CaMg(CO<sub>3</sub>)] varlığı Raman spektrometresi incelemeleriyle saptanmıştır (Şekil 5).

## TARTIŞMA VE YORUM

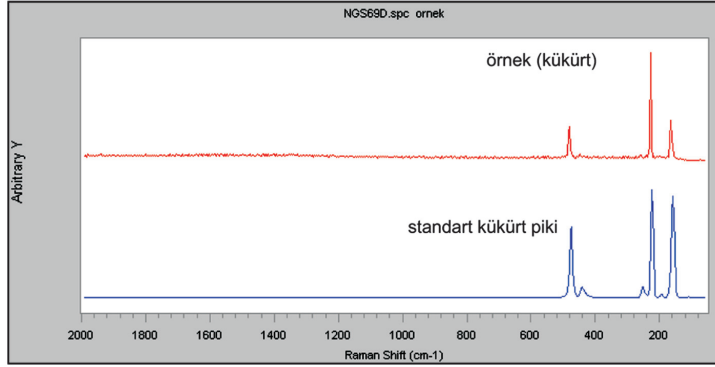
Paleo-masif sülfid yataklarda fosil topluluklarına ait bulgular oldukça sınırlıdır. Tüp şekilli cevherleşmiş fosil kalıntılarını ilk kez, Sybai yatağında (Urallar) piritli cevherler içerisinde Ivanov, (1947) bulmuştur. Daha sonraları benzer fosil buluntuları, Umman (Haymon ve diğerleri, 1984),



Şekil 3- A-Killik madeninde klastik cevher içerisinde sülfat minerali tarafından ornatılmış solucan fosil izi, iç kesim boş, dolgu içermiyor B- İçi sülfid ve sülfat mineral kırıntıları ile doldurulmuş solucan fosil izi.



Şekil 4- A- Sülfat ve sülfid mineraleri tarafından yeri alınmış tüp solucan fosili örneği. B- Fosil dolgusunu oluşturan baritlerin SEM görüntüsü (Örnek Lahanos yatağının siyah cevher zonundan alınmıştır).



Şekil 5- Lahanos yatağında içi minerallerce doldurulmuş tüp solucan fosili örneğinde nabit kükürdün varlığını gösteren Raman spektrumu.

Kıbrıs (Qudin ve Constantinou, 1984) ve İrlanda'daki (Banks, 1986) masif sülfid yataklarında tanımlanmıştır. Bunlardan başka özellikle Urallardaki masif sülfid yataklarında (Yaman-Kasy, Buribaikoye, Yubileinoe, Safyanovskoye, Kom-somolskoye) tüp şeklindeki solucan fosil topluluğuna ait bulgu ve bilgiler (Kuznetsov ve diğerleri, 1993; Zaykov ve diğerleri, 1995) elde edilmiştir (Şekil 1A). Ancak, bu faunaya ait fosillerin bollukları ve sağlamlığı (korunma derecesi) ile ilgili bilgiler yataktan yatağa farklılık arz etmektedir (Prokin ve diğerleri, 1985; Kuznetsov ve diğerleri, 1993; Zaykov ve diğerleri, 1995). Masif sülfid yataklarındaki fauna kalıntılarının bulunduğu seviyelerden elde edilen veriler (Malahova, 1969; Bitter ve diğerleri, 1992), söz konusu faunaların çok özel ortam koşullarında yaşamını sürdürebildiğini göstermektedir. Bu ortamda bakteriler dışında diğer birçok organizmanın yaşaması için elverişli olmayan hidrosülfirik yaşam koşulları egemendir. Söz konusu bu koşullar 1300 metreden daha derin denizel ortama işaret etmektedir (Maslennikov, 2009, sözlü görüşme). Böyle bir hidrotermal ortamda yaşamlarını süren organizmalar o kadar özel bir yaşam koşullarına sahiptirler ki başka ortamlarda varlıklarını sürdürmeleri neredeyse imkânsızdır (Lob'e, 1990). Günümüz denizlerinde gözlenen güncel tüp solucanların varlığı ise (Monroe ve Wicander, 2005)

söz konusu fosil tüp solucanların Kretase (Doğu Karadeniz Bölgesi ve Samail ofiyoliti tüp formları gibi) döneminden günümüze gelişim göstermiş olabileceğinin bir kanıtı olarak verilebilir. Fakat fosil tüp solucanlarının güncel tüp solucanların atalarına ait formları olup olmadığı henüz tam olarak kanıtlanmamıştır (Haymon ve diğerleri, 1984).

Lahanos, Killik ve Çayeli masif sülfid yataklarının oluştuğu jeolojik ortam ve içerdiği fosilli örneklerin mineralojik ve dokusal özellikleri, söz konusu yatak ve içerdiği fosil kalıntıları deniz tabanındaki hidrotermal çıkışların varlığının kanıtlarıdır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen mineralojik bulgular, tüp solucan fosil formlarının korunmasında kenarlarından itibaren sülfid ve sülfat mineralleri tarafından ornatılmasının formların korunması açısından son derece önemli olduğunu göstermektedir. Ornatılan fosiller daha dayanıklı hale gelmiş ve tüp şekillerini koruyabilmişlerdir. Diğer taraftan fosillerin iç kısımlarını dolduran mikroskobik ve milimetrik boyutlu kırıntılı opak minerallerin varlığı deniz altı erozyonun önemli olduğunu, dolayısıyla ortamın gravite, deniz altı akıntıları veya tektonik nedenlerle hareketli olduğuna işaret etmektedir. Kırıntılı fosil dolgularının tane boyutunun mikroskobik-milimetrik boyutlarda olması tüp solucanların sıcak

su çıkış bacalarına nispeten uzakta yaşadığını veya sadece sıcak su çıkış bacalarına çok yakın ortamda yaşamayan tüp solucanların fosillerinin korunabildiğini ifade etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, söz konusu bu özel faunaya ait bulguların saptandığı masif sülfid bölgelerine Doğu Karadeniz bölgesindeki Üst Kre-tase yaşlı yataklar da dâhil edilmiştir. Bu yataklardaki fosil topluluklarının bolluk ve sağlamlığı diğer bölgelerde tespit edilen benzerlerine kıyasla oldukça iyi durumdadır (Maslennikov, 2009, sözlü görüşme).

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt Dairesi Başkanlığı'nın "VMS Yataklarının Aranmasında Yeni Kriterler Belirlenmesi" projesi kapsamında, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, üçüncü yazarın danışmanlığında birinci yazar tarafından yürütülen "Doğu Karadeniz Bölgesi VMS Yataklarının Tip Özelliklerinin Belirlenmesi" başlıklı Doktora tezi ile ilgili bulguların özel bir bölümünü içermektedir.

Katkı ve destekleri için Halil Türkmen'e (MTA); arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Şenol Karslı (MTA) ve Prof. Dr. Valery Maslennikov'a (Rusya Bilimler Akademisi); laboratuvar çalışmalarındaki katkıları için; Okan Zimitoğlu (MTA), Dr. Okan Delibaş (MTA) ve Prof. Dr. Yusuf Kaan Kadioğlu'na (Ankara Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü); Lahanos Madeninde görevli Maden Müh. Hasan Yağcı ile tüm maden çalışanlarına teşekkürlerimizi borç biliriz.

*Yayına verildiği tarih, 18 Ocak 2010*

## DEĞİNİLEN BELGELER

Banks, D.A. 1986. Hydrothermal chimneys and fossil worms from the Tynagh Pb-Zn deposits, Ireland, *Geology and genesis of mineral deposits in Ireland*, 441-447.

Bitter, P.H., Scott, S.D. ve Schenk, P.E. 1992. Chemosynthesis; an alternate hypothesis for carboniferous biotas in bryozoan/microbial mounds Newfoundland, Canada, *Palaios*, 7, 466-484.

Hannington, M.D., de Ronde C.E.J. ve Petersen S. 2005. Seafloor tectonics and submarine hydrothermal systems. *Econ Geol* 100th Ann vol: 111-141

Haymon, R.M., Koski, R.A. ve Sinclair, C. 1984. Fossils of hydrothermal vent forms discovered in Cretaceous sulfide ores of The Semail ophiolite, Oman, *Science*, 223, 1407-1409.

Hebert, R. ve Constantin, M. 1991. Petrology of hydrothermal metamorphism of oceanic Layer 3; implications for sulfide parageneses and redistribution, *Economic Geology*, 86, (3), 472-485.

Ivanov, S. N. 1947. Study experience of geology and mineralogy of the Sibay massive sulphide deposit, *Akademii Nauk SSSR, Uralskiy Filial*, 2, 1-109 (in Russian).

Kuznetsov, A.P. ve Sobetskii, V.A. 1988. Fossil fauna in the sulfide hydrothermal hills from the middle Devonian paleo-ocean of the Ural area. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 303, 1481 (in Russian).

\_\_\_\_\_, Maslennikov, V.V. ve Zaikov, V.V. 1993. The near hydrothermal fauna of the Silurian paleocean in the South Ural. *Izvestia Akademii Nauk SSSR. Seria Biologicheskaya*, 4, 534-535 (in Russian).

Little, C.T.S. 2002. The fossil record of hydrothermal vent communities. *Cahiers Biol Marine* 43: 313-316.

\_\_\_\_\_, Maslennikov, V.V., Morris, N.J. ve Zaykov, V. V. Silurian high temperature hydrothermal vent community from the Southern Urals, Russia, *Nature*, 1997. v. 385, no.9, 3-6.

- Lob'e, L. 1990. Oases on the ocean floor. Moscow. Hydrometeoizdat (in Russian).
- Malahova, N. P. 1969. Fauna and host sequence of massive sulphide deposits of the South Urals, Akademii Nauk SSSR, Uralskiy Filial, 81, 3-84 (in Russian).
- Maslennikov, V.V. 2009. sözlü görüşme; Institute of Mineralogy, Russia Academy of Science, Ural Division of RAS.
- Monroe, J.S. ve Wicander, R. 2005. Fiziksel jeoloji, yeryuvarının araştırılması (türkçe baskıya hazırlayanlar: Dirik, K. ve Şener, M.), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No 1, 642s., 2007, Ankara.
- Prokin, V.A., Bogoyavlenskaya, O.V. ve Maslennikov, V.V. 1985. Conditions of locations of fosil at massive copper sulphide deposits in the Urals. Geology of Ore Deposits, 1, 114-117 (in Russian).
- Rona, P.A. 1984. Hydrothermal mineralization at seafloor spreading centers. Earth Sci Rev 20: 1-104.
- Rona, P.A., Bostrom, K., Laubier, L., ve Smith, K.L. (edt). 1983. Hydrothermal processes at seafloor spreading centers. Plenum, Newyork, 796 pp.
- Qudin, E. ve Constantinou, G. 1984. Black smoker chimney fragments in Cyprus sulfide deposits, Nature, 308, 349-353.
- Spooner, E.T.C. ve Fyfe, W.S. 1973. Sub-seafloor metamorphism, heat and mass transfer. Contr. Mineral and Petrol., 42, 287-304.
- Zaykov, V.V., Shadlun, T.N., Maslennikov, V.V. ve Bortnikov, N.S. 1995. Yaman-Kasy sulfide deposits - ancient "black smoker" of Urals paleocean. Geology of ore deposits, 37, 511-529.
-

