

ADIYAMAN - KOÇALI KARMAŞIĞININ IP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Kürşad BEKAR*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı; Adıyaman iline bağlı Koçali köyü ve civarını içeren Adıyaman M-40a2, M-40b1 paftalarında yer almaktadır. Adı geçen sahalarda 2010-33-13-01-8 proje kodu ile Jeofizik İndüksiyon Polarizasyon (IP) çalışması yürütülmüştür. Çalışma alanı içerisinde, birkaç formasyonun bir arada bulunmasına karşın cevherleşmeler sadece Koçali Karmaşığı içerisinde izlenmektedir (Yıldırım ve Çetiner, 2013). Bu potansiyel cevherli formasyon, metalik maden aramalarında özellikle kalkopirit, galen ve sfalerit gibi sülfür minerallerinin aranmasında birincil yöntem olarak kullanılan İndüksiyon Polarizasyon (IP) yöntemi ile incelenmiştir (Sumner,

1976). Çalışma alanının genel görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.

2. YÖNTEM TANIMI

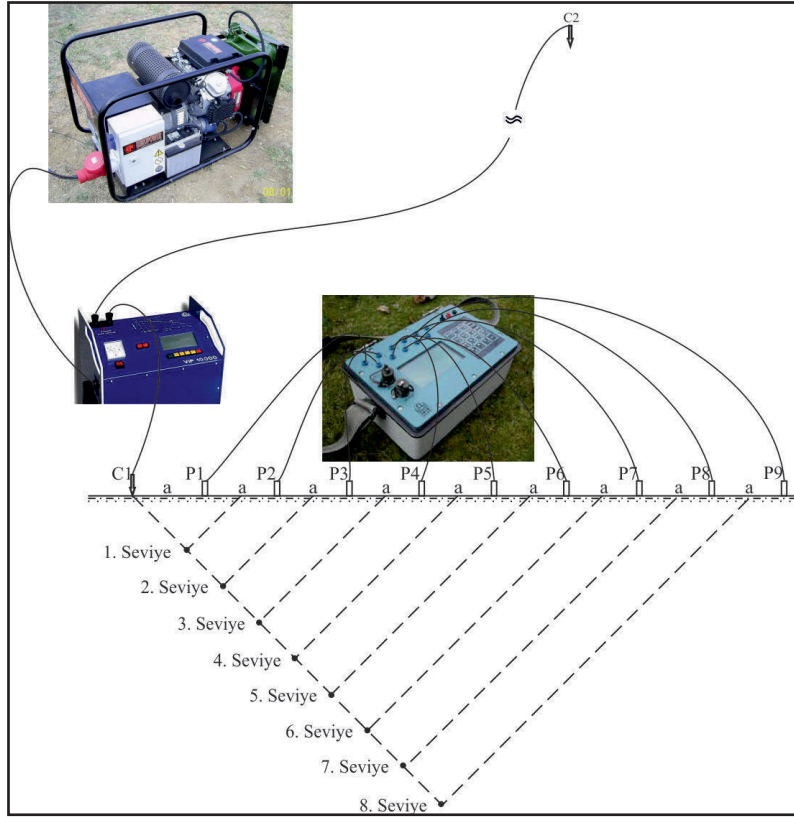
Yer yüzeyi üzerine yerleştirilen bir elektrot diziliminin akım elektrotları (C1, C2) aracılığıyla yere akım verildiğinde, yeryüzündeki iki gerilim elektrotu (P1, P2) arasında bir gerilim farkı (ΔV) ölçülür. Dünyada yaygın olarak kullanılan pol dipol elektrot dizilimi ve bağlantıları Şekil 2'de gösterilmektedir.

Eğer akım aniden kesilirse, akımın teorik olarak bir kare dalga olarak gönderilmesine rağmen (Şekil 3a), yerin kapasitör gibi davranması nedeniyle gerilim farkı aniden sıfır olmaz ve zamanla sönerek sıfıra asimptot olur (Şekil 3b). Bu geçici olay saniyelerce sürebilir ve "İndüksiyon Polarizasyon" olarak adlandırılır (Başokur, 2003). Akımın kesilmesinden sonra elde edilen bu eğri "sönüm eğrisi" olarak adlandırılır (Şekil 3c). Bu sönüm eğrisinin karakteristiği sülfürlü

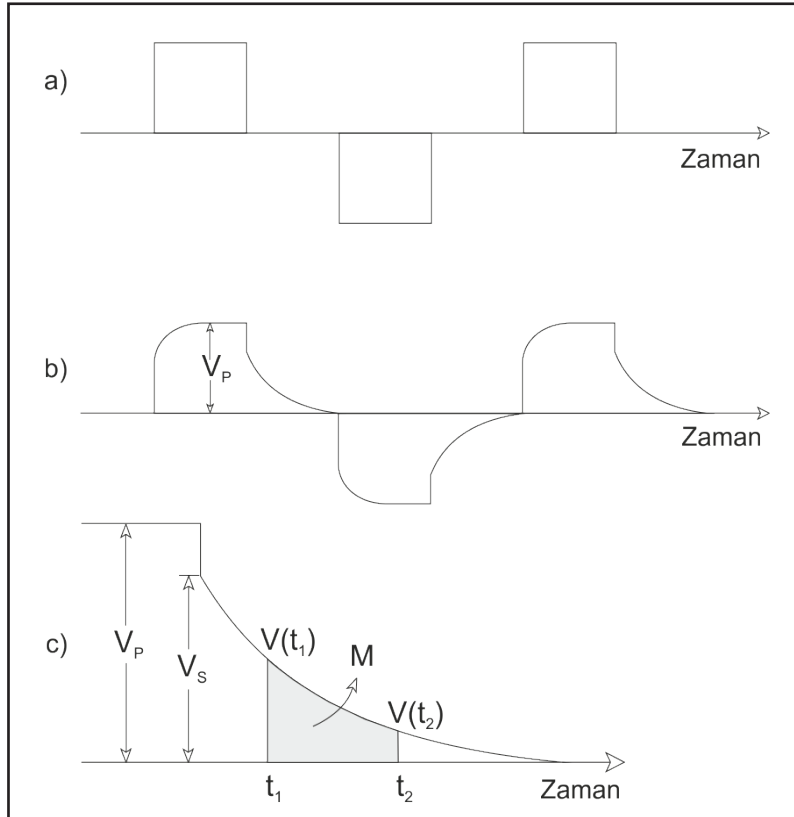


Şekil 1- Çalışma sahasının genel görünümü.

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara.



Şekil 2- Pol dipol elektrot dizilimi.



Şekil 3- a) Yere verilen teorik kare dalga, b) Pratikte gerçekleşen akım eğrisi c) Sönüm eğrisinin integrasyon bölgesi (Telford, 1976, değiştirilmiş).

minerallerin fiziksel özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Sönüm eğrisinin incelenmesiyle yeraltına ait öz direnç, yüklenebilirlik (şarjabilite) değerleri hesap edilmektedir.

Görünür Öz direnç: Görünür öz direnç değeri yere verilen akıma karşılık ölçülen gerilim farkından hesaplanır ve

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

şeklinde formüle edilir. Birimi ohm.m dir. Buradaki k, geometrik faktör olup pol dipol elektrot dizilimi için $k = 2\pi an (n+1)$ şeklindedir.

Şarjabilite: Şarjabilite değeri akım kesildikten sonra elde edilen sönüm eğrisinin t_1 ve t_2 zamanları arasında hesap edilen integral değerinin, akım kesilmesinden hemen önceki akım değerine (V_p) oranı olup birimi mV/V dur (Şekil 3c).

$$M = \frac{1}{V_p} \frac{\int_{t_1}^{t_2} V_s dt}{tr}$$

Burada; t_1 : integrasyon diliminin başlangıç zamanı,

t_2 : integrasyon diliminin bitiş zamanı,

t_r : t_1 - t_2 (integrasyon periyodu),

V_p : akım kesilmeden önceki gerilim,

V_s : Akımın kesilmesinden hemen sonra integrasyon periyodu boyunca ölçülen gerilim.

Doğal olarak metalik olan, yani elektriği metallerdeki gibi ileten birkaç mineral vardır. Bunlar genellikle sülfid mineralleri ile grafitik karbon ve bazı oksitlerdir. Yeraltındaki kayalarda metalik mineraller bulunduğu iyonik akımlardan dolayı yere akım verildiğinde IP olarak tanımlanan elektrik olaylar grubu oluşmaktadır. Kayaların içerisinde bulunan sülfid mineralizasyonu çok küçük olsa dahi bu yoğunlaşmalar IP etkisi verirler.

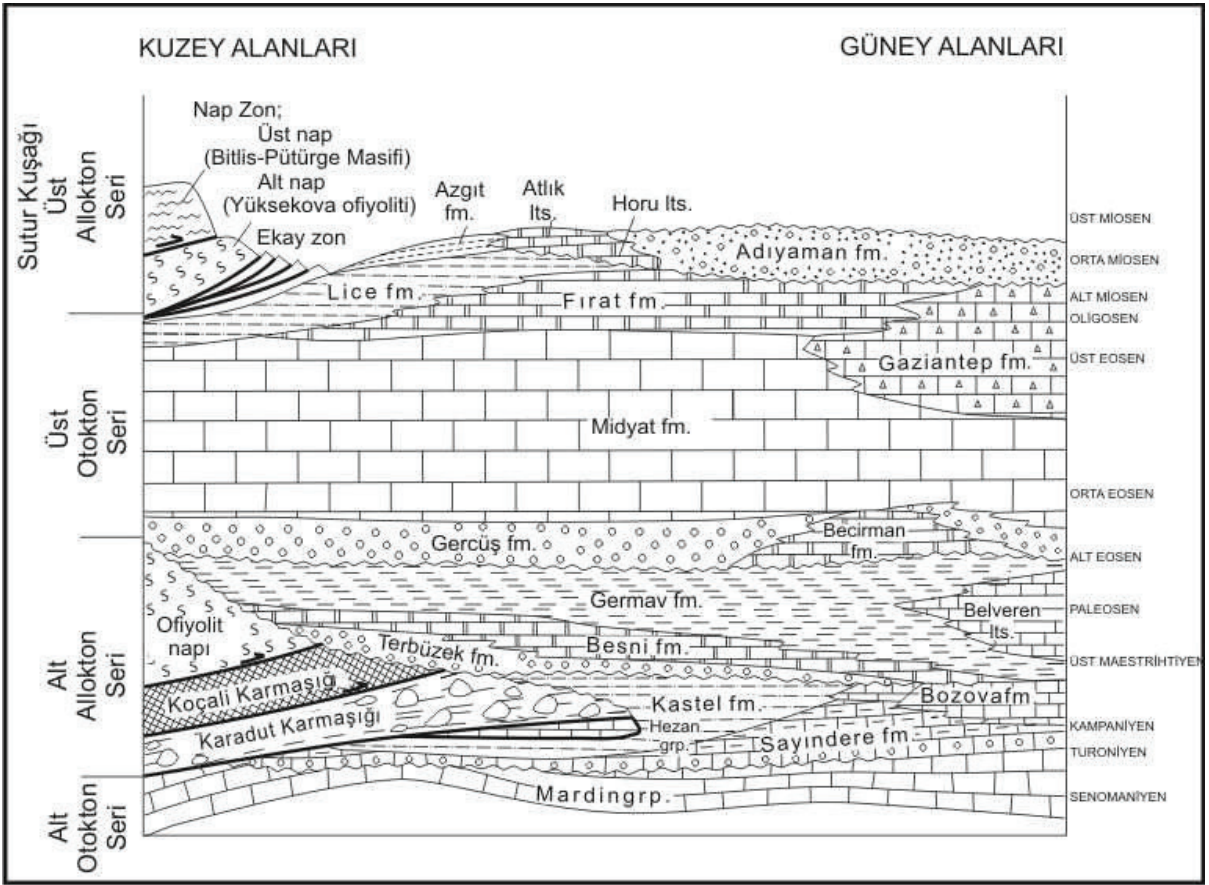
Grafitler, ultramafik kayalar gibi ekonomik değeri olmayan kayalar yüksek IP değerlerine neden olabilir. IP yöntemi cevherleşmenin türü hakkında bir bilgi sağlamadığından, ekonomik olmayan minerallerin etkisini ayrılması oldukça güç olabilir (Başokur, 2003).

3. JEOLJİ

Çalışma alanı ve yakın çevresinde temelde Koçali Karmaşığı bulunurken bu birimin üzerine uyumsuzlukla otokton birimler gelmektedir. Otokton birimler çalışma alanı ve çevresinde; Terbüzek formasyonu, Besni formasyonu, Germav formasyonu, Gercüş formasyonu, Midyat formasyonu, Gölbaşı formasyonu ve alüvyonlardan oluşmaktadır. Ekay zonunun güneyinde bulunan çalışma alanındaki birimler, sürüklenim örtüleri (üst allokton seri) tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Yıldırım ve Çetiner, 2013), (Şekil 4, 5).

Sungurlu (1972), Koçali Karmaşığı'nı, Tarasa, Konak ve Kale olmak üzere üç ayrı formasyon olarak adlandırmış ve haritalamıştır.

Birim; volkanitlerden (bazalt, diyabaz, spilit) oluşan Tarasa formasyonu, sedimanterlerle volkanitlerin (kireçtaşı, radyolarit, volkanit, marn, şeyl) ardalanmasından oluşmuş Konak formasyonu ile serpantin ve diyabaz topluluğundan oluşmuş Kale formasyonu'ndan oluşmaktadır (Perinçek, 1978). Bu birimler arasındaki ilişkiler genellikle tektoniktir. İnceleme alanında cevherleşmeleri de içeren spilitik bazaltlar önceki çalışmalarda Konak-Tarasa formasyonları içerisinde konmuştur. Deveboynu, Aksu, Sarıkaya, Bağlıca, Konak Mahalleleri ile Oğlan Tepe, Armutluağaç Tepe, Aluştürk Tepe, Çağalalı Tepe ve Nakavisiyar Tepe civarında hakim litoloji çamurtaşı-radyolarit ara seviyeleri içeren spilit ve yastık yapılı bazaltlardır. Çalışma alanının güneydoğusunda yaklaşık KD-GB konumlu uzanan serpantinler ince tektonik dilimler halinde bulunmaktadır. Bu serpantinler ile birlikte yer yer gabroik kayalardan oluşmuş tektonik dilimlere rastlamak da mümkündür (Yıldırım ve Çetiner, 2013).



Şekil 4- Kuzyedeki suture zonundan, güneyde arap platformunun kuzeyine, GD Anadolu'daki Arap Plakasının genel-leştirilmiş tektono-stratigrafisi en kesiti (Yıldırım ve Çetiner, 2013; Yılmaz, 1993'ten sadeleştirilerek).

Cevher mineralleri; Pirit, markazit, kalkopirit, sfalerit, manyetit, kalkozin-kovellin, bornit, hematit ve limonittir. Örneklerde özellikle pirit baskınken, kalkopirit ve sfalerite daha az rastlanılmıştır. Pirit genellikle özşekli ve düzgün kenarlıyken; kalkopirit ve sfalerit, pirit tanelerinin arasını dolduran matriks şeklinde izlenmektedir.

Cevherleşmeler Koçali Karmaşığının radyolaritleri içerisinde düzensiz mercerler ve onlarla ardalanmalı tabakalar şeklinde bulunmaktadır. Cevher yan kayalarla genellikle uyumludur. Gerek cevher gerekse yan kayalar kırıklı ve kıvrımlıdır.

4. İP ÇALIŞMASI

Sahada yapılan jeolojik çalışmalar sonucu, ortaya konulan cevherleşmeler mekanik sondajlarla tetkik edilmiş ve bunların birçoğunda

cevher kesilmiştir. Cevherli zonun kuzeye doğru dalım göstermesi ve dolayısıyla örtü kalınlığının artması nedeniyle, sahanın bu kısımları jeofizik İP yöntemi ile incelenmiştir. Bu amaçla planlanan İP çalışması kapsamında cevherleşme zonu dik olacak şekilde K-G yönlü hatlar oluşturulup ölçüler alınmıştır (Şekil 6).

Sondaj sonuçlarından elde edilen bilgiler eşliğinde yapılan eşleştirmeler sonucu, şarjabilite kesitlerinde sarı tonun üzerinden kırmızıya doğru kayan tonlar (8,9 – 39,9 mV/V arası) cevherleşme ile ilişkili iken, sarı ve altındaki tonlar (7.1 mV/V'dan daha düşük) cevherleşme beklentisinin zayıf olduğu yerlerdir.

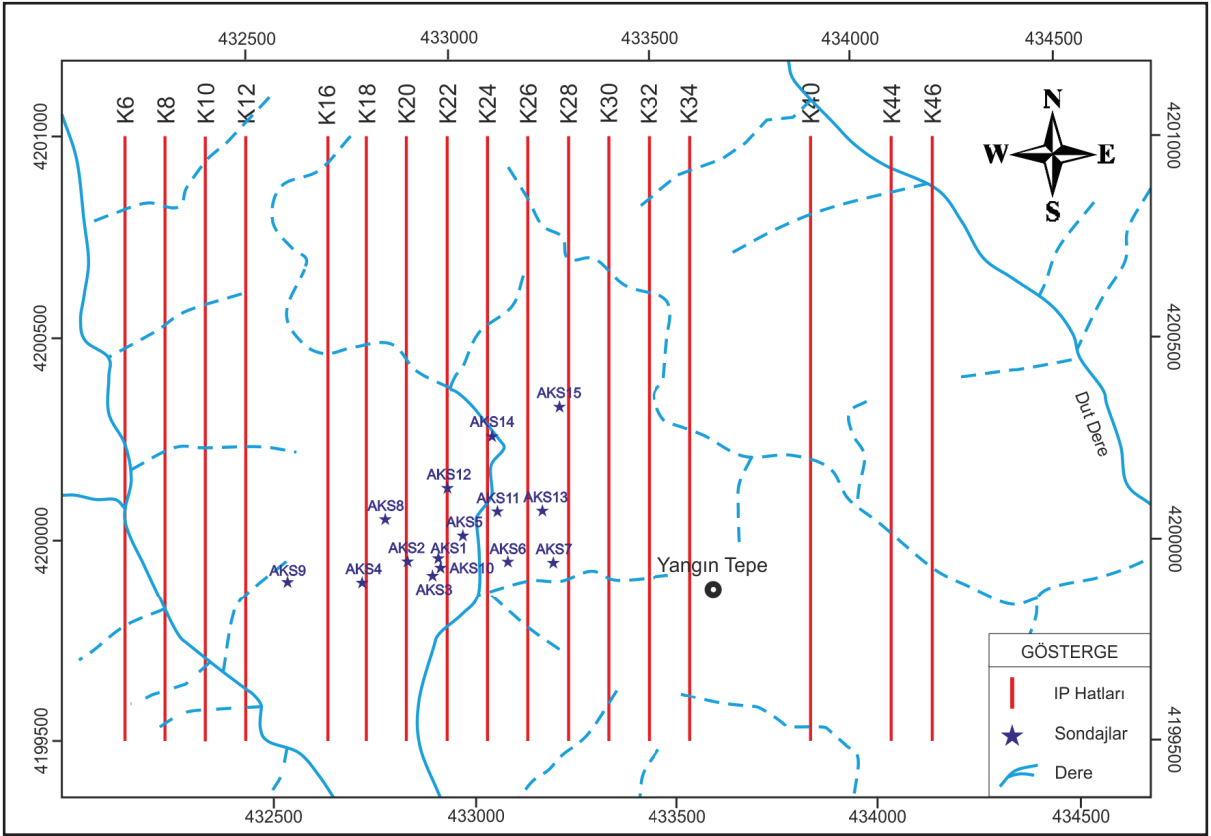
Benzer şekilde araziden elde edilen tüm profillerin özdirenç kesitlerinde sarı ve üzeri tonların (200 – 15000 ohm.m arası) genelde yüzeyde de gözlenen pelajik kireçtaşları ile iliş-

Yaş	Birimler	Litoloji	Tanımlama
Paleozoyik -Mesozoyik	Malatya Metamorfittleri		Üst metamorfittler (kireçtaşı, mermer, kalkışist, fillit, klorit şist, pelitik şist)
	Sarkız-Baizge Damar K. Pütürge Metamorfittleri		Alt metamorfittler (mikaşist, mermer, kuvarslı muskovit şist, fillit)
Paleozoyik -Mesozoyik	Pütürge Metamorfittleri		Damar kayaçları (diyabaz-tonalit)
Üst Krtase	Şifrin Grubu Derinlik Kayaç.		Üst metamorfittler (metapelit, mikaşist, kuvars mikaşist, amfibolit)
Orta Eosen Maden Karm.	Çelikhan F.		Alt metamorfittler (mikaşist, kalkışist, mermer, metabazit, metapelit)
	Olistromal Maden Olş.		Monzonit, gabro, diyorit, tonalit, siyeni, garnit, granodiyorit, monzodiyorit
	Karadere F.		Kireçtaşı
	Elaziğ Magm.		Kireçtaşı, spilit, diyabaz, marn, çamurtaşı, şeyl, çakıltası, miltası
Üst Krtase	Kömürhan Ofiyoliti		Bazalt, spilit, andezit, diyabaz
			İntrüzif kayaçlar (tonalit-kuvars diyorit)
Alt Miyosen	Çüngüş Frm.		İzotrop gabrolar (gastro-diyorit-m. blok)
	Lice Frm.		Mafik kümalatlar (bantlı gastro)
Eosen	Midyat Frm.		Tektonitler (serpantinit, harzburjit, dünit) ve tekil diyabaz daykları
	Gercüş Frm.		Kömürhan Ofiyoliti ve Maden Karmaşı-ğına ait olistolitler içeren kumtaşı, şeyl, marn ardaşımı
Paleo- -sen	Germav Frm.		Kumtaşı, şeyl, marn ardaşımı
	Besni Frm.		Nummulitli kireçtaşı
Jura- Kocali Karm.	Terbüzek Frm.		Kırmızı renkli çakıltası
	Kale Frm.		Kumtaşı, şeyl, marn
Jura- Kocali Karm.	Konak Frm.		Mikritik kireçtaşı
	Tarasa Frm.		Çakıltası, kumtaşı
			Serpantinit, diyabaz, gastro
			Kireçtaşı, radyolarit, kumtaşı, bazalt
			Bazalt, diyabaz, spilit

Şekil 5- Çalışma alanının yer aldığı bölgenin tektonostratigrafik dikme kesiti (Yıldırım, 2010), (Yanal ilişkiler için şekil 5'e bakınız).

kili olduğu, bunun altındaki değerlerin ise deniz altı volkanizmasına bağlı altere ve/veya altere olmayan spilitlerle ilişkili olduğu söylenebilir. Bu durum spilitlerdeki kalsit oranının artması halinde netliğini yitirebilir.

Tüm bu bilgiler ışığında kesitlerde hedef alınacak anomalilerin yüksek şarjabilite ve orta-düşük öz direnç değerine sahip anomaliler olması gerektiği belirgindir. K20 profili (Şekil 7) üzerinde 1050 m merkezli kuvvetli bir şarjabilite anomalisi gözlenmektedir. Bu anomalinin kuze-



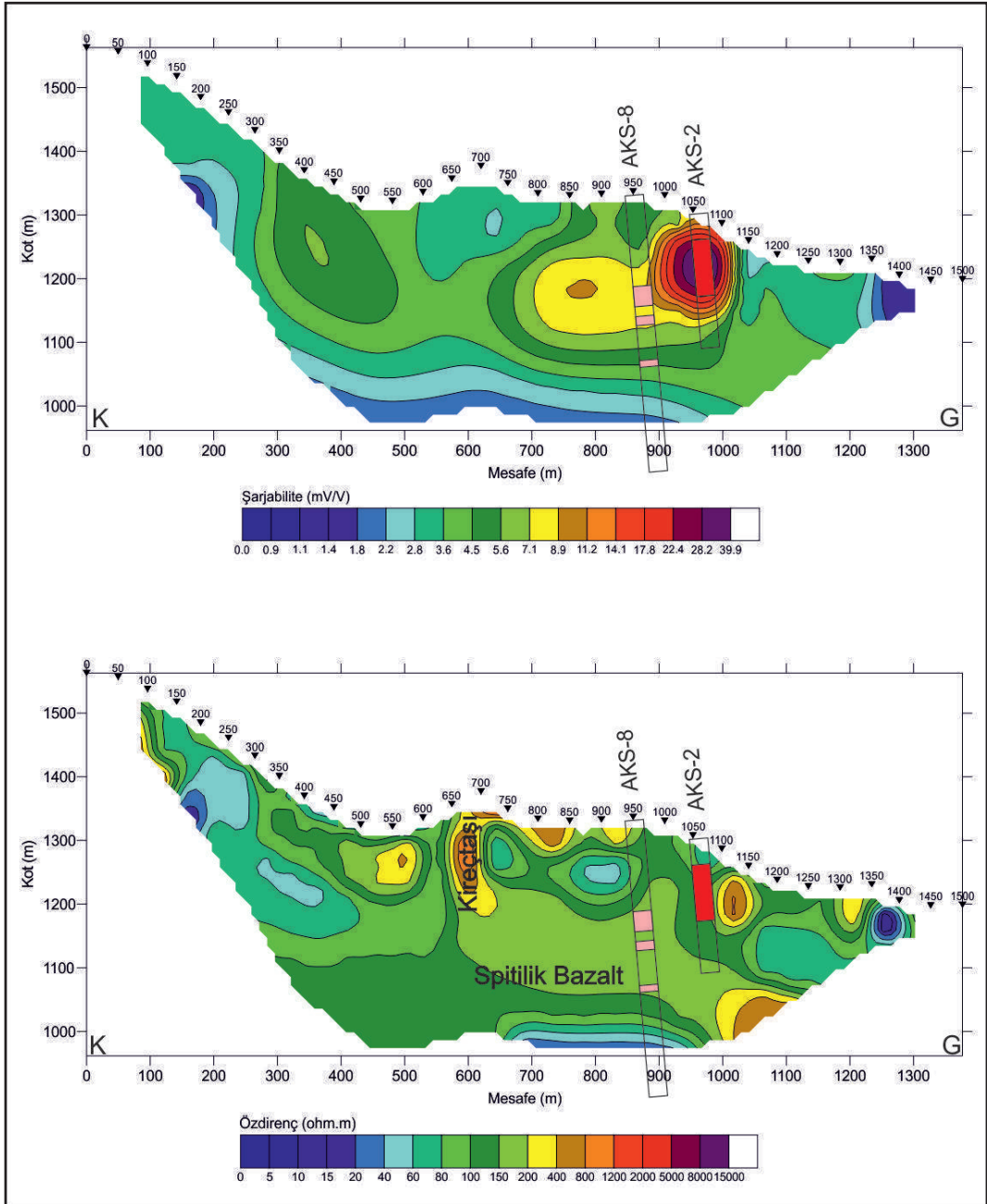
Şekil 6- IP profilleri ile sondajların lokasyon haritası.

ye doğru zayıf bir uzantısı gözlenmektedir. Bu profil üzerinde yapılan AKS-8 ile AKS-2 sondajları kesit üzerinde gösterilmektedir. AKS-2 sondajında kesilen cevher şarjabilite anomalisi ile tam bir uyum içerisindedir. AKS-8 sondajındaki zayıf cevherleşme seviyeleri de nispeten düşük şarjabilite değerleri ile uyumludur. Özdirenç kesitinde dik konumlu olan yüksek özdirençli yapılar ise ekaylanarak dikleşen kireçtaşlarını birebir temsil etmektedir. Sarı tonun altındaki yaygın özdirenç değerleri ise spilitik bazaltları temsil etmektedir (Bekar, 2015).

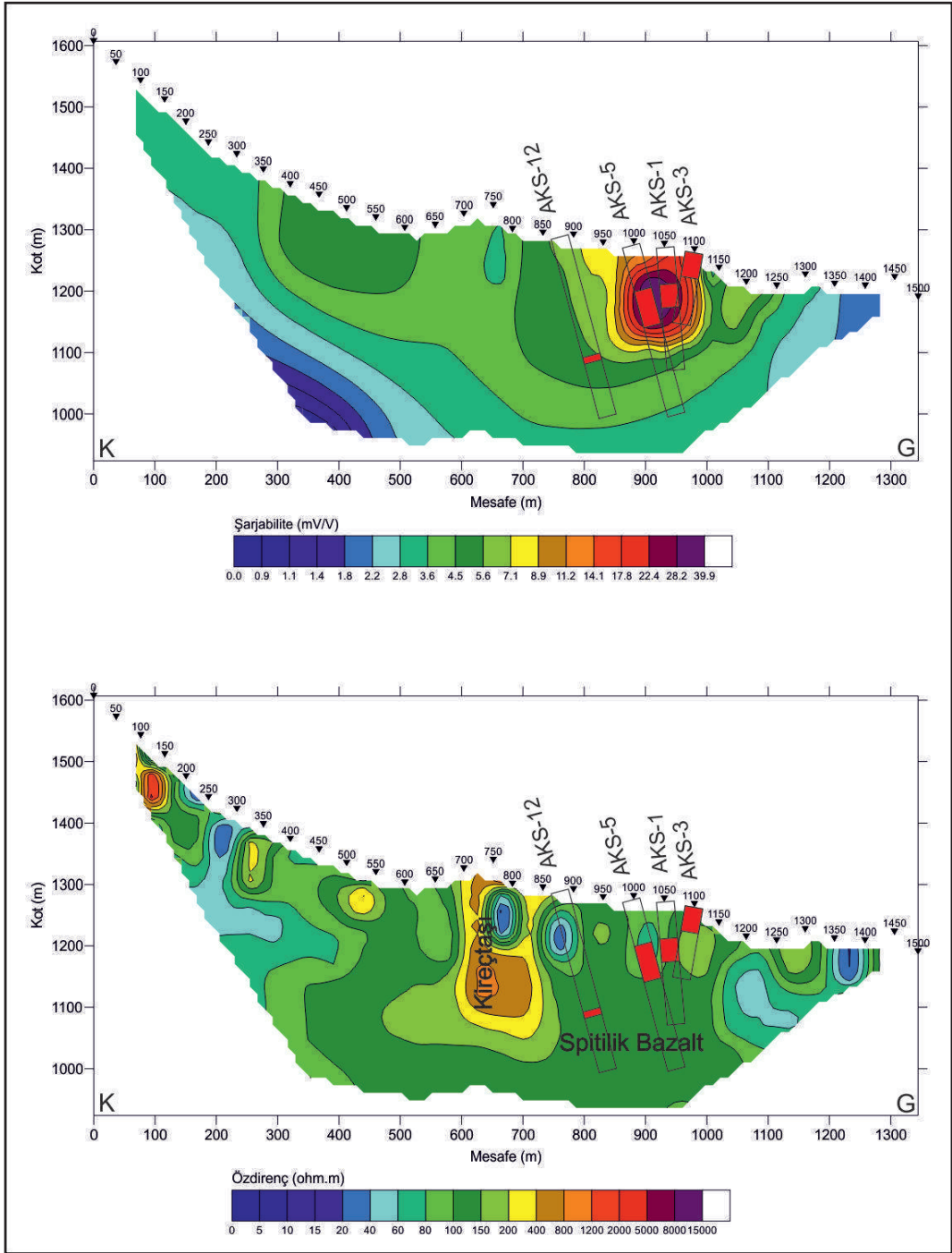
Şekil 8'de verilen K22 profilinin yine 1050. metrelerinde merkezleyen kuvvetli bir şarjabilite anomalisi gözlenmektedir. Bu anomalisi üzerine

karşılık gelen AKS-1, AKS-3 ve AKS-5 sondajları anomalisi ile uyumlu olarak cevher kesmişlerdir. AKS-12 sondajı ise zayıflayan şarjabilite değerleri ile uyumlu olarak ince bir cevherli zon kesmiştir. Bu kesitte de benzer şekilde ekaylı kireçtaşları belirgin bir şekilde görülebilmektedir.

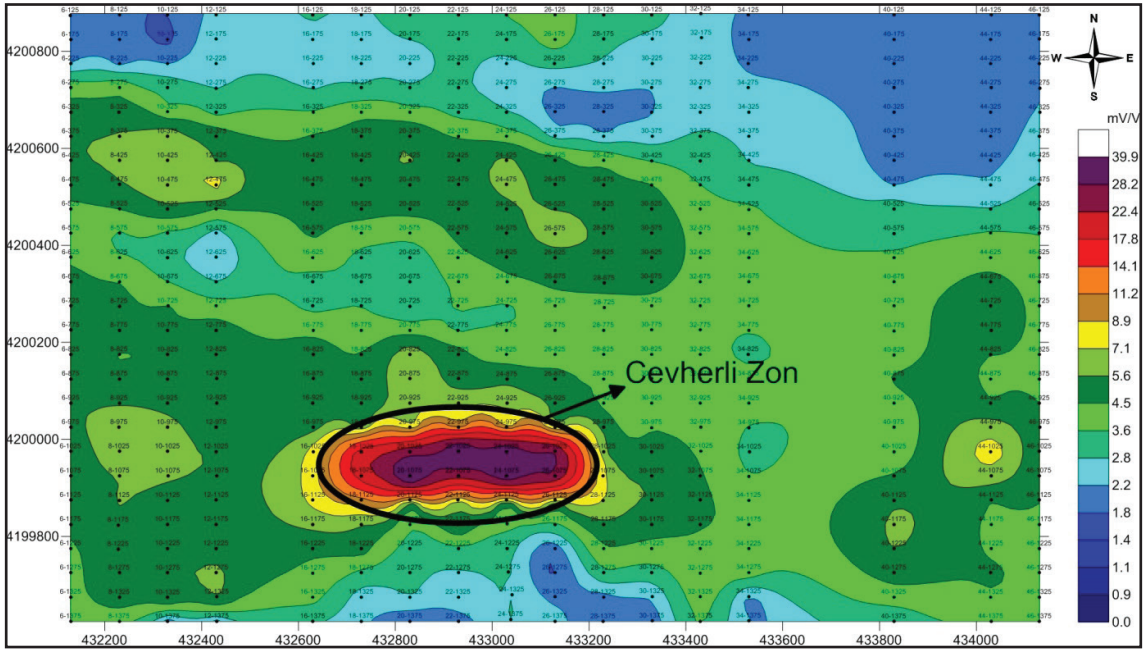
Her iki kesitte de yaklaşık 1050 m lerede gözlenen kuvvetli şarjabilite anomalisi, en yoğun gözlemlendiği 100 m seviye haritasında D-B yönlü bir cevherli zon olarak görülebilmektedir. Bu zon yaklaşık 500x150 m lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 9). Aynı seviyeye ait özdirenç kesitinde de özdirenç değerlerinden bu zonun altere spilitik bazaltlar içinde olduğu görülebilmektedir (Şekil 10).



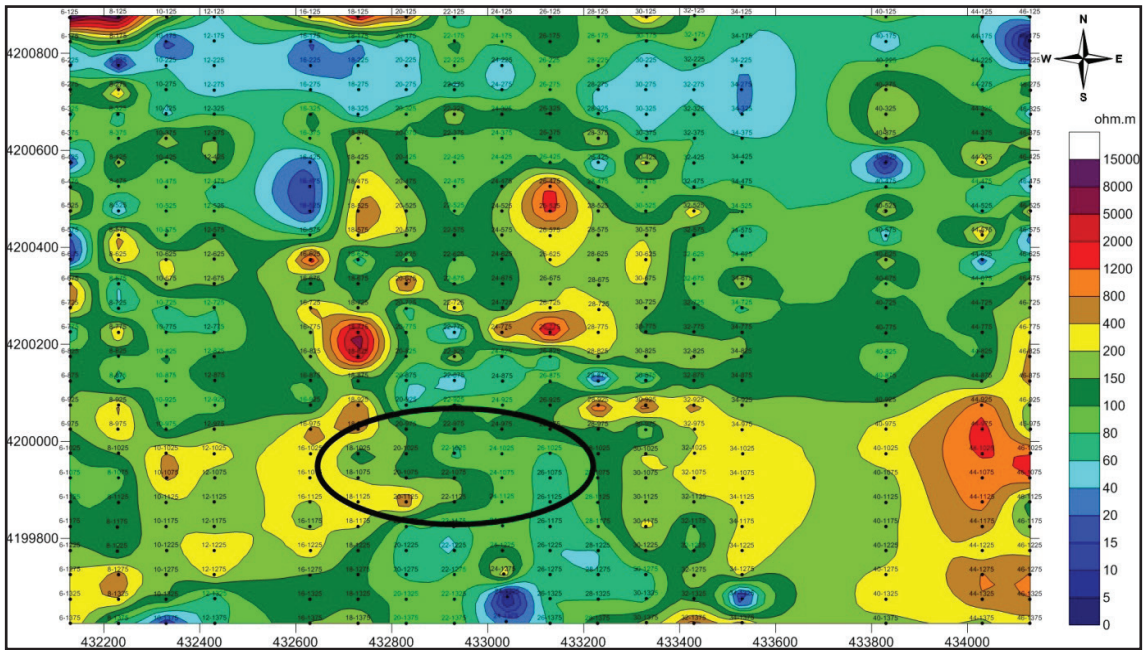
Şekil 7- K20 profili şarjabilite ve özdirenç model kesiti.



Şekil 8- K22 profili şarjabilite ve özdirenç model kesiti.



Şekil 9- 100 m derinliğe ait şarjabilite seviye haritası.



Şekil 10- 100 m derinliğe ait özdirenç seviye haritası.

5. SONUÇLAR

Koçali Karmaşığı Polimetale Maden Aramaları Kamp Şefliği altında yürütülen jeofizik IP çalışması ile çalışma alanı incelenmiş ve cevherleşme ile ilişkili olabilecek sülfürlü zonlar ve sınırları ortaya konulmuştur. Ortaya konulan zonlar jeofizik etüt öncesi yapılan ve cevher kesilen sondajlar ile birebir uyumlu çıkmıştır. Keza aynı durum cevher kesmeyen sondajlar için geçerlidir.

IP hatlarının atıldığı sahanın geneli göz önüne alındığında, gerek IP kesitlerinde gerekse de seviye haritalarında ortaya konulan sülfürlü yapılarla ilişkili olabilecek yüksek şarjabilite değerleri, sahada hiçbir öncel çalışma yapılmassa bile fark edilecek kadar belirgindir. Bunda sahadaki birimlerin gerek öz direnç gerekse de şarjabilite kontrastlarının yüksek olması etkindir.

Sahada yer alan yüksek öz dirençli kireçtaşları ile orta ve düşük öz dirençli spilitik bazaltlar belirgin olarak ayırt edilebilmiştir. Spilitik bazaltların içindeki sülfürlü zonlar ise yüksek şarjabilite değerleri ile tüm sahada tek bir zon olarak belirlenmiştir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Başokur, A. T. 2003. Maden aramalarında elektrik ve elektromanyetik yöntemler. (<http://geop.eng.ankara.edu.tr>).

Bekar, K., Demir, K., Lezgi, A., Yanık, R. 2015. Adıyaman - Koçali sahası jeofizik IP etüt raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü* Rapor No : 11784 Ankara (yayımlanmamış).

Perinçek, D.1978. Çelikhan- Sincik- Koçali (Adıyaman ili) alanının jeolojisi ve petrol olanaklarının araştırılması. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Tatabiki Jeoloji Kürsüsü, 212s.

Sumner, J.S. 1976. Principles of induced polarization for geophysical exploration. *Developments in Economic Geology*, Vol. 5

Sungurlu, O. 1972, VI. Bölge Gölbaşı – Gerger arasındaki sahanın jeolojisi: TPAO Rapor No: 802., Ankara (yayımlanmamış).

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A. 1976. *Applied Geophysics: Cambridge University Pres.*

Yılmaz, Y. 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of American Bulletin*, 105, 251-271.

Yıldırım, E. 2010. Çelikhan-Sincik Arasında Yüzeyleyen Magmatik Kayaçların Petrografisi ve Petrolojisi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldırım, N., Çetiner, L. 2013. Adıyaman-Merkez-Koçali (Ar: 200804095) Bakır-Çinko-Altın Sahası Buluculuk Talebine Esas Maden Jeolojisi ve Rezerv Raporu. Maden Etüt Arama Dairesi Arşivi, Arşiv No: 5543, Ankara, (yayımlanmamış).