



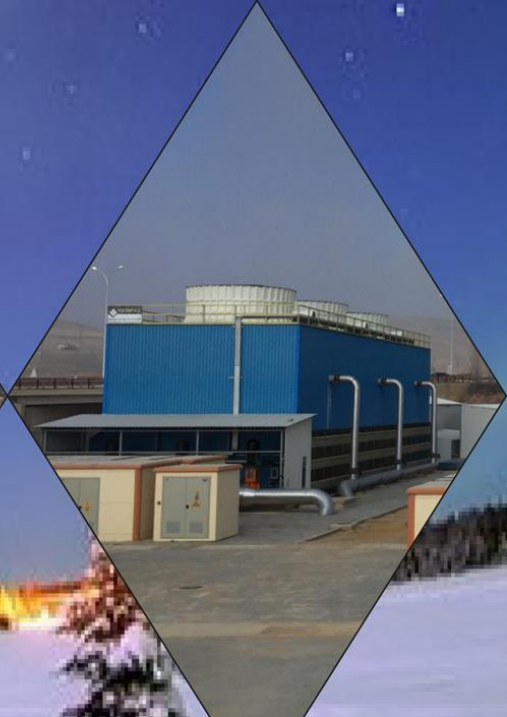
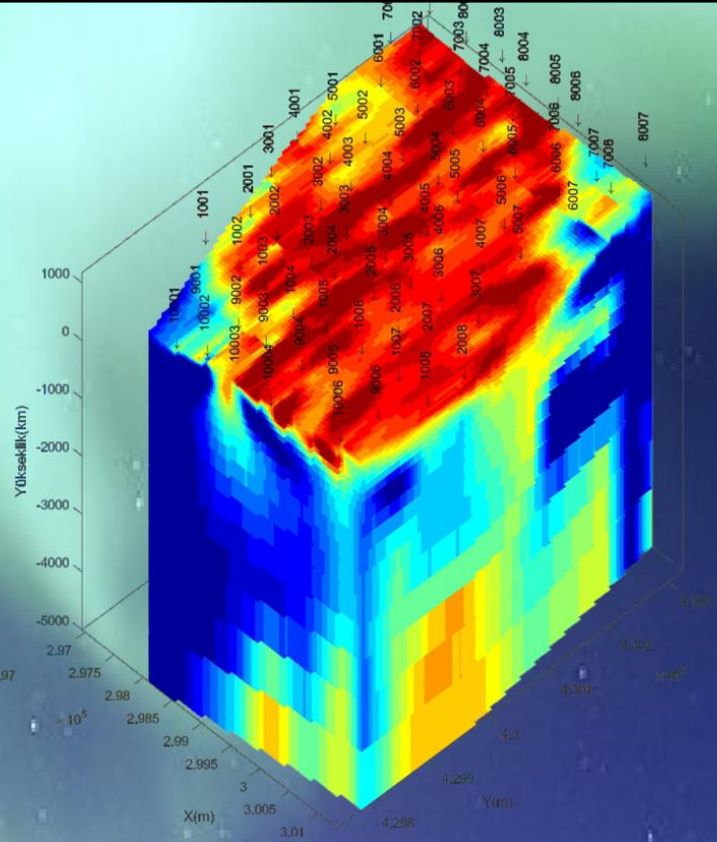
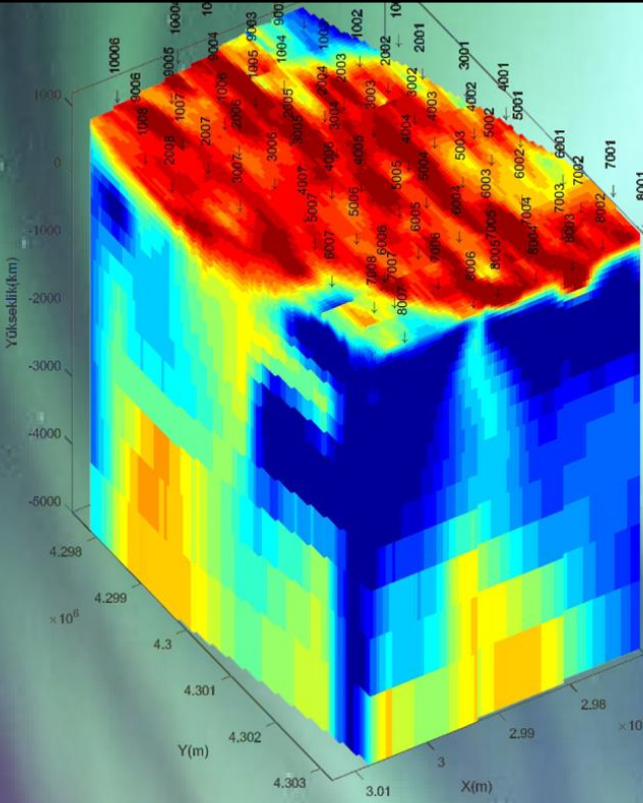
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI

08-10 MAYIS 2024

Afbel Termal & Spa Otel
AFYONKARAHİSAR



BİLDİRİ KİTAPÇIĞI

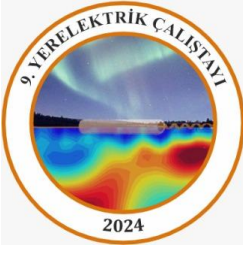




9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



**BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABINDA YER ALAN ÖZETLERİN, BASIM HATASI
DIŞINDAKİ YANLIŞLIKLARDAN YAZARLARI SORUMLUDUR.**



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI

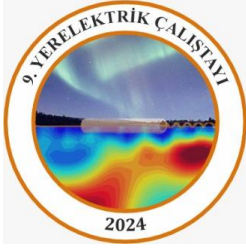


Değerli Katılımcılar,

Jeofizik Mühendisliği Dalının Elektrik-Elektromanyetik konuları ile ilgilenen araştırmacıları bir araya getiren Yer Elektrik Çalışma Grubu, bu yöntemlerin ve değerlendirme tekniklerinin geliştirilmesi, bunların paylaşılarak kullanımlarının yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla 2006 yılında Boğaziçi Üniversitesi tarafından Manyetotellürik Seminerleri adı altında toplanarak ilk çalıştayı gerçekleştirmiştir. Etkinlik, 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği tarafından Manyetotellürik ve Jeoelektrik Çalıştayı (MT'08) olarak İstanbul'da, 2016'da Kocaeli, 2018'de Süleyman Demirel ve pandemiden dolayı 2 yıl gecikmeli olarak 2022 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi tarafından düzenlenmiştir. Bu yıl, Afyon Kocatepe Üniversitesi ev sahipliğinde 9. Yer Elektrik Çalıştayı düzenlediğimiz için çok mutluyuz. 8-10 Mayıs tarihleri arasında üç gün boyunca sürecek çalıştayımızda 4 çağrılı konuşmacı hocamız konuşma yapacak olup 31 sözlü ve 8 adet de poster bildiri olmak üzere toplam 43 sunum yapılacaktır. Bunların yanı sıra, çalıştayımız TÜBİTAK tarafından organizasyon desteğini kazanmış olup 9 özel sektör firmamız ve Jeofizik Mühendisleri Odası tarafından desteklenmiştir. Çalıştayı son oturumundan sonara 10. Yer Elektrik Çalıştayı'nın yerinin belirleneceği ve siz değerli katılımcılarımız tarafından önerilecek konuların tartışmaya sunulacağı bir oturum da yapılacaktır. Bu kitapçık, çalıştay bilgileri, programı ve çalıştayda sunulacak olan çalışmaların özetlerini içermektedir. Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeotermal ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi ve Mühendislik Fakültesi olarak 9. Yer Elektrik Çalıştayı'na ev sahipliği yapmaktan ve siz değerli katılımcıları aramızda görmekten mutluluk duyuyoruz. 9. Yer Elektrik Çalıştayı'na katılımınız ve katkılarınız için teşekkür ederiz.

Çalıştay Düzenleme ve Yürütme Kurulu Adına

Öğr. Gör. Dr. Özcan ÖZYILDIRIM



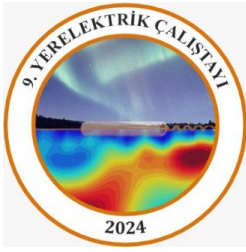
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



ÇALIŞTAY DÜZENLEME ve YÜRÜTME KURULU

Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ
Prof. Dr. Ahmet YILDIZ
Öğr. Gör. Dr. Özcan ÖZYILDIRIM
Yüksek Mühendis İsmail KARA
Doç. Dr. Can BAŞARAN
Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU
Dr. Ersin BÜYÜK
Dr. Öğr. Üyesi Özlem HACIOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Tülay KAYA EKEN
Dr. Öğr. Üyesi Ümit AVŞAR
Doç. Dr. Metin BAĞCI
Öğr. Gör. Dr. Feyzullah Ekrem ÇONKAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörü,
Onursal Başkan
Yürütme Kurulu Başkanı
Düzenleme Kurulu Başkanı
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi
Düzenleme Kurulu Üyesi

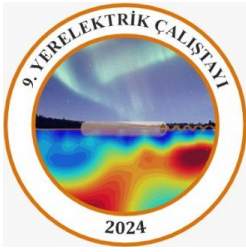


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



BİLİMSEL KURUL (Soyadına göre alfabetik sırada yazılmıştır)

İrfan AKCA	AÜ
Özer AKDEMİR	DEÜ
Ümit AVŞAR	İTÜ
Ali Erden BABACAN	KTÜ
Çağlayan BALKAYA	SDÜ
Ahmet T. BAŞOKUR	LEMNİS Yer Bilimleri
Meriç Aziz BERGE	DEÜ
Ersin BÜYÜK	GÜ
M. Emin CANDANSAYAR	AÜ
İsmail DEMİRCİ	AÜ
Gökhan GÖKTÜRKLER	DEÜ
Yıldırım GÜNDOĞDU	AÜ
Özlem HACIOĞLU	KTÜ
O. Metin İLKIŞIK	Anadolu Yer Bilimleri
Selma KADIOĞLU	AÜ
İsmail KAPLANVURAL	KOÜ
Gökhan KARCIOĞLU	İÜC
Hakan KARSLI	KTÜ
Tülay KAYA EKEN	BÜ
Duygu KIYAN	DIAS
Melda KÜÇÜKDEMİRCİ	İÜC
Mehmet Ali KAYA	TÜ
Gülçin ÖZÜRLAN AĞAÇGÖZGÜ	İTÜ
Özcan ÖZYILDIRIM	AKÜ
Ertan PEKŞEN	KOÜ
Petek SINDIRGI	DEÜ
Aysel ŞEREN	KTÜ
Bülent TANK	BÜ
Bülent TEZKAN	University of Cologne
Elif TOLAK ÇİFTÇİ	BÜ
Mustafa Kemal TUNÇER	İÜC
Emre TİMUR	DEÜ
Seçil TURAN KARAOĞLAN	DEÜ
Erşan TÜRKOĞLU	Saudi Aramco
Emin U. ULUGERGERLİ	ÇOMÜ
Sedat YILMAZ	SDÜ



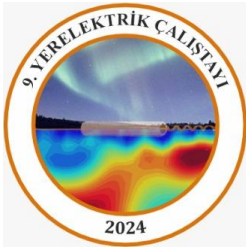
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



DESTEKLEYENLER

Düzenleme ve Yürütme Kurulu, 9. Yer Elektrik Çalıştayına destek veren tüm kurum ve kuruluşlara teşekkür eder. Ayrıca çalıştayımız TÜBİTAK 2223-B Yurtiçi Bilimsel Etkinlik Düzenleme Desteğine hak kazanmıştır.





9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



9. YER ELEKTRİK ÇALIŞTAYI GENEL BİLGİLER

CALIŞTAY YERİ

Afbel Termal Otel

Dört yol Mahallesi, 2150. Sokak No:4/Afyonkarahisar

Telefon: +902729991650

Web: <https://www.afbeltermal.com/>

KAYIT SAATLERİ

08 / 05 / 2024

Çarşamba

08:00 – 17:00

SÖZLÜ VE POSTER BİLDİRİ SUNUM SAATLERİ

SÖZLÜ BİLDİRİLER			POSTER BİLDİRİLER
08 / 05 / 2024	Çarşamba	09:00 – 16:25	16:40-19:00
09 / 05 / 2024	Perşembe	09:30 – 12:25	
10 / 05 / 2024	Cuma	09:30 – 13:00	

GALA YEMEĞİ

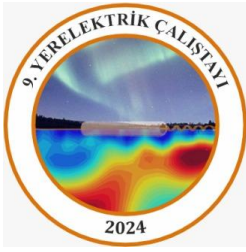
08 / 05 / 2024

Perşembe

19:30–23:00

YEMEK

Öğle Yemeği	Çarşamba	12:30– 13:30	Afbel Termal Otel
Öğle Yemeği	Perşembe	12:30– 13:30	Afbel Termal Otel

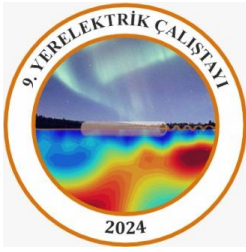


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



İÇİNDEKİLER

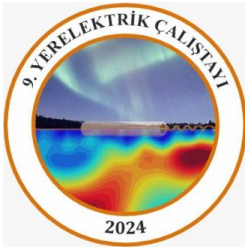
Jeofizik Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yeni Gelişmeler ve Uygulamalar <i>M. Emin CANDANSAYAR</i>	1
Çevre Araştırmalarında Jeofizik Ve Elektrokinetik Yöntemlerin Uygulanması <i>Emin U. ULUGERGERLİ, Buse ÖZENTÜRK, Öznur KARACA</i>	3
Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yön Bağımlılık (Anizotropi) <i>Ertan PEKŞEN</i>	4
Jeofizikte Metasezgisel Uygulamalar <i>Çağlayan BALKAYA</i>	6
DAÖ Verilerinin 2B Ters Çözüm Sonuçlarının Derin Öğrenme Tabanlı DCR2D_Net_Archeo Algoritması ile İyileştirilmesi <i>Demet ÖVER, M. Emin CANDANSAYAR</i>	8
Manyetotellürik ve Yüzey Dalgası Dispersiyon Verilerinin Yapısal-Bağlı Birleşik Modellenmesinde Pareto-Optimal Sürü Zekâsı Algoritması ve Avantajları <i>Ersin BÜYÜK, Ekrem ZOR, Mustafa Cengiz TAPIRDAMAZ</i>	10
Manyetotellürik Verinin Üç-boyutlu Evirtimi ile Trakya Havzası Tortul Kalınlığının Kestirimi <i>Cemal KAYA, Ahmet T. BAŞOKUR</i>	12
Mogan Gölü (Ankara) Taban Tortullarının Doğru Akım Özdirenç Yöntemi ile Araştırılması <i>İrfan AKCA, Sinan AKISKA, Şebnem ARSLAN, Elif AKISKA, Devrim TEZCAN</i>	13
Doğru Akım Özdirenç Yönteminde Dağıtık Elektrot Dizilimi Kullanılarak 3B Modelleme <i>Şerif Murat GÖLEBATMAZ, İrfan AKCA</i>	19
Doğru Akım Özdirenç Verilerinin 3B Ters Çözümü ile Betonarme Kolon Yapısının İncelemesi <i>Cansu ARICAN, N. Yıldırım GÜNDOĞDU, M. Emin CANDANSAYAR</i>	28
Kaldera ve Alt-Volkanik Sistemlerin Elektromanyetik Görüntüsü <i>Özlem HACIOĞLU</i>	30
Türkiyede Jeomanyetik Çalışmalar: 97 Yıllık Bir İnceleme <i>Elif ÇİFTÇİ, Cengiz ÇELİK</i>	31



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



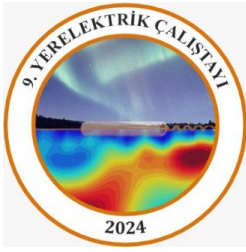
Manyetotellürik Verilerin Bir Boyutlu Ters Çözümünde Yapay Sinir Ağları Eğitim Algoritmalarının Performansları <i>Doğukan DURDAĞ, Ertan PEKŞEN</i>	32
Laboratuvar Ortamında Elde Edilen Kare Elektrot Dizilim Verilerinin Elektriksel Anizotropi Katsayısı, Fayın Doğrultu Yönü ve Eğim Açısının Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağları ile Kestirilmesi <i>Elnur GASİMOV, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ</i>	34
Yön Bağımlı (Anizotropik) Ortamlarda İndüksiyon Kuyu Logları için Tabaka Sınırlarının Türev Yöntemleri ile Tayini ve Tabaka Özdirençlerinin Kestirimi <i>Delya OCHIROVA, Ertan PEKŞEN</i>	36
Arduino ile Elektrik Alanın Zamana Bağlı Değişiminin Ölçülmesi ve Farklı Pot Performanslarının Değerlendirilmesi <i>Aleyna Janset ÇOLAK, İsmail DEMİRCİ</i>	38
Yapı Kolonu Beton-Metal Donatı Modellerinin Yer Radarı Yöntemi ile İki Boyutlu Modellenmesi <i>Esra ÇORUMLUOĞLU, Selma KADIOĞLU</i>	39
Akifer Modelinin Kirlenme ve Temizlenme Süreçlerinin GPR Verilerinin Parçacık Sürü Optimizasyonu ile İzlenmesi <i>İsmail KAPLANVURAL, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ, Nihat Hakan AKYOL</i>	43
İshak Çelebi Medresesi ve Ulu Cami Rölöve, Restorasyon ve Restitüsyon Projesi” Kapsamında Duvar ve Zemin Yapılarının GPR Yöntemiyle Araştırılması <i>Erhan İÇÖZ, Ecevit G. YURTKAL, Coşkun SARI</i>	44
Yer Radarı ve Kablo Bulma Dedektörünün Birlikte Kullanımıyla Gömülü Mühendislik Yapılarının Yerlerinin Belirlenmesi <i>Burak KARAKÖSE, İsmail DEMİRCİ, Halil İbrahim TAÇ</i>	49
6 Şubat Depremleri Sonrasında Kartalkaya Barajı, Hatay Altınözü ve Gaziantep Kalesi'nin Duraylılık Durumlarının ve Elbistan ve Pazarcık'taki Kırıkların Derin GPR Yöntemi ile Yerinde Görüntülenmesi <i>Selma KADIOĞLU</i>	53
Seleukeia Sidera Antik Kenti Arkeojeofizik Araştırmaları <i>Olçay ÇAKMAK, Çağlayan BALKAYA, H. Evrim TÛTÛNSATAR</i>	57
Yakın Yüzey Yeraltının Yapısal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesinde Sismik ve Elektrik Özdirenç Kesitlerinin Bütünleşik Yorumu <i>Hakan KARSLI, Ali Erden BABACAN, Mustafa ŞENKAYA</i>	59



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



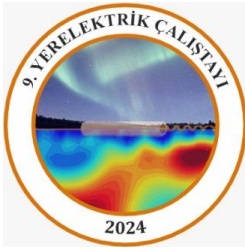
Parlais Antik Kenti Yer Radarı ve Elektrik Özdirenç Tomografi Araştırmaları <i>Hatice Evrim TÛTÛNSATAR, Olcay ÇAKMAK, M. Nuri DOLMAZ, Çağlayan BALKAYA.</i>	63
Trabzon İli Söğütü Atletizm Sahasındaki Zemin Problemlerinin Jeofizik Yöntemler ile Araştırılması <i>Ali Erden BABACAN, Emre ÖZÇELİK, O. Serhat KARAÇAL, Hakan KARSLI.....</i>	65
Yeraltı Suyu Aramalarında Düşey Elektrik Sondajının Uygulanması, Jeoloji ve Hidrojeoloji ile İlişkisi <i>Erhan İÇÖZ, Ecevit G. YURTKAL, Coşkun SARI.....</i>	69
Obruk Araştırmalarında Jeofizik Uygulamalar <i>Fetullah ARIK, Alper DÛLGER.....</i>	73
Akarçay Havzası (Afyonkarahisar) Derin Jeotermal Yapısının Manyetotellürik Yöntemle Araştırılması <i>Ahmet YILDIZ, Özcan ÖZYILDIRIM, Can BAŞARAN, Metin BAĞCI Feyzullah Ekrem ÇONKAR.....</i>	74
Alt-Himalaya Bölgesindeki (Hindistan) Bir Fay Zonunun Radyomanyetotellürik Kullanılarak İncelenmesi <i>Burak Furkan GÖÇER, Wiebke MÖRBE, Bülent TEZKAN, Mohammad İSRAİL, Pritam YOGESHWAR.....</i>	76
DAÖ ve MT Verilerinin Birlikte Yorumu ile Bloklü Kireçtaşı Birimlerinde Akifer Yapısı Araştırılması <i>N. Yıldırım GÛNDOĞDU, M. Emin CANDANSAYAR.....</i>	77
Sismik Kırılma Tomografi, Elektrik Özdirenç Tomografi ve MASW Yöntemleri ile Kocaeli-Yazlık Bölgesi Jeotermal Potansiyelinin Sığ Mühendislik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması <i>Suhaib QASEM, Bülent ORUÇ, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ, Elnur GASİMOV, Mustafa ABDALRAZIG.....</i>	78
Manyetik ve Elektrik Özdirenç Tomografisi Yöntemleriyle Manisa-Osmancalı'daki (Türkiye) Gömülü Taşlaşmış Ağaçların Araştırılması <i>Meriç Aziz BERGE, Zülfikar ERHAN, Gökhan GÖKTÛRKLER.....</i>	80
Kocaeli-Karamürsel Çamdibi Sahası Zemin Dinamiklerinin Elektrik Özdirenç Tomografi ve Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi ile Araştırılması <i>Mustafa ABDALRAZIG, Bülent ORUÇ.....</i>	82
Düşey Elektrik Sondaj Verilerinin Yeraltı Suyu Aramasına Yönelik Yorumlanması <i>Necdet EVLİMOĞLU.....</i>	84



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Jeoteknik çalışmalarda elektrik yöntem uygulamaları <i>Cem Demirel, M. Emin CANDANSAYAR</i>	85
Lokal Dolgu Alanlarının Yerleşim Geometrilerinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) Yöntemi ile Belirlenmesi ve Jeoteknik Çözümü: Kuşadası/Aydın Örneği <i>Serdar KAPUCU, Ziya Orhan DERİNSU, Emre TİMUR, Faruk DEPREM</i>	86
Yapay Kaynaklı Elektromanyetik Verilerin 2B Ters Çözümü ile Almanya, Kropfmühl Bölgesinde Bulunan Grafit Sahasının Araştırılması <i>Bilge Kaan DİNÇ, Wiebke MÖRBE, M. Emin CANDANSAYAR, Bülent TEZKAN</i>	90
Hatay-Antakya Arkeoloji Müzesi Yerleşim Alanında, Yer Altı Suyu Dolaşım Geometrisinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ve Doğal Potansiyel (SP) Yöntemleri ile Belirlenmesi <i>Ziya Orhan DERİNSU, Serdar KAPUCU, Emre TİMUR, Haydar MERDİN, Ahmet AKDEMİR</i>	92
Derin Öğrenme Tabanlı Faster R-CNN Yöntemini Kullanarak GPR Görüntülerinde Gömülü Nesnelerin Tespiti ve Sınıflandırması <i>Orhan APAYDIN, Turgay İŞSEVEN</i>	98
Betonarme Yapılardaki Nemlilik ve Korozyon Riskinin Yapı Radarı ile Araştırılması: Buca Örneği <i>Safa TÜLEK, Fulya VAROL, Emre TİMUR</i>	100
Yapay Uçlaşma (IP) yöntemi: Metalik Maden Sahası uygulama örneği (İlk sonuçlar) <i>Damla DOĞAN, Ümit AVŞAR</i>	105
İş Makinelerinin Üretildiği Bir Fabrikada Temelde Oluşabilecek Deformasyonların Yer Radarı ile İncelenmesi <i>Fulya VAROL, Safa TÜLEK, Emre TİMUR</i>	107
Spektral IP Parametrelerinin Zaman Ortamı IP Azalım Eğrilerinden Derin Öğrenme Uygulamasıyla Kestirilmesi <i>Alper YAŞAR, N. Yıldırım GÜNDOĞDU</i>	112

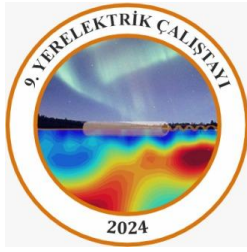


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



9. YER ELEKTRİK ÇALIŞTAYI PROGRAMI

SAAT	08 MAYIS 2024 / ÇARŞAMBA
08:00-09:00	KAYIT
09:00-10:00	HOŞGELDİNİZ
	AÇILIŞ KONUŞMALARI
	Dr. Özcan ÖZYILDIRIM <i>Düzenleme Kurulu Başkanı</i>
	Prof. Dr. Ahmet YILDIZ <i>Yürütme Kurulu Başkanı</i>
	Protokol Konuşmaları
10:00-10:20	Çay/Kahve Arası-Firma Stant Ziyaretleri
	Doç. Dr. Cemal KAYA OTURUMU ELEKTRİK-ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-1 Oturum Başkanları: Emin U. ULUGERGERLİ, Ahmet YILDIZ
10:20-10:45	Ç-1 Jeofizik Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yeni Gelişmeler ve Uygulamalar <i>M. Emin CANDANSAYAR</i>
10:45-11:00	S-1 DAÖ Verilerinin 2B Ters Çözüm Sonuçlarının Derin Öğrenme Tabanlı DCR2D_Net_Archeo Algoritması ile İyileştirilmesi <i>Demet ÖVER, M. Emin CANDANSAYAR</i>
11:00-11:15	S-2 Manyetotellürik ve Yüzey Dalgası Dispersiyon Verilerinin Yapısal-Bağlı Birleşik Modellemesinde Pareto-Optimal Sürü Zekası Algoritması ve Avantajları <i>Ersin BÜYÜK, Ekrem ZOR, Mustafa Cengiz TAPIRDAMAZ</i>
11:15-11:30	S-3 Manyetotellürik Verinin Üç-boyutlu Evirtimi ile Trakya Havzası Tortul Kalınlığının Kestirimi <i>Cemal KAYA, Ahmet T. BAŞOKUR</i>
11:30-11:45	Çay/Kahve Arası- Firma Stant Ziyaretleri
	Doç. Dr. Ahmet YILMAZTÜRK Oturumu ELEKTRİK YÖNTEMLER-1 Oturum Başkanları: Ertan PEKŞEN, Ali Erden BABACAN
11:45-12:00	S-4 Mogan Gölü (Ankara) Taban Tortularının Doğru Akım Özdirenç Yöntemi ile Araştırılması <i>İrfan AKCA, Sinan AKISKA, Şebnem ARSLAN, Elif AKISKA, Devrim TEZCAN</i>
12:00-12:15	S-5 Doğru Akım Özdirenç Yönteminde Dağıtık Elektrot Dizilimi Kullanılarak 3B Modelleme <i>Şerif Murat GÖLEBATMAZ, İrfan AKCA</i>
12:15-12:30	S-6 Doğru Akım Özdirenç Verilerinin 3B Ters Çözümü ile Betonarme Kolon Yapısının İncelemesi <i>Cansu ARICAN, N. Yıldırım GÜNDOĞDU, M. Emin CANDANSAYAR</i>
12:30-13:30	Öğle Yemeği (Afbel Termal Otel)
	Prof. Dr. ÖZER KENAR OTURUMU ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-1 Oturum Başkanları: M. Emin CANDANSAYAR, Bülent TEZKAN
13:35-14:00	Ç-2 Çevre Araştırmalarında Jeofizik ve Elektrokinetik Yöntemlerin Uygulanması <i>Emin U. ULUGERGERLİ, Buse ÖZENTÜRK, Öznur KARACA</i>
14:00-14:15	S-7 Kaldera ve Alt-Volkanik Sistemlerin Elektromanyetik Görüntüsü <i>Özlem HACIOĞLU</i>
14:15-14:30	S-8 Türkiye'de Jeomanyetik Çalışmalar: 97 Yıllık Bir İnceleme <i>Elif ÇİFTÇİ, Cengiz ÇELİK</i>
14:30-15:00	S-9 Manyetotellürik Verilerin Bir Boyutlu Ters Çözümünde Yapay Sinir Ağları Eğitim Algoritmalarının Performansları <i>Doğukan DURDAĞ, Ertan PEKŞEN</i>
15:00-15:15	Çay/Kahve Arası
	Doç. Dr. HAKAN ÇINAR OTURUMU ELEKTRİK VE ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-2 Oturum Başkanları: Hakan KARSLI, H. Evrim TÜTÜNSATAR
15:15-15:40	Ç-3 Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yön Bağımlılık (Anizotropi) <i>Ertan PEKŞEN</i>
15:40-15:55	S-10 Laboratuvar Ortamında Elde Edilen Kare Elektrot Dizilim Verilerinin Elektriksel Anizotropi Katsayısı, Fayın Doğrultu Yönü ve Eğim Açısının Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağları ile Kestirilmesi <i>Elnur GASİMOV, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ</i>
15:55-16:10	S-11 Yön Bağımlı (Anizotropik) Ortamlarda İndüksiyon Kuyu Logları için Tabaka Sınırlarının Türev Yöntemleri ile Tayini ve Tabaka Özdirençlerinin Kestirimi <i>Delya OCHIROVA, Ertan PEKŞEN</i>

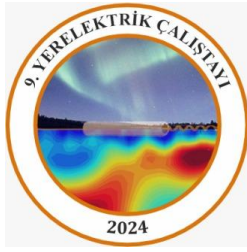


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



16:10-16:25	S-12 Arduino ile Elektrik Alanın Zamana Bağlı Değişiminin Ölçülmesi ve Farklı Pot Performanslarının Değerlendirilmesi <i>Aleyna Janset ÇOLAK, İsmail DEMİRCİ</i>
16:25-16:40	Çay/Kahve Arası
16:40-17:10	Poster Sunumları Oturum Başkanları: <i>Erhan İÇÖZ, Cem DEMİREL</i>
	P-1- Lokal Dolgu Alanlarının Yerleşim Geometrilerinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) Yöntemi ile Belirlenmesi ve Geoteknik Çözümü: Kuşadası/Aydın Örneği <i>Serdar KAPUCU, Ziya Orhan DERİNSU, Emre TİMUR, Faruk DEPREM</i>
	P-2 Yapay Kaynaklı Elektromanyetik Verilerin 2B Ters Çözümü ile Almanya, Kropfmühl Bölgesinde Bulunan Grafit Sahasının Araştırılması <i>Bilge Kaan DİNÇ, Wiebke MÖRBE, M. Emin CANDANSAYAR, Bülent TEZKAN</i>
	P-3 Hatay-Antakya Arkeolojisi Müzesi Yerleşim Alanında, Yer Altı Suyu Doluşım Geometrisinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ve Doğal Potansiyel (SP) Yöntemleri ile Belirlenmesi <i>Ziya Orhan DERİNSU, Serdar KAPUCU, Emre TİMUR, Haydar MERDİN, Ahmet AKDEMİR</i>
	P-4 Derin Öğrenme Tabanlı FASTER R-CNN Yöntemini Kullanarak GPR Görüntülerinde Gömülü Nesnelerin Tespiti ve Sınıflandırması <i>Orhan APAYDIN, Turgay İŞSEVEN</i>
	P-5 Betonarme Yapılardaki Nemlilik ve Korozyon Riskinin Yapı Radarı ile Araştırılması: Buca Örneği <i>Safa TÜLEK, Fulya VAROL, Emre TİMUR</i>
	P-6 Yapay Uçlaşma (IP) yöntemi: Metalik Maden Sahası uygulama örneği (İlk sonuçlar) <i>Damla DOĞAN, Ümit AVŞAR</i>
	P-7 İş Makinelerinin Ürettiği Bir Fabrikada Temelde Oluşabilecek Deformasyonların Yer Radarı ile İncelenmesi <i>Fulya VAROL, Safa TÜLEK, Emre TİMUR</i>
	P-8 Spektral IP Parametrelerinin Zaman Ortamı IP Azalım Eğrilerinden Derin Öğrenme Uygulamasıyla Kestirilmesi <i>Alper YAŞAR, N. Yıldırım GÜNDOĞDU</i>
17:20-19:00	ARAZİDE JEOFİZİK EKİPMAN TANITIMI <i>İrfan AKÇA(LARES)</i> <i>Halil İbrahim TAÇ (SEBA)</i>
19:30-21:00	Akşam Yemeği (Afbel Termal Otel)

09 MAYIS 2024 / PERŞEMBE	
SAAT	ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-2
09:30-09:45	S-13 Yapı Kolonu Beton-Metal Donatı Modellerinin Yer Radarı Yöntemi ile İki Boyutlu Modellenmesi <i>Esra ÇORUMLUOĞLU, Selma KADIOĞLU</i>
09:45-10:00	S-14 Akifer Modelinin Kirlenme ve Temizlenme Süreçlerinin GPR Verilerinin Parçacık Sürü Optimizasyonu ile İzlenmesi <i>İsmail KAPLANVURAL, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ, Nihat Hakan AKYOL</i>
10:00-10:15	S-15 "İshak Çelebi Medresesi ve Ulu Cami Rölöve, Restorasyon ve Restitüsyon Projesi" Kapsamında Duvar ve Zemin Yapılarının GPR Yöntemiyle Araştırılması <i>Erhan İÇÖZ, Coşkun SARI</i>
10:15-10:30	S-16 Yer Radarı ve Kablo Bulma Dedektörünün Birlikte Kullanımıyla Gömülü Mühendislik Yapılarının Yerlerinin Belirlenmesi <i>Burak KARAKÖSE, İsmail DEMİRCİ, Halil İbrahim TAÇ</i>
10:30-10:45	S-17 6 Şubat Depremleri Sonrasında Kartalkaya Barajı, Hatay Altınözü ve Gaziantep Kalesi'nin Duraylılık Durumlarının ve Elbistan ve Pazarcık'taki Kırıkların Derin GPR Yöntemi ile Yerinde Görüntülenmesi <i>Selma KADIOĞLU</i>
10:45-11:00	Çay/Kahve Arası
	ELEKTRİK-ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-3
	Oturum Başkanları: Selma KADIOĞLU, Özlem HACIOĞLU
11:00-11:25	Ç-4 Jeofizikte Metasezgisel Uygulamalar <i>Çağlayan BALKAYA</i>
11:25-11:40	S-18 Seleukeia Sidera Antik Kenti Arkeojeofizik Araştırmaları <i>Olcay ÇAKMAK, Çağlayan BALKAYA, H. Evrim TÜTÜNSATAR</i>
11:40-11:55	S-19 Yakın Yüze Yeraltının Yapısal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesinde Sismik ve Elektrik Özdirenc Kesitlerinin Bütünleşik Yorumu <i>Hakan KARSLI, Ali Erden BABACAN, Mustafa ŞENKAYA</i>

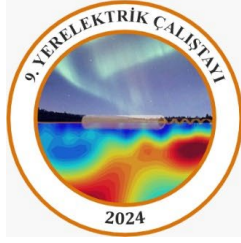


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



11:55-12:10	S-20 Parlais Antik Kenti Yer Radarı ve Elektrik Özdirenç Tomografi Araştırmaları <i>Hatice Evrim TÛTÛNSATAR, Olcay ÇAKMAK, M. Nuri DOLMAZ, Çağlayan BALKAYA</i>
12:10-12:25	S-21 Trabzon İli Söğütlü Atletizm Sahasındaki Zemin Problemlerinin Jeofizik Yöntemler ile Araştırılması <i>Ali Erden BABACAN, Emre ÖZÇELİK, O. Serhat KARAÇAL, Hakan KARSLI</i>
12:30-13:30	Öğle Yemeği (Afbel Termal Otel)
13:45-18:00	TEKNİK GEZİ AYAZİNİ, FRİG Vadisi (Rehber Eşliğinde)
19:30-23:00	GALA Yemeği (JURA TERMAL OTEL)

10 MAYIS 2024 / CUMA	
SAAT	Prof. Dr. ÜMİT YALÇIN KALYONCUOĞLU ELEKTRİK-ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER-4 Oturum Başkanları: Bülent ORUÇ, İsmail KAPLANVURAL
09:30-09:45	S-22 Yeraltı Suyu Aramalarında Düşey Elektrik Sondajının Uygulanması, Jeoloji ve Hidrojeoloji ile İlişkisi <i>Erhan İÇÖZ, Ecevit G. YURTKAL, Coşkun SARI</i>
09:45-10:00	S-23 Obruk Araştırmalarında Jeofizik Uygulamalar <i>Fetullah ARIK, Alper DÜLGER</i>
10:00-10:15	S-24 Akarçay Havzası (Afyonkarahisar) Derin Jeotermal Yapısının Manyetotellürik Yöntemle Araştırılması <i>Ahmet YILDIZ, Özcan ÖZYILDIRIM, Can BAŞARAN, Metin BAĞCI Feyzullah Ekrem ÇONKAR</i>
10:15-10:30	S-25 Alt-Himalaya Bölgesindeki (Hindistan) Bir Fay Zonunun Radyomanyetotellürik Kullanılarak İncelenmesi <i>Burak Furkan GÖÇER, Wiebke MÖRBE, Bülent TEZKAN, Mohammad İSRAİL, Pritam YOGESHWAR</i>
10:30-10:45	S26 DAÖ ve MT Verilerinin Birlikte Yorumu ile Bloklu Kireçtaşı Birimlerinde Akifer Yapısı Araştırılması <i>N. Yıldırım GÜNDOĞDU, M. Emin CANDANSAYAR</i>
10:45-11:00	Çay-Kahve Arası
	Prof. Dr. Ferhat ÖZÇEP OTURUMU ELEKTRİK YÖNTEMLER Oturum Başkanları: İsmail DEMİRCİ, Olcay ÇAKMAK
11:00-11:15	S-27 Sismik Kırılma Tomografi, Elektrik Özdirenç Tomografi ve MASW Yöntemleri ile Kocaeli-Yazlık Bölgesi Jeotermal Potansiyelinin Sığ Mühendislik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması <i>Suhaib QASEM, Bülent ORUÇ, Ertan PEKŞEN, Doğukan DURDAĞ, Elnur GASİMOV, Mustafa ABDALRAZIG</i>
11:15-11:30	S-28 Manyetik ve Elektrik Özdirenç Tomografisi Yöntemleriyle Manisa-Osmancalı'daki (Türkiye) Gömülü Taşlaşmış Ağaçların Araştırılması <i>Meriç Aziz BERGE, Zülfikar ERHAN, Gökhan GÖKTÜRKLER</i>
11:30-11:45	S-29 Kocaeli-Karamüsel Çamdibi Sahası Zemin Dinamiklerinin Elektrik Özdirenç Tomografi ve Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi ile Araştırılması <i>Mustafa ABDALRAZIG, Bülent ORUÇ</i>
11:45-12:00	S-30 Düşey Elektrik Sondaj Verilerinin Yeraltı Suyu Aramasına Yönelik Yorumlanması <i>Necdet EYLİMOĞLU</i>
12:00-12:15	S-31 Jeoteknik çalışmalarda elektrik yöntem uygulamaları <i>Cem Demirel, M. Emin CANDANSAYAR</i>
	GÜNDEM ve TARTIŞMA Oturum Başkanları: Ahmet Tuğrul BAŞOKUR, İrfan AKCA
12:15-13:00	KAPANIŞ 10. Yerelektrik Çalıştayı Yer ve Takviminin Belirlenmesi



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Jeofizik Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yeni Gelişmeler ve Uygulamalar

New Developments and Applications in Geophysical Electric and Electromagnetic Methods

M. Emin CANDANSAYAR*.¹

¹ Ankara Üniv., Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl., Jeofizik Modelleme Grubu (GMG), 06830, Gölbaşı, Ankara, TÜRKİYE

E-posta: candansayar@ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

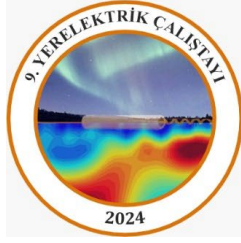
ÖZ

“Jeofizik Elektrik(E) ve Elektromanyetik (EM) yöntemler”, sıığ ($0m < \text{derinlik} < 100m$) ve derin yer içi yapılarının ($0.1km < d < 300km$) araştırmak için kullanılır. Doğru Akım Özdirenç, Yapay Uçlaşma ve Doğal Uçlaşma yöntemleri Jeofizik Elektrik Yöntemler olarak isimlendirilmektedir. Manyetotellürik, Yapay Kaynaklı EM, Geçici EM, Yatay Halka EM, Çok Alçak Frekans, Manyetik Rezonans Delgi, Yer Radarı yöntemleri ise Jeofizik EM Yöntemler olarak isimlendirilmektedir. Günümüzde bu yöntemlerin bazıları geliştirilerek yeni isimlerle anılmaya başlamıştır. Bu E ve EM yöntemlerin bir kısmında veri toplama ve veri işlem zaman ortamında bir kısmında ise frekans ortamında yapılmaktadır. Manyetotellürik ve Yapay Kaynaklı EM yöntemde ise veriler zaman ortamında toplanmakta ve veri yorumu frekans ortamında yapılmaktadır. Yer Radarı yöntemi dielektrik geçirgenlik parametresine duyarlıdır. Diğer tüm E ve EM yöntemler özdirenç parametresine duyarlıdır. E ve EM yöntemlerde veriler karada, havada, kuyu ve tünel içinde, su ortamında ölçülebilir. E ve EM yöntemler sıığ ve derin jeolojik yapılar ile bunlarla ilişkili gömülü fayların araştırılmasında kullanılır. Ayrıca, kabuk, litosfer ve astenosferin yapısının incelenmesi gibi derin araştırmalarda yaygın olarak kullanılır. Arama jeofiziği kapsamında petrol, gaz, jeotermal, maden ve kömür gibi enerji ve hammadde araştırmalarında tercih edilirler. Ayrıca viyadük, köprü, baraj, bina vb. mühendislik yapı yeri seçimi ve deprem, heyelan vb. doğal afetlerin önlenmesi ve/veya zararının azaltılmasına yönelik araştırmalarda, gömülü arkeolojik yapılar, obruk, fay, atık alanları vb. araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son 20 yılda hasarsız inceleme yöntemi olarak yapı jeofiziği adı altında betonarme yapıların incelenmesinde de kullanılmaktadır. Bu sunum temel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde jeofizik elektromanyetik yöntemlerdeki aletsel gelişmeler sunulacaktır. İkinci bölümde E ve EM verilerin veri işlemindeki gelişmeler sunulacaktır. Üçüncü bölümde ise E ve EM yöntemlerin yeni uygulama veya güncel uygulama alanlarından söz edilecektir. Sunumun sonunda ise E ve EM yöntemlerde dünya genelinde akademik araştırma alanlarından bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: Jeofizik Elektrik Yöntem, Jeofizik Elektromanyetik Yöntem, Veri Toplama, Veri İşlem, Yapay Zeka, Modelleme, Ters Çözüm

ABSTRACT

Geophysical Electrical (E) and Electromagnetic (EM) methods” are used to investigate shallow ($0m < \text{depth} < 100m$) and deep ($0.1km < d < 300km$) underground structures. Direct Current Resistivity (DCR), Induced Polarization (IP) and Self Potential(SP) methods are called Geophysical Electrical Methods. Magnetotelluric (MT), Controlled Source EM (CSEM), Transient EM (TEM), Horizontal Loop EM (HLEM or Slingram), Very Low Frequency (VLF), Magnetic Resonance Drilling (MRS) and Ground Radar (GPR) methods are called Geophysical Electromagnetic Methods. Nowadays, some of these methods have been developed and started to be called with new names. In some of these E and EM methods, data collection and data processing are done in the time domain and in others, in the frequency domain. In the MT and CSEM methods, data are collected in the time domain and

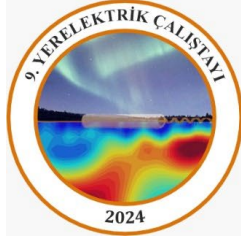


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



data interpretation is made in the frequency domain. The Ground Penetrating Radar method is sensitive to the dielectric permittivity parameter. The other E and EM methods are sensitive to the resistivity parameter. E and EM data can be measured on land, in the air, in wells and tunnels, and on the water surface or under the water. They are used to investigate shallow and deep geological structures and their associated buried faults. It is also widely used in deep research, such as studying the structure of the crust, lithosphere, and asthenosphere. Within the scope of exploration geophysics, they are preferred in energy and raw material research such as oil, gas, geothermal, mineral, and coal. They are also used for site investigation for engineering building site selection such as viaducts, bridges, dams, and buildings. E and EM methods are used to prevent natural disasters and/or reduce their impact such as earthquakes and landslides. Buried archaeological structures, damaged pipes, sinkholes, etc. can also be located by E and EM methods. In the last 20 years, it has also been used in the examination of reinforced concrete structures under the name of structural geophysics as a non-destructive examination method. This presentation consists of three parts. In the first part, instrumental developments in geophysical electromagnetic methods will be presented. In the second part, developments in data processing of E and EM data will be presented. In the third section, new applications or current application areas of E and EM methods will be discussed. At the end of the presentation, academic research areas around the world in E and EM methods will be mentioned.

Keywords: Geophysical Electric Methods, Geophysical Electromagnetic Methods, Data Acquisition, Data Processing, Artificial intelligence, Modeling, Inversion



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Çevre Araştırmalarında Jeofizik Ve Elektrokinetik Yöntemlerin Uygulanması

Application of Geophysical and Electrokinetic Methods in Environmental Research

Emin U. ULUGERGERLİ*¹, Buse ÖZENTÜRK² ve Öznur KARACA²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

E-posta: emin@comu.edu.tr,

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

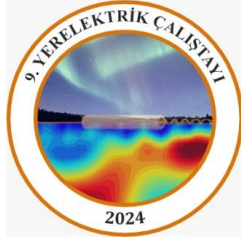
Toprak kirliliğine neden olan başta tuz ve ağır metallerin arıtımı için pek çok yöntem bulunmakla birlikte son yıllarda elektrokinetik arıtım yönteminin kullanımı yaygınlaşmıştır. Çanakkale ili Dardanos mevkiinde yer alan, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi yerleşkesinden alınan toprak örnekleri üzerinde elektrokinetik yöntem denenmiştir. Örneklemeye yapılacak alan silt içeriği yüksek tarımsal amaçlı kullanılan tarladır. Kirlenme (tuzlanma) düzensiz olarak oluşmuştur. Jeofizik yöntemlerden doğru akım öz direnç yöntemi kullanılarak toprak örneğinin alınacağı nokta belirlenmiştir. Belirlenen alandan alınan toprak örneğinin incelemesi ile deniz kaynaklı tuzlanma nedeniyle NaCl eşdeğeri %0,45, elektriksel iletkenliği (EC) 1282 $\mu\text{s/cm}$ ve pH değeri 8,33 olarak bulunmuştur. Laboratuvar koşullarında yapılan deneylerde üç farklı türde elektrodun kullanılabilirliğinde denenmiştir. Örnek olarak alınan toprak bir plastik kap içerisine doldurulmuş ve iki dış sırada katot (-) ve ortada anot (+) elektrot çiftleri düzeni ile çalışma yapılmıştır. Elektrot türüne bağlı olarak elektriksel iletkenlik değişimleri izleyen biçimde elde edilmiştir; Bakır elektrot %13,5, galvanizli çelik elektrot %19,4 ve alüminyum levhada %44. Ancak tüm elektrotlarda yüksek oranda tahribata neden olan korozyon meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrokinetik, Doğru Akım Öz direnç Yöntemi, Kirlilik, Tuzlanma

ABSTRACT

Although there are many methods for the remediation of salinization and heavy metals that cause soil pollution, the use of the electrokinetic remediation method has become widespread in recent years. The electrokinetic method was tested on soil samples taken from the Çanakkale Onsekiz Mart University campus, located in Dardanos district in Çanakkale. The area to be sampled is a field used for agricultural purposes with high silt content. Contamination (salinization) occurred irregularly. The point where the soil sample would be taken was determined by using the direct current resistivity method. By examining the soil sample taken from the selected area, the NaCl equivalent was found to be 0.45%, the electrical conductivity (EC) was 1282 $\mu\text{s/cm}$ and the pH value was 8.33 due to saline water intrusion nearby sea. In the experiments conducted under laboratory conditions, the usability of three different types of electrodes was tested. The soil taken as a sample was filled into a plastic container and then the study was carried out with the arrangement of electrode pairs with cathode (-) in two outer rows and anode (+) in the middle. Changes in electrical conductivity depending on the electrode type were obtained following; Copper electrode 13.5%, galvanized steel electrode 19.4% and aluminium sheet 44%. However, highly destructive corrosion occurred on all electrodes.

Keywords: Electrokinetics, Direct Current Resistivity method, Pollution, Salinization



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde Yön Bağımlılık (Anizotropi)

Anisotropy in Electrical and Electromagnetic Methods

Ertan PEKŞEN*,¹

¹ Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Umuttepe Kampüsü
41001 İzmit Kocaeli

E-posta: ertanpeksen@kocaeli.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

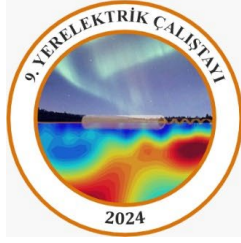
ÖZ

Bu çalışmada elektrik ve elektromanyetik yöntemlerde yön bağımlılık araştırılmıştır. Elektrik ve elektromanyetik yöntemler genel olarak Maxwell denklemlerinden türetilir. Maxwell denklemleri kullanılarak teorik olarak geliştirilen elektrik ve elektromanyetik yöntemlerde genel olarak ortamın özdirenç değerinin yön bağımsız olduğu kabul edilerek işlemler yapılır. Bu kabul yeraltının karmaşık yapısı karşısında yetersiz kalmakta ve hatalı sonuçlar elde etmemize neden olmaktadır. Yapılan çalışmalara göre yüzeyden yapılan jeofizik çalışmalara göre elektriksel yön bağımlılık katsayısı genellikle 1 ile 3 arasında değişmektedir. Kuyularda yapılan ölçülerde bu değer çok daha yüksek olduğu bilinmektedir. Elektrik ve elektromanyetik yöntemlerdeki ölçüleri formasyonun porozitesi, çimentolanma faktörü, suya doygunluğu, formasyon suyunun özdirenci, sıcaklık, elektriksel anizotropi vb. etkilemektedir. Elektriksel anizotropi ölçülerin yöne bağlı değişmesi anlamındadır. Elektriksel anizotropi ile ilgili yapılan pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada indüksiyon kuyu logları, doğru akım özdirenç ve indüksiyon polarizasyon yöntemlerinde yön bağımlılık incelenmiştir. Elektromanyetik yöntemlerden olan indüksiyon kuyu loglarında yön bağımlılık ölçüleri etkilemektedir. Bu etkiler özdirenç değerlerinin kestirilmesinde hatalara neden olduğu için ölçülere yön bağımlılığın dahil edilmesi gerekmektedir. Kuyu içinde ölçülen manyetik alan bileşenlerinden yatay ve düşey özdirenç değerleri kestirilebilir ve anizotropi katsayısı elde edilebilir. Doğru akım özdirenç yönteminde, Schlumberger elektrot dizilimine göre ölçülen veriler yön bağımlı olarak değerlendirilmiştir. Yatay ve düşey özdirenç değerlerinin ayrı ayrı elde edilip kestirilmesi global optimizasyon yöntemleri ve yapay sinir ağlarıyla kestirilebilir. Elektriksel anizotropi dahil edilmeyen çalışmalarda, düşey elektrik sondaj verileriyle kestirim işlemlerinde derinliklerde hatalar olmaktadır. İndüksiyon polarizasyon yönteminde yapılan teorik çalışmaların sonuçlarına göre, bu yöntemde de yön bağımlılığın sonuçları etkilediği gözlenmiştir. Farklı elektriksel anizotropik modeller üzerinden yapılan hesaplamalarda şarjabilite eğrilerinin kayması anizotropi katsayısı ile doğru orantılıdır. Sonuç olarak bu çalışmada, yeraltının elektriksel olarak anizotrop kabul edildiği durumlarda üç farklı elektrik ve elektromanyetik yöntemler için araştırılmıştır. Her bir yöntem için etkilerin nasıl giderileceği açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel yön bağımlılık, anizotropi, indüksiyon kuyu logları, doğru akım özdirenç, indüksiyon polarizasyon

ABSTRACT

In this study, anisotropy in electrical and electromagnetic methods was investigated. Electrical and electromagnetic methods are generally derived from Maxwell's equations. Derivations using Maxwell's equations in electrical and electromagnetic methods are generally carried out assuming that the resistivity value of the medium is direction independent. This assumption is insufficient against the complex structure of the subsurface and leads to erroneous. According to studies conducted on surface geophysical studies, the electrical anisotropy coefficient generally varies between 1 and 3. It is known that this value is much higher in measurements made in wells. Measurements in electrical and electromagnetic methods depend on porosity of the formation, cementation factor, water saturation, resistivity of formation water, temperature, electrical anisotropy, etc. Electrical anisotropy means that measurements change depending on direction. There are many

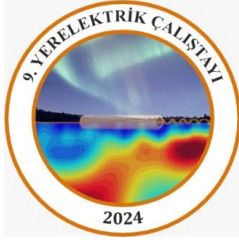


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



studies on electrical anisotropy. In this study, direction dependence in induction well logs, direct current resistivity and induction polarization methods was examined. Direction dependence affects measurements in induction well logs, which is one of the electromagnetic methods. Since these effects cause errors in estimating resistivity values, direction dependence must be included in the measurements. Horizontal and vertical resistivity values can be estimated from the magnetic field components measured in a well and the anisotropy coefficient can be obtained. In the direct current resistivity method, the data measured with a Schlumberger electrode array were interpreted as direction dependent. Horizontal and vertical resistivity values can be obtained and estimated separately by global optimization methods and artificial neural networks. There are errors in depth estimation using vertical electrical sounding data without considering electrical anisotropy. According to the results of theoretical studies conducted on the induction polarization method, it has been observed that direction dependence affects the results in this method as well. In calculations applied on different electrical anisotropic models, the shift of the chargeability curves is directly proportional to the anisotropy coefficient. As a result, in this study, three different electrical and electromagnetic methods were investigated in cases where the underground is considered electrically anisotropic. For each method, how to eliminate the effects is explained.

Keywords: Electrical direction dependence, anisotropy, induction well logs, direct current resistivity, induction polarization



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Jeofizikte Metasezgisel Uygulamalar

Metaheuristic Applications in Geophysics

Çağlayan BALKAYA*,¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta

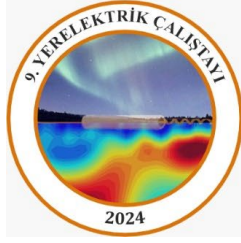
E-posta: caglayanbalkaya@sdu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Jeofizikte elektrik ve elektromanyetik yöntem uygulamalarından elde edilen veri kümelerinin optimizasyonu yeraltı katman ve yapılarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaç için geleneksel türev tabanlı yöntemler uzun süredir kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda metasezgisel yöntemlerin bu alandaki popülerliği ve uygulanabilirliği de artmıştır. Metasezgiseller, çeşitli jeofizik uygulamalardan elde edilen farklı veri kümelerinin optimizasyonunda görece daha geniş bir arama uzayında çözüm üretebilmektedir. Ayrıca, veri kümelerindeki belirsizliklerin değerlendirilmesinde istatistiksel olarak temellendirilmiş esnek bir algoritmik yapıya sahiptirler. Metasezgisel algoritmaların geliştirilmesi ve performanslarının değerlendirilmesi için test fonksiyonları önemli bir rol oynamaktadır. Metasezgisellerin etkinliklerinin değerlendirilmesi için farklı algoritmaların aynı koşullar altında karşılaştırılması önemlidir. Bu kapsamda test fonksiyonları, bu karşılaştırmaları yapmak için standart birer araçtır. Bir algoritmanın belirli bir test fonksiyonu üzerinde nasıl performans gösterdiği, algoritmanın güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Metasezgisel algoritmalar genellikle çeşitli parametrelerle yapılandırıldıkları için, test fonksiyonları, bu parametrelerin doğru ayarlanmasına da yardımcı olabilir. Ayrıca, bu fonksiyonlar, genellikle farklı tipteki optimizasyon problemlerini temsil ettikleri için metasezgisel algoritmaların genel performansını ölçmek için de bir çeşitlilik sağlarlar. Böylece, farklı yapıdaki test fonksiyonları, algoritmaların farklı türdeki problemlere ne derece iyi uyum sağladığını görmemize de yardımcı olur. Bu kapsamda, doğal uçlaşma (DU) yöntemi de jeofiziğin optimizasyon problemleri için önemli bir test fonksiyonu olarak düşünülebilir. Yeraltı yapılarının araştırılmasında çoğunlukla kullanılan küre, silindir, yaprak, levha ya da düzlemsel basit geometri modeller optimizasyon probleminde çeşitliliği artırır. Bu modeller ile kuramsal belirtileri üretmek için kullanılan matematiksel bağıntılar da test fonksiyonlarına benzerdir ve karmaşık değildir. Yöntem, özellikle yirminci yüzyılın başlarında ve ortalarında ağırlıklı olarak metalik sülfid cevheri araştırmalarında kullanıldığı için dünyanın çeşitli bölgelerinden sondaj sonuçları da olan arazi verilerine kolayca ulaşmak mümkündür. Bu veri kümelerinin farklı metasezgiseller ile global optimizasyonu bu algoritmaların jeofizikteki optimizasyon problemlerinde başarısını değerlendirmek için değerli bir araçtır. Bu çalışma, eğimli levha tipi bir yapının neden olduğu DU belirtilerinin optimizasyonunda kültürel algoritmanın (KA) etkinliğini araştırmaktadır. Optimizasyonda, yapının uçlaşma parametresi, merkezinin yeryüzündeki izdüşümü, uzunluğu, derinliği ve eğimi kestirilmiştir. Değerlendirmede, gürültü içeriğinin ve tekdüze, normal ve beta gibi farklı başlangıç topluluk dağılımlarının çözüm üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Algoritmanın kontrol parametresi için önerilen değerinin, yapı sayısındaki artışa paralel olarak parametre sayısı arttığında verimli çözüm üretmediği belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu kapsamda kendi kendine uyarlanabilir bir KA yaklaşımı geliştirilmiştir. Arazi verileri değerlendirmelerinden elde edilen optimizasyon sonuçları literatürdeki diğer metasezgisel uygulamaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bulgular, önerilen yaklaşımın jeofizikteki farklı optimizasyon problemleri için pratik ve umut verici bir metasezgisel olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Global Optimizasyon, Metasezgisel, Kültürel Algoritma, Doğal Uçlaşma



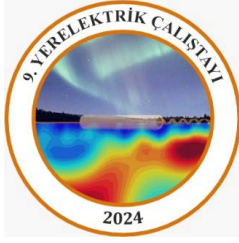
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



ABSTRACT

The optimization of data sets obtained from electrical and electromagnetic methods in geophysics is often used in determining subsurface layers and structures. Traditional derivative-based methods have long been used for this purpose. In recent years, however, the popularity and applicability of metaheuristics have increased in this field. Metaheuristics can provide solutions in a relatively large search space when optimizing different data sets originating from different geophysical applications. Additionally, they possess a statistically grounded flexible algorithmic structure for assessing uncertainties in the data sets. Test functions play a pivotal role in developing and evaluating metaheuristic algorithms. Comparing different algorithms under identical conditions is fundamental to assessing their efficacy. Test functions serve as standard tools for such comparisons in this context. Understanding an algorithm's performance on a specific test function helps identify its strengths and weaknesses. Since metaheuristics algorithms are typically configured with various parameters, test functions can assist in adjusting these parameters correctly. Moreover, by representing different optimization problems, these functions also provide diversity to measure the overall performance of metaheuristic algorithms. Thus, different test functions help us understand how well algorithms adapt to various problems. In this context, the self-potential (SP) method can also be considered a vital test function for optimization problems in geophysics. Simple geometric models such as spheres, cylinders, leaves, plates, or planar shapes commonly used in subsurface structure investigations increase the diversity in optimization problems. The mathematical relationships used to produce theoretical responses with these models are similar to test functions and are not complex. Because the method was primarily used to explore metallic sulfide ores in the early and mid-20th century, it is possible to easily access field data with drilling results from various world regions. The global optimization of these data sets with different metaheuristics is a valuable tool for evaluating the success of these algorithms on optimization problems in geophysics. The present study investigated the efficiency of the cultural algorithm (CA) in optimizing the SP anomalies caused by an inclined sheet-type structure. During optimization, the polarization parameter of the structure and its projection on the earth's surface, length, depth, and slope were estimated. The evaluation investigated the effect of noise content and different initial population distributions on the solution, including uniform, normal, and beta. It was determined that the proposed value for the control parameter of the algorithm could not produce efficient solutions as the number of parameters increased in parallel with the increase in the number of structures. Consequently, a self-adaptive CA approach was developed. The results of the field data evaluations were also compared with those of other metaheuristic applications in the literature. The findings demonstrated that the proposed approach is a practical and promising metaheuristic for different optimization problems in geophysics.

Keywords: Global Optimization, Metaheuristic, Cultural Algorithm, Self Potential



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



DAÖ Verilerinin 2B Ters Çözüm Sonuçlarının Derin Öğrenme Tabanlı DCR2D_Net_Archeo Algoritması ile İyileştirilmesi

Enhancement of DCR Data 2D inversion Result using Deep Learning Based DCR2D_Net_Archeo Algorithm

Demet ÖVER^{*1}, M. Emin CANDANSAYAR²

¹ Ankara Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Müh. Anabilim Dalı, 06110 Dışkapı, Ankara, TÜRKİYE

² Ankara Üniv., Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl., Jeofizik Modelleme Grubu (GMG), 06830, Gölbaşı, Ankara, TÜRKİYE

*Sunumu yapacak yazar

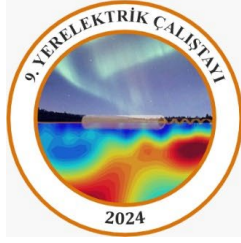
ÖZ

Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yöntemi, maden aramaları, gömülü fayların tespiti, arkeojeofizik uygulamaları gibi alanlarda sık kullanımıyla bilinen jeofizik yöntemlerden biridir. DAÖ verileri genellikle çok elektrotlu ve çok kanallı ölçüm sistemleri kullanılarak bir profil boyunca veya birbirine paralel hatlar boyunca toplanır ve iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) ters çözüm algoritmaları kullanılarak yorumlanır. DAÖ yönteminde ters çözüm problemi, kötü koşullu (ill-posed) bir problemdir. 2B ve 3B ters çözümde, başlangıç modeli olarak homojen model kullanılır ve ters çözüm algoritması olarak genellikle yuvarlatıcılı durağanlaştırıcı kullanan Tikhonov düzgünleştiricisi (Tikhonov regularization method with smoothing stabilizer) yöntemi kullanılır. Bu yöntemle, DAÖ verilerinin ters çözümü sonucu yuvarlatılmış sınırı olan model elde edilir. Ancak arkeolojik alanlarda aranan gömülü yapılar genelde yüksek özdirençlidir ve keskin sınırlıdır. Dolayısıyla, geleneksel ters çözüm algoritmaları arkeolojik yapıların yerlerini tam olarak vermez. Son yıllarda yapay zeka algoritmaları jeofizik verilerden, 2B/3B fiziksel model elde etmek üzere yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu çalışmada da, arkeolojik alanlarda kullanılmak üzere U-Net temelli "evrişimli sinir ağı (Convolutional Neural Network -CNN)" algoritması kullanarak DCR2D_Net_Archeo isimli yeni bir ağ tasarlanmıştır. DCR2D_Net_Archeo, arkeolojik alanlarda çevresine göre keskin özdirenç sınırlı gömülü duvar, oda vb. arkeolojik yapıların yerlerinin tespitine yönelik geliştirilmiştir. Girdi olarak 2B ters çözüm sonuçlarını ve çıktı olarak ta ona karşılık gelen gerçek modeller kullanılmıştır. Geliştirilen bu algoritma ilk olarak sentetik veriler kullanarak test edilmiştir. Geliştirilen algoritmanın 2B DAÖ verilerinin klasik ters çözüm sonuçlarını iyileştirdiğini ve gömülü cismin konumunun ve derinliğinin gerçek modele çok daha yakın bulunabildiği görülmüştür. DCR2D_Net_Archeo algoritması, arkeolojik alanlarda ölçülen iki farklı arazi verilerinin yorumlanmasında da kullanılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen derin öğrenme tabanlı algoritma ile gömülü duvar kesitinin konumunun ve derinliğinin, kazılan duvar yapısıyla karşılaştırıldığında, klasik ters çözüm sonucundan daha iyi bulunduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğru Akım Özdirenç, 2B, Ters Çözüm, Derin Öğrenme, evrişimli sinir ağı, Arkeojeofizik

ABSTRACT

The Direct Current Resistivity (DCR) method is a well-known geophysical method extensively utilized in fields such as mineral exploration, detection of buried faults, and archaeogeophysical studies. DCR data is typically collected along a profile or parallel lines using multi-electrode and multi-channel measurement systems and interpreted using two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) inversion algorithms. The inversion problem in the DCR method is known to be ill-posed. In both 2D and 3D inversions, a homogeneous model is used as the initial model, and the Tikhonov regularization method with a smoothing stabilizer is commonly employed as the inversion algorithm.

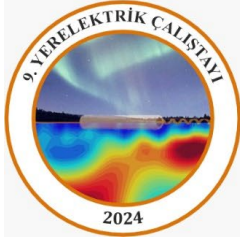


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



This method results in models with smoothed boundaries upon inversion of DCR data. However, the buried structures investigated in archaeological sites are generally highly resistive with sharp boundaries. Hence, traditional inversion algorithms don't accurately pinpoint the locations of archaeological structures. In recent years, artificial intelligence algorithms have become increasingly popular for modeling 2D/3D physical models from geophysical data. In this study, a new network named DCR2D_Net_Archeo, based on the U-Net Convolutional Neural Network (CNN) algorithm, has been designed specifically for archaeological sites. DCR2D_Net_Archeo is developed for the detection of archaeological structures with sharp resistivity boundaries, such as buried walls or rooms, relative to their surroundings. It uses 2D inversion results as input and corresponding real models as output. This algorithm was first tested using synthetic data. It has been observed that the developed algorithm improves upon the classical inversion results of 2D DCR data, finding the location and depth of the buried object much closer to the real model. The DCR2D_Net_Archeo algorithm has also been applied in the interpretation of two different field data measured in archaeological sites. This deep learning-based approach has shown that the position and depth of a buried wall section can be determined more accurately compared to the classical inversion results when compared with the excavated wall structure.

Keywords: Direct Current Resistivity, 2D, Inversion, Deep Learning, Convolutional Neural Network, Archaeogeophysics



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Manyetotellürik ve Yüzey Dalgası Dispersiyon Verilerinin Yapısal-Bağlı Birleşik Modellenmesinde Pareto-Optimal Sürü Zekâsı Algoritması ve Avantajları

Advantages of Pareto-optimal swarm intelligence algorithm in structurally-coupled joint modeling of magnetotelluric and surface wave dispersion data

Ersin BÜYÜK^{*,1,2}, Ekrem ZOR², Mustafa Cengiz Tapırdamaz²

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

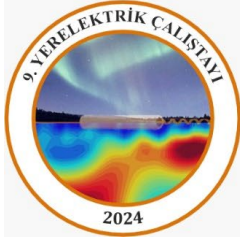
² TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Yer Bilimleri Araştırma Grubu

E-posta: ebuyuk@gumushane.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Birleşik ters çözüm çalışmaları, çözüm kalitesini iyileştirerek tanımlanması zor yapıların belirlenmesi ve kabul edilecek modellerin sınırlandırılması ile giderek artan bir popülerlik kazanmıştır. Manyetotellürik ve yüzey dalgası dispersiyonu verilerinin birleşik ters çözümü, kabuk yapıları için de değerli bilgiler sağlamakta ve çözüm için tamamlayıcı özellik sergilemektedir. Bu iki veri setinin birleşik ters çözümünde, fiziksel olarak tam anlamıyla ilişkilendirilemeyen elektriksel iletkenlik ve sismik hız parametrelerinin kestirimi genellikle iki yolla yapılmaktadır. Bunlar: 1) yapısal-bağlı ve 2) petrofiziksel birleşik ters çözümdür. Yapısal-bağlı birleşik ters çözümde genellikle çapraz-yönel eğilim yaklaşımı kullanılmakta ve fiziksel parametrelerin uzaysal değişimleri üzerinde yapısal kısıtlamalar kullanılmaktadır. Ancak sismik hız ve elektriksel özdirenç parametrelerinin benzer uzaysal konumlarda aynı veya benzer yönelim veya şiddette tepki göstereceğinden emin olunamaması, farklı yapısal bağılıkların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Petrofiziksel birleşik ters çözümde ise, petrofiziksel parametrelerin jeofizik gözlemler üzerinden doğrudan tahminine dayanmaktadır. Bu tahminde en büyük sorun petrofiziksel parametrelerin fiziksel olarak tutarlık göstermesinin garanti edilememesidir. Çünkü sismik hızlar ve elektriksel özdirençler kabuksal ortamda gözeneklilik, geçirgenlik ve sıcaklık gibi farklı petrofiziksel özelliklere farklı tepkiler gösterebilmektedir. Hem yapısal hem de petrofiziksel birleşik ters çözümünde kullanılan modelleme teknikleri aynı zamanda farklı veri setlerinin uyumsuzluğunu ifade edilen amaç fonksiyonlarının eş zamanlı olarak minimizasyonunu gerektirmektedir. Bu yaklaşımlar hem manyetotellürik hem de dispersiyon eğrilerinin ters çözümünde türev temelli yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu durum bir başlangıç modeline bağımlılığa ve yerel minimumda tuzaklanmaya sebep olmaktadır. Ancak modern küresel optimizasyon yöntemlerinden biri olan Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), bu dezavantajları ortadan kaldırarak jeofizik verilerini modellemek için giderek daha kullanışlı bir yöntem haline gelmektedir. Kullanılan birleşik ters çözüm tekniklerinde bir diğer dezavantaj ise amaç fonksiyonlarının kombinasyonudur. Bu durumda amaç fonksiyonları üzerindeki öznel ve öngörülemeyen ağırlıklar ve doğrusal kombinasyonlar yanıltıcı sonuçlara yol açabilmektedir. Etkili bir yöntem olarak özellikle mühendislik uygulamalarında kullanılan Pareto optimalite yaklaşımı ise çelişen amaç fonksiyonlarını üzerinde bir çözüm kümesi sunarak olası tüm çözümleri ortaya koymaktadır. Bu çalışma, PSO'nun Pareto optimalite yaklaşımı ile entegrasyonu ve yapısal bağıllık yaklaşımı sayesinde manyetotellürik görünür özdirenç ve arka plan gürültüsünden Rayleigh dalgası dispersiyon verilerinin birleşik ters çözümü için yeni bir yaklaşım önermektedir. Yöntemin uygulanabilirliğini doğrulamak amacıyla sentetik ve birbirleriyle uyumlu ve uyumsuz özdirenç ve sismik hız modelleri üzerinden analizler yapılmıştır. Sentetik analizlerde üretilen modellerin başarılı bir şekilde elde edilmesi sonrası, Biga Yarımadasının güneyinde bulunan sismolojik ve manyetotellürik istasyon verilerinin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Saha verilerinin modellenmesi sonucunda elde edilen bulguların önceki çalışmalar ile tutarlılığı, sunulan yaklaşımın güvenilirlik



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



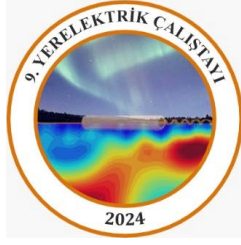
kullanılması hususunda bizleri güçlendirmiştir. Böylece farklı hassasiyetlere sahip böyle fiziksel parametrelerin olası farklı yapısal bağılıkları yönel-eğilim tabanlı yaklaşımlara gerek kalmadan elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Manyetotellürik, Rayleigh dalgası dispersiyonu, Pareto optimalliği, Parçacık sürü optimizasyonu

ABSTRACT

Joint inversion studies are becoming increasingly popular as they improve the quality of solutions, determine the structures that are difficult to identify and constrain the acceptable models. The joint inversion of magnetotelluric and surface wave dispersion data also provides valuable information about the crustal structures and enables a complementary solution. In the joint inversion of these two data sets, the estimation of electrical conductivity and seismic velocity parameters, which cannot be fully correlated physically, is generally performed in two ways. These are: 1) structurally-coupled and 2) petrophysically-coupled joint inversion. In structurally-coupled joint inversion, a cross-gradient approach is usually used and structural constraints are utilized for the spatial variations of the physical parameters. However, since it is not possible to be certain that seismic velocity and electrical resistivity parameters respond at similar spatial locations in the same or similar orientation or intensity, different structural couplings must be considered. Petrophysical joint inversion is based on the direct estimation of petrophysical parameters from geophysical observations. The problem with this estimation is that it cannot be guaranteed that the petrophysical parameters are physically consistent. This is because seismic velocities and electrical resistivities can respond differently to different petrophysical properties such as porosity, permeability and temperature in the crustal structures. The modeling techniques used in both structural and petrophysical coupled inversion also require simultaneous minimization of the objective functions that express the misfits of the different data sets. These approaches generally rely on derivative-based approaches for the inversion of magnetotelluric and dispersion curves. As a result, they are dependent on an initial model and trapped in a local minimum. However, particle swarm optimization (PSO), one of the modern global optimization methods, is increasingly becoming a useful method for modeling geophysical data as it eliminates these drawbacks. Another disadvantage of the joint inversion techniques used is the combination of objective functions. In this case, subjective and unpredictable weightings and linear combinations of objective functions can lead to misleading results. The Pareto optimality approach, which is mainly used in engineering applications as an effective method, shows all possible solutions by presenting a solution set for conflicting objective functions. In this study, a new approach for the joint inversion of magnetotelluric apparent resistivities and Rayleigh wave dispersion curve from ambient noise data is proposed based on the integration of PSO with the Pareto optimality approach and the structurally coupled approach. To verify the applicability of the method, analyzes were performed using synthetic, compatible and incompatible resistivity models and seismic velocity models. After the models produced in the synthetic analyzes were successful, the modeling of the seismological and magnetotelluric data obtained in the south of the Biga Peninsula was carried out. The agreement of the findings obtained by modeling the field data with previous studies has encouraged us to apply the presented approach with confidence. Thus, possible different structural couplings of such physical parameters with different sensitivities can be determined without the need for gradient-based approaches.

Keywords: Magnetotelluric, Rayleigh wave dispersion, Pareto optimality, Particle swarm optimization



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Manyetotellürik Verinin Üç-boyutlu Evirtimi ile Trakya Havzası Tortul Kalınlığının Kestirimi

Estimation of the Sediment Thickness in the Thrace Basin from the Three-dimensional Inversion of Magnetotelluric Data

Cemal KAYA¹, Ahmet T. BAŞOKUR^{*, 2}

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara (proje sürecinde)

² Lemnis Yerbilimleri, Ankara Üniversitesi Teknokent, Gölbaşı, Ankara
E-posta: basokur@ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

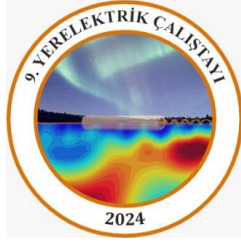
Trakya Havza'sında, uzak-referans manyetotellürik (MT) sistemi ile 40 istasyonda zaman serisi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Veri toplamada, 20-7.5 Hz ve 6-0.00055 Hz frekans bantları kullanılmıştır. Ölçü istasyonları, Ege Denizi'nden başlayarak Karadeniz'de biten güneybatı-kuzeydoğu yönlü bir hat üzerinde bulunmaktadır. Hattın toplam uzunluğu 207 kilometredir. ModEM (the modular system for electromagnetic (EM) geophysical data) yazılımı ile üç-boyutlu (3B) modelin kuramsal yanıtı ve evirtim yinelemeleri paralel hesaplama ile hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçü alanı dışındaki deniz tabanı topoğrafyası ve deniz suyunun özdirenci, 3B modele eklenmiş ve düşük özdirençli bölgelerin etkisi ile modelde yapay belirtilerin oluşması engellenmiştir. MT verisinin üç-boyutlu evirtimi ile ana jeolojik bileşenler ve tortul örtü ile temel arayüzeyi görüntülenmiştir. Üç-boyutlu özdirenç modelinin düşey doğrultudaki büküm ve sapma noktalarından yararlanılarak, tortul kalınlıkları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç-boyutlu evirtim, Manyetotellürik, Kuzeybatı Türkiye, Trakya Baseni

ABSTRACT

The time-variation of the magnetotelluric (MT) fields was recorded at 40 measurement stations in the Thrace Basin (North-western Turkey) by a remote-reference MT system that records the MT data in two frequency bands allowing a data acquisition between 320 – 7.5 Hz and 6 - 0.00055 Hz, respectively. The measurement stations were located from the Aegean Sea to the Black Sea along a 207 km profile in the southeast-northwest direction. The parallel version of ModEM (the modular system for electromagnetic (EM) geophysical data) software allowed for fast computation of the theoretical response of a three-dimensional (3D). The seabed topography and seawater resistivity was included in the 3D model, and thus, the effect of low resistivity that creates artefacts in the final model was avoided. Three-dimensional inversion of MT data outlined the main geological elements of the region and the interface between sedimentary cover and basement rocks. The sedimentary thickness in the basin is interpreted with the help of inflection and deflection points of the three-dimensional resistivity model in the vertical direction.

Keywords: Three-dimensional inversion, Magnetotellurics, North-western Türkiye, Thrace Basin



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Mogan Gölü (Ankara) Taban Tortularının Doğru Akım Özdirenç Yöntemi ile Araştırılması

Investigation of Mogan Lake (Ankara) Bottom Sediments with Direct Current Resistivity Method

İrfan AKCA^{*1}, Sinan AKISKA², Şebnem ARSLAN², Elif AKISKA², Devrim TEZCAN³

¹ Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Gölbaşı Ankara

² Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Gölbaşı Ankara

³ODTU Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli Mersin

E-posta: iakca@eng.ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

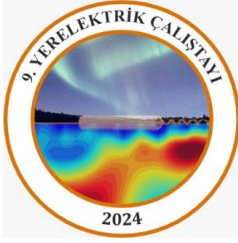
ÖZ

Sucul ortamlarda su tabanının altındaki jeolojik yapılarla ilgili jeofizik modeller, belirli bir fiziksel parametreye bağlı olarak yapılan ölçümlerin sonucu olarak elde edilebilirler. Bu bağlamda, sığ araştırma hedefleri için doğru akım özdirenç ve yer radarı yöntemleri su ortamında kullanılmaktadır. Jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal çalışmalar ile durgun ve akarsulardaki kirlilik, sığlaşma, sedimentasyon döngüsü ve dinamikleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, Ankara'nın güneyinde yer alan, ekolojik önemi nedeniyle özel koruma bölgesi ilan edilen Mogan Gölü'nde bütünleşik jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal araştırmalar yürütülmüştür. Ülkemizde bir iç su ortamında jeolojik ve jeofizik yöntemlerin yanı sıra batimetri ve jeokimya çalışmalarının bütünleşik olarak yürütüldüğü önemli ve öncü bir çalışma tamamlanmıştır. Dünya çapında bakıldığında, toplanan veri hacmi ve uygulanan yöntem çeşitliliği bakımından bu çalışma önemli bir örnektir. Ölçümlerde kullanılan sistem 40 kanallı ve 5 serimli olarak üretilmiştir. Bu sistem, su yüzeyinden çok-kanallı ve çok-serimli yapısı sayesinde üç boyutlu jeofizik ölçüm yapmaya olanak tanımıştır. Proje iş akışına bağlı olarak sırasıyla, batimetri ölçümleri, yer radarı ölçümleri, jeolojik örnek ve numune alımları ve bunların analizleri gerçekleştirilmiştir. Göl alanının neredeyse tamamını kapsayan ölçüm ve analizlerle elde edilen bulgular harita bazında sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Gölde genel bir su kirliliğinin var olduğu, su iletkenliğinin bir tatlı su ortamı için beklenenden oldukça yüksek olduğu, dip çamuru temizliği projesinin ardından ince bir çamur/güncel sediman katmanının bulunduğu ve göl tabanının hemen altında kilce zengin geçirimsiz bir birim yer aldığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su ortamı özdirenç, Mogan, Çok-serimli özdirenç

ABSTRACT

In aquatic environments, geophysical models of geological structures beneath the water's surface can be obtained as a result of measurements conducted depending on specific physical parameters. In this context, direct current resistivity and ground-penetrating radar methods are utilized for shallow research objectives. Geological, hydrogeological, and geochemical studies enable the determination of pollution, shallowing, sedimentation cycles, and dynamics in stagnant and flowing waters. In this study, integrated geological, geophysical, and geochemical research was conducted in Lake Mogan, located in the south of Ankara and declared a special conservation area due to its ecological importance. An important and pioneering study has been completed in our country where geological and geophysical methods are integrated with bathymetry and geochemistry studies in an inland water environment. When viewed globally, this study stands out as an important example in terms of the volume of data collected and the diversity of methods applied. The measurement system used in the study was produced as a 40-channel and 5-stream system. This system, with its multi-channel and multi-stream structure, enabled three-dimensional geophysical measurements from the water's surface. Successive measurements of bathymetry, ground-penetrating radar, geological sampling



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



and specimen collections, and their analyses were carried out in accordance with the project workflow. Findings obtained from measurements and analyses covering almost the entire lake area were presented and evaluated on a map basis. It was understood that there is a general water pollution in the lake, the conductivity of the water is considerably higher than expected for a freshwater environment, there is a fine mud/current sediment layer after the lake bottom cleaning project, and just below the lake bottom, there is an impermeable unit rich in clay.

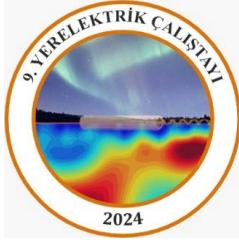
Keywords: Marine resistivity, Mogan, Multi-streamer resistivity

GİRİŞ

Su ortamı ile ilgili araştırma konuları, yapısı gereği çok disiplinli olduğundan genellikle iki veya daha çok disiplinden araştırmacıların bir arada çalışmasını gerektirir. Öte yandan deniz, göl ve akarsularda yapılacak çalışmalarda karadakinden farklı olarak örtü katmanı sudur. Doğrudan ya da dolaylı ölçüm ve gözlemler için bu su katmanının geçilmesi gerektiğinden uygulamada çeşitli zorluklar ortaya çıkmaktadır. Bilinen ve karada uygulanan yöntemlerin yordam ve ölçüm sistemlerinde buna göre değişiklikler yapmak gerekmektedir. Bu çalışmanın konusu jeolojik ve jeofizik yöntemlerin bir arada kullanılarak Ankara İli Gölbaşı İlçesi sınırları içerisinde yer alan Mogan Gölü'nde bu tür araştırmaların yürütülmesidir. Bu araştırmalarda kullanılacak jeofizik ölçüm sistemlerinden öz direnç ölçüm donanım ve yazılımı TÜBİTAK tarafından desteklenen 119Y547 numaralı proje kapsamında geliştirilmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen Mogan Gölü Ankara'nın güneyinde yer alan ekolojik anlamda çok önemli olduğu halde giderek artan insan baskısı dolayısıyla tehdit altında bir göldür (Beklioğlu, 2000). Göldeki sığlaşma iddiaları, sedimantasyon oranındaki belirsizlikler ve ekolojik endişeler bulunması ile 2016 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı arasında imzalanan "Mogan Gölü Dip Çamuru Temizlenmesi İşleri Birliği Protokolü" kapsamında göl tabanından 2.699.000 m³ çamur taraması yapılmıştır.

Mogan Gölü'nde yürütülen jeolojik, jeokimyasal ve hidrolojik araştırmalar ile taban sedimanlarından alınacak örnekler üzerinde tane boyu dağılımları, tortulların depolanma alanları gibi sedimantolojik özellikleri belirlemek ve göl tabanının tane boyu dağılım haritasını ortaya koymak, çevre kayalardan alınacak örnekler üzerinde yapılacak petrografik incelemelerle sedimanlara ait kaynak kayalar hakkında bilgi edinmek, göl suyunun kimyasını ortaya koymak ve iz metal kirliliğini tespit etmek, kirlilik dağılımına bağlı olarak kirlilik kaynaklarını belirlemek, dip sedimanlarından alınan örneklerin kimyasal bileşimlerini bularak bunlardaki iz metal kirliliklerini tespit etmek amaçlanmıştır. Çalışmanın jeofizik araştırmaları kapsayan bölümünde ise akarsu ve göllerde kullanılmak üzere 40 kanallı ve 5 serim üzerinde ölçüm yapabilen doğru akım öz direnç ölçüm sistemini geliştirmek, geliştirilen ölçme sistemi ile 5m profil aralığı ile yüksek çözünürlükte doğru akım öz direnç ölçümleri gerçekleştirmek ve su tabanından 5m derinliğe kadar jeolojik birimlerin elektriksel özelliklerini belirlemek, göl yüzeyinde yürütülecek yüksek çözünürlüklü yer radarı çalışmaları ile göl tabanındaki sedimantasyon, kırık çatlak ve olası su kaçaklarının ve su girişlerinin yerlerini belirlemek, yandan taramalı sonar (side-scan sonar) ile Mogan Gölü batimetri haritasını çıkarmak amaçlanmıştır. Eş zamanlı 5 hat üzerinde ölçüm gerçekleştirmeyi sağlayacak sistem MARES (Marine Resistivity System) ile bir defada yapılan tarama ile incelenen bölge bir hat olmaktan çıkıp bir alana, derinlik yönü düşünüldüğünde bir hacme dönüşmektedir. MARES ile Mogan Gölü'nde çok kapsamlı doğru akım öz direnç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Doğrulama ve destekleme amacı ile bir diğer jeofizik yöntem olan yer radarı (GPR) uygulanmış olmakla birlikte, göl suyunun dielektrik ve elektriksel özellikleri nedeni ile bu yöntemden beklenen su tabanı topoğrafik haritasının çıkarılması ve tabanın altındaki 5m derinlikten bilgi edinilmesi çıktılarında ulaşılamamıştır.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



YÖNTEM

Bu çalışma çok disiplinli, doğrudan kullanılabilir bilgi ve ürün üretilmesine yönelik açık hedef ve amaçlar çerçevesinde planlanmış ve yürütülmüştür. Literatür özeti bölümünde ortaya konulan eksiklikler de dikkate alınarak kapsamı aşağıdaki maddeler çerçevesinde AR-GE, ölçüm ve analiz adımlarından oluşacak şekilde belirlenmiştir:

- Göl ve akarsu ortamlarındaki elektrik özdirenç çalışmalarında kullanılacak çok-kanallı, çok-serimli (*multi-streamer*) bir ölçme sisteminin geliştirilmesi
- Geliştirilen bu sistemin Ankara İli Gölbaşı İlçesinde bulunan Mogan Gölü'nde önce doğrulanması, ardından göl suyunun özellikleri ve göl tabanının altındaki sedimanların görüntülenmesi amacı ile kullanılması
- Elektrik yöntem yanında Mogan Gölü'nün taban altı yapısının belirlenmesi için jeofizik yöntemlerden yer radarının uygun düzenlemeler ile gölde kullanılması
- Göl tabanının morfolojisi ile ilgili görüntüler elde edebilmek ve genel derinlik haritasının oluşturulması amacı ile SONAR taramalarının yapılması
- Göl suyu ve göl tabanı sedimanlarından alınacak örnekler üzerinde yapılacak analizler ile kirlilik, organik madde, tane boyu dağılımı, sedimantasyon döngüsü gibi özelliklerin ortaya konulması
- Elde edilen jeolojik, jeokimya ve jeofizik bilgilerin bir arada değerlendirilmesi.

Burada açık şekilde verilen her bir araştırma hedefine ulaşmak için birden çok disiplin ve araştırma alanı için çeşitli yöntem ve araçlardan faydalanılmıştır. Geliştirilen ölçüm sisteminin göldeki uygulamasına ait bir görüntü Şekil 1'de verilmiştir. Bu sistem ile toplamda 40 kanal ile beş eş zamanlı serim üzerinde gerilim ölçümü yapılabilmektedir. Bu şekilde toplanan veriler çeşitli şekillerde değerlendirilebilir. Verilerin iki ve üç boyutlu ters çözümü olanaklıdır. Örnek olarak P70 numaralı profile ait verilerin iki boyutlu ters çözümü Şekil 2'de verilmiştir. Verilerin üç boyutlu ters çözümü için ise beşli bir serimden elde edilen veriler kullanılmıştır. Üç boyutlu ters çözüm için kullanılan model ağının yapısı ise Şekil 3'de gösterilmiştir. Her iki durumda model amaç fonksiyonu

$$\Phi(p) = \left\| \mathbf{W}_d(\mathbf{d} - \mathbf{f}(\mathbf{p})) \right\|_2^2 + \alpha \left\| \mathbf{W}_p(\mathbf{p} - \mathbf{p}_{ref}) \right\|_2^2$$

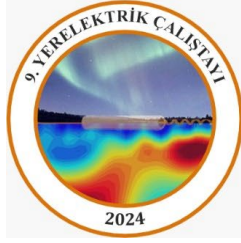
ve parametre düzeltme dizeyi

$$(\mathbf{J}\mathbf{W}_d^T\mathbf{W}_d\mathbf{J} + \alpha\mathbf{W}_p^T\mathbf{W}_p)\Delta\mathbf{p}_k = \mathbf{J}\mathbf{W}_d^T\mathbf{W}_d\Delta\mathbf{d} - \alpha\mathbf{W}_p^T\mathbf{W}_p(\mathbf{p}_k - \mathbf{p}_{ref})$$

şeklinde tanımlanmıştır (Akca ve Gölebatmaz, 2021). Burada \mathbf{J} kuramsal verinin parametrelere göre kısmi türevlerini içeren Jacobian dizeyini, $\Delta\mathbf{p}$ k numaralı yineleme adımında parametrelere yapılacak düzeltmeleri içeren vektör, $\Delta\mathbf{d}$ ise veri farkları vektörüdür. Bu dizeyin hesaplanması ile ilgili Spitzer (1998) tarafından benimsenen ve Smith ve Vozoff (1984) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Toplanan veriler bütüncül olarak üç-boyutlu olarak değerlendirilmiş ve bütün göle ait bir özdirenç modeli elde edilmiştir. Bu modelden belirli derinliklere ait özdirenç derinlik haritaları ise Şekil 4'de verilmiştir.

SONUÇLAR

Ölçülen veriler uygun ters çözüm yöntemleri ile değerlendirilerek elektrik özdirenç parametresinin iki ve üç boyutlu dağılımı bütün göl için elde edilmiştir. Ters çözüm sonuçları değerlendirildiğinde özdirenç dağılımlarının genel olarak sedimantolojik bulgular ve göl batimetrisi ile uyumlu olduğu görülmektedir. Elektrik özdirenç modellerinin ortak özelliği yaklaşık 3m su katmanının hemen ardından 50cm ila 1m kalınlığında killi kum, kalkerli kum şeklinde tanımlanan güncel çökeller yer almaktadır. Bu katmanın altında ise elektriksel olarak oldukça iletken ve su yüzeyinden 10-12m aralığına kadar uzanan bir birim ayırt edilmektedir. Bu birimin kilce zengin suya doygun bir litolojiye karşılık geldiği düşünülmektedir. Yöntemin uygulanması ile elde edilen araştırma derinliği



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



15metredir. 12-15 metre aralığında ise yeniden görece yüksek özdirençli bir taban birim ayırt edilmektedir. Bu genel yapı içerisinde çok sayıda konumda yanal süreksizlik noktaları belirlenmiştir. Genellikle yüksek özdirenç ile belirgin olan bu noktalarda göle tatlı su girişleri olabileceği, yanal küçük atımlı faylar olabileceği düşünülmüştür.

Gölün batı kıyısında bugün restoranların bulunduğu konumlarda kıyıya yakın yüksek özdirençli bölgeler ayırt edilmektedir. Bunun nedeni büyük oranda buradaki yapı destekleri için zemin iyileştirmeleridir. Öte yandan bu noktada su derinliği oldukça sığdır. Buna ek olarak gölün güney ucunda genç alüvyonlarca zengin bölümde göldeki en düşük özdirenç değerleri gözlenmiştir. Bunun Çölova deresinin taşıdığı özellikle kil silt içerikli alüvyon ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Gölün ortadan yaklaşık GB-KD hattı boyunca kesen bir hat üzerinde ise bir süreksizlik görülmektedir. Gölün GD kıyılarında ise görece yüksek özdirenç ile ayırt edilen belirtiler bulunmaktadır. Belirtilerin yorumları geniş kapsamlı bir makale olarak hazırlanarak yakın zamanda araştırmacılar ile paylaşılacaktır. Elde edilen genel özdirenç dağılımları göl tabanından alınan sediman örnekleri ve su numuneleri üzerinde yapılan analizler ışığında değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar dikkat çekmektedir.

- Özdirenç dağılımları ile su kirlilik haritalarının oldukça iyi uyum içinde olduğu, kirliliğin düşük olduğu yerlerde özdirençin görece yüksek olduğu görülebilmektedir.
- Göl tabanından alınan sediman numunelerinin içerik dağılımları (karbonat, kum, kil, silt) incelendiğinde ise özdirenç dağılımı ile bir korelasyon göstermediği söylenebilir. Bunun nedeni alınan örneklerin göl tabanından en fazla 50cm-1m derinliğe kadar bir bölümü temsil ediyor olmasıdır. Göl çökellerinin hemen altında hangi içerikte bir birim bulunduğu fiziksel olarak denenmemiştir. Düşük özdirenç değerlerinden (<3ohm) kil/siltçe zengin bir birim olduğu değerlendirilmektedir. Göl tabanında yer alan güncel çökelin ize özdirenç kesitlerinde algılanabilir, belirgin bir değişiklik üretmediği yorumlanmaktadır. Sonuçlar ve/veya tartışma bölümü mutlaka yazılmalıdır.

TEŞEKKÜR

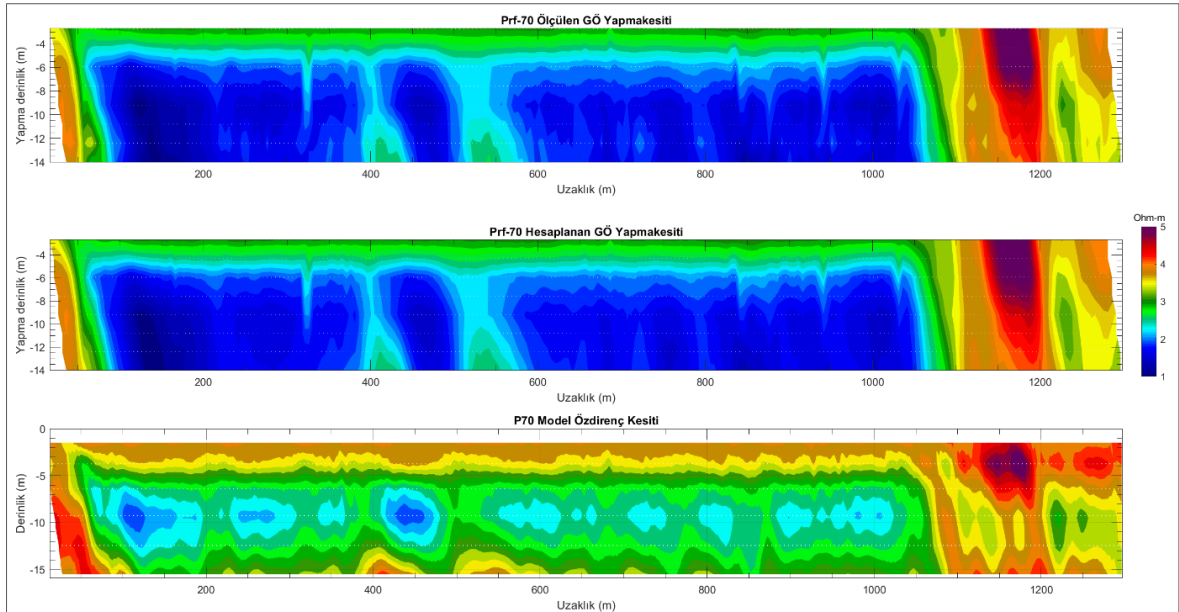
Bu çalışma 119Y547 numaralı TUBITAK projesi tarafından desteklenmiştir. Çalışmalarda görev alan Seçkin Sertaç Lallı, Murat Gölebatmaz, İrem Baysal, Bengisu Taşkın'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

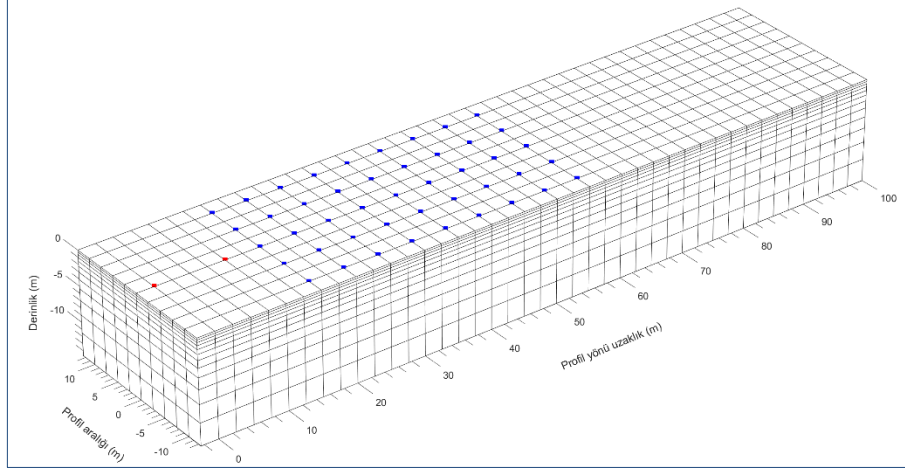
- Akca, İ., & Gölebatmaz, Ş. M. (2021). Three-dimensional inversion of DCR data incorporating structural similarity constraint. *Journal of Applied Geophysics*, 184, 104237.
- Beklioğlu, M., Burnak, S. L. and İnce, Ö. 2000. "Benthic-planktivorous Fish-Induced Low Water Quality of Lake Eymir Before Biomanipulation," *Turkish Journal of Zoology*: Vol. 24: No. 3, Article 11.
- ODTÜ, 1995. "Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri İçin Su Kaynakları ve Çevre Yönetim Planı Projesi, Kesin Rapor-Cilt 1, Cilt 2 (Ekler)", Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ASKİ Genel Müdürlüğü, No: 93- 03-03-04-01, Temmuz 1995, Ankara.
- Smith, N.C., & Vozoff, K. (1984). Two-Dimensional DC Resistivity Inversion for Dipole-Dipole Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, 21-28.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü. Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi Yönetim Planı 2015-2019. 2015 [https://webdosya.csb.gov.tr/db/tabiat/editordosya/golbasi_yonetim_plani\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/tabiat/editordosya/golbasi_yonetim_plani(1).pdf) Son erişim tarihi: 19 Eylül 2019.



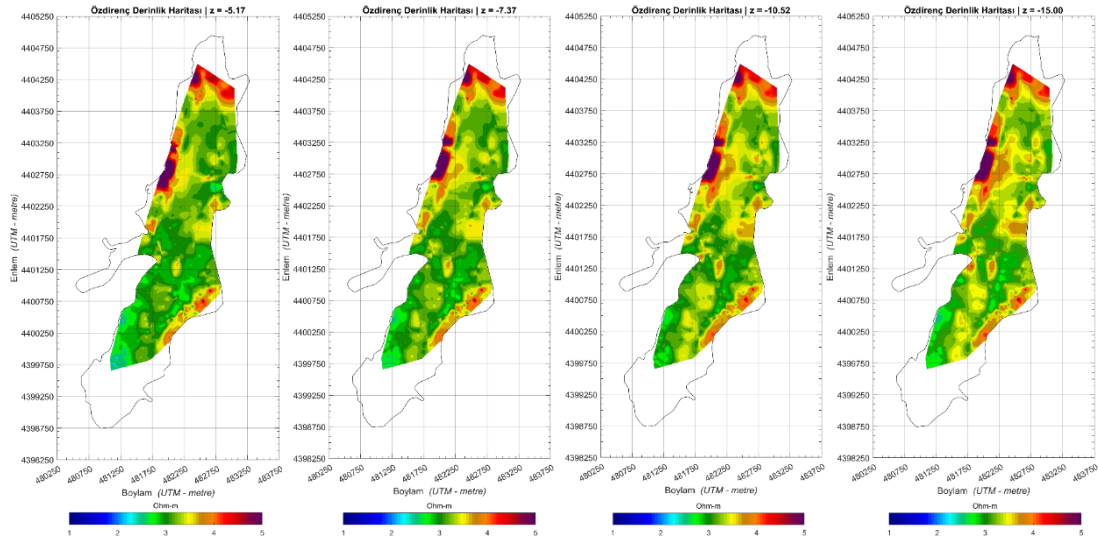
Şekil 1 MARES beş serimli ölçüm sistemi ile ölçü alınması



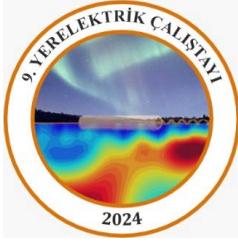
Şekil 2 P70 numaralı profile ait veri ve ters çözüm modeli



Şekil 3 Üç-boyutlu ters çözüm için kullanılan model ağı



Şekil 4 Mogan Gölü'nde ölçülen DAÖ verilerinin ters çözümünden oluşturulan öz direnç derinlik haritaları ([5-15m])



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Doğru Akım Özdirenç Yönteminde Dağıtık Elektrot Dizilimi Kullanılarak 3B Modelleme

3D Modelling Using Distributed Electrode Array in Direct Current Resistivity Method

Şerif Murat GÖLEBATMAZ^{*1}, İrfan AKCA¹

¹ Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Gölbaşı Ankara

E-posta: smgolebatmaz@ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

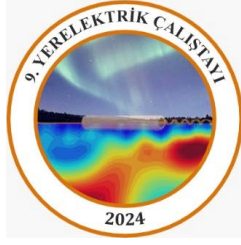
ÖZ

Jeofizik yöntemler genellikle karada uygulanmakla birlikte gerekli durumlarda su üzerinde ve su altında da uygulanabilir. Deniz ve iç sularda maden aramaları, mühendislik problemlerinin çözümü, gömülü nesne aramaları gibi uygulamalarda jeofizik yöntemler büyük faydalar sağlayabilir. Jeofizik yöntemlerle iç sularda özellikle göllerde ekoloji ve paleoklim gibi çalışmalar da yapılabilmektedir. Su derinliği ve ortam koşullarına bağlı olarak yüksek çözünürlüklü bir yöntem olan sismik kimi durumlarda kısıtlı kalmaktadır. Bu durumda elektrik ve elektromanyetik yöntemler söz konusu çalışma alanlarında su ortamlarında kullanılabilir. Çok elektrotlu ve/veya çok kanallı ölçüm sistemlerinin bir su taşıtının arkasından çekildiği hareketli ya da su tabanına batırılan kablo sistemleri ile ölçüm yapılmaktadır. Ancak çeşitli üstünlükleri yanında doğru akım özdirenç yönteminin su ortamı uygulamalarında çeşitli güçlükler de ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada DAÖ yönteminin sudaki uygulamalarında karşılaşılan bazı zorlukların üstesinden gelebilmek amacıyla yeni bir ölçüm düzeneği kurgulanmıştır. Kurgulanan ölçüm düzeneği, belirli bir geometriye bağlı kalmayı zorunlu kılmayan bir yapıdadır. Bu nedenle bağımsız alıcı dipol çiftleri su tabanına batırılmakta ve ölçümler uzaktan denetlenerek kablosuz haberleşme yoluyla yürütülmektedir. Bu tür bir ölçüm sistemi ile veri toplama sürecine geçirmeden önce, bu sistem modelleme ve ters çözüm işlemleriyle denetlenmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su Ortamı Özdirenç, Modelleme, Ters Çözüm

ABSTRACT

Although geophysical methods are primarily employed on land, they can also be utilized underwater when necessary. These methods offer significant advantages in various applications, including mineral exploration in marine and freshwater environments, addressing engineering challenges, and locating buried objects. Additionally, geophysical techniques enable studies in fields such as ecology and paleoclimate, particularly in inland bodies of water, like lakes. The effectiveness of seismic, a high-resolution method, may be limited in certain underwater scenarios due to factors such as water depth and environmental conditions. In such cases, electrical and electromagnetic methods become valuable alternatives for research in aquatic environments. These methods involve measurements conducted using mobile cable systems, where multi-electrode and/or multi-channel measurement systems are towed behind watercraft, or with cable systems deployed on the water bottom. Despite their several advantages, the direct current resistivity method faces challenges in underwater applications. To address some of these difficulties, a novel measurement mechanism has been developed in this study. This mechanism is designed to be versatile, eliminating the need for adherence to specific geometries. Independent receiver dipole pairs are submerged in the water bottom, and measurements are remotely monitored and conducted via wireless communication. Prior to implementing this measurement system, thorough modeling and inversion processes were carried out to validate its effectiveness. The results of these assessments were carefully examined to ensure the reliability of the data collection process.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Keywords: Water-borne resistivity, Modelling, Inversion

GİRİŞ

Doğru akım öz direnç yöntemi uygulama alanı çeşitliliğinden dolayı yakın yüzey araştırmalarında en yaygın kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Su ortamında doğru akım öz direnç yönteminin uygulamalarına akifer tipinin belirlenmesi (Comte *vd.*, 2012), tatlı su-tuzlu su girişimlerinin belirlenmesi (Khalil, 2006; Nguyen *vd.* 2009; Martorana, 2014), deniz altı tatlı su kaynaklarının aranması (Lewis *vd.*, 2006; Kwon *vd.*, 2014; Taniguchi *vd.*, 2002; Zhou *vd.*, 2019), maden aramaları (Von Herzen *vd.*, 1996) ve su altı arkeolojisi gibi alanlarda (Loke *vd.*, 2020, Akca *vd.*, 2023) rastlanabilmektedir.

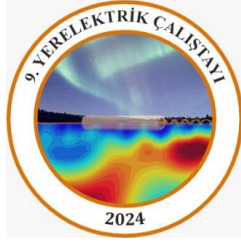
Su ortamında DAÖ yönteminin uygulanmasında elektrotların nasıl konumlandırılacağı önemli bir konudur. Elektrot konumlarının dört farklı durumu için ölçümler gerçekleştirilebilir. Bunlardan ilki, elektrotların dizildiği hattın bir bölümünde bir nehir veya su birikintisi olması durumunda olduğu gibi elektrotların bir kısmının karada bir kısmının da su içerisinde olmasıdır. İkinci durumda elektrotların tamamı suyun içinde konumlandırılmış olabilir. Üçüncü durum ise elektrotların su üzerinde olduğu ve bir tekne ile yüzdürülerek ölçü alındığı durumdur (Loke ve Lane, 2004, Song ve Cho 2009). Bir diğer yöntem olarak elektrotların su içerisinde askıda olması durumu da ölçü almak için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu olasılıklar Şekil 1’de gösterilmiştir. Tatlı su ortamlarında elektrotların yüzer konumda olduğu (Befus *vd.*, 2012; Orlando, 2013; Colombero, 2014) veya elektrotların su tabanında olduğu (Toran *vd.*, 2015) durumlara örnek oluşturabilecek güncel uygulamalar mevcuttur.

YÖNTEM

Ülkemizde tatlı su ortamında DAÖ yönteminin uygulanmasına örnek teşkil edebilecek iki çalışma TÜBİTAK destekli iki farklı proje ile (Proje No: 119Y547 ve 122Y040) gerçekleştirilmiştir. Bu projelerde çok kanallı bir ölçü sistemi, bir tekneye bağlı olarak su üzerinde yüzdürülerek farklı profiller boyunca ölçü alınmıştır. Bu projelerde başarılı sonuçlar elde edilmesine karşın uygulamada bazı pratik zorluklarla karşılaşmıştır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1) Uzun bir kablo ile ölçüm yaparken manevra yapmanın ve dar alanlardan geçmenin zorlukları,
- 2) Elektrotların suya batırılması durumunda kablonun yosun bitki ve fiziksel engeller takılması,
- 3) Göl suyunun öz direncinin görece düşük olması durumunda su derinliğine bağlı olarak yüzeydeki elektrotlarda ölçülen gerilim değerlerinin belirgin olarak düşmesi,
- 4) Hareketli ve sürekli ölçüm sistemlerinde dipol dipol ölçü dizilimine bağımlı kalınmasıdır.

Yukarıda sayılan zorlukların üstesinden gelebilmek adına yeni bir ölçü düzeneği tasarlanmış ve ileri dönemlerde hayata geçirilmesi planlanan bu ölçüm düzeneğinin uygulanabilirliğinin denetlenmesi için modelleme çalışmaları yapılmıştır. Düzeneğin tasarlanmasında Key *vd.* (2012)’nin deniz ortamında yapay kaynaklı manyetotellürik yöntemin uygulanmasıyla ilgili çalışmasından ilham alınmıştır. Hazırlanacak düzeneğin ölçü alım mantığı Şekil 2’de şematik olarak verilmiştir. Uzaktan kablosuz olarak denetlenebilen ve haberleşebilen bir alıcı ağı ile ölçüm yapılacak bu sistem ile daha hızlı veri toplanması, çalışma alanının fiziksel zorluklarından daha az etkilenilmesi, su kolonunun çözüme etkisinin azaltılması, düzgün hatlar boyunca ölçü almanın zorluğunun ortadan kalkması ve doğrudan üç boyutlu veri toplamanın olanaklı hale gelmesi gibi avantajlar sağlaması hedeflenmektedir. Yapılan modelleme çalışmalarında 10x10 elektrottan oluşan bir ölçüm düzeneği tasarlanmıştır. Elektrotların hepsinin su tabanında olduğu ve iki elektrottan akım verilirken diğer bütün elektrot çiftlerinden gerilim ölçüldüğü bir düzenek varsayılmıştır.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Oluşturulan modellerin ilkinde iki katmanlı bir ortam düşünülmüştür. İlk katmanın özdirenci 100 ohm-m iken ikinci katmanın özdirenci 1000 ohm-m olarak alınmıştır (Şekil 3). Oluşturulan modelin anlatılan ölçü sistemine göre düz çözüm yanıtı hesaplandıktan sonra hesaplanan verilere %5 rastgele gürültü eklendikten sonra ters çözüm işlemine sokulmuştur. Ters çözüm işleminin sonunda başlangıçtaki modelin büyük bir doğrulukla yeniden elde edilebildiği görülmüştür (Şekil 4). İkinci modelde ise ilk katmanın içerisinde ikinci katmanın özdirencine eşit özdirence sahip dikdörtgen bir yapı eklenerek model yanıtı hesaplanmıştır (Şekil 5). Bu modelin ters çözüm sonucunda da dikdörtgen yapının başarı bir şekilde görüntülenebildiği görülmüştür (Şekil 6).

Değinilmesi gereken bir başka nokta her iki modelleme örneğinde de sözü edilen ölçüm düzeninde hesaplama yapıldığında bazı ölçümlerin çok büyük geometrik faktör değerine sahip olmasıdır. Bu nedenle her iki modelde de çok büyük geometrik faktöre sahip ölçüm noktaları hesaba katılmadan ters çözüm yapılmıştır. Geometrik faktörün üst sınırının belirlenmesinde bazı tahmini denemeler yapıldıktan sonra, akım ve gerilim elektrotları arasındaki merkez noktalar arasındaki uzaklığın iki elektrot arası uzaklığın 5 katı ve daha fazlasına eşit olduğu dipol çiftlerinden hesaplanan gerilim değerlerinin kullanılmamasına karar verilmiştir.

SONUÇLAR

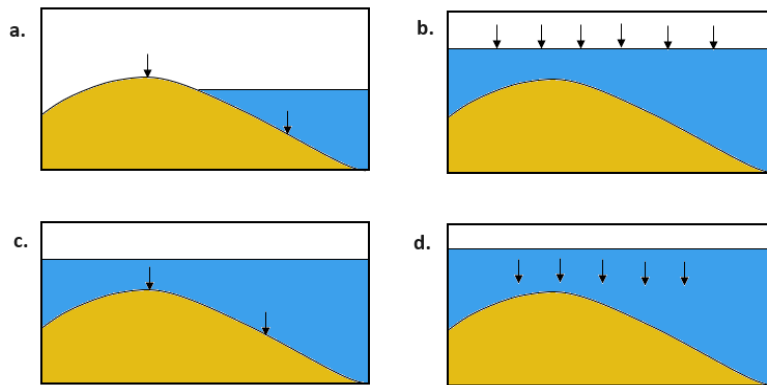
Kurgulanan ölçü düzeneğinin test edilmesinde ilk adım olan modelleme çalışmalarından umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Ölçüm düzeneğinin hayata geçirilmesi Tübitak destekli bir proje ile sağlanacaktır. Düzeneğin en kritik bileşeni olan kablosuz alıcılardan 20 adet hali hazırda üretilmiş olup, çalışır durumdadırlar. Gerekli görülmesi halinde aynı anda daha fazla alanı taramak amacıyla daha fazla alıcı üretilmesi yoluna gidilebilir. Ölçü sistemi potansiyel elektrot dipollerinin su üzerinde konumlandırılması ve akım elektrotlarının su üzerinde tekneyle çekilerek gezdirilmesiyle gerçekleştirilebileceği gibi potansiyel dipollerinin suya batırılması yoluna da gidilebilir. Potansiyel elektrotların suya batırılması durumunda su kolonunun çözüme etkisinin büyük oranda azaltılabileceği düşünülmektedir. Modelleme çalışmaları da bu öngörüye desteklemektedir. Bunların haricinde potansiyel elektrotların bir profil boyunca suyun dibine batırılıp akım elektrotlarının profilin her iki yanından su altında sürüklenerek gezdirilmesi şeklinde bir sistem de geliştirilebilir.

Modelleme çalışmalarıyla sınanmış olan sistemin Tübitak projesiyle hayata geçirilmesinin ardında n su ortamında DAÖ yöntemine yeni bir ölçüm şekli kazandırılmış olacaktır. Bu ölçü sistemiyle birlikte uzun bir kablunun teknenin arkasında sürüklenmesinin yol açtığı fiziksel zorluklar ortadan kaldırılacak, kısa zamanda büyük alanların taranabilmesi sağlanacaktır. Ayrıca su kolonunun ters çözüme olan etkisi mümkün olan en az düzeye indirilerek, daha derinlerden bilgi alınabilmesi amaçlanmaktadır. Doğrudan üç boyutlu veri toplanabilmesi de sistemin avantajları arasındadır.

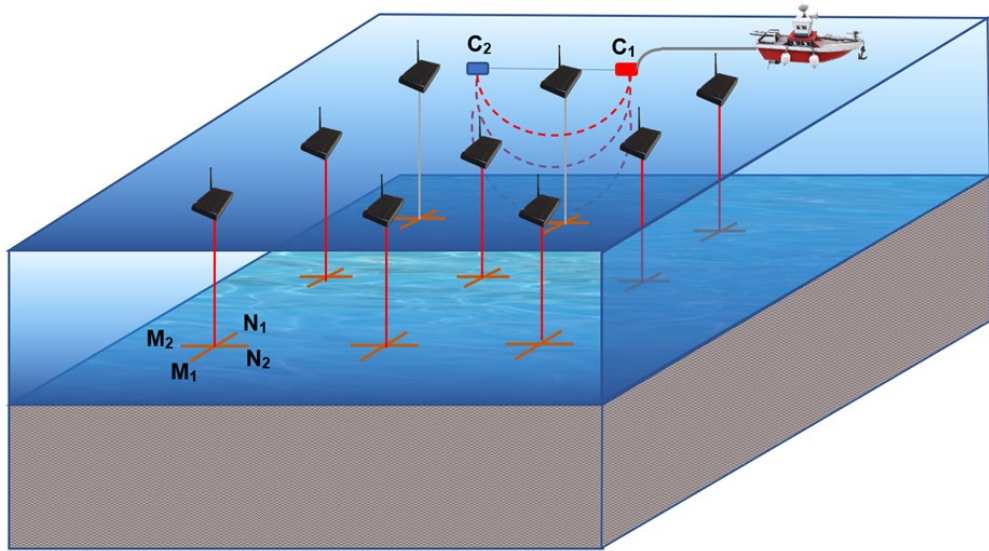
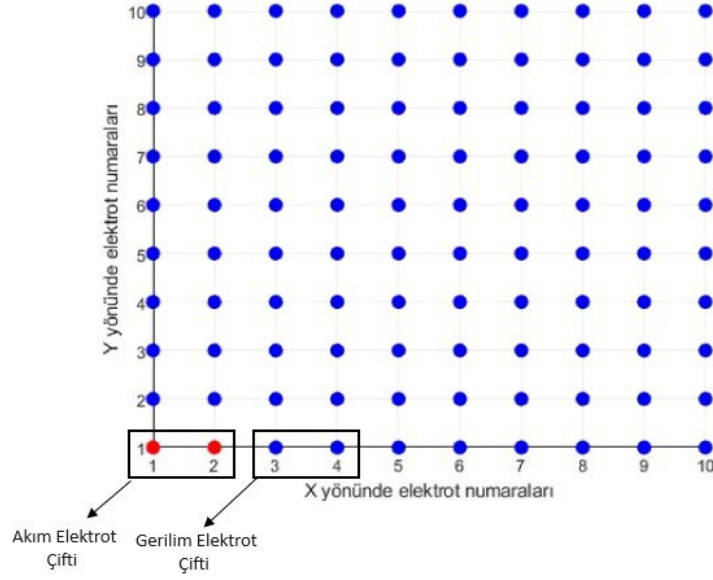
KAYNAKLAR

- Akca I., Gölebatmaz, Ş., M., 2021. Three-dimensional inversion of DCR data incorporating structural similarity constraint. *Journal of Applied Geophysics*, 184, 104237
- Comte J.-C., Cassidy R., Nitsche J., Offerdinger U., Pilatova K. And Flynn R. 2012. The typology of Irish hard-rock aquifers based on an integrated hydrogeological and geophysical approach. *Hydrogeology Journal* 20(8), 1569–1588.
- Day-Lewis, F.D., White, E.A., Johnson, C.D., Jr., Lane, J.W.L., Belaval, M. 2006. Continuous resistivity profiling to delineate submarine groundwater discharge. *Leading Edge*. 25,724-728
- Khalil M.H. 2006. Geoelectric resistivity sounding for delineating salt water intrusion in the Abu Zenima area, West Sinai, Egypt. *Journal of Geophysics and Engineering* 3(3), 243.
- Martorana R., Lombardo L., Messina N. and Luzio D. 2014. Integrated geophysical survey for 3D modelling of a coastal aquifer polluted by seawater. *Near Surface Geophysics* 12(1).

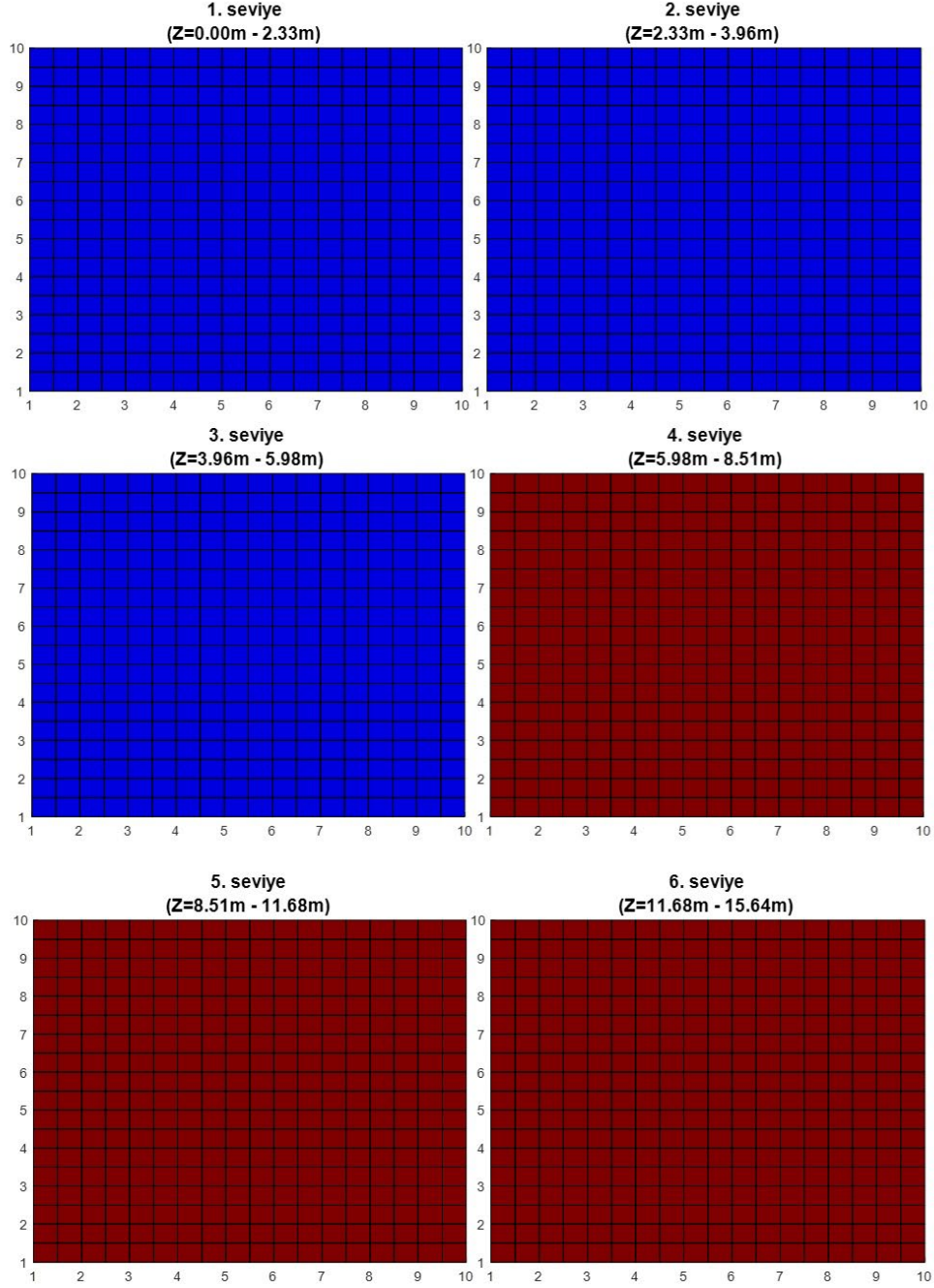
- Nguyen F., Kemna A., Antonsson A., Engesgaard P., Kuras O., Ogilvy R., et al. 2009. Characterization of seawater intrusion using 2D electrical imaging. *Near Surface Geophysics* 7(5-6), 377-390.
- Kwon, E. Y., Kim, G., Primeau, F., Moore, W. S., Cho, H., DeVries, T., et al. 2014. Global estimate of submarine groundwater discharge based on an observationally constrained radium isotope model. *Geophysical Research Letters*, 41(23), 8438-8444.
- Taniguchi, M., Burnett, W. C., Cable, J. E., & Turner, J. V. 2002. Investigation of submarine groundwater discharge. *Hydrological Processes*, 16(11), 2115-2129
- Zhou, Y., Sawyer, A. H., David, C. H., & Famiglietti, J. S. 2019. Fresh Submarine Groundwater Discharge to the Near-Global Coast. *Geophysical Research Letters*, 2019GL082749, 46(11), 5855-5863.
- Loke, M., H., Papaopoulos, N., Wilkinson, P., B., Oikonomou, D., Simyrdanis, K., Rucker, D., F. 2020. The inversion of data from very large three-dimensional electrical resistivity tomography mobile surveys. *Geophysical Prospecting* Scales JA 1987, Tomographic inversion via the conjugate gradient method: *Geophysics*, **52**, 179-185.
- Key, K. (2012). Marine Electromagnetic Studies of Seafloor Resources and Tectonics. *Surveys in Geophysics*, 33(1), 135-167.
- Loke, M., H., Lane, J., W. 2004. Inversion of data from electrical resistivity imaging surveys in water covered areas. *Exploration Geophysics* (35), 266-271
- Song, S.H., Cho, I.K. 2009. Application of a streamer resistivity survey in a shallow brackish-water reservoir. *Exploration Geophysics*. 40, 206-213.
- Befus, K. M., Cardenas, M. B., Ong, J. B., and Zlotnik, V. A.: Classification and delineation of groundwater-lake interactions in the Nebraska Sand Hills (USA) using electrical resistivity patterns. 2012. *Hydrogeol. J.*, 20, 1483-1495
- Orlando, L.: Some considerations on electrical resistivity imaging for characterization of waterbed sediments. 2013. *J. Appl. Geophys.*, 95, 77-89,
- Colombero, C., Comina, C., Gianotti, F., and Sambuelli, L.: Waterborne and on-land electrical surveys to suggest the geological evolution of a glacial lake in NW Italy. 2014. *J. Appl. Geophys.*, 105 191-202.
- Toran, L., Nyquist, J., Rosenberry, D., Gagliano, M., Mitchell, N., and Mikochik, J. 2015. Geophysical and hydrologic studies of lake seepage variability, *Groundwater*, 53, 841-850.
- Scales JA 1987, Tomographic inversion via the conjugate gradient method: *Geophysics*, **52**, 179-185



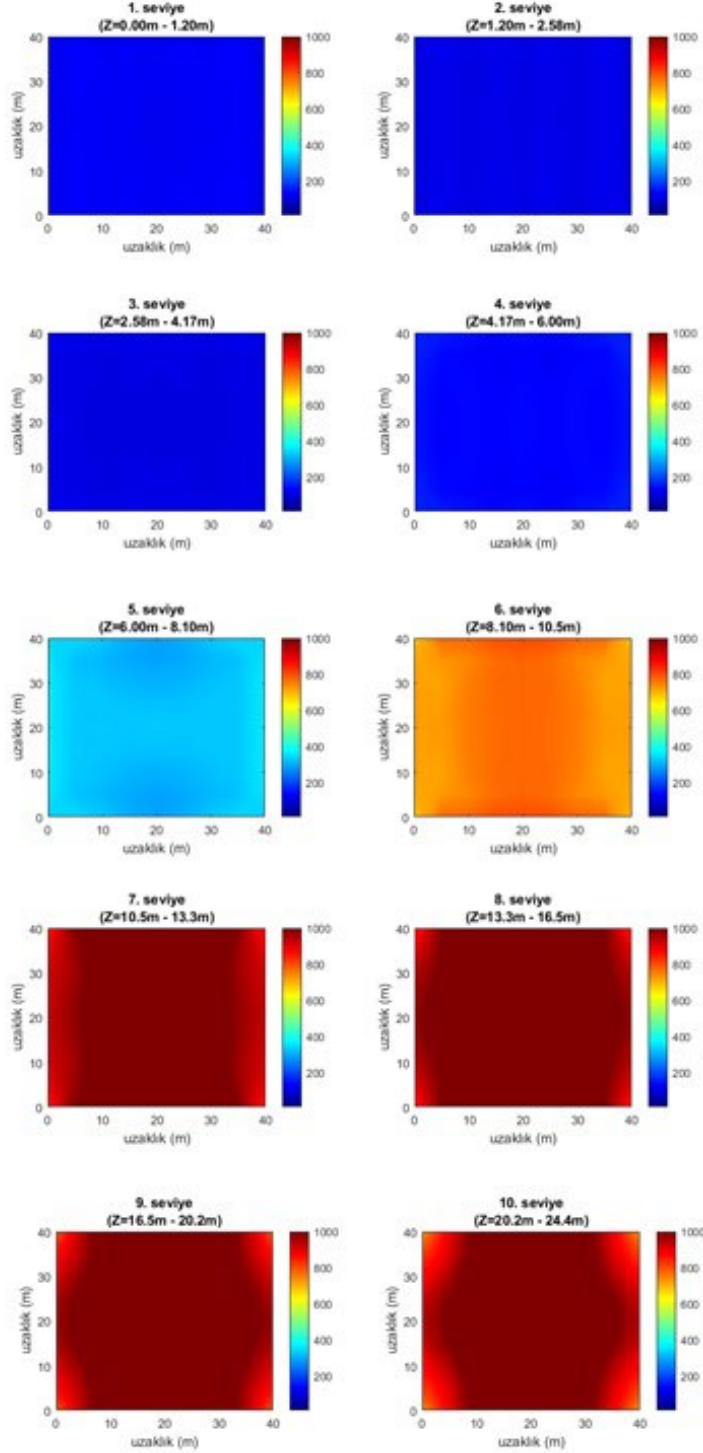
Şekil 1. Su ortamında DAÖ yöntemi için ölçüm düzenekleri: a. elektrotların bir kısmının karada bir kısmının su içinde olduğu b. elektrotların tamamının su tabanında olduğu c. elektrotların tamamının su üstünde yüzer konumda olduğu ve d. elektrotların suyun içinde askıda olduğu durum



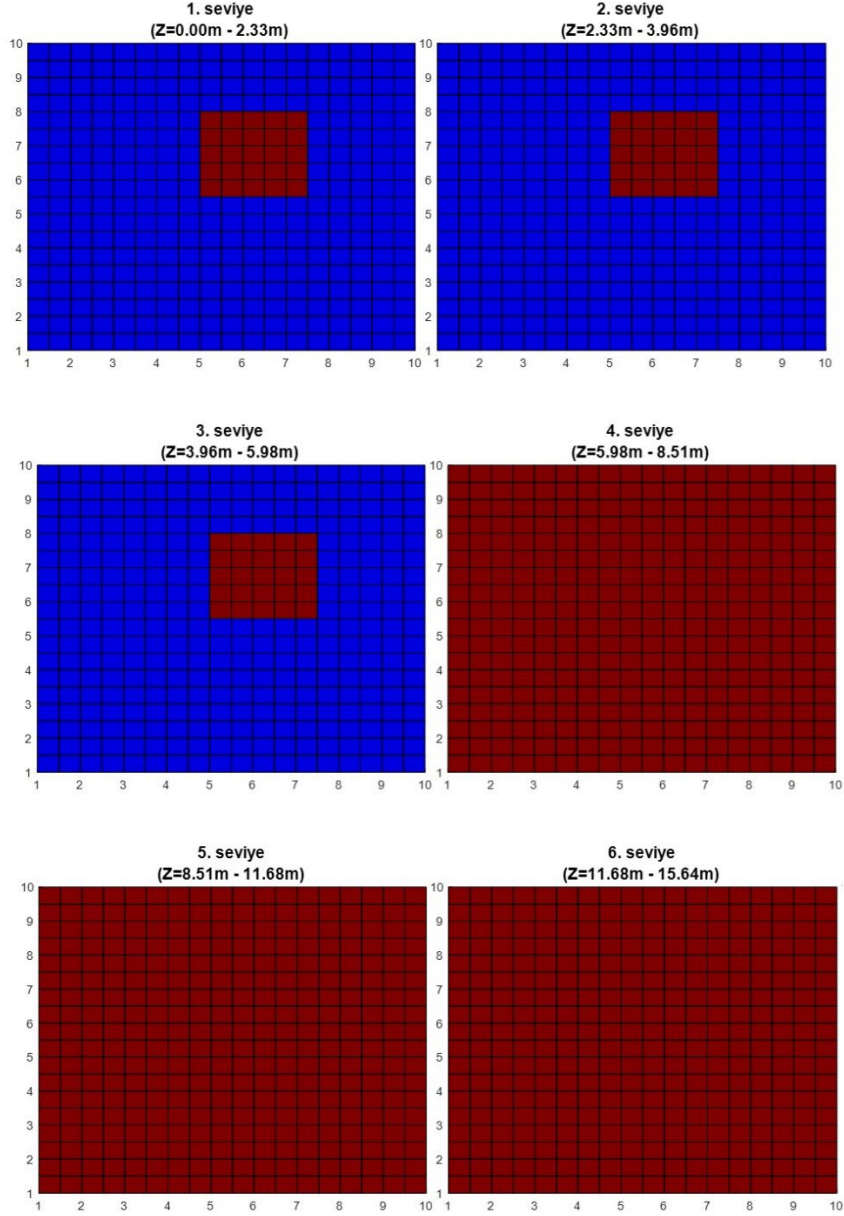
Şekil 2. Modelleme çalışması yapılan 3B ölçü düzeneği



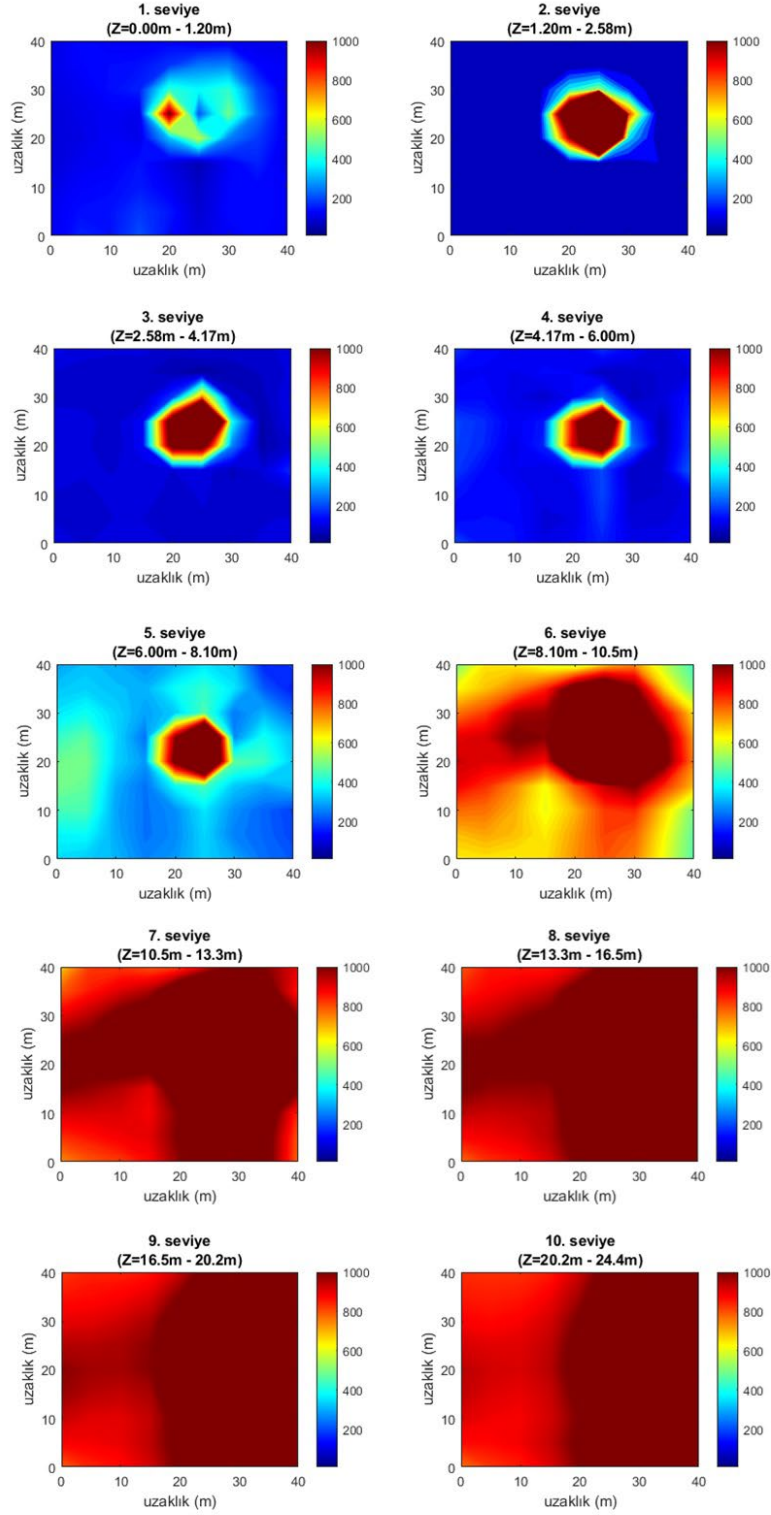
Şekil 3. Birinci model



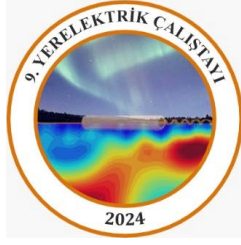
Şekil 4. Birinci modelin ters çözüm sonucu



Şekil 5. İkinci model



Şekil 6. İkinci modelin ters çözüm sonucu



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Doğru Akım Özdirenç Verilerinin 3B Ters Çözümü ile Betonarme Kolon Yapısının İncelemesi

Investigation of Reinforced Concrete Column Structure with 3D Inversion of Direct Current Resistivity Data

Cansu ARICAN*¹, N. Yıldırım GÜNDOĞDU¹, M. Emin CANDANSAYAR¹

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

E-posta: carican@ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

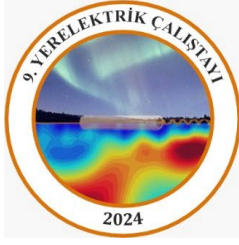
ÖZ

Deprem, heyelan vb. doğal afetler, bina, köprü, tünel, baraj gibi betonarme yapılarda büyük hasarlara neden olabilmektedir. Betonarme yapıların, doğal afetler sonrası kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek için taşıyıcı yapı elemanlarının araştırılması ve hasarlı kısımlarının kısa sürede belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu yapı elemanlarının beton sağlamlığı, donatı korozyon durumu ve donatı tespiti uygulamalı jeofizik yöntemlerden Doğru Akım Özdirenç yöntemi, yer radarı (GPR) ve ultrasonik sismik yöntem ile tahribatsız olarak incelenebilmektedir. Bu çalışmada, Doğru Akım Özdirenç yöntemi kullanılarak bir betonarme taşıyıcı sistem elemanı olan kolon yapısı incelenmiştir. Çalışmada, önceki çalışmalarda geliştirilen ve doğrudan betonarme yapı üzerinde 3B ters çözüme uygun çok-elektrotlu ve çok kanallı ölçüm cihazı ile ölçü almayı sağlayan bir düzenek kullanılmıştır. Kolon üzerinde tek yüzeyde, karşı yüzeylerde ve komşu yüzeylerde olmak üzere üç farklı elektrot dağılımı ve her dağılım için farklı elektrot dizilimleri kullanılarak veri toplanmıştır. Veri toplama aşamasında kullanılan elektrot dağılım ve dizilimleri yine önceki çalışmalarda yapılan modelleme çalışmaları ile belirlenmiştir. Ölçülen veriler analiz edilmiş ve ters çözüm sonucu elde edilen 3B özdirenç modelleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu karşılaştırmalar sonucunda ileriki çalışmalar için elektrot dizilimi, elektrot aralığı, dipol aralığı gibi saha parametrelerinin optimizasyonu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğru Akım Özdirenç, Yapı Jeofiziği, 3B Ters Çözüm, Yapı Sağlığı İzleme

ABSTRACT

Natural disasters such as earthquakes and landslides can cause significant damage to reinforced concrete structures such as buildings, bridges, tunnels, and dams. Therefore, it is crucial to promptly identify damaged areas in the structural elements of reinforced concrete buildings after natural disasters to determine their usability. The integrity of these structural elements, including concrete strength, rebar corrosion status, and rebar detection, can be examined non-destructively using applied geophysical methods such as Direct Current Resistivity (DCR), Ground Penetrating Radar (GPR), and ultrasonic seismic methods. In this study, a reinforced concrete column structure, as a load-bearing system element, was investigated using the Electrical Resistivity method. The study utilized a setup that allows measurements with a multi-electrode and multi-channel measurement device compatible with 3D inversion, developed in previous studies, directly on the reinforced concrete structure. Data were collected with three different electrode distributions on a single surface, opposite surfaces, and adjacent surfaces of the column, employing various electrode configurations for each distribution. The selection of electrode distributions and configurations was based on previous modeling studies. Through these comparisons, the optimization of field parameters such as electrode array, electrode spacing, and dipole spacing was achieved for future studies. The measured data were analyzed, and 3D resistivity models obtained from the inversion were compared comprehensively. These comparisons facilitated the optimization of field parameters such as electrode configuration, electrode spacing, and dipole spacing for future studies. This work



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI

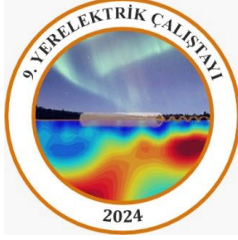


represents a structural geophysics investigation aimed at improving the understanding and assessment of reinforced concrete elements post-earthquake.

Keywords: Direct Current Resistivity, Structural Geophysics, Construction Geophysics, 3D Inversion, Structural Health Monitoring

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 121Y281 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Kaldera ve Alt-Volkanik Sistemlerin Elektromanyetik Görüntüsü

Electromagnetic Image of Calderas and Sub-Volcanic Systems

Özlem HACIOĞLU*.¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

E-posta: ozlem.hacioglu@ktu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

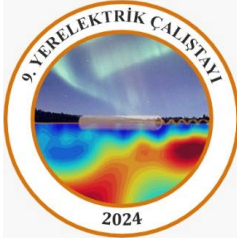
Dünya ve diğer gezegenlerde tanımlanan kalderalar gizemli jeolojik yapılar arasında yer almaktadır. Potansiyel yıkıcı etkileri, çevresel etkileri, ekonomik değerleri ve uzun süreli jeolojik süreçlerin ipuçlarını taşımaları nedeniyle bu yapılar geleneksel ve modern volkanolojinin başlıca ilgilendiği konulardan biri olmuştur. Daire veya çanak benzeri şekilleri olan kalderalar, volkanların püskürme merkezleri ile ilişkilendirilmekte ve bir ya da daha fazla volkanik patlama sonucunda gelişmiş çökme ve yığılma bölgeleri olarak ifade edilmektedir. Bu bölgeler genellikle yoğun jeotermal aktivite ve mineralizasyon/cevherleşme zonları ile karakterize edilmektedir. Literatürde kaldera yapıları ve bu yapıların derin uzanımları arazi gözlemleri, analog (deneysel) ve teorik (matematiksel) modellerle ve jeofiziksel görüntüleme yöntemleri ile ortaya konulmuştur. Analog ve teorik modeller kaldera yapılarının yapısal evrimi, termodinamik ve mekanik özellikleri hakkında bilgi sunarken, jeofizik görüntüleme yöntemleri kalderaların derin, iç-yapıları ve alt-volkanik sistemleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Ancak, derin kaldera yapıları ve bu yapıların volkanik sistem bileşenleri ile olan ilişkilerinin ayrıntılı olarak araştırıldığı jeofizik çalışma sayısı görece azdır. Bu çalışmada, kaldera ve volkanik sistemlerin derin, iç-yapısına ait elektromanyetik görüntüler sunan Manyetotellürik çalışmalara ait sonuçlar sunulmuş ve bu sonuçlar tektonik/jeolojik (yapısal) kontroller ışığında tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik, Manyetotellürik, Magma, Volkan, Kaldera

ABSTRACT

Calderas on Earth and other planets are mysterious geological structures. Due to their potential destructive effects, environmental impacts, economic values, and clues to long-term geological processes, these structures have been one of the main concerns of traditional and modern volcanology. Calderas, which are circular or bowl-shaped, are associated with eruption centers of volcanoes that develop subsidence or collapse as a result of one or more volcanic eruptions. These areas are generally characterized by intense geothermal activity and mineralization/ore deposits. In the literature, caldera structures and their deep extensions have been elucidated through field observations, analog (experimental) and theoretical (mathematical) modeling, and geophysical imaging methods. Analog and theoretical modeling provide information about the structural evolution, thermodynamic, and mechanical properties of caldera structures, while geophysical imaging provides important information about the deep, internal structure, and sub-volcanic system of calderas. However, the number of geophysical studies that extensively investigate the relationships between deep caldera structures and the components of volcanic systems is relatively low. In this study, results from Magnetotelluric surveys providing electromagnetic images of the deep internal structure of calderas and volcanic systems have been presented, and the results have been discussed in the light of tectonic/geological (structural) controls.

Keywords: Electromagnetic, Magnetotellurics, Magma, Volcano, Caldera



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Türkiye’de Jeomanyetik Çalışmalar: 97 Yıllık Bir İnceleme

Geomagnetic studies in Turkey: A 97-Year Review

Elif ÇİFTÇİ^{*1}, Cengiz ÇELİK¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 34684, İstanbul, Türkiye

E-posta: elif.tolak@bogazici.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

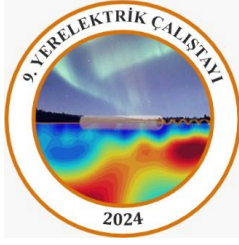
Yer manyetik alanının zamana bağlı değişimleri ve Türkiye için bölgesel değerleri Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Ana Bilim Dalı, Jeomanyetizma Laboratuvarı tarafından kaydedilmektedir. 1927 yılında Kandilli Rasathanesi bünyesinde yapılan ilk manyetik rasat sonrasında, 1947 yılında ilk kez sistematik ölçümlere başlanmıştır. İstanbul Kandilli Manyetik Rasathanesi'nin (ISK) 50. yılında ise INTERMAGNET (Uluslararası Gerçek Zamanlı Manyetik Rasathaneler Ağı)'e üye olunmuştur. Jeomanyetik rasathaneler ölçümlerin doğru mutlak standartlarını korumak için yerleşim yerlerinden, ulaşım sistemlerinden ve elektrik hatlarından uzak yerlere kurulmalıdır. Zaman içinde şehirleşme ile birlikte kültürel gürültülerin artmasıyla, şehir merkezinde bulunan ISK Manyetik Rasathanesi'nde yapılan ölçümler gürültülerden önemli oranda etkilenmiş ve 2005 yılında Bursa ilinin İznik ilçesinde IZN Manyetik Rasathanesi kurulmuştur. Bu yeni rasathanenin INTERMAGNET'e üyeliği ise 2007 yılında kabul edilmiştir. Manyetik alanın değişimlerinin uzun dönemde ve düzenli olarak takip edilmesi birçok bilimsel keşfin yolunu açmıştır. Ancak, uzun bir geçmiş, uzun bir gelecek garantisi değildir. Bu çalışmada, Türkiye’de yapılan ilk jeomanyetik ölçümlerden başlayarak manyetik rasathanemizin günümüzdeki çalışmaları anlatılacak olup, jeomanyetik alan bileşenlerinin izlenmesinin önemi vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Jeomanyetizma, Jeomanyetik rasathane, Intermagnet, Manyetik alan bileşenleri

ABSTRACT

The variations of the Earth's magnetic field over time and regional values for Turkey are recorded by the Geomagnetism Laboratory of the Department of Geophysics at Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. Systematic measurements began for the first time in 1947 following the initial magnetic surveys conducted within the Kandilli Observatory in 1927. On the 50th anniversary of the Istanbul Kandilli Magnetic Observatory (ISK), membership in INTERMAGNET (the International Real-Time Magnetic Observatories Network) was obtained. Geomagnetic observatories should be established in remote locations away from urban areas, transportation systems, and power lines to maintain the accurate absolute standards of measurements. Over time, urbanization has led to increased cultural noise, significantly affecting measurements taken at the ISK Magnetic Observatory located in the city center. As a result, the IZN Magnetic Observatory was established in the İznik district of Bursa province in 2005. The membership of this new observatory in INTERMAGNET was accepted in 2007. The systematic and long-term monitoring of magnetic field variations has paved the way for numerous scientific discoveries. However, a long history does not guarantee a long future. This study will narrate the current activities of our magnetic observatory in Turkey, starting from the first geomagnetic measurements conducted in the country, and emphasize the importance of monitoring geomagnetic field components.

Keywords: Geomagnetism, Geomagnetic observatory, Intermagnet, Magnetic field components



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Manyetotellürik Verilerin Bir Boyutlu Ters Çözümünde Yapay Sinir Ağları Eğitim Algoritmalarının Performansları

Performances of Artificial Neural Networks Training Algorithms in One-Dimensional Magnetotelluric Data Inversion

Doğukan DURDAĞ^{*1}, Ertan PEKŞEN¹

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

E-posta: dogukan.durdag@kocaeli.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

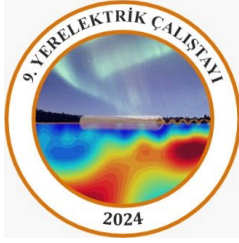
ÖZ

Jeofizik problemlerde yerin tepkisiyle o tepkiyi temsil eden yerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurmak için birçok ters çözüm yönteminden faydalanılır. Yapay sinir ağları da giriş ve çıkış verileriyle ilişki kurma bakımından ters çözümü sağlayan bir yöntemdir. Jeofizik problemlerde giriş verisi yerin tepkisi çıkış verisi ise o tepkiyi temsil eden parametrelerdir. Bu çalışmada, yapay sinir ağlarının gücünü değerlendirmek için manyetotellürik verilerle bir boyutlu yer altı modeli üzerinde gürültüsüz ve gürültülü veriler ile ters çözüm uygulanmıştır. Yapay sinir ağları, mimarileri ve öğrenme algoritmaları ile tanımlanmaktadır. Burada giriş katmanından çıkış katmanına doğru katman elemanların tek yönde bağlandığı ileri beslemeli ağ mimarisi kullanılmıştır. Ağda bulunan bir gizli katman ve gizli katmandaki yeterli sayıda hücre sayısı giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi sağlayabilir. Bu ağın eğitimi sırasında kullanılabilir çeşitli eğitim algoritmaları vardır. En yaygın olarak kullanılan eğitim algoritmaları geri yayılım algoritmalarıdır. Bu çalışmada Levenberg-Marquardt, Bayesian Regularization, Scaled Conjugate Gradient geri yayılım algoritmaları karşılaştırılmıştır. Sonuçların karşılaştırılmasında eğitim aşamasındaki parametreler sabit tutulmuştur. Ağın eğitimi sırasında kullanılan eğitim veri kümesi düz çözüm ile oluşturularak toplam 10000 adet görünür özdirenç ve faz eğrisini içermektedir. Bu veriyi oluşturan yer altı parametreleri ise üç adet özdirenç ve iki adet kalınlıktır. Eğitilen ağlar üzerinde test edilen manyetotellürik veriyi oluşturan parametreler Shaw ve Srivastava (2007)'dan alınmıştır. Shaw ve Srivastava (2007) ridge regresyonu, genetik algoritma ve parçacık sürü optimizasyonu ile gürültülü manyetotellürik verinin ters çözüm sonuçlarını göstermiştir. Aynı veri ile yapay sinir ağlarıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağları sonuçlarının gerçek modele oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: manyetotellürik, yapay sinir ağları, eğitim algoritması, ters çözüm.

ABSTRACT

In geophysical problems, many inversion methods is used to establish a relationship between the response of the earth and the physical properties of the earth representing that response. Artificial neural networks are also a method that provides an inverse solution with respect to establish relationships between input and output data. In geophysical problems, the input data are the earth response and the output data are the parameters representing the response. In this study, inversion was performed with noise-free and noisy data on a one-dimensional subsurface model using magnetotelluric data to evaluate with artificial neural networks. Artificial neural networks are defined based on their architectures and learning algorithms. Here, a feedforward network architecture is used in which layer elements are connected in one way from the input layer to the output layer. A hidden layer in the network and a sufficient number of neurons in the hidden layer can provide a relationship between input and output. Various training algorithms can be used to train the network. The most commonly used training algorithms are backpropagation algorithms. In this study, Levenberg–Marquardt, Bayesian regularization, and scaled conjugate gradient backpropagation algorithms were compared using magnetotelluric data. When comparing the results, the parameters

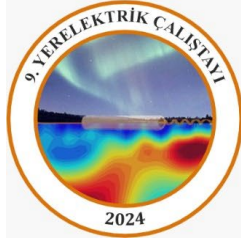


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



during the training were kept constant. The training dataset used during the training of the network was created using a forward solution and included a total of 10000 visible resistivity and phase curves. The subsurface parameters that constitute these data are the three resistivities and two thicknesses. The parameters that constitute the magnetotelluric data tested on the trained networks were taken from Shaw and Srivastava (2007). Shaw and Srivastava (2007) showed the inversion results of magnetotelluric noisy data using ridge regression, a genetic algorithm, and particle swarm optimization. The results obtained using artificial neural networks were compared with the same data. It was observed that the artificial neural network results were very close to the true model.

Keywords: magnetotelluric, artificial neural networks, training algorithms, inversion.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Laboratuvar Ortamında Elde Edilen Kare Elektrot Dizilim Verilerinin Elektriksel Anizotropi Katsayısı, Fayın Doğrultu Yönü ve Eğim Açısının Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağları ile Kestirilmesi

Estimating the Electrical Anisotropy Coefficient, Fault Strike Direction and Dip Angle using Square Electrode Array Data Obtained in the Laboratory with Generalized Regression Neural Networks

Elnur GASİMOV^{*1}, Ertan PEKŞEN¹, Doğukan DURDAĞ¹

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, 41001, Kocaeli, Türkiye

E-posta: elnurgasimov@gmail.com

*Sunumu yapacak yazar

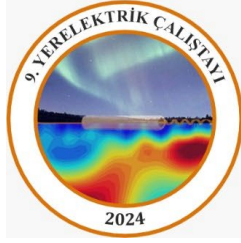
ÖZ

Elektriksel anizotropi (EA), elektrik akımı akışının azimut ile değiştiğinde ortaya çıkar. Genel olarak Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) verilerine etki eden faktörler: formasyon gözenekliliği, formasyon çimentolanma faktörü, su doygunluğu, formasyon suyunun özdirenci, sıcaklık, tabakalanma (mikro tabakalanma). DAÖ yönteminde EA etkisinin belirlenmesi çok eskilere dayanmaktadır. Bu konuyla ilgili bugüne kadar çeşitli çalışmalar yürütülmüş aynı zamanda farklı elektrot dizilimleri önerilmiştir. Kare elektrot diziliminin yatay yönde EA etkisinin belirlenmesinde başarılı olduğu da kanıtlanmıştır. Literatürde kare elektrot dizilimi ölçü tekniği ile fay yönü, çatlak vb. jeolojik sorunların çözümüne odaklı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Söz konusu edilen bir önceki çalışmalarda elde edilen sonuçların yorumu genellikle görünür özdirenç üzerinden yapılmış, herhangi bir ters çözüm veya optimizasyon tekniği uygulanmamış ve laboratuvar sonuçlarıyla karşılaştırılmamıştır. Bu çalışmada laboratuvar ortamında kurulmuş farklı ortamlardan (su ve kum) elde edilen veriler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Kare elektrot dizilimiyle (α, β, γ) elde ettiğimiz bu verilerin çözünürlüğünü artırmak amacıyla azimut açısı 15° , merkez sabit olmak üzere 360° döndürülerek toplam 24 adet ölçü alınmıştır. Elde edilen ölçüler genellikle fay, iletken veya farklı jeolojik sınır zonun yönünün ve eğim açısının belirlenmesi odaklıdır. Bu çalışmada, laboratuvar verilerine Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağı (GRNN) yöntemiyle ters çözüm uygulanmıştır. Bu yöntemle fay zonunun doğrultu ve eğim açısının yanı sıra ortamın hem x hem de y yönleri boyunca elektrik özdirençlerini kestirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ile GRNN yöntemi anizotropik ortamlarda doğrultu, eğim açısı ve anizotropi katsayısını kestirmek için laboratuvar verilerinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kare Dizilim, Elektriksel anizotropi, Genelleştirilmiş regresyon sinir ağı

ABSTRACT

Electrical anisotropy (EA) occurs when the flow of the electric current varies with azimuth. In general, the factors that significantly affect the Direct Current Resistivity (DCR) data are the formation porosity, cementation factor, water saturation, resistivity of formation water, temperature, stratification (micro-stratification). Determination of the EA effect in the DCR method has a long history. Various studies have been conducted on this subject so far and different electrode arrays have been proposed. The square electrode array also proved successful in determining the EA effect in the horizontal direction. Various studies have focused on solving geological problems, such as fault direction and fracture using square electrode array measurement techniques. The interpretation of the results obtained in previous studies was generally made on the basis of apparent resistivity, no inversion or optimization techniques were applied, and they were not compared with laboratory results. In this study, the data obtained from different media (water and sand) established in the laboratory were evaluated. To increase the resolution of the data obtained with a square electrode array (α, β, γ), measurements were carried out by rotating 360° with an azimuth angle of 15° , keeping

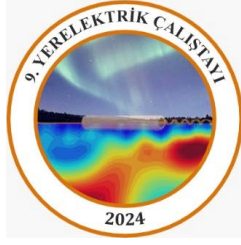


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



the center fixed, resulting in 24 measurements. The measurements obtained generally focus on determining the orientation and dip angle of the fault, contact, or another geological boundary zone. In this study, we present a new approach to estimate the strike and dip angle of the fault zone as well as the electrical resistivity of the media along both the x- and y-directions by applying a Generalized Regression Neural Network (GRNN) inverse solution to laboratory data, as well as an approach to determine the strike of the fault zone from the apparent resistivity. The results show that the GRNN method can be successfully applied to estimate the direction, dip angle, and anisotropy coefficient of an anisotropic Earth model.

Keywords: Square Array, Electrical anisotropy, Generalized regression neural network



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yön Bağımlı (Anizotropik) Ortamlarda İndüksiyon Kuyu Logları için Tabaka Sınırlarının Türev Yöntemleri ile Tayini ve Tabaka Özdirençlerinin Kestirimi

Determination of Layer Boundaries for Induction Well Logs in Anisotropic Media Using Derivative Methods and Estimation of Layer Resistivities

Delya OCHIROVA*¹, Ertan PEKŞEN¹

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
E-posta: delyaochirova4@gmail.com
*Sunumu yapacak yazar

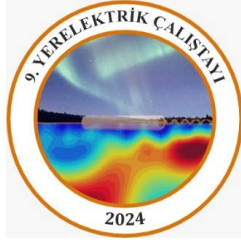
ÖZ

İndüksiyon kuyu logları uzun yıllardır petrol endüstrisinde kullanılan yöntemlerden birisidir. Kuyu loglarından elde edilen parametreler petrol rezervuar hesaplanmasında kullanıldıkları için önemlidir. Klasik indüksiyon kuyu loglarında sadece düşey manyetik alan ölçüldüğünden yön bağımlı (anizotropik) ortamlarda kestirilen özdirençler hatalı olmaktadır. Bu nedenle günümüzde indüksiyon kuyu logları çok bileşenli ve çok frekanslı ölçülerle gerçekleştirilmektedir. Yöntem kuyu içinde 10 ve 200 kHz arasında değişen frekanslarda verici ve alıcı bobinlerden oluşur. Verici bobinin uyguladığı elektromanyetik alanlardan dolayı yer içerisinde Eddy akımları oluşur. Oluşan bu ikincil alanlar alıcı bobin ile ölçülür. Ölçülen değer cihaz ve frekansa bağlı bir sabit ile çarpılarak kuyularda görünür özdirenç değerleri elde edilir. Bu çalışmada elektriksel olarak yön bağımlı (anizotropik) ortamlarda indüksiyon kuyu logları araştırılmıştır. Bu yöntemde, teorik olarak hesaplanan düşey ve yatay manyetik alanların sanal bileşenlerinden düşey ve yatay görünür özdirençler hesaplanmıştır. İlk olarak ölçülerden tabaka sınırları belirlenmiştir. Literatürde önerilen türev yöntemlerine ilave olarak kesirli türev yöntemleri ile tabaka sınırları tespit edilmiştir. İndüksiyon kuyu loglarında temel amaç tabaka sınırlarının ve özdirençler değerlerinin doğru bir şekilde kestirilmesidir. Bu sonuçlar yeraltındaki petrol rezervuar hesaplamalarında kullanılan formasyonların porozite ve suya doygunluğu ile ilgili olması bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, önerilen yöntem iki ve üç tabakalı yeraltı modellerine uygulanmıştır. İki, üç ve çok tabakalı bir ortamda, 0.6 ve 0.7 inci türevler tabaka sınırının tespitinde diğer türevlere göre daha başarılıdır. Bu çalışmada, indüksiyon kuyu logları frekans ortamında elektriksel olarak yön bağımlı jeolojik formasyonlarda araştırılmıştır. Tabaka sınırlarını tespit etmek için kullanılan kesirli türev özellikleri için kullanılan bu çalışmanın sonucunda kesirli türevlerin tabaka sınırlarında birinci ve ikinci türevlerden daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İndüksiyon Kuyu-Logları, Kesirli Türev, Elektromanyetik Yöntem, Görünür Özdirenç

ABSTRACT

Induction well logging is one of the methods used in the oil industry for many years. Parameters obtained from well logs are important because they are used in oil reservoir calculations. Since only the vertical magnetic field is measured in classical induction well logs, the estimated resistivities in direction-dependent (anisotropic) environments are inaccurate. For this reason, today induction well logs are carried out with multi-component and multi-frequency measurements. The method consists of transmitting and receiving coils in a well at frequencies varying between 10 and 200 kHz. Eddy currents occur in the ground due to the electromagnetic fields applied by a transmitter coil. These secondary fields are measured with a receiving coil. Apparent resistivity values in wells are obtained by multiplying the measured value with a constant depending on the device and frequency. In this

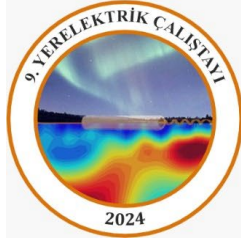


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



study, induction well logs were investigated in electrically direction-dependent (anisotropic) environments. In this method, vertical and horizontal apparent resistivities are calculated from the imaginary components of the theoretically calculated vertical and horizontal magnetic fields. Firstly, layer boundaries were determined from the measurements. In addition to the derivative methods suggested in the literature, layer boundaries were determined with fractional derivative methods. The main purpose of induction well logs is to accurately estimate layer boundaries and resistivity values. These results are very important as they are related to the porosity and water saturation of the formations used in underground oil reservoir calculations. In this study, the proposed method was applied to two- and three-layer underground models. In a two-, three- and multi-layer environment, the 0.6th and 0.7th derivatives are more successful in detecting the layer boundary than other derivatives. In this study, induction well logs were investigated in electrically direction-dependent geological formations in the frequency environment. As a result of this study, which was used for fractional derivative properties used to detect layer boundaries, it was observed that fractional derivatives were more successful than the first and second derivatives at layer boundaries.

Keywords: Induction Well-Logs, Fractional Derivative, Electromagnetic Method, Apparent Resistivity



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Arduino ile Elektrik Alanın Zamana Bağlı Değişiminin Ölçülmesi ve Farklı Pot Performanslarının Değerlendirilmesi

Measurements of the Time-Dependent Change of Electric Field with Arduino and Evaluation of Different Pot Electrode Performances

Aleyna Janset ÇOLAK¹, İsmail DEMİRCİ*¹

¹ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: idemirci@eng.ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

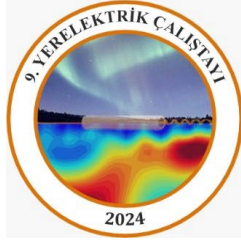
Bu çalışmada Manyetotellürik ölçümleri sırasında kullanılan Elektrik alan genliklerinin Arduino ile ölçülebilmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu sayede gelecekte üretilmesi planlanan Manyetotellürik cihazının elektrik alan ölçümlerinin toplanmasında karşılaşılabilecek problemler öngörülmeğe çalışılmıştır. Çalışmada kodlanan Arduino devresi sayesinde istenilen örnekleme aralığında gerilim değerlerinin zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmesi sağlanmıştır. Ölçüm sonuçları sıfır başlangıç zamanı üzerinden yapılmıştır. Bir sonraki süreçte GPS modülü eklenerek UTM zamanına göre kaydedilmesi sağlanacaktır. Geliştirilen sistem parçası, Arduino kullanılarak elde edilen verilerin C# kodu ile işlenmesi ve bir bilgisayar arayüzü aracılığıyla görselleştirilmesini içermektedir. Ayrıca geliştirilen sistem kullanılarak farklı pot performansları üzerinde denemeler yapılmıştır. Çalışma sırasında Kurşun-Kurşunklorür ve Bakır-Bakırsülfat elektrotlar kullanılmış ve zamana bağlı elektrik alan genlikleri ölçülmüştür. Ölçülen verilerin test edilmesi sırasında Bakır-Bakırsülfat elektrotların yüksek frekans gürültülere daha duyarlı olduğu ve AMT frekanslarında bu etkinin yanlış yorumlara sebep olabileceği üzerinde durulmuştur. Sonraki süreçte farklı pot performanslarının uzun dönemli ölçülerle de karşılaştırılması planlanmaktadır. İlk sonuçlara bakıldığında Elektrik alanın ölçülmesinde Arduino kart okuma hızı nedeniyle 100 Hz üzerindeki frekans içeriklerinin elde edilemediği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Alan Ölçümleri, Arduino, Farklı Pot Performansları, Örnekleme aralığı

ABSTRACT

In this study, we focus on measuring the electric field amplitudes used during magnetotelluric measurements with Arduino. In this way, the problems that will potentially be encountered when collecting electric field measurements using a Magnetotelluric device, which is planned to be produced in the future, have been tried to be predicted. Thanks to the Arduino circuit coded in the study, voltage values were recorded as a function of time in the desired sampling range. Measurement results were made based on zero start time. In the next process, a GPS module will be added and it will be recorded according to UTM time. The developed system part includes processing the data obtained using Arduino with C# code and visualizing it through a computer interface. Additionally, experiments were conducted on different pot performances using the developed system. During the study, Lead-Lead Chloride and Copper-Copper Sulfate electrodes were used and time-dependent electric field amplitudes were measured. During the testing of the measured data, it was emphasized that Copper-Copper Sulfate electrodes are more sensitive to high frequency noise and that this effect may cause misinterpretations at AMT frequencies. In the immediate future, it is planned to compare different pot performances with long-term measurements. Considering the primary results, it was observed that the frequency contents above 100 Hz could not be obtained due to the Arduino card reading speed in measuring the electric field.

Keywords: Electric Field Measurements, Arduino, Different Pot Performances, Sampling Interval



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yapı Kolonu Beton-Metal Donatı Modellerinin Yer Radarı Yöntemi ile İki Boyutlu Modellenmesi

Two Dimensional Modeling of Internal Structure of Building Columns with Ground Penetrating Radar Method

Esra ÇORUMLUOĞLU^{*1}, Selma KADIOĞLU^{1,2}

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

² Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

E-posta: esra.corumluoglu@gmail.com

* Sunumu yapacak yazar

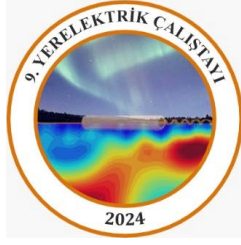
ÖZ

Çalışmamız, yer radarı (GPR) yöntemi ile yapı kolonlarının iç yapısını, örüntü modelini görüntüleme ve yorumlamada etkin olabilecek demir ve çelik donatı modellerinin oluşturulmasını ve zaman ortamında sonlu farklar yaklaşımı ile iki boyutlu (2B) radargram modellemelerini kapsamaktadır. İlk olarak yapı kolonu beton-metal donatı modelleri oluşturma işlemi gerçekleştirilmiş ve model gruplandırma işlemi yapılmıştır. Kolon modelleri oluşturmada öncelikle kolon farklı sayıda ve kalınlıkta düşey ve yatay metal çubuk donatılar üretilmiş ve betonarme ortamın dielektrik geçirgenlik (permittivity) değeri, metal tipi ile kombineler oluşturularak çok sayıda kolon beton-metal donatı modelleri oluşturulmuştur. Kolon donatı modeli üretiminde basitten karmaşığa doğru yol izlenmiştir. Metal çubuklar için demir ve çelik kullanılmıştır. Metal donatıyı çevreleyen beton ortam için öncelikle sabit dielektrik geçirgenlik değeri kullanılmış, daha sonra beton içinde boşluk, zayıf bölge gibi bozucu bölgeler eklenerek bir model grubu da oluşturulmuştur. Kolon beton-donatı model boyutları 150x70 cm ile sabit tutulmuştur. Yer radarı yöntemi ile kolon içi görüntüleme çalışmalarında çok yüksek frekanslı antenlerin kullanılması ve veri toplama işlemi bir profil boyunca gerçekleştirilmesinden dolayı profil doğrultusu arkasındaki kolon beton-donatı modelleri 2B ele alınmıştır. Yapı kolonu beton-metal donatı modeline ait radargram modellemelerde zaman ortamında sonlu farklar yaklaşımı (FDTD) ile elektromanyetik dalga yayılımını modelleyen gprMax açık kaynak yazılımı kullanılmıştır. 1.2 GHz merkez frekanslı GPR anten kullanılmıştır. Uygulamada farklı donatı model gruplarından örnekler sunularak beton-donatı kolon modellerini temsil eden radargramlar görüntülenmiş ve yorumlanmıştır. Son olarak Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Jeofizik Laboratuvarı yapı kolonlarından biri üzerinde RAMAC CUII GPR sistemi ile uyumlu 1.6 GHz anten kullanılarak veri toplanmış ve kolon donatı modeli çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Kolonu, Beton-Metal Donatı Modeli, Radargram Modelleme, Sonlu Farklar Yaklaşımı, Dielektrik Geçirgenlik

ABSTRACT

Our work involves creating models of iron and steel reinforcements that can be effective in imaging and interpreting the internal structure and pattern of building columns using Ground Penetrating Radar (GPR) method, and modeling two-dimensional (2D) radargrams in the time domain using the finite difference approach. Initially, the process of creating concrete-metal reinforcement models for building columns was carried out, and model grouping was performed. In creating column models, vertical and horizontal metal bar reinforcements of different numbers and thicknesses were first produced, and a large number of column concrete-metal reinforcement models were created by combining the dielectric permittivity value of the concrete environment with the type of metal. The production of reinforcement models followed a path from simple to complex, using iron and steel for the metal bars. For the concrete environment surrounding the metal reinforcement, a fixed dielectric



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



permittivity value was initially used, and then a model group was created by adding disruptive regions such as voids and weak areas within the concrete. The dimensions of the column concrete-reinforcement models were kept constant at 150x70 cm. In GPR imaging studies of column interiors using ground penetrating radar, due to the use of very high-frequency antennas and data collection along a profile, the column concrete-reinforcement models behind the profile direction were considered in 2D. The gprMax open-source software, which models electromagnetic wave propagation in the time domain using the Finite Difference Time Domain (FDTD) approach, was used for radargram modeling of the building column concrete-metal reinforcement model. A GPR antenna with a center frequency of 1.2 GHz was used. In practice, examples from different reinforcement model groups were presented, and radargrams representing concrete-reinforcement column models were displayed and interpreted. Finally, data was collected using a 1.6 GHz antenna compatible with the RAMAC CU11 GPR system on one of the building columns at the Ankara University Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM) Geophysics Laboratory, and the column reinforcement model was extracted.

Keywords: Column of Structure, Concrete-Metal Reinforcement Model, Radargram Modelling, Finite Difference Approximation, Dielectric Permittivity

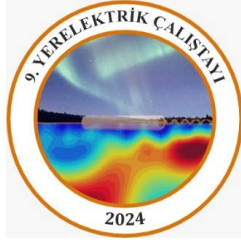
GİRİŞ

GPR yöntemi kullanarak yapılarda kolon içi görüntüleme ile beton-metal donatıların denetlenmesi, duraylılığının incelenmesi günümüz konularındandır. Şehirleşme ve altyapı projelerinde yapı duraylılığını artırma veya deprem, sel gibi afetler sonrası yapıların güvenliğini denetleme konularının önemini artırmıştır. Günümüz betonarme yapıların duvar ve kolonlarının, tarihi kültürel yapı ve anıtsal heykel/ duvar yapılarının hasarsız ve detaylı bir biçimde incelenmesi, mevcut durumlarının değerlendirilmesi ve potansiyel sorunların belirlenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Yer radarı (GPR) yöntemini kullanarak tarihi kültürel yapıların duraylılığının incelenmesi ve ona göre koruma çalışmalarının gerçekleştirilmesi de son yıllarda önemini artırmıştır (Kadioğlu ve Kadioğlu, 2010; Kadioğlu vd., 2011; 2014; 2015).Yapılarda kolonların beton-donatı modelinin belirlenmesi, yapı tabanı beton kalınlığı, varsa forekazıkların varlığı ve derinliği; yapı altı zemin özelliği ve oturma kırıklarının varlığının belirlenmesi vb. olası yapı denetleme ve problemlerinin ortaya konulması yapı güvenliğini kontrol etme ve önlem alma çalışmalarında kullanımı da yaygın hale gelmiştir (Kadioğlu vd., 2014). Bir kolon dikdörtgen veya kare şekilli küçük ölçekli bir yapı bölgesidir. Bu küçük ölçek içinde veri toplanan yüzeye yakın beton içi metal donatı ve kırıkların görüntülenmesi kolay olmasına rağmen iç ve arka cephe bölgesinin aydınlatılması çok da kolay olmamaktadır. Beton-donatı modellemeleri problemin belirlenmesinde oldukça etkili olmaktadır.

GPR yöntemi, elektromanyetik (EM) dalga yayılımı prensiplerini temel alarak yapı malzemelerinin içerisinde seyahat eden dalgaların yansıma, saçılma ve kırılmalarının zamanın fonksiyonu olarak EM dalga alanı (radar izi) olarak kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır. Donatı örüntü yapısı, bozuşma, çatlak ve diğer yapısal unsurlardan gelen dalga alanının haritasını görüntüleyerek kolon donatılarını ve duraylılık durumlarını ortaya çıkarmak mümkün olabilmektedir. Ancak metal donatıdan gelen yansıma ve saçılmalar çok karmaşık bir görüntü sunar. Bu nedenle örüntünün özellikle iç bölgesinin doğru belirlenebilmesi için belirli donatılara ait modellemeleri (dalga alanı hesabı) ve radargramlarının görüntülenmesi oldukça önem taşımaktadır. Çalışmada basitten karmaşığa oluşturulmuş yapı kolonu beton-metal donatı model örnekleri ve modellere ait radargram (dalga alanı kesitleri, radar kesitleri) modelleme sonuçları sunulmuştur. Ayrıca gerçek kolon verisi üzerinde değerlendirme yaparak kolon metal donatı modelini belirleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

YÖNTEM

GPR yönteminin hasarsız (non-invasive), veri toplaması kolay ve cm bazında ayrıntılı iki ve üç boyutlu (2B ve 3B) sonuç vermesi en önemli avantajlarından olması nedeniyle yapı denetlenmesinde



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



en çok kullanılan jeofizik yöntemdir. 2B GPR modelleme ile radargram hesaplama için zaman ortamında sonlu farklar yöntemi (FDTD) kullanılmıştır. FDTD, Maxwell denklemlerini başarılı bir şekilde çözmek için geliştirilmiş sayısal bir modelleme tekniğidir (Koçaslan, 2008; Kurt, 2009; Kaplanvural vd., 2018; Özkap ve Pekşen, 2021; Irving ve Knight, 2006). Maxwell denklemlerini çözmek için kullanılan zaman ortamında sonlu farklar (FDTD) yöntemi, uzayda ve zamanda ayrıklaştırılır. Yöntem her bir FDTD hücresine uygulanan Maxwell denklemleri Δt zaman artış miktarına karşılık çözümleri ile EM alanın yeni konumlarının ve genlik değerlerinin hesaplanması ilkesine dayanmaktadır. Doğrudan zaman ortamında yinelemeli bir şekilde elde edilen sayısal çözüm, her iterasyonda EM alanların yayılmasını içerir. Her bir iterasyon, modelleme süresinde Δt 'lik bir geçişi temsil eder. Bu çalışmada, HORIPML sınır koşulları kullanılmıştır (Giannopoulos, 2005). FDTD yöntemi ile kolon modeline ait radargram (GPR dalga alanı kesiti) modelleme için açık kaynaklı bir Python yazılımı olan gprMax modelleme programı kullanılmıştır (Warren vd., 2016).

SONUÇLAR

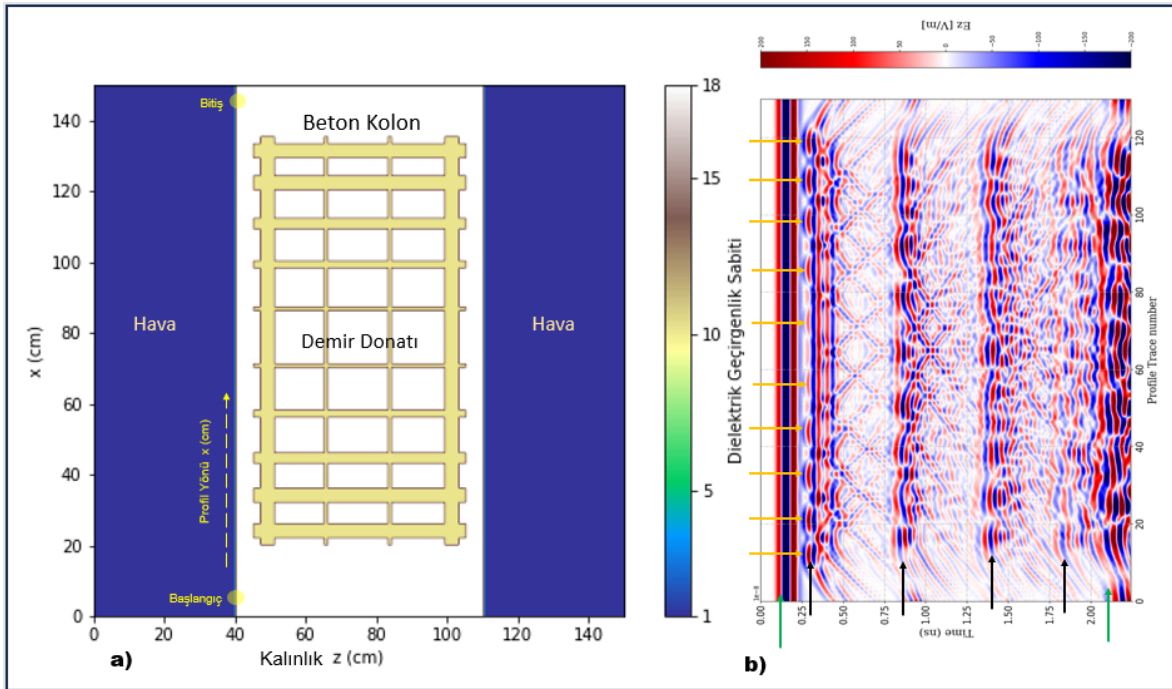
Çalışmamızda, 1.5 x 0.70 m boyutunda beton kolon kesit içinde farklı sayılarda, farklı kalınlık ve konumlarda demir ve çelik olmak üzere metal çubuklardan oluşturulmuş, basitten karmaşık duruma göre sınıflandırılmış toplam 25 tipte yaklaşık 2200 beton-donatı modeli oluşturulmuştur. Modelleme için 1.5 x 0.70 m'lik kolonun ön ve arka bölümlerine 40 cm'lik hava ortamı ekleyerek toplamda 1.5x1.5 m boyutlarında modeller hazırlandı. Modellerde x eksenini kolonun tabandan başlayarak yukarı doğru düşey yöndeki konumunu, z eksenini ise kolonun önden arkaya doğru kalınlık değerini temsil etmektedir. Şekil 1a'da oluşturulan bir yapı kolonu beton-demir donatı örneği sunulmuştur. Şekilde mavi renkli alanlar (1.5x 0.40 m) hava tabakasını, ortadaki kolon betonu temsil eden renkli alan içinde metal donatıları içine alan düşey beton kolon kesitini (1.5 x 0.70 m) temsil etmektedir.

Modellere ait radargramların hesaplanması için oluşturduğumuz profilde x yönü düşey eksen, kolonun en alt noktası (0,0.40 m)'den başlamakta ve en üst bitiş noktası ise (1.5, 0.40 m)' de sonlanmaktadır (Şekil 1a). GPR yönteminde FDTD kolon modelleme gösterim amaçlı Şekil 1b' de Şekil 1a'da verilen modele ait hesaplanan radargramı temsil etmektedir. Modelleme ile elde edilen radargram irdelendiğinde kolon donatısına ait enine metal çubukların konumu onları temsil eden hiperbollerin tepe noktaları ile ve her birinin diğeri ile olan uzaklıkları tepe noktaları arasındaki uzaklıklarının belirlenmesi ile elde edilir. Düşey metal çubukların belirteçleri profil yönündeki yatay yansıma yüzeylerinin enine metal çubuklara ait hiperbollerle kesişmesinden oluşan zarflarla temsil etmektedir. Hiperbollerin enine ve boyuna genişliği enine çubukların kalınlığı ile doğru orantılıdır (Şekil1b).

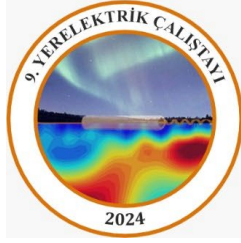
KAYNAKLAR

- Giannopoulos, A. (2005). Modelling ground penetrating radar by GprMax. *Construction and building materials*, 19(10), 755-762.
- Irving, J., & Knight, R. (2006). Numerical modeling of ground-penetrating radar in 2-D using MATLAB. *Computers & Geosciences*, 32(9), 1247-1258.
- Kadioglu, S. and Kadioglu, Y.K., 2010. "Picturing Internal Fractures of Historical Statues Using Ground Penetrating Radar Method", *Advances in Geosciences*, vol. 24, 23-34, www.adv-geosci.net/24/23/2010/.
- Kadioglu S., Kadioglu Y. K., Akyol A. A., 2011. Monitoring Buried Remains with a Transparent 3D Half Bird's Eye View of Ground Penetrating Radar Data in the Zeynel Bey Tomb in the Ancient City of Hasankeyf, Turkey, *Journal of Geophysics and Engineering*, 8(3), S61-S75
- Kadioglu, S., Kadioglu, Y.K., Deniz, K., and Akyol, A.A., 2014. "Ground Penetrating Radar and Micro Raman Spectroscopy in Keciova Mosque Casbah-Algiers (Algeria)", *IEEE Xplore Digital Library Conference Publications*, ISBN: 978-1-4799-6789-6, DOI: 0.1109/ICGPR.2014.6970383, p. 50-53.

- Kadioglu, S., Kadioglu, Y.K and Akyol, A.A, 2015. "Picturing Monuments and Cultural Heritages with Ground Penetrating Radar Method including its Half Bird's Eye View Visualization", IEEE Xplore Digital Library Conference Publications, ISBN: 978-1-4799-6495-6/15.
- Kaplanvural İ., Pekşen E., Özkap K., Volumetric Water Content Estimation of C-30 Concrete Using GPR, Construction and Building Materials, 2018, 166.
- Kurt, B.B., 2009. Zaman Ortamında Sonlu Farklar Yöntemi İle İki Boyutlu Yer Radarı Modelleme. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği ABD.
- Koçaslan, A., 2008. Sonlu Farklar Yöntemi ile Çok Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Dalga Alanı Hesabı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği ABD.
- Warren, C., Giannopoulos, A., Giannakis I., 2016. gprMax: Open source software to simulate electromagnetic wave propagation for Ground Penetrating Radar, Computer Physics Communications (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cpc.2016.08.020>)



Şekil 1: a) Yapı kolonu beton-demir donatı modeli ve **b)** donatı modeline ait FDTD modelleme ile elde edilen radargram (GPR kesiti). Radargram üzerindeki siyah oklar düşey demirleri, turuncu oklar yatay demirleri ve yeşil oklar beton donatı ön ve arka yüzey başlangıçları temsil etmektedir



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Akifer Modelinin Kirlenme ve Temizlenme Süreçlerinin GPR Verilerinin Parçacık Sürü Optimizasyonu ile İzlenmesi

Monitoring of Contamination and Clean-up Processes of an Aquifer Model by Particle Swarm Optimization of GPR Data

İsmail KAPLANVURAL^{*1}, Ertan PEKŞEN¹, Doğukan DURDAĐ¹, Nihat Hakan AKYOL²

¹ Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Böl. Umuttepe Kampüsü, 41001 İzmit, Kocaeli.

² Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Böl. Umuttepe Kampüsü, 41001 İzmit, Kocaeli.

E-posta: kaplanvural@kocaeli.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

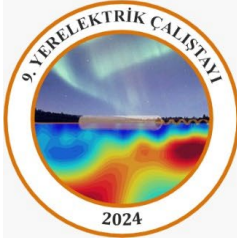
Bu çalışma, bir akifer sisteminin kirlenme ve temizlenme sürecinin yer radarı (GPR) yöntemi ile izlenmesini sunmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için, laboratuvarda kurulan model bir akifer sistemi üzerinde periyodik GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. GPR ölçümleri, laboratuvar modelinin üzerinde ortak ofset dizilimi ile profil ölçümleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. GPR ölçümleri periyodik olarak yapılmış ve kirlenmeden önce, kirlenmeden sonra ve temizleme işlemi sırasında gerçekleştirilmiştir. İlk GPR ölçümleri yapıldıktan sonra modele bir kirlenici enjekte edilmiştir. Kirlenici olarak modele DNAPL (Yoğunluğu sudan fazla olan karışmayan sıvı) enjekte edilmiştir. Bu çalışmada kirlenici olarak Trikloretilen (TCE) kullanılmıştır. Tüm süreci içeren GPR verileri 1B ve 2B grafiklerde analiz edilmiştir. Ayrıca, zaman aralıklı GPR veri kümesine akifer sisteminin kirlenme ve temizleme süreçlerini değerlendirmek için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ile ters çözüm uygulanmıştır. İletkenlik, bağıl dielektrik geçirgenlik, bağıl manyetik geçirgenlik ve tabaka derinliği değerleri GPR verilerinden PSO yöntemi ile kestirilmiştir. Ters çözüm işleminin sonuçları, kirlenicinin eklenmesi aşamasında ve kirlenicinin yıkanması aşamasında hesap edilen iletkenlik değerlerinin önemli ölçüde farklı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: GPR, DNAPL, PSO, Akifer, Ters Çözüm

ABSTRACT

This study presents monitoring of contamination and cleanup process of an aquifer system by ground-penetrating radar (GPR) method. In order to achieve that, periodic GPR measurements were performed on a model aquifer system, which is established in the laboratory. GPR measurements were as profile measurements with common-offset array above the laboratory model. The GPR measurements are carried out periodically and consisted on before the contamination, after the contamination and during the clean up process. A contaminant was injected into the model after first GPR measurements performed. Dense Non-aqueous Phase Liquids (DNAPL) was injected into model as contaminant. Trichloroethylene (TCE) was used as contaminant in this study. The time-lapse GPR data were analyzed in 1D and 2D plots. Additionally, time-lapse GPR data set were inverted by Particle Swarm Optimization (PSO) to evaluate contamination and clean up processes of the aquifer system. Conductivity, relative dielectric permittivity, relative magnetic permeability and depth of the layer were inverted by PSO of GPR data. The results of inversion process were indicated the significant change of the estimated conductivity values at the contamination stage and washing the contamination stage.

Keywords: GPR, DNAPL, PSO, Aquifer, Inversion



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yeraltı Suyu Aramalarında Düşey Elektrik Sondajının Uygulanması, Jeoloji ve Hidrojeoloji ile İlişkisi

Application of Vertical Electrical Sounding in Groundwater Exploration, Its Relationship with Geology and Hydrogeology

Erhan İÇÖZ*,¹, Coşkun SARI²

¹ Sumet Yerbilimleri Ltd Şti Narlıdere İzmir

² DEÜ Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. Tınaztepe Yerleşkesi, Buca-İzmir

E-posta: sumet@sumet.com.tr

*Sunumu yapacak yazar

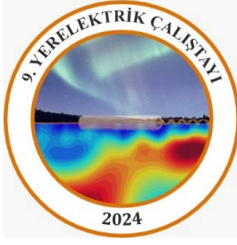
Öz:

Uygulamalı Jeofizik yöntemlerden biri olan yer elektrik yöntemlerin en yaygın kullanım alanlarından biri, hatta en önemlisi yer altı suyu aramalarıdır. Bu amaçla en bilinen uygulama ise öz direnç yöntemidir. Yer altı suyu aramalarında, sıklıkla öz direnç ölçümlerinin en yaygın uygulaması olan Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniği kullanılmaktadır. Tektonik yapıların belirlenmesi amacıyla, SP ölçümlerinin kullanılması da gerekebilir. Ancak, araştırmalarda gerek değerlendirmeden, gerekse yorumlamadan kaynaklanan eksik ya da hatalı uygulamalarla sık sık karşılaşılmaktadır. Sağlıklı bir yer altı suyu araması, öncelikle yöre jeolojisi ve hidrojeolojisinin iyi bilinmesiyle başlar. Bu ön bilgilere göre, birincil olarak araştırılacak alanın ölçüm planlaması yapılmalıdır. Bu planlama, sadece alan içi değil, yer altı suyu beslenme alanlarını da kapsayacak şekilde yapılmasını gerektirir. Öte yandan, araştırılacak sahanın büyüklüğü ve gereksinim duyulan su miktarı dikkate alınmalıdır. Ayrıca, gerçekleştirilecek ölçümler, yeterli derinliklerde olmalı ve tüm alanı temsil etmelidir. Varsa, kırık zonları gibi yapısal hatların çözümü de araştırma kapsamına alınmalıdır. Doğal olarak, maliyetler de planlama içerisine girdiğinden tüm bunları her zaman uygulama olanağı özel bürolar için gerçekleştirilememektedir. Mesleğimizin saygınlığı ve güvenilirliği açısından, araştırmayı yaptıran kişi veya kurumlara, konunun önemi olabildiğince iyi anlatılarak sorunun mali boyutu aşılına çalışılmalıdır. Bu çalışmada, bilimsel ilkeler doğrultusunda geniş bir alanda gerçekleştirilen örnek iki araştırma ve sonuçları sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu, Düşey Elektrik Sondaj, Jeoloji- Hidrojeoloji, Kırık zonları, Beslenme Alanı

ABSTRACT

Among the applied geophysical methods, one of the most common uses of geoelectrical methods, and even the most important, is groundwater exploration. The most well-known application for this purpose is the resistivity method. Vertical Electrical Sounding (DES) technique, which is the most common application of resistivity measurements, is frequently used in groundwater exploration. However, incomplete or erroneous practices resulting from both evaluation and interpretation are frequently encountered in research. The search for healthy groundwater begins with a good knowledge of the local geology and hydrogeology. According to this preliminary information, measurement planning of the area to be primarily investigated should be made. This planning requires not only within the area but also to include groundwater recharge areas. On the other hand, the size of the area to be investigated and the amount of water required should be taken into account. In addition, the measurements to be made must be at sufficient depth and represent the



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



entire area. If any, the solution of structural lines such as fracture zones should also be included in the research. Naturally, since costs are also included in the planning, it is not always possible for geophysical research companies to implement all these. In terms of the respect and reliability of our profession, the financial dimension of the problem should be overcome by explaining the importance of the subject as best as possible to the people or institutions that commission the research. In this study, exemplary research conducted in a wide field in line with scientific principles and its results are presented.

Key Words: Groundwater, Vertical Electrical Sounding, Geology- Hydrogeology, Fracture Zones, Field of Nutrition

GİRİŞ

Yeraltı suyu aramaları, çoğu kez fazla önemsenmeden çok az sayıda öz direnç ölçüsü ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, jeolojik-hidrojeolojik yapıyla uyumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla, açılan sondajların bir kısmı olumsuz sonuçlanmakta, sondaj derinlikleri yetersiz ya da olması gerektiğinden derin önerilerek her iki durumda da kaynak israfına neden olmaktadır. Bazen de asıl yeraltı suyu rezervuarından farklı yerlerde açılan sondajlar yüzünden de harcamalar boşa gidebilmektedir. Bu olumsuzlukların, sonuçta mesleğimize olan güveni de sarstığı açıktır. Tüm bunları önlemenin yolu, yeraltı suyu etütlerinin jeolojik- hidrojeolojik yapıya göre planlanması, yeterli derinliklerde ve sayıda ölçüler alınması ve yine jeolojik- hidrojeolojik yapı gözetilerek değerlendirilip yorumlanmasıdır. Aynı sahada, başarısızlıkla sonuçlanan bazı etütlerden sonra yukarıdaki anlayışla gerçekleştirilen ikinci bir etüt ile daha doğru sonuçlar alındığı bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada, birisi Salihli'de diğeri Romanya'da gerçekleştirilen iki yeraltı suyu araması anlatılacaktır.

ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ

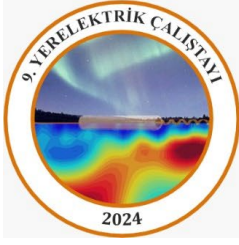
Jeofiziğin en bilinen yöntemlerinden birisi olan öz direnç yöntemi, bilindiği gibi ohm kanununun bir uygulamasına dayanmaktadır. Ohm kanunu, $V = I \times R$ şeklinde formüle edildiği bilinir. Ancak bizim için gerekli olan, her jeolojik birim için farklı aralıklarda değişim gösteren öz direnç değerleridir. Bu değerleri elde etmede çeşitli ölçüm yöntemleri olmakla birlikte, yer altı suyu aramalarında en yaygın uygulama alanı bulan düşey elektrik sondajı (DES) ölçüm yönteminin bir uygulaması olan Schlumberger dizilimi en çok kullanılan dizilim türüdür. Bu uygulamada, bir orta noktaya göre eşit uzaklıkta iki noktadan akım verilip, iki noktadan ise bu akımın oluşturduğu gerilim ölçülmektedir. Akım uzaklıkları sürekli değişirken gerilim potları arasındaki uzaklık (MN) belirli aralıklarla değiştirilir. Bu aralıklar, Schlumberger ölçü dizilimi için akım elektrotları yarı uzaklığının %4- %40'ı arasında olmalıdır. Görünür öz direnç değerleri

$$\rho_a = k \frac{\Delta\phi}{I} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır (Şenay 1971). Burada ρ_a görünür öz direnç $\Delta\phi$ gerilim farkı (mV), k geometrik faktör ve I akım (A)'dır. Bu yöntemde gerilimler ölçülerek uzaklığın fonksiyonu olarak grafiklenir. Grafikleme, toplam yığımsal gerilimdeki değişimlerin grafiklenmesi ve türev değerlerinin grafiklenmesi şeklinde birlikte yapılmaktadır. Elde edilen grafikler, çeşitli yöntemlerle değerlendirilerek yanal geçişler belirlenebilmektedir.

Değerlendirme

Ölçümlerden hesaplanan görünür öz direnç değerleri, abakla ve IPI2win bilgisayar programı ile değerlendirilerek, jeolojik birimleri temsil eden gerçek öz direnç değerleri elde edilmektedir. Bu değerlendirmelerde, eşdeğerlilik prensibi (öz direnç değeri (ρ_a) ile birim kalınlığının çarpımının eşit



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



olacağı) göz önünde tutularak, alternatif çözümler bulunabilmektedir (Ertürk 1972). Değerlendirmeler, çeşitli kalınlık ve öz direnç alternatifleriyle yapılarak, jeolojik yapıyı çözdüğü düşünülen değerler doğru sonuçlar olarak kabul edilir. Yaklaşık aynı doğrultu üzerinde bulunan noktalardan, çeşitli yönlerde görünür ve gerçek öz direnç kesitleri çıkarılmaktadır. Topografik yapı da gözetilerek hazırlanan bu kesitler, yakın öz direnç değerlerinin aynı jeolojik ortamı temsil ettiği ön kabulü ile çıkarılır. Yakın noktalar arasındaki seviyeler arasında büyük derinlik farkı olan yerlerde, fay olasılığı olduğu düşünülerek buralara kesik çizgilerle olası faylar gösterilir. Ayrıca, farklı derinlikler için seviye haritaları hazırlanarak, jeolojik- hidrojeolojik verilerin ışığında yorumlanmaktadır. Seviye haritaları ise görünür öz direnç değerlerinin konturlanmasıyla hazırlanır. Bu seviye haritalarında, az çok doğrusal yöndeki ani değişikliklerin faylardan kaynaklandığı düşüncesiyle, bu geçişler fay olarak yorumlanmıştır. Serbest akiferler için en verimli yerlerin belirlenmesi amacıyla Transversal Rezistans haritalarından yararlanılmaktadır. Transversal rezistans, birim kalınlığı ile öz direncinin çarpımıyla bulunmaktadır (Ertürk 1972).

$$TR = \rho_a * d \quad (2)$$

Bu değer in yüksek olduğu yerlerin veriminin daha fazla olacağı öngörülmektedir. Kesitler, seviye haritaları ve transversal rezistans değerlerinin yorumundan, yeraltı suyu taşıdığı düşünülen bölgeler ayırt edilerek buralara sondaj önerilir.

Salihli Sahası Yeraltı Suyu Etüdü

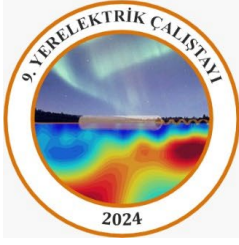
Salihli'nin 15 km kadar doğusunda yer alan araştırma alanı, çok sayıda parselden oluşan yaklaşık 900 ve 600 dönümlük iki kümede toplanmıştır (Şekil 1). Daha önce bu iki kümede, bir jeofizik firması tarafından sadece birer adet DES ölçümü alınmış ve buna göre önerilen 4 adet sondajdan verimsiz sonuç alınmıştır. Jeolojik incelemelerde, sondajların açıldığı yerlerin Miyosen kilttaşları üzerinde olduğu görülmüş ve bu nedenle su alınamadığı anlaşılmıştır. Jeolojik- hidrojeolojik araştırmada, yeraltı suyunun, Paleozoyik'e ait mermer, metakumtaşı, metaçakıltası birimleriyle fay zonlarından sağlanabileceği belirlenmiştir. Burada, hem Miyosen hem Paleozoyik birimler üzerinde, 77 adet DES ölçümü alınıp değerlendirilerek (Şekil 2), Paleozoyike ait uygun birimlerin bulunduğu yerler ve derinlikler saptanıp buralara sondajlar önerilmiştir. Sonuçlar, her iki bölge için de olumludur. Jeofizik veriler, yüzey jeolojisinde yer almayan çok sayıda fayın varlığını da belirlemiştir.

Romanya Yeraltı Suyu Etüdü

Romanya-Köstence'nin kuzeyindeki Pantelemeon köyü yakınlarında bulunan 17.000 dönüm arazide, 1000 metre derinliğinde sondaj açılmakta iken arazi sahibinin isteği üzerine bir jeofizik araştırma yapıldı. Bu araştırmada, toplam 194 adet DES ve 7 profil üzerinde SP ölçüleri alındı (İçöz ve Yurtkal 2012). Saha jeolojisine göre, ince bir Neojen örtünün altında, masif özelliğindeki Silüriyen yaşlı birimler bulunmaktadır (Şekil 3). Jeofizik araştırmayla, Neojen birimlerinin kalın olduğu yerlerle Silüriyen birimleri içerisindeki olası faylar ve çatlaklı seviyelerin varlığı araştırılmıştır. Yapılan ölçümlerle saptanan fayların, geçirimli bir zon oluşturmadığı ve Silüriyen içerisinde mermer veya çatlaklı bölgeler bulunmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, sahada su alınabilecek tek litoloji olan Neojen seviyelerinin verimli olabilecek bölgeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Transversal Rezistans ve Eş kalınlık haritaları (Şekil 4) da hazırlanarak, Neojen birimlerinin en verimli olabileceği yerler belirlenmiştir.

Bu bilgilerle, açılmakta olan sondaj 800 metrede durdurulmuş ve yapılan su testi sonucu, 0.5 lt/sn den daha düşük su alınacağı anlaşılmıştır. Daha sonra, sahanın güneyinde, Neojenin kalın ve öz dirençleri yüksek olduğu yerde önerdiğimiz sondajdan ise 2 lt/sn su alınmıştır. Etüt sonucu, sahanın güneyinde daha kalın ve kumtaşı-çakıltası içeren Neojen birimleri dışında su alınabilecek bir ortam bulunmadığı anlaşıldığından, bu bölgede birkaç sondaj önerilmiştir.

SONUÇLAR



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Bu iki sahadan elde edilen veriler de göstermiştir ki yer altı suyu etütlerinde, tüm sahayı temsil edecek yeterli sayıda ölçü alınmadan başarılı sonuç alınamamaktadır. Özellikle bazı sondajcılar tarafından, işverenin bilgisizliğinden yararlanarak, olması gerekenden daha çok sayıda ve daha derin sondajlar açması, büyük ekonomik maliyetlere neden olmaktadır. Jeoloji- jeofizik işbirliği ile gerçekleştirilecek etütler, bu olumsuzluğun önüne geçmektedir. Ülkemizde, daha önce DSİ tarafından uygulanan bu işbirliği, anlamsız bir şekilde kaldırılmış ve olumsuz sonuçlara neden olmuştur.

TEŞEKKÜR

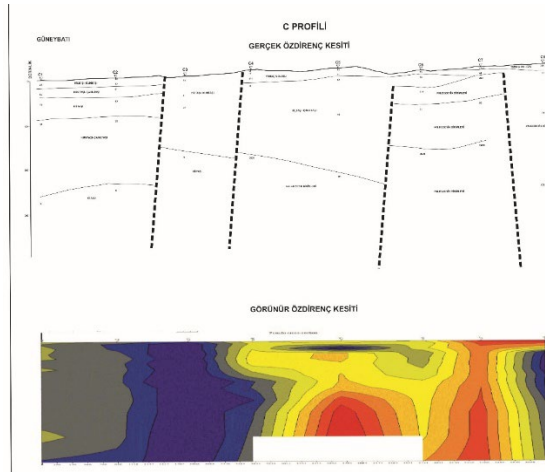
Arazi çalışmalarımız sırasında yardımcı olan Uluceviz Şirketi çalışanlarına ve sunumumuzu hazırlamakta yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Coşkun Sarı'ya teşekkür ederiz

KAYNAKLAR

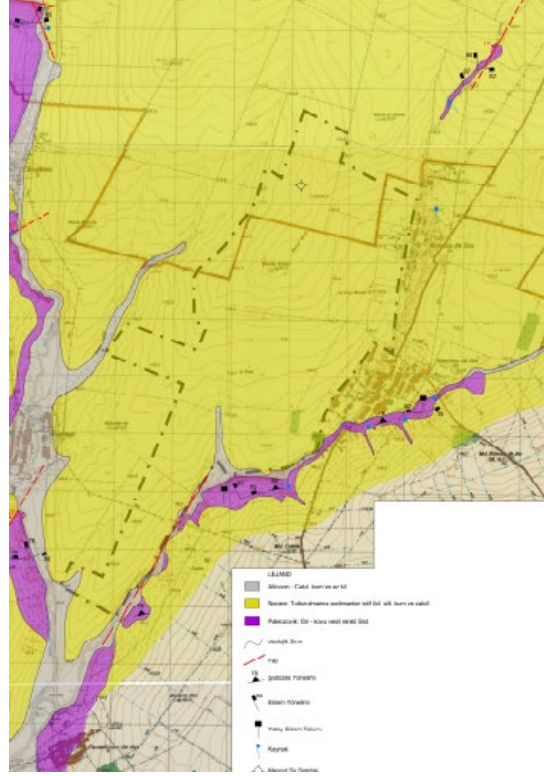
- Ertürk, A.** 1972 Eşdeğerlik Prensibi ve Elektrik Sondajlarındaki tatbikatı Jeofizik ve Tatbikatı IV (DSİ Jeofizikçiler Toplantısı Sunumu)
- İçöz, E. Ve Yurtkal, E.G.** (2012) Romanya- Köstence- Pantelemeon Yer altı suyu olanakları araştırma raporu (Sumet Yerbilimleri, yayımlanmamış)
- Şenay, Y.**, 1971. Doğru Akım Satış Rezistivite Metotları, Türkiye Jeofizikçiler Birliği, Yayın no: 1, Ankara.



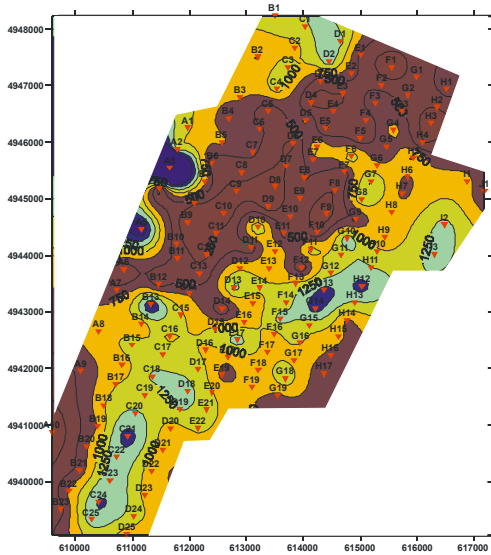
Şekil 1: Uluceviz Jeoloji Haritası (MTA)



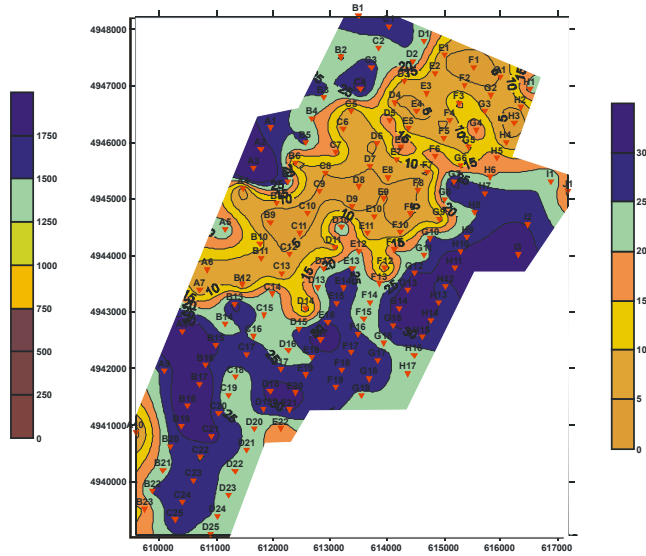
Şekil 2: Uluceviz Öz direnç Kesit Örneği



Şekil 3: Romanya Sahası Jeoloji Haritası

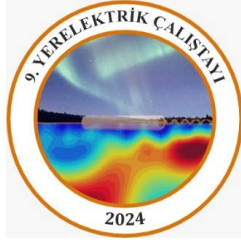


Neojen Birimleri Transversal Rezistans Haritası



Neojen Birimleri Kalınlık Haritası

Şekil 4: Neojen Seviyesine Ait Jeofizik Haritaları



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yer Radarı ve Kablo Bulma Dedektörünün Birlikte Kullanımıyla Gömülü Mühendislik Yapılarının Yerlerinin Belirlenmesi

Locating Buried Engineering Structures Using Ground Penetrating Radar and Cable Locator Detector

Burak KARAKÖSE¹, İsmail DEMİRCİ*¹, Halil İbrahim TAÇ¹

¹ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

E-posta: idemirci@eng.ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

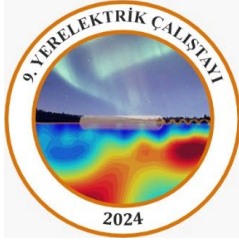
Yer radarı (GPR) yönteminde radargramlar üzerinde süreksizliklerin belirlenmesi kolay olsa da yeraltı mühendislik yapılarının tamamen belirlenebilmesi konusunda bazen zorluklar yaşanabilmektedir. Mühendislik yapılarının beklenenden daha küçük ölçekte olması yapının bulunmasını zorlaştırırken aynı zamanda ikincil mühendislik yapılarının da varlığı GPR yöntemi ile yeraltı yapılarının tamamen belirlenmesinde yetersiz kalabilmektedir. Çalışmada plastik boruların ve bu borulara komşu elektrik nakil hatlarının olması durumunda mühendislik yapıların birbiri üzerindeki örtücü etkisi ve nasıl belirlenebileceği üzerinde durulmuştur. Test çalışma sahasında her iki mühendislik yapısını da aynı anda görüntülemek hedeflenmiştir. Plastik boru hattının görüntülenmesinde GPR yöntemi kullanılmıştır. Hemen yanında yer alan ve plastik borunun örtücü etkisi nedeniyle radargramlarda görüntülenemeyen elektrik nakil hatları için ise ikincil bir yöntemin kullanılmasının gerekliliği görülmüştür. Bu nedenle GPR yöntemine ek olarak Vivax markasının üretmiş olduğu RTK-Pro kablo bulma dedektörü kullanılmış ve plastik borunun örtücü etkisi ile görüntülenemeyen elektrik nakil hattı da görüntülenebilmiştir. Bu sayede yeraltı mühendislik yapılarının belirlenebilmesi konusunda tekil yöntemlerin değil birden fazla yöntemin aynı anda kullanılması önerilmiştir. Yöntemlerden birinin yetersiz kaldığı durumda diğer tümleyici yöntem sayesinde her iki mühendislik yapısı da bulunabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Mühendislik Yapıları, Yer radarı, Kablo dedektörü, Tümüleşik Yorumlama

ABSTRACT

Although it is easy to identify discontinuities on radargrams in the ground penetrating radar (GPR) method, there may sometimes be difficulties in completely determining underground engineering structures. The fact that the engineering structures are smaller in scale than expected makes it difficult to find the structure, while the presence of secondary engineering structures may be insufficient to completely determine the underground structures with the GPR method. The study focused on the covering effect of plastic pipes and engineering structures on each other in case of electrical transmission lines adjacent to these pipes and how they can be determined. It is aimed to view both engineering structures at the same time in the test site. GPR method was used to image the plastic pipeline. It has been deemed necessary to use a secondary method for the power transmission lines located right next to them and which cannot be displayed on radargrams due to the covering effect of the plastic pipe. For this reason, in addition to the GPR method, the RTK-Pro cable detection detector produced by the Vivax brand was used and the electrical transmission line, which could not be viewed due to the covering effect of the plastic pipe, could also be imaged. In this way, it is recommended to use more than one method at the same time, rather than single methods, in determining underground engineering structures. In case one of the methods was insufficient, both engineering structures could be found thanks to the other complementary method.

Keywords: Buried Engineering Structures, Ground Penetrating Radar, Cable Detector, Integrated Interpretation



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



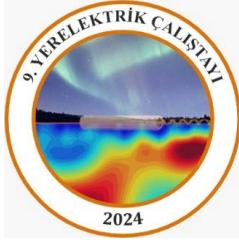
GİRİŞ

GPR yöntemi yüksek frekanslı elektromanyetik (EM) bir yöntemdir. Hedef araştırma derinliğine uygun merkez frekanslı antenlerin kullanılması ile yeterli hassasiyette sonuçların elde edilebilmesi yöntemin en büyük avantajı olarak göze çarpmaktadır. Ölçüler bir profil üzerinde belirli aralıklarla yer içine yollanan yüksek frekanslı elektromanyetik (EM) kaynak alanın yer içinde herhangi bir süresizliğe çarparak yansması ve saçılması sonucu alıcı antene zamanın fonksiyonu olarak gelen EM sinyalin kaydedilmesi ile toplanır. Veriler işlendikten sonra tüm izlerin konumlarına göre sıralanmış radargram kesitleri görüntülenir. Yöntemin kullanımının kolay olması ve çok hızlı veri toplanabilmesi, veri toplama sırasında çalışma alanında herhangi bir tahribat oluşturmaması, santimetre düzeyinde yüksek çözünürlüklü iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) yeraltı görüntülemenin yapılabilmesi en önemli avantajlarıdır. Böylece yapıların konum ve derinliklerinin çok daha net belirlenebilmesi nedeniyle tüm sığ araştırmalarda son yıllarda en çok kullanılan jeofizik yöntem olmuştur (Kadioğlu 2008; Kadioğlu ve Daniels 2008; Kadioğlu, 2017). Ancak Radargramlar üzerinde büyük ölçekli mühendislik yapılarının belirlenmesi kolay olsa da bu yapılara komşu ikincil mühendislik yapılarının tanımlanması konusunda zorluk çekilmektedir. Bu problem nedeniyle çalışma sırasında ikincil bir yöntem ihtiyacı duyulmuştur. Çalışma sırasında SEBATEK firmasının distribütörlüğünü yaptığı, Vivax markasının ürettiği RTK-Pro kablo bulma detektörü kullanılmaya karar verilmiş ve sonuçlar görüntülenmiştir. Bu detektörün çalışma prensibi canlı veya cansız bir elektrik hattına, ülkemiz için 50 Hz frekansında veya verici yardımı ile oluşturduğumuz herhangi bir frekansta oluşturulan manyetik alanın detektördeki manyetik sensörler yardımı ile belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Yöntemde vericiden gönderilen özel bir frekanstaki elektromanyetik sinyalin genliği izlenerek hat güzergâhı ve başlangıç genliğinden yola çıkılarak hattın derinliği konusunda bilgiler elde edilebilir. Her iki yöntemin birlikte kullanılabilirliği sayesinde gömülü yapı ve yerleri efektif bir şekilde elde edilebilir.

YÖNTEM

Yer radarı yöntemi yer altının yüksek çözünürlükle görüntülenmesini sağlayan yakın yüzey araştırmalarında kullanılan yüksek frekans EM yöntemidir. Yer radarı sistemini oluşturan temel ölçüm elemanları, verici anten, alıcı anten ve kayıtçıdan oluşmaktadır. Verici anten ile yer içine yüksek frekanslı EM kaynak dalgası gönderilir. Yeraltındaki tabakalar ve gömülü cisimlerin bileşimlerine özgü fiziksel ve kimyasal özellikleri vardır. Bu özellikler, gömülü nesnelere ya da tabakaların bulunduğu ortamdan farklı fiziksel özellikte (Yöntem özelinde dielektrik geçirgenlik fiziksel parametredir.) olmasına sebep olur. Böylece yer içine gönderilen EM dalgası bu gömülü nesnelere ya da tabakaların yüzeyleri ile karşılaştığında yansıma ve saçılmaya uğrar. Bu yansıyan ve saçılan dalgalardan yüzeydeki alıcı antene ulaşanlar kaydedilir. Varış zamanının fonksiyonu olarak kaydedilen dalgalar grubuna dalga alanı adı verilir. Yere gönderilen EM dalgası, harmonik bir yapıya sahip olup etken bir frekans içerir. Bu frekansın değeri, nüfuz derinliğini, soğrulma miktarını ve saçılma derecesini belirler (Annan 2000). Yöntemin başarılı olması, uygun anten seçimine, kaliteli veri toplanmasına, iyi bir veri-işleme ve görüntüleme yapılmasına bağlıdır. Anten seçimi aranılan nesnenin derinliğine ve büyüklüğüne göre yapılır. Yer radarı verisi, aranılan nesneyi en az iki noktada kesebilecek birbirine paralel profiller üzerinde toplanır. Veri-işleme aşamasında, gürültü kabul edilen frekanslar içerikleri veriden ayrılır. EM dalgasının derinlikle soğurulmasından dolayı, dalga genlikleri uygun yöntem kullanılarak genlik değerleri zaman ve/veya derinliğe bağlı olarak artırılır. İstenirse hız analizi yöntemleri kullanılarak ortamın EM dalga hızı belirlenir. Böylelikle zaman kesitlerinden derinlik kesitlerine geçiş yapılabilir. Veri-işleme tamamlanmış veriler 2 boyutlu ve 3 boyutlu görüntüler halinde sunulabilir.

GPR yöntemine ek olarak Vivax markasının ürettiği RTK-Pro kablo bulma detektörü kullanılmıştır. Yöntemin çalışma prensibi canlı veya cansız bir elektrik veya metalik içerikli boru hattına verici yardımı ile oluşturduğumuz elektromanyetik alanın gönderilmesi ve alıcı tarafından geri kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır. Alıcıdaki manyetik sensörler yardımı ile şehir elektriği için



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



50 Hz veya vericiden verilen spesifik frekanstaki elektromanyetik alanın genliği bulunarak hattın derinliği ve hat uzunluğu takip edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 1). Yöntemde elektrik nakil hatlarına dahil olmayan hatlarda çalışma yapılacaksa verici yardımı ile AC bir elektromanyetik alan oluşturulup kapalı bir devre haline getirildikten sonra ölçü alınabilir hale gelmektedir.

SONUÇLAR

Çalışma sırasında veriler Ankara Üniversitesi Gölbaşı yerleşkesi içerisinde yer alan yağmur suyu toplama hattı ve depolanan suyun geri kullanımı sırasında kullanılacak pompanın elektrik hattının yeri ve konumunun belirlenmesi için test amacıyla toplanmıştır. Çalışmanın yapıldığı alan ve ilgili hat yapısı Şekil 2'de görülmektedir. Öncelikle boru hattının belirlenmesi amacıyla birbirine paralel 7 hat boyunca GPR verileri toplanmış ve veri işlem aşamasından geçirilmiştir. Sonuç veriler 3B kesit oluşturularak Şekil 3'de verilmiştir. Elde edilen kesitler incelendiğinde boru hattının hemen yanında uzanan elektrik hattının yerinin belirlenemediğini bize açıkça göstermiştir. Bunun üzerine daha önce yeri ve konumu hassas biçimde ölçülen ve Şekil 4 üzerinde sürekli kırmızı çizgi ile belirtilen hattın konum ve derinliğinin bulunabilmesi amacıyla Vivax markasının ürettiği RTK-Pro kablo bulma detektörü kullanılmıştır. Yöntemde Şekil 1 de görülen verici yardımıyla kablonun yüzeyleyen kısmından özel bir frekansta EM dalga yere gönderilmiş ve alıcı yardımıyla bu EM dalganın yayılımı takip edilip konum ve derinlikleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler gömülmeden önceki konum ve derinlikler ile karşılaştırılmıştır. Ölçüm hassasiyetlerine bakıldığında cm hassasiyetinde bir doğruluk elde edildiği görülmüştür. Bu sayede endüstriyel tesisler ve belediyelere önemli kazılar öncesinde yeraltı nakil hatlarının belirlenmesinde her iki yöntemin birlikte kullanılması önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışma lisans tezi kapsamında yapılmıştır. Tez çalışması sırasında aletsel destek sağlayan SEBATEK firmasına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

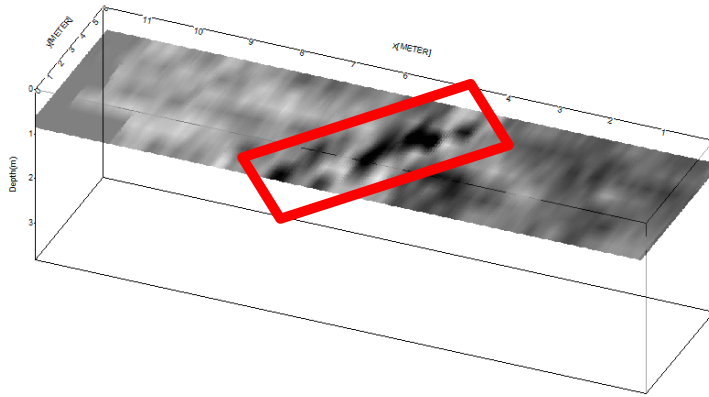
- Annan, A.P., 2000. Ground Penetrating Radar Workshop Notes. Sensors and Software Inc., Canada.
- Kadioglu, S 2008, Photographing Layer Thicknesses and Discontinuities in a Marble Quarry with 3D GPR Visualization, Journal of Applied Geophysics, 64 (3), p. 109-114.
- Kadioglu, S and Daniels, JJ 2008, 3D Visualization of Integrated Ground Penetrating Radar Data and EM-61 Data to Determine Buried Objects and their Characteristics, Journal of Geophysics and Engineering, 5, p. 448-456.
- Kadioglu, S 2017, Research of the sea-filled airport OGU in the Black Sea, Turkey, using ground penetrating radar method, Construction and Building Materials, Special Issue on Ground-Penetrating Radar and Complementary Non-Destructive Testing Techniques in Civil Engineering, Vol 158, 1123-1133.



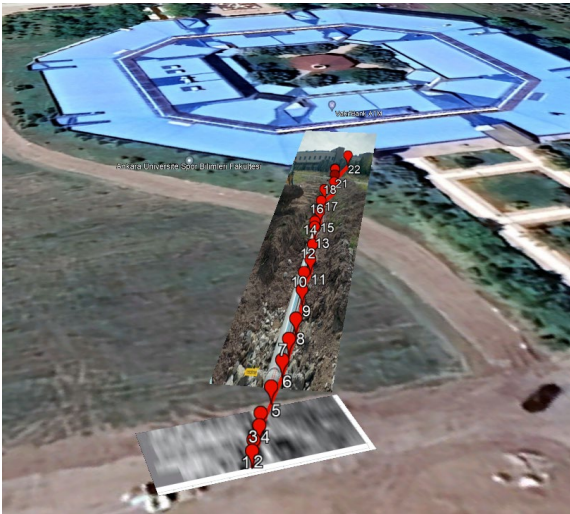
Şekil 1 RTK-Pro Alıcı ve verici ünitesi



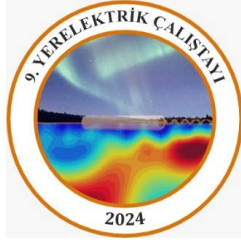
Şekil 2 Aranılan boru ve kablo hattının gömülmeden önceki görüntüleri



Şekil 3 3B 70 cm derinlik seviyesine ait görüntü



Şekil 4 Arazi ve aranan hatların Google Earth üzerinde üst üste görüntülenmiş hali



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



6 Şubat Depremleri Sonrasında Kartalkaya Barajı, Hatay Altınözü ve Gaziantep Kalesi'nin Duraylılık Durumlarının ve Elbistan ve Pazarcık'taki Kırıkların Derin GPR Yöntemi ile Yerinde Görüntülenmesi

After the 6 February Earthquakes, In-Situ Imaging of the Stability of Kartalkaya Dam, Hatay Altınözü, and Gaziantep Castle, and Fractures in Elbistan and Pazarcık by Deep GPR Method

Selma KADIOĞLU^{*,1,2}

¹ Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

² Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Selma.Kadioglu@ankara.edu.tr

* Sunumu yapacak yazar

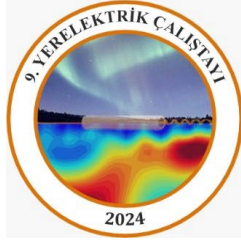
ÖZ

Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde 6 Şubat 2023'te Mw 7.7 ve Mw 7 magnitüdele meydana gelen iki yıkıcı depremin ardından TÜBİTAK 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı projesi kapsamında Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde deprem kaynaklı oluşan atımlı kırıkların 40-70 m derinliğe kadar karakteristik özelliklerini ve atım miktarlarını belirlemek amaçlı derin yer radarı (DGPR) yöntemi ile çevreyi tahrip etmeden uygun doğrultularda paralel profiller oluşturularak veriler toplandı. Çalışmalar kapsamında Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Jeofizik Laboratuvarı ekipmanı Cobra Plug-in derin GPR sistemi ve air-coupled özelliği, frekans band aralığı 20-280 MHz olan SE150 model anten kullanıldı. Sisteme dahil olan DGPS sayesinde ölçüm koordinatları veri toplama ile eş zamanlı olarak kaydedildi. Kahramanmaraş depremleri sonrası olabildiğince imkanlar çerçevesinde gerçekleştirdiğimiz başlıca çalışma bölgelerimiz; Ekinözü Aşağı İçmeler Meydanı, Aşağı İçmeler Güneybatısı Küme Evleri Yolu üzeri, Ekinözü Barış Köyü, Değirmen Kaya Köyü, Pazarcık Kapıçam Tabiat Parkı Güneybatısı, Pazarcık Narlı ilçesi Doğusu Tren Yolu fay atım alanı, Pazarcık Kartalkaya Barajı kapaklar üzeri ve dolgu yol üzeri ve Hatay- Altınözü Tepehan Mahallesi ve Gaziantep Kalesi'dir. Ekinözü ve Pazarcık ilçelerinde deprem kırıklarının yüzeyde görüldüğü etkin bölgelerde kırıkların etkin derinlikleri ve atımları belirlendi. Hatay Altınözü Tepehan Mahallesi'nde meydana gelen kaymanın nedeni, Kartalkaya barajı dolgu yolda meydana gelen atımlı kırığın baraj kapaklarına etkisi ve Gaziantep Kalesi duraylılığını etkileyen olası kırıklar ve kale duvarlarının düşme nedenleri araştırıldı.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat Pazarcık ve Elbistan Depremleri, Derin GPR, Kartalkaya Barajı, hatay-Altınözü Tepehan Mahallesi, Gaziantep Kalesi, Deprem Kırıkları ve Atımları

ABSTRACT

Following the occurrence of two destructive earthquakes with magnitudes of Mw 7.7 and Mw 7 in the Pazarcık and Elbistan districts of Kahramanmaraş on February 6, 2023, within the scope of the TÜBİTAK 1002-C project, data were collected using the deep ground-penetrating radar (DGPR) method to determine the characteristic features and displacement amounts of the fault fractures induced by the earthquakes up to a depth of 40-70 meters without damaging the environment by creating parallel profiles in appropriate directions. The Ankara University Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM) Geophysics Laboratory equipment, including the Cobra Plug-in deep GPR system and the SE150 model antenna with air-coupled properties and a frequency band range of 20-280 MHz, was used. Measurement coordinates were recorded simultaneously with data collection thanks to the integrated DGPS to the system. The main study areas we conducted within the framework of available resources after the Kahramanmaraş earthquakes were Ekinözü Aşağı



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



İçmeler Meydanı, Southeast Aşağı İçmeler Küme Evleri way, Ekinözü Barış Village, Değirmen Kaya Village, Southwest of Pazarcık Kapıçam Tabiat Parkı, East of Pazarcık Narlı District railway displacement area, Pazarcık Kartalkaya Dam gates and filleed road, Hatay-Altınözü Tepehan Mahallesi, and Gaziantep Castle. In the Ekinözü and Pazarcık districts, effective depths and displacements of earthquake fractures were determined in active areas where fractures were observed on the surface. The causes of the slippage in Hatay Altınözü Tepehan Mahallesi, the effect of the displaced fracture occurring on the filled road of Kartalkaya Dam to the dam gates, and possible fractures affecting the stability of Gaziantep Castle and reasons for the collapse of castle walls were investigated.

Keywords: February 6 Pazarcık and Elbistan Earthquakes, Deep GPR, Kartalkaya Dam, Hatay-Altınözü Tepehan Mahallesi, Gaziantep Castle, Earthquake Fractures and Displacements

GİRİŞ

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen iki deprem maalesef iki büyük deprem gerçekleştirilmiş, binlerce insanımız hayatını kaybetmiş ve ülkemiz yasa boğulmuştur. Deprem bölgesinde yaraları sarma çalışmaları hala devam etmektedir. Ancak depremin etkileri maalesef insanları uzun zaman etkileyeceği çok açıktır. Depremin ardından TÜBİTAK 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı kapsamında deprem bölgesinde bir haftalık çalışma gerçekleştirildi. Öncelikle Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde çalışmalar gerçekleştirildi. Çalışmanın başlıca amacı ilçelerde görülen atımlı kırıkların yerindeki görünüşleri, özellikleri, etkin derinlikleri ve atım miktarlarını depremin izleri henüz çok taze iken yerinde belirlemek oldu. İlçelerdeki çalışmaları hızlı bir şekilde tamamladıktan sonra Pazarcık Kartalkaya barajı dolgu yolunda atımlı çok geniş yarıklar olması nedeniyle yol üzerinde, özellikle baraj kapakları üzerinde çalışıldı. Daha sonra Hatay-Altınözü Tepehan mahallesinde oluşmuş olan çok geniş açılma yarmaları içeren zeytin bahçesi içinde çalışıldı. Gaziantep Kalesi üzerinde ve çevresinde veri toplayarak kale duvarlarının yıkılmasının nedenleri ve varsa başka duraylılık sorunlarını belirlemek amaçlı veri toplandı.

Derin Yer Radarı (DGPR), yer altı yapılarını görüntülemek ve gömülü nesnelere veya özellikleri tespit etmek için kullanılan jeofizik bir tekniktir. Tipik olarak sığ yer altı görüntüleme için kullanılan geleneksel GPR sistemlerinin aksine, derin GPR sistemleri daha derinlere nüfuz etmek üzere tasarlanmıştır, bazen onlarca hatta yüzlerce metre derinliğe ulaşabilirler. Bu sistemler daha düşük frekanslar ve daha güçlü antenler kullanarak daha derin nüfuz sağlar. Derin GPR genellikle jeolojik, çevresel ve arkeolojik çalışmalarda kullanıldığı gibi, barajların, köprülerin ve diğer altyapıların stabilitesini değerlendirmek gibi sivil mühendislik projelerinde de kullanılır. Veri toplamada derin GPR sistemi olarak bilinen Cobra Plug-in derin GPR sistemi ve SE150 model anten kullanıldı.

Veri toplama işlemi depremin meydana getirdiği yıkımlardan dolayı olabildiğince birbirine paralel ve alanın genişliği ölçüsünde olabildiğince çok sayıda profiller üzerinde gerçekleştirildi. 40-70 m derinliklere kadar özellikle depremlerin oluşturdukları fay kırıkları GPR kesitleri üzerinde görüntülendi ve fay atımları belirlendi. Seçilen profiller üzerinde GPR kesitindeki izlerin 1B ters çözümü ile elektrik özdirenç kesitleri ve yüzde hacimsel su içeriği kesitleri elde edildi (Kadioğlu, 2022). Çalışma bölgelerine ait profiller Google Earth üzerinde konumlandırıldı. Fay kırıklarının atımları belirlendi. Kırık bölgelerinde özdirençin 60-140 Ohm-m arasında değişken düşük özdirenç ve hacimsel su içeriği bölgeye göre değişen ancak yüksek hacimsel su içeriği olan bölgeler olduğu belirlendi.

ARAZİ ÇALIŞMALARI

Çalışma bölgelerinde veri toplama işlemi depremin meydana getirdiği yıkımlardan dolayı olabildiğince birbirine paralel ve alanın genişliği ölçüsünde olabildiğince çok sayıda profiller üzerinde gerçekleştirildi. Şekil 1, Kahramanmaraş depremleri sonrası geniş kırıkların olduğu bölgelerde fay atımlarını ve derinlikle görüntüsünü ortaya koymak amaçlı çalışma yaptığımız bölgelerin bazılarını temsil etmektedir. 50-70 m derinliklere kadar özellikle depremlerin oluşturdukları fay kırıkları GPR kesitleri üzerinde görüntülendi ve fay atımları belirlendi. Seçilen profiller üzerinde GPR kesitindeki izlerin 1B ters çözümü ile elektrik özdirenç kesitleri ve yüzde hacimsel su içeriği kesitleri elde edildi. Çalışma bölgelerine ait profiller Google Earth üzerinde konumlandırıldı. Fay kırıklarının atımları belirlendi. Kırık bölgelerinde özdirençin 60-140 Ohm-m arasında değişken düşük özdirenç ve hacimsel su içeriği bölgeye göre değişen ancak yüksek hacimsel su içeriği olan bölgeler olduğu belirlendi.

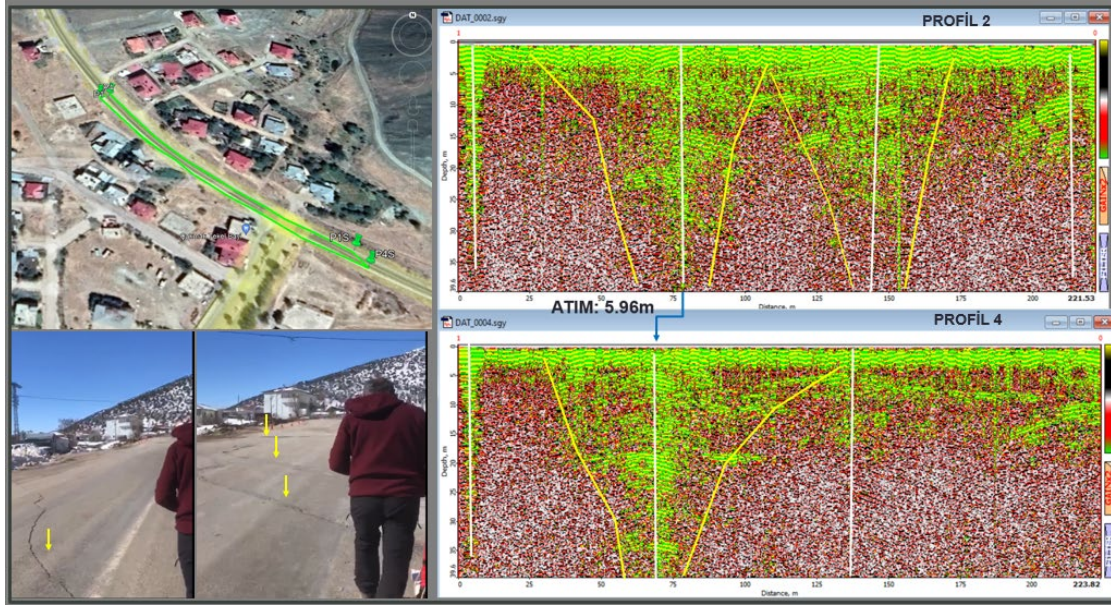


Şekil 1. 6 Şubat 2023 Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüklerinde meydana gelen Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremleri sonrası 16-18 Şubat 2023 tarihleri arasında iki yıkıcı depremin ardından TÜBİTAK 1002-C projesi kapsamında gerçekleştirdiğimiz jeofizik derin GPR araştırma bölgelerinden bazıları

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Çalışmalardan elde edilen bulgular kısaca özetlendi ve sizlere sunuldu. Buna göre; Ekinözü ilçesinde fay atımlarının gözle görülen yüzeyde ölçülen durumundan daha geniş olduğu özellikle en yüksek atımın belirlendiği Ekinözü Meydan Alanı-Cumhuriyet Caddesi birleşme noktasında görülen fay atımının doğu-batı yönünde çoğunlukla 9.41 m olmakla birlikte güney-kuzey yönünde 9.63 m olarak

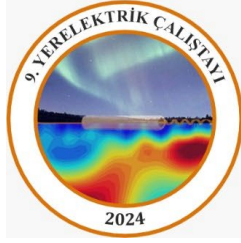
belirlendi. Fay atımlarının doğudan batıya doğru olduğu ve kayma yönünün güneye doğru (sol yanal) olduğu belirlendi. Ekinözü güneydoğu bölgesinde ve Barış Köyü'nde 8.10 m atım belirlendi ve Ekinözü ilçesinde yüksek fay atımlarının altında % 25-40 arasında değişen yüksek su içeriği ve düşük özdirenç değerleri görüntüledi. Pazarcık ilçesi çevresinde fay atımı 5.5-6.5 m ve Kartalkaya barajında dolgu yol üzerinde fay atımının 6.5 m olduğu belirlendi. Fayın baraj kapaklarının kuzeybatı ucuna çok yakın geçtiği ancak savak bölgesinde etkin bir kırık olmadığı belirlendi (Kadioğlu, 2023a, 2023b). EM dalgalar enine dağalar olduğu için bu kadar yüksek magnitudlü depremlerin yerinde enine yerdeğiştirmelerin oluşturduğu bozunmanın GPR kesitlerinde derinden yüzeye doğru genişleyen, hafif yay şeklinde çizgisellik gösteren alanlar şeklinde olduğu belirlendi (Kadioğlu, 2023a, 2023b). Hatay Altınözü Tepehan Mahallesiinde zayıf toprak altında çok kalın bir marn tabakası olduğu belirlendi. Bu tabakanın 24-30 m derinlikler arası su içeriğinin arttığı ve üstteki birim için sabun gibi kaygan yüzey oluşturduğu ve bu nedenle üst marn bölgesinde kütle kayması olduğu belirlendi (Kadioğlu, 2023a, 2023b). Son olarak Gaziantep kalesini kesen güneybatı-kuzey ve kuzeydoğu yönlü üç kırık hattı olduğu ve kuzey-kuzeydoğu bölgesinde büyük hasar meydana getirdiği belirlendi (Kadioğlu, 2023a, 2023b; Kadioğlu ve Kadioğlu, 2023).



Şekil 2. Ekinözü Barış Köyü Yol üzerinde birbirine paralel 4 profil'e göre 5.96 m belirlenen fay kırığı atımı ve huniye benzer bol kırıklı fay zonu

KAYNAKLAR

- Kadioğlu S., 2022. Yer Radarı Yönteminde Radargramlara ait Dielektrik Katsayısı, Hacimsel Su İçeriği ve Özdirenç Haritalarının Görüntülenmesi, 8. Yer Elektrik Çalıştayı, KTÜ Kültür Merkezi, Trabzon.
- Kadioğlu, S., 2023a. Kahramanmaraş Depremlerinde Oluşan Kırıkların Derinliklerinin GPR Yöntemi ile Yerinde Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, TÜBİTAK 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı proje raporu, TÜBİTAK-MAM, 4 Nisan 2023.
- Kadioğlu, S., 2023b. Kahramanmaraş Depremlerinde Oluşan Kırıkların Derinliklerinin GPR Yöntemi ile Yerinde Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, TÜBİTAK Deprem Araştırmaları Projeleri Sanal Konferansı, 30 Mart 2023 Perşembe, Saat: 10.00 – 18.00.
- Kadioğlu, S. ve Kadioğlu, Y.K., 2023. Gaziantep Kalesi 6 Şubat Depremleri Sonrası, Duraylılık Problemlerinin Jeofizik Yer Radarı Yöntemi ile Araştırılması, Ankara Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Raporu, Kasım 2023.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Seleukeia Sidera Antik Kenti Arkeojeofizik Araştırmaları

Archaeo-geophysical Research of the Seleukeia Sidera Ancient City

Olcaç ÇAKMAK^{*1}, Çağlayan BALKAYA^{1,2}, H. Evrim TÜTÜNSATAR³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Deprem ve Jeoteknik Araştırma Merkezi, Isparta

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Gönen MYO Kültürel Miras ve Turizm Programı, Isparta

E-posta: olcaycakmak@sdu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

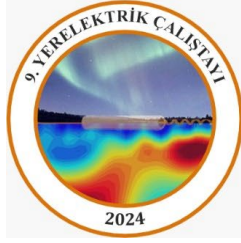
ÖZ

Seleukos Krallığı Dönemi'nde "Seleukeia" adıyla kurulan on dört kentten biri olan Seleukeia Sidera Antik Kenti, Isparta'nın Atabey İlçesi Bayat Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Hisar Tepe ve çevresinde yerleşim gösteren kentin geçmişi MÖ 8. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Günümüzde, kentin arkeolojik yapı kalıntılarının büyük bir bölümünü toprak altındadır ve gün yüzüne çıkarılmayı beklemektedir. Ancak, hem arkeolojik kazı tekniğinin oldukça maliyetli ve karmaşık bir yöntem olması hem de Hisar Tepe etrafındaki kamulaştırılması henüz gerçekleştirilmeyen sit alanlarda yerel halk tarafından tarım faaliyetlerinin sürdürülmesi önemli bir problemdir. Bu nedenle, kentte tahribatsız jeofizik yöntemler ile toprak altındaki arkeolojik yapı kalıntılarına bir zarar vermeden bunların araştırılması oldukça önemlidir. Umut verici araştırma bulguları kent tarihinin ve mimari yapısının belirlenmesine ve kayıt altına alınmasına önemli bir katkı sağlayacaktır. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından on iki ay süreyle desteklenen antik kentlerden birisi olan Seleukeia Sidera'da topografik ve arkeojeofizik araştırmalar 2016-2019 yılları arasında HTW Berlin tarafından finanse edilen bir proje kapsamında yürütülmüştür. Bu dönemde, kentin topografik planı tamamlanarak görece büyük bir bölümünde manyetik prospeksiyon ve bazı bölgelerinde yer radarı araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Kent planını ve demircilik faaliyetlerini anlamaya yönelik olarak sürdürülen bu çalışmalarda¹ kentte geniş ve uzun caddeler ve bu caddeler ile kesişen kısa ve dar yollar² ile yollar etrafında yoğunluk gösteren farklı kronolojik evrelere tarihlendirilebilecek yapı alanları belirlenmiştir^{1,3}. 2020 yılından itibaren Süleyman Demirel Üniversitesi Deprem ve Jeoteknik Araştırma Merkezi tarafından gerçekleştirilen bu dört kampanya döneminde kazı başkanlığınca kazı ve yüzey araştırmaları gerçekleştirilirken yaklaşık 5,5 hektarlık bir alan da yer radarı yöntemiyle araştırılmıştır. Yer radarı uygulamalarında merkez frekansı 500 MHz olan korumalı bir anten kullanılmıştır. Toplanan yansıma verilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar, önceki araştırmalardan elde edilen manyetik ve yer radarı araştırmalarının bulgularıyla oldukça uyumludur. Yer radarı uygulamalarına ek olarak bazı alanlarda elde edilen bulguların desteklenmesi amacıyla elektrik özdirenç tomografi (EÖT) tekniği de uygulanmıştır. Dipol-dipol elektrot dizilimiyle toplanan EÖT görünür özdirenç verilerinin iki boyutlu ters çözüm sonuçları, yer radarı ile elde edilen bulguları doğrulamıştır. EÖT çalışması, kentteki arkeolojik yapıların 700 ohm ve üzerinde görece yüksek bir özdirençle sahip olduğunu göstermiştir. Her iki yöntemden elde edilen bulgular, Seleukeia Sidera Antik Kenti'ndeki arkeolojik yapı kalıntılarının genellikle yüzeyin yaklaşık 30-180 cm altında bulunduğunu göstermiştir. Kentte yürütülen arkeojeofizik araştırmalar ilerledikçe, kentin konut yapıları, ulaşım yolları, mimari ve hatta sosyal yapısı hakkında bilgi edinilmesine, böylece kent tarihinin ve işleyişinin daha iyi anlaşılmasına önemli bir katkı sağlanacağı öngörülmektedir.

¹ Hürmüzlü, B., Ayaşan, M., Hecebil, U., Sönmez, B., Köker, H., Schenk, T., Köker-Atav., İ., 2017. Seleukeia Sidera Antik Kenti Yüzey Araştırması Sonuçları. ANMED 15, 233-241.

² Tütünsatar, H. E., Schenk, T., Hürmüzlü, B., Akaslan, M., 2020. Seleukeia Sidera Antik Kenti 2018 Jeofizik Çalışmalarının Sonuçları. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 35, 293-301.

³ Schenk, T., Tütünsatar, H. E., Schlegel, J., Akaslan, M., Hürmüzlü, B., Atav Köker, İ., 2019. Seleukeia Sidera Antik Kenti 2016-2017 Jeofizik Çalışmalarının Sonuçları. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 34, 103-112.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI

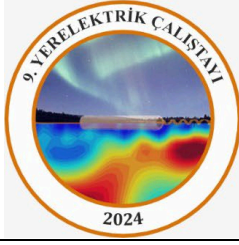


Anahtar Kelimeler: Seleukeia Sidera, Yer Radarı, Elektrik Özdirenç Tomografi, Arkeojeofizik.

ABSTRACT

Seleukeia Sidera Ancient City, one of the fourteen cities founded under the name "Seleukeia" during the Seleucid Kingdom Period, is located within the boundaries of Bayat in the Atabey district of Isparta. The city's history, which is settled in Hisar Tepe and the surrounding area, dates back to the 8th century BC. Today, most of the city's archaeological ruins lie underground, waiting to be excavated. A significant problem, however, is that the archaeological excavation technique is very costly and complex and that the locals in the protected areas around Hisar Tepe, which have not yet been expropriated, continue to carry out agricultural activities. It is therefore of great importance to investigate the archaeological remains of structures underground in the city using non-destructive geophysical methods without damaging them. The promising results of this research will significantly contribute to determining and recording the city's history and architectural structure. Topographical and archaeo-geophysical research in Seleukeia Sidera, one of the ancient cities supported by the T.C. Ministry of Culture and Tourism for twelve months, was carried out between 2016 and 2019 as part of a project funded by HTW Berlin. During this period, the city's topographical plan was completed, magnetic prospections were carried out in a relatively large part of the city, and ground radar surveys were conducted in some parts. These prospections, carried out to understand the city plan and the blacksmithing activities, identified wide and long streets in the city, short and narrow roads that intersected with these streets, and building areas concentrated around the streets that can be dated to different chronological phases. During these four campaigns, which the Süleyman Demirel University Earthquake and Geotechnical Research Center has been conducting since 2020, the excavation management carried out excavations and surface investigations, and an area of approximately 5.5 hectares was explored using the ground-penetrating radar (GPR) method. In GPR applications, a shielded antenna with a center frequency of 500 MHz was used. The results obtained by evaluating the collected reflection data agree with the findings of magnetic and GPR surveys obtained from previous research. In addition to GPR applications, the electrical resistivity tomography (ERT) technique has also been applied to support the findings obtained in some areas. The results of the two-dimensional inversion of the ERT apparent resistivity data collected with a dipole-dipole electrode array confirmed the findings obtained with the GPR. The ERT study showed that the archaeological structures in the city had a relatively high resistivity of 700 ohms or more. The findings obtained with both methods showed that the archaeological building ruins in the ancient city of Seleukeia Sidera are generally located about 30–180 cm below the surface. As archaeo-geophysical research in the city progresses, the aim is to contribute significantly to gaining information about the residential structures, transportation routes, architecture, and even the city's social structure to better understand its history and functioning.

Keywords: Seleukeia Sidera, GPR, ERT, Archaeogeophysics.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yakın Yüzey Yeraltının Yapısal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesinde Sismik ve Elektrik Özdirenç Kesitlerinin Bütünleşik Yorumu

Integrated Interpretation of Seismic and Electrical Resistivity Sections in Determining the Structural and Physical Properties of the Near-Surface Subsurface

Hakan KARSLI*¹, Ali Erden BABACAN¹, Mustafa ŞENKAYA²

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, TÜRKİYE

² Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE
E-posta: (hkarli@ktu.edu.tr; a.babacan@ktu.edu.tr; mustafasenkaya@uludag.edu.tr)

*Sunumu yapacak yazar

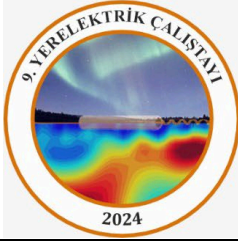
ÖZ

Jeofizik Mühendisliğinin sismik (Sismik Kırılma Tomografisi-SKT, Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz-ÇKYDA, 1B Vs-derinlik) ve elektrik özdirenç tomografi (EÖT) yöntemleri, heyelan, katı atık depolama yer seçimi, zemin etütleri ve geoteknik projelerinde yer içi yapısının ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler sayesinde yer katmalarının sismik hız ve elektriksel özdirenç özelliklerinin dağılımı uzaysal boyutlarda elde edilir ve araştırma amaçları doğrultusunda yorumlanırlar. Bu bildiride, farklı araştırma projelerinde aynı ölçüm profilleri için elde edilen 2B'lu SKT, EÖT kesitlerinin ve 1B'lu Vs-derinlik profillerinin birlikte yorumunun sığ yeraltının geometrisini ve fiziksel özelliklerini tanımlamadaki katkıları sunulmuştur. Kesitlerin bütünleşik yorumlanmasının, zemin-kaya sınırının, düşük hızlı zonlarının, nemli, suya doygun ve kuru zonların tanımlanmasındaki belirsizliklerin giderilmesinde birbirini destekleyici oldukları görülmüştür. Buna göre, (1) SKT kesitlerinde ~1400-1600 m/s hızlı ve EÖT kesitlerinde ise düşük özdirençli (<~10-15 Ohm-m) zonlar, kil içeren suya doygun jeolojik birimleri, (2) düşük hızlı (<~1000 m/s) ancak görece yüksek özdirençli zonlar, kuru zemin birimlerini ve (3) orta seviyede hıza (~1000-2100 m/s) sahip görece yüksek özdirençli zonlar ise, genellikle su içermeyen çok sıkı zemin, yumuşak ve/veya ayrılmış kayaları temsil ettiği görülmüştür. Özellikle, yüksek hızlı (>~2100 m/s), ancak düşük özdirençli zonlar ise, kırık-çatlaklarında ve gözeneklerinde su, kil veya bileşiminde iletken mineral içeren kaya birimler olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, 1B Vs-derinlik profilleri zemin ve kaya geçiş sınırlarını/ayrımını belirlemeyi kolaylaştırmıştır. Sonuç olarak, sismik ve elektrik özdirenç yöntemleri birbirini denetlemektedir ve elde edilen kesitlerin bütünleşik yorumu, bireysel yorumlarına göre yeraltının yapısal ve fiziksel özellikleri hakkında daha güvenli ve ayrıntılı bilgi sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Sismik, Elektrik Özdirenç, Bütünleşik Yorum

ABSTRACT

Seismic (Seismic Refraction Tomography-SRT, Multi-Channel Surface Wave Analysis-MASW, 1D Vs-depth) and electrical resistivity tomography (ERT) methods of Geophysical Engineering are widely used to determine the structure and physical properties of the subsurface in the projects of landslide, solid waste storage site selection, soil investigation and geotechnical projects. Thanks to these methods, the distribution of seismic velocity and electrical resistivity properties of subsurface layers is obtained in spatial dimension and interpreted in line with research purposes. In this article, the contributions of the combined interpretation of 2D SRT, ERT sections and 1D Vs-depth profiles obtained for the same measurement profiles in different research projects to define the geometry



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



and physical properties of the shallow subsurface are presented. Integrated Interpretation of the sections has been shown to support each other in eliminating the uncertainties in defining the soil-rock boundary, low-velocity zones, moist, water-saturated and dry zones. Accordingly, (1) zones with velocities of ~1400-1600 m/s in SKT sections and low resistivity (<~10-15 Ohm-m) in ERT sections represent water-saturated geological units containing clay, (2) low velocity (<~1000 m/s) but relatively high resistivity zones represent dry soil units, and (3) relatively high resistivity zones with moderate velocities (~1000-2100 m/s) represent very firm soil, soft and/or weathered rocks that generally do not contain water. In particular, high velocity (>~2100 m/s) but low resistivity zones were evaluated as rock units containing water, clay in their fractures and pores, or containing conductive minerals in their composition. On the other hand, 1D Vs-depth profiles facilitated the determination of soil and rock transition boundary/separation. As a result, seismic and electrical resistivity methods control each other, and the integrated interpretation of the obtained sections provide more reliable and detailed information about the structural and physical properties of the subsurface than its individual interpretation.

Keywords: Seismic, Electrical Resistivity, Integrated Interpretation

GİRİŞ

Sismik ve elektrik özdirenç yöntemlerin bir arada uygulanması, yeraltının yapısal ve fiziksel özellikleri hakkında daha doğru ve güvenli sonuçların elde edilmesini sağlar. Bu yöntemler, özellikle karmaşık jeolojik ortamlarda karşılaşılan geoteknik problemlerin tespit edilmesi ve çözüm önerileri açısından çok yararlı katkılar sunmaktadır. Sismik yöntemler sismik dalgaların jeolojik ortamlardaki yayılma hızına duyarlı iken, elektrik özdirenç yöntemleri ise elektrik akımına karşı dirence duyarlıdır. Her iki yöntemin ortak geometrik parametresi ise jeolojik tabakaların kalınlığıdır. Jeolojik ortamların karmaşıklığı, incelenen fiziksel özelliklerdeki güçlü yan ve düşey değişikliklere göre yorumlanır. Örneğin, kayaçların kırıkları ve boşluklarının hava, kil, kısmen veya tamamen suyla dolu olmasıyla ilişkili olarak yoğunluk, elektriksel direnç veya sismik hız gibi fiziksel özellikler önemli belirleyici unsurlar olurlar. Dolayısıyla, herhangi bir fiziksel özellik çeşitli nedenlerden etkilenebileceğinden, en az iki yöntemin birleşimini içeren jeofizik araştırmalar daha güvenilir sonuçlar üretir (Cardarelli vd 2010, Samyn vd 2014).

Sismik ve elektrik özdirenç ölçümleri, çevreye zarar vermeden yeraltını uzaysal boyutlarda ayrıntılı olarak incelemek için en yaygın olarak kullanılan jeofizik yöntemlerdir ve sonuçlarının birlikte yorumu yöntemlerin doğasından kaynaklanan belirsizlikleri azaltır. Örneğin elektrik özdirenç yöntemi şist ve kil gibi birimlerin arasındaki zayıf direnç kontrastından dolayı bu birimleri ayırt edemeyebilir, ancak sismik yöntemler, bu birimlerin farklı hızlara sahip olmaları nedeniyle ayırt edilebilir (Cardarelli vd 2010). Aynı şekilde, özellikle sismik kırılma yönteminde düşük hızın altında yüksek hızlı birim varsa sorun olabilir, ancak bu durum elektriksel özdirenç yöntemiyle ayırt edilebilir. SKT, ÇKYDA ve EÖT'den elde edilen bulguların kıyaslanarak yorumlanması ile temel kaya derinliği ve topoğrafyası, yan ve düşey yöndeki litolojik değişim, fay ve çatlak sistemleri gibi kırıklı yapıların tespiti güvenilir olarak belirlenir (Sharafeldin vd 2019, Fernandez vd 2021, Senkaya vd 2022).

Bu bildiride, heyelan, katı atık depolama yer seçimi, zemin etütleri ve geoteknik projelerinde sismik (Sismik Kırılma Tomografisi-SKT, Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi-ÇKYDA) ve Elektrik Özdirenç Tomografi (EÖT) yöntemlerinden elde edilen kesitlerin bütünlük yorumlanmasının önemi ve araştırma problemlerinin çözümüne katkıları örnekleri ile sunulmuştur.

YÖNTEM

Klasik P-dalgası sismik kırılma verilerinden okunan ilk varış zamanlarının SKT çözümü ile yüksek ayrımlı 2B'li P-dalga hız-derinlik kesitleri (modelleri) elde edilir (Şekil 1a). Bu kesitlerin yorumu ile anakaya derinliği ve topoğrafyası, jeolojik tabakalar ve sınırları, ayrışma durumu, yeraltı boşluklar



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI

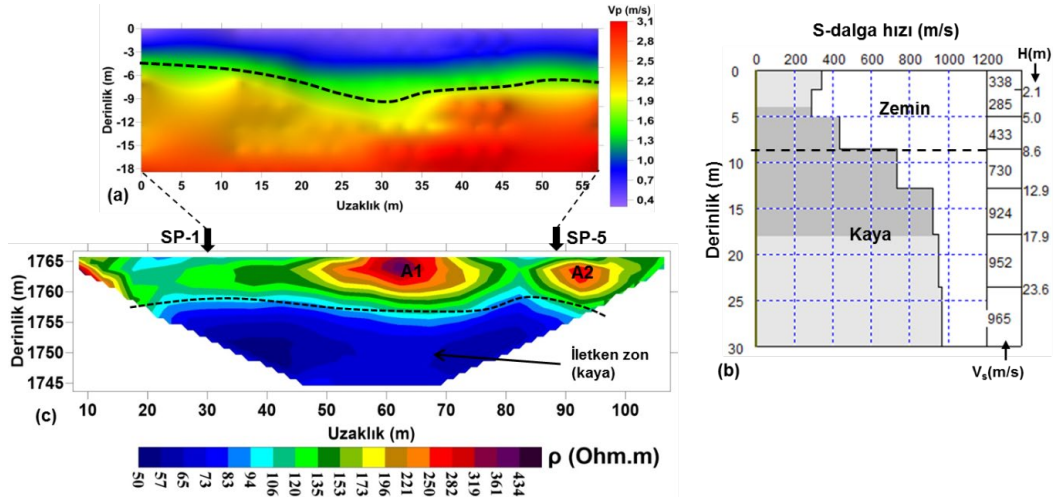


ve/veya mağaraları, yeraltı su tablası, zayıf-sağlam zonlar, kazı/sökülebilirlik sınıflaması gibi yorumlar yapılabilir (Karslı vd 2024). Arazide veri toplama düzeni açısından klasik sismik kırılma yönteminin bir uygulaması olan ÇKYDA yönteminde uzaklık-zaman ortamında kaydedilen veriye frekans-faz hızı dönüşümü uygulanarak yüzey dalgasının temel mod dispersiyon eğrisi (frekansa karşı faz hızı değişimi) ve bu eğrinin ters çözümü ile yerin 1B'lu Vs-derinlik profili elde edilir (Foti vd 2011, Park vd 1999, Socco ve Strobbia 2004) (Şekil 1b). Böylece, 30 m derinliğe kadar kayma dalgası hızının ortalama değeri (Vs30) hesaplanır ve jeolojik birimlerin katılığı (stiffness), zemin sınıflaması, zemin-kaya geçiş sınırları, zemin ve kayaların geoteknik özellikleri, hız-terstenmesi olan seviyeler belirlenir (Dumont vd 2018). Bir profil boyunca belirli elektrot dizilimleri sayesinde, yeraltı jeolojik birimlerinin elektrik özdirenç değişim verisinin tomografik ters çözümü ile 2B'lu EÖT kesitleri elde edilir (Şekil 1c). Bu kesitlerin yorumu, yer içinin jeolojik yapısı, zemin ve kayaların elektrik özdirenç değişimleri, jeolojik birimlerin mineral içeriği, kil içeriği, ayrışma ve/veya kırıklık derecesi, akışkan içeriği, gözeneklilik, su doygunluk derecesi ve litoloji hakkında son derece önemli bilgileri sağlar (Loke 1997; Olona vd 2010).

Şekil 1 katı atık depolama yer seçimi için yapılan çalışmadan elde edilen sonuçları göstermektedir. EÖT kesitinde (Şekil 1c) yüzeyden ~8m derinlikte görece düşük özdirençli (50-80 Ohm.m) bir zon görülmektedir. Normal olarak bu zon su içeriği oldukça yüksek (veya suya doygun) olarak değerlendirilebilir. Bu zonun su ile birlikte kil birimini içeriyor olması durumunda, özdirenç değerleri 10 Ohm.m' den daha düşük olması beklenirdi. Diğer yandan Şekil 1a'daki SKT kesitinde bu zonun su içeriği ile ilişkili olarak P-dalgası hızının ~1400-1600 m/s arasında olması beklenirken, hızın $V_p > \sim 2000$ m/s sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, Şekil 1b'deki 1B Vs-derinlik profilinde kayma dalgası hızı çok açık olarak ~8m'de 433 m/s'den 730 m/s'ye ulaşan önemli bir artış göstermiştir ve ~13 m'de 924 m/s'ye ulaşmıştır. Bu hız değerleri açıkça kaya birimlerini göstermektedir. Dolayısıyla, verilerin toplandığı sahanın özdirenç değişimini bu seviyede düşüren nedenin sudan kaynaklı değil, kayacın bileşimindeki iletken minerallerden kaynaklı olabileceği yönünde yorumlanmıştır. Diğer yandan, EÖT kesitinde yatayda 80-100m'ler arasında dikkat çeken görece oldukça yüksek özdirençli anomalilere karşılık gelen zonların (A1, A2) SKT kesitinde hızları 1000 m/s'den daha düşüktür. Dolayısıyla, bu anomaliler sahadaki döküntü ve kalıntı malzemelerin oldukça kuru, ancak sıklıklarının zayıf olması ile ilişkilendirilmiştir.

SONUÇLAR

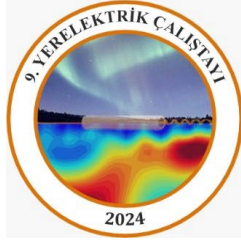
Bu bildiriye, heyelan, katı atık depolama yer seçimi, zemin etütleri ve geoteknik projelerde yaygın olarak kullanılan sismik ve elektrik özdirenç yöntemlerinden elde edilen SKT, 1B Vs-derinlik ve EÖT kesitlerinin bütünleşik yorumunun önemine vurgu yapılmıştır. P-dalgası hızın uzaysal dağılımını gösteren SKT kesitleri yeraltının tabakalı yapısının yanal ve düşey olarak nasıl değiştiğini ve ana kaya derinliği hakkında bilgi sağlarken, 1B'lu Vs-derinlik profilleri zemin-kaya ayırımında ve düşük hız zonları hakkında güvenli bilgi sağlamıştır. EÖT kesitleri nemli, suya doygun ve kuru zonları tespitinde son derece etkin olmuştur. Özellikle, kuru ortamlarda ana kaya derinliğinin belirlenmesinde SKT ve EÖT sonuçları yüksek derecede uyumlu iken, yeraltı suyu varlığında sadece EÖT kesitlerinden ana kaya derinliği belirlemenin yanılgıya neden olabileceği değerlendirilmiştir. Böylece, (1) SKT kesitlerinde ~1400-1600 m/s hıza sahip ve EÖT kesitlerinde ise düşük özdirençli (<~10-15 Ohm-m) olan zonlar, kil içeren suya doygun jeolojik birimleri, (2) düşük hızlı (<~1000 m/s) ancak görece yüksek özdirençli zonlar, kuru zemin birimleri, (3) orta seviyede hıza (~1000-2100 m/s) sahip yüksek özdirençli zonların ise, genellikle su içermeyen çok sıkı zemin, yumuşak ve/veya ayrışmış kayaları temsil ettiği görülmüştür. Sonuçlar, özellikle, yüksek hızlı (>~2100 m/s), ancak düşük özdirençli zonların ise, kırık-çatlaklarında ve gözeneklerinde su, kil veya bileşiminde iletken mineral içeren kaya birimleri olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, 1B Vs-derinlik profilleri zemin ve kaya geçiş sınırlarının/ayırımının belirlenmesinde katkı sağlamıştır. Sismik ve elektrik özdirenç yöntemlerinden elde edilen kesitlerin bütünleşik yorumu, yalnızca birinin tek başına sağlayacağı bilgiden çok daha güvenilir ve ayrıntılı sonuçlara ulaşmayı sağlayacaktır.



Şekil 1 Aynı profilde elde edilmiş (a) SKT, (b) 1B Vs ve (c) EÖT kesitleri (Karslı vd 2024'den düzenlenmiştir). Kesikli çizgiler zemin-kaya sınırını, SP-1 ve SP-5 sismik kırılmada ilk ve son atış noktalarını temsil etmektedir. (b)'deki H ve Vs, sırasıyla, her bir seviyenin kalınlığını ve S-dalgası hızını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Cardarelli E, Cercato M, Cerreto A and Di Filippo G 2010, Electrical resistivity and seismic refraction tomography to detect buried cavities: Geophysical Prospecting, **58**, 685–695.
- Dumont G, Robert T, Mark N, Frédéric N 2018, Assessment of multiple geophysical techniques for the characterization of municipal waste deposit sites. In: Lecture Notes in Civil Engineering. Springer, pp 668–676
- Fernández-Baniela F, Arias D, Rubio-Ordóñez A 2021, Seismic refraction and electrical resistivity tomographies for geotechnical site characterization of two water reservoirs (El Hierro, Spain): Near Surface Geophysics, **19**, 199–223.
- Foti S, Parolai S, Albarello D, Picozzi M 2011, Application of surface-wave methods for seismic site characterization: Survey Geophysics, **32**, 777–825.
- Karslı H, Babacan AE, Sayıl N, Çoban KH and Akın Ö 2024, An assessment of seismicity and near surface geophysical characteristics of potential solid waste landfill sites in the Eastern Black Sea Region of Türkiye: Environ Sci Pollut Res, **31**, 14156–14177.
- Loke MH 1997, Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, a practical guide to 2-D and 3-D surveys: RES2DINV and RES2MOD Manual, 11700 Penang, Malaysia.
- Olona J, Pulgar JA, Fernández-Viejo G, López-Fernández C, González-Cortina JM 2010, Weathering variations in a granitic massif and related geotechnical properties through seismic and electrical resistivity methods: Near Surface Geophysics, **8**, 585–599.
- Park CB, Miller RD, Xia J 1999, Multichannel analysis of surface waves: Geophysics, **64**, 800–808.
- Samyn K, Mathieu F, Bitri A, Nachbaur A and Closset L 2014, Integrated geophysical approach in assessing karst presence and sinkhole susceptibility along flood-protection dykes of the Loire River, Orléans, France: Engineering Geology, **183**, 170–184.
- Şenkaya M, Babacan AE, Karslı H and San BT 2022, Origins of diverse present displacements in paleo-landslide area (Işıklar, Trabzon, northeast Turkey): Environmental Earth Sciences, **81**:245, 1-24.
- Sharafeldin SM, Essa KS, Youssef MAS, Karslı H, Diab ZE and Sayıl N 2019, Shallow geophysical techniques to investigate the groundwater table at the Great Pyramids of Giza, Egypt: Geosci. Instrum. Method. Data Syst., **8**, 29–43.
- Socco LV, Strobbia C 2004, Surface -wave method for near -surface characterization: a tutorial: Near Surface Geophysics, **2**, 165–185.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Parlais Antik Kenti Yer Radarı ve Elektrik Özdirenç Tomografi Araştırmaları

Parlais Ancient City Ground-penetrating Radar and Electrical Resistivity Tomography Research

Hatice Evrim TÜTÜNSATAR^{*1}, Olcay ÇAKMAK², M. Nuri DOLMAZ³ Çağlayan BALKAYA^{2,3}

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Gönen MYO Kültürel Miras ve Turizm Programı, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Deprem ve Jeoteknik Araştırma Merkezi, Isparta, Türkiye

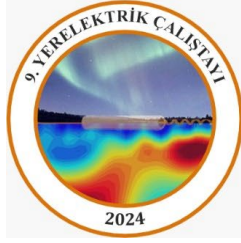
³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

*E-posta: evrimtutunsatar@isparta.edu.tr

ÖZ

Roma İmparatorluk Dönemi'nin koloni kentlerinden biri olan ve Pisidya bölgesinin küçük antik kent yerleşimlerinden biri olan Parlais Antik kenti, Isparta ili Eğirdir ilçesine bağlı Barla kasabası sınırları içinde bulunmaktadır. Kentin antik yerleşim tarihi hakkındaki ilk bilgiler, ören yeri yakınındaki Bedir köyü yakınında bulunan bir sınır yazıtı sayesinde elde edilmiş ve böylece Prostanna (Eğirdir) ile Parlais yerleşim alanları belirlenmiştir. Yüzeysel araştırmalarında bulunan sikkeler, kentin MÖ 1. yüzyılda kurulmuş olabileceğini gösterirken yerleşimin bugün için tamamıyla tahrip olduğu görülmektedir. Bu nedenle kent, genel olarak toprak altındadır ve yüzeyden çok az ve ancak bazı yapı kalıntılarının üst bölümleri kısmen izlenebilmektedir. Bu bağlamda, antik kentin yerleşim alanında gerçekleştirilecek kapsamlı bir kazıya kazısının kentin bölge arkeolojisi açısından önemini ortaya koyacağı öngörülmektedir. Ancak, belirtildiği üzere kent yerleşim alanında gözle görülür arkeolojik yapı kalıntıları ve izlerinin azlığı, kentin çevresel arkeoloji yaklaşımı çerçevesinde mekânsal analizi ile birlikte jeofizik ve istatistiksel yöntemlerle araştırılmasını gerektirmiştir. Antik dönemde önem arz eden bu yerleşim alanının araştırılması kapsamında, kentin günümüze değin korunan sur duvarları arasında kalan yerleşim alanlarında yer radarı ve elektrik özdirenç tomografi ölçümleri bir proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırılan alanlar ve profil ölçüm doğrultuları, kent yerleşim alanının görece yüksek bir eğime sahip olması nedeniyle alan koşullarına uygun olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, yer radarı uygulamaları, çeşitli büyüklüklerdeki toplam yedi farklı alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanlardan üçü antik kentin konumlandığı dağın eteklerinde, diğer dört alan ise yerleşimin daha yoğun olduğu tepe üzerinde konumlanmaktadır. Yer radarı uygulamasında, 50 cm aralıklı ölçüm profilleri üzerinde, 5 cm iz aralıkları ile yansıma verileri toplanmıştır. Yer radarı ölçümlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen derinlik kesitlerinde tespit edilen umut verici belirtilerin olduğu bölgelerde elektrik özdirenç tomografi (EÖT) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Görünür özdirenç verileri toplam altı profilde 70 cm elektrot aralığı ve Dipol–Dipol elektrot dizilimi kullanılarak toplanmıştır. Toplanan veri kümeleri bloklu (L1 norm) ters çözüm tekniği ile iki boyutlu olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen özdirenç tomogramları incelendiğinde, ondülasyonlu ana kaya (>2500 ohm.m) topoğrafyası belirlenmiştir. Ana kaya üzerindeki örtü katmanı ise görece düşük özdirençli (<500 ohm.m) bir değer göstermektedir. Genel olarak, yüksek özdirenç değerleri sunan belirtiler aynı zamanda yer radar kesitlerinde yüksek yansıma gösteren belirtilere karşılık gelmektedir. Buna göre, EÖT sonuçları yer radarı araştırması ile elde edilen belirtiler ile uyumludur ve olası arkeolojik yapı kalıntılarının izleri olarak yorumlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Parlais Antik Kenti, Eğirdir, Yer Radarı, EÖT



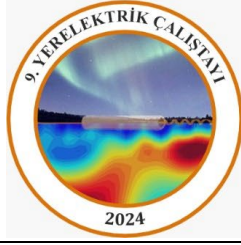
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



ABSTRACT

The ancient city of Parlais, one of the colonial cities of the Roman Empire and one of the small ancient urban settlements of the Pisidian region, is located within the boundaries of the Barla town, which belongs to the Eğirdir district of Isparta province. The first information about the ancient settlement history of the city comes from a boundary inscription found near the ruins around the village of Bedir. Thus, the settlement areas of Prostanna (Eğirdir) and Parlais were determined. While the coins found during the surface survey indicate that the city may have been founded in the 1st century BC, the settlement appears to have been completely destroyed today. Accordingly, the city is generally underground, and only the upper parts of some destroyed structures are partially visible from the surface. In this context, a comprehensive rescue excavation, which will be carried out in the settlement area of the ancient city, will bring to light the city's significance for regional archaeology. However, the lack of visible archaeological ruins and traces in the urban settlement area required, as already mentioned, an investigation of the city using geophysical and statistical methods and spatial analysis within the framework of the environmental archaeological approach. As part of exploring this settlement area, which was important in ancient times, ground-penetrating radar (GPR) and electrical resistivity tomography (ERT) measurements were carried out in the residential areas between the city walls, which are still preserved. Since the city settlement area has a relatively steep slope, the surveyed areas and profile measurement directions were determined under field conditions. In this context, the GPR applications were carried out in a total of seven different areas of varying sizes. Three of these areas are on the foothills of the mountain on which the ancient city is located, and the other four areas are on the hill where the settlement is denser. In the GPR application, the reflection data were collected with 5 cm trace spacing on measurement profiles with 50 cm spacing. ERT measurements were performed in the regions where promising anomalies were detected in the depth slices obtained by analyzing the GPR data. Apparent resistivity data were collected in a total of six profiles with an electrode spacing of 70 cm using a dipole-dipole electrode array. The collected data sets were inverted in two dimensions using the blocky (L1-norm) inversion technique. The topography of undulated bedrock (>2500 ohm.m) was determined when the resulting resistivity tomograms were examined. The cover layer on the bedrock shows a relatively low resistivity value (<500 ohm.m). In general, the findings presenting high resistivity values also correspond to anomalies showing high reflection in GPR depth slices. Accordingly, ERT results are compatible with the anomalies obtained by the GPR survey and can be interpreted as the traces of possible archaeological building remains.

Keywords: Parlais Ancient City, Eğirdir, GPR, ERT



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Trabzon İli Söğütlü Atletizm Sahasındaki Zemin Problemlerinin Jeofizik Yöntemler ile Araştırılması

Investigation of Soil Problems at Söğütlü Athletics Field in Trabzon Province Using Geophysical Methods

Ali Erden BABACAN^{*1}, Emre ÖZÇELİK², O. Serhat KARAÇAL², Hakan KARSLI¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

² YFA Yerbilimleri Müh. Dan. Hiz. Ltd. Şti. Bayraktarlar İş Merkezi, Trabzon, Türkiye

E-posta: a.babacan@ktu

ÖZ

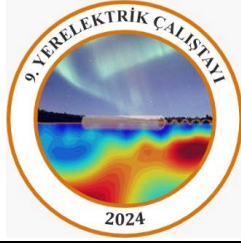
Trabzon ili Akçaabat ilçesi Söğütlü mahallesine birçok branşta hizmet edebilen ülkemizin önemli Atletizm sahalarından biri 2007 yılında inşa edilmiştir. Saha sadece sporculara değil, aynı zamanda spor yapmayı seven halkın kullanımına da açıktır. Sahanın, çim, tartan ve asfalt bölümlerinde zamanla oluşan deformasyonların (çatlaklar ve yer yer oturmalar) nedenlerinin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için sahada ve çevresinde Jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç tomografi (EÖT), sismik kırılma tomografisi (SKT) ve yer radarı (YR) ölçümleri yapılmıştır. EÖT ile su içeriğinin, SKT ile daha önce sahanın oluşturulması için yapılan dolgunun geometrisinin ve YR ile özellikle beton ve tartan yüzeyler altındaki kırılma, çatlama ve yerel muhtemel boşlukların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Yapılan tüm gözlemler, değerlendirmeler ve analizler sonucunda, sahanın zemin özellikleri ve alt yapı durumu hakkında detaylı bir değerlendirme yapılmıştır. Özellikle, zeminin farklı derinliklerindeki fiziksel ve mühendislik özellikleri incelenmiş, dinamik-elastik parametreleri, su içeriği, yapısal sorunlar ve alt yapı unsurlarının konumları belirlenmiştir. Elde edilen jeofizik bulgulardan sahanın çim bölümünde su sızıntılarının olduğu tespit edilmiştir. Jeofizik kesitlerden yararlanarak sahanın tasarımsal bir modeli oluşturulmuş ve su sızıntılarının yerleri işaretlenmiştir. Bu kapsamlı değerlendirme, sahanın gelecekteki bakım ve güvenlik ihtiyaçlarını belirlemek için önemli bir kaynak olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Atletizm Sahası, Elektrik Özdirenç Tomografi, Sismik, GPR

ABSTRACT

One of the important Athletics fields of our country, which can serve in many branches, was built in 2007 in Söğütlü neighbourhood of Akçaabat district of Trabzon province. The field is open not only to athletes but also to the public who love to do sports. Electrical resistivity tomography (ERT), seismic refraction tomography (SRT) and ground penetrating radar (GPR) measurements were performed in and around the field in order to determine the causes of deformations (cracks and settlements in places) that occur over time in the grass, tartan and asphalt sections of the field and to develop solutions. The ERT was used to determine the water content, the SRT was used to determine the geometry of the fill previously used to create the site, and the ground penetrating radar (GPR) was used to determine the fracture, cracking and localized possible voids, especially under concrete and tartan surfaces. As a result of all the observations, evaluations and analyses, a detailed assessment of the soil properties and infrastructure condition of the site was made. In particular, the physical and engineering properties of the soil at different depths, dynamic-elastic parameters, water content, structural problems and locations of infrastructure elements were determined. From the geophysical findings, it was determined that there are water leakage in the turf section of the field. A schematic model of the site was created using the geophysical cross sections and the locations of the water leakage were marked. This comprehensive assessment is an important resource for determining the future maintenance and safety needs of the site.

Keywords: Athletics Area, Electrical Resistivity Tomography, Seismic, GPR



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



GİRİŞ

Spor sahalarının, özellikle de atletizm sahalarının temel amacı, sporcu yetiştirmek, çeşitli atletizm etkinlikleri düzenleyerek sporun yaygınlaşmasını ve toplumun spor yapma kültürünün gelişimine katkı sağlamaktır. Bununla birlikte, yapımı ve işletilmesi esnasında istihdam sağladığı gibi sosyo-ekonomik teşvikin yanı sıra insanlara eğlence de sağlamaktır. Dünya tarihinde spor sahalarının yıkılması sonucunda ölüm vakalarının olduğu pek çok felaket meydana gelmiştir (Aladejana vd 2015). Bu felaketler çoğunlukla mühendislik hataları, jeolojik sorunlar, güvenlik ihlalleri, doğru planlama yapılamaması gibi nedenlerle ilişkili olarak meydana geldiği bilinmektedir (Aladejana vd 2015).

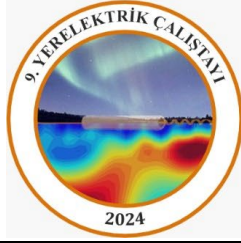
İnsanların barınmadan spora, enerjiden ulaşımına kadar her türlü ihtiyacını karşılayan mühendislik yapılarının temelini oturacağı zemin koşullarının önceden ve doğru olarak belirlenebilmesi, bir deprem ya da farklı bir afet durumunda yapının sağlıklı bir şekilde ayakta kalabilmesini sağlayacak en önemli faktörlerden biridir. Zemin araştırmaları jeolojik, jeoteknik ve jeofizik yöntemler ile yapılabilmektedir. Bununla birlikte Jeofizik yöntemler, zemin ile ilgili problemlerinin tespit edilmesinde geleneksel jeoteknik araştırmalara göre daha geniş alanlarda daha hızlı bir şekilde uygulanabilir olması hem yanal hem düşey yönde zemini inceleyebilmesi, nispeten daha ucuz maliyetli olması gibi pek çok avantaja sahiptir. Bununla birlikte, jeofizik yöntemler yeraltı koşullarını daha iyi anlamak ve olası riskleri değerlendirmede ve daha güvenli inşaat projelerinin yürütülmesine önemli katkı sağlar. Jeoteknik araştırmalarda jeofizik yöntemlerden sismik kırılma ve elektrik özdirenç yöntemleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Senkaya vd 2020; Babacan ve Ceylan 2021; Senkaya vd 2022; Qaher vd 2023). Bu yöntemler yeraltının geometrik yapısını, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koyar. Bu bilgiler yardımıyla zeminin yapısal sorunları belirlenebilir, yapı tasarımına yardımcı bilgiler elde edilebilir ve zeminle ilgili riskler değerlendirilebilir.

Bu çalışma kapsamında bir atletizm sahasının çim, tartan ve asfalt bölümlerinde oluşan yapısal bozulmaların zeminden kaynaklanıp kaynaklanmadığının belirlenmesi için elektrik özdirenç tomografi, sismik kırılma tomografisi ve yer radarı yöntemleri kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Asfalt ve tartan bölümde sadece yer radarı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca sahanın çevresinde de birkaç noktada ölçümler alınarak saha içi ile dışı arasındaki zemin özellikleri karşılaştırılmıştır.

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında atletizm sahasının ilgili bölümlerinde (çim, tartan ve asfalt) 10 profilde EÖT, 17 profilde (toplam 2021 m) YR, 5 profilde de hem SKT hem de ÇKYDA yöntemleri ile ölçümler yapılmıştır. Çalışma alanında yeraltı suyu durumu, zemin yapısı, litolojik değişim, tabakaların deformasyonunun belirlenmesi için EÖT, zemin karakterizasyonu, boyuna dalga hızının yanal ve düşey değişimi, yeraltı geometrisi, tabakalanma durumu, tabakaların deformasyonu/ara yüzey topoğrafyalarının belirlenmesi için SKT, zemin ve kayaların sıklık, katılık ve sertlik durumlarının belirlenmesi için ÇKYDA yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca SKT ve ÇKYDA' dan elde edilen P ve S dalga hızlarını kullanarak zemine ait mühendislik parametreleri (dinamik-elastik parametreler, taşıma gücü, elastik oturma, yatak katsayısı, zemin hâkim titreşim periyodu, zemin sınıfı gibi) hesaplanmıştır. Ayrıca yapı-zemin ilişkisi, yüzeye yakın çatlak, kırık, boşluk ve gömülü objelerin (alt yapı unsurları) belirlenmesi içinse YR yöntemi kullanılmıştır.

GPR ölçümleri MALA Proex sistemi ile 250 MHz korumalı anten kullanılarak toplanmıştır. Toplanan verileri Reflexw programı ile değerlendirilmiştir. Veri değerlendirmede sırasıyla Move Start Time, Kayan ortalama çıkarma (Dewow), doğrusal bileşenin çıkarılması (Background removal veya DC-Shift), Bant geçişli Butterworth ve uygun hız değeri (bu çalışma için 0.1 m/ns) kullanılarak derinlik dönüşümünü içeren veri işlem adımları uygulanarak yoruma hazır radargramlar oluşturulmuştur (Şekil 1a). EÖT verileri ABEM Terrameter LS marka 41 elektrotlu ekipman ile toplanmıştır. Profil hattı elektrot aralıkları EÖT-1,2,3 ve 4. profillerinde 2 m, EÖT-5 ve 9. profillerinde 2.5 m, EÖT-6,7 ve 8. profillerinde 1.5 m ve EÖT-10 profilinde ise 1 m olacak şekilde belirlenmiştir. EÖT yönteminin



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



uygulanmasında hem yanal hem de düşey değişimleri görüntülemek için Wenner-Schlumberger elektrot dizilimi ile toplanan verilerin Res2Dinv yazılımı ile 2B'li tomografik ters çözümleri yapılmış ve yer elektrik yapı kesitleri elde edilmiştir (Şekil 1b). Böylece, yeraltındaki kayaçların elektriksel özelliklerine bağlı olan görünür öz dirençler belirlenerek, yer içinin, jeolojik yapısı, litolojik değişimi haritalanmış ve yeraltı su içeriği hakkında bilgi edinilmiştir. Sismik ölçümlerde PASI marka 24 kanallı sismograf, 4.5 Hz' lik 24 adet düşey bileşen alıcı, kaynak olarak 10 kg ağırlığındaki balyoz ve çelik levha kullanılmıştır. Her bir profilde 9 (7 sismik kırılma, 2 YDÇKA) atış yapılmıştır. Tüm sismik profiller için alıcı aralıkları 2 m ve ilk alıcı uzaklıkları ise 10 m dir. Kayıt parametreleri sismik kırılma için zaman örnekleme aralığı 0.125 msn ve kayıt uzunluğu 0.5 sn, ÇKYDA ölçümleri için ise, örnekleme aralığı 0.5 msn ve kayıt uzunluğu 1.0 sn olarak seçilmiştir. Her bir atış noktasında verilerin sinyal/gürültü oranını güçlendirmek için 3 vuruş yapılarak elde edilen kayıtlar aritmetik olarak toplanarak düşey yığılma yapılmıştır. Sismik verilerin değerlendirilmesinde Seislmager 2D/SW yazılımı kullanılmıştır. Sismik kırılma verilerinden okunan ilk varış zamanları tomografik ters çözüm yöntemi ile değerlendirilmiş ve profillere ait 2B Vp-derinlik kesitleri elde edilmiştir (Şekil 1c). Elde edilen bu hız kesitlerinden yeraltının geometrik yapısı ve her bir tabakaya ait P dalgası hız değerleri belirlenmiştir. Her bir profile ait ÇKYDA kayıtlarından Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisi frekans hız dönüşümünden (faz kayması tekniği) belirlenmiş ve elde edilen bu dispersiyon eğrisinin ters çözümünden ortama ait S dalgası 1B'li hız-derinlik (1B-Vs) profilleri hesaplanmıştır (Şekil 1d). EÖT ve SKT kesitlerinin birlikte değerlendirilmesiyle bir kavramsal yer modeli oluşturulmuş ve bu yer modeli üzerinde dikkat çeken önemli belirtiler Şekil 1e 'de gösterilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Jeofizik ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Yüzeiden ~1.5-2 m derinliğe kadar olan birimin (muhtemelen kum+ince çakıl karışımı) gevşek ve su tutmayan bir özelliktedir. Yüzeiy suları (sulama, yağmur vb.) yaklaşık 2-7 m derinlik aralığında yer alan litolojik birime sızmakta ve bu ara birim içinden doğal ya da suni olarak (önceden drenaj ağı vasıtasıyla) drene olduğu anlaşılmaktadır. Yaklaşık 7 m derinlikten sonra yer alan litolojik birimin sismik hız ve elektrik öz direnç değerlerine göre çoğunlukla, kuru, sıkı-katı ve orta sağlam nitelikte olduğu düşünülmektedir. Vs30 değerlerine göre, tüm sahanın yer aldığı zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir. SKT ve EÖT kesitlerine uygun olarak YR kesitlerinde de yaklaşık 2 m derinliğe kadar yüzey dolgu birimlerinin (sahadaki gözlemlere göre ince çakıl ve kum karışımı) yer aldığı anlaşılmaktadır. Asfalt yüzeyler üzerine karşılık gelen YR kesitlerine göre 20-30 cm derinlik seviyelerinde asfalt kaplamanın hemen altında yapısal bozukluklar (bükülme, kırılma, çatlama vb.) gözlenmiştir. Çim ve tartan bölümüne karşılık gelen YR kesitlerine göre sahanın tabanında önemli sayılabilecek yapısal bozukluklar (şişme, açılma, çökme vb.) ve boşluk unsurları gözlenmemiştir. YR kesitlerinin hepsinde belirli uzaklık ve zaman aralıklarında sinyallerde gözlenen genlik azalmalarının, yüzeyden sızan suların ya da su tesisat sisteminden kaynaklanan muhtemel su kaçaklarıyla ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.

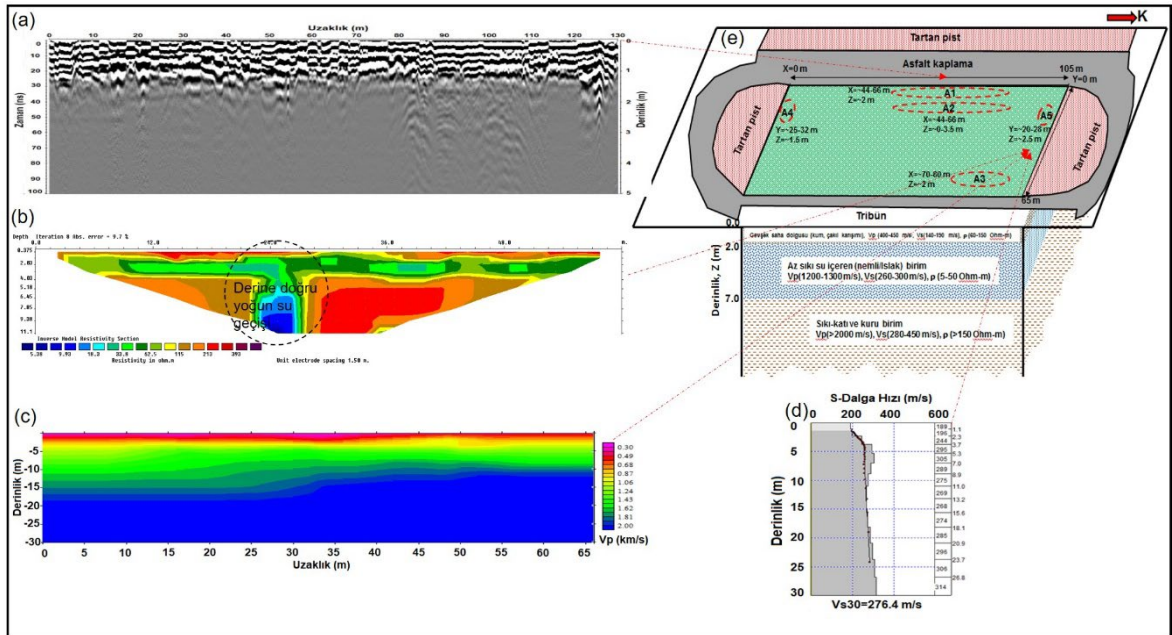
Elde edilen sonuçlara göre, sahadaki deformasyonların daha fazla gelişmemesi için, yüzeyden 2-7 m derinlik aralığında yer yer yoğunluğu değişen su içeriğinin (yüzey sularından veya sulama tesisatındaki su kaçaklarından dolayı) drenajı yapılmalıdır. Bu çalışma, jeofizik yöntemlerin spor sahalılarının rehabilitasyonu kapsamında zeminde oluşan deformasyonların tespit edilmesi ve jeoteknik çözüm önerilerine altlık oluşturacak zemin özelliklerinin sahaya zarar vermeden elde edilebileceğini gösteren örnek bir çalışma niteliği taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

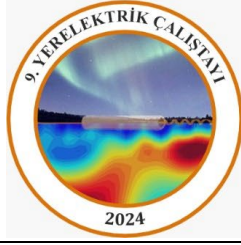
Trabzon Söğütü Atletizm Sahasında Jeofizik çalışmalarının gerçekleştirilmesi için destek sağlayan Trabzon Gençlik ve Spor Müdürlüğüne ve Yer Radarı ölçümlerinin toplanmasındaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Aysel Şeren'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aladejana JA, Talabi AO, Oke SA and Oyelami AC 2015, Aster RC, Borchers B and Thurber CH 2005, Geophysical and Geotechnical Investigations of a proposed Site for Afijio Local Government Stadium Ilora, Southwestern Nigeria: *International Journal of Scientific and Research Publications*, **5 (7)**, 1-7.
- Babacan AE and Ceylan S 2021, Evaluation of soil liquefaction potential with a holistic approach: a case study from Araklı (Trabzon, Turkey): *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, **62 (1)**, 173-198.
- Qaher M, Eldosouky AM, Saada SA, Baheer AA 2023, Integration of ERT and shallow seismic refraction for geotechnical investigation on El-Alamein Hotel Building Area, El-Alamein new city, Egypt: *Geomech. Geophys. Geo-energ. Geo-resour.* 9 (115), 1-23.
- Vanlı Senkaya G, Senkaya M, Karslı H, Güney R 2020, Integrated shallow seismic imaging of a settlement located in a historical landslide area: *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **79**, 1781–1796. Senkaya M, Babacan AE, Karslı H, San BT, 2022, Origins of diverse present displacements in a paleo-landslide area (Isiklar, Trabzon, northeast Turkey): *Environmental Earth Science*, **81 (245)**, 1-24.



Şekil 1 Çalışma alanından örnek Jeofizik kesitler (a) YR kesiti, (b) EÖT kesiti, (c) SKT kesiti, (d) 1B Vs-derinlik profili ve (e) SKT ile EÖT verilerine göre çalışma alanı için oluşturulan kavramsal yer modeli. EÖT kesitlerinde gözlenen önemli su içerikli alanlar. A1,2,3,4,5 konumları EÖT verilerine göre nedeni yüzey sularından (çoğunlukla sulamadan) kaynaklı olduğu değerlendirilen su içeriğinin yoğunlaştığı alanları göstermektedir. X güney-kuzey, Y batı-doğu doğrultularını ve Z yüzeyden derinliği göstermektedir.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



“İshak Çelebi Medresesi ve Ulu Cami Rölöve, Restorasyon ve Restitüsyon Projesi” Kapsamında Duvar ve Zemin Yapılarının GPR Yöntemiyle Araştırılması

Investigation of Wall and Floor Structures with GPR Method within the Scope of “İshak Çelebi Madrasa and Ulu Mosque Surveying, Restoration and Restitution Project”

Erhan İÇÖZ*,¹, Ecevit G. YURTKAL¹, Coşkun SARI²

¹ Sumet Yerbilimleri Ltd Şti Narlıdere İzmir

² DEÜ Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. Tınaztepe Yerleşkesi, Buca-İzmir

E-posta: sumet@sumet.com.tr

*Sunumu yapacak yazar

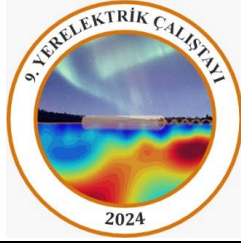
ÖZ

Ülkemiz, arkeolojik ve tarihi yapıların yoğun bulunduğu bir coğrafyadır. Bu kültürel varlıklarımızın değerini yeterince bilip değerlendirebilirsek hem kültürel zenginliğimiz hem de turizm gelirlerimizin artacağı kuşku götürmez bir gerçekliktir. Yeraltında örtülü bulunan arkeolojik yapıların araştırılmasında jeofizik ölçümler çok yararlı sonuçlar vermekte ve giderek daha yaygın olarak bu ölçümlere başvurulmaktadır. Diğer yandan, yeryüzündeki kısmen ya da tamamen ayakta kalmış yapıların, gözle görülmeyen duvar ve zemin yapılarının da bilinmesi, gerekiyorsa iyileştirilmeleri, gelecekte bu yapıların ayakta kalmasını güvence altına alacaktır. Bazı restorasyonlar geçmiş, kısmen hasar görmüş vb. yapılar ise mimarlar tarafından restitüsyon (eski halinin yeniden canlandırılması) amaçlı incelenmektedir. Üzeri sıva kaplı veya onarım görmüş duvarlarda, görünenin dışındaki yapısal elemanların durumu ise yapıya hasar vermeden, duvar kalınlığı az olan yapılarda yapı radarı, kalın duvarlı yapılarda ise yer radarı ölçümleriyle belirlenebilmektedir. Yapının zemininin araştırılmasında ise bilindiği gibi yer radarı ile ölçümler alınmaktadır. Bu çalışmanın amacı Manisa ili, Merkez Şehzadeler İlçesi'nde yer alan Ulu Cami ve İshak Çelebi Türbesi yapısının kolon, duvar ve zemininde zamanla oluşan yapısal bozukluk ve farklılıkların ve zemin altında olası eski yapı kalıntılarının belirlenmesidir. Araştırmalar “İshak Çelebi Medresesi ve Ulu Cami Rölöve, Restorasyon ve Restitüsyon Projesi” kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arkeolojik Yapı, Yer Radarı, Yapı Radarı, Restitüsyon, Restorasyon

ABSTRACT

Our country is a geography where archaeological and historical structures are abundant. It is an undoubted reality that if we know and evaluate the value of these cultural assets adequately, both our cultural richness and tourism revenues will increase. Geophysical measurements provide very useful results in the investigation of archaeological structures covered underground, and these measurements are increasingly being used. On the other hand, knowing the partially or completely standing structures on the earth, and the invisible wall and floor structures, and improving them, if necessary, will ensure the survival of these structures in the future. Buildings that have undergone some restorations, are partially damaged, etc. are examined by architects for restitution (revival of their former state). In plaster-covered or repaired walls, the condition of structural elements other than visible can be determined without damaging the structure, using building radar measurements in structures with low wall thickness, and ground penetrating radar measurements in thick-walled structures. As is known, measurements are taken with ground-penetrating radar when investigating the ground of the building.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



The aim of this study is to determine the structural defects and differences that have occurred over time in the columns, walls and floor of the Ulu Mosque and İshak Çelebi Tomb, located in the Central Şehzadeler District of Manisa province, and to identify possible old building ruins under the ground. The research was carried out within the scope of "İshak Çelebi Madrasa and Ulu Mosque Survey, Restoration and Restitution Project".

Keywords: Archaeological structure, Ground penetrating radar, Building radar, Restitution, Restoration

GİRİŞ

Bu çalışma, "Ulu Cami Röleve, Restorasyon ve Restitüsyon Projesi" kapsamında, Bursa İli Merkez İlçesinde yer alan Ulu Cami'nin duvar ve zemininde olası yapısal bozukluk ve farklılıkların belirlenmesi ve zemin altında olası eski yapı kalıntılarının araştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu cami, tarihi yapısı nedeniyle çok önem taşımakta ve her yıl binlerce yerli ve yabancı turist tarafından ziyaret edilmektedir. Yapımından bu yana bazı hasarlar gördüğü için zaman zaman onarılmış olsa da halen çok iyi durumda değildir. Caminin, onarılması gündeme gelmiştir. Ancak, aslına uygun olarak restore edilmesi, duvar ve zemin yapılarının iyi bilinmesiyle olanaklıdır.

YÖNTEM

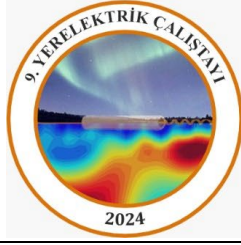
Bilindiği gibi, Yeraltı radarı (GPR) sistem olarak elektromanyetik frekanslar ile yeraltından bilgi toplamaya dayanır. GPR sisteminin dizaynı çok geniş bir yelpazede tanımlanmakta ve genel olarak yapılacak uygulamaya uygun seçimlere göre yapılmaktadır (Candansayar 2019; Kadioğlu 2003). Bunlarda etkili olan hedef derinliği, hedef büyüklüğü ve araştırma yapılacak alandır. Yöntem, genel olarak antenlerden üretilen elektromanyetik sinyallerin yeraltındaki gidiş-geliş yolculuğu sırasında uğradığı değişimlerin orijinal sinyallerden farkı ile ilgilenir. GPR sinyalleri seyahat ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre hızlarını belirleyerek hedefe ulaşır ve hedef hakkında da bilgi toplar. Yolculuk zamanı bilindiği durumlarda ortamın hızı da bilindiğinden, hedef derinliği de hassas olarak belirlenebilmektedir.

Yeraltındaki ve duvarlardaki yapıların yerleşimini anlayabilmek için oluşturulacak görüntüleme haritaları, belirli zaman aralıkları ile hesaplanan yatay zaman kesitleri ile mümkün olabilir. Bu tarz veri değerlendirmeleri sayesinde anomali yaratan yapıların yerleri ve biçimleri oldukça kolay saptanabilir.

MANİSA ŞEHZADELER CAMİSİ (ULU CAMİ) YER VE DUVAR RADARI ÇALIŞMALARI

Çalışma alanı içinde bazı duvarlarda demir parçalar, çiviler ve elektrik hatları bulunmaktadır. Ayrıca zemin ölçülerinde demir rögar kapakları ve diğer boru hatları gibi GPR ölçümlerini etkileyecek yerler bulunduğu saptanmıştır. Ölçümlerde olabildiğince bu bölgelerden uzak durulmaya çalışılmıştır. Ancak, bazı ölçümlerde bu bölgeler metal yansımaları olarak ölçüleri etkilemiştir. Yüzey gürültüleri olarak gelen bu etkiler kesitler içinde derine inen güçlü yansımalar olarak görülmüştür. Duvar ölçümlerinde GSSI marka SIR 3000 model GPR, zemin çalışmalarında da Mala marka X3M Model GPR cihazları kullanılmıştır.

Çalışma alanında, 29 adet duvar, 3 adet kapı üstü duvar, 1 adet merdivenli yapı duvarı ve 17 adet kolon üzerinde yapı radarıyla ölçümler alınmıştır (İçöz ve Yurtkal 2018). Tüm duvar verileri 1.6-2 GHz frekans aralığında anten ile alınmış ve araştırma derinliği yaklaşık 80 cm seçilmiştir. Bu derinlik duvar kalınlığını ve arkasındaki yapıların geometrisini çözmek için yeterli görülmüştür. Antenin geçeceği



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



hatlar sorunlu görülen duvarlarda 15 cm, diğer duvarlarda ise 30 cm aralıklı karelaajla alınmıştır.

Zemin GPR ölçümleri değişik bölgelerdeki 8 alanda gerçekleştirilmiştir. Tüm zemin ölçümleri 250 MHz frekansta anten ile alınmıştır. Araştırma derinliği yaklaşık iç alanlar için 6 m, dış alanlar için 8 m olarak seçilmiştir. Bu derinlik zemin altındaki yapıların geometrisini çözmek için yeterli görülmüştür. Antenin geçeceği hatlar tüm alanlarda 50 cm aralıklı karelaajla alınmıştır. Duvar ve zemin ölçümleri, GPR hatlarının tamamını çözebilecek ve veri kaybı olmayacak bir şekilde kesintisiz modda uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan zemin ve duvar radarı (GPR) ölçümlerinde, 32 adet duvar ve 17 adet kolon ölçümü için toplam 1885 adet profil üzerinde ölçü alınmıştır. Profillerin toplam uzunluğu yaklaşık 5941 m'dir. Zemin ölçümlerinde ise 10 alanda ve toplam 601 adet profil üzerinde ölçü alınmıştır. Zemin ölçülerindeki profillerin toplam uzunluğu 4060 m'dir.

DEĞERLENDİRME

Ölçümlerden elde edilen ham veriler, süzgeçleme ve değerlendirme adımları sonucunda Ulucami duvar ve zemininde bulunması olası yapısal bozukluk ve farklılıkların belirlenmesi için yorumlanabilecek duruma getirilmiştir. Değerlendirmelerde Reflex2Dquick, GPR Slice ve Prism programları kullanılmış, yaklaşık 80 cm derinliğe kadar 8 cm'de bir %10 bindirmeli 12 adet seviye haritası oluşturularak kesintisiz bilgi sağlanması amaçlanmıştır.

SONUÇLAR

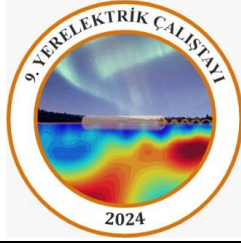
Zemin çalışmalarında 1.5-2 m taş kaplama ve temel seviyesi onun altında dolgu ve yamaç molozlu seviyeler bulunmaktadır. Duvar ve kolonların tamamına yakınında rutubet ve ıslaklık etkilerinden kaynaklanan bozuşma etkileri görülmektedir. Bu etkiler genelde taban ve tavana yakın bölgelerdedir. Duvar yapılarının köşe ve pencere bölgelerinde genelde düşeye yakın çatlak yapıları bulunmaktadır. Bu çatlak yapıları en fazla 25 cm derine kadar inmektedir. Kapı yapılarının hemen üst kısımlarında yine birçok çatlak yapısı bulunmaktadır. Minber alanının güney sınırındaki duvarlarda ve kolonlarda sık ve düzenli demir donatı izleri görülürken diğer duvarlarda seyrek, düzensiz veya donatısız yapılar bulunmaktadır. Özellikle çalışma alanının batı ve güneybatı duvarları en bozuşmuş ve çatlaklı duvarları olarak görülmektedir. Zemin amaçlı GPR ölçümlerinde, batı ve kuzeybatı yönüne doğru zeminin daha iletken ve çözünürlüğün düşük olması, ıslaklığın etkileri olarak düşünülmüş ve bu bölgelerde daha yoğun ve yüzeye yakın sular olabileceği, yapı temelinin bu bölgelerde daha fazla etkileneceği şeklinde yorumlanmıştır. Zemin amaçlı GPR ölçümlerinde Minber, Büyük avlu, Küçük avlu, Derslik ve Mutfak alanlarında 1.5 ile 6 m derinlik arasında değişen düzgün geometrili eski yapı izleri olarak düşünülen anomaliler elde edilmiştir. Bu anomalilerden Minber alanının orta ve kuzey bölgesinde sınırlanmış yapı izleri en önemlisidir. Bu yapı izleri 4-6 m derinlikler arasında net görülen ve 8x10 m boyutlarında güçlü yansımali ve büyük boşluk etkilerini gösteren bir yapıdır. Bu yapı olasılıkla bir mahzen veya gizli bir oda görünümü vermektedir. Bu verilere göre bu yapının önemli bir keşif olabileceği düşünülerek daha ayrıntılı araştırılması ve kazı yapılması faydalı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Sunumumuzun derlenmesinde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Coşkun Sarı'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

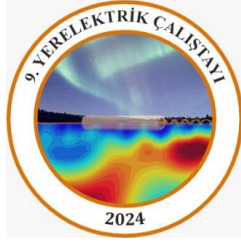
Candansayar, M. Emin (2019) JFM409, AÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. Elektromanyetik Yöntemler Ders Notu



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



- İçöz, E ve Yurtkal, E. G. (2018) Manisa Ulu Cami (Şehzadeler Camii) Zemin ve Duvar GPR Ölçüm Raporu (Sumet Yerbilimleri, Yayımlanmamış)
- İçöz E. ve Yurtkal G. E. (2023) Bursa Ulucami Restorasyon ve Restitüsyon Amaçlı GPR ((Jeoradar) Etüt Raporu (Sumet Yerbilimleri, yayımlanmamış)
- Kadıoğlu S (2003) 3D Ground Penetrating Radar-Data Acquisition, Processing, and Interpretation, 14th International Petroleum Congress and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey, Ankara-TURKEY, Proceedings, p.485-486.
- Yalçınır CÇ, Bano M, Kadıoğlu M, Karabacak V, Meghraoui M, Altunel E (2008) New temple discovery at the archaeological site of Nysa (western Turkey) using GPR method, Journal of Archaeological Science, 36(8),1680-1689.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Obruk Araştırmalarında Jeofizik Uygulamalar

Geophysical Methods in Sinkhole Investigations

Fetullah ARIK^{*1}, Alper DÜLGER¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Konya

E-posta: farik@ktun.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

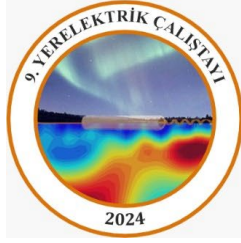
Obruklar karstik arazilerde sıklıkla gözlenen yüzey şekillerinden biri olup genellikle dairesel ya da yarı dairesel olarak bulunan kapalı çöküntülerdir. Günümüzde örtülü boşluklar, kırıklar, farklı nitelikteki jeolojik formasyonlar ve obruk oluşumları gibi zemine etki edebilecek faktörlerin araştırılmasında uzaktan algılama ve sahada yapılan jeolojik çalışmaların yanı sıra yeraltında bulunan farklı birimlerin sınırlarının, boşluk, kırık ve ayrışma zonlarının tespiti amacıyla jeofizik yöntemler ve sondajlardan yararlanılmaktadır. Sondaj uygulamalarının birim alandaki maliyeti göz önüne alındığında sondajların yapılacağı noktaların tespiti ve daha geniş alanlardaki anomalilerin belirlenmesi için farklı jeofiziksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu jeofizik yöntemlerin kullanımı çeşitli faktörlere bağlı olsa da genellikle sismik yansıma ve kırılma, yüzey dalgalarının çok kanallı analizi, mikrotremör, gravite, yer radarı (GPR) ve elektrik özdirenç tomografi (ERT) gibi yöntemlerle yaygın olarak jeofizik veri toplanmaktadır. Jeofizik yöntemlerden GPR yöntemi özellikle sığ derinliklerde hızlı veri üretmek amacıyla tercih edilen bir yöntemdir. Daha derin yeraltı yapısının ayrıntılı incelenmesi amacıyla ise çok elektrotlu elektrik özdirenç tomografi (ERT) yöntemi kullanılmaktadır. Dolayısıyla çalışılacak olan alanda obruk tespitine yönelik jeofizik araştırmalar için bazen bu iki yöntem birlikte uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmakta ve yeraltı yapısı ile ilgili oldukça tutarlı yorumlar yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: ERT, GPR, Jeofizik yöntemler, Obruk

ABSTRACT

Sinkholes are one of the commonly observed landforms in karst terrains and are generally circular or semi-circular closed depressions. Currently, in addition to remote sensing and field geological studies, geophysical methods and drilling are utilized to determine the boundaries of different units, cavities, fractures and weathering zones in the subsurface, as well as remote sensing and field geological studies in the investigation of factors that may affect the ground such as covered cavities, fractures, geological formations of different qualities and sinkhole formations. Considering the cost per unit area of drilling applications, many different geophysical methods are used to determine the points where drilling will be performed and to identify anomalies in larger areas. Although the use of these geophysical methods depends on a few factors, measurements are commonly made by using seismic reflection and refraction, multichannel analysis of surface waves, microtremor, gravity, ground penetrating radar (GPR) and multi-electrode electrical resistivity tomography (ERT) methods. One of the geophysical methods, GPR has become a preferred method to generate data quickly, especially at shallow depths. Multi-electrode electrical resistivity tomography (ERT) is used to investigate the deeper subsurface structure in detail. Therefore, these two methods are applied together for geophysical investigations to detect sinkholes in the area to be studied and the results obtained are compared and very consistent interpretations can be made about the underground structure.

Keywords: ERT, Geophysical methods, GPR, Sinkhole



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Akarçay Havzası (Afyonkarahisar) Derin Jeotermal Yapısının Manyetotellürik Yöntemle Araştırılması

The Investigation of Deep Geothermal Structure of Akarçay Basin (Afyonkarahisar) Using Magnetotelluric Method

Ahmet YILDIZ^{*1,2}, Özcan ÖZYILDIRIM², Can BAŞARAN¹, Metin BAĞCI^{1,2}, Feyzullah Ekrem ÇONKAR²

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeotermal ve Maden Kaynakları Uyg. ve Araş. Merkezi (JUAM)

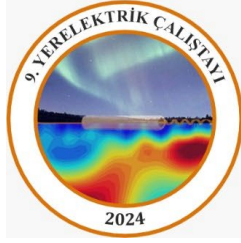
E-posta: ayildiz@aku.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Akarçay Havzası 130km uzunlukta ve 20km genişlikte olup, Batı Anadolu'nun genişleme tektonizmasının etkisiyle oluşmuştur. Akarçay Havzası bölgedeki en önemli sismojenik kuşaklardan birisi olan Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS)'nin faylarıyla sınırlandırılmıştır. ASFS kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı olan çok sayıda aktif normal fay içermektedir. Havza farklı sıcaklık ve bileşimde jeotermal alanlara ev sahipliği yapmaktadır. Bunlar doğudan batıya doğru; Heybeli (HJA), Salar (SJA), Bayatçık (BJA), Gazlıgöl (GJA) ve Ömer-Gecek (ÖGJA) jeotermal alanlarıdır. ASFS'nin normal faylarının ikincil faylarla kesişim noktaları Akarçay Havzası jeotermal alanlarında akışkanların dolaşımı ve birikimi için gözenekli ve permeabilitesi yüksek ortamın oluşmasını sağlar. Havzadaki jeotermal alanlarda rezervuar kayacı Afyon zonuna ait mermer, kuvarsit, kalkşist türündeki metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Afyon ve çevresinde geniş yayılım sunan Miyosen yaşlı geçirimsiz sedimanter birimlerle alüvyon jeotermal sistemin örtü kayacı özelliğini göstermektedirler. Yağışlarla yeryüzüne inen sular geçirimli birimler ve fay zonları boyunca süzülerek, bölgedeki jeotermik gradyanının etkisiyle ısınmaktadır. Afyon zonunun mika şist türündeki birimleri jeotermal sistemin geçirimsiz temelini oluşturmaktadır. Afyon Kocatepe Üniversitesi JUAM Müdürlüğü Akarçay Havzası'nın derin jeotermal yapısının araştırılması üzerine çok sayıda proje yürütmüştür. Bu çalışmada Akarçay Havzası'nda JUAM Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen manyetotellürik (MT) ölçüm sonuçlarının bölge jeolojisi ve sondaj verileri yardımıyla yorumlanması sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akarçay Havzası, Afyonkarahisar, jeotermal, jeoloji, manyetotellürik



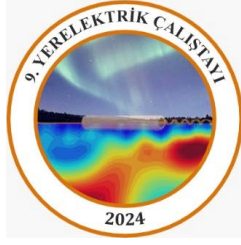
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



ABSTRACT

Akarçay Basin is 130 km long and 20 km wide and was formed by the effect of the extensional tectonism of Western Anatolia. Akarçay Basin is bordered by the faults of the Akşehir-Simav Fault System (ASFS), one of the most important seismogenic zones in the region. ASFS contains many active normal faults trending northwest-southeast. The basin hosts geothermal areas with different temperatures and compositions. These are from east to west; Heybeli (HGA), Salar (SGA), Bayatçık (BGA), Gazlıgöl (GGA) and Ömer-Gecek (ÖGGA) geothermal areas. The intersection locations of normal faults of ASFS with secondary faults provide the formation of a porous and permeable environment for the circulation and accumulation of fluids in the Akarçay Basin geothermal areas. The reservoir rocks in the geothermal areas in the basin consist of metamorphic rocks of Afyon zone such as marble, quartzite and calcschist. Miocene impermeable sedimentary units and alluvial present the cover rock feature. The cold ground filters through permeable rocks and fault zones and is heated by the effect of the geothermal gradient in the region. Mica schists of the Afyon zone constitute the impermeable basis of the geothermal system. Afyon Kocatepe University JUAM Reseach Center has carried out many projects on the investigation of the deep geothermal structure of the Akarçay Basin. In this study, the findings obtained as a result of interpreting the data of magnetotelluric (MT) surveys carried out by the JUAM Reseach Center in the Akarçay Basin with the help of regional geology and drilling data are given.

Keywords: Akarçay Basin, Afyonkarahisar, geothermal, geology, magnetotelluric



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Alt-Himalaya bölgesindeki (Hindistan) bir fay zonunun Radyomanyetotellürik kullanılarak incelenmesi

Investigation of a fault zone in Sub-Himalayan region (India) using Radiomagnetotellurics

B.F. Göçer^{*1}, W. Mörbe¹, B. Tezkan¹, M. Israil², P. Yogeshwar¹

¹ Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Germany,

² Indian Institute of Technology Roorkee, Department of Earth Sciences, Roorkee, India

E-posta: bgocer@smail.uni-koeln.de

* Sunumu yapacak yazar

ÖZ

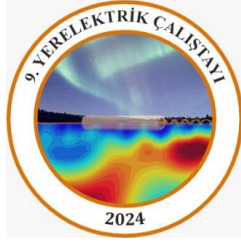
Hint-Alman ortak araştırma projesi (DST-DAAD) kapsamında Hindistan'ın Alt Himalaya bölgesindeki Uttarakhand'daki Himalaya ön bindirme fayını (HFT) araştırmak için radyo-manyetotellürik (RMT) ölçümler yapılmıştır. Yürütülen ölçümlerin amacı, fay eğimi ve yöneliminin araştırılmasının yanı sıra araştırma alanındaki sedimanların kalınlığının belirlenmesi de dahil olmak üzere fay bölgesinin jeo-elektrik karakterizasyonudur. Veri toplama, bir alıcı ünitesi, elektrik alanlarını gözlemlemek için iki elektrik anten ve manyetik alanları ölçmek için üç manyetik bobinden oluşan RMT-F sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Profiller arası mesafe ve istasyon aralığı 10m olarak belirlenip, sekiz paralel profil üzerinde ölçüm yapılmıştır. Toplamda 500x70 metrekarelik alanda 312 istasyondan veri elde edildi. Bu yoğun istasyon dağılımı, veri kümesinin hem 2B hem de 3B ters çözümüne olanak tanır. Burada veri kalitesine ve en önemli veri işleme adımlarına genel bir bakış sunuyoruz. Skaler ve tensör empedans tensör verilerinin 2 boyutlu ve 3 boyutlu ters çözümlerinin yanı sıra Tipper verileriyle ortak ters çözümlerini gerçekleştirdik. Elde edilen yeraltı modellerine dayanarak, inceleme alanı içindeki HFT bölgesinin ve onun jeo-elektrik özelliklerinin bir ön yorumunu veriyoruz.

Anahtar Kelimeler: RMT, HFT fayı, ModEM, 3-B Ters Çözüm, Alt Himalaya Bölgesi

ABSTRACT

We conducted radio-magnetotellurics (RMT) measurements to investigate the Himalayan frontal thrust fault (HFT) in the Sub-Himalayan region Uttarakhand in India in the framework the Indo-German joint research collaboration (DST-DAAD). The overarching aim is the geo-electrical characterization of the fault zone, including the investigation of the fault inclination and orientation, as well as the determination of the sediment thickness in the survey area. The data acquisition was carried out using the RMT-F system, which consists of a receiver unit, two electrical antennas to observe the electric fields, and three magnetic coils to measure the magnetic fields. We measured on eight parallel profiles with a profile separation and a station interval of 10m. In total data was acquired at 312 stations in an area of 500x70 square meters. This dense station distribution allows for a 2D as well as a 3D inversion of the dataset. Here, we provide an overview over the data quality and the most crucial data processing steps. We performed 2D and 3D inversions of scalar and tensor impedance tensor data, as well as a joint inversion with Tipper data. Based on the derived subsurface models, we give a preliminary interpretation of the HFT zone and its geo-electrical characteristics within the area of investigation.

Keywords: RMT, HFT fault, ModEM, 3D Inversion, Sub-Himalayan region



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



DAÖ ve MT Verilerinin Birlikte Yorumu ile Bloklu Kireçtaşı Birimlerinde Akifer Yapısı Araştırılması

Investigation of Aquifer Structure in Blocky Limestone by Joint Interpretation of DCR and MT Data

N. Yıldırım GÜNDOĞDU*¹, M. Emin CANDANSAYAR¹

¹ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Modelleme Grubu, Gölbaşı/Ankara

E-posta: gundogdu@eng.ankara.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Bu çalışmada, çalışma alanı yakınında bulunan ve aktif olarak su ihtiyacını karşılayan kuyuları beslemesi muhtemel bloklu kireçtaşı birimlerindeki akifer yapılarını ve/veya kırık zonlarını belirlemek için doğru akım özdirenç (DAÖ) ve manyetotellürik (MT) yöntemleri uygulanmıştır. DAÖ çalışmaları 5 hat boyunca gerçekleştirilmiş ve MT ölçümleri 13 istasyonda alınmıştır. DAÖ hatlarının yönleri, akifer şarj yönünün belirlenmesi dikkate alınarak seçilmiştir. DAÖ ölçümleri, daha iyi yanıl ayırım için bir pol-dipol elektrot dizisi (sol ve sağ taraflı) kullanılarak toplanmıştır. Toplam 5 hat üzerinde 4650 görünür özdirenç verisi ölçülmüştür. Her istasyonda bir zaman serisi olarak toplanan MT verilerinin ölçüm süresi yaklaşık 2-5 saat arasında değişmektedir. İstasyon aralıkları tüm çalışma alanını kapsayacak şekilde yaklaşık 100 metredir. İki yöntem kullanılarak toplanan verilerle hem 2B hem de 3B ters çözüm ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Toplam 30 hektarlık (500 m x 600 m) bir alanın özdirenç dağılımı ortaya çıkarılmıştır. 2B ters çözümde DCR ve AMT modellerinin RMS değerleri sırasıyla %3 ve %5'in altında kalmıştır. 3D ters çözümde ise RMS değerleri sırasıyla %3,2 ve %9,7'dir. Elde edilen tüm modeller ayrı ayrı ve birlikte yorumlanmış ve yeraltı özdirenç modelleri üzerinde akifer yapıları ve kırık zonları tanımlanmıştır. Yorumlanan jeofizik modeller, jeolojik, hidrojeolojik ve sondaj bilgileri değerlendirilerek bu yapı ve zonların mevcut su kuyusu ile etkileşimleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Doğru akım özdirenç, manyetotellürik, özdirenç, akifer, hidrojeofizik

ABSTRACT

In this study, direct current resistivity (DCR) and audio-magnetotellurics (AMT) methods were applied to identify aquifer structures and/or fracture zones in blocky limestone that are likely to supply wells located near the study area and actively covering the water demand. DCR studies were performed along 5 lines and AMT measurements were taken in 13 stations. The orientations of the DCR lines were selected considering the determination of the aquifer recharge direction. DCR measurements were collected using a pol-dipole electrode array (left and right-sided) for better lateral separation. A total of 4650 apparent resistivity data were measured on 5 lines. The measurement time of AMT data collected as a time series at each station varies between approximately 2-5 hours. Station intervals are approximately 100 metres to cover the entire study area. Both the 2D and the 3D inversion were carried out separately for the data collected using the two methods. The resistivity distribution of a total area of 30 hectares (500 m x 600 m) was revealed. In 2D inversion, the RMS values of DCR models and AMT models were below 3% and 5%, respectively. In the 3D inversion, the RMS values are 3.2% and 9.7%, respectively. All the models obtained were interpreted separately and together and aquifer structures and fracture zones were identified on the subsurface resistivity models. Interpreted geophysical models, geologic, hydrogeologic and drilling information were evaluated and interactions of these structures and zones with the existing water well were revealed.

Keywords: Direct current resistivity, magnetotellurics, resistivity, aquifer, hydrogeophysics



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Sismik Kırılma Tomografisi, Elektrik Özdirenç Tomografisi ve MASW Yöntemleri ile Kocaeli-Yazlık Bölgesi Jeotermal Potansiyelinin Sığ Mühendislik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması

Investigation of the Effects of Geothermal Potential of Kocaeli-Yazlık Region on Shallow Engineering Properties with Seismic Refraction Tomography, Electrical Resistivity Tomography, and MASW Methods

Suhaib QASEM*¹, Bülent ORUÇ¹, Ertan PEKSEN¹, Doğukan DURDAĞ¹, Elnur GASİMOV¹, Mustafa ABDALRAZIG¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. İzmit, Kocaeli, Türkiye

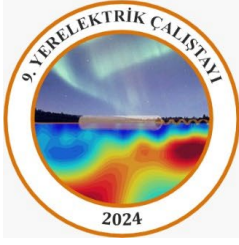
E-posta: suhaib735900351@gmail.com

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Bu çalışmanın amacı jeotermal kaynaklar açısından zengin olan Kocaeli-Yazlık bölgesinin sığ mühendislik özelliklerini araştırmaktır. Bu kaynakların zemin dinamikleri üzerindeki etkinliği, kentsel gelişimin ve tehlike ve risk değerlendirmesinin belirlenmesinde çok önemlidir. Sismik Kırılma Tomografisi (SRT) ve Elektrik Özdirenç Tomografisi (ERT), sırasıyla P-dalgası hızı ve özdirenç kesitlerini modellemek için kullanılmıştır. Yüzeysel dalgaların (MASW) çok kanallı analiziyle birleştirilmiş SRT etütleri çeşitli uzunluklarda dokuz profil boyunca gerçekleştirilmiştir. SRT modelleme sonuçları, sedimanter örtü ile ana kaya arasındaki ara yüzey sınırının, 10 m'den daha büyük derinliklerde sismik P dalgasının hız değişimlerinin yatay ve dikey yönlü olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Böylece SRT kesitleri, sismik hızların geniş aralıklarda (0,5-2 km/s) değiştiği karmaşık jeolojik birimleri de ortaya çıkarmıştır. SRT kesitlerinin altında, 5 m'lik daha sığ derinliğe kadar çok yumuşak birimlere sahip katmanlı modeller görüntülenirken, diğer kesitlerde genellikle yaklaşık dikey kontak veya faylı kırık zonlar boyunca yanıl değişimler etkindir. Ayrıca, Rayleigh dalgalarının modal analizinden elde edilen dispersiyon eğrilerinin ters çözümünden kestirilen kayma dalgası hız profillerinden zemin sınıflandırmaları da yapılarak tüm profillerden gevşek zemine karşılık gelen ZD türü zemin sınıfı elde edilmiştir. ERT yönteminde ise özdirenç değerlerinin değişimini belirlemek amacıyla Wenner ve Wenner-Schlumberger dizilimleri kullanılarak 174 m uzunluğunda dört profil gerçekleştirilmiştir. Wenner dizilimi için özdirenç dağılımı 2-8 ohm.m arasında değişirken, Wenner-Schlumberger diziliminden 2-26 ohm.m aralığında değerler elde edilmiştir. Sedimanter birimlerin su içeriğine ve bölgenin jeotermal potansiyeline bağlı olarak, yaygın düşük özdirenç dağılımları ortaya çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıklarla ilişkili oluşan bölgesel alterasyonlar, görece yüksek özdirenç ölçülmesine neden olabilmektedir. Tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar birbiriyle korele edilerek yanıl süreksizlikler, tabakalı jeolojik yapılar ve ana kaya derinlikleri modellenmiştir. Model yapıların zeminlerin fiziksel ve mekanik davranışlarıyla ilişkileri tartışılmıştır. Bu bağlamda Kocaeli-Yazlık bölgesinin jeotermal potansiyeli sığ zemin dinamikleri üzerinde etkin olduğu gözlenmiştir. Çalışılan saha içerisinde az katlı yapılaşma dinamiğinin, bu çalışmada sunulan zemin sınıflandırmaları ve temel için ana kaya derinliklerinin dikkate alınması risk indirgeme süreçlerinde önemlidir.

Anahtar Kelimeler: ERT, SRT, MASW, Zemin Dinamikleri, Jeotermal



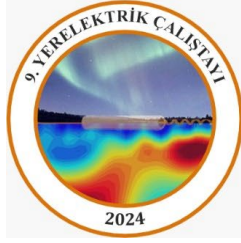
9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



ABSTRACT

This study aims to investigate the shallow engineering properties of the Kocaeli-Yazlık region, which is rich in geothermal resources. The effectiveness of these resources in soil dynamics is crucial in determining urban development and hazard and risk assessment. The Seismic Refraction Tomography (SRT) and Electrical Resistivity Tomography (ERT) have been utilized to estimate the P-wave velocity and resistivity values, respectively. The SRT survey combined with multichannel analysis of surface waves (MASW) profiling was conducted along nine profiles with various lengths. The SRT modeling results showed significant horizontal and vertical P-wave velocity variations by predicting interface at depths greater than 10 m between sedimentary cover and hard rock. Thus, SRT sections also revealed geological units where velocities vary over wide ranges (0.5-2 km/s). In six of the SRT sections, layered models with very soft units are displayed to shallower depths of 5 m while the other ones commonly describe horizontal variations along the nearly vertical contact or fraction zones. In addition, soil classifications were made from the shear wave velocity profiles estimated from the inversion of the dispersion curves obtained from the modal analysis of Rayleigh waves, and the ZD-type soil class corresponding to the stiff soil was obtained from all profiles. For the ERT method, four profiles with a length of 174 m using the Wenner and Wenner-Schlumberger configurations were conducted to determine the variation of the resistivity. The resistivity distribution for the Wenner array ranged between 2-8 ohm.m while for the Wenner-Schlumberger, they ranged between 2-26 ohm.m. Depending on the water content of the sedimentary units and the geothermal activity of the region, it commonly causes low resistivity distribution. It can be concluded that higher temperature may produce relatively higher resistivity, caused by alteration in the region. The results obtained from all methods were correlated with each other and lateral discontinuities, layered geological structures, and bedrock depths were modeled. The relationships of model structures with the physical and mechanical behavior of soils are discussed. In this context, it has been observed that the geothermal potential of the Kocaeli-Yazlık region is effective on soil dynamics. It is important in risk reduction processes to consider the low-rise housing dynamics in the study area.

Keywords: ERT, SRT, MASW, Soil Dynamics, Geothermal



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Manyetik ve Elektrik Özdirenç Tomografisi Yöntemleriyle Manisa-Osmancalı'daki (Türkiye) Gömülü Taşlaşmış Ağaçların Araştırılması

Investigation of Buried Petrified Woods in Manisa-Osmancalı (Türkiye) by Magnetic and Electrical Resistivity Tomography Methods

Meriç Aziz BERGE^{*1,2}, Zülfikar ERHAN¹, Gökhan GÖKTÜRKLER¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35390, Buca, İzmir, Türkiye

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, 35390, Buca, İzmir, Türkiye
E-posta: meric.berge@deu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

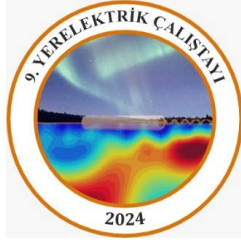
ÖZ

Manisa-Osmancalı'da (Türkiye) bulunan gömülü taşlaşmış ağaçların tespiti için Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve Manisa Yunusemre Belediyesi arasında imzalanan protokol çerçevesinde ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 4. Bölge Müdürlüğü desteğiyle manyetik ve elektrik özdirenç tomografisi (ERT) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Jeoloji ve doğa tarihi anlamında öneme sahip taşlaşmış ağaçlar, bir dizi jeolojik süreç sonrasında bitki dokusu detayını koruyarak taş haline alan, jeoturizm potansiyeli olan bir tür jeolojik anıt niteliğindeki doğal oluşumlardır. Çalışma alanında taşlaşmış ağaçlara, Yunt dağı volkanizması ile ilişkili olarak Foça Tüfü içerisinde rastlanmaktadır. Bu bağlamda, gömülü buldukları jeolojik ortamdan daha farklı bir fiziksel özellik gösterdikleri düşünüldüğünde taşlaşmış ağaçların sıg jeofizik yöntemlerle tespit edilmesi olası gözükmemektedir. Jeofizik çalışmalar sonucunda manyetik yöntem ile elde edilen toplam alan haritası, alanın kuzey kesiminde yüksek, güney kesiminde ise düşük manyetik değerlerin varlığını ortaya koymuştur. Çalışma alanının jeomorfolojik yapısının etkisi ile ortaya çıktığı düşünülen bu sonuç, topoğrafyanın daha düz ve yüksek manyetik değerler veren kesimlerinde gövde bütünlüğünü koruyan taşlaşmış ağaçların beklenmesi gerektiğini göstermiştir. Sonuç olarak, manyetik yöntem gömülü taşlaşmış ağaçların bulunabileceği alanları genel hatlarıyla belirleyebilmiştir. Bu alanların bir kısmında gerçekleştirilen ERT ölçümleri sonucunda, taşlaşmış ağaçların üst kesimlerinde silisçe zengin tuf biriminin bulunduğu ve bu ağaçların sıg derinliklerde elde edilen yüksek özdirençli değerler olarak ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Ayrıca, taşlaşmış ağaçların gerek yüzeyde gözlenenleri gerekse jeofizik ölçümler sonucu gömülü olarak tespit edilenlerinin dağılımı incelendiğinde, çalışma alanının kuzey bölümünde henüz ölçümü gerçekleştirilmeyen alanlarda da gömülü ağaç olma olasılığının çok yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik özdirenç tomografi yöntemi, manyetik yöntem, Osmancalı, sıg jeofizik, taşlaşmış ağaç

ABSTRACT

Magnetic and electrical resistivity tomography (ERT) studies for the detection of buried petrified woods in Manisa-Osmancalı (Türkiye) were carried out by the Department of Geophysical Engineering with support of the 4th Regional Directorate of the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye and within the framework of protocol signed between Dokuz Eylül University Faculty of Engineering and Manisa Yunusemre Municipality. Petrified woods, which are important from a geological and natural history point of view, are natural formations that, through a series of geological processes, have become stone, preserving the detail of plant tissue, and are a type of geological monument with geotourism potential. In the study area, petrified woods are found in the Foça Tuff in connection with the volcanism of Yunt Mountain. Considering that they have a different physical property than the geological environment in which they are buried, it seems possible to

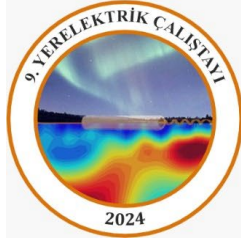


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



detect these structures using near surface geophysical methods. The total field map obtained by magnetic method as a result of geophysical studies revealed the presence of high magnetic values in the northern part of the area and low magnetic values in the southern part. This result, which is thought to be due to the effect of geomorphological structure of the study area, shows that petrified woods, which preserve the integrity of the trunk, should be expected in the flatter parts of the topography with high magnetic values. As a result, the magnetic method was able to identify in general terms the areas where buried petrified woods can be found. From the results of the ERT measurements carried out in some of these areas, it is understood that the silica rich tuff unit is present in the upper parts of the petrified woods and that they appeared as high resistivity values obtained at shallow depths. In addition, analysis of the distribution of petrified woods, both those observed on the surface and those identified as buried by the geophysical survey, revealed that there is a high probability of buried petrified woods in the un-surveyed areas in the northern part of the study area.

Keywords: Electrical resistivity tomography method, magnetic method, near surface geophysics, Osmancalı, petrified wood



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Kocaeli-Karamürsel Çamdibi Sahası Zemin Dinamiklerinin Elektrik Özdirenç Tomografi ve Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi ile Araştırılması

Investigation of Soil Dynamics in Kocaeli-Karamürsel Çamdibi Area Using Electrical Resistivity Tomography and Multi-Channel Analysis of Surface Waves

Mustafa ABDALRAZİĞ*,¹, Bülent ORUÇ¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. İzmit, Kocaeli, Türkiye

E-postal: Mustafa1009528@gmail.com

*Sunum yapacak yazar

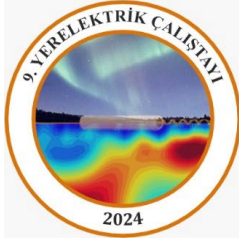
ÖZ

Bu çalışmada Kocaeli-Karamürsel Bölgesinde Çamdibi etüd sahasında zeminin mekanik davranışını araştırmak amacıyla iki boyutlu Elektrik Özdirenç Tomografisi (ERT) ve Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) yöntemleri uygulanmıştır. ERT çalışmaları Wenner-Schlumberger dizilimi altı profilde, 1.5-3 m aralıklarla 50 elektrotlu sistemle gerçekleştirilmiştir. Görünür özdirenç verileri sönümlü en küçük kareler ters çözüm algoritması kullanılarak modellenmiştir. ERT kesitlerinde maksimum 13-28 m derinliklerinde çözümler elde edilmiştir. Tüm kesitlerin yanallitolojik değişimlerine duyarlı keskin özdirenç değişimleri dikkate çekmektedir. Ayrıca dört profilin ERT görüntülerinde derinlere doğru özdirenç değerleri hızlı değiştiği gözlenmektedir. Yanall ve düşey yönlü süreksizliklerin ve su içeriğine bağlı olarak konsolide olmayan sedimentlerin varlığı yapılaşma dinamikleri açısından dikkate alınması gereken özelliklerdir. MASW kayıtlarında ofset aralığı 6 m olmak üzere dört adet profil üzerinde 3 m aralıklı 4.5 Hz'lik düşey bileşenli jeofonlar ve 24 kanallı sismograf kullanılmıştır. Daha sonra yüzey dalgası kayıtlarının spektral analiziyle veriler işlendikten sonra frekansa karşılık faz hızları görüntülenmiştir. Faz hızı-frekans ilişkisinden Rayleigh dalgalarının mod analizleriyle faydalı modlar ortaya çıkarılarak dispersiyon eğrileri elde edilmiştir. Dispersiyon eğrilerinin ters çözümünden kayma dalgası hız değişimleri modellenerek her profil için Vs30 parametresine göre zemin sınıfı 2018 deprem yönetmeliğine göre ZE olarak belirlenmiştir. Bu durumda Karamürsel'in Çamdibi sahasında düşük özdirençler ve lokal kırık zonlarının yanı sıra gevşek zemine karşılık gelen sınıflandırmalar dikkate alındığında az katlı yapılaşmanın zemin dinamiklerine uygun bir şekilde tasarımı son derece önemli olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: ERT. MASW. Vs30. Zemin dinamikleri.

ABSTRACT

In this study, two-dimensional Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MASW) methods were used to investigate the mechanical behavior of the soil in the Çamdibi survey field in the Kocaeli-Karamürsel Region. ERT studies were conducted using a 50-electrode system in six profiles of the Wenner-Schlumberger array, at 1.5-3 m intervals. Apparent resistivity data were modeled using the damped least squares inversion algorithm. In ERT sections, solutions were obtained at maximum depths of 13-28 m. Prominent variations in resistivity, indicative of lateral lithological changes, are notable across all sections. In addition, it is observed in the ERT

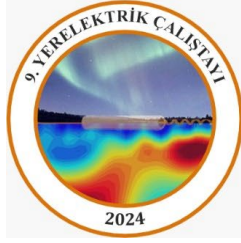


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



images of the four profiles that the resistivity values change rapidly towards depth. The presence of lateral and vertical discontinuities and unconsolidated sediments depending on water content are features that need to be considered in terms of structural dynamics. In MASW recordings, 4.5 Hz vertical component geophones with 3 m spacing and a 24-channel seismograph were used on four profiles with an offset distance of 6 m. Subsequently, after processing the data with spectral analysis of the surface wave records, phase velocities versus frequency were displayed. By analyzing the phase velocity-frequency relationship, useful modes of Rayleigh waves were extracted through mode analyses, resulting in dispersion curves. By modeling the shear wave velocity changes from the inversion of the dispersion curves, the soil class was determined as ZE-type according to the Vs30 parameter, in accordance with the 2018 earthquake regulation. As a result, considering the low resistivity and local fracture zones in the Çamdibi area of Karamürsel, along with classifications corresponding to loose soil, it is crucial to design low-rise constructions in a manner that aligns with soil dynamics.

Keywords: ERT. MASW. Vs30. Soil dynamics.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Düşey Elektrik Sondaj Verilerinin Yeraltı Suyu Aramasına Yönelik Yorumlanması

Interpretation of Vertical Electric Sounding Data for Groundwater Exploration

Necdet EVLİMOĞLU*,¹

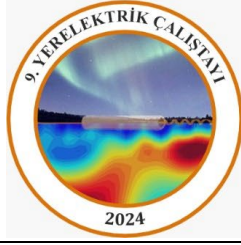
¹ nevlimglu@hotmail.com

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Bu sunumda, düşey elektrik sondaj verilerinin yorumlanması sırasında iki tabaka abakları ve yardımcı abakların kullanımının öneminden bahsedilecektir. Günümüzde genellikle İP2WİİN gibi bilgisayara programları kullanılmaktadır. Bu programlar kullanılırken de abak bilgisi önemlidir. Yorumlama sırasında formasyon, taneli ve kayaç olmak üzere iki ayrı değerlendirmeye tabi tutulmalıdır. Taneli formasyonlardaki ve kayaçlardaki yorumlama birbirinin tersidir. Düşey elektrik sondajla elde edilen hakiki rezistivite değerlerinin, taneli formasyonda hangi birimi işaret ettiği doğru olarak yorumlanmalıdır. Bu hakiki rezistivite değerleri ile yeraltı suyunun miktarı arasındaki ilişki, Jeolojik formasyonunun kimliği de dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Bazı sahalarda da yorumlamalar abak ve bilgisayar programı kullanılmadan yapılmalıdır. Çok kanallı rezistivite ölçüleri ile elde edilen zahiri rezistivite kontür haritaları yeraltı suyuna yönelik yorumlamalarda genellikle olumsuz sonuçlar vermektedir. Aynı şekilde düşey elektrik sondaj dışında kullanılan bazı jeofizik yöntemler de doğru olmayan yorumlara götürmektedir. Bu konular sunum sırasında çeşitli örneklerle irdelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Hakiki Rezistivite, Düşey Elektrik Sondajı, Yorum



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Jeoteknik Çalışmalarda Jeofizik Elektrik Yöntem Uygulamaları

Geophysical Electrical Resistivity Surveys Applications in Geotechnical Studies

Cem DEMİREL*¹, M. Emin CANDANSAYAR²

¹ DSİ Jeofizik Etütler Şube Müdürlüğü, DSİ Etlik Tesisleri, Yenimahalle/Ankara

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Modelleme Grubu, Gölbaşı/Ankara

E-posta: cemdemirel@dsi.gov.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

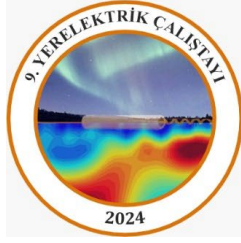
Barajlar, depolama alanları, bentler ve iletim hatları gibi mühendislik yapıları enerji üretimi, taşkın-koruma kontrolü, su temini ve yönetimi amacıyla inşa edilir. Bu mühendislik yapılarının stabilitesi ve sağlamlığı risk yönetimi açısından önemlidir. Verimli çalışmaları veya zarar görmeleri halinde ekonomik ve canlı kaybına yol açabilecek bu tip yapılar için jeoteknik çalışmalar kritik öneme sahiptir. Bu anlamda jeofizik yöntemlerden elde edilen yeraltı modelleri jeoteknik çalışmalar için gereklidir. Jeofizik yöntemler sayesinde çalışma sahasına ait süreksizlik sınırı, boşluk, zayıf zon ve yeraltı su seviyesi vb. kritik bilgiler belirlenebilir. Bu sebeple, inşa öncesinde, sırasında ve sonrasında jeofizik yöntemler ile yapı sahasının fiziksel parametrelerini (iletkenlik, hız vb.) ortaya koyan yeraltı modelleri elde edilmeli ve bu modeller hem planlama aşamasında hem de sonrasında dikkate alınmalıdır. Jeoteknik çalışmalarda, yöntem parametrelerine, konusunda uzman mühendisler modelleme çalışması sonucu karar verilmelidir. Yapım aşamasında, sırasında ve sonrasında gerçekleşen veya öngörülemeyen problemlere (su kaçağı, çökme vb.) çözüm üretmek veya rehabilitasyon yapmak amacıyla yeraltına ait parametrelerin belirlenmesi ve yer altı modellerinin elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu parametreler jeofizik yöntemler aracılığıyla oldukça hızlı ve ekonomik olarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmada baraj rehabilitasyonu, baraj yeri seçimi ve iletim hattı çalışmalarında gerçekleştirilen elektrik yöntem uygulamaları örnek verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj, jeoteknik, yer seçimi, elektrik yöntemler

ABSTRACT

Engineering structures such as dams, storage areas, embankments and water delivery channels are built for the generation of energy, flood control, water supply, and management. The stability and integrity of these engineering structures are essential for risk management. Geotechnical studies are critical for these types of structures, which may cause economic and human loss if they operate efficiently or are damaged. In this sense, underground models obtained from geophysical methods are of very importance for geotechnical studies. Using geophysical methods critical information of the underground can be determined, such as discontinuity or fault boundaries, gaps, weak zones, and groundwater levels. These models should be taken into account both at the planning stage and afterward. In geotechnical studies, method parameters should be decided as a result of modeling studies by engineers who are experts in one's subject. It is very important to determine the parameters of the subsurface and to obtain subsurface models to find solutions to unforeseen problems (water leakage, subsidence, etc.) or rehabilitation during, during, and after construction. These parameters can be determined very quickly and economically by geophysical methods. This study gives examples of electrical method applications in dam rehabilitation, dam site selection, and transmission line studies.

Keywords: Dam, geotechnical, site selection, electrical methods



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Lokal Dolgu Alanlarının Yerleşim Geometrilerinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) Yöntemi İle Belirlenmesi ve Geoteknik Çözümü: Kuşadası/Aydın Örneği

Determination of Local Fill Areas' Settlement Geometries and Their Geotechnical Solutions Using Electrical Resistivity Tomography (ERT) Method: A case from Kuşadası/Aydın

Serdar KAPUCU ^{*,1}, Ziya Orhan DERİNSU², Emre TİMUR³, Faruk DEPREM ⁴

¹ JRG Zemin Yer Bilimleri Mühendislik Hizmetleri, Aydın

² JEFSON Jeofizik Mühendislik Hizmetleri ve Sondaj Ltd. Şti., İzmir

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca 35390, İzmir

⁴ JRG Zemin Yer Bilimleri Mühendislik Hizmetleri, Aydın

E-posta:kapucuserdar@gmail.com

* Sunun yapacak yazar

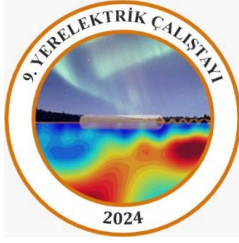
ÖZ

Zemin sorunlarının en önce gelenlerinden biri şev stabilitesinin bozulmasıyla ortaya çıkan heyelanlardır. Özellikle iklim değişikiminin de etkisiyle son yıllarda kısa sürelerde çok yoğun yağışlar daha fazla görülmeye başlanmış ve yeraltı su seviyelerindeki değişimin de etkisiyle kütle hareketleri daha fazla gözlenir olmuştur. Heyelanların kaya düşmeleri dışında en önemli nedeni geçirimsiz bir katmanın üzerinde bulunan tabakaların suya doymun hale gelmesi ve yerçekimi etkisiyle kaymaya başlamasıdır. Kayaçların boşluklarında bulunan su, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere de bağlı olmak kaydıyla kayaçların elektrik öz direncini azaltan bir etki göstermektedir. Yapılan çalışmada Aydın İli Kuşadası İlçesi'ne bağlı Yaylaköy mevkiinde meydana gelen kütle hareketinin yapısını belirlemek amacıyla 7 profil üzerinde elektrik öz direnç tomografi (ERT) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Res2Dinv ve Res3Dinv yazılımları ile değerlendirilmiş ve yüzey altı katmanların yapısı, 2-B ve 3-B öz direnç dağılımı elde edilerek belirlenmiştir. Bu vakada görüleceği üzere; geoteknik projelendirme ve önleme çalışmaları, bölgedeki heyelan risklerine bağlı yapısal deformasyonu azaltmayı hedefler. Bu kapsamda, jeolojik ve jeoteknik verilerin analizi temel alınarak uygun mühendislik çözümleri geliştirilmelidir. Zemin stabilizasyonu, erozyon kontrolü, drenaj sistemleri ve yerleşim planlarının gözden geçirilmesi gibi önlemler, bölgedeki yaşamı ve altyapıyı korumak için uygulanır. Geoteknik projelendirme ve önleme yöntemleri, yaşam kalitesini artırmayı ve altyapıyı güçlendirmeyi amaçlar.

Anahtar Kelimeler: Aydın, ERT, heyelan, jeofizik

ABSTRACT

One of the foremost soil problems is landslides, which occur due to the destabilization of slope stability. Especially with the impact of climate change, intense rainfall has become more frequent in recent years, leading to increased mass movements due to changes in groundwater levels. Apart from rockfalls, the most significant cause of landslides is when layers above an impermeable layer become saturated with water and start to slide due to the force of gravity. Water in the voids of rocks has an effect of reducing the electrical resistivity of the rocks, depending on their different physical and chemical properties. In a study conducted to determine the structure of a mass movement that occurred in the Yaylaköy area of Kuşadası district, Aydın Province, electrical resistivity tomography (ERT) measurements were carried out on 7 profiles. The obtained data were evaluated using Res2Dinv and Res3Dinv software, and the structure of subsurface layers, as well as 2D and 3D resistivity distributions, were determined. As seen in this case, geotechnical design and mitigation



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



efforts aim to reduce structural deformation due to landslide risks in the region. In this context, appropriate engineering solutions should be developed based on geological and geotechnical data analysis. Measures such as soil stabilization, erosion control, drainage systems, and review of settlement plans are implemented to protect life and infrastructure in the region. Geotechnical design and mitigation methods aim to improve quality of life and strengthen infrastructure.

Keywords: Aydın, ERT, landslide, geophysics

GİRİŞ

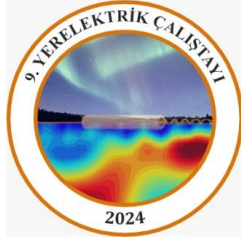
Gelişmekte olan ülkelerdeki şehirler hızlı yapılaşma ile ilgili birçok sorunla karşı karşıyadır. Bu sorunlardan çeşitli altyapı sorunları, plansız yapılaşma ve çevresel sorunlar en önde gelenleridir. Ülkemizdeki büyük şehirlerin neredeyse tamamı depremler, seller ve kitle hareketleri gibi afetler açısından risk altındadır. Heyelanlar kentleşmenin önündeki en büyük tehditlerden biri olup çoğu durumda bunlar konumları, jeolojik, jeomorfolojik özellikleri nedeniyle bir kent için kaçınılmaz da olabilmektedir. Aydın, Batı Anadolu'daki en büyük şehirlerden birisidir ve özellikle depremsellik açısından riskli olup yakın çevresinde birçok diri fay hattı bulunmaktadır ve topoğrafya açısından da eğimli arazilerin bol miktarda bulunduğu bir yerdir. Son yıllarda Aydın ili çevresinde birçok büyük ölçekli deprem meydana gelmiştir. Özellikle alüvyon zeminlerde gözlenen mühendislik sorunlarında yapılaşma hızındaki artışın da etkisiyle daha fazla sorunla karşılaşmaktadır. Son zamanlarda, genellikle heyelan çalışmaları, atık depolama sahası incelemeleri, yeraltı suyu araştırmaları, fayların tespiti ve toprağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gibi yüze yakın problemlere jeofizik yöntemlerin uygulanmasında da ciddi bir artış olmuştur (Steeple, 2001; Göktürkler vd., 2008).

Çalışma kapsamında Aydın ili, Kuşadası Yaylaköy mevkiinde bulunan bir yerleşim çevresinde meydana gelen kaymaların nedeninin belirlenmesi için elektrik öz direnç tomografi ölçümleri yapılmıştır. Elektrik öz direnç ölçümlerinden heyelanın yapısı, kayan düzlemin geometrisi, yeraltı suyunun kayma üzerindeki etkisi, kayan malzemenin fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda incelenen alandaki yeraltı suyu durumu, kayma düzlemi ve geometrisi belirlenmiştir.

ELEKTRİK ÖZDİRENÇ TOMOGRAFİ YÖNTEMİ

Elektrik prospeksiyon yöntemlerinden biri olan öz direnç yönteminde, hesaplanmaya çalışılan fiziksel özellik maddenin elektriksel öz direncidir. Yeraltı öz direnç dağılımının elde edilebilmesi için iki noktadan akım verilir ve diğer iki nokta arasındaki gerilim farkı ölçülerek, dizilimin etkisi de dikkate alınarak görünür öz direnç değerleri hesaplanır. Görünür öz direnç bir fiziksel kavram olup, ölçülen veriyi daha anlaşılabilir biçime dönüştürmektedir. Herhangi bir görünür öz direnç değeri, yeraltındaki öz direnç dağılımına ve akım elektrotları arasındaki açıklığa ve gerilim elektrotlarının konumuna bağlıdır. Bu açıklığın artması ile görece daha derinden bilgi elde edilir. Ölçülen veri değerleri yer yüzeyinden itibaren belirli bir hacimdeki öz direnç değişimlerinin tümünden etkilenir, belirli bir derinliğe karşılık gelmezler.

Elektriksel öz direnç tomografi (ERT) ölçümleri bir hat (profil) üzerinde alınır. Profil verisini görselleştirmek için elektrik yöntemlerinde birçok teknik bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi belirli bir elektrot aralığı için ölçülen görünür öz direnç değerlerinin uzaklığa bağlı olarak çizimidir. Yapma-kesit, yatay eksen uzaklığa, düşey eksen ise elektrot açıklığına (bağıl derinlik) karşılık gelmek üzere eş görünür öz direnç değerlerinin bir renk ölçeği kullanılarak renkli olarak görüntülenmesidir. Hem yanal hem de düşey yönlerdeki görünür öz direnç değişimlerini yansıtmakla birlikte, bu kesitler topoğrafya ve derinlik ile ilişkilendirilemez. Bu nedenle, ölçülen görünür öz direnç yapma-kesitlerinin, gerçek öz direnç kesitlerine dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu işlem belirli modeller kullanılarak, dolaylı bir



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



şekilde yapılır. Dönüştürme işleminin temel ilkesi, ölçülen veriye belirli ölçütler çerçevesinde çakışan kuramsal veri üreten modelin yinelemeli olarak aranmasıdır. Düşey elektrik sondajında kullanılan (DES) bir-boyutlu modelin genç tortul havzalar gibi özel koşullar dışında yeterli doğruluğu sağlayamaması nedeniyle heyelan araştırmalarında genellikle iki- ve üç-boyutlu modelleme kullanılmaktadır. İki boyutlu (2B) model, öz dirençlerin ölçü hattı doğrultusunda ve düşey yönde değiştiği, ancak kesit düzlemine dik yönde değişmediği varsayımı ile elde edilmektedir. İki-boyutlu ters-çözüm ile uzaklık ve derinliğe bağlı olarak yeraltı öz direnç dağılımı ayrıntılı biçimde elde edilmektedir.

Uygulamada, genelde bir profil boyunca elektrotların bağıl uzaklıkları değiştirilerek yada eş/sabit aralıktaki elektrotların kaydırılmasıyla, yeraltında dikey yada yatay ölçüm noktaları boyunca, tek boyutta öz direnç değerleri ölçülür. Temelde aynı prensibe dayanan 'doğru akım öz direnç görüntüleme' ya da diğer isimleriyle 'elektrik rezistivite tomografi/çoklu elektrot/çok elektrotlu öz direnç' yönteminde 'öz direnç yönteminin' otomatikleştirilmiş biçimidir. Öz direnç görüntüleme yöntemi, tek boyutlu öz direnç ölçümlerinde kullanılan elektrot konumlarının, denetimli olarak değiştirilmesi/kaydırılması ile çok boyutlu ölçümlerin kısa sürede, daha az iş gücüyle yapılmasına olanak sağlar. Bu otomatik değiştirme için çok sayıda elektrot, hangi elektrotların akım ve potansiyel elektrotları olarak kullanılacağını seçen bir anahtarlama sistemi ve ölçüm için de bir öz direnç birimi gereklidir. Değişik elektrot dizilimlerinin bir ölçüm süresince aynı profil boyunca uygulanabilmesi ve/veya bir hat boyunca binili profiller atılabilmesi, klasik uygulamalara kıyasla onlarca kat daha fazla veri üretilmesine imkan verir.

Bulgular

Yapılan çalışmada farklı doğrultularda 7 profil üzerinde ERT ölçüsü alınmıştır (Şekil 1). Elde edilen veriler ticari yazılımlarla değerlendirilerek 2-B öz direnç kesitleri elde edilmiştir (Şekil 2). Bölgeye ait sondajlar ve bölgenin jeolojisine hakim olunmasından dolayı 2-B öz direnç kesitlerinde "extended model" tercih edilmiş olup jeolojiyle birebir uyumluluk elde edilmiştir.

SONUÇLAR

ERT kesitlerinde mavi tonları ile belirtilen düşük öz direnç zonları su geçişlerinin temsiliyetini belirtmektedir. Bununla beraber 15-50 ohm.m öz dirence sahip kısımların neojen birimleri ayrışma seviyelerine ait olduğu belirlenmiştir. 50-130 ohm.m' lik kısımların ise derinlere doğru öz direnç artışı gösteren killi neojen seviyelerine ait olduğu düşünülmektedir.

ERT-1 hattının doğu kısmında akışı devam eden dere yer almakta olup kazıkların olduğu kısımlardan da beslendiği görülmüştür. ERT-2 hattında incelenmesi planlanan yapıların D-B yönlü olacak şekilde düşük öz direnç zonu üzerinde olduğu belirlenmiştir. ERT-3 hattı genel jeolojik yapıyı doğrulamakta ve topografyaya bağlı su geçişlerini göstermektedir. ERT-4 ve ERT-5 hatlarının kesiştiği ve birbirini tamamladığı bölgelerde ise dolgu zemin, tabii zemin ve kazık yapılmış kısımlardaki çatlaklar ve ayrılma bölgeleri net bir şekilde gözükmemektedir. ERT-1, ERT-2, ERT-3, ERT-4 ve ERT-5 hatları birlikte değerlendirildiğinde deformasyona uğrayan kazıkların tamamının düşük öz direnç zonu içerisinde kaldığı ve bariz su geçişleri etkisinde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca güney kısımdaki yapının bir bölümünün neojen ayrışma seviyelerine, bir bölümünün ise düşük öz dirençli dolgu malzemenin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yine deformasyona uğrayan kazıkların bulunduğu kot ile yüksek öz dirençli (50-130 ohm.m) killi neojen tabakalarının arasındaki derinlik farkı 14-17 m. civarındadır.

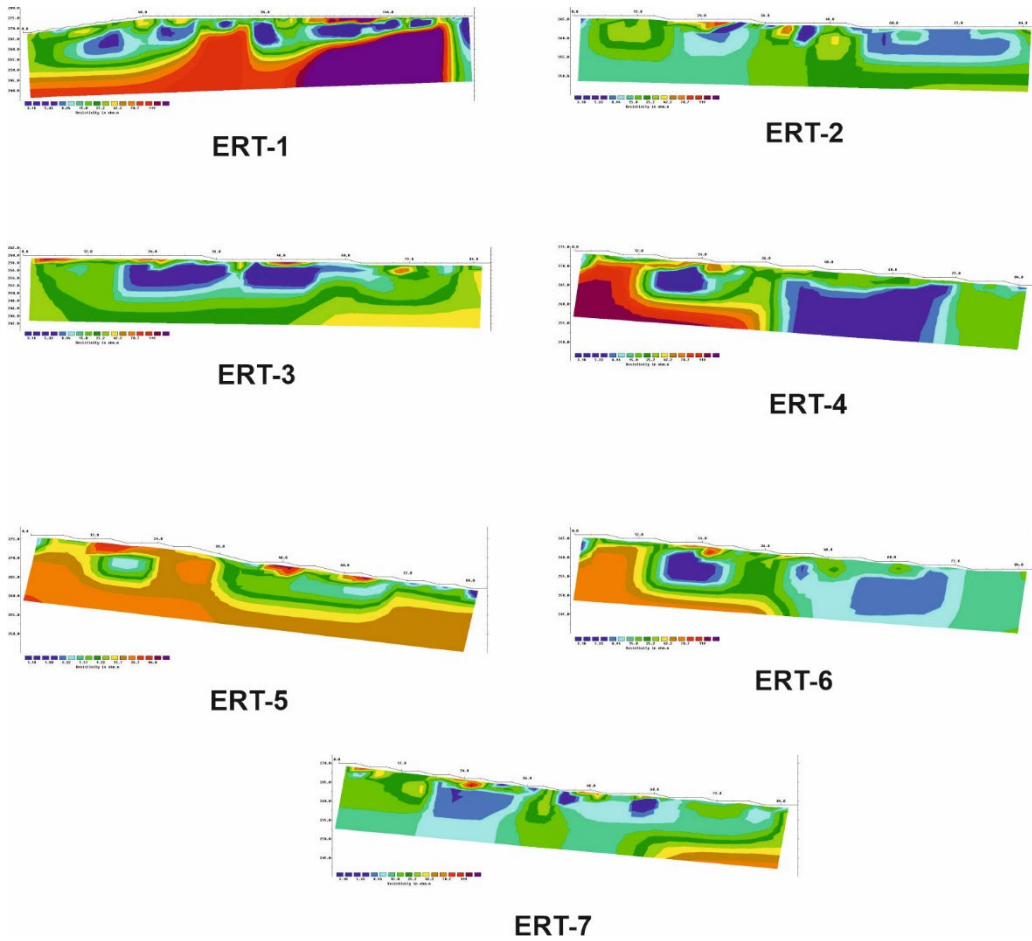
KAYNAKLAR

Göktürkler, G., Balkaya, Ç., Erhan, Z. (2008). Geophysical investigation of a landslide: The Altındağ landslide site, İzmir (western Turkey). Journal of Applied Geophysics, 65, 84-96.

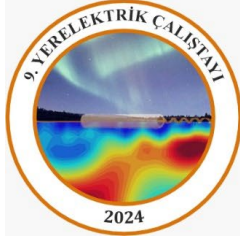
Steeple, D.W., 2001. Engineering and environmental geophysics at the millennium. Geophysics. 66, 31–35.



Şekil 1. ERT ölçü konumları.



Şekil 2. ERT sonucu elde edilen 2-B kesitler.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yapay Kaynaklı Elektromanyetik Verilerin 2B Ters Çözümü ile Almanya, Kropfmühl Bölgesinde Bulunan Grafit Sahasının Araştırılması

Investigation of Graphite Deposit in Kropfmühl Region, Germany by Using Two-Dimensional Inversion of Frequency Domain CSEM Data

Bilge Kaan DİNÇ^{*1}, Wiebke MÖRBE², Mehmet Emin CANDANSAYAR¹, Bülent TEZKAN²

¹ Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü 50. Yıl Yerleşkesi, Bahçelievler Mahallesi, 306. Sokak 11/H, 06830 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

² Universität Köln Institut für Geophysik und Meteorologie Köln Pohligstraße 3, 50969 Köln, Almanya
E-posta: bbilgekagandinc@gmail.com

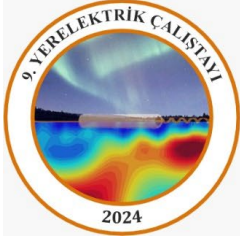
ÖZ

Çalışma kapsamında, bir maden sahasında ölçülen “Yapay Kaynaklı Elektromanyetik (YKEM)” verilerin veri işleme ve yorumu sunulacaktır. Çalışmada, 2023 yılı Temmuz-Ekim aylarında DESMEX-II (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) projesi kapsamında Bavaria, Almanya bölgesinde grafit maden sahasında YKEM veriler ölçülmüştür. Veriler zaman ortamında ölçülmüştür. Ölçülen veriler hızlı Fourier dönüşümü ile frekans ortamına aktarılmıştır. Ölçü alırken, yere dipol kaynak aracılığı ile 30-40 A arasında değişen akım uygulanmıştır. Ölçümler sırasında, verici dipol aralığı 777 metre olarak belirlenmiştir. Zonge marka GGT30 model verici kullanılmıştır. Elektrik alanın iki (Ex, Ey) ve manyetik alanın üç bileşeni (Hx, Hy, Hz) 40 kHz örnekleme frekansına sahip Metronix firmasına ait ADU07e model alıcı ile 100 metre aralıklarla ölçülmüştür. Vericiler için metal levhalar ile metal çubuklar kullanılmıştır. Levhaların 50x50cm boyutundadır. Metal çubukların boyutları ise yaklaşık olarak 1 metre uzunluğa ve 1,5 santimetre çapa sahiptir. Elektrik alan ölçümlerinde dipol aralığı 20 metre olarak belirlenmiştir. Manyetik alanlar bobinler ile ölçülmüştür. Her istasyonda ölçü süresi 5 dakika olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, herbir doğrultuda 13 ve 11 olmak üzere iki paralel doğrultuda toplam 24 istasyonda ölçüler alınmıştır. Tüm istasyonlarda ölçülen verilerin veri işleme yapılmış ve saçılmış veriler atılmıştır. Ardından herbir doğrultu boyunca ölçülen verilerin 2B ters çözümü sonucu öz direnç modelleri elde edilmiştir. Bu sunum kapsamında, veri toplama, veri işleme, 2B ters çözüm ve öz direnç modelinin yorumu sonucu olası grafit cevherinin olduğu zonlar sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay kaynaklı elektromanyetik, 2B, Ters çözüm, Maden jeofiziği, Grafit

ABSTRACT

Within the scope of the study, data processing and interpretation of “Controlled Source Electromagnetic (CSEM)” data measured in a mining site will be presented. In the study, CSEM data were measured at the graphite mine site in Bavaria, Germany, within the scope of the DESMEX-II (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) project between July and October 2023. Data were measured as a function of time. The measured data were transferred to the frequency domain by fast Fourier transform. While taking measurements, a current varying between 30-40 A was applied to the ground via a dipole source. During the measurements, the transmitter dipole range was determined as 777 meters. Zonge brand GGT30 model transmitter was used. Two components of the electric field (Ex, Ey) and three components of the magnetic field (Hx, Hy, Hz) were measured at 100-meter intervals with the ADU07e model receiver from Metronix company with a sampling frequency of 40 kHz. Metal sheets and metal rods were used for transmitters. The size of the boards is 50x50cm. The dimensions of the metal rods are approximately 1 meter in length and 1.5 centimeters in diameter. In electric field measurements, the dipole range was determined as 20 meters. Magnetic fields were measured with coils. The measurement time at each station was determined as 5 minutes. In this study, measurements were taken at a total of 24 stations in two parallel lines, 13 and 11 in each direction. We processed the time series measured data at all stations and we removed scattered data. Then, resistivity models were obtained as a result

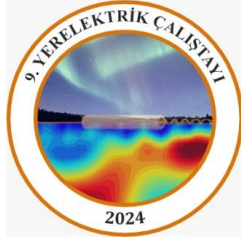


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



of 2D inversion of the measured data along each line. In this presentation, we will explain data acquisition, data processing, and 2D inversion results. We will show possible graphite ore zones according to the interpretation of 2D inversion results.

Keywords: Controlled-source electromagnetic, 2D, Inversion, Mining geophysics, Graphite



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Hatay-Antakya Arkeoloji Müzesi Yerleşim Alanında, Yer Altı Suyu Dolaşım Geometrisinin Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ve Doğal Potansiyel (SP) Yöntemleri İle Belirlenmesi

Determination of Subsurface Water Circulation Geometry in the Hatay-Antakya Archaeological Museum Settlement Area Using Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Self Potential (SP) Methods

Ziya Orhan DERİNSU^{*1}, Serdar KAPUCU², Emre TİMUR³, Haydar MERDİN⁴, Ahmet AKDEMİR⁵

¹ JEFSON Jeofizik Mühendislik Hizmetleri ve Sondaj Ltd. Şti., İzmir

² JRG Zemin Yer Bilimleri Mühendislik Hizmetleri, Aydın

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca 35390, İzmir

⁴ HAMA Mühendislik İnşaat Proje Danışmanlık San. Tic. Ltd. Şti., Ankara

⁵ JRG Zemin Yer Bilimleri Mühendislik Hizmetleri, Aydın

E-posta: orhanderinsu@gmail.com

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

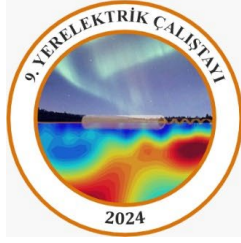
Yer altı suyu, yapıların zeminlerinde ciddi problemlere yol açabilmektedir. Zemin sıvılaşması, su seviyesindeki yükselmeler, toprak çökmesi ve korozyon etkileri başta gelen sorunlardır. Bu sebeple deprem anında zemin sıvılaşmasına bağlı temellerde deformasyona sebep olabilir, yükselen su seviyesi temel duvarlarına zarar verebilir veya yapıların metal bileşenlerini korozyona uğratabilir. Bu tür problemlerle başa çıkmak için uygun inşaat teknikleri ve zemin stabilizasyonu yapılmalıdır. Sonradan ortaya çıkabilecek problemlere karşı alınacak önlemin seçilebilmesi için, yer altı geometrisinin çözümlenebilmesi amacıyla Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ve Doğal Potansiyel (SP) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ölçüler müze yerleşim alanı içerisinde ve çevresinde alınarak 2D ve 3D öz direnç modelleri ve SP anomali haritası oluşturularak probleme uygun çözüm üretilmesine ışık tutması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ERT, Hatay, Jeofizik, Müze, SP

ABSTRACT

Subsurface water can lead to serious problems in the foundations of structures. Soil liquefaction, rising water levels, soil subsidence, and corrosion effects are among the primary issues. Therefore, during earthquakes, liquefaction-related deformations can occur in foundations, rising water levels can damage foundation walls, or metal components of structures can corrode. To cope with such problems, appropriate construction techniques and soil stabilization should be implemented. In order to select measures to deal with potential future problems, Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Spontaneous Potential (SP) studies have been conducted to analyze subsurface geometry. Measurements were taken within and around the museum settlement area, and 2D and 3D resistivity models and SP anomaly maps were generated to shed light on producing suitable solutions to the problem.

Keywords: ERT, Hatay, Geophysics, Museum, SP



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



GİRİŞ

Çalışma kapsamında Hatay Arkeoloji Müzesi yer altı suyu dolaşım geometrisini ortaya çıkarabilmek amacı ile yapılan jeofizik etüt kapsamında çalışma yöntemi olarak, araştırma amacına yönelik önemli bilgiler vereceği düşünülerek Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ve Doğal Potansiyal (SP) seçilmiştir. Toplam 12 profilde 30 elektrot 3 metre elektrot aralığı seçilerek ERT ve 344 noktada 5 metre pot aralığı seçilerek SP verileri toplanmıştır. ERT için Wenner ölçü dizilimi ve SP için kaz adımı biçiminde türevsel ölçü tekniği kullanılmıştır. Bu kapsamda, zeminin iletkenlik özelliklerinden yararlanılarak yer altı sularının konumu, derinliği ve hareket yönünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Elektrik Özdirenç Tomografi Yöntemi

Elektrik özdirenç (EÖ) yönteminde, yere çakılan elektrotlar ile yere akım uygulanır ve diğer elektrotlar arasında oluşan gerilim farkı ölçülür. Ölçülen gerilim farkı tüm elektrotlar arasındaki uzaklığa ve ortamın jeolojik yapısına bağlıdır. EÖ yönteminde ölçülen büyüklük gerilim farkıdır. Ancak veri yorumu için gerilim farkı fiziksel bir büyüklük olan özdirenç (Şekil 1) dönüştürülür. Bu dönüştürme işlemi,

$$\rho_a = k \cdot \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad (1)$$

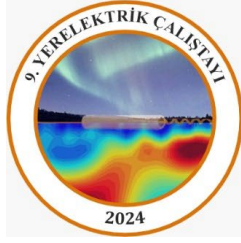
bağıntısı ile yapılır. Burada I , yere uygulanan akım (amper), k , elektrotların konumuna bağlı geometrik faktör ve ΔV , ölçülen gerilim farkıdır (volt). Bu bağıntı tekdüze ve izotrop bir ortam için geçerlidir. Gerçekte yer tekdüze değildir ve bu bağıntıdan hesaplanan özdirenç, görünür özdirenç (GÖ) olarak adlandırılır.

Bu yöntemde amaç yer altı yapısını farklı jeolojik birimlerin farklı özdirençlere sahip olmalarından faydalanarak belirlemektir. Elektrik özdirenç yönteminde veri toplama işlemi çok kanallı özdirenç aletleriyle çok kısa sürede ve kolayca yapılabilmektedir. Ölçüm profillerinin konumu ve uzunluğu, ölçü noktalarının yerleri de aranan yapının vereceği yanıtı etkilemektedir. Bu nedenle bunların seçimi oldukça önemlidir. Ölçülen veriler yeraltının özdirenç değişimi hakkında bilgi vermek amacıyla yapma kesitler olarak sunulabilir. Bu tip veri sunumunda yatay eksen uzaklık, düşey eksen göreceli derinlik olmak üzere elde edilen veriler konturlanır. Bu tip veri sunumu ölçü alanı hakkında nitel yorum yapma imkanı verir. Aranan yapıların gerçek konumları ve özdirençleri (nicel yorum) uygun veri işlem teknikleri sonucu belirlenebilir. Ters çözüm olarak adlandırılan bu işlemler sonucunda yeraltı yapısını gerçek değerleri ile gösteren yer elektrik kesitleri elde edilir.

Yeryüzünden yapılan elektrik özdirenç çalışmaları ile yeraltındaki özdirenç dağılımlarını belirlemek için değişik ölçüm teknikleri bulunmaktadır. Burada araştırma problemine bağlı olarak özdirenç değişiminin yer altında hangi yönlerde incelenmesinin gerekliliği ve temel olarak iki farklı ölçüm türünün olduğu ortaya çıkmaktadır (Berge, 2005). Bunlar:

- i. Düşey Elektrik Sondajı (DES) Çalışmaları (bir boyutta)
- ii. Profil Ölçüsü (iki veya üç boyutta)

İlk olarak 1915'te Wenner tarafından uygulanan elektrik özdirenç yöntemi, 1920'de Schlumberger tarafından gerçekleştirilerek kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Burada yeraltının özdirenç değerinin derinlikle değişimi DES çalışmaları ile incelenmekte ve geleneksel özdirenç eğrileri (Stafanesco vd., 1930) ile nicel yorumlamaları yapılmaktadır. 1970'li yıllarda bilgisayar ve lineer filtre teorisinin gelişimi ile bilgisayar bazlı yorumlama teknikleri gelişmiştir (Ghosh, 1971). Bunu ise geliştiren otomatik ters çözüm teknikleri izlemekte ve bir boyutlu bu verilerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Johansen, 1977). Tek kanallı özdirenç aletlerinin kullanıldığı ölçüm yönteminde, dizilimin orta noktası sabit tutularak, elektrotların aralıkları açılmakta böylelikle elektrot aralığına bağlı



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



olarak, orta noktanın altındaki yeraltına ait görünür öz direnç değerleri, derinliğe göre bir boyutlu olarak elde edilmektedir. Derinliğe göre olan bu değişimde öz direncin sadece bu yönde (z yönlü) değiştiği, diğer iki yönde (x ve y yönlü) sabit kaldığı ve yeraltının yatay homojen katmanlardan oluştuğu varsayılmaktadır. Tabii ki yeraltında öz direnç dağılımı üç yönde değişmektedir ve bir boyutta yapılan bu varsayım sonucu, diğer yöndeki değişimler, elde edilen görünür öz direnç değerlerini olumsuz etkilemektedir. Yine de yöntem bir boyutlu yeraltı modelinin yaklaşık doğru olduğu yerde örneğin yeraltı su tablası jeolojik ortamlar hakkında kullanışlı bilgi verebilmektedir (Berge, 2005).

Ne var ki çoğu mühendislik ve çevresel çalışmada olduğu gibi yeraltı jeolojisi çok karmaşıktır ve öz direnç kısa mesafelerde çok hızlı değişir. Böylesi ortamlarda bir boyutlu DES metodu başarılı olamamaktadır. Daha kesin yeraltı modeli elde etmek için bir boyutlu basit bir modelden çok daha karmaşık bir model kullanılmalıdır. İki boyutlu modelde öz direnç değerleri hem yatay yönde (genellikle x ölçüm yönü) hem de düşey yönde değişir ama diğer yatay yönde (y yönü) sabit kabul edilir. Daha gerçekçi bir model ise öz direnç değerlerinin tüm üç yönde de değiştiği kabul edilerek yapılan üç boyutlu modeldir. Öz direnç dağılımının iki ve üç-boyutta gözlenebilmesi için arazi çalışmaları profil ölçüsü alınarak yapılır (Berge, 2005). Bu ölçüm yönteminde ise ölçüm hattı boyunca ve istenen ölçüm aralıklarına bağlı olarak yerleştirilen çoklu elektrotlar ve bunlar arasında iletimi sağlayan çok kanallı kablo (32, 64 kanal sayısı gibi) ve bunların bağlandığı taşınabilir bir öz direnç ve bilgisayar, ölçümün temel ekipmanlarıdır (Overmeeren ve Ritsema, 1988; Griffiths vd., 1990; Dahlin, 1996; Christensen ve Sorensen, 1998).

Wenner dizilimine göre alınan bir ölçüm sistemine göre elektrot aralıkları "a" olarak alınan, birinci ve dördüncü elektrotları yere akım veren akım elektrotları, ikinci ve üçüncü elektrotları ise potansiyeli ölçen elektrotlar olarak kullanılan ilk ölçümün düzenidir. Ölçülen bu ilk görünür öz direnç değeri ikinci ve üçüncü elektrotlar arasına atanır. Daha sonra aynı işlem elektrotların bir kez ötelenmesiyle yeni ölçüm noktası için yinelenir ve diğer ölçümler profil sonuna kadar devam ettirilerek "n=1" derinlik seviyesine ait görünür öz direnç verileri toplanmış olur. Diğer derinlik seviyeleri için ise elektrot aralıkları "2a, 3a, ..., na" kadar açılarak görünür öz direnç verileri "n" seviye için toplanmaktadır (Berge, 2005). Tüm bu ölçüm noktaları için elektrot değişimleri bu amaç için geliştirilmiş birçok kanallı öz direnç ölçüm aletindeki elektronik anahtarlama yoluyla sağlanmaktadır. Böylece tüm düzeyler için ölçümler kolaylıkla alınabilmektedir. Tek hat üzerinde yapılan iki boyutlu ölçümün "m" kadar hat üzerinde tekrarlanması ile ortama ait görünür öz direncinin üç boyuttaki değişiminin haritalanması ve hacimsel görüntülerin oluşturulması sağlanabilir.

Doğal Potansiyel (SP)

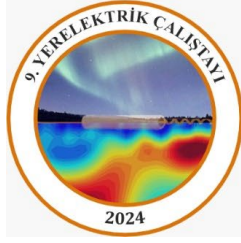
Doğal potansiyel (SP) yöntemi, doğal kaynaklı bir elektrik yöntemidir. Yöntem sülfürlü cevher aramalarında kullanılan en eski jeofizik yöntemdir. Sistemli kullanımına 1920' li yıllarda başlanmıştır.

Yöntem, yerindeki elektriksel yüklere duyarlıdır. Adından da anlaşılacağı gibi, Yeryüzünde iki nokta arasında oluşan doğal gerilim farkının ölçülmesi esasına dayanır. Bu doğal gerilimin nedeni mineral ve çözeltilerin sınırlarındaki elektrokimyasal ve elektrokinetik olaylar sonucu oluşur. Bu gerilim bazı yerlerde sabit, bazı yerlerde ise değişkendir. Sabit ve yönü değişmeyen gerilimler yüzeydeki kayalarda veya bunların içine gömülü yapılarda oluşan elektrokimyasal olaylardan kaynaklanmaktadır. Son yıllarda yöntem jeotermal, çevre ve mühendislik uygulamalarında, termal akışkanlara ve yeraltı suyunun bulunmasında kullanılmaktadır. Özel uygulama olarak, barajlarda taban hazne kayalarındaki su sızıntısının yerlerinin bulunmasında kullanılmaktadır (Çağlar, 1991).

SP Ölçü Aletleri

SP yönteminde, arazide ölçü alımı için gerekli alet ve gereçler şunlardır:

a-Fincan Elektrotlar: Paslanmaz çelikten yapılan metal elektrotlar yere çakıldığında, etrafındaki toprak arasında, özellikle toprak ıslak ise değişken elektrolitik uçlaşma (veya kutuplanma) oluşur. Bu uçlaşma nedeniyle oluşan doğal gerilim değerinin değeri, yer içindeki oluşan doğal gerilimden



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



çok büyük olabilir. Bunun için kutuplanmayan porselen veya PVC'den yapılmış fincan (pot) veya silindir benzeri kaplar kullanılır. Bunların yanları geçirimsizdir. Altı ise geçirimlidir. Bu fincanların içine bir metal çubuk ve iletken eriyik konur. İletken eriyiğin cinsi, kullanılan metal çubuğa bağlıdır. En çok kullanılanı bakır çubuk batırılmış, halk dilinde göztaşı olarak bilinen bakırsülfat çözeltilisidir (Şekil 2). Ölçüye başlamadan önce elektrotlar arasında uçlaşma farkı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bunun için ölçü çukurları kazılır ve su ile doldurulur. Yer ile fincan elektrotlar arası iletim direnci minimuma indirilir.

b-Kablo: İyi yalıtılmış sahra kabloları kullanılır. Kablonun iç direnci düşük olmalıdır. Kablo uzunluğu 500 m. 'yi geçmemelidir.

c-Milivoltmetre: Milivoltmetrenin 1 mV duyarlılıkta olması yeterlidir. Yerleşim alanlarına yakın yerlerde, genelde 10-100 Hz frekans aralığında gürültü vardır. Bu nedenle voltmetrede alçak-geçişli bir filtrenin olması gereklidir.

d-Diğer gereçler: Kağıt, kalem, keser, şeritmetre, su. Ayrıca alet ve kabloların tamiri için tornavida, kablo bandı, kargaburnu vb. küçük tamir aletleri.

SP Ölçü Alım Tekniği Kaydırma Dizilimi/Ölçü Tekniği (Kurbağa Atlayışı veya Türev)

Bir doğrultu boyunca sabit aralıklı birinci ve ikinci noktalara yerleştirilen bir çift elektrot arasındaki gerilim farkı ölçülür. Sonra ilk noktadaki elektrot bu sefer ikinci noktaya, ikinci noktadaki elektrot daha önceki aralıkla bu kez üçüncü noktaya konular ve ΔV ölçülür. Bu tekrarlama ile doğrultu boyunca ilerlenir. Bu dizilimin kullanılması ile yapılan DU kaydırma ölçü değerleri iki ölçü noktasının ortasına atanır. Ölçümlerde polariteyi sağlamak için, her zaman arkada kalan elektrot voltmetrenin negatif ucuna, önde olan elektrod ise her zaman pozitif ucuna takılır.

Kaydırma tekniğinde kullanılan diğer bir ölçü şekli ise “kaz adımı”dır. Ölçü alındıktan sonra ikinci (öndeki) nokta sabit tutulur, ilk (arkadaki) fincan bir sonraki (üçüncü) noktaya yerleştirilir. Daha sonra ikinci noktadaki fincan dördüncü noktaya kaydırılır. Ölçülen değer yine orta noktaya atanır. Arazi çalışması kapsamında kaz adımı ölçüm tekniği kullanılmıştır.

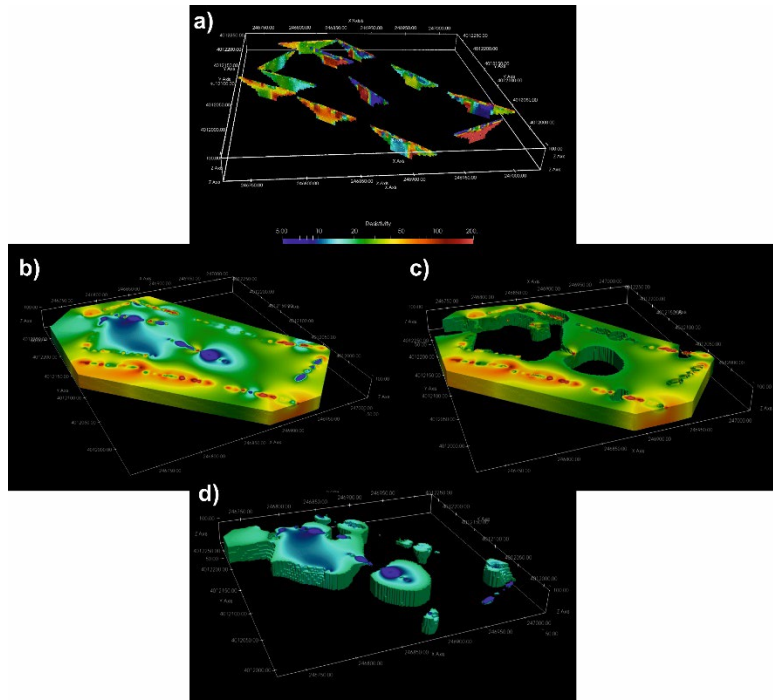
SONUÇLAR

SP ve ERT ölçüleri ortak bir şekilde yorumlanmaya çalışılmıştır. Müze alanında yer altı su akışını görmek amaçlı açılmış olan çukurlarda ve su çıkışlarının olduğu bölümlerde yapılan canlı baz ölçüleri ile SP anomali haritasında yeşil renk ile temsil edilen bölgelerin su içeriğine sahip kısımları temsil ettiği, özellikle ölçü değerlerinin 100 mV ve üzerinde olduğu kısımlarda ise yoğunluklu olarak su akışı görülmüştür (Şekil 3). ERT ve SP ölçülerinin kesiştiği lokasyonlarda, su içeren bölgelerin geometrisinin ortaya çıkmasında her iki yöntem de birbirini başarılı bir şekilde desteklemiştir. Ayrıca mevcut çalışma boyunca sahada enjeksiyon çalışmaları da devam ederken, enjeksiyonu tamamlanan lokasyonlarda da jeofizik ölçülere devam edilmiş olup, özellikle ERT kesitlerinde 80 Ohm.m ve üzerindeki özdirenç değerlerinin de enjeksiyon ile dolan bölgeleri temsil ettiği görülmüştür (Şekil 4).

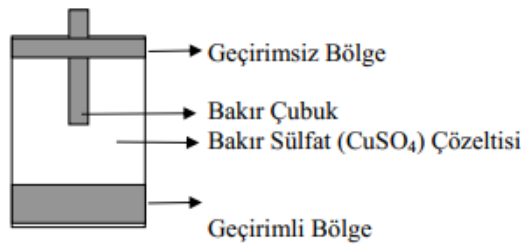
KAYNAKLAR

- Berge MA. 2005. İki boyutlu özdirenç ters çözüm modellemesi. *Y. Lisans Tezi*, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s. 15-17.
- Christensen NB, Sorensen KI. 1998. Surface and borehole electric and electromagnetic methods for hydrogeological investigations. *European Journal of Engineering and Environmental Geophysics*, **3(1)**, p. 75-90.
- Çağlar İ. , 1991. Jeofizikte Doğal Polarizasyon Yöntemi, İTÜ Matbaası, İstanbul.

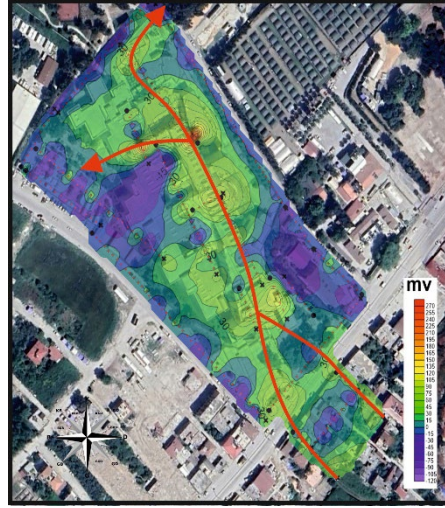
- Dahlin T. 1996. 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. *First Break*, **14**, p. 275-284.
- Ghosh DP. 1971. The application of linear filter theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding measurements. *Geophysical Prospecting*, **19**, p. 192-217.
- Griffiths DH, Turnbull J, & Olayinka AI. 1990. Two-dimensional resistivity mapping with a computer-controlled array. *First Break*, **8(4)**, p. 121-129.
- Johansen HK, 1977. A man computer interpretation system for resistivity soundings over a horizontally stratified earth. *Geophysical Prospecting*, **25(4)**, p. 667-691.
- Overmeeren RA, Ritsema IL. 1988. Continuous vertical electrical sounding. *First Break*, **6(10)**, 313-324.
- Stafanescu S, Schlumberger C, Schlumberger M. 1930. Sur la distribution électrique potentielle autour d'une prise de terre pontuelle dans un terrain à couches, homogènes et isotropes. *Journal de Physique et du Radium*, **1(4)**, p. 132-140.



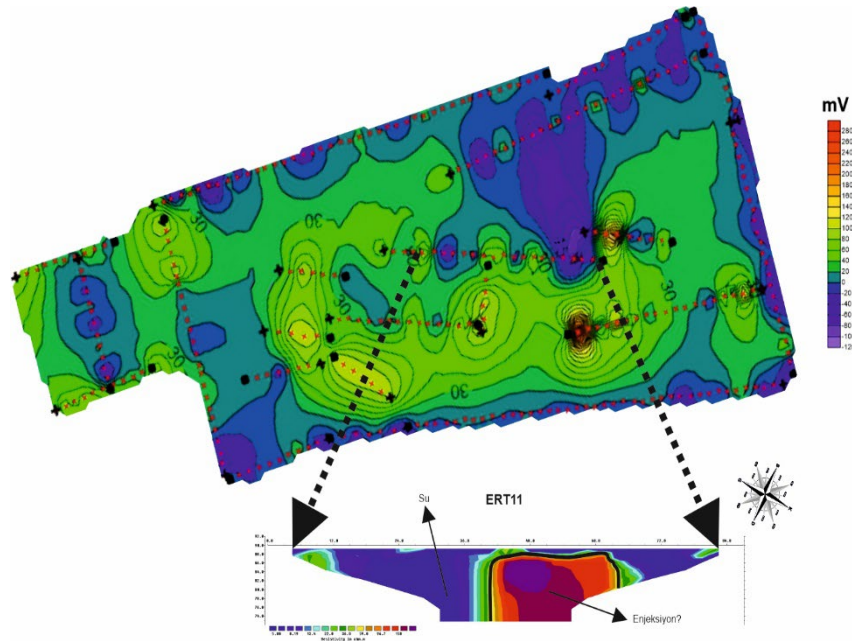
Şekil 1 a) 2D kesitlerin arazi dizilimi, 3D model, c) 3D tabii zemin+enjeksiyon, d) 3D su içeriği bulunduran bölgeler.



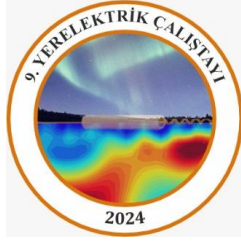
Şekil 2 Kutuplanmayan elektrot.



Şekil 3 SP anomali haritası ve ölçü lokasyonları.



Şekil 4 SP anomali haritası ve ERT-11 kesiti.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Derin öğrenme tabanlı Faster R-CNN yöntemini kullanarak GPR görüntülerinde gömülü nesnelere tespiti ve sınıflandırması

Buried object detection and classification in GPR images by using deep learning-based Faster R-CNN method

Orhan APAYDIN^{*1}, Turgay İŞSEVEN¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, 34467, Sarıyer / İstanbul

E-posta: apaydinor@itu.edu.tr, isseven@itu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

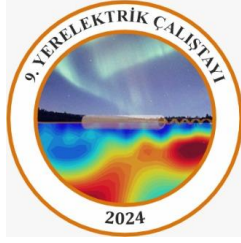
ÖZ

Gömülü nesnelere, tahribatsız bir jeofizik araştırma yöntemi olan yere nüfuz eden radar (GPR) ile araştırılabilir. Bu nesnelere farklı geometrik şekillere sahip olabilir. Su, elektrik, doğalgaz hatlarını taşıyan borular gibi silindirik yapıların yanı sıra kral mezarları veya bazı mayınlar gibi yapılar da dikdörtgen prizma şeklindedir. Bu tür gömülü nesnelere GPR ile incelenmesi sonucunda nesnelere geometrik şekillerine göre radargramlarda farklı tipte hiperbolik yapılar oluşmaktadır. Bu çalışmada, radargramlardaki farklı türdeki geometrik şekilli nesnelere tespit etmek ve sınıflandırmak için derin öğrenme tabanlı bir obje tespit modeli olan Faster R-CNN (Bölge Tabanlı Evrişimli Sinir Ağı) kullanılmıştır. Derin öğrenme uygulamalarında veri setinin çeşitliliği, modelin yüksek doğrulukta sonuçlar vermesi açısından önemlidir. Bu nedenle hem laboratuvar ölçümleri hem de elektromanyetik dalgaları sonlu farklar zaman alanı yöntemiyle simüle edebilen gprMax programı kullanılarak gerçek ve simüle edilmiş verileri içeren bir veri seti oluşturulmuştur. Laboratuvar ortamında, GPR ölçümleri için bir masanın altına hem dikdörtgensel hem de silindirik olmak üzere farklı boyutlarda nesnelere yerleştirilmiştir. Bu nesnelere, GPR sisteminin yanı sıra gprMax kullanılarak toplu olarak modellenerek simüle edilmiş veriler üretilmiştir. Veri kümesini genişletmek için aynalama ve yeniden boyutlandırma gibi veri büyütme yöntemleri kullanılmıştır. Veri seti 357 radargramdan (300 laboratuvar, 57 sentetik) oluşmaktadır. Faster R-CNN modelinin eğitiminde bu veri setinin %70'i eğitim, %20'si doğrulama ve %10'u test için kullanılmıştır. Nesne tanımlaması için iki etiket oluşturulmuştur: "cylindrical" ve "rectangular". Model eğitimi için kullanılan hiper parametreler eğitim sonucunda öğrenme oranı = 0,01, grup büyüklüğü = 3 ve iterasyon = 1000 olarak ayarlanmış ve eğitim sonucunda toplam kayıp = 0,16 olarak elde edilmiştir. Modelin testi sırasında nesnelere hiperbolik yapılarını içeren radargram, modele görüntü olarak verilmektedir. Uygulama sonucunda Faster R-CNN modeli radargramlardaki hiperbol yapılarını tespit etmekte ve bunları bir sınırlı kutusu içerisine alarak doğrulukla sınıflandırmaktadır. Uygulama sonucunda yüksek doğruluk oranları ile obje tespiti ve sınıflandırılması elde edilmiştir. GPR görüntü yöntemlerinde hiperbollerin tespiti ile ilgili çalışmalar mevcuttur ancak çalışmamızda Faster R-CNN modeli ile hiperbollerin tespiti ve ardından gömülü nesnelere geometrik şekillerinin bu hiperbollerin yapılarına göre sınıflandırılması da başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GPR, Derin Öğrenme, Faster R-CNN, Objeye Tespiti, Objeye Sınıflandırılması

ABSTRACT

Buried objects can be investigated with ground-penetrating radar (GPR), a non-destructive geophysical exploration method. These objects can have different geometric shapes. Cylindrical structures such as pipes carrying water, electricity, natural gas lines, as well as archaeological structures such as king's tombs or some military mines can be rectangular shape. As a result of the investigation of such buried objects with GPR, different types of hyperbolic structures are formed in radargrams according to the geometric shapes of the objects. Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network), a deep learning-based object detection model, is used in this study

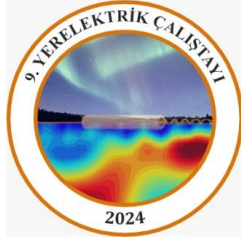


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



to detect and classify different types of geometric shape objects in radargrams. In deep learning applications, the variety of the data set is important for the model to give highly accurate results. For this reason, a dataset containing actual and simulated data are created by using both laboratory measurements and the gprMax program, which can simulate electromagnetic waves with the finite difference time domain method. In laboratory measurements, objects of varying sizes, both rectangular and cylindrical, are placed beneath a table for GPR measurements. Scenarios similar to laboratory measurements are modeled in the gprMax program and simulation data are produced. Flipping and resizing data augmentation methods are used to expand the dataset. The dataset consists of 357 radargrams (300 laboratory, 57 synthetic). In the training of the Faster R-CNN model, 70% of this dataset is used for training, 20% for validation and 10% for testing. Two labels are defined for object identification: "cylindrical" and "rectangular". The hyperparameters used for model training are set as learning rate = 0.01, batch size = 3 and epochs = 1000, and the total loss at the end of the training is obtained as = 0.16. During the testing of the model, radargram containing the hyperbolic structures of the objects is given to the model as an image. As a result of the application, the Faster R-CNN model detects the hyperbola structures in the radargrams and classifies them with an accuracy after taking them into a boundary box. Evaluation is performed and detection and classification are achieved with high accuracy rates. There are studies on the detection of hyperbolas in GPR images, but in our study, the detection of hyperbolas with the Faster R-CNN model and their subsequent classification according to their geometric shapes are successfully carried out.

Keywords: GPR, Deep Learning, Faster R-CNN, Object Detection, Object Classification



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Betonarme Yapılardaki Nemlilik ve Korozyon Riskinin Yapı Radarı ile Araştırılması: Buca Örneği

Investigation of Humidity and Corrosion Risk in Reinforced Concrete Structures with Hand-Held Radar: Buca Example

Safa TÜLEK^{*1}, Fulya VAROL¹, Emre TİMUR²

¹ FAYA Yer Bilimleri Müh. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. Kuruçeşme Mahallesi, Buca 35390, İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca 35390, İzmir

E-posta: safatulek@gmail.com

*Sunumu yapacak yazar

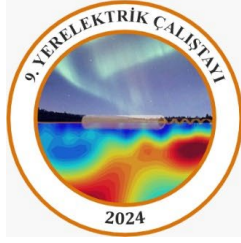
ÖZ

Mühendislik yapılarının incelenmesi ve güvenilirliğinin tespiti özellikle depremlerin sık yaşandığı bölgelerde hayati önem taşımaktadır. Betonarme yapıların projeye uygunluğunun araştırılması, donatı ve etriyelerin projede belirtildiği sayıda kullanılıp kullanılmadığı tahribatsız jeofizik yöntemlerden Yapı Radarı (GPR) yöntemi uygulanarak 2 ve 3-Boyutlu sonuçlar ile sunulabilmektedir. Yapı radarı yöntemi donatı ve etriyeler arasındaki mesafeler, paspayının belirlenmesi, sıklaştırma bölgeleri, demir donatılarda meydana gelebilecek yer değiştirmeler, betonda oluşabilecek kırık-çatlak ve boşlukları, korozyon ve beton nemliliğini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır. Mühendislik yapıları projeye uygun yapılmış olsa bile zaman içerisinde taşıyıcı sistemler içerisinde yer alan donatı ve etriyeler yapım aşamasındaki özelliklerini yitirebilmektedir. Söz konusu durum özellikle denize yakın, yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu bölgelerde ve yağmur suyunun yeterli düzeyde tahliye edilemediği durumlarda betonun özelliğini yitirerek donatı ve etriyelerin korozyona uğraması olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında; İzmir İli Buca ilçesinde yer alan 1991 yılında yapılan 4 katlı betonarme bir yapının giriş katında Proceq Marka GP8000 Yapı Radarı 200-4000 MHz frekans atlamalı sürekli dalga üreten (Stepped-frequency continuous waves) anten ile kolonlarda x ve y-yönünde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama sonucunda elde edilen radargramlar analiz edilerek taşıyıcı sistemlerdeki enine ve boyuna donatıların lokasyonları 2-Boyutlu görüntüler oluşturularak radargramlar olarak sunulmuş ve beton içerisindeki nemlilik durumu tespit edilmiştir. Yapı Radarı uygulamaları sonucunda taşıyıcı sistemde tespit edilen bölgede sıyırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tahribatlı ve tahribatsız uygulamalardan elde edilen bilgiler ışığında sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Donatı, jeofizik, korozyon, tahribatsız yöntem, yapı radarı

ABSTRACT

Examining engineering structures and determining their reliability is of vital importance, especially in regions where earthquakes occur frequently. Investigating the suitability of reinforced concrete structures for the project and whether the rebar and stirrups are used in the number specified in the project can be presented with 2- and 3-D results by applying the hand-held radar (GPR) method, one of the non-destructive geophysical methods applied to scan structures. This method is used to determine the distances between rebar and stirrups, cover thickness, density zones, possible displacements in iron rebar, possible breaks, cracks and voids in concrete, corrosion and concrete moisture. Even if the engineering structures are built in accordance with the project, over time, the rebar and stirrups in the load-bearing systems may lose their properties during the construction phase. This situation occurs especially in areas close to the sea, where the groundwater level is close to the surface, and in cases where rainwater cannot be discharged sufficiently, as the concrete loses its properties and the rebar and stirrups corrode. Within the scope of this work; measurements were made in the x and y directions on the columns with the Proceq Brand GP8000 Building Radar 200-4000 MHz Stepped-frequency continuous waves antenna on the ground floor of a 4-storey



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



reinforced concrete building built in 1991 in Buca district of İzmir Province. The radargrams obtained as a result of this application were analyzed, the locations of the transverse and longitudinal rebars in the load-bearing systems were presented as radargrams by creating 2-Dimensional images, and the humidity level in the concrete was determined. As a result of Building Radar applications, corroded areas in the carrier systems were detected and stripping was carried out. In the light of the information obtained from destructive and non-destructive applications, it has been observed that the results are compatible with each other.

Keywords: Rebar, geophysics, corrosion, non-destructive method, Ground Penetrating Radar,

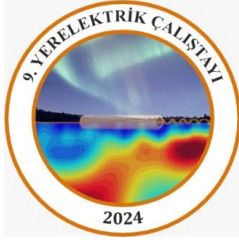
GİRİŞ

Ülkemizin büyük kısmında diri fay hatları bulunması nedeniyle sıklıkla afete dönüşen büyüklükte yıkıcı depremler meydana gelmektedir. Tüm yapıların böylesi büyük depremlere karşı dirençli olması için deprem kuvvetini karşılayacak taşıyıcı sistemlere sahip olması gerekmektedir. Mühendislik yapılarının incelenmesi ve güvenilirliğinin tespiti, özellikle depremlerin sık yaşandığı bölgelerde hayati önem taşımaktadır. Mevcut betonarme yapıların ise tahribatsız, hızlı, ekonomik ve güvenilir bir şekilde araştırılması günümüzde jeofizikğin önemli araştırma konularından biri olmuştur. Taşıyıcı sistemlerin içinde bulunan boyuna donatı ve etriyelerin betonun yüzeyine olan uzaklığı, konumları, aralarındaki mesafeler ve betonun nemli olması, nem içeriği, yapının depremin oluşturduğu kuvveti karşılaması açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde olan yıkıcı depremlerin neden olduğu hasar ele alındığında, yerel zemin özellikleri dikkate alınarak yapılmamış ve mimari veya statik projelere uygun imal edilmemiş yapılar, işçilik hataları, denetim hataları vb. sorunların olduğu yerlerde en büyük can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Bunun yanında, özellikle denize yakın ve yeraltı suyu seviyesinin sığ olduğu, yağmur suyunun yeterince tahliye edilemediği yerlerde betonun özelliğini yitirmesi sonucunda demir donatının korozyona uğraması, betonarme yapılarda karşılaşılan önemli sorunlardan biridir. Mevcut yapısal problemlerin/hasarların ortaya çıkartılması, betonda oluşabilecek kırık-çatlak ve boşlukların araştırılması ve mevcut durumunun ortaya konması yapı radarı ile yapıya hiçbir hasar vermeden mümkün olmaktadır. Bu çalışmada yapı radarının betonarme yapılarda zamanla oluşacak beton nemliliği ve korozyonun belirlenmesindeki etkinliği araştırılıp işlevselliği örneklerle ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında İzmir ili, Buca ilçesinde bulunan 1993 yılında yapılmış betonarme yapıda Proceq Marka GP8000 Yapı Radarı 200-4000 MHz frekans atlamalı sürekli dalga (Stepped-frequency continuous waves) özellikli anten kullanılarak taşıyıcı sistemleri araştırılmıştır. Her iki yapıda da statik projeye erişilemediği için elde edilen veriler proje verileri ile karşılaştırılmamıştır. Alınan radar ölçümleri değerlendirilerek betonun nemli olduğu bölgeler belirlenerek korozyona uğramış donatıların tespiti yapılmıştır. Radar yöntemi kullanılarak yapıların öncelikle tahribatsız olarak incelenmesinin ve gerekiyorsa en az tahribatla olası sorunların ortaya çıkartılmasının önemi ortaya konmuştur.

YAPI RADARI YÖNTEMİ

Değişken zamanlı elektromanyetik alanlar, elektrik ve manyetik alanların bileşiminden oluşmaktadır. Bu iki alan, yeraltında bulunan malzemelerin etkisi altında değişmekte ve yer altındaki yapıların elektriksel özelliklerinin değişiminin gözlenmesine izin vermektedir (Daniels, 1989; Annan, 2005). Yöntemde bir verici bir de alıcı olmak üzere iki anten kullanılmaktadır. Verici antenle araştırılan ortama gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların bir kısmı, araştırılan ortamda farklı dielektrik özelliklere (ϵ ; dielektrik, σ ; iletkenlik, μ ; manyetik geçirgenlik) sahip yüzeylerden yansırken, diğer kısmı da daha derin ortamlara ilerleyebilmektedir (Davis ve Annan, 1989).



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yer-yapı radarı yüksek frekanslı EM dalgalar aracılığıyla jeofizikte yüzeye yakın araştırmalar için yaygın kullanılan bir yöntemdir. Son yıllarda birçok mühendislik probleminin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Yeraltında bulunan yüzeye yakın gömülü nesnelere, arkeolojik kalıntıların (Tülek, 2023), jeolojik birimlerin kalınlıklarını ve fiziksel özelliklerini tespit etmekte oldukça etkili bir yöntemdir. Mühendislik yapılarında ise gömülü boruların konumları, boru hatları (Özdemir, 2015), temel tipinin belirlenmesi, deformasyonların araştırılması, donatı ve etriyelerin yerlerinin tespiti ve su sızıntılarının tespiti, beton nemliliğinin tespiti gibi farklı mühendislik problemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir.

Bulgular (Buca Örneği)

Bu çalışmada, İzmir ilinin Buca ilçesinde 1993 yılında yapılan 4 katlı betonarme bir yapının giriş katında bulunan taşıyıcı sistemde, x ve y-yönünde 2-boyutlu ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Mevcut taşıyıcı sistemde hem x-yönlü hem y-yönlü yapılarak boyuna donatıların ve etriyelerin yerlerinin tespiti amaçlanmıştır. Şekil 1a'dan anlaşılacağı üzere y-yönündeki ölçümlerde etriyelerin varlığı ve konumları belirlenebilmektedir, x-yönündeki ölçümlerle ise boyuna donatılar tespit edilebilmektedir. Elde edilen 2-boyutlu radargramlarda işaretleme yapıldıktan sonra taşıyıcı sistemde bulunan boyuna donatı ve etriyelerin aralarındaki mesafeler, yüzeye olan uzaklıkları belirlenebilmektedir. Şekil 1'de x-yönlü ve y-yönlü ölçümler sonucu elde edilen 2-boyutlu radargramlarda işaretleme yapıldıktan sonra kolonun içinde bulunan boyuna donatı ve etriyelerin aralarındaki mesafeleri ve yerleri işaretlenerek yapı modeli oluşturulmuştur. Y-yönlü ölçüm sonucunda 12 adet etriye saptanmıştır ve aralarındaki mesafeler 10 cm ile 20 cm arasında değişmektedir. X-yönlü ölçüm sonucunda boyuna donatıların arasındaki mesafe 15 cm'dir ve sayısı 4 adet olarak saptanmıştır. Elde edilen radargramlar incelendiğinde taşıyıcı sistemde tabandan yaklaşık 70 cm'lik bir bölüme kadar ölçüm yapılan yüzeyin karşı yüzeyinden (sarı kesikli çizgi ile gösterilen alan) gelen elektromanyetik dalganın neme maruz kalmış bölgede daha kısa sürede sönmüştüğü ve yansımadağı, başka bir deyişle enerjisini yitirmesi nedeniyle çok düşük genliklerde yansımalar oluşturduğu tespit edilmiştir. Yaklaşık 60 cm'lik alanda bulunan etriyelerin geliş zamanının, yukarıda bulunan etriyelerin yansıma sürelerinden daha geç geldiği anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle, buradaki etriyelerin yapım aşamasındaki gibi olmadığı ve bozduğu üstteki radargramda açıkça görülmektedir. Bu veriler ışığında mevcut taşıyıcı kolonun küçük bir bölümünde sıyırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.).

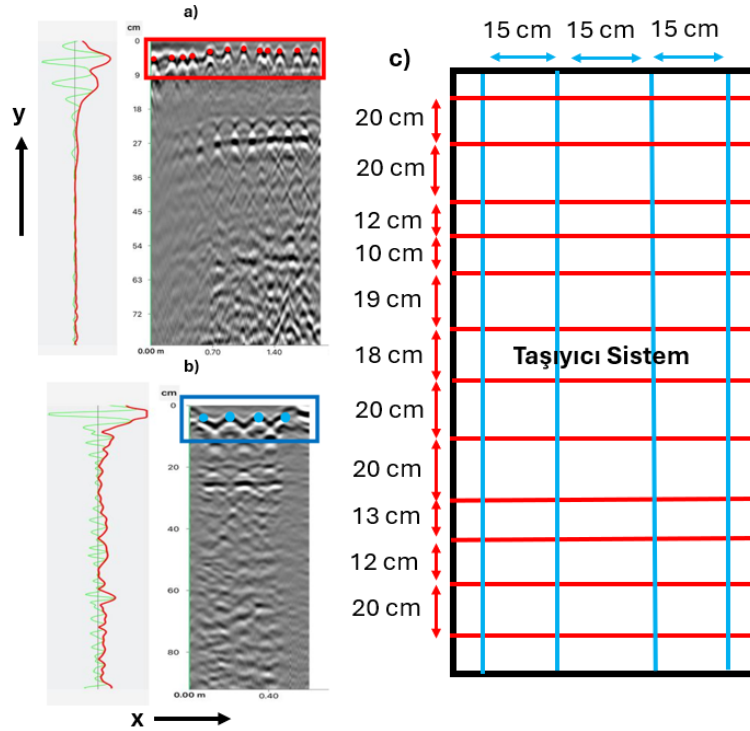
Sıyırma işleminden sonra donatının durumu Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekil 3'te sıyırma işlemi gerçekleştirilen bölgede betonun homojenliğini yitirdiği ve içinde bulunan etriyenin (kırmızı kesikli çizgi ile gösterilen alan) özelliğini kaybederek çapının küçüldüğü görülmektedir. Lacivert kesikli çizgi ile işaret edilen yerler ise anomaliye neden olan donatının uzaktan ve yakından gösterimidir. Sıyırma işleminden de görüleceği üzere, bozmuş bölgenin taşıyıcı sistemin alt kısımlarında, tabana yakın konumda bulunduğu gözden kaçmamalıdır.

SONUÇLAR

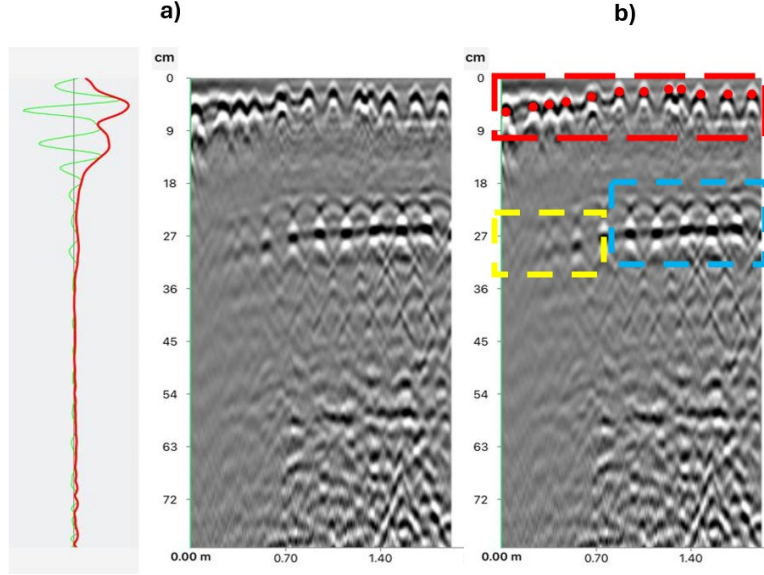
Yapılan uygulamalar sonucunda taşıyıcı sistemlerde bulunan nem ve bununla birlikte boyuna donatı ve etriyelerde oluşacak korozyonun incelenmesi ve tespiti için taşıyıcı sisteme hiçbir tahribat vermeden yapı radarının işlevselliği ve başarısı ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular ışığında, öncelikle radar yönteminin kullanılıp mevcut risklerin belirlenmesi sonrasında tahribatlı yöntemlere geçilmesi hem yapıda oluşacak olası tahribatı azaltacaktır hem de taşıyıcı sisteminin bütünü incelendiği için herhangi bir sorun gözden kaçmayacaktır. Yapı radarı uygulamaları sadece elektromanyetik kuram konusunda yetkin ve teknik altyapıya sahip olan jeofizik mühendislerince yapılmalı ve sonuçları değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Annan AP 2005, GPR Methods for Hydrogeological Studies. In Y. Rubin, & S. S.Hubbard (Eds.). Hydrogeophysics ,185-213.
- Daniels DJ 1989, Fundamental of Ground Penetrating Radar, in Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems SSGEEP'89, *Golden*, 62-142.
- Davis JL and Annan AP 1989, Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy, *Geophysical Prospecting*, 37, 531–551.
- Özdemir MB 2015, *Investigation Of Infrastructure Elements With Ground Penetrating Radar Method (Ktu Kanuni Campus)*, Master's Thesis, Karadeniz Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Geophysics Engineering Graduate Program, Trabzon.
- Tülek S 2023, *Python Based Modelling of Ground Penetrating Data*, Master's Thesis, Dokuz Eylül University, Institute of Science and Technology, İzmir.



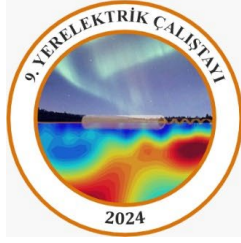
Şekil 1. a) Y yönünde ölçüm sonrası elde edilmiş 2-boyutlu radargram üzerinde etriyelerin gösterimi (kırmızı noktalar) b) X yönünde ölçüm sonrası elde edilmiş 2-boyutlu radargram üzerinde boyuna donatıların gösterimi (mavi noktalar) c) İşaretleme sonrası taşıyıcı sistemde bulunan boyuna donatı ve etriyelerin ölçekli şematik gösterimi (kırmızı çizgiler etriye, mavi çizgiler ise boyuna donatılardır)



Şekil 2 a) Y-yönlü 2-boyutlu radagram b) kırmızı noktalar ile gösterilen yerler etriyelerin konumları, taşıyıcı sistemin neme maruz kalmış bölümü (sarı kesikli çizgi) göreceli neme maruz kalmamış alan (mavi kesikli çizgi)



Şekil 3 Radar sonuçları dikkate alınarak yapılan sıyırma işleminden sonra mevcut betonun ve etriyenin gösterimi.



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Yapay Uçlaşma (IP) yöntemi: Metalik Maden Sahası uygulama örneği (İlk sonuçlar). Induced Polarization (IP) Method: An example of a Metallic Mine Site (Preliminary Results)

Damla DOĞAN*¹, Ümit AVŞAR¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Türkiye (avsaru@itu.edu.tr)
E-posta: dogand16@itu.edu.tr

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Yüksek miktarda değerli veya önemli mineraller içeren, doğal olarak oluşan kayalar cevher olarak adlandırılırlar ve çoğunlukla metal içerirler. Söz konusu metalin kaya yapısından karlı bir şekilde çıkarılabilmesi durumunda cevher/maden yatağı olarak kabul edilebilirler. Metalik cevherler her türlü kaya türünde bulunurlar. Metalik mineraller erozyon/hava koşulları, hidrotermal ve magmatik süreçler gibi çeşitli süreçlerle zengin kütleler halinde oluşabilirler. Yeni cevher yataklarının araştırılması ve keşfedilmesi maden araştırmaları yapılması ile gerçekleştirilmektedir. Metalik maden araştırmalarında jeolojik çalışmalar ile birlikte çeşitli jeofizik yöntemler de kullanılarak daha kesin ve ayrıntılı bilgiler elde edilmektedir.

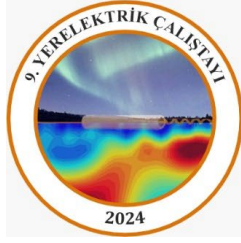
Yapay Uçlaşma (YU) (Induced Polarization - IP) yöntemi maden araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ile yeraltının sadece özdirenç yapısını değil aynı zamanda yüklenebilirlik parametresine göre de görüntülenebilmektedir. Bu çalışma da Koza Altın İşletmeleri'ne ait bir metalik maden sahasında yapılmıştır. YU ölçüleri zaman ortamında, ortalama uzunlukları 1.7 km olan D-B uzanımlı toplam 5 hat üzerinde Pol-Dipol dizilimi kullanılarak alınmıştır. Toplanan YU verileri ilk olarak TQIPdb (IP Processing System Program) programı ile gürültülü veriler atılmış ve ardından Windisp programı ile yapma kesitler elde edilerek ilk değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak verilere Res2Dinv programı ile ters çözüm yöntemi uygulanarak yeraltı özdirenç ve yüklenebilirlik yapısı elde edilmiştir. YU ölçümlerinin alındığı bölgede yapılan jeolojik çalışmaya göre bölge, volkanik kayalardan oluşmaktadır ve cevherleşme tipi epitermal yataklanma şeklindedir. Damar yapısı şeklinde olan cevherleşme YU kesitlerinde açıkça izlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler Yapay uçlaşma, Metalik maden, Epitermal

ABSTRACT

Naturally occurring rocks that contain high amounts of valuable or important minerals are called ores and mostly contain metals. If the metal can be profitably extracted from the rock structure, they can be considered ore/mineral deposits. Metallic ores are found in all types of rocks. Metallic minerals can form as rich bodies through various processes such as erosion/weathering, hydrothermal and magmatic processes. Exploration of new ore deposits are carried out by mining exploration. In metallic mineral exploration, more precise and detailed information is obtained by using various geophysical methods along with geological studies.

Induced Polarization (IP) method is widely used in mineral exploration. With this method, not only the resistivity structure of the subsurface but also its chargeability can be imaged. This study was conducted in a metallic mining area belonging to Koza Gold Corporation. IP measurements were taken in time-domain using the Pol-Dipole array on a total of five E-W directional parallel lines with an average length of 1.7 km. The collected IP data were first evaluated with the TQIPdb (IP Processing System Program) program, and then the first evaluations were made by obtaining pseudosections with the Windisp program. According to the geological study conducted in the region where IP measurements were taken, the region consists of volcanic rocks and the mineralization type is epithermal deposits. Finally, the data were inverted with Res2Dinv software and the

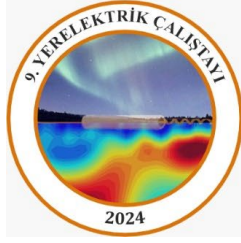


9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



subsurface resistivity and chargeability structure was obtained. Mineralization in the form of vein-type deposit can be clearly imaged in IP sections.

Keywords: Induced polarization, Metallic ore, Epithermal



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



İş Makinelerinin Üretildiği Bir Fabrikada Temelde Oluşabilecek Deformasyonların Yer Radarı ile İncelenmesi

Investigation of Possible Foundation Deformations in a Factory where Construction Machinery is Produced with Ground Penetrating Radar

Fulya VAROL^{*,1}, Safa TÜLEK¹, Emre TİMUR²

¹ FAYA Yer Bilimleri Müh. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti. Kuruçeşme Mahallesi, Buca 35390, İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca 35390, İzmir

E-posta: fulya@fayayerbilimleri.com

*Sunumu yapacak yazar

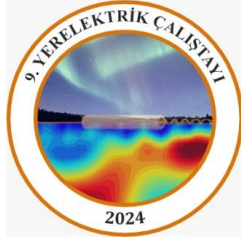
ÖZ

Jeofizik mühendisliğinde sığ aramacılıkta kullanılan yer radarı (GPR) yöntemi geniş uygulama alanına sahip olmasından dolayı yüzeye yakın sorunların çözümünde sıklıkla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Yer radarı uygulamalarında herhangi bir tahribat olmaması, sığ aramacılıkta yüksek çözünürlüklü görüntü sunması, kısa zaman içerisinde cm düzeyinde sonuçlar üretmesi yöntemi tercih edilebilir kılmaktadır. Bu yöntem, arkeolojik kalıntıların araştırılması, yüzeye yakın jeolojik birimlerin tabaka sınırlarının belirlenmesi, maden araştırmaları, kırık, çatlak ve boşluk araştırmaları, kablo-boru araştırmaları, temel tipi tespiti ve temelde oluşabilecek deformasyonların incelenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda depremlerin sıklıkla meydana geldiği ülkelerde mühendislik yapılarının taşıyıcı sistemlerinde oluşabilecek deformasyonların incelenmesinin yanında yapıların temelinde zamanla oluşabilecek deformasyonların da detaylı bir şekilde araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında; İzmir İli Çiğli İlçesinde iş makinelerinin üretildiği bir fabrikada temel betonunun alt-üst sınırlarında ve içerisindeki çelik hasırda oluşabilecek ondülasyonlar incelenmiştir. Ölçümler sırasında Proceq marka GS8000 Yer Radarı 40-3440 MHz frekans atlamalı sürekli dalga üreten (Stepped-frequency continuous waves) anten kullanılmıştır. İnceleme alanında; y yönünde 7, x yönünde ise 20 profil ölçüm yapılarak 3x10 m'lik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir ve profil aralıkları ise 0.50 m olarak seçilmiştir. Yer radarı uygulamaları sonucunda tespit edilen deformasyonlar 2 ve 3-Boyutlu modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deformasyon, jeofizik, modelleme, tahribatsız, yer radarı

ABSTRACT

Thanks to the rapidly developing technology in the world in recent years, the data obtained from the methods used in applied geophysics enable 2- and 3-D modeling. The fact that it does not cause any destruction in ground penetrating radar applications, provides high-resolution images in shallow exploration, and produces cm-level results in a short time makes the method preferable. This method is used in many areas such as researching archaeological remains, determining the layer boundaries of geological units close to the surface, mine research, fracture-crack and gap research, cable-pipe research, foundation type determination and examination of possible deformations in the foundation. Especially in countries where earthquakes have occurred frequently in recent years, it is of great importance to examine in detail the deformations that may occur in the foundations of the structures over time, as well as to examine the deformations that may occur in the load-bearing systems of engineering structures. This scope of work; Undulations that may occur at the lower and upper limits of the foundation concrete and the steel mesh inside it were examined in a factory where construction equipment is produced in Çiğli District of İzmir Province. During the measurements, a Proceq brand GS8000 Ground Radar 40-3440 MHz stepped-frequency continuous waves antenna was used. In the study area; an area of 3x10 m was measured by measuring 7 profiles in the y direction and 20



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



profiles in the x direction, and the profile spacing was chosen as 0.50 m. The deformations detected as a result of ground radar applications were modeled in 2D and 3D.

Keywords: Deformation, geophysics, modelling, non-destructive, ground penetrating radar

GİRİŞ

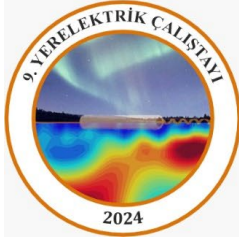
Tektonik hareketlerin sıklıkla meydana geldiği ülkemizde yapıların böylesi hareketlere (büyük-küçük depremler) karşı dirençli olması oldukça önemlidir. Hem yapı hem de yapının oturduğu zemin arasında uyum olmaması dinamik yükler karşısında çökmeyi ve yıkılmayı muhtemel kılmaktadır. Mühendislik yapılarındaki taşıyıcı sistemlerde (kolon, kiriş, perde) ve temelde zamanla oluşacak deformasyonların incelenmesi ve tanımlanması depreme karşı hazırlıklı olmada başlıca unsurlardan biridir. Mevcut risklerin araştırılması 2 ve 3-Boyutlu görüntülenmesi günümüzde ilerleyen teknoloji ile mümkün olmaktadır. Yer radarı (GPR) yöntemi ise jeofizik mühendisliğinde sığ aramacılıkta kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik bir yöntemdir. Bu yöntem ile üst ve alt yapı araştırmaları tahribatsız bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Mevcut mühendislik yapılarının temel tipi tespitinde, temel kalınlıklarının belirlenmesinde, temelde oluşabilecek deformasyonların incelenmesinde, temelde meydana gelebilecek korozyon-nemlilik durumunun incelenmesinde ve projesi bulunmayan gömülü kablo-boru araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, İzmir İli Çiğli İlçesinde bulunan yapım yılı 1993 olan ve iş makinelerinin üretildiği bir fabrikada makinelerin yürütüldüğü bir alan seçilmiştir ve 3x10 m'lik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler x ve y yönünde 50 cm profil aralığı belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Fabrikanın bulunduğu bölgede yeraltı su seviyesinin yüksek olması ve iş makinelerinin yaklaşık 25-30 ton olmasından kaynaklı zamanla temelde meydana getirebileceği deformasyonların incelenmesi amaçlanmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen verilerden 2 ve 3-Boyutlu derinlik haritaları ve betonun alt ve üst sınırları ile içerisinde bulunan çelik hasırın 2 ve 3-Boyutlu görüntüleri elde edilmiştir.

YER RADARI YÖNTEMİ

Yer radarı (Ground Penetrating Radar, Ground Probing Radar, Subsurface Radar, Georadar, GPR) yöntemi, jeofizik aramacılıkta sığ derinliklerdeki araştırmalar için kullanılan yüksek frekanslı bir elektromanyetik yöntemdir. Bir yer radarı sistemi; verici anten, alıcı anten, kontrol birimi, kayıtçı ve genellikle bütünleşik GPS'ten oluşmaktadır. Verici anten, yer altına ya da incelenecek yapı içine gönderilmek üzere istenilen merkez frekanslı elektromanyetik dalgalar üretmektedir. Araştırma alanı içerisinde ilerleyen bu dalgalar herhangi bir nesne veya süreksizlik ile karşılaştıklarında, yansıma veya saçılmaya uğrarlar. Aynı veya farklı zamanlarda yüzeye geri dönen yansımış/saçılmış dalgalar yüzeydeki alıcı anten, kontrol birimi ve kayıtçı yardımı ile nanosaniye (ns) cinsinden zamanın fonksiyonu olarak kayıt edilirler. Gidiş-geliş süresinin fonksiyonu olarak kayıt edilen sinyallere "radar izi" ya da yer radarında "EM dalga alanı" adı verilir. Tüm ölçüm noktalarındaki kayıtlar birleştirilerek "radargram" olarak isimlendirilen 2-boyutlu radar kesitleri oluşturulabilir (Annan, 2001). Yüksek frekanslı kaynak kullanılması ve yığma yapılabilmesi sebebi ile elde edilen çözünürlük yüksektir. Frekans aralığının geniş olması, farklı frekansa sahip antenlerle aynı profilde çalışma imkanı verdiğinden daha sağlıklı yorum yapılabilir. Verilerdeki insan kaynaklı gürültüler genelde veri işlem yöntemleri ile veriden atılabilmektedir. Araştırılan alana hasar vermeden uygulama imkanı veren bir yöntemdir. Son yıllarda birçok mühendislik probleminin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu özelliği ile hasarsız yapı incelemelerinde özellikle tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

Son yıllarda birçok mühendislik probleminin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Yeraltında bulunan yüzeye yakın gömülü nesnelere, arkeolojik kalıntıları (Tülek, 2023), jeolojik ve jeoteknik



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



araştırmalarda kullanılan bir yöntemdir. Mühendislik yapılarında ise gömülü boruların konumları, boru hatları (Özdemir, 2015), temel tipinin belirlenmesi, deformasyonların araştırılması, donatı ve etriyelerin yerlerinin tespiti ve su sızıntılarının tespiti, beton nemliliğinin tespiti gibi oldukça geniş kullanım alanı bulunmaktadır.

Bulgular

Bu çalışmada İzmir ilinin Çiğli ilçesinde 1993 yılında yapımı tamamlanan ağır iş makinelerinin üretildiği bir fabrikada y yönünde 7, x yönünde ise 20 profil ölçüm yapılarak 3x10 m'lik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir ve profil aralıkları ise 0.50 m olarak seçilmiştir (Şekil 1). X ve y yönlü ölçümler sonucunda elde edilen 2-Boyutlu radargramlardan betonun üst sınırı, çelik hasır ve betonun alt sınırı tespit edilmiştir ve işaretlenmiştir (Şekil 2).

Betonun sınırlarından elde edilen düzlemsel yansımalarından üst ve alt sınırlar çizilmiştir ve çelik hasırdan elde edilen hiperbolik yansımaların geliş zamanlarına göre işaretlemeler yapılarak 2 ve 3-Boyutlu modeller üretilmiştir (Şekil 3). 2 ve 3-Boyutlu modeller üzerinde yeraltı suyunun ve ağır iş makinelerinin etkileriyle temelde oluşan deformasyonlar gösterilmiştir (Şekil 4).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Özellikle iş makinalarının çalıştığı veya üretildiği fabrikaların temelleri sürekli büyük yüklere maruz kalmaktadır. İnceleme alanı olarak belirlenen iş makinalarının üretildiği fabrika ise yeraltı su seviyesinin de yüksek olmasının etkisiyle ayrıca zemin üzerinde sürekli bir şekilde 25-30 tonluk üretilen ve yürütülen ağır iş makinelerinden kaynaklı olarak temelde deformasyonların meydana geldiği gözlenmektedir. Özellikle çelik hasırlarda gözlenen bu deformasyonlar 2 ve 3-Boyutlu modeller ile sunulmuştur. Elde edilen bilgiler ışığında ağır iş makinelerinin çelik hasırlarda meydana getirdiği oturmalar sonucunda çelik hasırların derinliklerinin yaklaşık olarak 6 cm - 12 cm aralığında değiştiği görülmektedir. Betonun alt sınırında ise 1-5 cm aralığında deformasyonların olduğu gözlenmektedir.

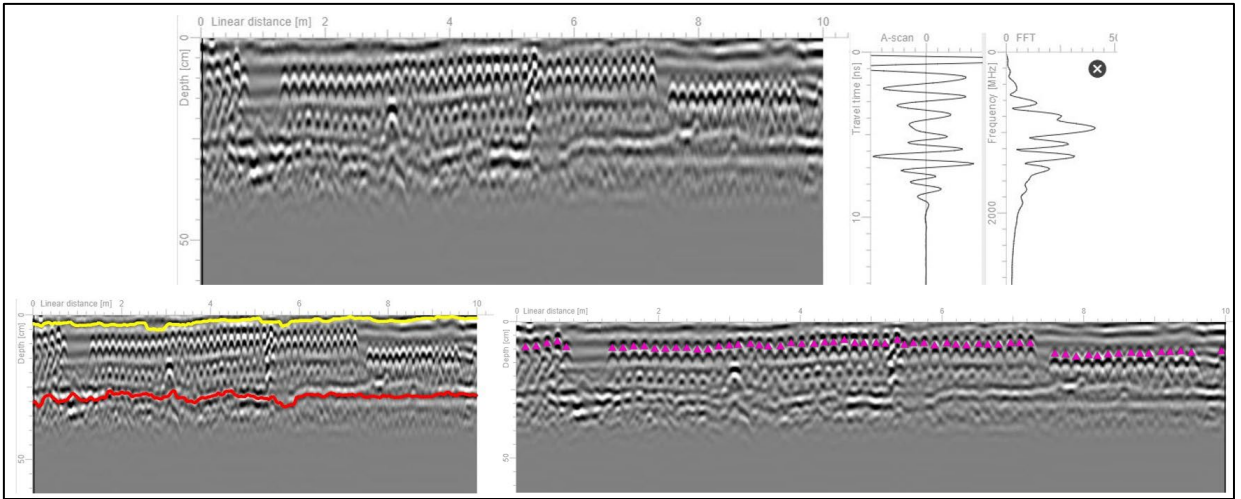
Bir mühendislik yapısının taşıyıcı sistemlerinin (kolon, perde ve kiriş) dayanıklılığı yapıların olası büyük depremlerde hasara uğramamaları açısından oldukça önemlidir ve günümüzde sıklıkla incelemeleri yapılmaktadır. Fakat temellerde oluşabilecek deformasyonlara aynı önem verilmemektedir. Taşıyıcı sistemlerin araştırmalarına ek olarak temelde oluşabilecek deformasyonların araştırmaları yapılmalıdır. Mühendislik yapıların temelde oluşabilecek deformasyonlar, kırık-çatlak araştırmalarının tamamı elektromanyetik kuram konusunda yetkin ve teknik altyapıya sahip olan jeofizik mühendislerince yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

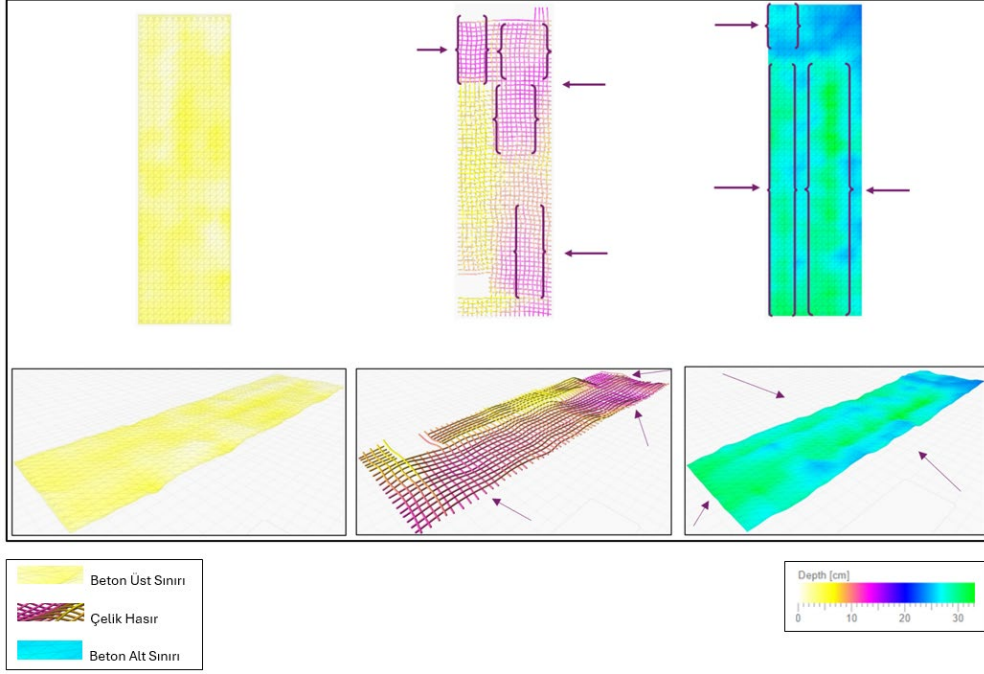
- Annan AP 2001, Ground penetrating radar workshop notes. Mississauga, Ontario: Sensors and Software Inc.
- Özdemir MB 2015, *Investigation Of Infrastructure Elements With Ground Penetrating Radar Method (Ktu Kanuni Campus)*, Master's Thesis, Karadeniz Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Geophysics Engineering Graduate Program, Trabzon.
- Tülek S 2023, *Python Based Modelling of Ground Penetrating Data*, Master's Thesis, Dokuz Eylül University, Institute of Science and Technology, İzmir.



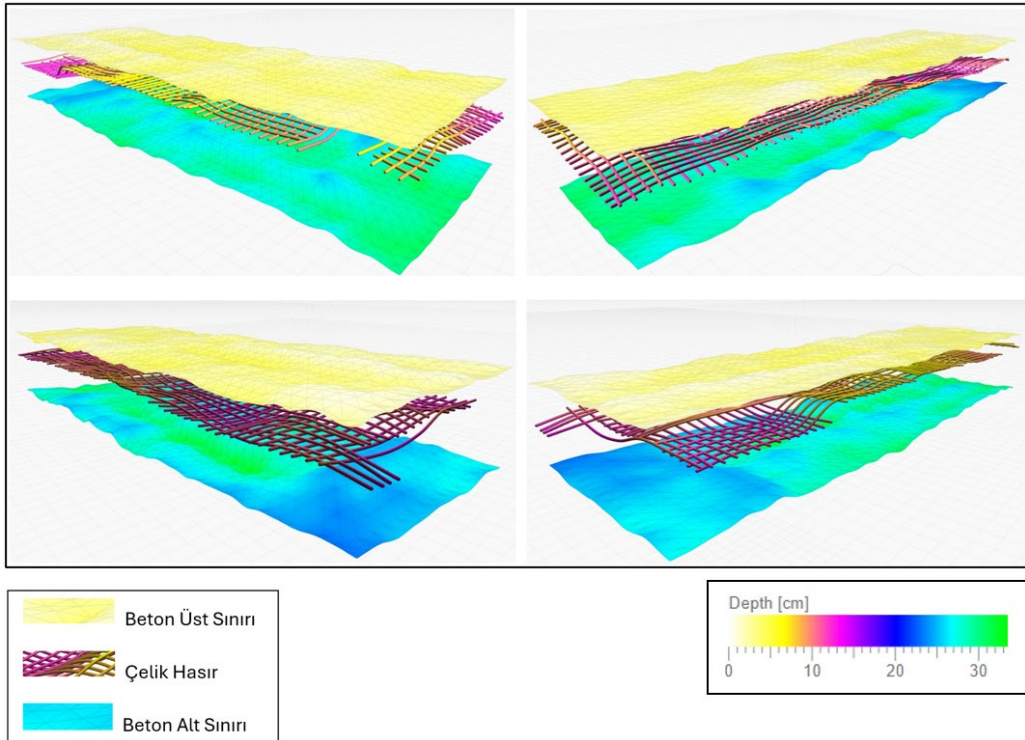
Şekil 1 İnceleme alanı ve ölçüm yönlerinin gösterimi



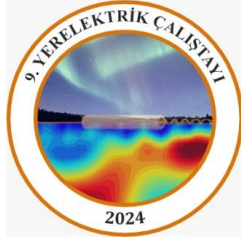
Şekil 2 Beton üst sınır (Sarı çizgi), alt sınır (kırmızı çizgi) ve çelik hasırların (mor noktalar) 2-Boyutlu radargramlar üzerinde gösterimi.



Şekil 3 Beton üst sınır, alt sınır ve çelik hasırlarda meydana gelen deformasyonların (mor ok işareti) 2 ve 3-Boyutlu derinlik haritaları.



Şekil 4 Beton üst sınır, alt sınır ve çelik hasırlarda meydana gelen deformasyonların 3-Boyutlu derinlik haritaları



9. YERELEKTRİK ÇALIŞTAYI



Spektral IP Parametrelerinin Zaman Ortamı IP Azalım Eğrilerinden Derin Öğrenme Uygulamasıyla Kestirilmesi

Estimation of Spectral IP Parameters from Time-Domain IP Decay Curves by Deep Learning Application

Alper YAŞAR^{*1}, N. Yıldırım GÜNDOĞDU²

^{1,2} Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Modelleme Grubu, Gölbaşı/Ankara

E-posta: alperysr_@hotmail.com

*Sunumu yapacak yazar

ÖZ

Yapay uçuşma (IP) yöntemi, özellikle sülfürlü maden aramalarında, çevre jeofiziği ve hidrojeofizik araştırmalarda yaygın olarak kullanılan bir jeofizik elektrik yöntemidir. YU ölçüleri zaman (TDIP) ve frekans ortamında (FDIP) toplanabilir. Çoklu frekans ölçü tekniği olarak bilinen spektral IP (SIP) yöntemi farklı mineral türlerinin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, SIP ölçü tekniği model bağıntısı Cole-Cole denklemi ile üretilen yapay veriler kullanılarak, SIP parametreleri olan zaman sabiti ve frekans bağılı parametrelerinin kestirimi için bir derin öğrenme algoritması geliştirilmiştir. Derin öğrenme algoritması olarak 1B CNN (Konvolüsyonel Sinir Ağı) kullanılmıştır. Cole-Cole denkleminde 98 adet zaman sabiti, 91 adet frekans bağılı kullanılarak 8918 adet yapay azalım eğrisi üretilmiştir. Bunlardan 6000'i algoritmanın eğitilmesi, 2272'si algoritmanın test edilmesi için kullanılmıştır. Kalan 640 adet azalım eğrisi ile de algoritmanın doğruluğu saptanmıştır. Geliştirilen derin öğrenme algoritması ile elde edilen sonuçlar ile yapay verinin parametreleri karşılaştırılıp hata oranı gözlemlenmiştir. Derin öğrenme ile gerçek veri parametreleri kullanılarak azalım eğrileri çizdirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak SIP parametreleri, TDIP azalım eğrilerinden derin öğrenme uygulamasıyla kestirilmiştir ve sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay uçuşma, Spektral IP, Cole-Cole, Derin öğrenme

ABSTRACT

The induced polarization (IP) method is a widely used geophysical electrical method, especially in sulphide mineral exploration, environmental geophysics and hydrogeophysical research. IP measurements can be collected in time domain (TDIP) and frequency domain (FDIP). Spectral IP (SIP) method, also known as multi-frequency measurement technique, is used to discriminate different mineral types. In this study, a deep learning algorithm is developed for the estimation of SIP parameters, which are time constant and frequency dependent parameters, using synthetic data generated by the Cole-Cole equation of the SIP measurement technique model relation. A 1D CNN (Convolutional Neural Network) was used as a deep learning algorithm. Using 98 time constants and 91 frequency dependent parameters in the Cole-Cole equation, 8918 synthetic decay curves were generated. Of these, 6000 were used for training the algorithm and 2272 were used for testing the algorithm. The accuracy of the algorithm was determined with the remaining 640 decay curves. The results obtained with the developed deep learning algorithm were compared with the parameters of the artificial data and the error rate was observed. The results were compared between the deep learning and real data parameters and the results were compared. As a result, SIP parameters are estimated from TDIP decay curves using deep learning and the results are discussed.

Keywords: Induced polarization, Spectral IP, Cole-Cole, Deep learning