

14 OCAK - 28 ŞUBAT 2017
ÇANAKKALE - AYVACIK DEPREMLERİ VE
BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR, Araş.Gör.Dr. Ökmen SÜMER,
Araş.Gör.Dr. Bora UZEL, Araş.Gör. Mustafa SOFTA,
Araş.Gör. Çiğdem TEPE, Uzm.Jeol.Yük.Müh. Semih ESKİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi
Diri Fay Araştırma Grubu



Doç.Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
DEPREM UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Prof.Dr. Alper BABA

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi



JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ



Mart 2017

GİRİŞ

Bu rapor, Ocak-Şubat 2017 tarihleri arasında Çanakkale-Ayvacık çevresinde meydana gelen deprem aktivitesi hakkında jeolojik ve jeomorfolojik veri toplamak üzere, 15-17, 25-26 Şubat 2017 ve 3-5 Mart 2017 tarihleri arasında deprem bölgesinde yapılan gözlemsel arazi ve jeomorfolojik çalışma sonuçlarını açıklar. Lojistik giderleri Tuzla Jeotermal Enerji A.Ş. tarafından desteklenmiş olan bu rapor kapsamında, öncelikle, bölgede meydana gelen deprem aktivitesi konusunda bilgiler verilecek, daha sonra Çanakkale-Ayvacık depremlerine ilişkin arazi gözlemleri sunulacaktır.

Çanakkale-Ayvacık depremleri, tarafımızdan yerinde toplanan arazi verileri ile Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, AFAD-Deprem Dairesi Başkanlığı, Sözbilir vd. (2016a), Seyitoğlu vd. (2017) ve MTA Jeoloji Etütleri Dairesi verileri birleştirilerek değerlendirilmiştir.

BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ

Marmara bölgesinde 1900-2016 yılları arası $4 \leq M$ büyüklüğüne sahip 500'ün üzerinde deprem meydana geldiği belirlenmiştir. İstatistiksel olarak son yüzyılda 15 büyük deprem meydana getirmiş olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın dünyanın en aktif faylarından biri olduğu bilinmektedir. Bu depremlerin sonucunda karadaki toplam yüzey yırtılmasının ~ 1000 km'ye ulaştığı belirtilmektedir (ilgili referanslar için Özalp vd., 2013; Duman vd., 2016 bakınız). Bu 15 depremden $7 \leq M$ büyüklüğüne sahip, 1999 Düzce ve 2014 Gökçeada depremleri de dahil 6'sı Marmara bölgesinde uzanan fay segmentlerinde meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra, 18 Mart 1953 Yenice-Gönen depremi de güney kolda gerçekleşmiş olan en son ve inceleme alanına en yakın noktada meydana gelen en önemli deprem olarak kayıtlara geçmiştir. Şekil 1'de, 15 adet farklı deprem kataloğu/sismoloji merkezi verileri taranarak, bölgede aletsel dönem içerisinde (1900 - 2016 yılları arasında) meydana gelmiş 4 ve üzeri büyüklüğe sahip olan depremlerden, odak mekanizma çözümüne sahip olan 110 adet deprem sunulmuştur. Bu veriler Marmara Bölgesi'nin genel anlamda doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili bir deformasyon etkisinde şekillendiğini gösterir. Bunun yanında, özellikle KAF'ın kuzey kolu boyunca ve Marmara Bölgesi'nin güneyinde normal faylanma ile ilişkili depremlerin varlığı ve az da olsa güney kol üzerinde ters bileşenli depremlerin gelişmiş

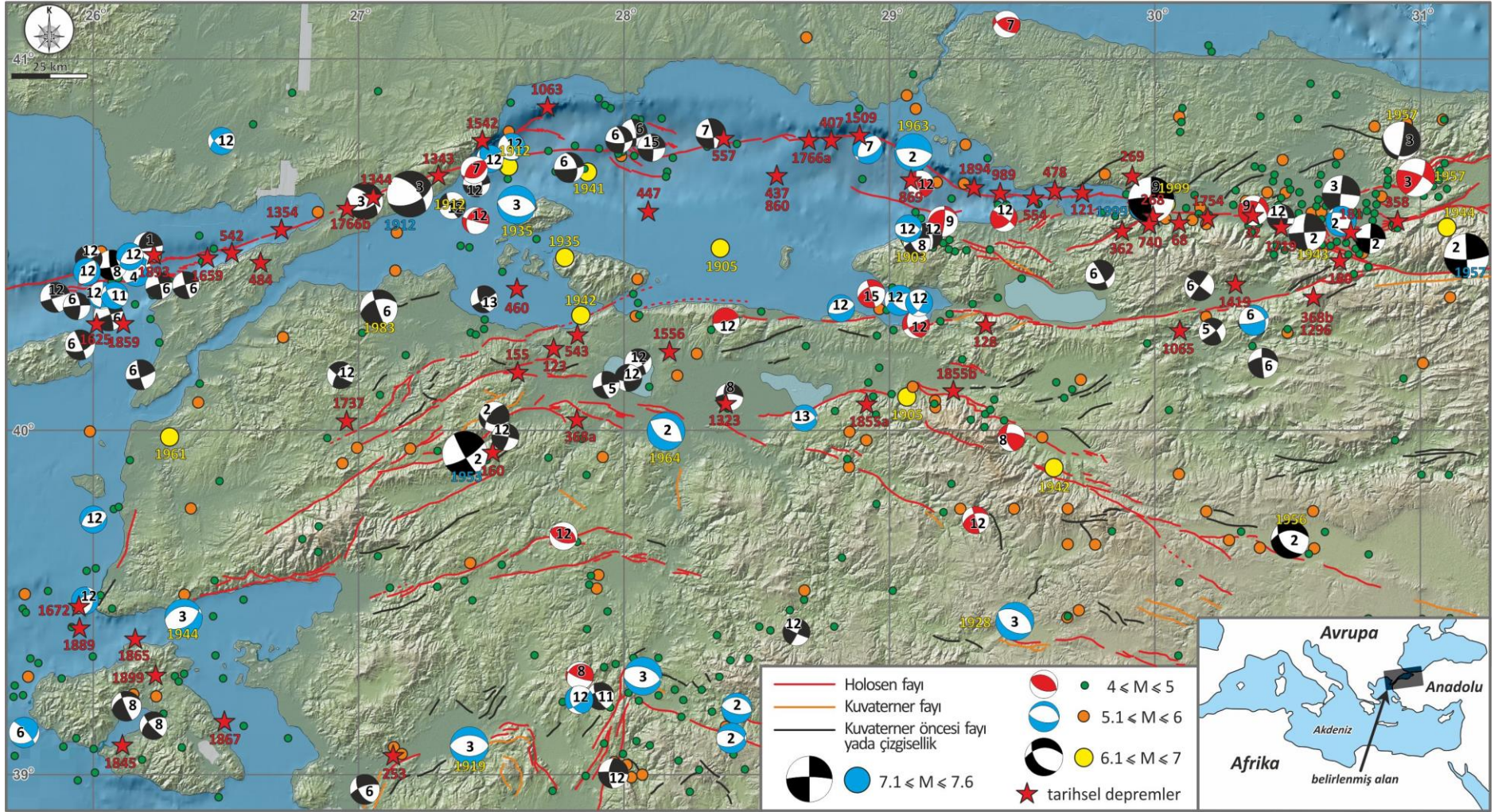
olduğu dikkat çekicidir (Şekil 1). Tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında, özellikle Ambraseys ve Finkel (1991)'de, MS 1 ile MS 1899 arasında bölgede 500'ün üstünde sarsıntı gerçekleştiği fakat bu depremlerin 38'inin $7.0 \leq M$ olduğu ve bölgeyi etkilediği belirtmektedir. Bunun dışında, Ambraseys ve Finkel (1991), Ambraseys (2002), Shebalin vd., (1974) ve Pınar ve Lahn (1952) gibi çalışmalardan derlenen büyüklüğü $6.8 \leq M$ olan 59 tarihsel deprem kayıt altına alınmış ve bu depremlerin yaklaşık dış merkezleri yine Şekil 1 üzerine aktarılmıştır.

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtlarının dağılımına bakıldığında kuzey kolun aktivitesinin en yüksek olduğu görülmektedir. Orta koldaki deprem dağılımları ise, en son depremlerin 1509 ve 1766 yılında gerçekleştiğini, 200–250 yıllık dönüş periyotları olduğu düşünüldüğünde, bu alanın bir sismik boşluk olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir (Ambraseys, 2002). Bohnhoff vd. (2013)'nin bu boşluğun doğu ucundaki mikro depremleri değerlendirdiği çalışmada, 30 km uzunluğunda ve 10 km derinliğindeki bir asismik zonun varlığı tanımlanmaktadır. Aynı alanda Ergintav vd. (2014) 20 yıllık GPS verilerini değerlendirmiş ve diğer kolların hızlarına göre buradaki hızların çok daha yavaş geliştiğini belirlemiştir. 2000 yıllık deprem kayıtları değerlendirildiğinde KAF üzerindeki farklı segmentlere ait deprem tekrarlanma periyotlarının benzer olduğu dikkat çekicidir (Ambraseys, 1988, 2002; Ambraseys ve Finkel, 1991; Şengör vd., 2005). KAF'ın kuzey kolundaki paleosismolojik çalışmalar ise, yüzey yırtılmasıyla sonuçlanan depremlerin tekrarlanma periyotlarının 150–300 yıl arasında olduğunu göstermektedir (İkeda vd., 1991; Rockwell vd., 2001, 2009; Hartleb vd., 2003, 2006; Kozacı vd., 2009 ve 2011; Özaksoy vd., 2010; Dikbaş ve Akyüz, 2011). Güney kolda ise, az sayıda paleosismolojik çalışma bulunmasına karşın, Özalp vd. (2013) büyük depremlerin tekrarlanma periyotlarının düzensiz olduğunu, fakat kuzey kolda gelişmiş depremlerin büyüklüklerine yakın depremlerin güney kolda da gerçekleşmiş olması gerektiğini bildirmektedir. Kürçer vd. (2008) ise, Yenice Gönen Fayı'ndaki geri dönüş periyotlarının 660 ± 160 yıl aralığında kaldığını, yüzey yırtılması gerçekleştiren 1953 depreminden önceki bir depremin ise, MS 1440 ile ilişkili olduğunu savunmaktadır. Belindir (2008) ise, Yenice Gönen Fayı üzerinde gerçekleştirdiği paleosismolojik çalışmalarda, tekrarlanma periyodunun 253–925 yıl arasında olduğunu bildirmektedir. Bölgede yapılan en son paleosismolojik çalışmalardan olan Sözbilir vd. (2016a, b ve c), Biga Yarımadası'nın güneyinde yer alan Edremit Fay Zonu ile Havran

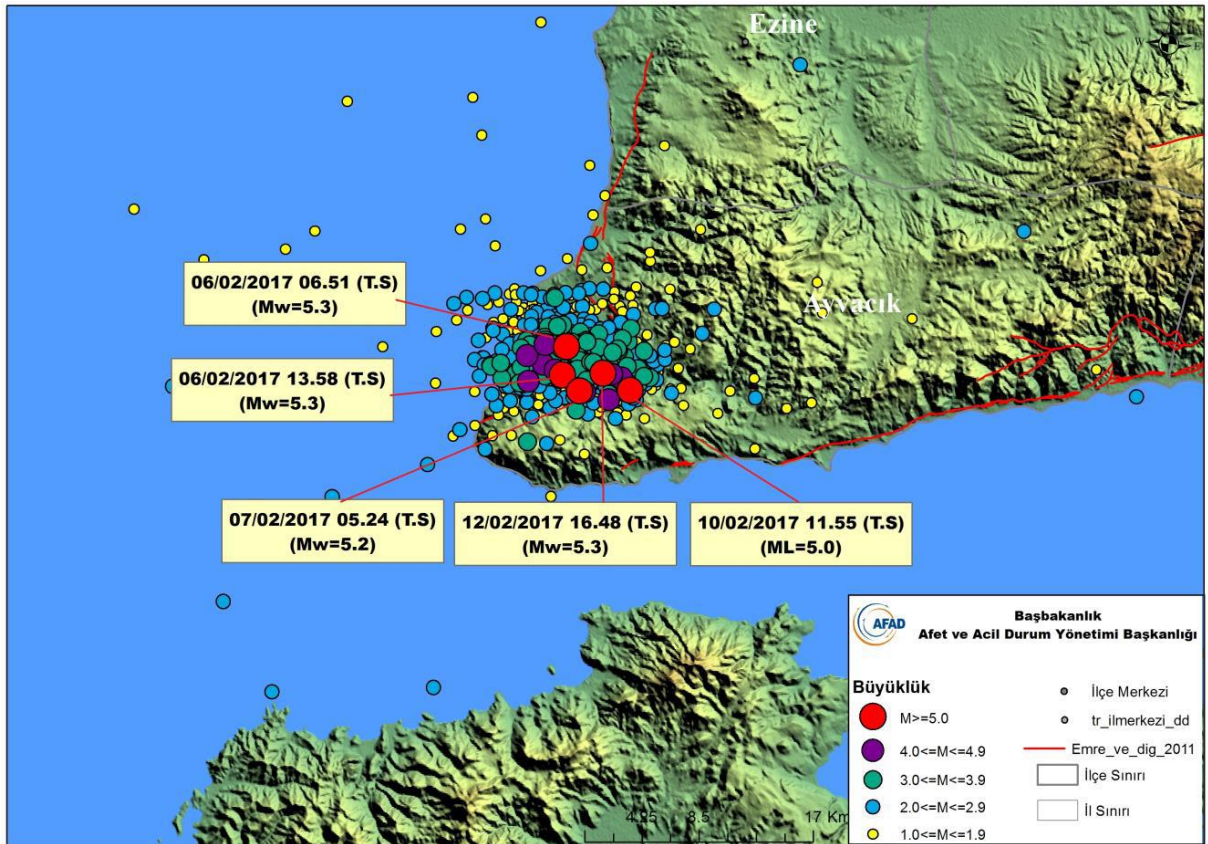
Balıkesir Fay Zonu boyunca 1000–2000 yıllık tekrarlanma periyotları belirlemiştir. Çalışmacılar ayrıca Havran Balıkesir Fay Zonu'nun doğu ucunu oluşturan Balıkesir Fayı'nın önemli bir sismik boşluk niteliği taşıdığını vurgular. Kop vd. (2016), Mustafakemalpaşa Fayı'nda 4000 yıl içerisinde 3 olay tanımlamışlardır. Bu depremlerin tekrarlanma periyotları da düzensiz görünmekle beraber en az 600 yıllık bir geri dönüş periyodunun olduğu görülmektedir. Özalp vd. (2016), Bekten Fayı'nın güney kolu üzerinde yaptıkları paleosismolojik çalışmalarda tekrarlanma periyotlarının düzensiz olduğuna vurgu yaparak, yaklaşık 1300 yıllık periyotta yüzey faylanması gerçekleştiren 3 olay bulunduğunu, son olayın üstünden 400 yıl gibi bir süre geçtiğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla, ilgili literatür incelendiğinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın etki alanı içerisindeki Marmara Bölgesi'nde kuzey kolun en aktif olduğu, deprem tekrarlanma periyotlarının 150–300 yıl gibi kısa aralıklarla gerçekleştiği, orta kolun şu anda deprensellik açısından bir sismik boşluk niteliğinde olduğu, güney kolun ise, sismik tehlike bakımından kuzey kol kadar önemli bir yapı olmasına karşın, deprem tekrarlanma periyotlarının kuzey kola göre daha uzun bir aralığa sahip olduğu görülmektedir.

15 OCAK /28 ŞUBAT 2017 ÇANAKKALE-AYVACIK DEPREMLERİ

BÜ Kandilli Rasathanesi ve AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı verilerine göre, Çanakkale-Ayvacık depremleri Tuzla Köyü'nün içinde bulunduğu bölgede, 14 Ocak-16 Şubat 2017 tarihleri arasında büyüklüğü $M_w=5.3$ ve daha küçük olan 1000'e yakın deprem meydana gelmiştir. Depremlerin önemli bir bölümü Tuzla Fayı'nın deformasyon zonu boyunca ve fayın düşen bloğu üzerindeki Tuzla ile Assos arasındaki bölgede meydana gelmiştir (Şekil 2). Meydana gelen depremlerden 20 tanesinin büyüklüğü 4 ve üzerindedir (Tablo 1). Bu depremlerin odak mekanizma sonuçları baskın olarak KB-GD uzanımlı eğim atımlı normal faylanmaya işaret etmektedir (Şekil 3). EMSC verilerine göre, 14 Ocak 2017 günü 22:38:59 UTC saatinde meydana gelen $M_w:4.4$ büyüklüğünde meydana gelen ilk deprem (Tablo 1) öncesinde aynı gün 12:47:21 ile 20:22:15 UTC saatleri arasında büyüklükleri 2.0 ile 3.2 arasında değişen 14 adet deprem kaydedilmiştir. AFAD Deprem Dairesi verilerine göre, ikinci deprem 15.01.2017 günü, saat 04.03'de Çanakkale-Ayvacık merkezli olarak meydana gelmiştir. Depremden hemen sonra büyüklükleri 1.1 ile 4.3 arasında değişen 66 adet artçı deprem meydana gelmiştir. Depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yeri Çanakkale ilinin Ayvacık ilçesinin Taşağıl Köyü'dür ve AFAD Deprem Dairesi depremin şiddetini 6 olarak vermiştir (Tablo 1).

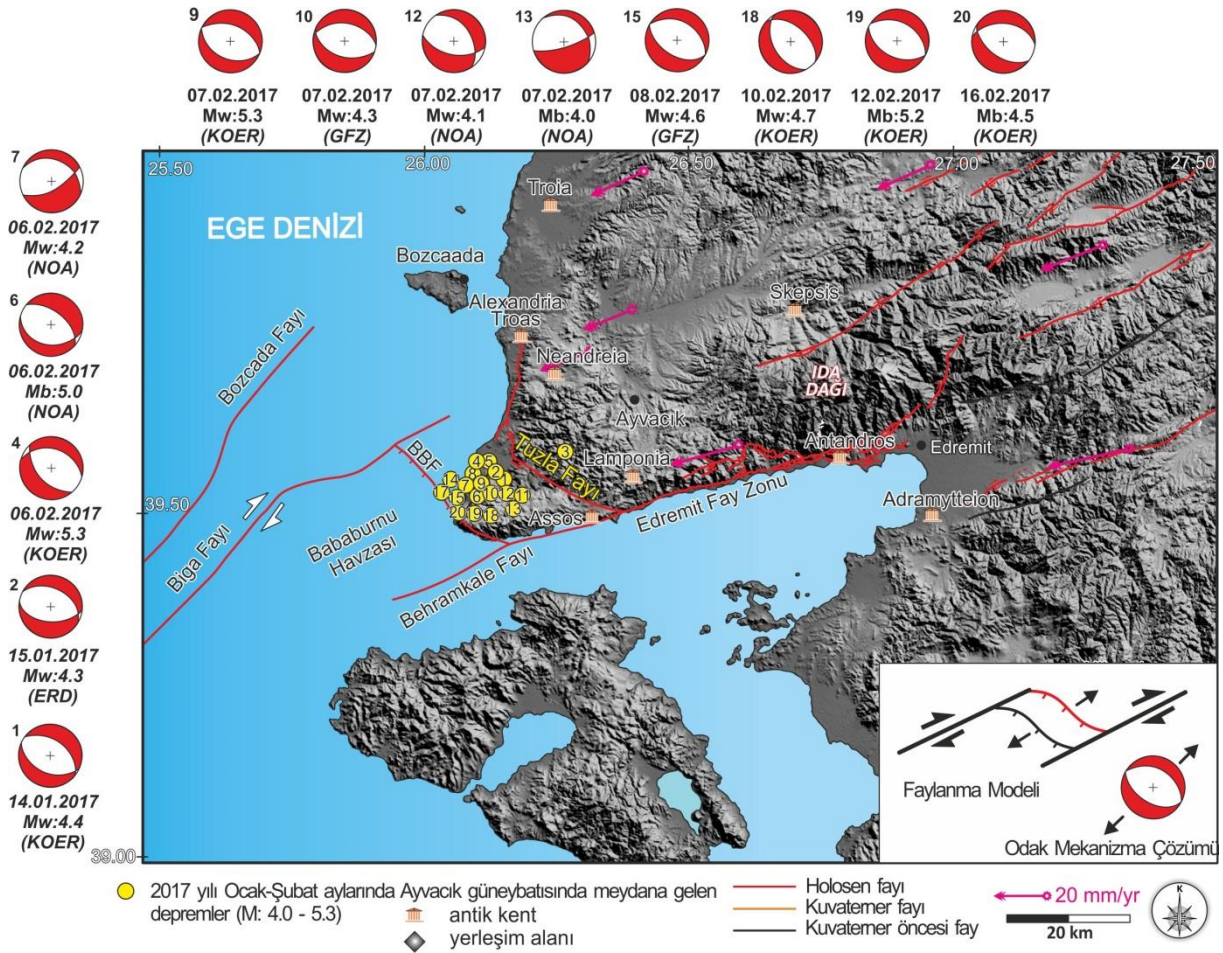


Şekil 1. Marmara Bölgesinin sismotektonik haritası (Sözbilir vd. 2016b). Neotektonik döneme ait yapısal veriler Maden Tetkik Arama Müdürlüğü, Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi (Emre, 2010; Emre ve Doğan, 2010; Emre, Doğan ve Özalp, 2011; Emre, Duman ve Özalp, 2011a, b ve c; Emre, Doğan, Özalp, ve Yıldırım, 2011; Emre, Doğan, Duman ve Özalp, 2011) birleştirilerek alınmıştır. Marmara Denizi'ndeki aktif faylar Le Pichon vd., 2001; Armijo vd., 2002; Cormier vd., 2006'dan yararlanılarak oluşturulmuştur. Aletsel depremlerin büyüklük değerleri ve dış merkez lokasyonları ISC (International Seismological Centre), USGS-NEIC (United States Geological Survey National Earthquake Information Center), KOERI (Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute) ve Tan vd., 2008'den alınmıştır. Bölgeyi etkileyen tarihsel depremlerin ($6.8 \leq M$) yaklaşık lokasyonları Ambraseys ve Finkel, 1991, Ambraseys, 2002, Shebalin vd., 1974 ve Pınar ve Lahn, 1952'den birleştirilerek oluşturulmuştur. Odak Mekanizma çözümü olan depremler ise (1) Canitez ve Toksöz, 1971, (2) McKenzie, 1972, (3) Euro-Med Seismological Centre (EMSC), (4) McKenzie, 1978, (5) United States Geological Survey National Earthquake Information Center (USGS-NEIC), (6) Harvard Centroid-Moment Tensor Project CMT (HRV), (7) Kalafat, 1989, (8) Kalafat, 1998, (9) Taymaz, 1999, (10) Tibi vd., 2001, (11) Tan & Taymaz, 2004, (12) Kalafat vd., 2009, (13) KOERI, (14) Altınok vd., 2012, (15) Republic of Turkey Prime Ministry Disaster ve Emergency Managment Presidency-Earthquake Research Department (AFAD-ERD)'den alınmıştır. Çözümlere ait topların renkleri sırasıyla kırmızı, ters faylanma, mavi normal faylanma, siyah ise doğrultu atımlı faylanma mekanizmasını göstermektedir.



Şekil 2. 12.02.2017 Çanakkale-Ayvacık Depreminin ($M_w=5.3$) Dış Merkezi ve 06.02.2017 depremi ile beraber Artçı Dağılımı (AFAD, 12.02.2017, Ayvacık-Çanakkale Depremi Raporu)

Çanakkale–Ayvacak $M_w= 4.3$ depremi, dış merkezine 22.99 ile 70.81 km uzaklıklardaki AFAD Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem ağına ait 46 adet ivme-ölçer istasyonu tarafından kaydedilmiştir. Depremin dış merkezine 22.99 km uzaklıktaki Çanakkale-Ayvacak istasyonunda en yüksek ivme değerleri sırasıyla Kuzey-Güney bileşeninde 25.65 gal ve yine Doğu-Batı bileşeninde 22.31gal olarak ölçülmüştür. 30 Ocak 2017 tarihinde Biga Yarımadası'nda Ayvacık yakın güneybatısında büyüklüğü 4 olan bir deprem daha kaydedilmiştir (Tablo 1). 06.02.2017 tarihinde, saat 03:51:40'da (UTC), Biga Yarımadası'nın batı ucuna yakın kesimde meydana gelen ve büyüklüğü 5.3 (M_w) olan depremin odak mekanizması çözümü ise benzer şekilde normal faylanmayı göstermektedir (Şekil 3). 6-10 Şubat tarihleri arasında aynı bölgede büyüklükleri 4 ile 5.3 olan 13 adet daha deprem meydana gelmiştir (Tablo 1, Şekil 3).

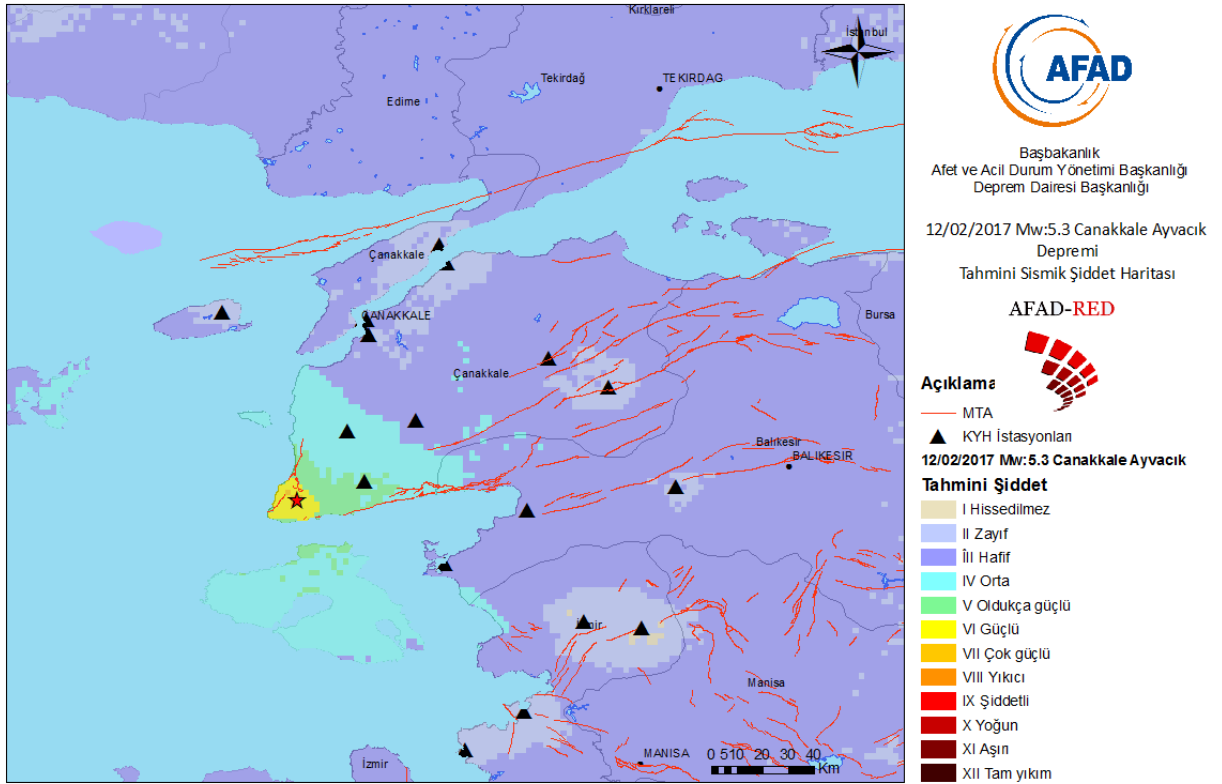


Şekil 3. Çanakkale-Ayvacak depremlerinin odak mekanizma çözümleri, ilişkili depremler ve hesaplanan GPS vektörlerinin bölgedeki dağılımı. Odak mekanizma çözümleri EMSC, KOERİ, ERD, NOA ve GFZ'den alınmıştır (verilerin detayları için Tablo 1'e bakınız). Yüzeyleki faylar Emre ve Doğan, 2010, deniz altı fayları Yaltırak vd., 2012'den alınmış, Tuzla Fayı bu çalışma kapsamında yeniden çizilmiştir.

No	Tarih	Saat (UTC)	Boylam	Enlem	Büyüklik			Derinlik (km)	Odak Mekanizma Çözümü	Fay Doğrultusu
					(Mw)	(ML)	(Mb)			
1	14.01.2017	22:38:59.9	26.15 E	39.54 N	4.4	-	-	6	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
2	15.01.2017	04:03:20.0	26.15 E	39.55 N	4.3	-	-	11	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
3	30.01.2017	06:56:16.2	26.35 E	39.60 N	-	4.0	-	5	-	-
4	06.02.2017	03:51:40.2	26.11 E	39.54 N	5.3	-	-	6	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
5	06.02.2017	04:17:29.3	26.14 E	39.54 N	-	4.2	-	2	-	-
6	06.02.2017	10:58:01.3	26.09 E	39.52 N	5.0	-	-	8	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
7	06.02.2017	11:45:01.2	26.08 E	39.53 N	4.2	-	-	10	Eğim Atımlı Normal	DKD-BGB
8	06.02.2017	20:22:04.9	26.09 E	39.54 N	-	4.0	-	6	-	-
9	07.02.2017	02:24:03.4	26.12 E	39.53 N	5.3	-	-	8	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
10	07.02.2017	05:15:51.0	26.12 E	39.51 N	4.3	-	-	10	Eğim Atımlı Normal	BKB-DGD
11	07.02.2017	05:17:09.0	26.19 E	39.53 N	-	-	4.4	4	-	-
12	07.02.2017	21:00:54.4	26.16 E	39.52 N	4.1	-	-	6	Eğim Atımlı Normal	KB-GD
13	07.02.2017	21:35:00.2	26.18 E	39.52 N	4.0	-	-	4	Sağ Yönlü Doğrultu Atımlı	DKD-BGB
14	07.02.2017	22:53:29.5	26.05 E	39.52 N	-	4.1	-	10	-	-
15	08.02.2017	01:38:03.3	26.14 E	39.51 N	4.6	-	-	10	Eğim Atımlı Normal	KB-GD
16	08.02.2017	02:16:14.5	26.16 E	39.53 N	-	4.1	-	8	-	-
17	09.02.2017	10:13:10.3	26.05 E	39.54 N	-	4.1	-	5	-	-
18	10.02.2017	08:55:25.8	26.16 E	39.52 N	4.7	-	-	10	Eğim Atımlı Normal	KB-GD
19	12.02.2017	13:48:16.0	26.12 E	39.52 N	5.3	-	-	4	Eğim Atımlı Normal	KB-GD
20	16.02.2017	00:19:00.1	26.07 E	39.51 N	4.5	-	-	11	Eğim Atımlı Normal	KB-GD

Tablo 1. Çanakkale Ayyvacık'ta 14 Ocak-16 Şubat 2017 tarihleri arasında meydana gelen ($M \geq 4$) depremler (Deprem verileri EMSC, KOERİ, ERD, NOA ve GFZ'den alınmıştır. Odak mekanizma çözümleri için Şekil 3'e bakınız).

12.02.2017 günü, saat 13.48 de (UTC) Çanakkale-Ayvacık merkezli bir deprem daha meydana gelmiştir. AFAD-TDVMS (Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi)'nden alınan verilerle yapılan çözüm sonucu elde edilen büyüklük $M_w=5.3$ olarak verilmiştir. Bölgede, 13.02.2017 tarih ve saat 09:45 itibariyle 982 civarında artçı deprem meydana gelmiştir. Depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yeri Çanakkale ilinin Ayvacık ilçesine bağlı Yukarıköy'dür. Depremin şiddeti 7 (çok güçlü hissedilir) olarak hesaplanmıştır (AFAD, 12.02.2017, Ayvacık-Çanakkale Depremi Raporu). $M_w=5.3$ büyüklüğündeki depremin tahmini eşşiddet haritası aşağıda verilmektedir (Şekil 4). Bu eşşiddet haritasına göre, Tuzla Köyü ve çevresi depremin en güçlü hissedildiği alan olarak göze çarpmaktadır.

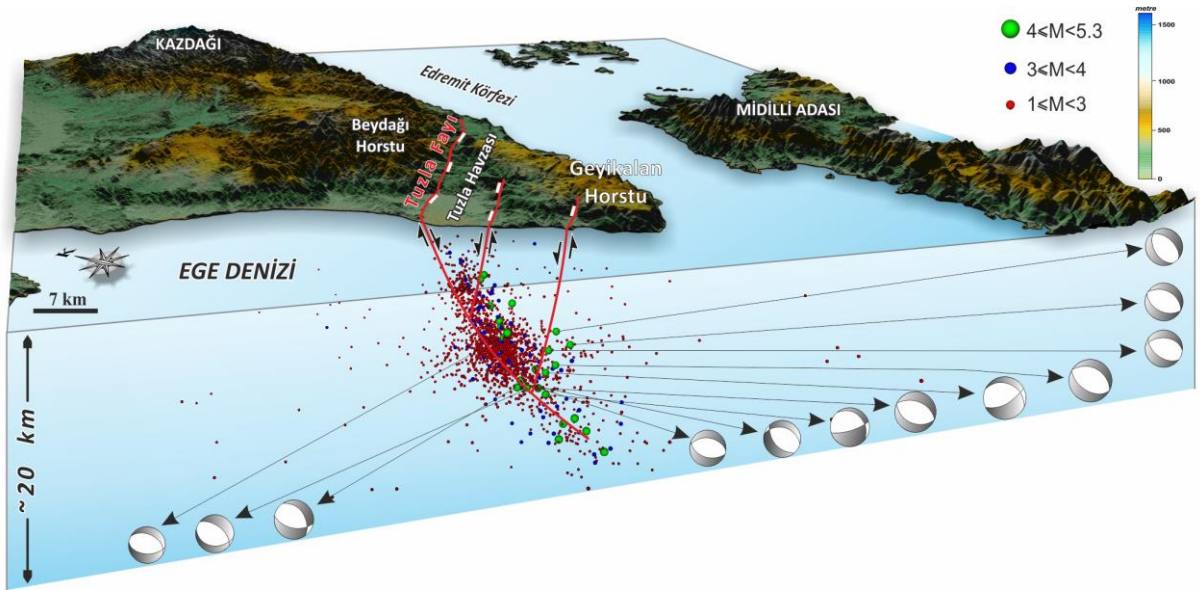


Şekil 4. 12/02/2017 Çanakkale-Ayvacık Deprem Tahmini sismik şiddet haritası (AFAD, 12.02.2017, Ayvacık-Çanakkale Depremi Raporu).

12.02.2017 (16:48) Çanakkale – Ayvacık Depremi ($M_w= 5.3$), deprem dış merkezine 22 ile 377 km uzaklıklardaki AFAD Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem ağına ait 82 adet ivme-ölçer istasyonu (ilk belirlemelere göre) tarafından kaydedilmiştir. Depremin dış merkezine 22 km uzaklıktaki Çanakkale Ayvacık istasyonunda en yüksek ivme değerleri sırasıyla Kuzey-Güney bileşeninde 71.39 gal, Doğu-Batı bileşeninde 87.08 gal ve düşey bileşende 30.32 gal olarak ölçülmüştür. Deprem başta Çanakkale İl merkezi ve ilçeleri ile

başta İzmir olmak üzere çevre yakın illerde hissedilmiş olup, AFAD-AADYM'den alınan bilgilere göre Ayvacık, Yukarıköy, Babakale, Bademli, Çamköy, Taşağıl ve Tuzla köylerinde bazı kerpiç ve yığma binalarda hasarlar olduğu, fakat herhangi bir can kaybı ve yaralı olmadığı belirtilmiştir.

Bölgede 14 Ocak 2017'den 22 Şubat 2017'ye toplamda $M < 1$ 'den olmak üzere 1800'ün üzerinde deprem meydana gelmiştir (AFAD-TDVMS Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi). Bu depremlerin 1739 adeti $1 < M < 3$ arasında, 112 adeti $3 < M < 4$ arasında ve 14 adeti $4 < M < 4.6$ arasında büyüklüğe sahiptir. Meydana gelen 1800'ün üzerindeki depremin odak merkezleri 3 boyutlu olarak modellendiğinde depremlerin büyük bir kısmının özellikle odak mekanizma çözümü üretilenlerinin Tuzla Fayı'nın tavan bloğunda kaldığı görülmektedir. Ayrıca, ilk yaklaşımda depremlerin yoğunluk ve dağılım geometrileri değerlendirildiğinde, fay zonunun listrik bir özellik gösterdiği yorumlanabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Çanakkale-Ayvacık depremlerinin odak derinliklerinin dağılımı ile Tuzla Fayı'nın derine doğru geometrisi arasındaki ilişkiyi gösteren 3 boyutlu arazi modeli. Kırmızı odak merkezleri $1 < M < 3$, mavi $3 < M < 4$, yeşil $4 < M < 4.6$ arasındaki depremleri göstermektedir. Görüntü, model üzerinden fay düzlem geometrisinin gösterilmesi açısından en uygun açıda dışarı aktarılarak elde edilmiştir. Deprem odak mekanizma çözümlerinin detayları için Şekil 3 ve Tablo 1'e bakınız.

Bunun yanında arazi gözlemlerimiz, meydana gelen tüm depremlerin sadece Tuzla Fayı'ndan kaynaklanmadığını, bu fayın tavan bloğunda yer alan sentetik ve antitetik fayların da bazı ana şoklara karşılık gelen depremler ürettiğini göstermektedir.

ARAZİ GÖZLEMLERİ

12 Şubat 2017 depreminden hemen sonra, 15-17, 25-26 Şubat 2017 ve 3-5 Mart 2017 tarihleri arasında depremin etkilediği alanda bölgedeki deformasyon ile ilgili arazi gözlemleri ve 1/25.000 ölçekli diri fay haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda özellikle Tuzla Köyü batısında kılcal çatlaklar şeklinde yüzey deformasyonlarının geliştiği gözlenmiştir (Şekil 6). Bu çatlakların doğrultuları K20B ile K65B arasında değişim sunmakta ve yaklaşık 100 metre boyunca izlenebilmektedir. Literatürde bu tür yüzey deformasyonları deprem sırasında veya depremin hemen sonrasında gelişen sismik jeomorfolojik göstergeler sınıfında değerlendirilmektedir (Sözbilir vd., 2009). Bu tür deformasyonlar özellikle büyüklüğü 5'in üzerinde olan depremler sırasında ilgili fay zonlarında veya fayın etki alanı içerisindeki dayanımı düşük zeminlerde gelişebilmektedir. Yüzey deformasyonlarının oluşumu iki nedene bağlanabilir; 1) bölgedeki tektonik streslere bağlı gelişen deformasyonlar (sismo-tektonik), 2) gravite ilişkili deformasyonlar (sismo-gravitasyonel). Bu tür deformasyonların hangi nedenlerden kaynaklandığını belgelemek amacı ile tektonik jeomorfoloji ve sismik jeomorfoloji tabanlı ayrıntılı arazi çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bunun yanı sıra, arazi çalışmaları sırasında Tuzla Jeotermal A.Ş. şirket yetkililerince Tuzla jeotermal alanı çevresinde Çanakkale-Ayvacık depremleri öncesinde ve sonrasında yeni sıcak su çıkışlarının oluştuğu bilgisi de verilmiştir.



Şekil 6. Tuzla Köyü çevresinde gözlenen yüzey deformasyonları (GPS: 16 cm, Kalem:14 cm, jeologların ortalama boyu: 176 cm'dir).

Yapılan arazi gözlemleri sırasında Tuzla mevkiindeki sıcak su kaynaklarının bulunduğu kesimde, K-G genel doğrultusunda uzanan dar bir koridor boyunca birbirine paralel normal fay düzlemleri gözlemlenmiştir. Yapılan ölçümlere göre, bu alandaki fay düzlemleri, K-G ile K20B arasında doğrultulara sahip olup, 65 ile 88° arasındaki eğim açılarıyla GB'ya eğimlidir (Şekil 7). Bu düzlemler üzerindeki fay çizikleri ve diğer kinematik göstergeler eğim atımlı normal faya işaret etmektedir. Tuzla Köyü civarındaki genç fay sarplıkları Holosen'de yüzey yırtılmasıyla sonuçlanmış depremlerin geliştiğini gösterir.

Tuzla Çayı'nın kuzeyinde ve güneyinde yapılan 1/25.000 ölçekli haritalama çalışmalarımıza göre, Tuzla Fayı'na ait fay kolları 2 km genişliğe ulaşan bir zon boyunca birbirine bağlanan antitetik ve sintetik faylar şeklinde dağılım sunar. Tuzla Çayı ile Balabanlı Köyü arasında ise, haritaladığımız fayların önemli bir bölümü KD'ye doğru eğimli yüksek açılı normal fay niteliğindedir. Bu özellikleriyle Tuzla Çayı'nın kuzeyinde ve güneyinde kalan fay kolları arasında normal faylarla sınırlı genç bir asimetric çöküntü alanının varlığı saptanmış ve bu alan Tuzla Havzası olarak adlandırılmıştır. Yıkımların gerçekleştiği köylerin önemli bir bölümü bu havzayı şekillendiren fay kollarının üzerinde ve/veya yakınında konumlanmıştır (Şekil 5).

Tuzla Havzası'nda 1/25.000 ölçeğinde Aktif tektonik haritalama çalışmalarımız halen devam etmekte olup, ilk etapta faylardan toplanan kinematik veriler değerlendirildiğinde, Tuzla Havzası'nın yaklaşık KD-GB doğrultusunda gelişen çekme kuvvetleri etkisinde şekillendiği görülmektedir. Bu tektonik çatı içerisinde Tuzla Çayı, yeni oluşan Tuzla Havzası'nın zayıflık zonları boyunca yerleşmiş eksenel nehir konumundadır. Genel olarak KB-GD doğrultusunda uzanım sunan Tuzla Çayı, özellikle KD-GB doğrultulu zayıflık zonları içinden geçerken bu zonların etkisinde yön değiştirmiş ve böylece yer yer tektonik kontrollü menderesli bir nehir niteliği kazanmıştır.

Ayrıca, arazi çalışmaları sırasında çok sayıda KD-GB uzanımlı faylar da haritalanmıştır. Bu fayların önemli bir bölümü KB-GD doğrultulu genç faylar tarafından kesilip ötelenmiştir. Sıcak su kaynaklarının ve kaplıcaların genelde her iki fay takımının kesişim yerlerinde geliştiği gözlenmektedir.



Şekil 7. Tuzla Köyü batısında K-G doğrultulu yüksek eğimli fay düzlemi ve bu fay düzlemi üzerindeki eğim atımı belgeleyen fay çizikleri

Arazi alışmaları sırasında Tuzla Köyü'nün hemen kuzeyinde, yaklaşık D-B uzanımlı olan Tuzla Fayına paralel konumlu olan, fakat ters yöne eğimli fay düzlemleri gözlenmiştir (şekil 8). Bu fay düzlemleri, diğer arazi gözlemleriyle birlikte değerlendirildiğinde sıcak su çıkışlarını kontrol eden önemli bir makaslama zonunun varlığını belgelemektedir. Bu nedenle, Kestanbol Fayı'nın Tuzla Fayı ile olan kinematik ilişkisinin ortaya konulması üzülmesi gereken önemli bir problemdir.



şekil 8. Tuzla Fayı'na yaklaşık paralel uzanan, KD'ya eğimli (antitetik) bir normal fay düzlemi.

Arazi gözlemleri sırasında özellikle Tuzla ve Yukarıköy'e ait yığma yapılar da önemli hasarların oluştuğu görülmüştür. Söz konusu hasarlar, özellikle yapıların st kısmı veya pencere kesimlerindeki yıkılmalar veya yapıların tümünün yıkılması şeklinde gelişmiştir (şekil 9). Bu hasarların dışında, bazı betonarme yapılar da çatlakların geliştiği gözlenmiştir. Yıkım gerçekleşen Köy yerleşimlerinin önemli bir bölümü ya ana fay veya bu faylara bağlı antitetik veya sentetik fay zonları üzerinde veya deprem ana şoklarının dış merkezleri üzerindedir.



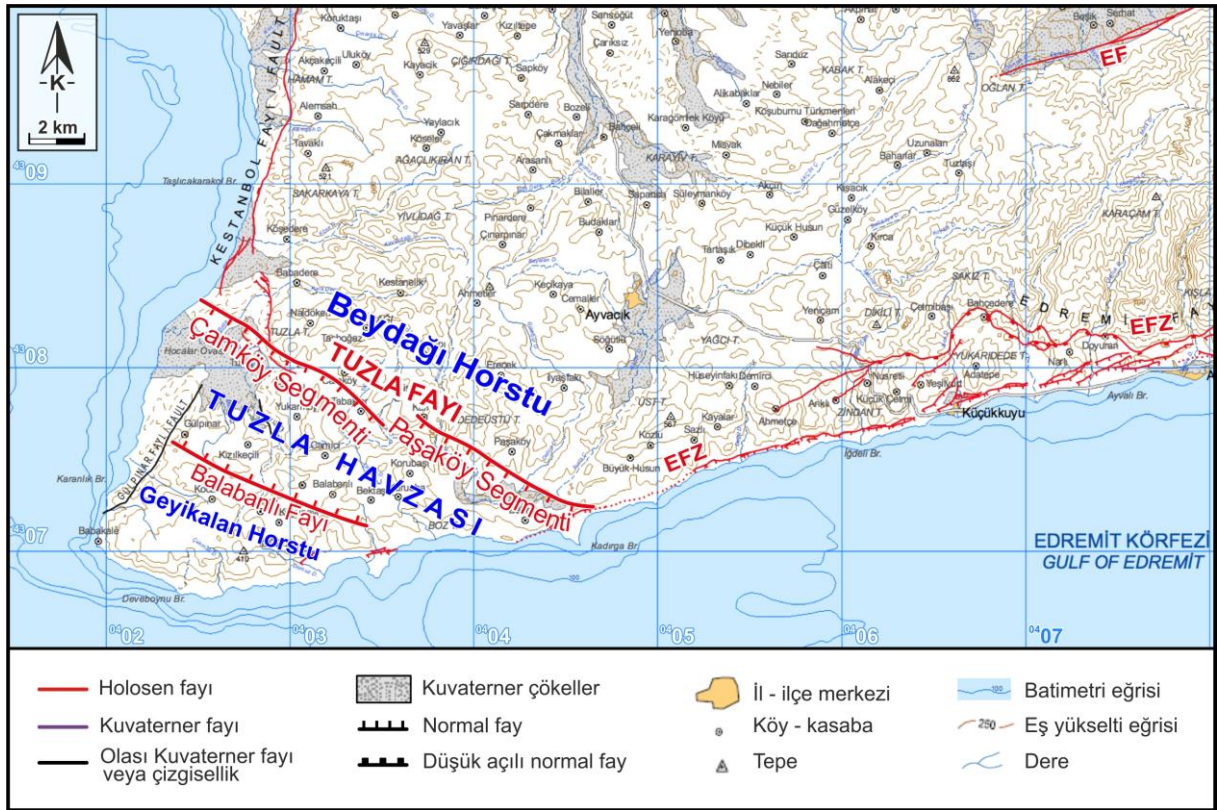
Şekil 9. Yukarıköy'de bulunan yığma binalarda gözlenen hasarlar.

ÇANAKKALE-AYVACIK DEPREMLERİNİN SİSMİK KAYNAĞI:

TUZLA FAYI (ÇAMKÖY SEGMENTİ)

İlgili literatür incelendiğinde Tuzla Fayı'nın ilk olarak Karacık ve Yılmaz (1995 ve 1998) tarafından adlandırıldığı ve belli bir bölümünün haritalandırıldığı görülür. Fay, Emre ve Doğan (2010) ile Emre ve diğ. (2013) tarafından MTA adına yayınlanan çalışmalarda ise, Kestanbol Fayı'nın güneydoğu ucundaki bazı fay parçalarına karşılık gelmektedir. Kürçer ve Elmacı (2017)'nin MTA adına sundukları Ayvacık Depremleri değerlendirme raporunda, Tuzla Fayı'nın yeni sismolojik bilgiler ışığında revize edilerek yeniden haritalandığı vurgulanmıştır. Çalışmacılar Tuzla Fayı'nın, Tuzla Köyü kuzeybatısındaki sahilden başlayarak güneydoğuya doğru Çamiçi Köyü'nün kuzeyine kadar ilerlediğini, bu yapısal hattın birbirine koşut veya yarı koşut birçok fay parçasından oluştuğunu ve denizdeki uzantısıyla birlikte 15 km'lik bir segmente karşılık geldiği belirtmiştir.

Tarafımızdan yapılan 1/25.000 ölçekli harita çalışmalarına göre, Tuzla Fayı'nın karadaki toplam uzunluğu yaklaşık 22 km'dir. Sismolojik veriler fayın kuzeybatıya doğru deniz altında 3 km daha uzandığını göstermektedir. Bu bağlamda fay toplamda 25 km uzunluğa erişen ve Çamköy ile Paşaköy segmenti olarak adlandırılan iki segmentten yapılıdır (Şekil 10). Kürçer ve Elmacı (2017)'nin tanımladığı segmente karşılık gelen 15 km uzunluğundaki Çamköy Segmenti, Tuzla Köyü'nün kuzeybatısındaki sahilden itibaren güneydoğuya doğru Tamiş Köyü güneybatısına kadar haritalanmıştır. 10 km uzunluğundaki Paşaköy Segmenti ise, Kolfay Köyü'nden başlar ve güneydoğuya doğru Behram Köyü doğusunda Edremit Fayı ile birleşir. Bu özellikleriyle Tuzla Fayı bir bütün olarak Edremit Fay Zonunun batı kolu olarak da değerlendirilebilir (Şekil 10). Şimdiye kadar oluşan depremler Tuzla Fayı'na ait Çamköy Segmenti'nin kırıldığını belgelemektedir. Tarafımızdan yapılan arazi gözlemleri, Kürçer ve Elmacı (2017)'nin belirttiğine paralel olarak, Çamköy Segmenti $M_w=6.41$ büyüklüğünde deprem üretecek bir uzunluğa sahip olduğunu göstermektedir. Henüz kırılmayan Paşaköy segmenti ise, $M_w=6.18$ büyüklüğünde bir deprem üretme potansiyeline sahiptir. Tarafımızdan yapılan arazi gözlemleri ve haritalama çalışmalarına göre, Çamköy ve Paşaköy Segmentlerine ait fay kolları Tamiş Köyü güneyinde birbirlerine oldukça yaklaşmakta ve bir aktarım rampasıyla birlikte birbirine bağlanmaktadır. Tuzla Fayı'na ait iki segmentin bu noktada birleşerek tek bir deprem üretmesi halinde, Wells & Coppersmith (1994)'e göre $M_w=6.7$ büyüklüğündeki bir depreme karşılık gelen enerjinin açığa çıkabileceği öngörülebilir.



Şekil 10. 1/250.000 diri fay haritası (Emre ve Doğan 2010'dan alınmıştır). Tuzla Fayı (Çamköy ve Paşaköy Segmanı), Balabanlı Fayı, Beydağı Horstu ve Geyikalan Horstu ile Tuzla Havzası bu çalışma kapsamında 1/25.000 ölçeğinde haritalanarak diri fay haritası üzerine eklenmiştir.

Jeomorfolojik veriler ve jeolojik haritalama çalışmalarımıza göre, Beydağı Horstu ile Geyikalan Horstu arasında 25 km uzunluğuna ve 7 km genişliğe ulaşan genç bir havzanın (Tuzla Havzası) oluşmaya başladığını, bu havzanın kuzey kenarının Tuzla Fayı güney kenarının ise Balabanlı Fayı tarafından kontrol edildiğini göstermektedir (Şekil 10).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Halen yürürlükte olan deprem bölgeleri haritasına göre, Çanakkale İli 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Tektonik olarak aktif olan bölgede son yüzyılda meydana gelen 1900 (M=5.2) Ayvacık-Çanakkale, 1912 (M=7.4) Şarköy, Mürefte -Tekirdağ 1912 (5.2) Gelibolu-Çanakkale, 1935 (M=6.3,M=5.2) Biga-Çanakkale, 1953 (M=7.2) Yenice-Çanakkale, 1968 (M=5.2) Ezine-Çanakkale, 1983 (M=5.2) Ayvacık-Çanakkale ve 1983 (M=5.8) Biga-Çanakkale, 2013 (M_L=6.2) Ege denizi, 06.02.2017 M_w=5.3, 07.02.2017 M_w=5.2 ve 12.02.2017 M_w=5.3 Çanakkale Ayvacık depremleri bölgenin sismik yönden aktif olduğunu kanıtlamaktadır.

Tarafımızdan, Çanakkale-Ayvacak depremleri sonrasında yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalama ve jeomorfolojik çalışmalarımıza göre, Tuzla Fayı denizaltındaki uzantısıyla birlikte toplam 25 km uzunluğundadır ve Çamköy Segmenti (15 km) ile Paşaköy Segmenti (10 km) şeklinde adlandırılan iki ana segmentten oluşur. Ocak-Şubat 2017 Çanakkale-Ayvacak depremleri, Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolunun Biga Yarımadası güneybatı ucunda, Tuzla Fayı'na ait Çamköy segmentinin düşen bloğu üzerinde ve KB-GD uzanımlı bir zon boyunca yoğunlaşmaktadır. Sismolojik verilere göre, elde edilen depremlerin zaman ve mekan içerisindeki dağılımları ve büyüklükleri, bu depremlerin tek bir ana şoka bağlı gelişmediğini, bir deprem fırtınası özelliği taşıdığına işaret etmektedir. Bu durum Çamköy segmentinin birbirine bağlı sentetik ve antitetik nitelikli çok sayıda fay parçasından oluşmasından kaynaklanmaktadır. Çamköy Segmenti üzerinde şimdiye kadar oluşan depremlerin kuzeybatıdan güney doğuya doğru göç edecek şekilde gelişmesi, Paşaköy Segmenti üzerindeki enerji birikimini hızlandırabileceği göz önüne alınarak, her iki segment üzerinde, fayların geçmiş dönem aktiviteleri, deprem tekrarlama periyotları ve kayma hızlarıyla ilgili veri toplamak üzere, palaeosismoloji çalışmalarının bir an önce başlatılması gerekmektedir.

Arazi çalışmaları, Beydağı Horstu ile Geyikalan Horstu arasında 25 km uzunluğuna ve 7 Km genişliğe ulaşan genç bir havzanın (Tuzla Havzası) oluşmaya başladığını, bu havzanın kuzey kenarının Tuzla Fayı, güney kenarının ise Balabanlı Fayı tarafından kontrol edildiğini göstermektedir.

Şimdiye kadar meydana gelen depremler can kaybına neden olmamakla birlikte, özellikle Çamköy Segmenti'nin düşen bloğunda kalan köylerdeki yığma binalarda önemli hasarlara neden olmuştur. Bu hasarların ana nedenleri; (1) yerleşim alanlarının diri fay üzerinde veya ana faya bağlı sentetik ve antitetik faylar üzerinde konumlanması, (2) yerleşim alanlarının oluşan depremlerin dış merkezlerine yakın yerlerde bulunması, (3) taşıyıcı sistemi olmayan ve deprem yönetmeliğine göre yapılmamış olan yığma bina tipindeki yapılaşmaların varlığı, ve (4) bu bölgede Diri Fay-Zemin-Yapı ilişkisinin doğru kurulamaması şeklinde açıklanabilir.

Bunun yanında, Tuzla-Babakale-Behramkale arasında kalan üçgendeki diri faylanma mekanizmasının anlaşılması için, bu alanın 1/25.000 ölçeğinde detaylı olarak haritalanması gerekmektedir. Diri fay düzlemlerinin derine doğru gidişlerini saptamak üzerine oluşturulan depremlerin odak noktalarının derinlikle değişimi modelleri, bu raporda sunulana benzer şekilde 3 boyutlu bir şekilde oluşturulmalı ve elde edilen tüm veriler, arazi verileri ile denestirilerek detaylı yer bilimsel çalışmalar yürütülmelidir.

Gülpınar-Babakale arasında K30°D doğrultulu Gülpınar Fayı (Karacık & Yılmaz, 1995) Biga Yarımadası'nın en batı ucunda, Tuzla Çayı deltasına kadar izlenebilmektedir. Bu fayın da Kestanbol Fayı ve Tuzla Fayı ile olan ilişkisi, bölgenin deprem tehlikesinin anlaşılması açısından çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Bu kapsamda, Diri Fay araştırma grubumuz gerekli çalışmaları başlatmıştır ve bu çalışmalar sonuçlandığında kamuoyu ile paylaşılacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye'deki deprem tabanlı bilimsel veri üretiminin resmi kurumlarca eşzamanlı yürütülebilmesi için, Türkiye Diri Fay Haritalarının yeni üretilen bilimsel veriler ışığında revize edilerek sistematik bir şekilde ve sürekli olarak güncellenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, MTA, AFAD ile üniversitelerde Diri fay çalışmaları konusunda uzman ve bilimsel yayın üreten öğretim üyelerinden oluşan bir komisyonun kurulması ve Diri fay güncelleme çalışmalarının bu komisyon tarafından sistematik bir şekilde revize edilmesi önerilmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- AFAD- 12.02.2017 Ayvacık-Çanakkale Deprem Raporu.
- AFAD-AADYM-T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Merkezi
- AFAD-ERD, 2017. TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Deprem Dairesi Başkanlığı, web sayfası, <http://www.deprem.gov.tr>
- AFAD-TDVMS-T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Türkiye Deprem Veri Sistemi.
- Altınok, Y., Alpar, B., Yalıtırak, C., Pınar, A. & Özer, N. (2012). The earthquakes and related tsunamis of October 6, 1944 and March 7, 1867; NE Aegean Sea. *Natural Hazards*, 60, 3-25.
- Ambraseys, N.N. (1988). Engineering seismology. *Journal of Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 17, 1-105.
- Ambraseys, N. (2002). The seismic activity of the Marmara Sea Region over the last 2000 years. *Bulletin of the Seismological Society of Amerika*, vol.92, 1, 1-18.
- Ambraseys, N., & C. Finkel (1991). Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Motae*, 3, 527-539.
- Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G. & Barka, A. A. (2002). Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: A clue to propagation processes of the North Anatolian Fault. *Terra Nova*, 14, 80-86.
- Belindir, F. (2008). Neotectonic characteristics and paleoseismology of the Yenice-Gönen fault zone (NW Anatolia, Turkey) (PhD Thesis). Hacettepe University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, 270p.
- Bohnhoff, M., Bulut, F., Dresen, G., Malin, P.E., Eken, T. & Aktar, M. (2013). An earthquake gap south of Istanbul, *Nature*, doi:10.1038/ncomms299.
- Canitez, N. & Toksöz, M.N. (1971). Focal mechanism and source depth of earthquakes from body and surface wave data. *Bulletin of the Seismological Society of Amerika*, 61,1369-1379.

- Cormier, M.H., Seeber, L., McHugh, C.M.G., Polonia, A., Çağatay, M.N., Emre, Ö., Gasperini, L., Görür, N., Bortoluzzi, G., Bonatti, E., Ryan, W.B.F. & Newman, K. R. (2006). North Anatolian fault in the Gulf of İzmit (Turkey): Rapid vertical motion in response to minor bends of a nonvertical continental transform. *Journal of Geophysical Research*, 111, 1-25.
- Dikbaş, A. & Akyüz, H.S. 2011. Paleoseismological investigations on Karadere Segment, North Anatolian Fault Zone. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 395-409.
- Duman, T., Çan, T., Emre, Ö., Kadiroğlu, F.T., Baştürk, N.B., Kılıç, T., Arslan, S., Özlal, S., vd. (2016). Seismotectonic database of Turkey. *Bull Earthquake Eng.* 1-40, doi:10.1007/s10518-016-9965-9.
- Emre, Ö. 2010. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Çanakkale (NK 35-10b) Paftası, Seri No:1, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara -Türkiye.
- Emre, Ö., & Doğan, A. (2010). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Balıkesir Ayvalık (NJ 35-2) Paftası, Seri No:2, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S. (2011). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Balıkesir (NJ 35-3) Paftası, Seri No:4, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S. (2011a). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Kütahya (NJ 35-4) Paftası, Seri No:10, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S. (2011b). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Adapazarı (NK 36-13) Paftası, Seri No:14, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara- Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S. (2011c). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Eskişehir (NJ 36-1) Paftası, Seri No:15, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara- Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S. & Yıldırım, C. (2011). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Bandırma (NK 35-11b) Paftası, Seri No:13, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara- Türkiye.
- EMSC, 2017. Avrupa Ortadoğu Sismoloji merkezi web sayfası, <http://www.emsc-csem.org>; EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre.
- Ergintav, S., Reilinger, R.E., Çakmak, R., Floyd, M., Cakir, Z., Doğan, U., King, R.W., McClusky, S., & Özener, H. (2014). Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap. *Geophysical Research Letters*, 41, 5783-5788.
- GFZ, 2017. Almanya Yerbilimleri Araştırma Merkezi, web sayfası, <http://www.gfzpotdam.de>, German Research centre for Geoscience.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Akyüz, H.S. & Yerli, B. (2003). A 2000-Year-Long Paleoseismologic Record of Earthquakes along the Central North Anatolian Fault, from Trenches at Alayurt, Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93, 1935-1954.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Kozacı, Ö., Akyüz, H.S. & Seitz, G.G. (2006). A 2500-yr-long paleoseismologic record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian fault at Çukurçimen, Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 118, 823-840.
- HRV. Harvard Centroid-Moment Tensor Project CMT, Harvard University, MA, USA (1977-2015). <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
- Ikeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E., Şaroğlu, F., Işıkara, A.M. & Honkura, Y. (1991). Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian Fault Zone in the Mudurnu Valley, Western Turkey. *Tectonophysics*, 193, 335-345.
- ISC 2017. International Seismological Centre. On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk/Bull>, International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom.
- Kalafat, D. (1989). Interpretation some of the great earthquake has occurred in the recent years in terms of focal mechanism. *Earthquake Research Bulletin*, 66, 6-33.
- Kalafat, D. (1998). Analyzed in terms of earthquake mechanisms of Anatolia tectonic structure. *Earthquake Research Bulletin*, 77, 1-217.
- Kalafat, D., Kekovalı, K., Güneş, Y., Yilmazer, M., Kara, M., Deniz, P. & Berberoğlu, M. (2009). A Catalogue of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2008). *Boğaziçi University Publication* 1026, 1-43, Bebek, İstanbul.
- Karacık, Z. & Yılmaz, Y. (1995). Geology of the Ignimbrite Eruptions of Ezine-Ayvacık region, NW Anatolia. *Int. In Earth Sci. Colloquium on the Aegean Region (IESCA). Proceedings* (pp. 415-427).
- Karacık, Z. & Yılmaz, Y. (1998). Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1), 251-264.
- KOERİ, 2017. B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü web sayfası, <http://www.koeri.boun.edu.tr>.
- Kop, A., Özalp, S., Elmacı, H., Kara, M., & Duman, T. Y. (2016). Active tectonic and palaeoseismological features of the western section of Mustafakemalpaşa Fault; Bursa, NW Anatolia. *Geodinamica Acta*, 28(4), 363-378.
- Kozacı, Ö., Dolan, J.F. & Finkel, R.C. (2009). A late Holocene slip rate for the central North Anatolian fault, at Tahtaköprü, Turkey, from cosmogenic ¹⁰Be geochronology: Implications for fault loading and strain release rates. *Journal of Geophysical Research*, 114, B01405, 1-12.
- Kozacı, Ö., Dolan, J.F., Yönlü, Ö. & Hartleb, R.D. (2011). Paleoseismologic evidence for the relatively regular recurrence of infrequent, large-magnitude earthquakes on the eastern North Anatolian fault at Yaylabeli, Turkey. *Lithosphere*, 3, 37-54.
- Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S.Z., Pavlides, S., Ateş, Ö. & Valkaniotis, S. (2008). The Yenice-Gönen active fault (NW Turkey): Active tectonics and palaeoseismology. *Tectonophysics*, 453, 263-275.
- Kürçer, A. ve Elmacı, H., 2017. 06-14 Şubat 2017 Ayvacık (Çanakkale) Deprem Fırtınası Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu, MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 26s.
- Le Pichon, X., Şengör A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. & Tok, B. (2001). The active main Marmara fault. *Earth and Planetary Science Letters*, 186, 595-616.
- McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.

- McKenzie, D. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 55, 217-254.
- NOA, 2017. Atina Ulusal Gözlemevi Merkezi, web sayfası, <http://www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs>, National Observatory of Athens, Geodynamic Institute, Greece, Athens.
- Özaksoy, V., Emre, Ö., Yıldırım, C., Doğan, A., Özalp, S. & Tokay, F. (2010). Sedimentary record of Late Holocene seismicity and uplift of Hersek restraining-bend along the North Anatolian Fault in the Gulf of İzmit. *Tectonophysics*, 487, 33-45.
- Özalp, S., Emre, Ö., & Doğan, A. (2013). The segment structure of southern branch of the North Anatolian Fault and paleoseismological behaviour of the Gemlik Fault, NW Anatolia. *General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Bulletin*, 147, 1-17.
- Özalp, S., Kürçer, A., Özdemir, E., & Duman, T. Y. (2016). The Bekten Fault: the palaeoseismic behaviour and kinematic characteristics of an intervening segment of the North Anatolian Fault Zone, Southern Marmara Region, Turkey. *Geodinamica Acta*, 28(4), 347-362.
- Pınar, N. & Lahn, E. (1952). Turkish Earthquake Catalog with Discriptions. Technical Report, Turkey The Ministry of Public Works and Settlement, The General Directorate of Constrcution Affairs, Serial 6, no. 36.
- Rockwell, T., Barka, A., Dawson, T., Akyüz, S., & Thorup, K. (2001). Paleoseismology of the Gaziköy-Saros segment of the North Anatolia fault, northwestern Turkey: Comparison of the historical and paleoseismic records, implications of regional seismic hazard, and models of earthquake recurrence. *Journal of Seismology*, 5, 433-448.
- Rockwell, T., Ragona, D., Seitz G., Langridge, R., Aksoy, M.E., Uçarkuş, G., Ferry, M., Meltzner, A.J., Klinger, Y., Meghraoui, M., Şatır, D., Barka, A., & Akbalık, B. (2009). Palaeoseismology of the North Anatolian Fault near the Marmara Sea: implications for fault segmentation and seismic hazard. In: K. Reicherter, A.M. Michetti & P.G. Silva (Eds.) *Palaeoseismology: Historical and Prehistorical Records of Earthquake Ground Effects for Seismic Hazard Assessment*. (31-54). Geological Society, Special Publication 316, London: Geological Society.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, B., Esat, K. & kaypak, B. (2017). Gülpınar-Ayvacık (Çanakkale) depremleri bilgi notu.
- Shebalin, N. V., Karnik, V. & Hadzievski, D. (1974). Catalogue of Earthquakes. UNESCO, pp. 366, Skopje, Yugoslavia.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy Y., Erkül F., İnci U., Helvacı C. ve Özkaymak, Ç. (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Sismik Jeomorfolojisi Ve Bölgedeki Gerilme Alanları ile İlişkisi, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52/2, p 217-238.
- Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Sümer, Ö., Eski, S. Güler, T., Yaralı, G. (2016a). Edremit Körfezi ile Balıkesir ili Arasında kalan Diri Fayların Tektonik Jeomorfolojisi ve Paleosismolojisi. No: UDAP-G-13-18 Kalkınma Bakanlığı Projesi.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Güler, T., Eski, S. (2016b). Kinematic analysis and palaeoseismology of the Edremit Fault Zone: evidence for past earthquakes in the southern branch of the North Anatolian Fault Zone, Biga Peninsula, NW Turkey. *Geodinamica Acta*, 28, 273-294.
- Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Sümer, Ö., Eski, S. & Tepe, Ç. (2016c). Paleoseismology of the Havran-Balıkesir Fault Zone: evidence for past earthquakes in the strike-slip dominated contractional deformation along the southern branches of the North Anatolian Fault in northwest Turkey. *Geodinamica Acta*, vol.28, No.4, 254-272.
- Şengör, A. M. C., Görür, N. & Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Biddle, K. T. & Christie-Black, N. (eds), *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation*, Special Publication, Soc. Econ. Paleont. Min., no. 37, 227-264.
- Tan, O. & Taymaz, T. (2004). Seismotectonics of the Caucasus and surrounding regions: source parameters and rupture histories of Recent destructive earthquakes. *AGU Fall Meeting, Session T14, San Francisco-California, EOS Transactions* 85 (47).
- Tan, O., Tapırdamaz, C.M. & Yörük, A. (2008). The Earthquake Catalogues for Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405-418. Taymaz, T. (1999). Seismotectonics of the Marmara Region: source characteristics of 1999 Gölçük - Sapanca - Düzce earthquakes. *Proceedings of ITU-IAHS, International Conference On The Kocaeli Earthquake 17 August 1999, İstanbul-Turkey, 2-5 December 1999*, 55-78.
- Tibi, R., Bock, G., Xia, Y., Baumbach, M., Grosser, H., Milkereit, C., Karakisa, S., Zünbül, S., Kind, R. & Zschau, J. (2001). Rupture processes of the 1999 August 17 İzmit and November 12 Düzce (Turkey) earthquakes. *Geophysical Journal International*, 144, F1-F7.
- USGS-NEIC (United States Geological Survey National Earthquake Information Center), <http://earthquake.usgs.gov/contactus/golden/neic.php>.
- Wells L.D. & Coppersmith, K.J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84/4, 974-1002.
- Yaltrak, C., İşler, E.B., Aksu, A.E., Hiscott, R.N. 2012. Evolution of the Bababurnu basin and shelf of the Biga Peninsula: Western extension of the middle strand of the North Anatolian Fault Zone, Northeast Aegean Sea, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 57, 103-119.