

ZEMİNDE SU İÇERİĞİNİN ELEKTRİKSEL DİRENÇ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ: ATIK SU HAVUZ ÖRNEĞİ

Arif Emre DURSUN, Kemal DOĞAN, Mehmet Kemal GÖKAY
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, KONYA

ÖZET: Elektriksel zemin direnci ölçüm yöntemleri farklı mühendislik dallarında ihtiyaç hissedilen bilgilerin bir kısmının sağlanması için çözümler üretmektedirler. Bu araştırma çalışmasında, bitirilmeden terk edilmiş küçük boyutlu bir atık su havuzunun, bent önü tabanındaki kayaların su içerikleri araştırılmıştır. İlgili taban taşındaki su yayılımı incelenerek, su içeriğinin havuz taban lokasyonundan ne kadar uzağa sızabildiği belirlenmiştir. Bu araştırmanın sağlayacağı pratik kazanımların madencilik alanında kullanım seviyesi konusunda yorum yapılabilmesi için işlemin maden sahalarında görülebilecek problemlere benzerlikleri araştırılmıştır. Maden galerilerinden akan veya yan kayalardan maden galerilerine yönelen yeraltı sularının galeri yan kayaları içindeki yayılımlarının benzerlik beklentileri yorumlanmıştır. Elektriksel yerdirenci ölçümlerinin madencilik çalışmalarına yapacağı katkılar bu araştırmadan elde edilen bilgilerle değerlendirilmiştir. Bu çalışma sırasında uygulanan arazi ölçümlerinde Kombine Pole-dipole, Pole-pole, Pole-dipole olmak üzere üç farklı elektrot dizilimi kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen elektriksel zemin direnci ölçüm sonuçları RES2DINV yazılımıyla grafiklendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik zemin direnci ölçümü, taban kayaç su içeriği, maden yan kayalarında su dağılımı.

Analysis of the Water Content with Electrical Resistivity Methods: Waste Water Dam Case

ABSTRACT: Electrical earth resistivity measurement methods produce suitable solutions for different problems in engineering. In this study the water content of the base rocks of abandoned waste water (small scale) dam in Selcuk University campus was researched. Water localization in the base rocks, its distribution in vertical and lateral directions were analyzed through electrical resistivity measurements. Similarities between this field tests and mining applications were also researched and several field implications were found in this industry branch as well. Country rocks around mine galleries, tunnels, open pit slopes and benches are all application site for electrical resistivity methods to control the rock masses beyond the visible part of them. Water content, discontinuity localizations, fault lines, disturbed zones, stressed zone around the pillars and galleries are all potential application sites for this methods. Measurements performed in this research are mostly similar to the application of electrical resistivity test to mining sites. In this study, earth resistivity of base rocks of waste water dam has been measured by earth resistivity equipment. Three different lines of electrodes have been used in the measurements (Combine Pole-dipole, Pole-pole, Pole-dipole). The test results then analyzed by using RES2DINV earth resistivity modeling software.

Keywords: Electrical earth resistance, water content of base rock, water in mine's country rocks.

GİRİŞ

Kayaç ve minerallerin elektrik öz direnc ölçümleri; birçok mekanik kayaç özelliğinden farklı olarak birbirinden çok farklı değerler

gösterebilmektedir. Yeryüzünün farklı lokasyon ve derinliğindeki belirli bir kayaç türü, su içeriğine ve ortam sıcaklığına bağlı olarak çok farklı elektriksel öz direnc değerleri verebilmektedir. Elektrik öz direnc ölçüm

yöntemlerinde, elektriksel akımın etkin bir şekilde nüfuz edebileceği derinlik; ölçüm elektrotları arasındaki uzaklığa, yeraltındaki tabakaların kalınlığına veya yeraltı cisimlerinin şekillerine, büyüklüklerine ve öz dirençlerine bağlıdır (Dahlin, 2001).

Kiremitçioğlu (1994), yeraltı suyu araştırmalarında satıh, yüzey, rezistivite yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmada; yeraltı suyu kullanılarak sulanması planlanan Muğla-Milas ovasında jeolojik, hidrojeolojik ve su kimyası ile ilgili problemlerin çözümünde satıh-rezistivite ve sismik-kırılma yöntemlerini kullanarak elde edilen sonuçlar, eş rezistivite haritaları ve kesitler halinde değerlendirmiştir. Sonuç olarak elektriksel öz direnç yöntemiyle bölgedeki tuzluluk oranı, tabakalar ve yeraltı suyunun akış istikameti araştırılmıştır.

Boybeyi (1994), tünel güzergâhlarında elektriksel öz direnç ölçüm yöntemiyle yeraltında bulunan kayaç yapısının çıkarılması (incelenmesi) üzerinde bir araştırma yapmıştır. Fırat nehri üzerinde kurulan Atatürk barajı civarında önemli bir doğal yapı olan Bozova fayı ve civarı hakkında ölçümler yapan araştırmacı, özellikle inceleme sahası içinden geçirilmesi düşünülen su tüneli için elektrik öz direnç yöntemiyle yeraltı kayaç yapısı hakkında bilgiler toplamıştır.

Kruschwitz&Yaramancı (2004), İsviçre'nin Basel kentinde açılan bir tünel inşası sırasında elektriksel direnç yöntemini kullanarak tünelde meydana gelen yapısal bozuklukların zamanla değişimi hakkında bilgiler edinmişlerdir. Bu çalışmada tünel içerisine yerleştirilen elektrot düzenekleriyle elektriksel direnç ölçümleri yapılmış ve tünelde mevcut zayıflık noktaları tespit edilmiştir. Yeraltında açılan tünel ve maden galerileri etrafında yapılacak yerdirenci ölçümlerinin farklı yapısal bozuklukları ortaya çıkarabileceği bu araştırmayla bir kez daha vurgulanmıştır.

Benzer birçok araştırma çalışmasında yerdirenci ölçümleri yeraltındaki yapıların hasarsız yöntemlerle ve uzaktan ekonomik olarak araştırılması için kullanılmıştır. Yerdirenci ölçümleriyle ilgili araştırmaların birçoğunda yeraltı su seviyesinin tespitine çalışılırken, birçok araştırmacı da bazı dış etkilerin yeraltı suyunu nasıl kirlettikleri

üzerinde çalışmıştır. Maden yataklarını araştıran mühendisler ve araştırmacılar ise aradıkları kayaç türlerinin ve maden cevheri damarlarının yeraltındaki yayılımını incelemiştir.

Bu çalışmada, S.Ü. kampüsü içindeki terk edilmiş bendin ön tarafındaki sel yatağı sedimanları içerisindeki su yayılımı incelenmiştir. Bu bend'in tabanından su sızdırarak olumsuzluklar yaratması göz önüne alınarak, bent önündeki zeminin altındaki kayaç formasyonlarının belirlenmesi yapılmıştır. Bu formasyonlar içindeki su içeriği ve yayılımı incelenerek, farklı maden sahalarında kurulan atık su barajları için ne gibi tedbirlerin alınabileceği analiz edilmiştir.

Elektriksel yerdirenci ölçüm yöntemleri maden, mineral, jeotermal enerji kaynağı ve petrol aramaları ile hidrojeoloji ve mühendislik projesi problemlerinin çözümünde kullanıldığından, bu ölçümlerin etkinliği araştırılmış, açık ocak ve yeraltı maden ocaklarındaki pratik uygulamalar için nasıl çalışmalar yapılabileceği irdelenmiştir. Bu çalışmanın gölet taban kayaçlarının incelenmesi yönünden, kayaçların su içerme özelliklerini anlamaya yönelik katkısı ayrıca değerlendirilmiştir. Çalışma öncesi belirlenen bu hedeflere ulaşmak amacıyla terk edilen su biriktirme havuzunun ön kısmında, sel yatağı boyunca (sel yatağı civarı dahil) 11 çizgisel hatta ve bu hatlara dik olarak (sel yatağına dik olarak) 6 çizgisel hatta toplam 17 hat boyunca elektriksel yerdirenci ölçümleri yapılmıştır. İncelenen her bir çizgisel hat 35 metre uzunluğundadır. Bu hatlar ard arda gelecek şekilde konumlandırılan 3 sıradan oluşmuştur. Böylece seçilen hatlar boyunca incelenen toplam uzunluk 105 metre olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1 ve 2).

ARAZİ ÖLÇÜMLERİ

Bu çalışmada elektriksel yerdirenci ölçümleri, Selçuk Üniversitesi, Alâeddin Keykubat kampüsünün Kuzey-Batı sınırına yakın bölümünde bulunan terk edilmiş atık su havuzunun ön tarafındaki sel yatağında uygulanmıştır (Şekil 1). Uygulama sahası, Selçuk Üniversitesi kampüs sahasına doğru

akışı olan bir sel yatağını içermektedir. Kış ve erken bahar aylarında, kampus arkasındaki dağlardan beslenerek gelen çok az bir su akışı kampüs içine doğru bu ve benzeri diğer sel yataklarından ulaşmaktadır. Bu sel yatağı 2005 yılında, kampüse yakın kısmında önüne yapılan toprak set ile havuz durumuna getirilmiştir. Bu gölet projesi, Selçuk Üniversitesi kampüsünün kanalizasyon sularının arıtılarak, atık suların kazanılmasına ve bu suların ağaçlandırmada kullanılmasına yönelik olarak yapılmıştır. Bu proje çalışması, atık suların kazanılmasından sonra hazırlanan havuzda biriktirilmesi şeklinde başlamıştır. Fakat daha sonra su tutulması planlanan gölet zemininin su sızdırması, sızan suların sel yatağının alt bölümlerinde inşa edilen fakülte binalarına zarar vermesi sonucu, havuz boşaltılmış ve ilgili gölet projesi terk edilmiştir. Yaklaşık iki yıldır atık su

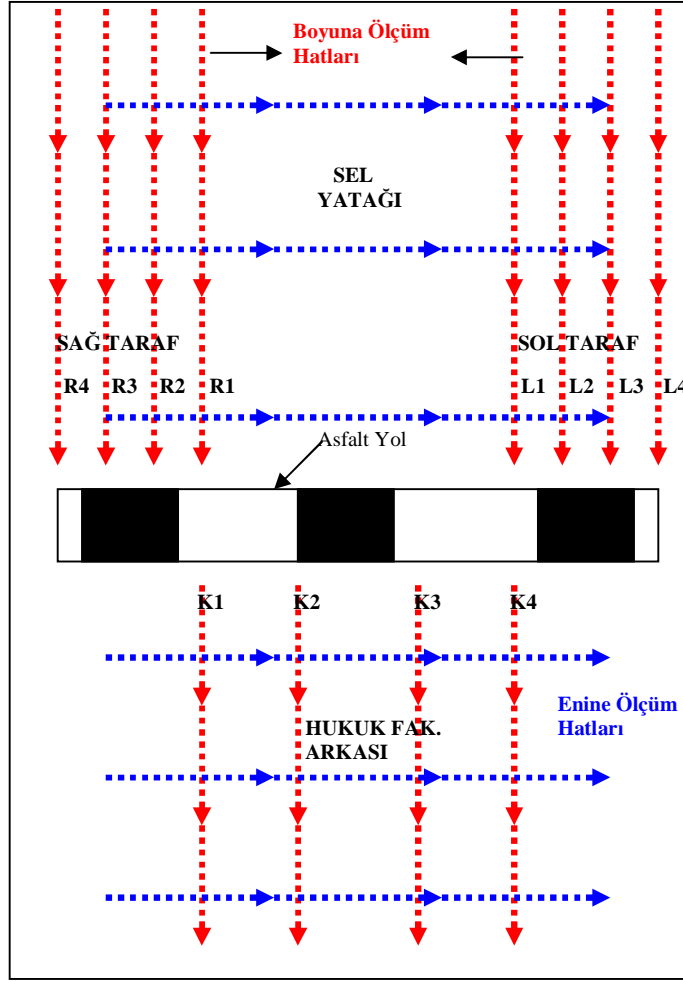
tutulmayan bu lokasyonda sel yatağı sedimanları içinden sızan suların havuz ön kısmındaki taban kayaları içinde nasıl bir nemlilik yayılımı gösterdiği araştırılmıştır.

Elektriksel direnç ölçümü yapmak için seçilen çalışma alanı öncelikle 4 ana bölüme ayrılmıştır. Çalışma alanının bölümlere ayırmanın en önemli nedeni, ölçümlerin değerlendirilmesi sırasında atık su havuzu lokasyonuna göre yorumların yapılabilmesini sağlamaktır. Ölçüm yapılan bölümler Şekil 1'de gösterildiği gibi sel yatağı akış yönüne göre isimlendirilmiştir. Bu bölümler; sel yatağının tabanı (SYT), sel yatağının akış yönüne göre sağ tarafı (SSĞ), sel yatağının sol tarafı (SSL) ve sel yatağını dik kesen asfalt yolun karşı tarafı (Hukuk Fakültesi arka bölümü, HFA) olarak isimlendirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Selçuk Üniversitesi kampüs atık su havuzunun Google-Earth programından alınan uydu görüntüleri.

Figure 1. Satellite pictures (Google-Earth Programme) of NW of Selcuk University Campus and abandoned waste water dam.



Şekil 2. Ölçüm için seçilen lokasyonda, tasarımı yapılan elektriksel yerdirenci ölçüm hatları.
Figure 2. Electrical earth resistance measuring lines for selected field area.

Çalışma sahasında yapılan arazi ölçümleri 2006 Aralık ve 2007 Nisan aylarında 15'er gün olmak üzere toplam 30 günde tamamlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında günde ortalama 3 çizgisel hat ölçümü yapılmıştır. Seçilen bölümlerde sel yatağına paralel yerleştirilen ölçüm hatlarıyla, yerdirençleri yüzeyden en fazla 35 metre derinliğe kadar algılanmıştır.

Benzer ölçümler maden sahalarındaki atık su barajlarının etrafında da gerçekleştirilebilir. Madenlerden çıkan sular genellikle kolaylığından dolayı eğer civarda varsa, kuru sel yataklarının önünün toprak veya beton setlerle kapanması sonucu oluşturulan havuzlarda toplanmaktadır. Bu şekilde çalışma yapılan su sızıntısı algılama ölçümleri, benzer şekilde maden sahalarında da

yapılabilir. Maden atık su toplama havuzlarından sızan suların yayılımı için elektriksel yerdirenci ölçümlerinin uygulanabilirliği bu çalışmayla önem kazanmıştır.

Elektriksel yerdirenci ölçme düzeneğiyle arazi ölçümlerine başlamadan önce, çalışma alanında bulunan kayaç mostraları, nemli bölgeler, dolgulu veya doğal olmayan başka bir şekilde yüzey morfolojisi değiştirilmiş bölgeler elde edilen haritalar üzerine işaretlenmiştir. Bu aşamadan sonra çalışma alanında yapılacak elektriksel ölçüm hatlarının yerleri planlanmıştır (Şekil 2). Ölçüm hatlarının düzenlenmesi sırasında yeraltında su yayılmasının en iyi temsil edilebileceği boyutlandırmalar dikkate alınmıştır. Arazide

elektriksel yerdirenci ölçümü uygulanırken sel yatağı temel eksen alınarak ölçüm hatları (çizgileri) oluşturulmuştur. Çalışma sahasında ölçüm hatları sel akış yönüne göre enine hatlar ve boyuna hatlar olarak bölümlere ayrılmış ve ölçümler bu hatlar doğrultusunda yapılmıştır. Şekil 2’de verilen kroki ölçüm hatlarının çalışma arazisine uygulamasını göstermektedir. Her bir ölçüm hattı, çalışma sahasının büyüklüğü ve elektriksel yerdirenci ölçüm kablusunun uzunluğu (35 metre) göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Boyuna hatlarda birbiri devamında 3 defa yere serilen ölçüm kablosu, toplam 105 metre uzunluğunda bir çizgisel ölçüm hattı oluşturmuştur. Enine hatların uzunluğu ise sel yatağının genişliğinin sınırlı olmasından dolayı, sel yatağı içinde 35 metre olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Ayrıca sel yatağının sağ ve sol yamaçlarında (kenarında) da, hatların uzunluğu 35 metre olarak uygulanmıştır. Her yerdirenci ölçümü için, ölçüm sisteminin ilgili lokasyona yerleştirilmesi ve ölçüme başlanılacak duruma getirilmesi (arazi şartlarına bağlı olmakla beraber) yaklaşık 20–30 dakika sürmüştür.

Yerdirenci ölçüm ekipmanı, ölçüm hattı boyunca dizilen elektrotların ikisinden kayalara elektrik akımı verirken, diğer ikili elektrotlardan kayaç içinde oluşan elektriksel potansiyel alanının farklı lokasyonlardaki şiddeti okunmaktadır. Bu ölçüm sistemi jeofizikte detayıyla anlatılmış (Drahor, vd., 2004) ve elektriksel yerdirenci ölçüm sitemlerinde kullanılan farklı yöntemler uygulamalarıyla birlikte aktarılmıştır

Yerdirenci ölçüm süresi, seçilen yerdirenci ölçüm yöntemine göre değişmektedir. Örneğin 35 metrelik bir ölçüm hattı için, ilgili ekipmanın yapabildiği “Kombine Pole-Dipole” yönteminde bu süre 40 dakika civarında olurken, bu süre “Pole-Pole” yönteminde 30 dakika, “Wenner-Alfa” yönteminde 10 dakika sürmektedir. Bu süre farkının nedeni, ölçüm ekipmanının farklı yöntemlerde farklı sayıda yerdirenci okuması yapmasıdır. Sonuç olarak ne kadar fazla okuma yapılırsa, yerdirenci ölçümü o kadar fazla sürmektedir.

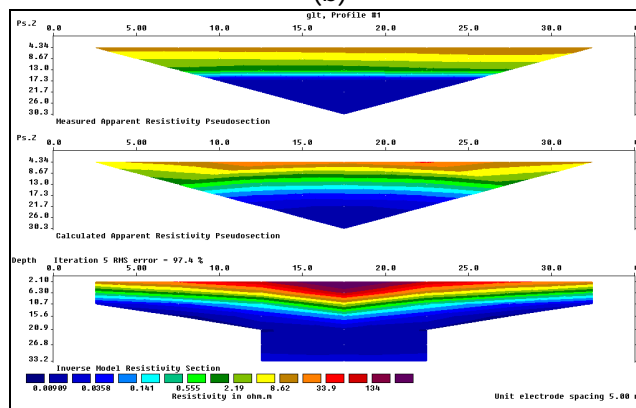
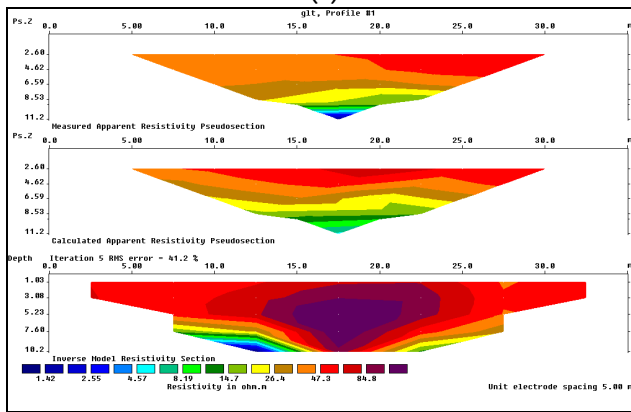
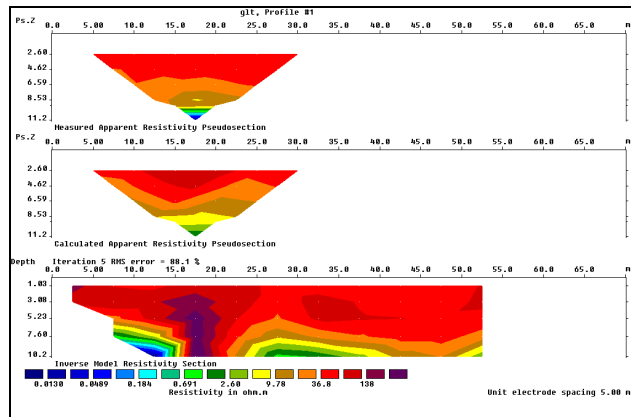
ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada elektriksel yerdirenci ölçümleri, “Pole-Pole”, “Pole-Dipole” ve “Kombine Pole-Dipole” olmak üzere 3 farklı elektriksel yerdirenci algılama yöntemi ile yapılmıştır. Araziden elde edilen yerdirenci değerleri, her ölçüm hattı için farklı isimde ölçüm cihazının hafızasına kaydedildiği için, bu değerlerin anında bilgisayar ortamına aktarılması gerekmemektedir. Ölçüm cihazının hafıza kapasitesi dolduğunda veya bir ölçüm günü sonunda arazi verilerinin yedeklenmesi ve saklanması amacıyla bilgisayara aktarımı yapılmaktadır. Veriler iki farklı manyetik ortamda (bilgisayar sabit diski ve CD diskler) saklanarak bilgi saklama güvenliği sağlanmıştır. Seçilen ölçüm hatlarında yapılan yerdirenci ölçümlerinden elde edilen verilerin grafik haline dönüştürülmesi, bu değerlerin “pseudo modellerinin” hazırlanması işlemi farklı yollardan yapılabilmektedir. Bu çalışmada, yerdirenci ölçüm ekipmanından elde edilen değerler RES2DINV yazılım programı kullanılarak “pseudo-modellere” dönüştürülmüştür. Bu program her ölçüm verisi için alt alta 3 farklı elektriksel direnç dağılım grafiği hazırlamaktadır. Bu grafiklerin en üstteki ölçülmüş verilerin ham grafiği, ortadaki ilgili veriler kullanılarak oluşturulan ilk hesaplanmış yerdirenci dağılım grafiğini ve en alttaki dağılım grafiği de “ters işlem pseudo modellemesini” göstermektedir. Bu çalışma sırasında, ilgilenilen ölçüm bölgesinde toplam 141 adet yerdirenci dağılım grafiği elde edilmiştir. Bu grafiklerin ayrı ayrı değerlendirilmesi yapılarak sel yatağı, ölçüm bölgesinde 30 metre derinliğe kadar incelenmiştir (Dursun, 2007).

a) Sel yatağı sağ tarafı: Sel yatağının sağ tarafında yapılan yerdirenci ölçümlerinden elde edilen elektriksel direnç dağılım grafiklerinden 3 tanesi Şekil 3’de verilmiştir. Bu grafikler, sel yatağına 5 metre uzaklıkta bulunan R1 ölçüm hattında (Şekil 2) yapılan ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Aynı lokasyonda yapılan farklı ölçüm yöntemlerinin sonuçları Şekil 3’de topluca sunulmuştur. Bu

şekilde, Pole-Pole, Pole-Dipole ve Kombine Pole-Dipole yöntemlerine göre ölçülen sonuçlarda, yerdirenci dağılım grafiklerinin biraz farklılaştığı gözden kaçmamıştır. Bu farklılaşmaya rağmen her üç grafikte de yüksek dirençli bölgelerin aynı pozisyonda (derinlik ve ölçüm hattının başlangıcına göre uzaklık) olması önemlidir. Seçilen yerdirenci ölçüm dizilimlerinden (yöntemlerinden), Kombine Pole-Dipole yöntemi, ölçüm yapılan hattın altında kalan kayaların direnç dağılımlarını en detaylı verebilen bir yöntemdir. Bu yöntem Pole-Dipole yönteminde

elde edilebilen derinliklerin yerdirenci dağılım modelini sunmaktadır (Şekil 3a ve 3b). Her iki yöntem de ilgilenilen hattın 11,2 metre derinliğine kadar yerdirenci grafiği sunmuşlardır. Şekil 3c'de verilen Pole-Pole yöntemi sonucu ise, aynı ölçüm hattının 33,2 metre derinliğine kadar yerdirenci dağılım grafiğini vermiştir. Pole-Pole yönteminden elde edilen direnç dağılım grafiğinin daha az hassas olduğu gözden kaçmamalıdır. Bu yöntemde derinlik ön plana çıkarken direnç dağılımındaki ayrıntılar gösterilememektedir.



(c)

Şekil 3. Sel yatağı sağ tarafı boyunca, R1 ölçüm hattından elde edilen direnç dağılımları; a)Kombine Pole-Dipole dizilimi, b) Pole-Dipole dizilimi, c) Pole-Pole dizilimi sonuçları

Figure 3. Ground resistance dispersions obtained from R1 measurement line at the right side of the flood bed; a) Combine Pole-Dipole method, b) Pole-dipole method, c) Pole-pole method results

Yerdirenci değişimindeki ayrıntılar en fazla Kombine Pole-Dipole ölçüm yönteminde gösterilebilmektedir. Şekil 3'de verilen direnç dağılım grafiği örnekleri; sel yatağı sağ tarafında bulunan R1 ölçüm hattının başlangıcına göre 15. metresi ile 20. metresi arasında, yerdirenci göreceli olarak daha yüksek bir bölgenin olduğuna işaret etmektedir. Bu zonun direnci 80-150 ohm.m civarındadır ve diğer lokasyonlara göre farklı bir kayaç yapısını belirtmektedir. Şekil 3 incelendiğinde yaklaşık 18 metreden daha derin olan lokasyonlarda yerdirencinin düştüğü (150 ohm.m civarından 0,01 ohm.m civarına) görülmektedir. Bu direnç düşüşünün nedeni, ilgili derinlikte bulunan suyun varlığı olarak yorumlanmıştır (Dursun, 2007).

b) Sel yatağı sol tarafı: Şekil 4'de sel yatağının sol tarafından elde edilen yerdirenci dağılım eğrilerinden örnek olarak seçilen 3 tanesi görülmektedir. Şekil 2'den de anlaşılacağı gibi sel yatağının sol tarafından elde edilen kesit görüntüleri diğer tarafa göre farklıdır. Şekil 4'de sunulan grafikler de, sel yatağından 5 metre uzaklıktaki hat boyunca (L1 ölçüm hattı, Şekil 2) yapılan ölçümlerden elde edilmiştir. Şekil 4a ve 4b; L1 hattının altında yüzeyden 10,2 metre derinliğe kadar 70-175 ohm.m dirence sahip birimlerin varlığını göstermektedir. Yüzeyden başlayarak yaklaşık ilk 4 metre derinlikte göreceli olarak daha dirençli birimlerin olduğu görülmektedir. Bu bölgede yapılan gözlemlerde ilgili lokasyonda su içeriği çok az (nispeten kuru), sel yatağı çökellerinin varlığı tespit edilmiştir. Aynı lokasyondan elde edilen ters modellemelerde yaklaşık 15-30 metre derinlik arasında yerdirencinin göreceli olarak azaldığı izlenmiştir. Bu direnç farklılaşmasının nedeni suyun varlığı olarak yorumlanmıştır.

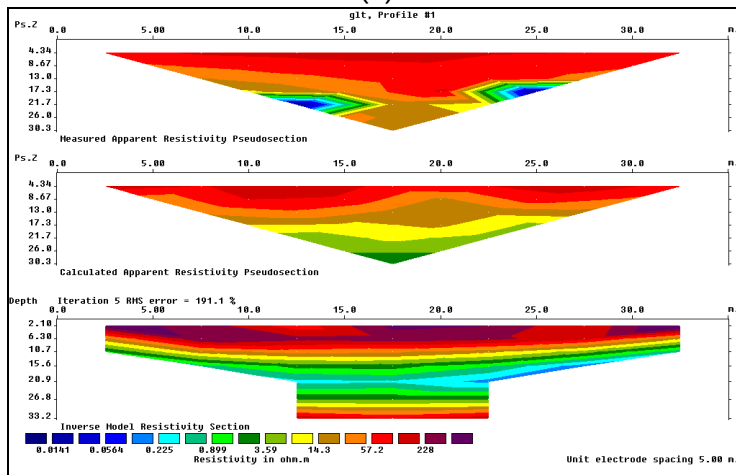
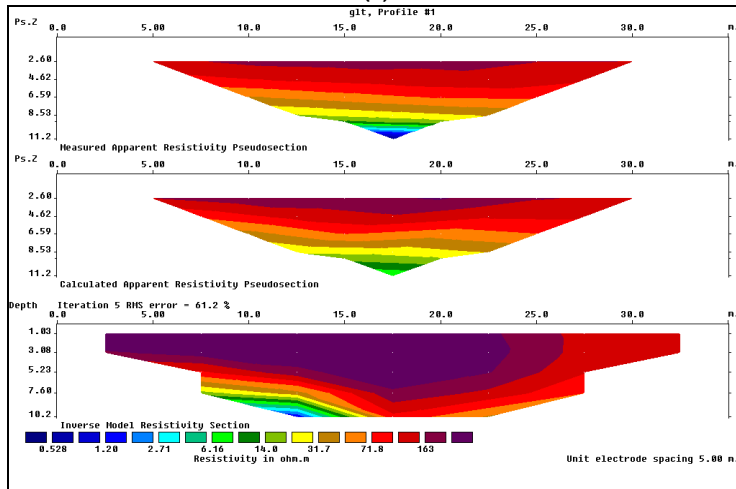
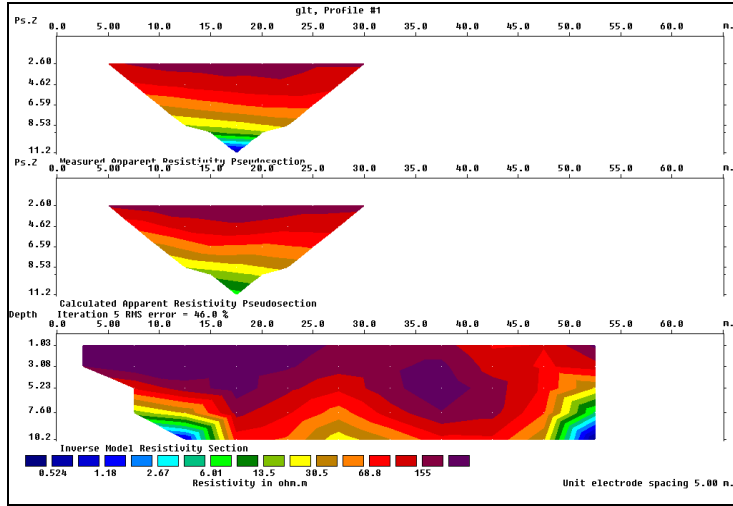
c) Sel yatağı: Ölçüm yapılan sel yatağı içinde, terk edilen atık su havuzu ön tarafında enine

serilen elektrotlardan elde edilen yerdirenci değişim kesitleri Şekil 5'de verilmektedir. Bu derinlemesine elektriksel direnç değişim kesitlerinden de anlaşılacağı üzere, kış aylarında sel yatağı içinden geçmeye çalışan suyun varlığı, sel yatağı tabanına suyun yayılmasını ve sızmasını sağlamıştır. 2007 Nisan ayında yapılan ölçümlerin sonucunu gösteren Şekil 5, sel yatağı altındaki su içeren bölgelere göreceli olarak düşük yerdirenci değerleriyle işaret etmektedir. Bu şekilde de anlaşıldığı gibi, sel yatağı tabanındaki nemlilik, sel akış merkezine (yatağına) yakın yerlerin altında lokalize olmaktadır. Yatağın kenarlarına doğru nemliliğin azaldığı, çökellerin kendi dirençlerinin ön plana çıkmaya başlamasıyla (daha yüksek dirençlerin ölçülmesiyle) anlaşılmaktadır. Sel yatağının yüzeyinde bulunan çökellerden elde edilen yerdirencilerinin yüksek olması (Şekil 5a), düşük dirençli bölgelerin yüzeyden yaklaşık 5-7 metre derinlikte, farklı lokalizasyon bölgeleri vermesi sel yatağı tabanında suyun dağıldığını göstermektedir. Bunun yanında Şekil 5c, 25 metre derinlikten sonra su geçişinin bütün hat tabanına yayıldığını göstermektedir.

d) Hukuk Fakültesi arkası: Bu çalışmada yerdirenci ölçümlerinin yapıldığı alanın doğu tarafı S.Ü. Kampüs içi çevre yoluyla sınırlanmaktadır (Şekil 1). Kampüs içi çevre yolun doğu tarafı S.Ü. hukuk Fakültesi binasının arka tarafını oluşturan ağaçlandırma sahasını oluşturmaktadır. Bu alanda yapılan enine ve boyuna yerdirenci ölçümlerinde yüzeyde gözlenen kireçtaşı mostralalarının derinlikteki uzanımları gözlenmiştir (Şekil 6). Yüksek dirençli kayalar (kireçtaşı) ölçüm sahasının yaklaşık 10 metre derinliğine kadar devam etmektedir. Hukuk Fakültesi binası arka tarafında yüzeyden yaklaşık 16 metre derinlikten sonra düşük dirençli zonlar yer almaktadır. Bu lokasyonlardaki yerdirenci

değerleri kontrol edildiğinde düşük direnç değerlerinin taban suyunu gösterdiği görülmüştür. Bu değerlendirmeye neden olan düşük yerdirencinin nedeni sel yatağının üst bölgelerinden buraya sızan sular olduğu düşünülmektedir. Bu ölçüm sahasında farklı seviye ve lokasyonlarda gözlenen yüksek yer

dirençlerinin nedeni de, buralarda mevcut bulunan değişik özellikteki (farklı bozunum özelliği içeren) kireçtaşları ve sel yatağı çökelleridir.

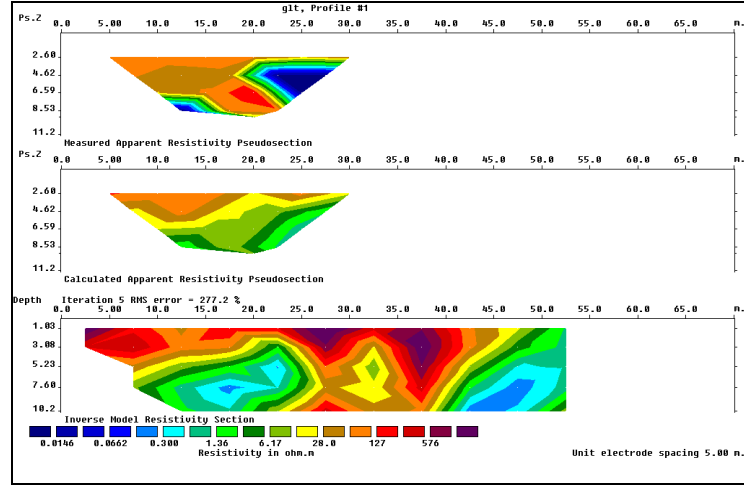


(c)

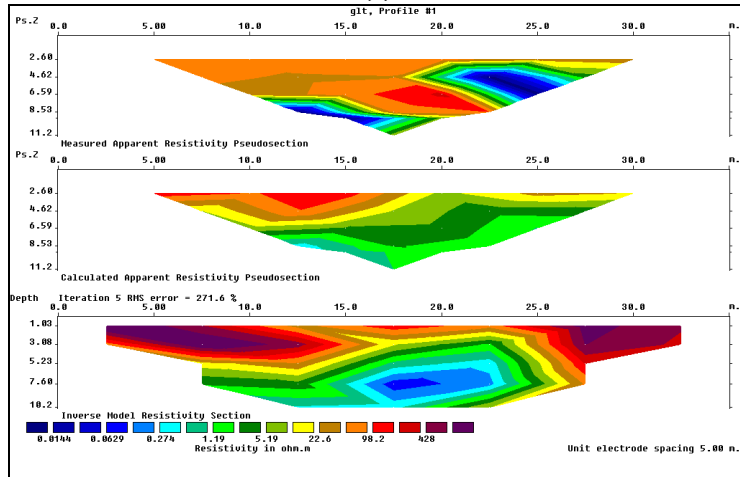
Şekil 4. Sel yatağının sol tarafı boyunca, L1 ölçüm hattından elde edilen direnç dağılımları;

a) Kombine Pole-Dipole dizilimi, b) Pole-Dipole dizilimi, c) Pole-Pole dizilimi sonuçları.

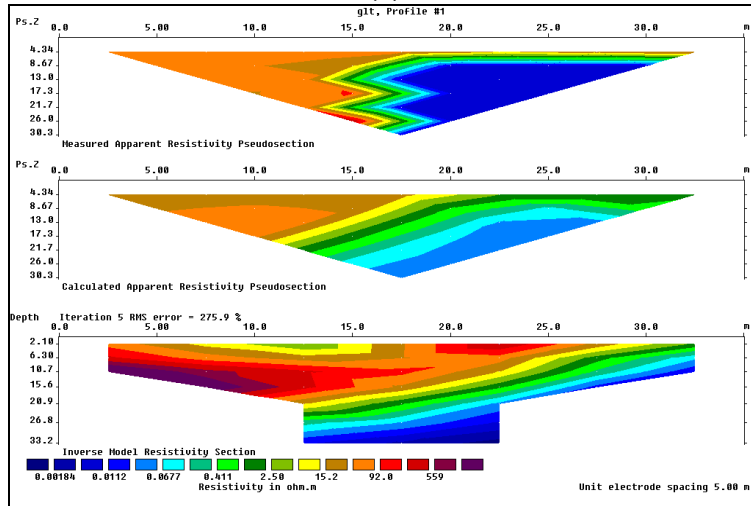
Figure 4. Ground resistance dispersions obtained from L1 measurement line at the left side of the flood bed; a) Combine Pole-Dipole method, b) Pole-dipole method, c) Pole-pole method results.



(a)



(b)



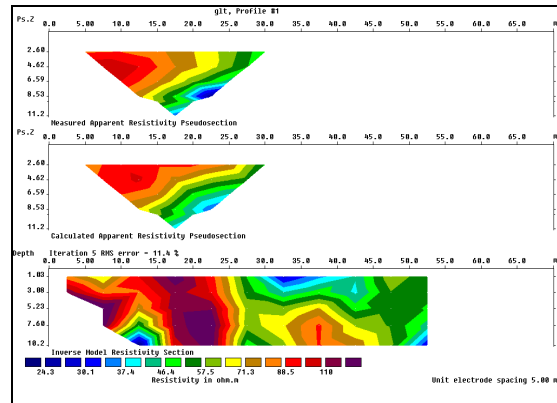
(c)

Şekil 5. Atıksu havuzu ön tarafında sel yatağı içinde, enine serilen elektrotlardan elde edilen direnç dağılımları; a) Kombine Pole-Dipole dizilimi, b) Pole-Dipole dizilimi, c) Pole-Pole elektrot dizilimi sonuçları.

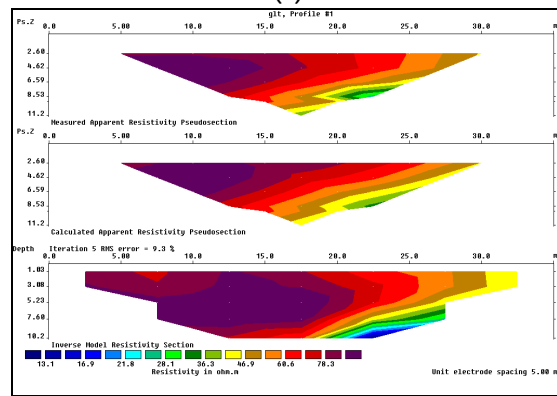
Figure 5. Ground resistance dispersions obtained from the transversal outspread electrode lines in front of the waste water dam in the flood bed a) Combine Pole-Dipole method, b) Pole-dipole method, c) Pole-pole method results.

Şekil 6'da boyuna serilen elektrotlardan elde edilen direnç değişim kesitleri gösterilmiştir. Şekil 6c'de verilen Pole-Pole yerdirenci dağılım grafikleri incelenirse, Hukuk Fakültesi binası arkasındaki sahanın yaklaşık 33 metre derinliğe kadar incelendiği görülecektir. Elde edilen yerdirenci grafikleri; yaklaşık 20 metre derinlikten sonra, yerdirencinin 300-1400 ohm.m seviyelerinden 0,00001 ohm.m seviyelerine kadar düştüğünü

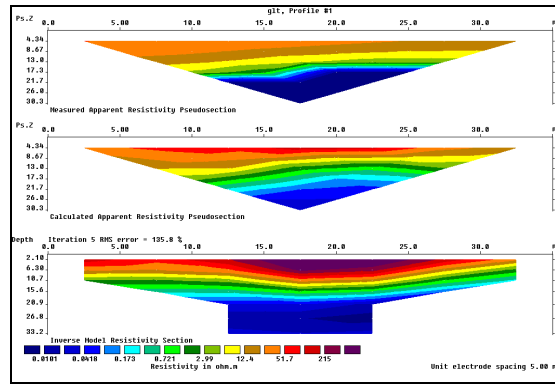
göstermektedir. Bölgede bulunan kireçtaşı formasyonunun, Selçuk Üniversitesi A. Keykubat kampüsünün Kuzey Batısını kapladığı düşünülürse, aşınma ve bozuşma seviyelerine göre yüzey toprağı altında engebeli bir yapı oluşturduğu gözlenmektedir. Bu formasyonun üzerinde bulunan toprak tabakası kalınlığının değiştiği, sel yatağında taşınmış kumlu çökellerin bulunduğu ayrıca gözlenen unsurlar arasındadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6. Hukuk Fakültesi binası arkasında, boyuna serilen elektrotlardan alınan direnç dağılımları; a) Kombine Pole-Dipole dizilimi, b) Pole-Dipole dizilimi, c) Pole-Pole elektrot dizilimi sonuçları.

Figure 6. Ground resistance dispersions obtained from the measurement lines along the axis of Faculty of Law building a) Combine Pole-Dipole method, b) Pole-dipole method, c) Pole-pole method results.

SONUÇLAR

Selçuk Üniversitesi, Alâeddin Keykubat kampüs içi atık su biriktirme havuzu civarında 4 farklı sahada yapılan yerdirenci ölçümleri seçilen ölçüm sahalarının farklı özellikler taşıdığını göstermiştir. Ölçümler sonucu elde edilen pseudo modeller sel yatağı tabanında 5–10 metre derinlikten sonra su geçişinin olduğunu göstermektedir.

Yerdirenci ölçümleri sonunda, ölçüm yapılan sel yatağının akış yönüne göre sağ ve sol yamaçlarının altında da düşük dirençli lokasyonların olduğu tespit edilmiştir. Hukuk Fakültesi binası arkasında 20 metre derinliğe kadar yerdirencinin fazla çıkması, bu derinlikten sonra yerdirencinin düşük bulunması şu değerlendirmeyi ortaya çıkarmaktadır. Kış ve bahar aylarında terk edilmiş atık su havuzu lokasyonunda biraz olsun biriken sel suları, önüne çıkan yıkılmış havuz kemeri altından tabana sızarak, Hukuk Fakültesi arkasındaki kireçtaşlarının alt kısmından (20 metre derinlikten) kampüs içlerine doğru hareket etmektedir. S.Ü. A. Keykubat kampüsün KKB'sında bulunan dağlardan su beslemesinin az da olsa devam etmesi, bahar ve yaz başlangıcında ilgili su sızıntısının sel yatağında bulunan çökeller içinden geçerek ilerlemesine neden olmaktadır. 2007 Nisan ayında yüzeyde su görülmezken yüzeyden 7 metre aşağıda geçirgen çökeller arasında suyun bulunması bu akışın göstergesi olarak yorumlanmıştır.

Maden ocaklarında, açık alanlarda kurulacak olan atık su barajlarından gözle görülen herhangi bir sızıntı olmaması durumunda bile baraj çevresinin derinlemesine incelenmesi gerektiği bu çalışmayla ortaya konulmuştur. Yapılan barajdan herhangi bir sızıntı oluyorsa sızıntının akış yönü doğrultusunda tabandaki kayalar içinden suyun akış yapabileceği göz ardı edilmemelidir. Herhangi bir mühendislik hizmetinin planlama aşamasında, ilgili hizmetin oluşturulacağı lokasyon derinlemesine incelenirse, orada yapılacak bina, baraj, temel veya açık/yeraltı maden işletmesi şartları konusunda önceden yorumlar yapmak mümkün olabilecektir.

Elektriksel rezistivite yöntemleri maden sahalarında mostra veren kayaların ne kadar derinliğe kadar devam ettiği konusunun araştırılmasında da kullanılabilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araştırma çevre kayalarla direnç farklılığı gösteren herhangi bir kayaç (cevher damarı) yapısının mostra lokasyonundan itibaren derinliklere doğru izlenebileceğini göstermiştir. Hukuk Fakültesi arkasındaki kireçtaşı mostrasının derinlere doğru nasıl yayıldığı izlenmesi benzer yorumlamaların maden kütlesi aramak için de yapılabileceğinin ipuçlarını vermektedir. Bu konuyla ilgili literatür çok geniş uygulamaları içermektedir. Bu sonuçlar açısından gelecek yıllarda, elektriksel yerdirenci ölçümleri artık sadece maden sahalarını bulmakta değil; maden

mühendislerinin ocak işletmeciliği sırasında da madencilik uygulamalarında yerini alacaktır. kullanabilecekleri bir ölçüm yöntemi olarak

KAYNAKLAR

- Boybeyi, M. 1994. Tünel güzergâhlarında öz direnç metodu ile yeraltı jeolojik yapısının çıkartılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enst., İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Dahlin, T., 2001. The development of DC resistivity imaging techniques. Department of Geotechnolog, Lund University, Box 118, s221, Lund, Sweden.
- Drahor, M.G., Göktürkler, G., Berge, M.A., Kurtulmuş, T.Ö. 2004. Dört farklı elektrot dizilimine göre bazı üç boyutlu sığ yeraltı yapılarının görünür öz direnç modellenmesi. Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, V30, ss115-128, Ankara
- Dursun, A.E. 2007. S.Ü. Alâeddin Keykubat Kampüs İçi Su Biriktirme Havuzu Taban Tabakalarının Elektriksel Direnç Ölçümleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 90 s.
- Kiremitçioğlu, İ.H. 1994. Yeraltısuyu araştırmalarında satıh rezistivite ve sismik kırılma yöntemlerinin Milas ovasına uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Kruschwits, S. and Yaramancı, U. 2004. Detection and characterization of disturbed rock zone in clay stone with the complex resistivity methods, Journal of Applied Geophysics, V57, ss63-69.