

Isparta Alüvyon Düzlüğünün (Çünür-Deregümü) Elektrik Özdirenç Yöntemler ile Araştırılması

Sedat YILMAZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

Alınış tarihi:04.01.2010, Kabul tarihi:30.07.2010

Özet: Düşey elektrik sondajı ve birleşik sondaj-profil yöntemlerini kullanarak Isparta alüvyon düzlüğünün Çünür-Deregümü arası, yanal ve düşey yöndeki değişimi araştırılmıştır. Veri toplama için Schlumberger ve dipol-dipol elektrot dizilimleri kullanılmış olup, ölçülen verilerin bir-boyutlu değerlendirmesi Zohdy algoritması ve IP2WIN programı ve iki-boyutlu değerlendirmesi ise bir sönümlü en küçük kareler ters çözüm algoritması ile yapılmıştır. Yeraltının bir- ve iki-boyutlu özdirenç dağılımları, sahanın jeolojik verileri kullanılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Özdirenç, Düşey Elektrik Sondajı (DES), Birleşik Sondaj-Profil Yöntemi

Investigation of the Isparta Alluvial Plain (Çünür-Deregümü) Using Electrical Resistivity Methods

Abstract: The vertical and horizontal changes in the subsurface resistivity of the Isparta alluvial plain (Çünür-Deregümü) was investigated by using the methods of vertical electrical sounding and combined sounding-profiling. The Schlumberger and dipole-dipole electrode arrays were used for data collection. The measured apparent resistivity data were evaluated using the Zohdy's algorithm and IP2WIN program for one-dimensional interpretation and the damped least-squares inversion algorithm for two-dimensional interpretation. One- and two-dimensional subsurface resistivity structures were performed utilizing the field geological data.

Keywords: Electrical Resistivity, Vertical Electrical Sounding (VES), Combined Sounding-Profiling Method

Giriş

Jeofizik arama yöntemleri maden, petrol, jeotermal aramalarda kullanıldığı gibi mühendislik, çevre ve yer altı suyu aramalarında da kullanılmaktadır. Jeofizik arama yöntemlerinden en yaygın kullanılan elektrik özdirenç literatürdeki bu tür uygulamaları çoktur (Dahlin, 1996; Griffiths ve Barker, 1993; Seaton ve Burbey, 2002; Telford vd., 1990; Ward, 1990). Çevre ile ilgili uygulamalarda, özdirenç yöntemleriyle, örtü tabakasının derinliği, stratigrafisi, fayları, kayaç birimleri, tuzlu su girişimleri, kirlenme bölgeleri, atıkların atılacağı yerler, boşluklar ve temel kayaç derinliği belirlenebilir. Mühendislik uygulamalarında özdirenç aramaları, baraj stabilize çalışmaları, temel kayaç göçü, örtü tabakasının haritalanması, fayların ve kırıkların haritalanmasında kullanılmaktadır. Temel kayaç-yeryüzü arasındaki katmanların jeolojik (fayları, litolojileri), fiziksel (poroziteleri, permeabiliteleri) ve geometrik özelliklerinin belirlenmesi, mühendislik jeofiziği ve çevre jeofiziği açısından önem arz etmektedir.

Türkiye' nin yer altı suyu bakımından en önemli havzalarından biri olan Isparta düzlüğünde yapılmış jeolojik, hidrojeolojik ve jeofizik araştırmalar (Karagüzel ve Irlayıcı, 1998; Karlık ve Kaya, 2001), alüvyonal akifer kaynaklarının özellikle şehir atık suları, açık çöp alanları ve sanayi atıkları yüzünden büyük oranda kirlenmiş olduğunu göstermektedir. Buna karşın, Isparta düzlüğünü tamamen kapsayan alüvyonun düşey ve yanal yöndeki değişimi ile ilgili herhangi bir özdirenç çalışmasına literatürde rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Isparta düzlüğü batı kesimindeki Çünür-Deregümü bölgeleri arasında uzanan alüvyonun düşey ve yanal yöndeki

değişimini belirlemek için, dört düşey elektrik sondajı (DES) ve iki birleşik sondaj-profil ölçümleri yapılmıştır. Saha verisinin elde edilmesinde Terrameter SAS 1000 özdirenç cihazı kullanılmıştır.

Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi

Türkiye' nin güneybatısında yaklaşık 276 km² alana sahip önemli bir yer altı suyu havzası olan Isparta düzlüğü, otokton ve allokton birimler olarak isimlendirilmiş iki jeolojik birimden oluşmaktadır (Yalçınkaya, 1989; Karaman, 1990). Otokton birimler, Davraz kireçtaşı, Söbudağ karbonat grubu, Kabaktepe formasyonu, Ağlasun formasyonu, filiş depozitleri ve volkanikler olarak isimlendirilmişlerdir. Allokton birimlere ise, Akdağ kireçtaşı ve Isparta ofiyolitik karmaşığı içinde rastlanılmıştır (Karagüzel ve Irlayıcı, 1998).

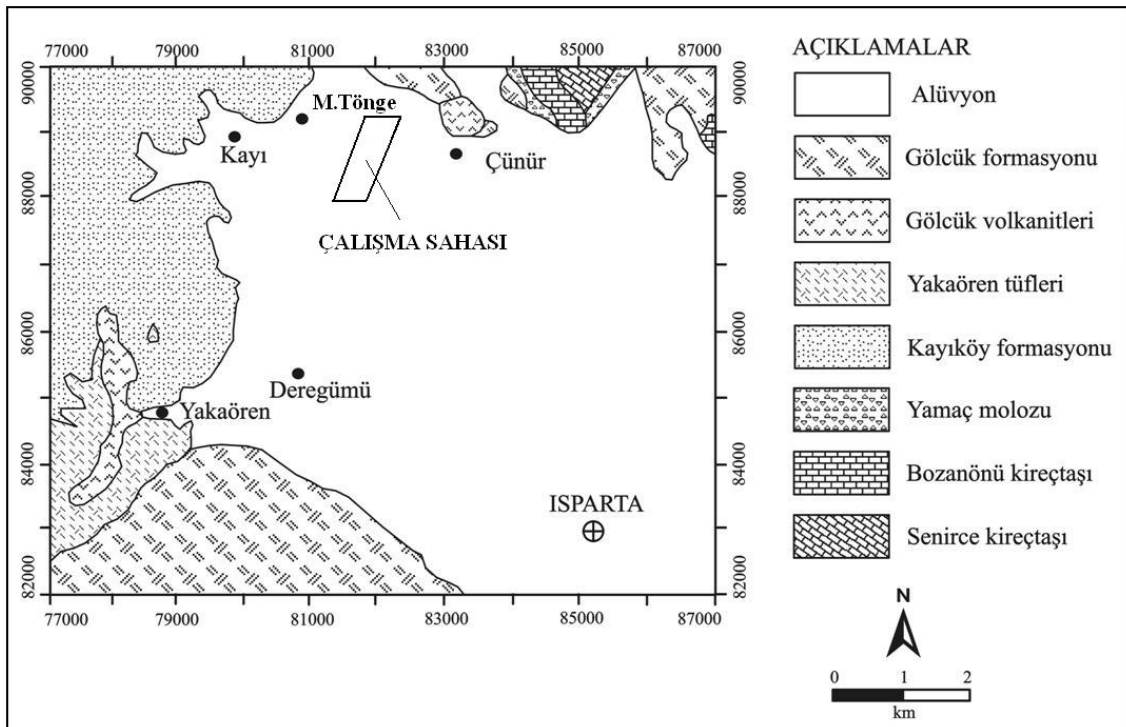
Çalışma alanının içinde bulunduğu alüvyon, Gölcük formasyonu, Kayıköy formasyonu, Gölcük volkanitleri, Yakaören tüfleri, yamaç molozu ve Bozanönü kireçtaşları tarafından çevrelenmektedir (Şekil 1). Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, düzlükte ve dere yataklarında görülmektedir. Litolojisini kil, silt, kum ve çakıllar oluşturur ve genellikle ardalanmalı şekilde bulunurlar. Tanelerin kökenlerini tüfit, pomza, tuf ve volkanik kayalar oluşturmuştur. Düzlüğün ortasında kuzeye doğru 2 km' lik bir alan boyunca alüvyonun altında 160-170 m. yer yer 250 m.'ye kadar inen kalın bir tuf seviyesi görülürken, düzlüğün doğu kesimlerinde alüvyon altında kireçtaşı seviyeleri vardır (Yalçınkaya, 1989).

Genç Pliyosen yaşlı Gölcük formasyonu, tabanda çakıl taşlarıyla başlayıp, kumtaşı, kiltası, marn, tuf ardalanması şeklinde devam eden genellikle beyaz renkli, ince-orta katmanlı gösel oluşuklardır. Formasyon içerisindeki Yakaören tüfleri, ince-orta katmanlı, beyaz, bej, kirli sarı renkli yer yer pomzalaşmış, andezitik ve traki-andezitik karakterdedir (Yalçinkaya, 1989). İnşaat sanayinde yapı taşı olarak geniş kullanımı olan pomzalar birim içerisinde yataklanırlar (Karaman, 1990). Gölcük volkanitleri, Gölcük formasyonunun en üst düzeyleri üzerinde (Yakaören köyü ve Çünür mahallesi) gözlenmektedir. Yüksek tepe ve zirveleri oluşturan andezitler sert yapılı olduğu halde birimin büyük bir çoğunluğu ayrılmış ve bozuşmuş andezitlerden oluşmuştur. Erken Pliyosen yaşlı andezitler, siyahımsı, grimsi, kahvemsî renkli, bol çatlaklı, porfirik dokulu, traki ve traki - andezit

karakterdedir. Birimin üstünde aynı formasyonun tuf, tüfit, pomza seviyelerinden oluşan istif bulunur (Karaman, 1990).

Orta Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu filiş karakterindedir ve kumtaşı, kiltası, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşmuştur. Kıvrımlı bu birim açık gri, açık yeşil, kirli sarı boz ve kahve renklidir. Birimin üst dokanağında Pliyosen yaşlı volkanik birimler ile Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlar yer alır (Karaman, 1990).

Senoniyen yaşlı Bozaönü kireçtaşları, ince-orta katmanlı, kirli sarı, gri, krem, bej renklidir. Kireçtaşlarının üzerinde dik yamaç önlerindeki küçük alanlarda ve kireçtaşları ile alüvyon arasında geniş bir alan boyunca bulunan yamaç molozları ise, kil, silt, kum, çakıl ve bloklar içerir (Yalçinkaya, 1989).



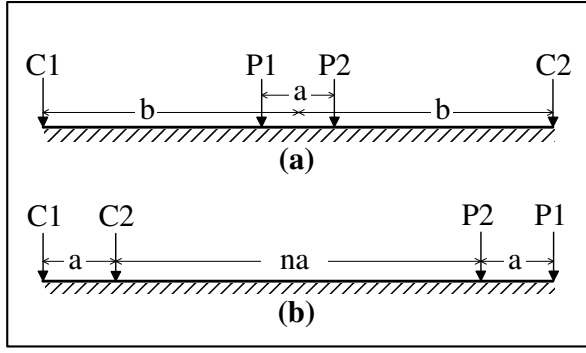
Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi ((Yalçinkaya (1989) ve Karaman (1990)'dan değiştirilmiştir)

Veri Toplama ve Değerlendirme

Çalışmada, saha öz direnç tekniklerinden DES ve birleşik-sondaj profil yöntemleri kullanılmıştır. DES ölçümleri Schlumberger dizilimi için, sabit bir nokta simetri merkezi olacak şekilde her ölçüm sonucunda bu noktanın iki tarafında elektrotların bir hat boyunca açılmasıyla uygulanır (Şekil 2a). Saha verilerinin otomatik değerlendirmesi için Zohdy yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanması ve kuramsal ilkeleri Zohdy (1989)'de verilmektedir. Tamamen otomatik ve ardışık çözüm yapan bu yöntemde, tabaka sayısı, kalınlıkları veya öz dirençleri için bir ön tahmine gereksinim yoktur. Çok-tabakalı model sonuçları, diğer değerlendirme programları için bir ön tahmin modeli oluşturmada çok faydalı bilgiler sağlamaktadır.

Bu amaçla, Zohdy tekniği ile hesaplanan yer altı modellerinden yararlanarak, IP2WIN programı için en uygun başlangıç modelleri kurulmuş ve ölçülen saha verileri değerlendirilmiştir.

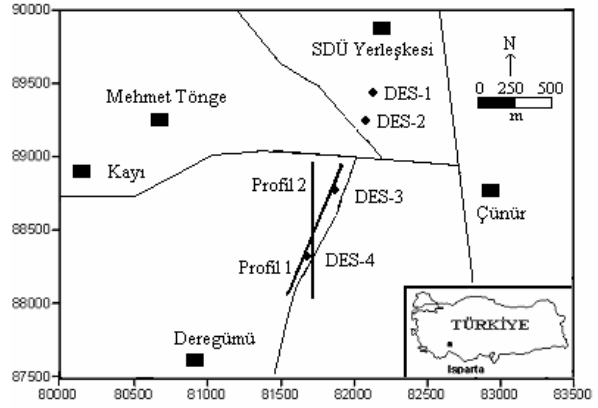
Birleşik-sondaj profil ölçümleri dipol-dipol dizilimi için, akım ve dipol çiftleri arasındaki aralığın sabit tutulup n-katsayısının 1-6 arasında artırılması ile bir profil boyunca elektrotların kaydırılmasıyla uygulanır (Şekil 2b). Bu yöntemden elde edilen andıran kesit verilerin ters çözümü yapılarak gerçek yer altı öz direnç dağılımı elde edilir. Birleşik sondaj-profil ölçümlerini değerlendirmek için IP2DI algoritması (Wannamaker, 1992) ve sonuçlarının çizimi için Surfer programı kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan saha özdirenç dizilimleri. DES ölçümleri için Schlumberger (a) ve birleşik sondaj-profil ölçümleri için dipol-dipol elektrot dizilimleri (b). C1-C2 akım elektrotları ve P1-P2 potansiyel elektrotlarıdır

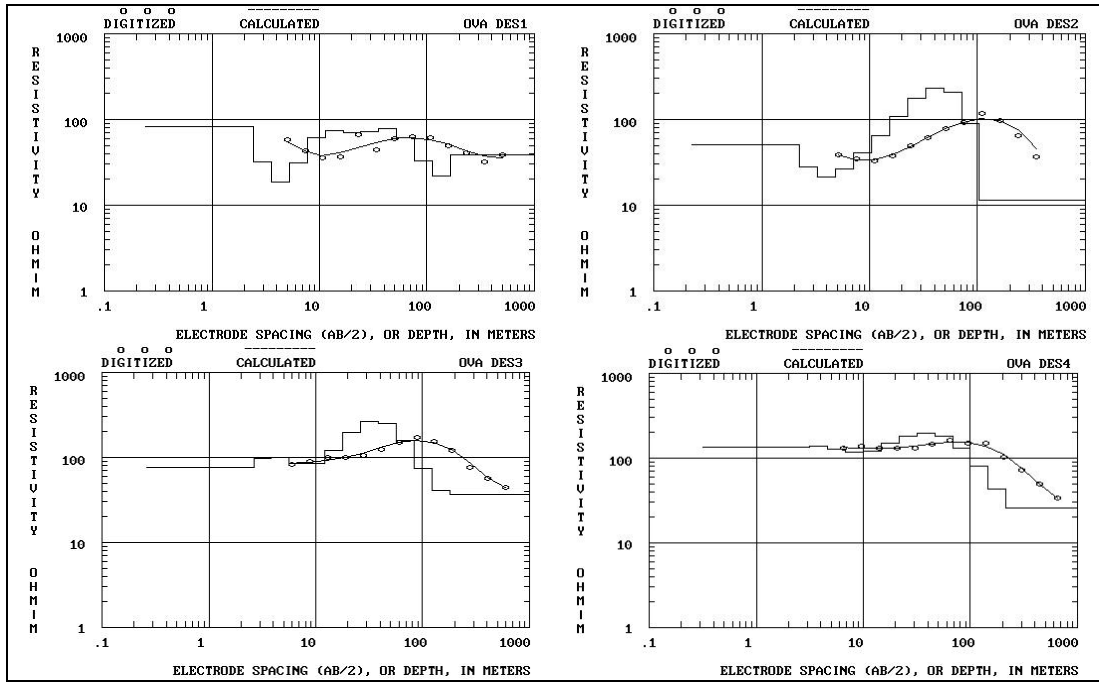
Çalışma alanında dört noktada Schlumberger ve iki profilde dipol-dipol ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3). DES verileri ilk olarak Zohdy (1989) algoritması ile değerlendirilmiştir (Şekil 4). Saha eğrileri yaklaşık benzer karakteristik özellikler gösterdikleri için, algoritmanın değerlendirmesinden hesaplanan bir-boyutlu yer modelleri de birbirine benzerdir. Genel olarak ölçüm noktaları altında, dirençli bir örtü katmanını altında daha az

dirençli bir katman, onun altında daha dirençli bir katman, altında yine daha az dirençli bir katman ve son olarak yine dirençli bir katmanın olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Saha özdirenç ölçümleri için yer bulduru haritası

Zohdy (1989) yöntemi ile değerlendirilen saha DES verileri ikinci olarak IP2WIN programıyla yeniden yorumlanmıştır. Bu amaç için çok-tabakalı model sonuçlardan ön-tahmin modelleri oluşturularak, IP2WIN programında başlangıç modelleri olarak kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 4. Schlumberger sondaj verilerinin Zohdy (1989) yöntemi ile çok tabakalı yorumu

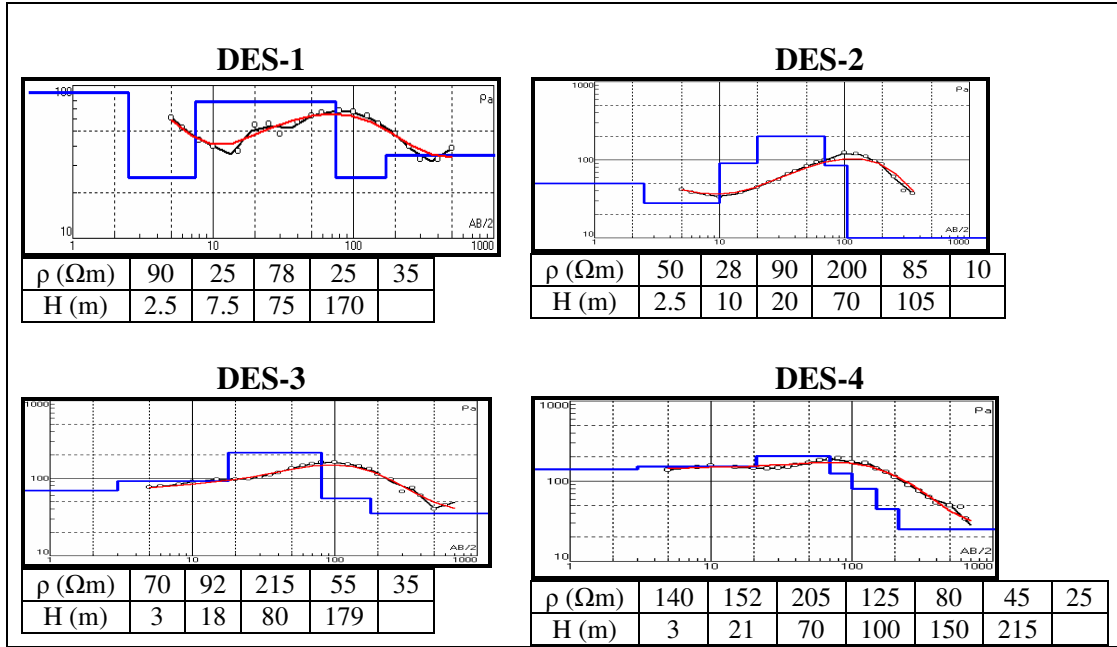
DES-1 için 5, DES-2 için 6, DES-3 için 5 ve DES-4 için 7 tabakalı yer modelleri hesaplanmıştır. Hesaplanan derinlikler, DES-1 için 170 m, DES-2 için 105 m, DES-3 için 179 m ve DES-4 için ise 215 m'dir. Ölçüm yerlerinin altında yaklaşık olarak 2.5-3 m kalınlığında bir örtü tabakası (özdirenç 50-140 Ω m aralığında) vardır. DES-1 verisine göre, 2.5 m örtü tabakası altında 7.5 m derinliğe kadar 25 Ω m özdirençine sahip bir tabaka ve onun altında ise 75 m derinliğe kadar daha dirençli (özdirenç 78 Ω m) bir tabaka vardır. Bu tabakanın altında 170 m derinliğe

kadar 25 Ω m özdirençli kalın bir tabaka ve onun altında ise 35 Ω m özdirençli bir tabaka vardır. DES-2 verisine göre, 2.5 m örtü tabakası altında 7.5 m kalınlığında düşük özdirençli (28 Ω m) bir tabaka vardır. 10-70 m derinlikleri arasında daha yüksek özdirençli (90-200 Ω m aralığında) bir tabakadan sonra 105 m derinliğe kadar daha düşük özdirenç (85 Ω m) sahip bir tabaka vardır. Bu derinlikten sonra çok düşük özdirençli (10 Ω m) bir tabaka vardır.

DES-3 verisine göre, 3 m örtü tabakası altında 80 m derinliğe kadar 92-215 Ω m aralığında daha yüksek öz dirence sahip kalın bir tabakadan sonra 179 m derinliğe kadar daha düşük öz dirence (55 Ω m) sahip bir tabaka vardır. Bu derinlikten sonra daha düşük öz dirençli (35 Ω m) bir tabaka vardır.

DES-4 verisine göre, 3 m örtü tabakası altında 70 m derinliğe kadar yüksek öz dirençli (152-205 Ω m

aralığında) bir tabakadan sonra 150 m derinliğe kadar daha düşük öz dirence (80-125 Ω m aralığında) sahip bir tabaka vardır. Bu derinlikten sonra düşük öz dirençli (45 Ω m) tabaka 215 m derinliğinden sonra da devam etmektedir.



Şekil 5. Schlumberger sondaj verilerinin IP2WIN programı ile yorumu. Başlangıç modelleri olarak çok-tabakalı model sonuçları kullanılmıştır

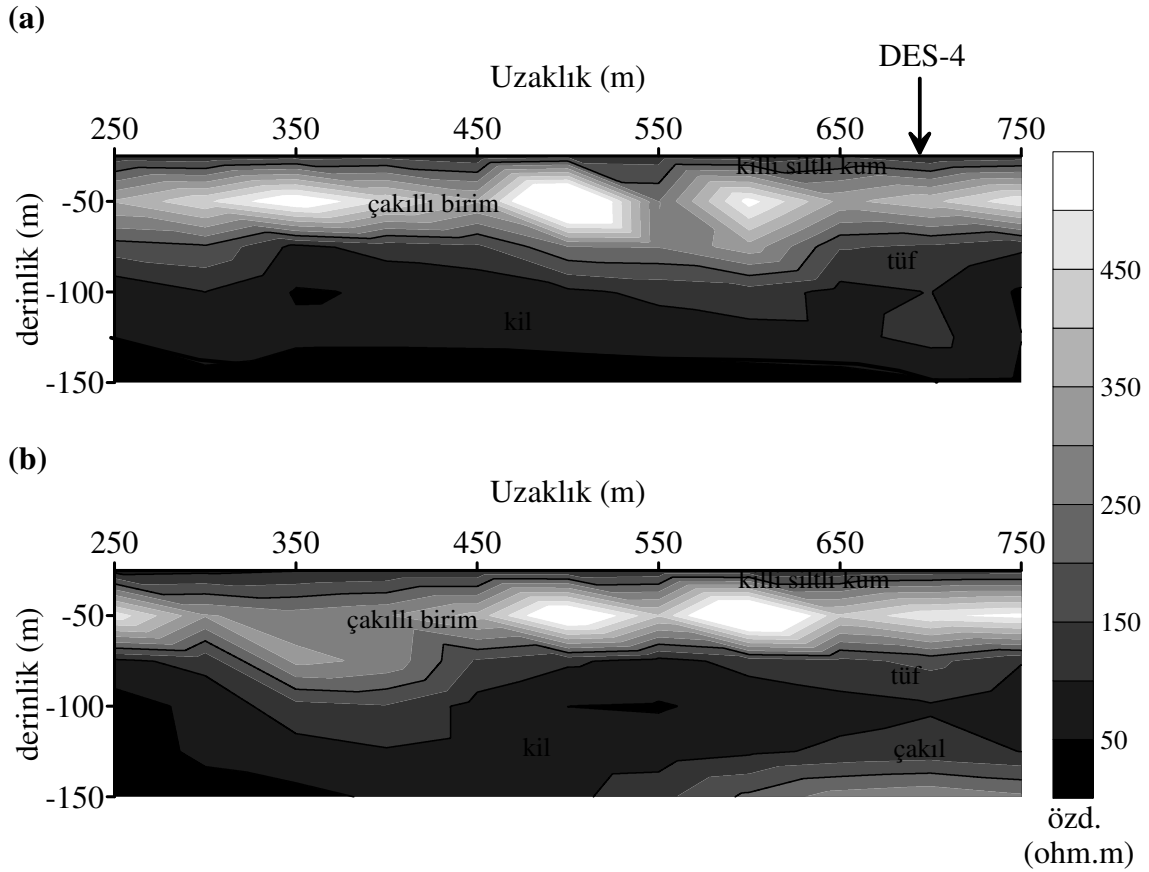
Çalışma alanında 1000 m uzunluğunda birim elektrot aralığı $a=50$ m ve $n=6$ seviyeye kadar olan iki profilde dipol-dipol birleşik sondaj-profil ölçümleri yapılmıştır. Saha verilerini değerlendirmek için IP2DI algoritması kullanılmış olup, değerlendirme sonucu hesaplanan 2-B yer öz direnç modelleri Şekil 6' da gösterilmektedir.

Profil 1 verisine göre, yaklaşık 3 m kalınlığında öz direnci 100-150 Ω m aralığında bir örtü tabakası ve onun altında ise ortalama 20 m derinliğe kadar 150-200 Ω m öz direnç aralığında daha dirençli bir tabaka vardır. Yaklaşık 75 m derinliğe kadar yüksek öz dirençli (>200 Ω m) bir tabaka ve onun altında ise, 100 m derinliğe kadar 100-150 Ω m aralığında daha düşük öz dirençli bir tabaka vardır. Kesitin solunda yaklaşık 125 m, sağında ise 150 m derinliğine kadar uzanan öz direnci 50-100 Ω m olan bir tabaka ve en altta ise 50 Ω m öz direncinden daha düşük bir tabaka vardır. DES-4 ölçüm noktası, Profil 1 üzerinde 700 m uzaklığında yer almaktadır. 2-B öz direnç kesitindeki düşey yöndeki tabaka değişimleri ile DES-4 ölçüm değerlendirme sonuçları birbirini desteklemektedir.

Profil 2 verisine göre, yaklaşık 3 m kalınlığında öz direnci 50-100 Ω m aralığında bir örtü tabakası ve onun altında

ise yaklaşık 10 m derinliğe kadar 100-150 Ω m öz direnç aralığında daha dirençli bir tabaka vardır. Yaklaşık 20 m derinliğe kadar 150-200 Ω m aralığında daha dirençli bir tabaka altında, 75 m derinliğe kadar çok yüksek öz dirençli (>200 Ω m) bir tabaka vardır. Bu derinlikten sonra profilin 400 m ve 700 m uzaklıkları altında kalın olan 100-150 Ω m öz direnç aralığında değişen ince bir tabaka vardır. Yaklaşık 75 m derinlikten sonra 50-100 Ω m öz direnç aralığında değişen bir tabaka vardır. 100 m derinliğinden sonra, kesitin sol tarafında daha düşük öz dirençli (<50 Ω m) bir tabaka, kesitin sağ tarafında ise daha yüksek öz dirençli (>100 Ω m) bir tabaka vardır.

Jeolojik bilgiler (Karaman, 1990; Yalçınkaya, 1989) ve çalışma sahasının dışında mekanik sondaj bilgileri (bu çalışmada gösterilmiyor) (Çağlayan, 1991; 1998) yardımıyla 2-B öz direnç kesitlerindeki tabakalar litolojik olarak adlandırılmıştır. 20 m derinliğe kadar killi siltli kum tabakası vardır. Onun altında yaklaşık olarak 75 m derinliğe kadar kil içeriği düşük tuf, kireçtaşı ve andezit elemanlı çakıl tabakası vardır. Onun altında yaklaşık 100 m derinliğine kadar tuf ve çakıl tabakası vardır. Bu derinlikten sonra ise az çakıllı kil tabakası vardır.



Şekil 6. Dipol-dipol birleşik sondaj-profil verilerinin değerlendirilmesi sonucu hesaplanan özdirenç kesitler. Profil 1(a) ve Profil 2 (b)

Sonuçlar

Bu çalışmada Isparta alüvyon düzlüğünün Çünür-Deregümü arası yanal ve düşey yöndeki değişimi araştırılmıştır. Schlumberger dizilimi ile dört DES ve dipol-dipol dizilimi ile iki birleşik-sondaj profil ölçümleri yapılmıştır. DES verilerini kullanarak düşey yöndeki tabakalanma belirlenmiştir. DES-1 noktası altında, 2.5 m örtü tabakası altında 7.5 m derinliğine kadar 25 Ω m özdirençine sahip bir tabaka, altında 75 m derinliğine kadar daha dirençli (özdirenç 78 Ω m) bir tabaka, altında 170 m derinliğine kadar 25 Ω m özdirençli kalın bir tabaka ve en altta ise 35 Ω m özdirençli bir tabaka vardır. DES-2 noktası altında, 2.5 m örtü tabakası altında 7.5 m kalınlığında düşük özdirençli (28 Ω m) bir tabaka, altında 70 m derinliğe kadar daha yüksek özdirençli (90-200 Ω m aralığında) bir tabaka, altında 105 m derinliğe kadar daha düşük özdirenç (85 Ω m) sahip bir tabaka ve en altta ise çok düşük özdirençli (10 Ω m) bir tabaka vardır. DES-3 noktası altında, 3 m örtü tabakası altında 80 m derinliğe kadar 92-215 Ω m aralığında yüksek özdirençli kalın bir tabaka, altında 179 m derinliğe kadar daha düşük özdirenç (55 Ω m) sahip bir tabaka ve en altta ise daha düşük özdirençli (35 Ω m) bir tabaka vardır. DES-4 noktası altında ise, 3 m örtü tabakası altında 70 m derinliğe kadar yüksek özdirençli (152-205 Ω m aralığında) bir tabaka, altında 150 m derinliğe kadar düşük özdirenç (80-125 Ω m aralığında) sahip bir tabaka ve onun altında daha düşük özdirençli (45 Ω m) bir tabaka 215 m derinliğinden sonra da devam etmektedir.

Birleşik-sondaj profil verileri ile alüvyonun yanal ve düşey yöndeki dağılımı belirlenmiştir. Her iki özdirenç kesitte, benzer tabakalanma görülmekle birlikte yanal ve düşey yönde bazı farklılıklar vardır. Profillerin kesiştiği 500 m uzaklığı altında düşey yöndeki tabakalanma yaklaşık aynıdır. Tabakaların litolojileri jeolojik veriler ve bölgede yapılmış sondaj verileri (çalışmada gösterilmiyor) ile tanımlanmıştır. Profil 1 üzerinde 700 m uzaklığında DES-4 yer almakta olup, 1-B ve 2-B yer altı modelleri birbirini desteklemektedir. Alüvyon, 20 m derinliğe kadar killi siltli kum, 75 m derinliğe kadar kil içeriği düşük tuf, kireçtaşı ve andezit elemanlı çakıl, 100 m derinliğine kadar tuf ve çakıl, en altta ise az çakıllı kil tabakalarından oluşmaktadır.

Çalışma, bu tür alüvyon sorunlarının araştırılmasında 1-B ve 2-B özdirenç yöntemlerinin birlikte kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan verilerin bir bölümü Süleyman Demirel Üniversitesi 1379-M-06 No'lu projesinden sağlanmıştır. Yazar, Süleyman Demirel Üniversitesi'ne, Dr. Züheyr KAMACI'ya, Canan CİFTÇİ'ye, ve makalenin değerlendirilmesinde değerli görüş ve önerileriyle katkı sağlayan hakemlere teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- Çağlayan, H. 1991. Isparta Merkez Çünür Su Sondajı, DSİ 18-11 Sondaj Şube Müdürlüğü, Afyon.
- Çağlayan, H. 1998. Isparta Merkez Çünür Su Sondaj Kuyu Logu, DSİ 18-11 Sondaj Şube Müdürlüğü, Afyon.
- Dahlin, T. 1996. 2D Resistivity Surveying for Environmental and Engineering Applications, First Break, 14, 275-284.
- Griffiths, D.H., Barker, R.D. 1993. Two-Dimensional Resistivity Imaging and Modelling in Areas of Complex Geology, Journal of Applied Geophysics, 29, 211-226.
- IP2WIN, 2001. User's Guide, <http://www.geol.msu.ru/deps/geophys/index.htm> (Erişim Tarihi: 10.07.2009).
- Karagüzel, R., Irlayıcı, A. 1998. Groundwater Pollution in the Isparta Plain, Turkey, Environmental Geology, 34, 4, 303-308.
- Karaman, M.E. 1990. Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 33, 57-67.
- Karlık, G., Kaya, M.A. 2001. Investigation of Groundwater Contamination Using Electric and Electromagnetic Methods at An Open Waste-Disposal Site: A Case Study from Isparta, Turkey, Environmental Geology, 40, 6, 725-731.
- Seaton, W.J., Burbey, T.J. 2002. Evaluation of Two-Dimensional Resistivity Methods in A Fractured Crystalline-Rock Terrane, Journal of Applied Geophysics, 51, 21-41.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. 1990. Applied Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press, 770 s.
- Wannamaker, P.E. 1992. IP2DI Finite Element Program for Dipole-Dipole Resistivity/IP Forward Modeling and Parameterized Inversion of Two-Dimensional Earth Resistivity Structure, User Documentation, University of Utah, Salt Lake City, 52 s.
- Ward, S.H. 1990. Resistivity and Induced Polarization Methods, in Wards, S.H. (Ed.), Investigation in Geophysics, No. 5, Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. 1, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 147-189.
- Yalçınkaya, S. 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) Dolaylarının Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Zohdy, A.A.R. 1989. A New Method for the Automatic Interpretation of Schlumberger and Wenner Sounding Curves, Geophysics, 54, 2, 245-253.