

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



### Araştırma Makalesi / Research Article


## JEOELEKTRİK VE JEODEZİK ÖLÇMELERLE HEYELANLARIN ZAMANSAL İZLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

### Examination on Temporal Monitoring of Landslides with Geoelectric and Geodetic Measurements

Ayşe YILMAZ TURGAL <sup>a</sup> & R. Cüneyt ERENOĞLU <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale - Türkiye

ayilmaz2186@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-3593-0710>

<sup>b</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale - Türkiye  
ceren@comu.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-8212-8379> (sorumlu yazar / corresponding author)

#### Makale Tariħçesi

Geliş 20 Mart 2019

Düzenleme 01 Nisan 2019

Kabul 05 Nisan 2019

#### Article History

Received 20 March 2019

Received in revised form 01 April 2019

Accepted 05 April 2019

#### Anahtar Kelimeler

Deformasyon, GPS, Heyelan, Modelleme, Özdirenç

#### Keywords

Deformation, GPS, Landslide, Modelling, Resistivity

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Yılmaz Turgal, A. & Erenoğlu, R.C.

(2019) Jeoelektrik ve Jeodezik

Ölçmelerle Heyelanların Zamansal

İzlenmesi Üzerine Bir İnceleme,

*Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2019

(2): 15 - 30

#### ÖZET

Bu çalışmada, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi yakınındaki bir bölgede meydana gelen aktif heyelanın incelenmesi amacıyla jeodezi ve jeofizik alanlarının ortak çalışması kapsamında arazi çalışması, veri değerlendirme ve modelleme gerçekleştirilmiştir. GPS (Küresel Konum Sistemi) teknolojisinin gelişmesiyle uydulardan yayılan ve eş zamanlı olarak alıcılarda toplanan kod ve faz ölçümleri yardımıyla gerçek zamanlı olarak yüksek doğrulukta konum belirlenmenin gerçekleştiği sistemler kullanılmaktadır. Yersel ölçme yöntemlerinin aksine konumlama hızlı, etkin ve ekonomik olarak gerçekleştiğinden yer bilimleri dâhil pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeodezik GPS yöntemi ile yeryüzündeki heyelanın hareketi yüksek doğrulukla tanımlanıp jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç yöntemiyle de yeraltında meydana gelen değişim ve kayma yüzeyinin yüzey altı geometrisi incelenerek analiz yapılmış ve heyelanın mekanizması ve etkileri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında iki aşamalı ölçüm alınmıştır. Ölçümlerin planlanmasında mevsimsel etkiler göz önüne alınmıştır. Ölçümlerde "Dipole-Dipole" elektrot dizilimi kullanılmış ve heyelanın kayma doğrultusunda bir hat üzerinde ölçüm alınmıştır. Bu ölçümler programlarla desteklenerek yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda kampanya tipi gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilecek jeodezik ve jeofiziksel modellemelerle heyelan alanının güncel hareketinin yönü ve büyüklüğünün yanısıra heyelanın kayma düzleminin konum ve tüm bu parametrelerin ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Yaz başında alınan elektrik özdirenç verileri kısmen yorumlandığında bölgede cm boyutunda kaymalar tespit edilmiş olup, zemin - yüzey ilişkisiyle doğrulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan çok elektrotlu Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) ölçümlerinin yeraltı litolojisinin tahmin edilmesinde ve kayma düzleminin yerinin tespit edilmesinde faydalı sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır.

#### ABSTRACT

In this study, a series of field study, data evaluation and modelling had been implemented as part of a joint work of geodesy and geophysics for the purpose of examining an active landslide in an area near Çanakkale Onsekiz Mart University Terzioğlu Campus. With the advance in GPS technology, systems that give the most accurate location in real time are being used with the help of code and phase evaluation that are gathered in real time in the receivers that are spreaded from satellites. It is commonly used in multiple fields including earth sciences because the locating is fast, efficient and economic unlike the terrestrial evaluating methods. With the geodetic GPS method, landslide movement on earth had been defined with high accuracy and with one of the geophysics method electric resistivity method, underground changes and sub-surface geometry of sliding landslide had been

analyzed by examining and mechanism and impact of landslide had been determined. Within the scope of the study, two phased evaluation had been obtained. Seasonal impacts had been considered in planning evaluations. "Dipole-Dipole" electrode array had been used and measurements had been made on a line in the direction of slip of the landslide. These measurements had been interpreted with the support of the programs. As a result of the study, position of the slip plane of the landslide and the relation of all these parameters had been revealed as well as the direction and magnitude of the current movement of the landslide area with the geodetic and geophysical models obtained from the campaign type measurements. When the electric resistivity data that were obtained in the beginning of the summer were interpreted, slides in cm size had been established in the area and they had been confirmed by ground- surface relation. It was concluded that multiple electrode DCR measurements that were used in this study might have given useful results to predict under-soil lithology and to establish to the location of the sliding base.

© 2019 Jeomorfoloji Derneği. Tm hakları saklıdır. All rights reserved.

## GİRİŐ

Yer kayması olarak da bilinen heyelanlar, ktle hareketleri arasında en etkili olanı ve en sık görülenidir. Yamaç dengesinin bozulması sonucu, yerçekiminin de etkisiyle alanın bir bölümünün (kayaların, ufalanmıŐ taŐların, toprağın ve büyük lde tabakaların) yamaç eğimi doğrultusunda hareket ederek Şekil ve yer deđiŐtirmesi olarak tanımlanabilir. Bu hareketler yamaçlarda, bazen yalnızca toprak tabakasının, bazen de bütün bir tepenin veya dağın aŐađıya doğru kayarak yer deđiŐtirmesine neden olurlar. Bu yer deđiŐtirme yalnız toprak tabakasını etkiliyorsa buna toprak kayması denir. Buna karŐılık, toprakla birlikte alttaki kayalar, örneğin yamacın bir kısmı yerinden koparak yer deđiŐtirmiŐse buna heyelan adı verilir (Varnes, 1978).

Biga Yarımadası'nda yer alan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi ve yakın çevresinde, bir süredir meydana gelen yapı stoğundaki aŐırı artıŐ ve topografik deđiŐimlerin sonrasında belirli alanlarda yüzeyde gözle görülebilir çatlak, kütle kayması gibi deformasyonlar ortaya çıkmıŐtır. Bu deđiŐimlerinin zamansal ve meknsal olarak izlenmesi heyelan biçiminde tanımlanmalarının yapılması ve gerekiyorsa önleyici tedbirlerin alınması önem taŐımaktadır. Meknsal izlenme kapsamında yüksek doğruluklu sonuçlar veren bir yöntemin seçilmesi heyelan karakteristiğinin ve sınırlarının hatasız biçimde belirlenmesini sağlamaktadır. Heyelan geometrisinin belirlenmesinin yanı sıra zemin ve yüzey iliŐkisinin somut olarak saptanabilmesi için jeofizik yöntemler kullanılmalıdır. Yeraltı su

seviyesinin ve yer yapısının belirlenebilmesi amacıyla özdirenç yönteminin kullanılması amaçlanmıŐtır. Sözü edilen bu ölçmeler birbirini izleyen farklı dönemlerde gerçekleŐtirilerek her bir lme dönemi için saptama, ardıŐık dönemlerin karŐılaŐtırılması sonucunda da deđiŐimin izlenmesi hedeflenmektedir. Böylece yer ve yüzey iliŐkisini ortaya koyacak yüksek konum doğruluğunda bir heyelan modeli oluŐturulacaktır. Belirtilen bu model sayesinde aktif heyelanların izlenmesi ve önleyici tedbirlerin alınabilmesi noktasında etkin olarak uygulanabilecek bir yaklaŐımın oluŐturulması hedeflenmektedir (Uyanık & Çatlıoğlu, 2014).

Yer kaymalarının jeofizik yöntemlerle belirlenebilmesi için geliŐme ve oluŐma süreci içinde kayan kütlenin çevreye göre bir takım fiziksel özellik deđiŐimi yaratan baŐlıca etmen sudur. Zaman içinde bölgede su birikmesi, yerde deđiŐimler yaratır. Zaman içinde, suya doygunluk arttıa, elektrik iletkenlikte artıŐ, yerekiminde ve mıknaıslanmada düŐüŐ, doğal ulaŐmada (polarizasyonda) düŐüŐ, sismik dalga geçiŐ hızında yavaŐlama, yer titreŐiminde sıklaŐma ve genlik büyümesi, yerde uzama gözlenir. Jeofizik yöntemler, kayma zonu ve altındaki yapının fiziksel boyutlarını ortaya çıkarmakta önemli fırsatlar sunmaktadır (Bogolosky & Ogilvy, 1977). Elektrik zdiren çalıŐmaları, suya doygun ve kuru formasyonlar arasında ve farklı litolojik birimler arasındaki özdirenç zıtlığını belirleyebilmek amacıyla yapılmaktadır (Zhdanov & Keller, 1994). Bu alıŐma çerçevesinde olası heyelan tehdidi altındaki bölgede kayma yüzeyi ta bölgesinin



tanımlanması ve tali heyelan aynalarının belirlenmesine çalışılacaktır. Bu amaçla önceki bölümde tanımlanan jeofizik ve jeodezik yöntemlerden yararlanılacaktır. GPS ve elektrik özdirenç yöntemleri bu çalışma kapsamında uygulanacak yöntemlerdir. GPS verileri kullanarak heyelanın bulunduğu alanda yeryüzünde meydana gelen yapısal değişim gözlenebilmektedir (Yceses vd., 2016). GPS çalışmalarıyla kod ve faz verileri elde edilecek

ve bu veriler uygun yazılımlarla modellenerek heyelanın analizi yapılabilmektedir. Ayrıca GPS kullanarak konumsal veri yönetimi, konumsal analiz ve grafik görüntüleme uzaktan algılamanın geniş alanlarda sağlanan bilgilerin etkileşimi sonucu olarak haritaların hazırlanması heyelan alanı hakkında hem hızlı hemde sağlıklı veri elde edilmesini sağlamaktadır (Zeybek, 2013).



şekil 1. Çalışma alanı, tesis edilen özdirenç profili ve çevredeki yapıların uydu görüntüsünde görünümü.



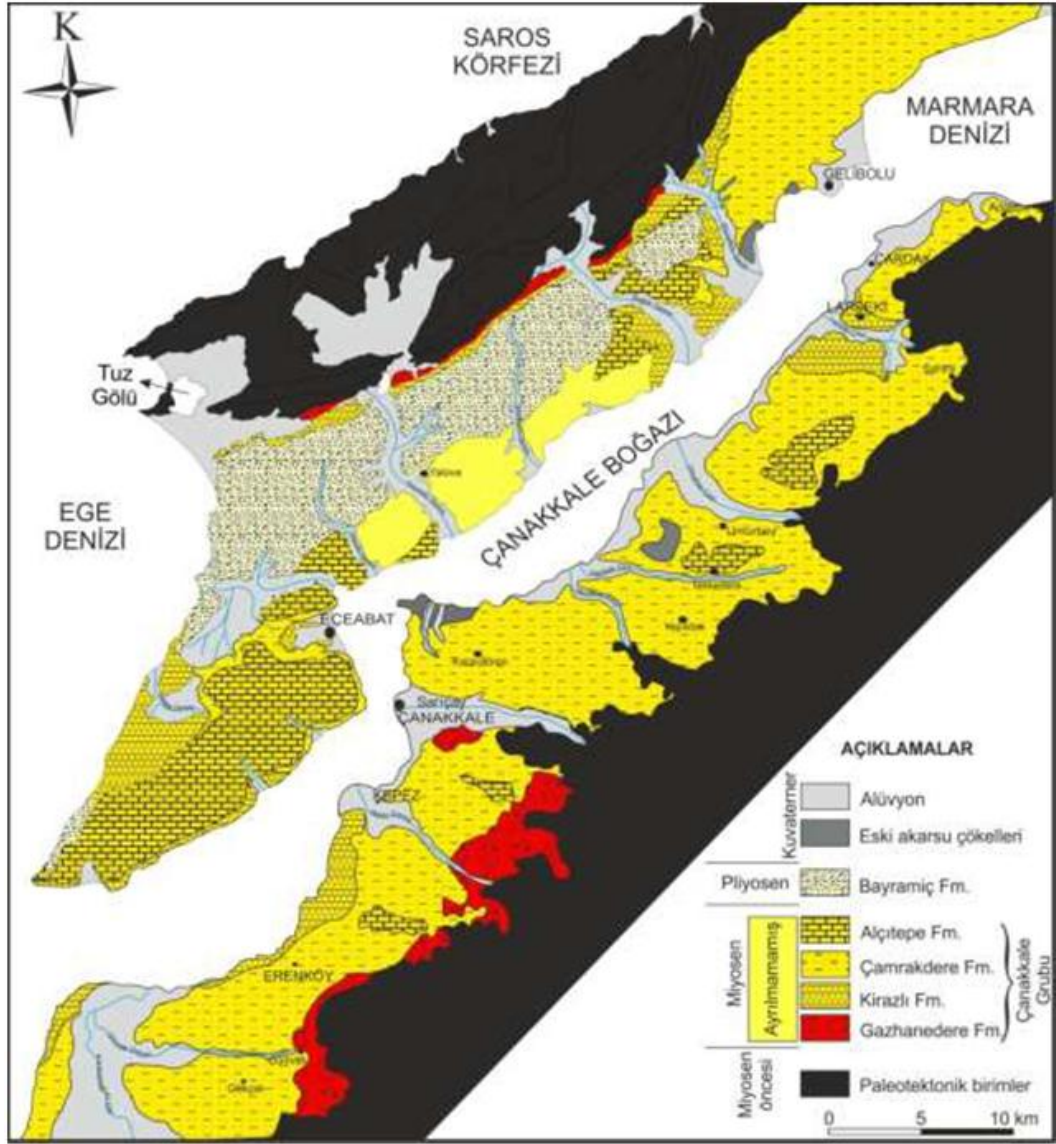
Foto 1. Heyelan sahasından güncel görünümler

### Çalışma Alanı ve Jeolojik zellikleri

Çalışma alanı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesinde 40°07'03" Kuzey ve 26°25'25" Doğu koordinatlarında yer almaktadır. Çalışma alanı, tesis edilen özdirenç

profili ile çevredeki yapıların uydu görüntüsünde görünümü şekil 1'de verilmektedir. Çalışma alanının heyelandan kaynaklanan yüzey kırıkları Foto 1'de gösterilmektedir.





**Şekil 2.** Biga ve Gelibolu Yarımadaı ve Çanakkale Boğazı yakınlarına ait jeoloji haritası (Atabey vd. 2004; Duru vd. 2012; Ilgar vd. 2008; 2012 ve Yiğitbaş. 2016'den değiştirilmiştir).

Çanakkale ilinin de üzerinde bulunduğu Biga yarımadasının jeolojik yapısı incelendiğinde; heyelan çekincesi (riski) bakımından iki önemli kesimin varlığı dikkati çekmektedir: Birinci grupta altta birkaç bin metre kalınlığında Prekambriyen - Paleojen sonu aralığında gelişmiş bir temel ve bunun üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan Miyosen ve daha genç örtü kayaları. İkinci grup kayalar Çanakkale ilinde önemli heyelan sorunlarının geliştiği duraysız alanları oluştururken birincisi, yani daha altta bulunan kesim, üstteki kaymaya meyilli kayalar altında sabit ve sağlam bir temel oluşturmaktadır (Duru vd., 2012; Yiğitbaş, 2016). Böylece bir bakır tepsi ile üzerindeki sünek hamur gibi tepsinin konumu değiştikçe veya duraylılığı bozuldukça üzerindeki malzeme değişik hız ve boyutlarda harekete

geçmekte, irili-ufaklı heyelanlar/kütle hareketleri oluşmaktadır (Atabey vd., 2004). Çoğu yerde krip benzeri çok yavaş seyreden bu hareketler Miyosen istifinin tabanından itibaren gelişmektedir. Çok derinde olan (yer yer 300 m'den daha derin) Miyosen istifinin tabanından itibaren gelişen bu hareketliliğin durdurulmasının mümkün olmaması nedeniyle de yüzeysel kütle hareketlerinin rutin uygulamalarla durdurulması kalıcı olarak mümkün görülmemektedir. (Yiğitbaş, 2016). Şekil 2'de Çanakkale İli Jeoloji Haritası üzerinde işaretlenmiş olan çalışma alanı görülmektedir. Çanakkale ilinde meydana gelen heyelanlar ile ilgili ve özellikle ERT yönteminin kullanıldığı birçok çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Perinçek, 2008; Erginal vd., 2009; Bekler vd., 2011).

## VERİ ve YÖNTEM

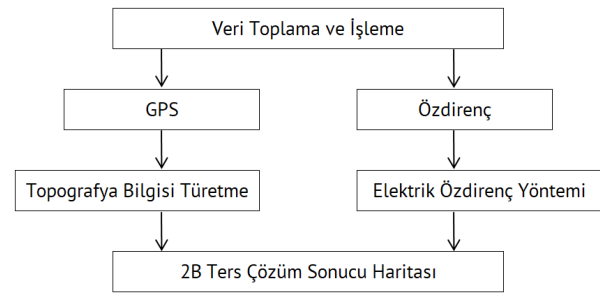
Özellikle eğimli topoğrafyada kütleli kayma geriliminin malzemenin kayma dayanımını aştığında kaya, enkaz veya toprak kütlelerinin hareketi olarak ortaya çıkan heyelan afetinin yer yüzeyi üzerindeki etkileri jeodezik yöntemlerle izlenebilmektedir. Bunun yanı sıra yeraltı değişimlerini gözler önüne sermesi amacıyla jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç yöntemine başvurulmuştur. Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yönteminde yerin gerilim farkının ölçülmesi, zemine çakılan iki adet elektrot (akım elektrotları) yardımıyla zemine akım verilmesi ve farklı iki adet elektrot (potansiyel elektrotları) kullanılmasıyla da voltaj (potansiyel) farkının ölçülmesi esasına dayanır (Öztürk, 2002). Çalışma kapsamında iki aşamalı çalışma uygulanarak yaz başı ve yaz sonunda zeminin suya doygunluğu ve kuruluğu baz alınarak ölçüm yapılmıştır (Uyanık & Çatlıoğlu, 2014).

Çalışma kapsamında kullanılan yöntemin iş akış diyagramı Şekil 3'te verilmektedir. İş akışı, arazide veri toplama, GPS sistemiyle koordinatları belirleme ve Elektrik Özdirenç yöntemi uygulama aşamalarına dayanmaktadır. Bu çalışmada, belirtilen iş akışı ve uygun programlar kullanılarak yeraltı elektrik tomografi haritalarının üretilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma sonucunda kampanya tipi gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen jeodezik ve jeofiziksel modellemelerle heyelan alanının güncel hareketinin yönü ve büyüklüğünün yanısıra heyelanın kayma düzleminin konum ve tüm bu parametrelerin ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Şekil 4'te görüldüğü gibi üstteki kesit ilk dönem alınan ölçüler sonucu oluşturulan tomografi modelini, alttaki kesit ise ikinci dönem alınan ölçüler sonucu oluşturulan tomografi modelini göstermektedir.

Bu kapsamda toprağın özellikle suya doygun ve suya doygun olmayan zamanlarında ölçüm alınması temel alınarak yapılmıştır. Yaz başı ve yaz sonunda elektrik özdirenç yöntemi kullanılarak arazide ölçüm alınmıştır. Her arazi çalışmasında GPS ölçümleri yapılarak

noktaların kayma miktarları belirlenmiştir. 185 m uzunluğundaki profilde 37 tane elektrot 5 m aralıklarla kullanılarak Dipol-Dipol özdirenç yöntemi uygulanmıştır. Çok elektrotlu elektrik özdirenç aleti yardımıyla ölçüler kısa sürede sağlıklı bir şekilde alınmıştır. Yaz başında ve yaz sonunda toprağın suya doygunluğu ve kuruluğu göz önünde tutularak ölçümler alınmıştır. Araziden toplanan veriler uygun yazılımlarla haritalanarak heyelanın kayma yüzeyi, kayma düzlemi gibi faktörler incelenmiştir.



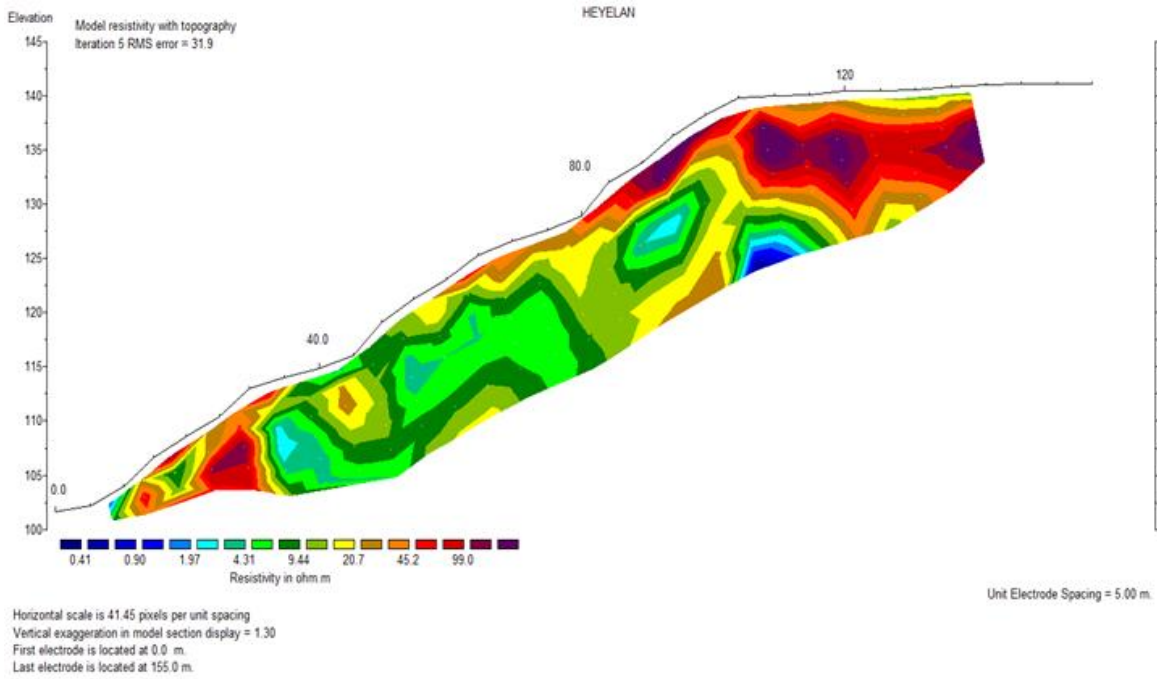
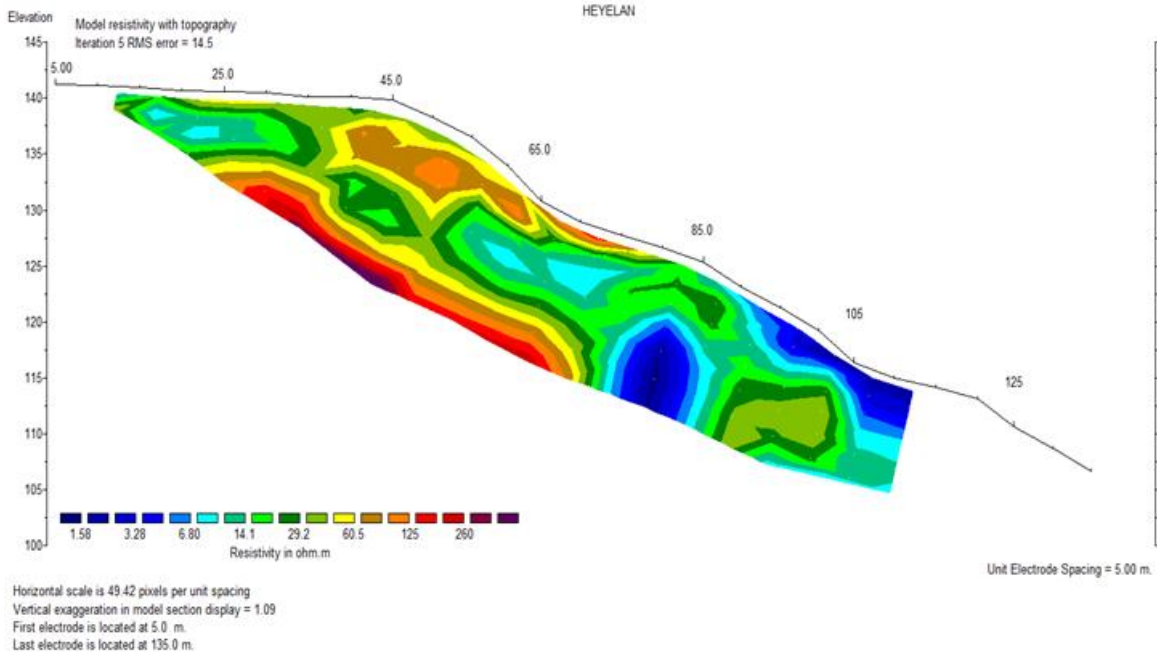
Şekil 3. Çalışmada uygulanan yöntemlerin iş akış diyagramı

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı dönemlere ilişkin elde edilen elektrik özdirenç tomografi görüntüleri irdelendiğinde bölgenin genel olarak sarı-krem renkli, genellikle masif, yer yer ince tabakalı, iyi çimentolanmamış kumtaşı ve çakıltaşı birimleri yer elektrik kesitlerinde göreceli olarak yüksek özdirençle karakterize olduğu görülmektedir. Bölgede düşük özdirençle temsil edilen suya doygun birimler ile birlikte iyi tutturulmamış kumtaşı ve siltaşları özellikle yoğun yağışların ardından heyelan hareketini kolaylaştırdığı biçiminde yorumlanabilir. Ayrıca elde edilen sonuçlar yanal ve düşey süreksizlikler gibi heyelan yapılarına ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Sözelimi kayan ve yüzeyde biriken, pekleşmemiş siğ yapı da kesitlerde yüksek özdirenç değerleri ile karakterize edilirken jeolojik birimlerdeki ayrışma, kil varlığı ve suyaduygun ortam düşük özdirenç değerleriyle ifade edilmektedir. Bununla birlikte siğ yapılar, heyelan alanına ilişkin üretilen iki boyutlu kesitte düşük P-

dalga hızı ile tanımlanmıştır. İlerleyen dönemlerde sürdürülmesi planlanan

ölçmelerle birlikte heyelan sürecinin izlenmesindeki devamlılık sağlanmış olacaktır.



**Şekil 4.** Elektrik Özdirenç Tomografi Görüntüleri: 23.04.2018 tarihinde alınan jeodezik ve jeofiziksel arazi verileri sonucu oluşturulan harita (üstte), 06.03.2019 tarihinde alınan arazi verileri sonucu oluşturulan düşey akım özdirenç (altta).

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2018-1111). Ayrıca yapıcı

eleştiri ve önerileriyle çalışmanın bilimsel kalitesine katkı sağlayan editör ve iki hakeme de teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Atabey, E., Ilgar, A. & Sakıtaş, A. (2004) Çanakkale Havzasının Orta-Üst Miosen Stratigrafisi, Çanakkale, KB Türkiye. MTA Dergisi, 128: 79-97.
- Bekler, T., Ekinci, Y.L., Demirci, A., Erginal, A.E. & Ertekin, C. (2011) Characterization of a Landslide Using Seismic Refraction, Electrical Resistivity and Hydrometer Methods, Adatepe-Çanakkale, NW Turkey. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 16(3): 115-126.
- Bogoslovsky, V.A. & Ogilvy, A.A. (1977) Geophysical Methods For The Investigation Of Landslides Geophysics, Volume 42, Issue 3, pp. 562-571.
- Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A., Pehlivan, ř. & Akçay, A. E. (2012) Biga Yarımadası'nın Jeoloji ve Yeraltı Kaynakları Haritası. In: Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi No-28.
- Erginal, A.E., Öztürk, B., Ekinci, Y.L. & Demirci, A. (2009) Investigation of the nature of slip surface using geochemical analyses and 2-D electrical resistivity tomography: a case study from Lapseki area, NW Turkey. Environmental Geology, 58(6): 1167-1175.
- Ilgar, A., Sezen Demirci, E., Duru, M., Pehlivan, ř., Dönmez, M. & Akçay, A.E. (2008) 1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:100, Çanakkale H15 – H16 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayınları, Ankara, 24 s.
- Öztürk, K. (2002) Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 2 35-50.
- Perinçek, D. (2008). Çanakkale Yöresi (KB Türkiye) Erenköy ve Güzelyalı Fosil Heyelanlarının Jeolojik ve Jeomorfolojik Analizi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 61(3): 241 - 268.
- Uyanık, O. & Çatlıoğlu, B. (2014) Elektrik Özdirenç ve Sismik Kırılma Yöntemlerinden Heyelan Geometrisinin Belirlenmesi. süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(3): 22-29.
- Varnes, D.J. (1978) Slope movement types and processes. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
- Yüceses, O., Erenoğlu, R.C. & Erenoğlu, O. (2016) GPS/GNSS Verileriyle Heyelanların CBS Ortamında Üç Boyutlu Modellenmesi ve Analizi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Yigitbas, E. (2016) Jeolojik-Antropojenik Sebep-Sonuç İlişkileri Açısından Çanakkale Heyelanlarına Toplu Bakış.
- Zeybek, M. (2013) Heyelanların İzlenmesinde GNSS ve Yersel Lazer Tarama Tekniklerinin Birlikte Kullanılması. 138 Sayfa.
- Zhdanov, M. S. & Keller, G.V. (1994) The Geoelectrical Methods in Geophysical Exploration, Methods in Geochemistry and Geophysics. Elsevier. Amsterdam, London, New York, Tokyo.