

MİKROTREMOR VE ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI İLE ANAKAYA DERİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ: ANTAKYA ÖRNEĞİ

C. Kayıkçı¹, S. Karabulut², O. Özel² ve O. Tezel²

¹ Yüksek lisans öğrencisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul

² Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
Email: savask@istanbul.edu.tr

ÖZET:

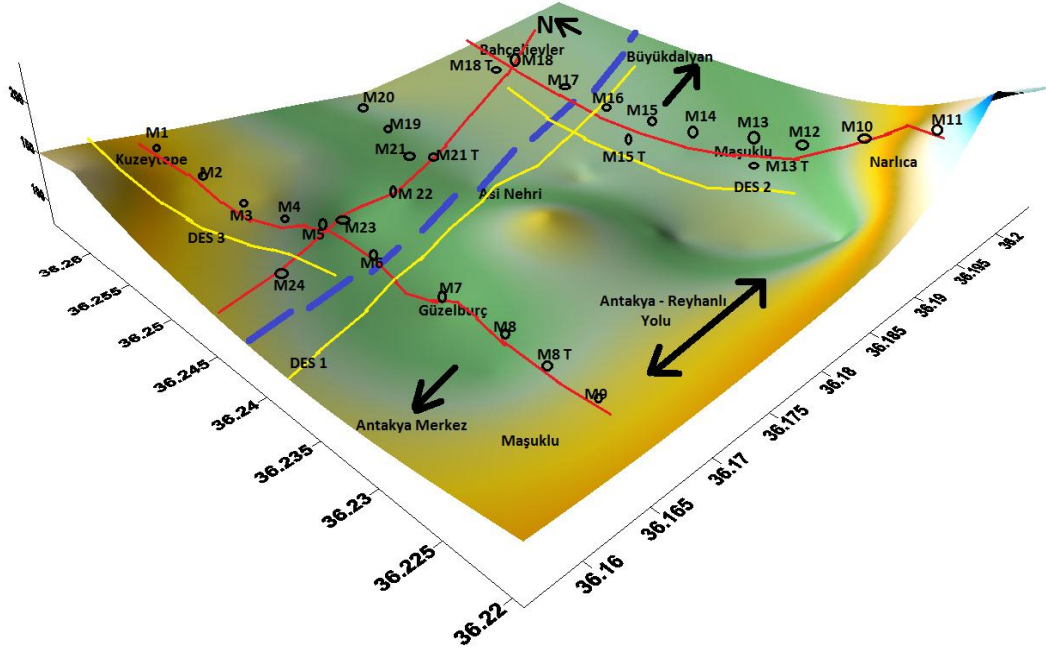
Kaynaklara göre Antakya, M.Ö. 300 civarında Büyük İskender'in komutanlarından Seleucus Nicator tarafından kurulmuştur. Geçmişten günümüze farklı bir çok kültüre ve millete ev sahipliği yapan Antakya, tarihsel kayıtlara göre büyük depremler nedeniyle 7 kez yıkılıp tekrar kurulmuş bir şehirdir. Bu depremlerden bilinen en önemlileri ise 13 Aralık 115, 342, 20 ve 29 Mayıs 526, 847 yıllarında meydana gelmiş ve yüzbine yakın can kaybına neden olmuştur. Antakya ili depremselliği yüksek ve oldukça aktif tektonik rejime sahip olan bir ilimizdir. Üç fay sisteminin birleştiği (Doğu Anadolu, Kıbrıs Helenik ve Ölü Deniz Fay Sistemleri) bu alan aynı zamanda ova üzerinde kurulmuş olmasından dolayı da büyük tehlike altındadır. 1985 Meksiko City, 1994 Northridge ve 1999 İzmit depremleri sırasında zeminde meydana hasarın nedenleri arasında en önemlisi olarak “yerel zemin etkisi (site effect)” olarak tanımlanan problem olarak görülmüştür. Bu etkinin ana nedenleri şehirlerin kurulduğu zeminin basen yapısı, topoğrafik durumu ve anakaya derinliği olarak tanımlanmıştır. Amik ovasında da böyle bir etkinin var olup olmadığını araştırılması amacıyla, Amik ovası üzerinde mikrotremor ve düşey elektrik sondajı verileri toplanarak şehrin anakaya derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Antakya ili, Kuzeytepe–Güzelburç–Maşuklu bölgelerinde 24 farklı noktada tek istasyon mikrotremor ölçümleri ve mikrotremor ölçüm noktaları kesen 3 farklı noktada düşey elektrik öz direnç ölçümleri alınmıştır. Çalışma alanı için öncelikle mikrotremor çalışmaları sonucu elde edilmiş zemin hâkim frekans değerleri ile hakim frekans haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında daha önceden yapılmış dizilim mikrotremor ölçümleri sonu elde edilmiş S-dalga hızı yapısı ve anakaya derinlik bilgisi de kullanılmıştır. Elektrik öz direnç yöntemi kullanılarak, çalışma alanı için ölçüm noktalarına ait anakayanın derinliği belirlenmiştir. Kullanılan iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve anakaya derinliği ile zemin hakim frekans değerleri arasında ilişkinin derecesi incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Mikrotremor, düşey elektrik öz direnç, S-dalga hızı, Anakaya derinliği, zemin hakim frekansı, Güzelburç (Antakya), yerel zemin etkisi.

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yanlış arazi kullanımı, doğal bir olay olan depremlerin afetle sonuçlanmasında neden olmaktadır. Yakın tarihimizdeki depremlerde en çok hasar, ana fay hattından uzakta olmalarına rağmen zemin özelliğindeki ovalarda gerçekleşmiştir. Tarihsel dönemdeki depremlerde de aynı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bugün Anadolu'da deprem geçirmiş medeniyetlerin binlerce yıllık eserleri, ovalar dışında dimdik ayakta dururken ovalar içerisinde neredeyse tek bir yapı kalmamıştır. Benzer bir durum Antakya'da da görülmüştür. Sağlam zeminlerden oluşan Habibineccar Dağ'ındaki tarihi surlar, şiddetli depremlere maruz kalmalarına rağmen günümüze kadar varlıklarını sürdürebildikleri halde aynı surların Asi Nehri boyunca zayıf zeminlerde yer alan bölümleri tamamen yok olmuştur. Bütün bunlar bir bölgede yerel zemin özellikleri ile deprem etkisi arasındaki

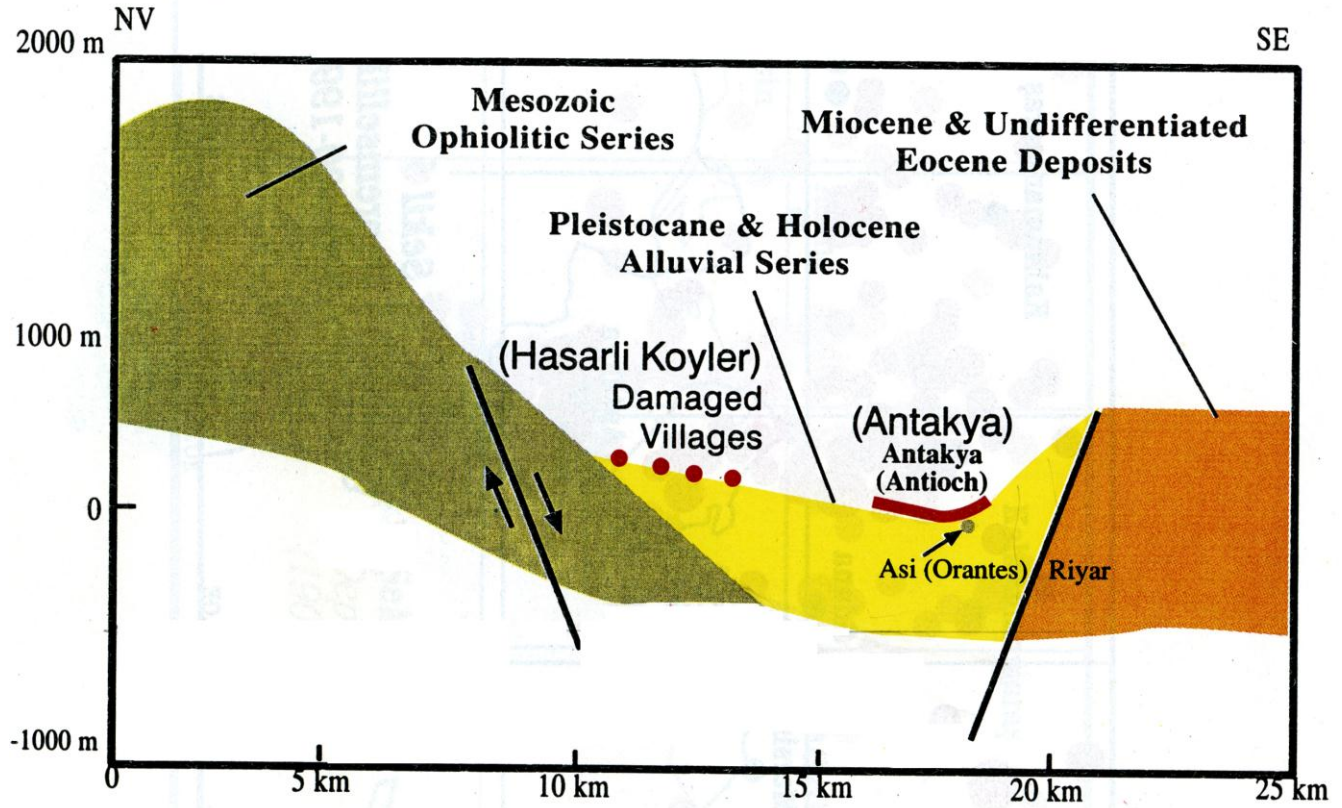
ilişkiyi ortaya koymuştur. Antakya'nın depremselliği (Över, 2010) ve mikrotremor verileri ile mikrobölgeleme çalışmalarından faydalanarak (Karabulut, 2005; 2012) tek istasyon mikrotremor ölçümleri sonucunda elde edilen veriler ile zemin hâkim frekans haritaları hazırlanmış ve Özel ve diğ., (2010) çalışmasından elde edilen S-dalgası hız yapısı bilgisi ile ortamın yapısı aydınlatılmaya çalışılmıştır. Hatay–Antakya 'da bulunan Kuzeytepe–Güzelburç–Maşuklu bölgelerinde yapılmış olan tek istasyon mikrotremor ölçümleri ve elektrik özdirenç yöntemi ile elde edilecek veriler sonucu bölgenin küçük çapta mikrobölgeleme haritasını oluşturmaktır. Çalışma alanı olarak seçilen alan KD-GB yönlü bir alüvyon basen üzerinde kurulmuş olup, mikrotremor ve Düşey Elektrik Ölçüm (DES) ölçümlerinin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının topoğrafyası üstüne ölçü noktalarını gösterir harita

1.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Hatay, Doğu Torosların güneye olan uzantısı, Amanos Dağları ile temsil edilir. Amanos Dağları, yaklaşık kuzey-güney gidişli bir dağ kuşağı olup, Alt Paleozoikten günümüze kadar yaygın bir çökel istifini kapsar. Antakya ve yakın çevresindeki temel kayalar Mesozoik yaşlıdır. Bunlar Amanos Dağları ile Kel Dağ yükselimlerinde görülür. Mesozoik birimler, karbonat istife ve ofiyolitlerle temsil edilir. Karbonat istife güneydeki Kel Dağı'nda rastlanır. Bunlar daha çok Jura yaşlı dolomitik kalkerlerden oluşur. Ofiyolitler ise Üst Kretase'de yöreye yerleşmiştir. Karbonatların üzerinde yer alan ofiyolitler; tektonit peridotit, kümülat gabro, diyabaz dayk kompleksi, yastık lav ve volkano-sedimanter birimlerinden oluşur (Yılmaz, 1984). Ofiyolitlerin üstünde ve özellikle Kel Dağı'nda, Üst Kretase yaşlı konglomera ve kumtaşları ile başlayan ve kalkerlerle son bulan çökel birimler yer alır. Çalışma bölgesi olan Kuzeytepe-Güzelburç-Maşuklu alanında, miyosen geniş bir yayılım gösterir. Miyosen sedimanları sığ ve derin deniz fasiyesi özellikleri göstermektedir. Miyosen katmanlarının genel doğrultu ve eğimi kuzey 30 derece doğu, 10-20 derece güneydoğudur. Miyosenin kalınlığı ölçülmüş stratigrafi kesitlerinde 1650 metre olarak bulunmuştur. Çalışma alanı olan Antakya'da Pliosen ve Holosen yaşlı Alüvyonal seriler gözükmemekte olup, temel kaya olarak Mezozoik ve Miyosen-Eosen yaşlı birimler bulunmaktadır (Şekil 2).

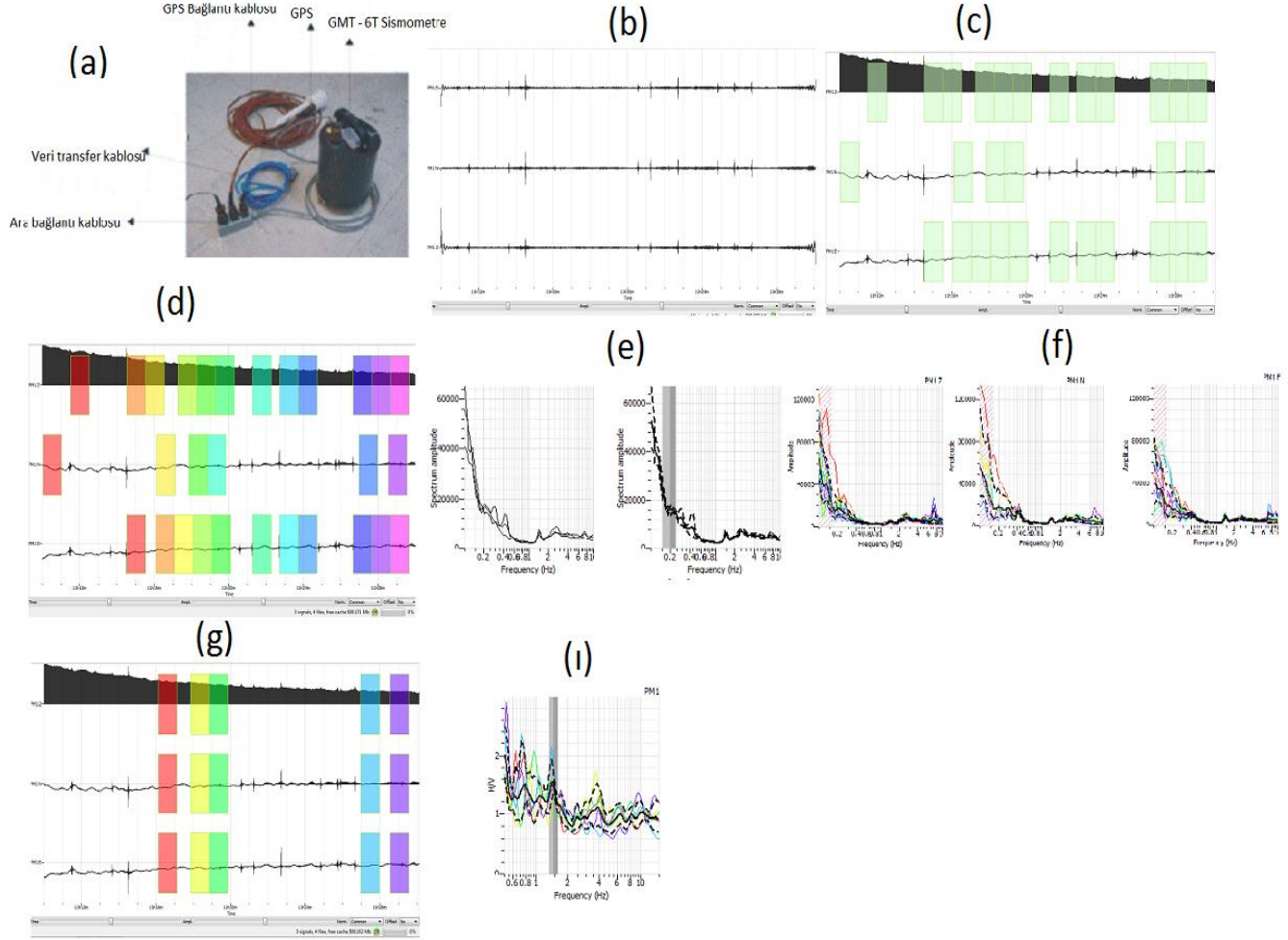


Şekil 2. Hatay ili jeolojisi (Erdik ve diğ., 1997)

2. YÖNTEM

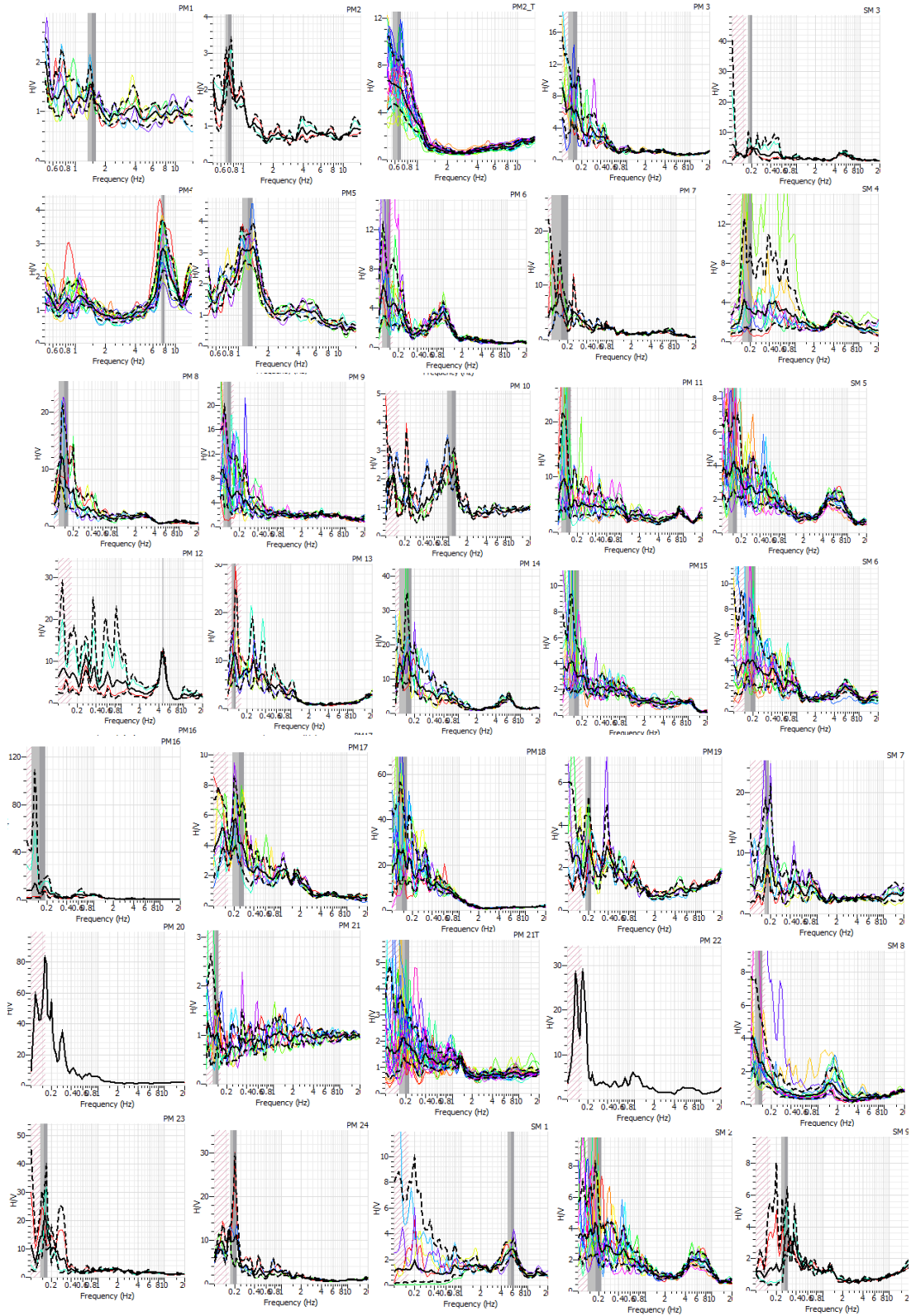
2.1. Mikrotremor Tek İstasyon Yöntemi

Mikrotremorlar düşük frekans ve genliğe sahip titreşimlerdir. Deprem sismolojisinde istenmeyen çevresel gürültüler, tek istasyon mikrotremor çalışmalarında sinyal olarak kullanılmaktadır. Tek istasyon mikrotremor yöntemi ekonomik ve uygulamada hızlı bir teknik olması nedeniyle zemin hakim (rezonans) frekansı ve zemin büyütmesini belirleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. 3-bileşen sismometre ile toplanan sinyalin, yatay/düşey genlik oranı alınarak frekansın fonksiyonu olarak çizdirilir. Bu analiz ile elde edilen spektral oran eğrilerinin değerlendirilmesi ile zemin hakim titreşim frekansı ve bu frekansa karşı gelen genlik büyütme oranı doğrudan saptanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan mikrotremor ölçüm cihazı Güralp CMG-6TD model sismograf olup (Şekil 3 a) her bir istasyonda 20 dakika süreyle mikrotremor ölçümleri toplanmıştır. Her bir ölçüm noktasında kayıt edilen veri Geopsy programında değerlendirilmiştir. Sırasıyla önce baseline ve trend düzeltmeleri yapılmış ve daha sonra 0.1-20 Hz aralığında bandpass filtre ile filtrelenmiştir. Filtrelenen veriye pencereleme uygulanarak Fourier spektrumları alınmış ve daha sonra H/V spektral oranları hesaplanmıştır (Şekil 3 b-c-d-e-f-g-h).



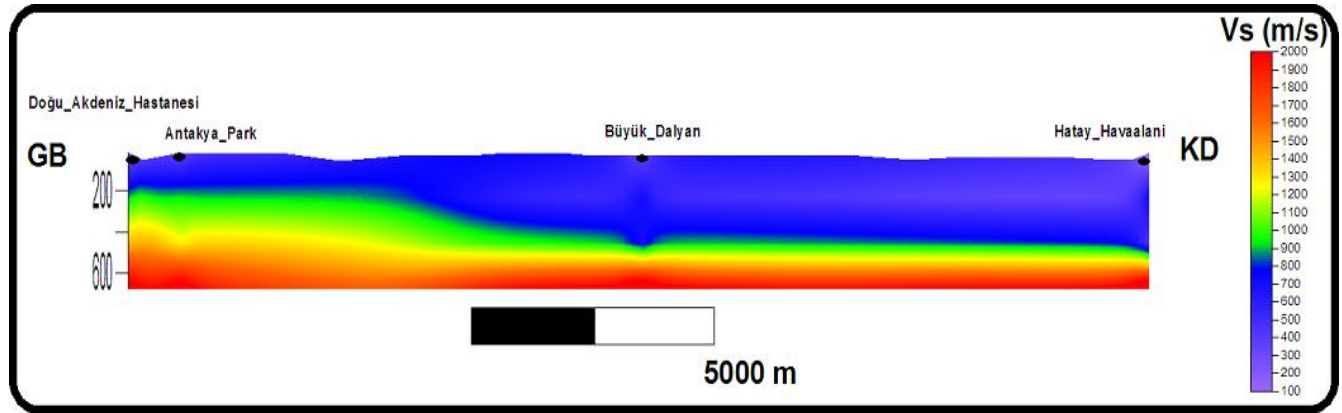
Şekil 3. Mikrotremor verisinin değerlendirilme aşamaları

Çalışma kapsamında düşey elektrik sondajı (DES) verileri de kullanılmış, değerlendirme de Başokur (2004) ve Tezel (1998)'in düşey elektrik sondaj verilerinin yorumlama yöntemlerinden yararlanılmıştır. DES verilerinin değerlendirilmesi ile çalışma alanının hız yapısını ortaya çıkarmada yardımcı olacak tabaka kalınlıkları ve dolayısıyla anakaya özelliği gösteren tabakanın özdirenç değeri ve kalınlığı belirlenmiştir. Bu şekilde tek istasyon mikrotremor ölçümü sayesinde elde edilen hakim frekans, düşey elektrik sondajı ile belirlenen tabaka kalınlıklarıyla korele edilip, hakim frekansın hangi derinliklere karşılık geldiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı içinde toplanan mikrotremor ölçümleri değerlendirilmiş ve elde edilen H/V oranları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Çalışma bölgesinde alınan mikrotremor ölçümlerinin H/V oranları.

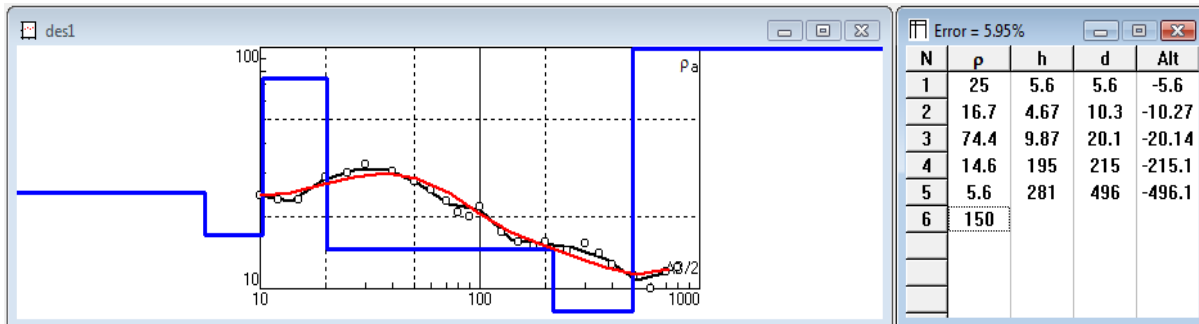
Mikrotremor tek istasyon yöntemi dışında, daha önceden Amik ovasında Özel ve diğ., (2010) tarafından yapılan mikrotremor dizilim yöntemi (SPAC) ile elde edilen kayma dalga hızı derinlik modeli (Şekil 5)'de verilmiştir. Antakya Park, Büyük Dalyan ve Hatay Havalimanında aldıkları dizilim mikrotremor ölçümlerinden el ettikleri modele göre Antakya Park'tan Büyük Dalyan'a doğru anakaya'nın derinliği artmakta olduğu ve Miyosen yaşlı birimlere karşılık geldiği düşünülen birimin kalınlığının ise azaldığı görülmüştür.



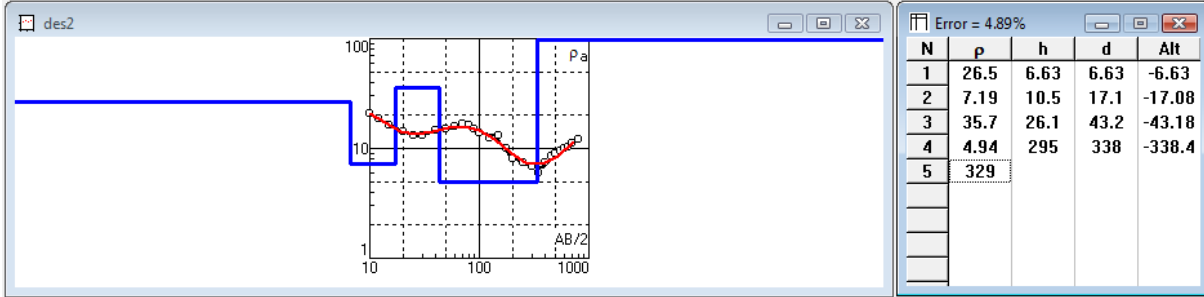
Şekil 5. Amik ovası üzerinde alınan mikrotremor dizilim ölçümlerinden alınan GB - KD kesit

2.2 Elektrik Özdirenç Yöntemi

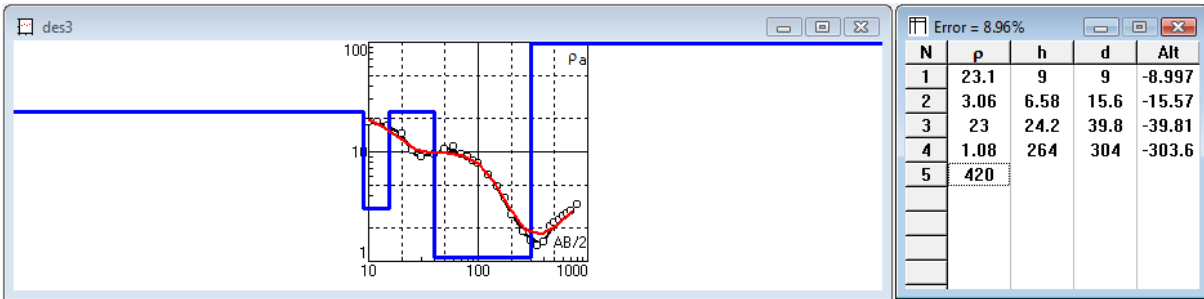
Elektrik özdirenç yönteminin esası, yere verilen doğru akımın yarattığı potansiyel alanın ölçülmesine dayanır. Yeraltındaki iletkenlik değişimleri, akım ve potansiyel alan ilişkisini etkiler. Elektrik özdirenç yöntemi; yeraltındaki iletkenlikleri farklı tabakaların özdirenç ve iletkenliklerinin belirlenmesinde, maden yataklarının özdirenç, derinlik ve yaklaşık şekillerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. DES yer yüzeyi üzerindeki tek bir noktadan aşağıya doğru derinlikle özdirenç değişimini ortaya koyar ve ilgili derinliklerdeki jeolojik bilgiyle korelasyonu sağlar. Bu çalışmada Scintrex Özdirenç-IP cihazı kullanılmıştır. Ölçüm profil uzunluğu yaklaşık $AB/2 = 1$ km olarak alınmıştır. 1 km uzunluğunda açılım ile yer altının yaklaşık 300 m derinliğin görülmesi sağlanmıştır. Elde edilen veriler IPI2WIN programında değerlendirilmiştir. Bölgenin hız yapısını ortaya çıkarmada yardımcı olacak tabaka kalınlıkları ve anakaya özelliğini gösteren tabakanın derinliği tespit edilmiştir. DES 1 ölçümü sonucu anakaya derinliğinin 496 m den başladığı saptanmıştır ve buna ilaveten 100 m derinlikte fay olabileceği tahmin edilmektedir (Şekil 6). DES2 ölçüm sonucu bize anakaya derinliğinin 338 m den başladığını göstermiştir (Şekil 7). Ayrıyetten 150 m dolaylarında fay olabileceği düşünülmektedir. Son olarak alınan DES 3 ölçümü ile anakaya derinliğinin 304 m den başladığı anlaşılmıştır (Şekil 8).



Şekil 6. DES1 ölçüm sonucu (Yükseklik 83 m)



Şekil 7. DES 2 ölçüm sonucu (Yükseklik 71 m)



Şekil 8. DES 3 ölçüm sonucu (Yükseklik 105 m)

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Aktif deprem kusağı üzerinde yer alan ülkemizde deprem sonucu oluşabilecek can ve mal kayıplarını önüne geçilmesi için zemin yapısının bilinmesi gerekmektedir. Amik ovası üzerinde mikrotremor ve düşey elektrik sondajı verileri toplanarak şehrin anakaya derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Antakya ili, Kuzeytepe–Güzelburç–Maşuklu bölgelerinde toplanan tek istasyon ölçümleri ve Amik ovası üzerinde toplanmış dizilim mikrotremor ölçümleri ve düşey elektrik öz direnç yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma alanı için öncelikle mikrotremor tek istasyon ölçümleri ile zeminin hâkim frekans değerlerindeki değişim incelenmiştir. Mikrotremor dizilim yöntemi kullanılarak çalışma alanı için S-dalga hızı yapısı ve anakaya derinliği belirlenmiştir. Elektrik öz direnç yöntemi kullanılarak, çalışma alanı için anakayanın derinliği ortaya çıkarılmıştır.

Alınan mikrotremor ölçümleri (tek istasyon ve dizilim yöntemleri) sonucu yapılan değerlendirmelerde frekans değerlerinin Kuzeytepe ve Maşuklu bölgelerinde fazla, Güzelburç bölgesinde düşük olduğu saptanmıştır. Frekansla derinliğin ters orantılı olmasından dolayı bu veriler bize bölgenin basen yapısında olduğunu göstermektedir. Elektrik öz direnç yöntemi ile elde edilen veriler Kuzeytepe civarındaki anakaya derinliğini 304 m, Maşuklu civarındaki derinliği 338 m ve Güzelburçta ki derinliği 496 m olarak vermiştir. DES ölçüm sonuçları da bu değerlendirmeyi destekleyici niteliktedir. Bununla beraber daha önceden Amik ovası üzerinde yapılan mikrotremor dizilim yöntemi ile alınan ölçümler geniş kapsamlı olup, bu çalışmayı destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. Alınan verilerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan değerler yapılan çalışmayı desteklemekte, Antakya'nın jeolojisinin bir basen yapısıyla temsil edilebileceğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Över S. 2010, Antakya 'nın Depremselliği, Tektonik Yapısı ve Zemin Hâkim Titreşim Periyot Haritasının Değerlendirilmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi.
- Karabulut, S., 2005, Büyükçekmece İlçesinde Mikrotremör Verileri ile Mikrobölgeleme Çalışmaları, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karabulut, S., 2012, İstanbul Kenti İçin Yer Tepkisi ve 3 Boyutlu (3-B) Kayma Dalga Hız (Vs) Yapısının Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul
- Başokur A.T. 2004, Düşey Elektrik Sondajı Verilerinin Yorumu [http://www.yerelektrik.net/dusey_elektrik_sondaji.pdf].
- Tezel O. 1998, Lineer Süzgeç Tasarımı ve Adapazarı Civarı Düşey Elektrik Sondaj Verilerine Uygulanması, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Kuran, U., Gürbüz. M. , Mirzaoğlu, M. , Şahinbaz, D. , Eravcı, B. ve Yaman, M. 2006, Antakya - Güzelburç Belediyesine ait Yerleşim Sahası Jeolojik ve Jeofizik Ön Etüt Raporu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, 3 - 6.
- Yıldız, H. , Taptık, M.A. 2003, Hatay İlinin Jeolojisi, MTA , 9 - 20.
- Hatay Valiliği Resmi Sitesi, Mayıs, 2010, [<http://www.hatay.gov.tr/>]
- Engin, Ö.B., 2010, Hatay Bölgesi için Deprem Tehlike Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Deprem ve Yapı Müh. A.B.D., Gebze yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze
- www.geopsy.org/download.php
- Erdik, M., D. Kalafat, A. Pınar, N. Aydınoglu, 1997. *Hatay Deprem Raporu*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Hatay Şubesi, 1997-1 Yayını (in Turkish).
- Ozel, O., Bikce M., Genes M.C., Durukal E., Over S., Safak E., 2010, "S-wave velocity structure of the Antakya Basin, Seismic Risk Assessment and Mitigation in Antakya-Maras Region on the Basis of Microzonation, Vulnerability and Preparedness Studies, 30 September- 2 October, 2010, Hatay.