

---

**Evaporitler: Yatak Oluşumu, Endüstriyel Gelişmeler ve  
Teknolojik Uygulamalar**  
*Evaporites: Deposit Formation, Industrial Developments  
and Technological Implications*

Oturum Yürütücüsü / Convener: Cahit Helvacı

---

## Kazan Trona Yatağının Jeolojisi, Ankara, Türkiye

Cengiz Y. Demirci ve Mert Ş. Ertuğrul

*Muğla Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 48000 Kötekli, Muğla  
(E-posta: cengizdemirci@msn.com)*

---

Kazan trona yatağı Ankara'nın 35 km KW yer alır ve 1998 yılında Rio Tinto şirketinin yapmış olduğu çalışma sonucunda dünya ilk arama yöntemiyle bulunan cevherleşmedir. Toplam 72 kuyu ve >60,000 m delinmiş bunun sonucunda >600 milyon ton çıkarılabilir %31 tenörlü 15 trona zonu keşfedilmiştir. Zonların derinlikleri 420 metre ile 850 metre arasındadır, tabaka eğimlerinde 5° ile 16° arasında GD yönünde değişmektedir. Toplam trona zonu 54 m ile 109 metre arasında değişir ve sahada 20km<sup>2</sup> alan kaplar.

Trona yatağı Eosen yaşlı kalınlığı 700 m fazla olan Mülk Formasyonu içinde yer alır. Önemli 3 üyesi: üst marnlı birim, ortada dolomitli çamurtaşları ve altta bütümlü şeyl (tronayı taşıyıcı) olarak yer alır. Cevherleşme bölgesinde, cevhersiz volkaniklastikler, çamurtaşları, bütümlü şeyller ve tüfler trona zonlarının altında yer alır. 2 adet K-Ar radyometrik yaş tayini birimlerdeki küller içinde yapılmış ve 45 ile 46 Ma yaşları elde edilmiştir.

Mülk Formasyonunun İncirlik üyesi içinde 26 adet sürekli bitümlü şeyl zonu tespit edildi. Bu şeyl zonları 5 km'den daha uzak alanlarda bile karşılaştırılabilir. Şeyllerin kalınlıkları birkaç santim ile 16 m aralığında değişmektedir ve ortalama kalınlık 3.4 m ölçülmüştür.

Tipik olarak trona oldukça saf, ince kristalli, birkaç santimden maksimum 50 cm değişen tabakalar halinde görülür. Bireysel trona tabakaları tabaka yüzeyine paralel olarak gelişmiş keçeli-hasırlaşmış bir görüntü verir. Trona yatağı ise birçok ince trona tabakaları ile birlikte oluşmuş bütümlü şeyllerden oluşmuştur. Ara zonlar ise kalın cevhersiz şeyller veya ekonomik olmayan ince trona tabakalı şeyller tarafından trona tabakalarının üst ve alt zonunu temsil eder.

**Anahtar Sözcükler:** Kazan, trona, arama, bitümlü şeyl

## Geology of the Kazan Trona Deposit, Ankara, Turkey

Cengiz Y. Demirci & Mert Ş. Ertuğrul

*Muğla University, Geological Engineering Department, Kötekli,  
TR-48000 Muğla, Turkey (E-mail: cengizdemirci@msn.com)*

---

The Kazan trona deposit, situated 35 km northwest of Ankara, was discovered in 1998 by Rio Tinto, the first such deposit to be found as a result of an exploration program. 72 drill-holes totaling >60,000 m have delineated >600 million tones (Mt) of ore grading 31% trona, 15 trona beds, collectively called the trona zone, have been discovered. Zone depth ranges from 420 m to >850 m, dipping 5° to 16° to the SE; thickness reaches a maximum of 109 m, averaging 54 m. The deposit covers 20km<sup>2</sup> of areal extent.

The trona deposit lies within the Eocene-aged, Mülk Formation that reaches a drilled thickness of over 700m. Contained within it are three principal members: An upper marlstone unit, a middle dolomitic mudstone sequence, and a lower oil shale that hosts the trona mineralization. Within the deposit area, barren volcano-clastic rocks, mudstone, oil shale and tuff underlie the trona sequence. Two K-Ar radiometric age dates made from ash fall tuffs yielded deposit ages of 45 and 46 Ma.

In the İncirlik member of the Mülk formation, up to 26 persistent beds of oil shale have been identified. These oil shale beds can be correlated over a distance of more than 5 km. They range from tens of centimeters to 16 m thick, having an average thickness of 3.4 m.

Typically, the trona occurs as relatively pure, fine to medium-crystalline, precipitated beds ranging in thickness from several centimetres to a maximum of 0.5 m. Individual trona layers characteristically exhibit a felted or matted texture developed parallel to bedding surfaces. The trona ore beds are comprised of dozens of thinner layers along with the inter-bedded oil shale. Intervening zones of several meters of barren or largely barren oil shale somewhat arbitrarily set upper and lower boundaries of these composite trona beds.

**Key Words:** Kazan, trona, exploration, oil shale

## Na-Ca Sülfat Mineral Dönüşümlerin Petrografik Özellikleri ve Madencilik Araştırmalarındaki Önemi

İbrahim Gündoğan ve Cahit Helvacı

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: ibrahim.gundogan@deu.edu.tr)*

Sülfatlar tuzlu suların buharlaşmasına bağlı olarak karbonatların çökmesini takiben oluşan doğadaki en yaygın mineral grubudur. Ortalama bir deniz suyunun buharlaşması ile oluşan evaporitik oluşumun % 3.6'sı Ca-sülfat ve % 77'si NaCl olmasına rağmen karasal havzalarda Ca-sülfatlar göreceli olarak daha baskındır. Buharlaşma sırasıyla oluşan mineraller bir sonraki kristallenme fazı tarafından ornatılabilir. Bu ornatma işlevi mineraller içinde kısmi veya tüm oluşumu etkileyebilir. Herbir mineralin duraylılık sınırı farklı olduğundan bu ornatma işlevleri kayacın oluşumundan çimentolanmasına (erken diyajenez), gömülmesine (geç diyajenez) ve tekrar yüzeylenmesine kadar birçok diyajenetik aşamada gerçekleşebilir. Bu karmaşık işlev sonucunda ilksel oluşumundan oldukça farklı mineraller gelişebilir. Bu aşamalar ancak detaylı sedimenter petrografik çalışmalarla ortaya konulabilir. Sedimentasyon aşamasında ilksel olarak jips (diskoidal, selenitik, v.s.) şeklinde kristallenmiş bir lithofasiyes evaporasyon sürecinde su aktivitesinin azalmasına bağlı olarak veya diyajenez aşamalarında kısmen veya tamamen anhidrit tarafından ornatılabilir. Bu şekilde oluşan anhidrit litofasiyesi, yüzeyleme sırasında su alarak tekrar jipse (satin spar, alabastrin ve/veya porfiroblastik dokulu ikincil jips) dönüşebilir. Bu aşama esnasında sadece su alışverişi değil mineralojik ve dokusal bir değişim meydana gelmektedir. Bu karmaşık süreç yüzeyde meteorik suların etkisiyle karbonatlaşarak son bulabilir.

Beypazarı Havzasında, Miosen yaşlı Kırmir Formasyonu Ca-sülfat (jips ve anhidrit) ve Na-sülfat minerallerinden (globerit ve tenardit) oluşmaktadır. Na-sülfat litofasiyesi özşekilli globerit minerallerinden oluşmakta ve bunlar çoğunlukla thenardit mineralleri tarafından çimentolanmıştır. Yüzey veya yüzeye yakın bölgelerde globerit mineralleri ikincil jipslere dönüşmektedir. Bu ikincil jipsler, globeritten ikincil jipse dönüşü yansıtan çok önemli makroskobik ve mikroskobik dokular göstermektedir. Bu ikincil jipslerdeki ana dokular, iğ şekilli lifsi doku, ağ şekilli laminalı doku, zigzag şekilli lifsi doku ve diğer ikincil jipslerde gözlenmeyen ikizli kristal içeren alabastrin-porfiroblastik dokulardır. Na-sülfat minerallerinin alterasyonu ile oluşan bu ikincil jips dokuların benzeri Çankırı-Çorum havzasındaki Bozkır Formasyonunun alt evaporit serilerinde de yaygın olarak gözlenmektedir. Bu alterasyon zonlarından alınacak örneklerde XRD ve kimyasal analiz yöntemleriye Na-sülfat minerallerinin tespiti mümkün değildir. Bu nedenle Na-sülfat minerallerin alterasyonları sonucu oluşmuş ikincil jipslerde gözlenen özel dokular sodyum sülfat aramacılığında kılavuz anahtar görevi görecektir nitelikte olup petrografik çalışmaların önemini ön plana çıkarmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Ca-Na sülfat mineral araştırması, anhidrit, globerit, tenardit, ikincil jips dokuları

## Petrographic Textures Occuring at Diagenetic Transformations in Na-Ca Sulphate Minerals and Their Importance in Mining Exploration

İbrahim Gündoğan & Cahit Helvacı

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, Tinaztepe Kampusü, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: ibrahim.gundogan@deu.edu.tr)*

---

Sulphates are the most widespread minerals in nature which precipitates from brine by evaporation following carbonates. Ca-sulphates are dominant in the continental basins, although the 3,6% and 77% of evaporitic occurrences of in the marine deposits are represented by Ca-Sulphate and NaCl, respectively. The minerals formed just after the evaporation can be replaced by another crystallizing phases in crystallization sequence. Replacement processes can partly or completely affect the minerals. Since stability fields of each mineral are different, replacement processes can occur during forming and cementation of rocks (early diagenesis), during its subsidence (late diagenesis), or during its exhumation of rocks. Different minerals can be formed following this complex processes. These periods can only be revealed by petrographic studies. A lithofacies primarily formed in gypsum-form (discoidal, selenitic, etc.) can be replaced partly or completely by anhydrite depending on the decreasing water activity during evaporation or during different stages of diagenesis. The subsequent anhydrite lithofacies can also be replaced by gypsum (satin-spar, alabastrine, and porphyroblastic secondary gypsum) via hydration during exhumation. During this stage, not only water exchange takes place, but also mineralogical and textural transformations also occur. These complex processes are followed eventually by carbonatization due to meteoric water.

Na-sulphate deposit in Beypazarı Basin is in Miocene Kirmir Formation consists of mainly Ca-sulphate (gypsum and anhydrite) and Na-sulphate minerals (glauberite and thenardite). Na-sulphate lithofacies has euhedral glauberite minerals and they are cemented generally by thenardite minerals. On the surface or near to the surface, glauberite minerals transform to the secondary gypsum. This secondary gypsum shows very typical crystalline texture that characterizes replacement process from glauberite to secondary gypsum. Main crystalline textures of this secondary gypsum are reticulate, spindle - shaped fibrous, zigzag like fibrous and alabastrine-porphyroblastic textures with twinning crystals that are not common in any other secondary gypsum. Similar secondary gypsum textures altered after Na-sulphate minerals are also observed within lower evaporite part of the Bozkır Formation in the Çankırı-Çorum Basin. It is not possible to identify the Na-sulphate minerals sampled from these alteration zones by using XRD and chemical analysis. Therefore, the special textures in the secondary gypsum formed by alteration of Na-sulphate minerals become a useful guide in Na-sulphate explorations. This indicates that petrographic studies are extremely important in mineral explorations.

**Key Words:** Ca-Na sulphate mineral exploration, anhydrite, glauberite, thenardite, secondary gypsum textures

## **Batı Anadolu Neojen Havzalarında Jeokimyasal Prospeksiyonun Önemi: Emet (Kütahya) Borat Havzasında Hedef Saptama Örneği**

Selçuk Tokel<sup>1</sup>, Cafer Özkul<sup>2</sup> ve Mehmet Savaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41380 Kocaeli

<sup>2</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 43100 Kütahya

(E-posta: caferozkul@yahoo.com)

<sup>3</sup> Eti Maden, Emet Bor İşletme Müdürlüğü, 43700 Kütahya

---

Batı Anadolu'da geniş alanlar kapsayan karasal Neojen havzaları ekonomik önemde cevher birikimleri oluşturan evaporitik tuzlarca zengindir. Bu elementlerin çarpışma kökenli magmatizma ile ilgili hidrotermal sistemler yardımıyla, yan kayalardan çözüldüğü düşünülebilir. Cevherleşmeler bu termal suların sıg playaya göllerine boşalıp buharlaşmasıyla oluşmuşlardır.

Bu havzalar içinde, bilinen merceklerin dışında, daha birçok mineralizasyon merceğinin varlığı düşünülebilir. Bunların ortaya çıkarılmasında jeokimyasal toprak prospeksiyonu uygulanabilir. Bu amaçla iki bilinen mineralizasyon merceği bulunan Emet-Hisarcık (Kütahya) Neojen havzası prospeksiyon için seçilmiştir.

Yaklaşık 400 km<sup>2</sup> lik alan kapsayan örtü kayalarda 1 km lik aralıklarla oluşturulan grid üzerinde 370 adet toprakta B, As, Sn, Se, Li, Be, Mg, Sr, Na, K ve S analizleri yapılmıştır. Çözelti için sıcak A.R. kullanılmış, son ölçümler ICP-MS teknolojisi ile yapılmıştır.

Veri işlem ve istatistik çalışmalarıyla yapılan yorumlamalardan sonra toprak anomalileri ile bilinen gömülü mineralizasyonların boyut ve bileşimleri karşılaştırılmış ve şu sonuçlar ortaya çıkmıştır; (I) Bor prospeksiyonu için B elementi en uygun indikatör elementtir. Anomalinin şiddeti ve şekli bilinen merceklerle tam uyumludur. (II) B anomalisi ile birlikte yer almış Na anomalileri (temel değer 30 katında) mercekte kolemanit ile birlikte bulunan Na lu boratların (üleksit, probertit) varlığını işaret etmektedir. (III) B anomalileriyle birlikte görülen yüksek As değerleri mineralizasyondaki realgar ve orpiment miktarlarının derecesi için bir göstergedir. (IV) B anomalileri dışında çok keskin As ve Sb anomalilerinin varlığı ekonomik değerde stibinit birikimini işaret edebilir. (V) K, Li, Cs ve Be anomalilerinin ortak sınırları, havza içinde dar bir oluk içinde çökemiş boratlı killerin sınırları ile uyumludur.

Sonuç olarak, sondajların yüksek maliyeti düşünülürse jeokimyasal toprak prospeksiyonu ile hedef saptandıktan sonra sondaj programlanmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** toprak jeokimyası, bor prospeksiyonu, Emet borat havzası

## **Importance of Geochemical Prospection on the West Anatolian Neogene Basins: An Example of Target Definition for Borate Deposits in the Emet (Kütahya) Basin**

Selçuk Tokel<sup>1</sup>, Cafer Özkul<sup>2</sup> & Mehmet Savaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *University of Kocaeli, Department of Geological Engineering, TR–41380 Kocaeli, Turkey*

<sup>2</sup> *University of Dumlupınar, Department of Geological Engineering, TR–43100 Kütahya, Turkey  
(E-mail: caferozkul@yahoo.com)*

<sup>3</sup> *Eti Mine, Boron Business Enterprise Directorate, TR–43700 Kütahya, Turkey*

---

Continental Neogene basins, which cover wide areas in W. Anatolia, are rich in evaporate salts of economic interest to form orebodies. The elements are assumed to be derived from leaching of the surrounding rocks by hydrothermal systems associated with the syn-collisional magmatism. These deposits formed when the spring waters evaporated after flowing into playa lakes.

In these basins, beyond the known deposits, existence of many unknown mineralization lenses can be thought. Geochemical soil survey may be applicable in order to explore new findings. For this purpose Emet-Hisarçık (Kütahya) Neogene basin, which contain two known borate lenses were chosen for this application.

Square grid of samples taken at 1 km intervals were used on the cover rocks of approximately 400 km<sup>2</sup>. Total 370 soil sample were analysed for B, As, Sn, Se, Li, Be, Mg, Sr, Na, K and S. Decomposition were made by A.R. solution. Estimation conducted by ICP-MS.

After data handling and statistical interpretations, relation between form and magnitude of the soil anomalies, shape and composition of the known underlying mineralization were compared. After this stage the results demonstrated that; (I) B is a most suitable indicator element for boron prospection. Magnitude and shape of the anomalies are perfectly consistent with the known borate lenses. (II) B anomalies together with the Na anomalies (up to 30 times higher than normal) indicate presence of higher amount of Na borates (ulexite, probertite) together with colemanite. (III) B anomalies with the high As values indicate the degree of presence of realgar and orpiment in the borate deposits. (IV) Very sharp As and Sb anomalies away from B anomalies indicate economic stibnite depositions. (V) K, Li, Cs and Be concentrations maps indicate the limits of the narrow basin in which borate bearing clayey formation deposited.

It can be concluded that inasmuch as drilling is the most expensive method target definition by soil geochemistry should be established than the drilling oriented.

**Key Words:** soil geochemistry, borate prospection, Emet borate basin

## Malatya Havzası Kuzey Bölümünde Üst Kretase (Maastrihtiyen)–Paleosen Sınırında Evaporit Oluşumları, Doğu Anadolu, Türkiye

Turhan Ayyıldız<sup>1</sup>, Baki Varol<sup>1</sup>, Mehmet Önal<sup>2</sup>,  
İbrahim Gündoğan<sup>3</sup> ve Erdoğan Tekin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara  
(E-posta: ayyildiz@eng.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> İnönü Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 44280 Malatya

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca, İzmir

Malatya Havzası Neotetis sütür zonunun kuzey kolu üzerinde yer alır. Havzanın orta bölümleri Geç Kretase–Erken Paleosen yaşında tabandan tavana doğru oldukça kalın derin deniz silisiklastikleri, platform karbonatları ve evaporitlerden oluşan bir istifte temsil olur. Evaporitler Kretase–Paleosen sınırında kritik zaman aralığında çökelmişlerdir. Havza morfolojisine göre, evaporitler doğrudan platform karbonatları üzerine keskin bir dokanakla gelebildiği gibi, kireçtaşları ile ara tabakalı silisiklastikler (siyah şeyller) ile dereceli geçişler oluşturabilir.

Bazı kesitlerde ise evaporitik istifin tabanında boşluk, çatlak dolgusu veya stramatolitik yapılı sölestinli karbonatlar yer alır. Havzanın kuzeyinde izlenen bu evaporit oluşumları, güneydoğuya doğru incelmekte ve sığ denizel silisiklastikler içerisinde kaybolmaktadır. İnceleme alanındaki evaporit mostralarında ikincil jipsler egemendir. Bunlar içerisinde; (1) Tabakalı-Masif ince kristalli jips; (2) Arenitik tabakalı jips, bordo – gri renkli gastropod’ lu killi kireçtaşı ve karstik kireçtaşı ara tabakalı ve (3) Nodular, enterolitik ve kümes teli dokulu jips, organikçe zengin koyu renkli çamurtaşı ara tabakalı şeklinde 3 fasiyes topluluğu ayrılır. İlk fasiyes grubu sığ lagün veya gölcüklerde sualtı jipsleri olarak çökelmiştir. İkinci fasiyes grubu, sığ denizelden gelgit üstü düzlüğüne kadar geniş bir alanı temsil eder. Kurak (evaporitik faz)’ dan humid (karbonat faz) şartlara kadar uzanan mevsimsel ve deniz seviyesi değişimleri bu fasiyesin şekillenmesinde etkili olmuştur. Dalga hareketleri tabakalı jipslerin aşınması (Fasiyes 1) detritik jips oluşumuna, tatlı su girişi kireçtaşı çökmesi ve daha sonra atmosferik yükselim ve karstlaşmaya, kısa süreli sellenme süreçleri ise çamur düzlüklerinin gelişimine neden olmuştur. Son grup maksimum buharlaşma süreçlerini ifade eden kıyı sabkalarında çökelmiş olup; kısa aralıklı yağışlı dönemlerde oluşan bataklık koşullarında ise organikçe zengin ince çamurtaşları depolanmıştır.

Elde edilen paleontolojik veriler kesin bir yaş aralığı vermemesine rağmen, Malatya Havzasındaki evaporit depolanmasının Geç Kretase sonlarındaki deniz çekilmesi ile başladığı ve bu sürecin olası Alt Paleosen’ e kadar devam ettiği düşünülmektedir. İklimsel kontrolün (kuraklık) Malatya Havzasındaki evaporit oluşumunun başlıca etkenlerinden olduğu bir gerçektir. Bununla birlikte, Malatya fayının sebep olduğu bölgesel tektonik olaylar gözden kaçırılmamalıdır. Fay hareketleri havzanın kuzey kenarı boyunca bir sülfat platformunun oluşturmasının yanında, sonuçta evaporitik alanın sınırlanmasına sebep olarak havzanın güneyinde evaporit içermeyen istif oluşumuna sebep olmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** evaporit, sabka, Malatya fayı, sölestin, Üst Kretase–Paleosen sınırı



## Evaporites Occurrences in the Upper Cretaceous (Maastrichtian) to Paleocene Boundary in the Northern Part of the Malatya Basin, East Anatolia of Turkey

Turhan Ayyıldız<sup>1</sup>, Baki Varol<sup>1</sup>, Mehmet Önal<sup>2</sup>,  
İbrahim Gündoğan<sup>3</sup> & Erdoğan Tekin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara University, Department of Geological Engineering, Tandoğan,  
TR–06100 Ankara, Turkey (E-mail: ayyildiz@eng.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup>İnönü University, Department of Mining Engineering, TR–44280 Malatya, Turkey

<sup>3</sup>Dokuz Eylül University, Department of Geological Engineering, Buca, TR–35160 İzmir, Turkey

---

Malatya Basin is located on the northern branch of Neotethys suture zone and its middle part, consists of a thick succession of deep marine siliciclastic, platform carbonates and evaporite from bottom to top in the age of Late Cretaceous–Early Paleocene. Evaporites occupy a critical position on Cretaceous–Paleocene boundary. With respect to basinal morphology, they show different settings, either directly rest on platform carbonates or gradually underlain by siliciclastics (black shale) with limestone interlayers. On the other hand, the evaporite with up to 200 meter thick is limited in the northern part of the basin and its get thinner and disappears within the siliciclastic unit towards to southeast.

In some sections, evaporites start with a celestite bearing carbonates delineated by stromatolitic structure in which celestite rarely laminated, commonly formed as void and fracture filling mineral. Overlying unit, evaporites are mainly composed of secondary gypsum and divided into three facies group as follow; (1) bedded-massive fine crystalline gypsum; (2) Arenitic bedded gypsum with red–grey mudstone, gastropods-bearing marly limestone and karstified limestone, and (3) Nodular, enterolithic and chicken- wire gypsum with organic-rich black mudstone. The first one was precipitated as subaqueous gypsum in the shallow lagoon or ponds. Second facies group reflects an seasonal fluctuations ranging from arid (evaporite phase) to humid (carbonate phase) which cover from shallow marine to supratidal flat that wave action favored for detrital gypsum (gypsum arenites) and fresh water influx formed muddy flat and karstification of the limestones. The last group was deposited under maximal evaporation and aridity in the local sabkhas, which intersected thin organic-rich dark mudstone indicating short humidity and swamp condition.

Though paleontological data obtained is not still enough to give any exact range of age, it was thought that evaporite deposition started the Upper Cretaceous regression, likely extended into the Lower Paleocene time in the Malatya basin. It is fact that climatic control (aridity) would be prime agency for the evaporite formation in the Malatya basin. Also regional tectonic driven by Malatya fault should not be overlooked. It has involved establishment of a sulphate platform along the north margin of the basin that consequently led to isolation of evaporitic realm from the southern part of the basin without evaporites.

**Key Words:** evaporites, sabkha, Malatya fault, celestite, Upper Cretaceous–Paleocene boundary

## Denizli Havzası'nda (Batı Türkiye) Farklı Traverten Sahalarının Jeokimyasal Karşılaştırılması

Mehmet Özkul<sup>1</sup>, Sandor Kele<sup>2</sup>, Ali Gökgez<sup>1</sup>, István Fórizs<sup>2</sup> ve Mehmet Cihat Alçıçek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
20017 Kınıklı, Denizli (E-posta: mozkul@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Hungarian Academy of Sciences, Institute for Geochemical Research,  
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45., Hungary

Bu çalışmada, Batı Anadolu genişleme bölgesinde yer alan Denizli havzasına ait bazı traverten sahalarının jeokimyasal özellikleri ve duraylı izotop bileşimleri karşılaştırılmıştır. Duraylı karbon izotop bileşimlerine bakıldığında, havzanın KB ve GD kesimleri arasında belirgin farklılık gözlenir. KB–GD gidişli normal faylara bağlı olarak gelişen Pamukkale-Karahayıt ve Kamara Hamamı (Yenice) civarındaki sırt tipi travertenler ve güncel Pamukkale travertenleri ile Gölemezli yöresindeki fosil travertenler bir grup oluştururlar. Bu grup, havzanın GD'suna kıyasla belirgin şekilde daha yüksek  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine ( $-2,0\% < \delta^{13}\text{C} < 12\%$ , V-PDB) sahiptir. Havzanın GD kesiminde yer alan traverten ve tufaların  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, Antalya tufalarının  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine  $-5\% < \delta^{13}\text{C} < 3\%$ , V-PDB) benzerlik gösterir. En yüksek  $\delta^{13}\text{C}$  değeri (11–12 ‰) Pamukkale Jandarma Kaynağı önündeki 400 m lik yamacın en alt kısmında çökelmiş güncel travertenlerden ölçülmüştür. Bu yüksek  $\delta^{13}\text{C}$  değerinin nedeni, yamaç boyunca gerçekleşen  $\text{CO}_2$  kaçıdır.

Denizli Havzası'nın KB'sındaki travertenlerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri daha geniş bir aralıkta dağılım gösterir ( $12\% < \delta^{18}\text{O} < 24\%$ , V-SMOW), ancak karakteristik olarak  $22\%$ 'den düşüktür. Bu travertenler normal faylar ve açılma çatlaklarından çıkan yüksek-orta sıcaklıktaki termal sulardan çökelmişlerdir. Havzanın GD kesimindeki traverten ve tufalar yüksek  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerine sahiptir ( $19\% < \delta^{18}\text{O} < 24\%$ , V-SMOW). Bu değerler, muhtemelen düşük sıcaklıktaki karstik kökenli suları işaret eder.

**Anahtar Sözcükler:** traverten, tufa, Denizli, Pamukkale, jeokimya, duraylı izotop

## Geochemical Comparion of Different Travertine Localities in the Denizli Basin, Western Turkey

Mehmet Özkul<sup>1</sup>, Sandor Kele<sup>2</sup>, Ali Gökğöz<sup>1</sup>, István Fórizs<sup>2</sup> & Mehmet Cihat Alçiçek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, TR–20017 Denizli, Türkiye (E-mail: mozkul@pau.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Hungarian Academy of Sciences, Institute for Geochemical Research, H-1112 Budapest, Budaörsi út 45., Hungary*

---

In this study, geochemical properties and stable isotope composition of some travertine sites at various parts of the Denizli Basin in western Anatolian extensional province were studied. There is a clear distinction can be made, based on stable carbon isotopic compositions, between the travertine occurrence in the northwestern and southeastern parts of the Denizli Basin. The fissure-ridge travertines near Pamukkale-Karahayıt and the Kamara spa (Yenice) and other recent travertines at Pamukkale and fossil occurrences at Gölemezli, attributed to the NW–SE-trending normal faults, form a group, and they have characteristically higher  $\delta^{13}\text{C}$  values ( $-2,0\text{‰} < \delta^{13}\text{C} < 12\text{‰}$ , V-PDB) than the southeastern part of the basin. The travertine and tufa deposits from the southeastern part of the Denizli Basin show  $\delta^{13}\text{C}$  values, similar to the tufa samples collected from Antalya  $-5\text{‰} < \delta^{13}\text{C} < 3\text{‰}$ , V-PDB). The highest  $\delta^{13}\text{C}$  values (11–12 ‰) were measured on the slope of the recently precipitating Pamukkale travertine, along a 400 m long section, at the furthest point from the Jandarma spring orifice. The reason for this high  $\delta^{13}\text{C}$  values is the degassing of  $\text{CO}_2$  along the section.

The travertines from the northwestern part of the Denizli Basin show a wide range of  $\delta^{18}\text{O}$  values ( $12\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < 24\text{‰}$ , V-SMOW), but characteristically lower than 22 ‰. These travertines formed from the thermal waters of high- to medium-temperature connected to faults and fissure ridges. At the southeastern part of the basin the travertines and tufas have high  $\delta^{18}\text{O}$  values ( $19\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < 24\text{‰}$ , V-SMOW), which probably indicates low-temperature water with karstic origin.

**Key Words:** travertine, tufa, Denizli, Pamukkale, geochemistry, stable isotope

## **Ahlat Taşı (Ahlat-Bitlis) ve Toprak-Piroklastik Zonlanmasında (Altınsaç-Van) Yanal Korelasyonun Yer Radarı Yöntemi ile Araştırılması**

Yahya Çiftçi<sup>1</sup>, Ali Rıza Çolakoğlu<sup>2</sup>, Yusuf Kağan Kadioğlu<sup>3</sup> ve Selma Kadioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, Eskişehir Yolu, 06520 Ankara (E-posta: yahyaciftci@gmail.com)

<sup>2</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, 65080 Van

<sup>3</sup> Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, 06100 Ankara

<sup>4</sup> Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, 06100 Ankara

Yer Radarı, sığ yeraltı ortamlarındaki jeolojik sorunların çözülmesinde son yıllarda giderek daha yaygın kullanım alanı bulan bir EM araştırma tekniğidir. Bu yöntemin kullanım ve değerlendirme kolaylığı açısından diğer jeofiziksel yöntemlere göre önemli avantajları vardır. Bu çalışmalarda kullanılan cihazlar giderek daha portatif hale gelmiş ve tek kişi operasyonuna uygun donanımlar üretilmiştir. Sahada veri işlem olanağı, henüz sahadayken toplanan verinin kontrolünü olanaklı hale getirmekte, buna göre çalışmanın yönlendirilmesi kolaylaşmaktadır. Sonuç olarak, sığ yeraltı koşullarının yüksek çözünürlüklü radar görüntülerini üreterek belirli jeolojik yüzeylerin yanal değişimlerini ortaya koymak bu yöntem ile oldukça hızlı ve sağlıklı olarak yürütülebilir hale gelmiştir. Bu çalışmada, Van-Gevaş-Altınsaç dolayında yer alan toprak örtüsü-piroklastik zon dokanak derinliğinin yanal değişiminin belirlenmesi ve Bitlis-Ahlat dolayında yer alan ignimbritlerde (Ahlat Taşı) iç yapı çözümlemesi amacıyla iki sahada RAMAC CU II sistemi ve 250 MHz merkez frekanslı anten kullanılarak yer radarı ölçümleri alınmış ve değerlendirilmiştir.

Altınsaç sahasındaki örtü (toprak) tabakasının suya doygun ve kilce zengin olması nedeniyle elektromanyetik (EM) dalga erişim derinliği 2 metre dolayında kalmıştır. Bu nedenle bu derinliklerin altından tanımlanabilir yansımalar alınamamıştır. Bununla birlikte, iki metrelik üst zon içinde iki farklı tabaka tanımlanabilmiştir. En üstteki 1 metre kalınlığındaki toprak zonu ile bunun altındaki bir metrelik piroklastik zon, yansıma karakterleri ile birbirlerinden kolaylıkla ayrılabilmiştir. Her iki istifin altında bulunan birimlerden ise (paleosoil ve mermer) EM yansıma verisi alınamamıştır. Bunun nedeni ise olasılıkla yüksek kil oranıdır.

Ahlat Taşı sahasındaki ölçüm çalışmaları görece daha başarılı olmuştur. Bu çalışmada bölgedeki volkanoklastik istifin içyapısı ve yanal değişimlerine ait daha ayrıntılı veri alınabilmiştir. Ölçümlerden yaklaşık 8 metre derinliğe kadar tanımlanabilir ve yorumlanabilir EM yansıma verisi elde edilmiştir. Görüntülerin yorumlanması sonucunda bölgedeki istifin çok sayıda litolojik düzeyden oluştuğu, bu düzeylerin yer yer devamsız oldukları belirlenmiş, bu düzeylerin farklı volkanik fazlara ait olabilecekleri ortaya konmuştur. Ayrıca, bazı kesimlerde belirgin ve düşeye yakın süreksizlikler tanımlanmıştır. Bu süreksizliklerin çoğu, önemli bir düşey ötelenmeye yol açmadıklarından bunlar fay olarak değil, kırık olarak değerlendirilmiştir. Alınan seri kesitlerin yorumlanması sonucunda örtülü bulunan ignimbrit-tüf dokanağı tanımlanmış ve bu dokanağın yaklaşık KB–GD doğrultulu olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak bu istiflerden alınan profil ölçümlerine ait radargramlardan yer yer beklenen sonuçlar alınamamış olsa da, bu tür ortamlarda yöntemin genel anlamda başarılı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Van, Altınsaç, toprak profili, Bitlis, Ahlat taşı, yer radarı

## The Investigation of Lateral Correlation in Ahlat Stone (Ahlat-Bitlis) and Soil-Pyroclastic Zonations (Altınsaç-Van) Using GPR Method

Yahya Çiftçi<sup>1</sup>, Ali Rıza Çolakoğlu<sup>2</sup>, Yusuf Kağan Kadioğlu<sup>3</sup> & Selma Kadioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, Eskişehir Yolu, TR–06520 Ankara, Türkiye (E-mail: yahyaciftci@gmail.com)

<sup>2</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, TR–65080 Van, Türkiye

<sup>3</sup> Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye

<sup>4</sup> Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye

Ground Penetrating Radar (GPR) is an EM technique which is getting popular in recent years to solve geological problems in very shallow subsurface environments. Comparing to other geophysical techniques, this technique has many advantages in terms of portable usage and easy interpretation. GPR system equipments become more portable recent years and are now suitable for one-man-operation. In addition, on-site processing and interpretation possibilities provide control of collected data quickly, as a result, guidance of the fieldwork become easier. Moreover, any revision and/or additional field operation could be made before completing the fieldwork. Consequently, this technique provides fast and convenient results about lateral correlations of any geological surface in shallow subsurface environment using high-resolution radar images. GPR profiles were collected in two sites, one of which consists of layered soil profile (Altınsaç-Gevaş-Van) and other site contains volcano-clastic deposits (Ahlat-Bitlis). The main purpose of this work is to interpret the geological interfaces between the layers and construct the structural framework of both sites. 250 MHz centre frequency shielded antenna was used in the study.

The penetration depth in Altınsaç site was only about two metres. The main problem about penetration is the saturated and clay-rich top section. However, two layers were identified in this two-metre radargram section according their different reflection pattern. Uppermost layer consists of neo-soil deposits and around one metre in thickness, whereas underlies by pyroclastic deposits in same thickness. It was not able to visualize deeper section, which consists of palaeosoil deposits and the basement rocks (marbles) because entering the low velocity zone after pyroclastic deposits.

The measurements in Ahlat stone site gives relatively better results. These radargrams provides clearer view to interpret the internal structure and lateral changes of the volcanoclastic deposits. Identifiable and interpretable EM reflections were collected for about eight metre depth in this site. Many lithological units were identified in this upper section, some of which are lens-shaped and not widespread along the section. These different packages should represent different eruption phases of the volcanic succession. Moreover, some vertical discontinuities were identified in radargrams. Many of these discontinuities do not result vertical displacement of the hanging wall indicated that these discontinuities should be interpreted as crack, rather than a fault. Although the contact between ignimbrite and tuffite layers is covered, we were able to map this contact with NW–SE orientation.

As a result, although there is insufficient penetration and resolution in some areas, GPR technique is mostly successful for identifying the geological environment of layered sub-surface environments and volcanoclastic successions in shallow depths.

**Key Words:** Van, Altınsaç, soil profile, Bitlis, Ahlat stone, GPR

## Mersin ve Tarsus Arasındaki Tarım Topraklarının Bünyesi ve Mineralojik Özellikleri

Mehmet Ali Kurt<sup>1</sup>, Musa Alpaslan<sup>1</sup>, Abidin Temel<sup>2</sup> ve Cüneyt Güler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
33343 Çiftlikköy, Mersin (E-posta: malikurt@mersin.edu.tr)

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
06532 Beytepe, Ankara

Mersin-Tarsus arasındaki bölge, özellikle sera ve turunçgil tarımının çok yoğun yapıldığı alüvyonal bir ova niteliğindedir (Berdan ovası). Bu çalışmada, bölgedeki toprakların bünyelerinin (tekstür) ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere ait çeşitli parametrelerin alansal dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Toprakların bünyelerini belirlemek amacıyla yüzeyden (0–20 cm) 204 adet örnek, toprak profillerinin mineralojik özelliklerini belirlemek amacıyla ise 40 noktada üç ayrı derinlikten (0–20, 60–80 ve 120–140 cm) toplam 120 örnek alınmıştır. Toprakların bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemiyle, mineralojik özellikleri ise XRD ile belirlenmiştir. İnceleme alanında, Akdeniz sahili boyunca ve kıyıda kuzeye doğru 2–3 km’lik zonun kum içeriği yüksek olup bu alanlar kıyı kumul alanlarını temsil etmektedirler. Akdeniz kıyısından kuzeye doğru gidildikçe kum oranının azaldığı, buna karşın silt ve kil oranının arttığı gözlenmektedir. XRD tüm kayaç analizlerine göre toprak örneklerinin kalsit, kuvars, feldispat, mika, dolomit, amfibol ve kil minerallerinden oluştuğu; kalsit, kuvars, feldispat ve kil minerallerinin toprak örneklerinin minimum %80’nini oluşturan ana mineral fazları olduğu belirlenmiştir. Kil mineralojisi analizlerine göre bölge topraklarındaki kil minerallerinin simektit, illit, klorit, kaolinit ve serpantin olduğu ve simektitin en yaygın kil türü olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** toprak dokusu, toprak mineralojisi, kil, kil mineralojisi, Coğrafi Bilgi Sistemi

## **Mineralogical Properties and Soil Texture of the Cultivated Topsoils Between Mersin and Tarsus**

Mehmet Ali Kurt<sup>1</sup>, Musa Alpaslan<sup>1</sup>, Abidin Temel<sup>2</sup> & Cüneyt Güler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, TR–33343 Mersin, Türkiye (E-mail: malikurt@mersin.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06532 Ankara, Türkiye*

---

The area between Mersin and Tarsus can be characterized as an alluvial plain (Berdan plain) where particularly greenhouse and citrus fruit cultivations are very intense. In this study, it is aimed, by using Geographic Information System (GIS) software, to determine textures and mineralogical characteristics of the soils in the area and spatial distributions of various related parameters. With an aim to determine soil texture in the area, 204 topsoil (0–20 cm) samples were collected. Whereas, to determine mineralogical characteristics of the soil profiles, composite samples were collected from 40 different locations and from three different depth intervals (0–20, 60–80 and 120–140 cm) comprising a total of 120 samples. Soil textures were determined using Bouyoucos hydrometer method, whereas soil mineralogy was determined using XRD method. In the study area, a zone along the Mediterranean Sea coast and extending 2–3 km from shore to hinterland has very high sand content which can be characterized as coastal sand dune area. From shore to hinterland sand contents of the soils gradually decrease and their silt and clay contents increase. According to XRD analyses results soil samples are composed of calcite, quartz, feldspar, mica, dolomite, amphibole and clay minerals with calcite, quartz, feldspar and clay making up almost 80% of the volume. In the soils of the area, clay mineralogy is mainly composed of smectite, illite, chlorite, kaolinite and serpentine with smectite is being the most common clay mineral type.

**Key Words:** Soil texture, soil mineralogy, clay, clay mineralogy, Geographic Information System

## **Mishraq Sülfür Bölgesinin (M-1) Jeoelektrik Özelliklerinin Korelasyonu, Kuzey Irak**

Marwa'n Muti'b, Thabit D. Mahder-Bashi ve Bashar Al-Juraisy

*Geology Department, Mosul University, Mosul, Iraq (E-posta: drmarwanmutib@yahoo.com)*

Araştırmanın bu bölümü sülfür ekstrasyonu öncesinde Mishraq sülfür alanındaki (Kuzey Irak) Fatha formasyonunun alt bölümünün kuyucu jeoelektrik yöntemle araştırılmasını içermektedir. Çalışma, sülfür ekstrasyonundan önce arazide dağılık 41 sondajda yapılan normal özdirenç logu (N64") kayıtlarının analizi ile sülfür zonunun jeoelektrik parametrelerinin saptanmasını kapsamaktadır. Litolojik değişkenler haritaları ve jeoelektrik parametrelerden ayrıntılandırılan haritalar arasındaki karşılaştırma istatistik analizler kullanılarak aralarındaki ilişki bulunmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın ikinci bölümü sülfür ekstrasyonunun yaklaşık 30 yıl sonrası Fatha formasyonu özdirenç yüzey jeoelektrik yöntemle araştırılmasını içermektedir. Uygulanan ilk yöntem 800 m uzunluklu iki profil hattı boyunca uygulanan Elektrik Özdirenç Tomografi (ERT) yöntemidir. Profil hatlarından biri ekstrasyon sahası yakınında, diğeri bu alandan görece olarak uzakta yer almaktadır. Bu araştırma bir boyutlu (1D) özdirenç araştırma cihazı (DC Terrameter) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İkinci yöntem, 38 düşey elektrik sondaj (VES) noktası verilerinin değerlendirilmesinde kullanılmış, veriler VES ve sabit ayırım kesit verilerine (CST) dönüştürülerek ERT yöntemi ilkeleriyle yorumlanmıştır. Üçüncü yöntem, yine biri ekstrasyon sahasında, diğeri oradan uzakta olmak üzere iki bölgede Azimutal Özdirenç Araştırması (ARS) olarak gerçekleştirilmiştir.

Özdirenç haritalarının very analizi sonuçları üretim zonunun jeoelektrik parametrelerinin davranışlarındaki baskın faktörlerin bitüm içeriği ve iletkenlik değeri olduğunu göstermektedir ve jeoelektrik parametreler üzerinde sulfur içeriğinin önemli etkisi olmadığını göstermektedir.

Sülfür cevherinin ekstrasyon alanından uzaktaki ERT araştırma profili ekstrasyon işlemi sonrasında profil hattındaki yüzeyaltı kayaçlarının özdirenç değerlerinin özdirenç loglarından hesaplanan özdirenç değerleriyle (ERT araştırma sonuçlarının güvenilirlik ve güvenilirliğini kanıtlayan) uyumlu olduğunu ve alanda kayaçlar üzerindeki ekstrasyon işleminin etkisinin varlığını göstermektedir.

Ayrıca, ekstrasyon alanları yakınındaki ERT profile sonucu alandaki profil hattında bulunan Fatha formasyonu kayaçlarının çoğunun özdirenç değerlerinin ekstrasyon işlemi öncesi özdirenç değerlerine kıyasla önemli derecede azaldığını göstermektedir.

VES verilerinin VES ve CST verilerine dönüşüm işlemi alanın jeolojik ve hidrojeolojik kanıtlarıyla uyumlu özdirenç dağılımının yeraltı görüntüsünü veren iyi sonuçlar sunar. ARS sonuçları yeraltı çatlaklarının yönlerinin saptanmasına yardımcı olan iyi bilgiler verir. Gelecekte, Mishraq sulfur alanındaki önemli mühendislik problemlerinin çözümünde bu teknik kullanılabilir.

Mevcut çalışma sulfur ekstrasyon işlemi etkisinin sadece üretim zonu kayaçlarını kapsamadığını, aynı zamanda ekstrasyon işlemi izleyen subsidans nedeniyle çatlaklı kayaçların neden olduğu ekstrasyon alanı yakınındaki alanlarda örtü zonu kayaçlarına uzandığını da göstermektedir. Bu etki ekstrasyon alanından uzak alanı da dereceli olarak etki altına almaktadır.

Bu çalışmadan sıcak su sızıntısının sadece doğuya doğru değil (Dicle nehrine doğru) aynı zamanda KB ve GB ya doğru ekstrasyon alanı merkezinden yeraltı kanalları boyunca uzanan derinliğin 50 m'yi aşmadığı gözlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Mishraq, azimut, tomografi



## **A Correlation Study of the Geoelectrical Properties of Mishraq Sulphur Field (M-1), Northern Iraq**

Marwa'n Muti'b, Thabit D. Mahder-Bashi & Bashar Al-Juraisy

*Geology Department, Mosul University, Mosul, Iraq (E-mail: drmarwanmutib@yahoo.com)*

The first part of the research includes subsurface geoelectrical study of Lower part of Fat'ha Formation (productive zone) at Mishraq sulphur field, northern Iraq, before the process of sulphur extraction. This study has included the determination of geoelectrical parameters of the zone by mean of analyses to the records of normal resistivity log (N64") of 41 boreholes distributed over the area recorded before sulphur extraction. Comparism between the maps elaborated from the geoelectrical parameters and the maps of lithological variables was carried out to find their relationships using statistical analysis.

The second part of the research includes surface geoelectrical study of the resistivity of Fat'ha Formation after nearly 3 decades of extraction. This study was carried out by three main methods. The first method consists of conducting Electrical Resistivity Tomography (ERT) through two lines of 800m length. The first is situated near the extraction site and the other is relatively far from it. This survey was conducted by using 1D resistivity survey instrument (DC terrameter). The second method was used to process data of 38 vertical electrical sounding points (VES), transforming to VES and constant separating traversing (CST) data, and then interpreted in view of principles of the ERT. The third method was done by conducting Azimuthal Resistivity Survey (ARS) in two regions, one near the extraction sites and the other far from it.

Results of data analysis of the resistivity map show that the dominant factors in the behavior of the geoelectrical parameters of the productive zone is the bituminous content and the transmissivity value, and show no significant effect of sulphur content on the geoelectrical parameters. The ERT survey of the line far from extraction sites of sulphur ore, show the resistivity values of subsurface rocks in the line site after the process of extraction were in agreement with their values calculated from the resistivity logs, which assert two things: the credibility and reliability of the results of the ERT survey, and the absence of effect for the process of extraction on the rocks at that site. In addition, the result of the ERT profile near the site areas show that the resistivity values of most Fat'ha Formation rocks at the line site decreased substantially in comparison with those before the process of extraction, which proves the effect of extraction on those rocks. The process of transforming the VES data to VES and CST data has yielded good results in giving a subsurface image of the distribution of resistivity in away that agree with geological and hydrogeological facts of the area. The results of the ARS have given good information which helped in determining some directions of the subsurface fractures which extend their effect to the near surface rocks. This technique may be used. In the future, to solve important engineering problems at Mishraq sulphur field.

The present study also show that the effect of the process of extraction sulphur ore not only covered the productive zone rocks but also extended to the overburden-zone rocks zone in the areas near the extraction site due to the rocks fractured because of subsidence following the process of extraction. While this affect is contained substantially in the area far from the extraction sites.

**Key Words:** Mishraq, azimuthal, tomography