GONAF PROJESİ
(Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi İçindeki Kısmında Derin Jeofizik Gözlemler)

R. F. KARTAL[1], T. KILIÇ[1], F. T. KADİRİOĞLU[2], M. NURLU[3], M. BOHNHOFF[4], G. DRESEN[4], F. BULUT[5], S. ZÜNBÜL[1], M. TÜRKOĞLU[6], K. YANIK[1], M. KAPLAN[1], M. DEMİR[7], D. KARAAĞAÇ[6], A. AKDENİZ ÖZKAN[6], A. EROL[6], B. F. TEMEL[6], E. ÖZER[6], F. ALVER[6], H. DİLEK[6], Ö. KILIÇARSLAN[6], P. E. MALIN[8]

[1]*Jeofizik Yük. Müh., Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No:12 Söğütözü 06510 Çankaya-ANKARA*

[2]*Jeoloji Yük. Müh., Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No:12 Söğütözü 06510 Çankaya-ANKARA*

[3]*Dr., Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No:12 Söğütözü 06510 Çankaya-ANKARA*

[4]*Prof. Dr., Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg D 424 D-14473 Potsdam-GERMANY*

[5]*Dr., Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg D 424 D-14473 Potsdam-GERMANY*

[6]*Jeofizik Müh., Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No:12 Söğütözü 06510 Çankaya-ANKARA*

[7]*Teknisyen, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No:12 Söğütözü 06510 Çankaya-ANKARA*

[8]*Prof. Dr.,Institute of Earth Science and Engineering, University of Auckland, Auckland-New Zealand*

Email: recai.kartal@afad.gov.tr

ÖZET:

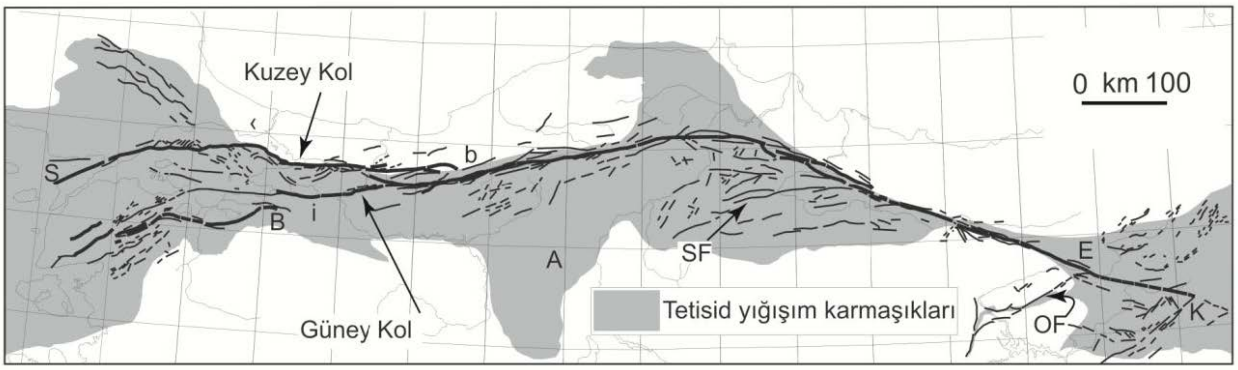
1939 Erzincan depremi ile başlayan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerindeki yıkıcı deprem serisi 1999 depremleri ile geçtiğimiz yüzyıl için sonlanmıştır. 1939 Erzincan depremi (Ms=7.9) ile Erzincan'dan Ezinepazar'ına kadar uzanan bir hat boyunca 360 km'lik yüzey kırığı gelişmiştir. 1939 Erzincan Depremini 1942, 1943, 1944, 1957, 1967, 1999 depremleri takip etmiştir. Bu depremlere bağlı olarak gelişen yüzey kırıkları İzmit Körfezine kadar devam etmiştir. Öte yandan 1912 Mürefte depremi, KAF'ın Marmara Denizi batısındaki devamını kırmıştır. Ancak KAF'ın Marmara Denizi içeriside kalan kısmı sismolojik açıdan suskunluğunu korumaktadır. Beklenen Marmara Depremi öncesinde fayın kırılma sürecindeki mikro sismik (M<=1.0) aktivitesinin değişimini ve fiziksel süreçlerini gözlemek amacı ile GONAF Projesi başlatılmıştır. Türkiye'de ilk kez gerçekleştirilecek olan proje kapsamında, 8 ayrı noktada açılacak kuyulara borehole sismometreler yerleştirilecektir. İstasyonların konuşlandırılacağı lokasyonlar, Yalova (5 istasyon) ve İstanbul (3 istasyon) il sınırları olarak belirlenmiştir. İlk istasyon İstanbul İli Tuzla ilçesinde tamamlanmış ve veri alınmaya başlanmıştır.

Sunulan bu çalışma ile Proje hakkında bilgi verilecektir.

ANAHTAR KELİMELER : GONAF, borehole, Kuzey Anadolu Fayı.

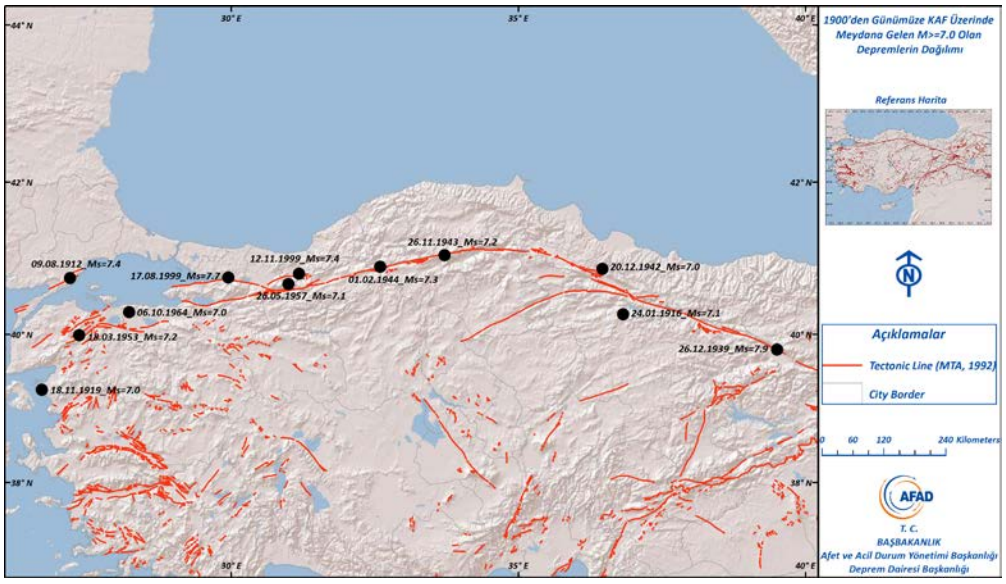
1. KUZEY ANADOLU FAYI VE ALETSEL DÖNEM DEPREM ETKİNLİĞİ

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) (Şekil 1), Kuzey Türkiye'de, orta seviyedeki doğrultu atımca baskın bir deformasyon kuşağının şekillenmesi ile oluşan (Ketin 1948, Şengör 1979a; kerojen için, Şengör & Natal'in 1996, s. 639, not 8'e bakınız), dünyadaki en geniş aktif doğrultu atımlı faylardan birisidir. KAF, Ege Denizi'nin kuzeyinde Saros Körfezi'nden Doğu Türkiye'de Karlıova kasabasına kadar, kabaca Karadeniz güney sahiline paralel bir şekilde yaklaşık 1200 km boyunca uzanır. Kıyıya kabaca 100 km uzaklıkta düzenli bir şekilde devam eder ve Ege Tafrojeni (Taymaz ve diğ. 1991, Özeren 2002, Yılmaz ve diğ. 2002) ile Doğu Anadolu Yüksek Platosunu (Şaroğlu 1985, Koçyiğit ve diğ. 2001, Şengör ve diğ. 2003) birleştirir (Şengör ve diğ. 2005).



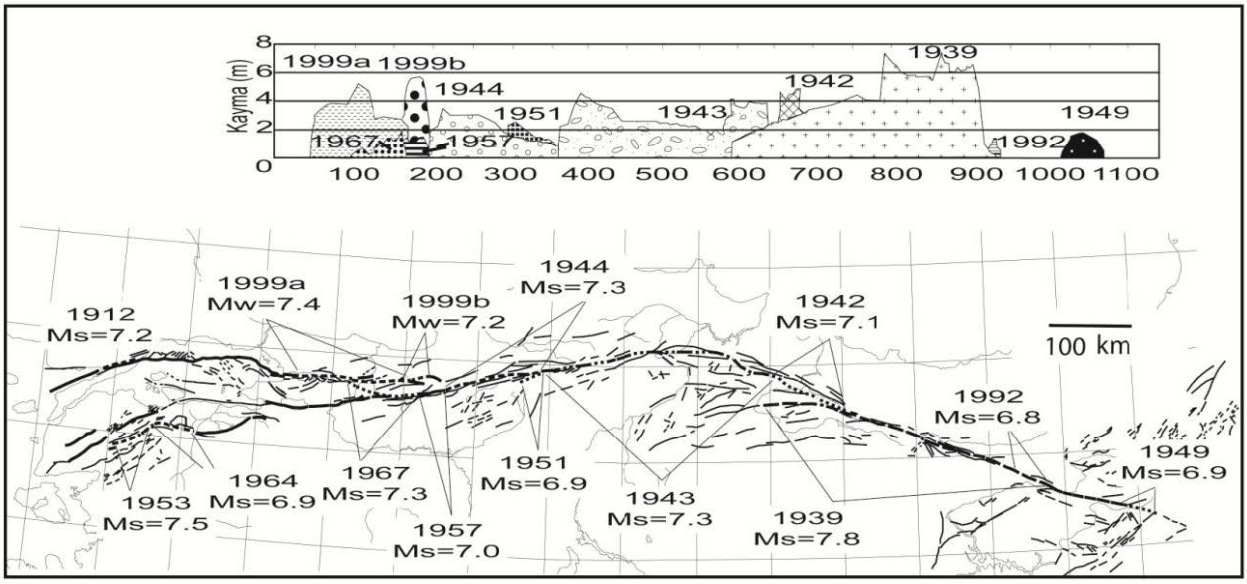
Şekil 1. Kuzey Anadolu Kerojeni (KAK) (Şengör ve diğ. 2005).

KAF'ın doğrultu atımlı sağ yönlü bir fay zonu olduğu, ilk kez 27 Aralık 1939 büyük Erzincan depreminden ve onu izleyen 1942, 1943 ve 1944 depremlerinden sonra anlaşılmıştır (Ketin 1948). 1939 Erzincan depremi ile başlayan KAF üzerindeki yıkıcı deprem serisi 1999 depremleri ile geçtiğimiz yüzyıl için sonlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Aletsel dönemde KAF üzerinde meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 7.0 ve daha büyük olan depremlerin dağılımı.

KAF üzerinde meydana gelen yıkıcı depremlerin oluşturduğu yüzey kırıkları ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar, Şengör ve diğ. (2005) tarafından derlenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. 26 Aralık 1939 Erzincan depreminden bu yana KAF boyunca fay ötelenmeleri ve ilgili depremler (Şengör ve diğ. 2005).

1939 depreminde KAF'ın 340 km'lik kısmı kırılmış ve Reşadiye ilçesindeki yer değiştirme miktarı 3.70 m olarak ölçülmüştür. 1942 depreminde 40 km'lik kısım kırılmış ve 0.5 m yer değiştirme ölçülmüştür. 1943 depreminde ise KAF'ın 280 km'lik kısmı kırılmış, 90-100 cm'lik düşey atım, 1.5 m'lik yatay atım ölçülmüştür. 1944 Bolu-Gerede depreminde 180 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşmuş, 40-100 cm'lik düşey atım meydana gelmiş, Gerede ilçesinde 2-3 m, Bolu'nun güneyinde 3.5 m yatay yer değiştirme ölçülmüştür (Ketin 1969).

17 Ağustos 1999 depreminde Gölyaka-Karamürsel arasında uzanan yaklaşık 100-120 km'lik bölüm kırılmıştır. Depremdeki yer değiştirme 1.5-4.5 m olarak ölçülmüştür (Demirtaş ve diğ. 2000).

12 Kasım 1999 depremi, doğuda 17 Ağustos 1999 deprem kırığının doğu ucu olan Gölyaka ile batıda Bolu Viyadükleri arasında 35 km uzunlukta yüzey faylanmasına neden olmuş, doğu ve batı uçlardaki atım 1.5m-2.0 m olarak ölçülmüştür (Demirtaş ve diğ. 2000).

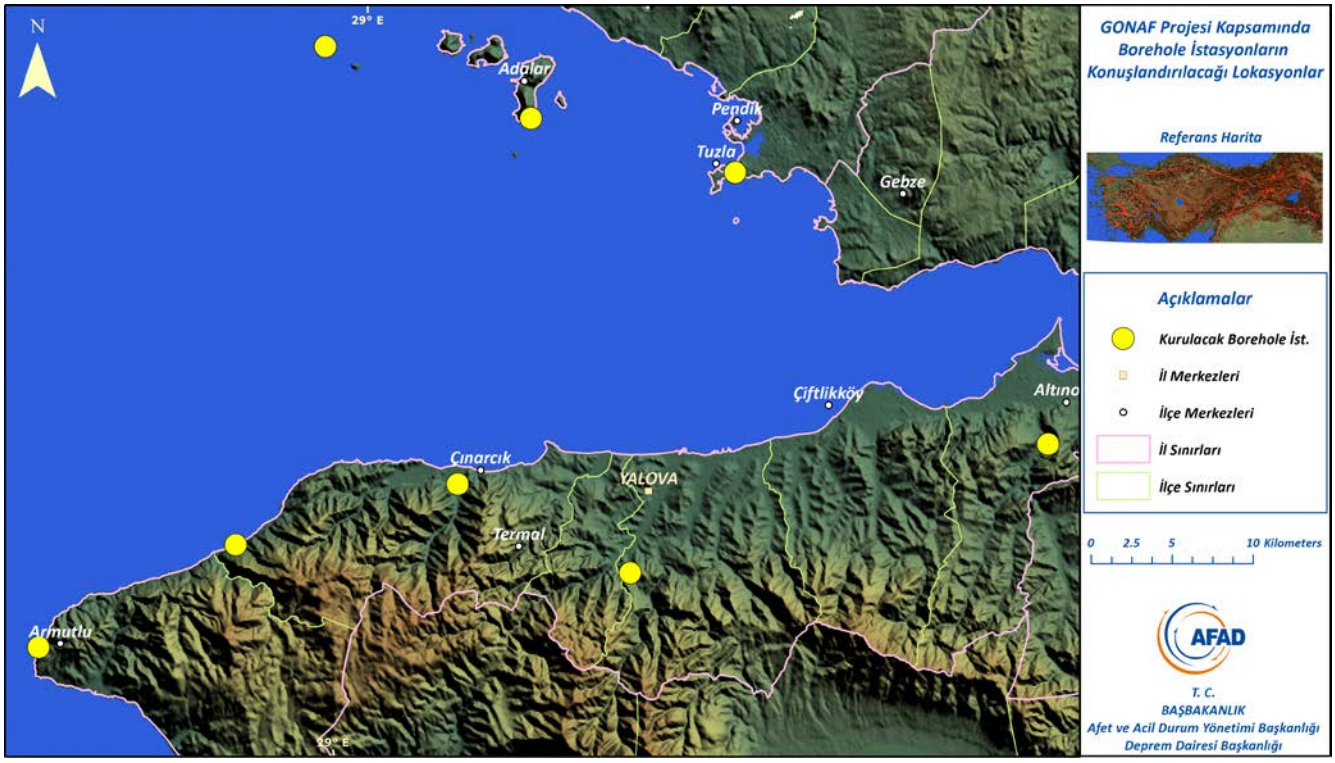
1939 depremi ile başlayan deprem göçü, Marmara Denizi içerisinde duraklamıştır. KAF'ın Marmara Bölgesi girişinde kuzey ve güney kol olarak ikiye ayrıldığı bilinmektedir (Şekil 1). 1912 Mürefte depremi ile KAF'ın Marmara Denizinin batısındaki uzantısı kırılmıştır. 1939 depremi ile başlayan ve 1999 depremleri ile geçtiğimiz yüzyıl için sonlanmış olan KAF'ın doğu kesimindeki kırılma, Marmara Denizi içerisine kadar ilerlemiştir. Bilim adamlarının ortak görüşü, beklenen Marmara depreminin KAF'ın kuzey kolu üzerinde gelişeceği yönündedir.

2. GONAF (a deep Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault) PROJESİ

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile Almanya Yer Bilimleri Enstitüsü GFZ (GeoForshungsZentrum) arasında 2011 yılında GONAF Projesi başlatılmıştır. Bu Proje ile KAF'ın Marmara Denizi içerisindeki Adalar Segmentinde, beklenen Marmara depremi öncesi ve sırasında meydana gelecek

fiziksel süreçlerin derin kuyu (borehole) sismometreleri yardımıyla incelenmesi hedeflenmektedir. Aynı zamanda, büyüklük algılama ölçeği önemli ölçüde azaltılmış ve yüksek çözünürlüklü deprem dağılım haritası ile mikrosismik aktivitenin gözlenmesi ve olası kırık boyunca çeşitli noktalarda kuyu sismik kayıtları kullanılarak büyük bir deprem dalgası yayılım özelliklerinin incelenmesi de projenin hedefleri arasındadır.

2011 yılında başlayan proje kapsamında ilk olarak borehole istasyonların konuşlandırılacağı lokasyonların belirlenmesi yönünde çalışılmıştır. Toplamda 8 istasyondan oluşacak borehole sismometre ağının lokasyonları; 3 istasyon Marmara Denizinin kuzeyinde, 5 istasyon Marmara Denizi güneyinde Yalova ili sınırları içerisinde olacak şekilde planlanmıştır. Bu plan çerçevesinde 2011 yılı içerisinde fizibilite çalışmaları tamamlanarak istasyonların konuşlandırılacağı lokasyonlar belirlenmiştir (Şekil 4).

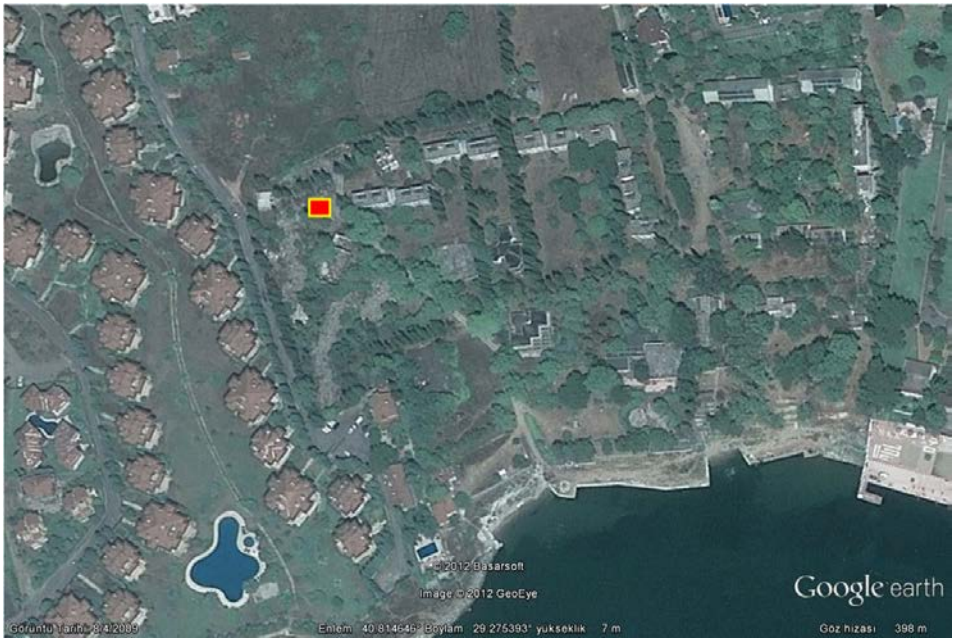


Şekil 4. GONAF Projesi kapsamında borehole istasyonların konuşlandırılacağı lokasyonlar.

2.1. Proje Toplantısı

Proje ile ilgili ayrıntıların görüşüldüğü toplantı 02-04 Mayıs 2012 tarihlerinde İstanbul'da gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). İlk istasyon yeri olarak Tuzla lokasyonu tercih edilmiştir (Şekil 6).

Şekil 5. GONAF Projesi kapsamında 02-04 Mayıs 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilen proje toplantısı.



Şekil 6. Tuzla'da konuşlandırılacak borehole istasyonuna ait google earth görüntüsü.

2.2. Tuzla İstasyonu

Tuzla'da açılacak olan kuyunun derinliği 300 m ve bu derinlikte sapma açısının en fazla 3° olacak şekilde sondaj işlemine başlanmıştır (Şekil 7). Belirli derinliklerde eğim ölçer (Şekil 8) ile kuyunun eğimi ölçülmüştür.

Şekil 7. Sondaj aşamaları.

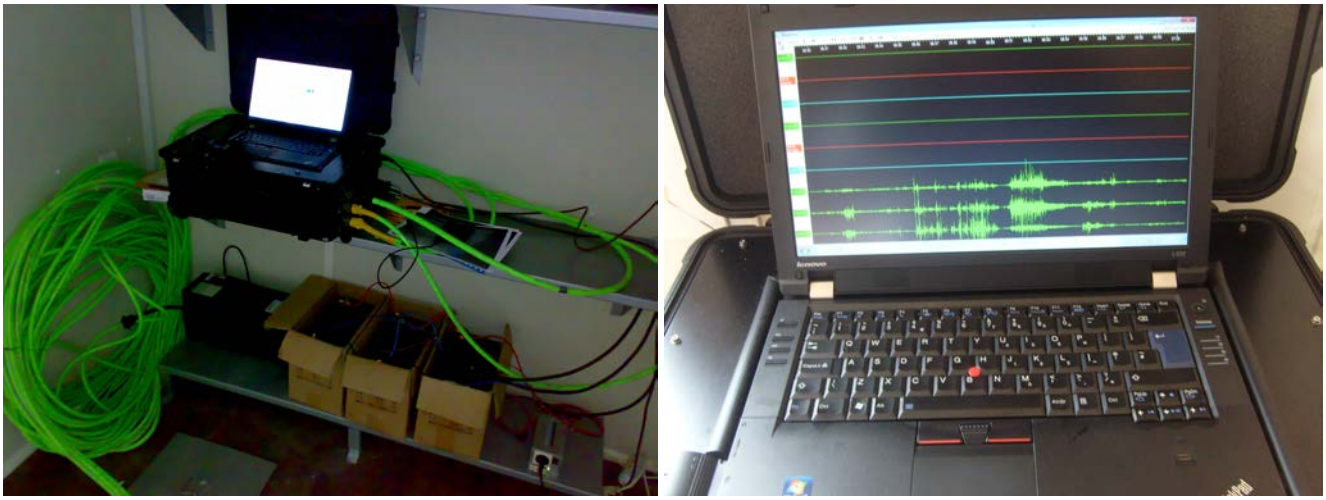
Şekil 8. Kuyu eğimlerini ölçmek için kullanılan eğim ölçer cihazı.

Sondaj işlemi yaklaşık 50 günde tamamlanmış ve 4 adet borehole sismometre kuyu içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 9). 2 Hz ve 15 Hz'lik üç bileşen borehole sismometreler bir tüp içerisinde olacak şekilde, 1 Hz'lik düşey bileşen borehole sismometreler tek tüp içerisinde olacak şekilde dizayn edilmiştir (Şekil 9).

Şekil 9. Borehole sismometreler.

İçerisinde 2 Hz ve 15 Hz borehole sismometre olan tüp 298 m'ye indirilmek üzere kuyu içerisinde kalacak olan boruya sabitlenmiştir (Şekil 10). Daha sonra her 75 m'de 1 adet 1 Hz'lik borehole sismometre olacak şekilde bütün cihazlar kuyu içerisine indirilerek sabitlenmiştir. Cihazların kuyu içerisine indirilmesi tamamlandıktan sonra açılan kuyu, çimentolanarak zeminle bütünleştirilmiştir. Kuyu içerisine indirilen cihazlara bağlı olan iletişim hattının, yüzeydeki 18 kanallı data loggera bağlanması ile sayısal ortamda sinyal kaydedilmeye başlanmıştır (Şekil 11). Böylece Tuzla istasyonu proje kapsamındaki ilk borehole istasyon olarak tamamlanmıştır (Şekil 12).

Şekil 10. 2 Hz ve 15 Hz üç bileşen borehole sismometrelerin bulunduğu tüpün kuyu içerisine indirilmesi çalışmalaraından bir görünüm.



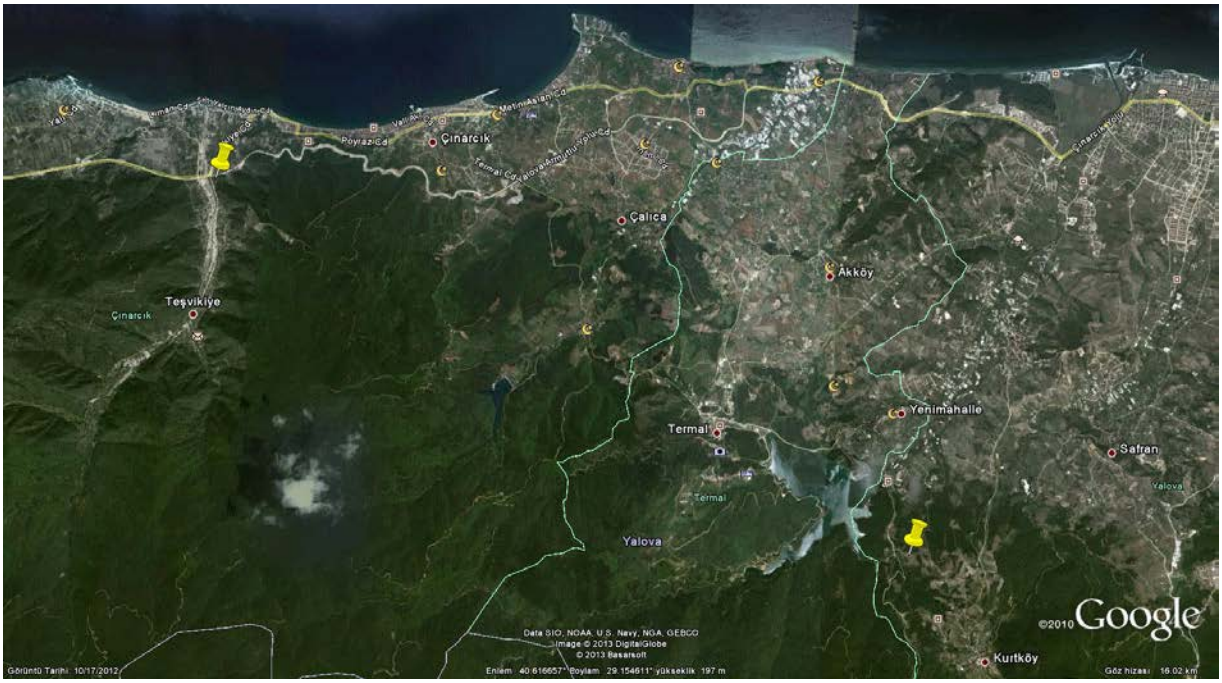
Şekil 11. Data logger.

Şekil 12. Proje kapsamında tamamlanan ilk borehole istasyon.

Tuzla istasyonunda kaydedilen veri AFAD Deprem Dairesi ve GFZ'ye gerçek zamanlı olarak akmaktadır. Proje kapsamındaki ilk istasyon olması nedeni ile şu ana kadar kaydedilen veri üzerinde yoğun testler yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

2.3. Projenin 2013 Yılı Programı

Proje kapsamında 2013 yılı içerisinde, Yalova'da belirlenen lokasyonlardan iki tanesinin tamamlanması hedeflenmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. 2013 yılı içerisinde kurulması planlanan istasyonlar.

KAYNAKLAR

Demirtaş, R., Erkmen, C., Yılmaz, R. (2000). Yüzey Faylanması. *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu*. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Demirtaş, R., Erkmen, C., Yaman, M. (2000). 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli. *12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu*. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Ketin, İ. (1948). Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. *Geol. Rund.* 36:77–83.

Ketin, İ. (1969). Kuzey Anadolu Fayı Hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi.* 72:1-27.

Koçyiğit, A., Rojay, B., Cihan, M., Özacar, A. (2001). The June 6, 2000 Orta (Çankırı, Turkey) earthquake: sourced from a new antithetic sinistral strike-slip structure of the North Anatolian Fault system, the Dodurga Fault Zone. *Turk. J. Earth Sci.* 10:69–82

Şaroğlu, F. (1985). Doğu Anadolu'nun Neotektonik Dönemde Jeolojik ve Yapısal Evrimi. PhD thesis. İstanbul Univ., Fen Bilim. Enst., İstanbul. 240 pp.+7 foldouts

Şengör, A. M. C. (1979a). The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London* 136:269–82.

Şengör, A. M. C., Natal'in B. A. (1996). Palaeotectonics of Asia: Fragments of a synthesis. *In The Tectonic Evolution of Asia, Rubey Colloquium*, ed. A Yin, M Harrison, pp. 486–640. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
Taymaz, T., Jackson, J., McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.* 106:433–90.

Şengör, A. M. C., Özeren, S., Genç, T., Zor, E. (2003). East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure. *Geophys. Res. Lett.* 30: 8045.

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Pichon, X. L., Rangin C. (2005). The North Anatolian Fault: A New Look. *Annu.Rev. Earth Planet. Sci.*33:37-112.

Özeren, M. S., (2002). Crustal structure and forces in continental deformation. PhD thesis. Univ. Cambridge, Fitzwilliam Coll., 255 pp.

Yılmaz, Y., Genç, S. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., ve diğ. (2002). When did the western Anatolian grabens begin to develop? In Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area, ed. E Bozkurt, JAWinchester, JDA Piper, pp. 353–84. *Geol. Soc.* London, Spec. Publ. No. 173.