

21 TEMMUZ 2017 GÖKOVA KÖRFEZİ DEPREMLERİ VE BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ RAPORU

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

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



TEMMUZ-2017

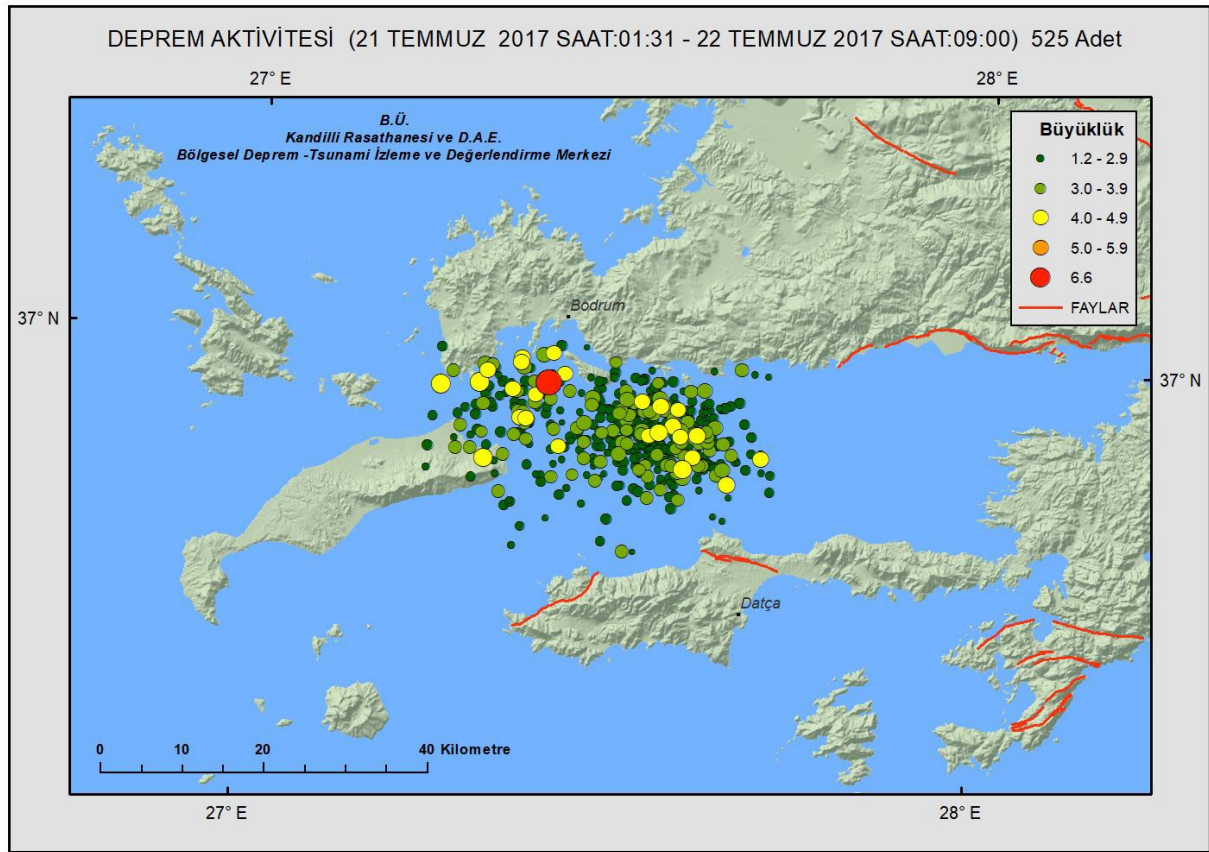
İzmir-BUCA

1. Giriş

Bu rapor, Gökova Depremleri ile ilgili literatür ışığında, BU-Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI, 2017) ve AFAD-Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD, 2017) ile uluslararası sismoloji istasyon verileri ve Gökova Fay Zonu’nda ekibimiz tarafından yapılan arazi çalışmalarının bir bütün olarak değerlendirildiği bilimsel sonuçları açıklar. Raporda ayrıca değerlendirme sonuçlarına göre, Türkiye’de deprem zararlarını azaltmaya yönelik “diri fay” çalışma izlencesindeki olumlu ve olumsuz gelişmeler de sunulmaya çalışılmış ve yapılması gereken öncel çalışmalar özetlenmiştir.

BU-Kandilli Rasathanesi ve AFAD verilerine göre, 21 Temmuz 2017 günü, saat 01:31’de Gökova Körfezinde $M_w=6.6$ büyüklüğünde ve 6-10 km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Gökova depremi başta Muğla iline bağlı Bordum, Datça ve Marmaris olmak üzere, Kos Adası’nda da şiddetli hissedilmiş ve deprem sonrasında Bodrum güney kıyılarında küçük ölçekli tsunami dalgaları oluşmuştur. Ana şoktan sonra büyüklüğü $M_w=5$ ’e erişen 500 den fazla artçı deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Bu depremlerden bir kısmı ana şokun sismik kaynağını oluşturan ve ana faya bağlı olan ikincil fay kollarında gelişmiştir. Meydana gelen ana şok ve artçı deprem verilerine göre, Gökova Körfezi depreminde denizin içinde kalan ve Kos Adasına kadar uzanan 20-25 km uzunluğundaki bir fay segmenti kırılmıştır.

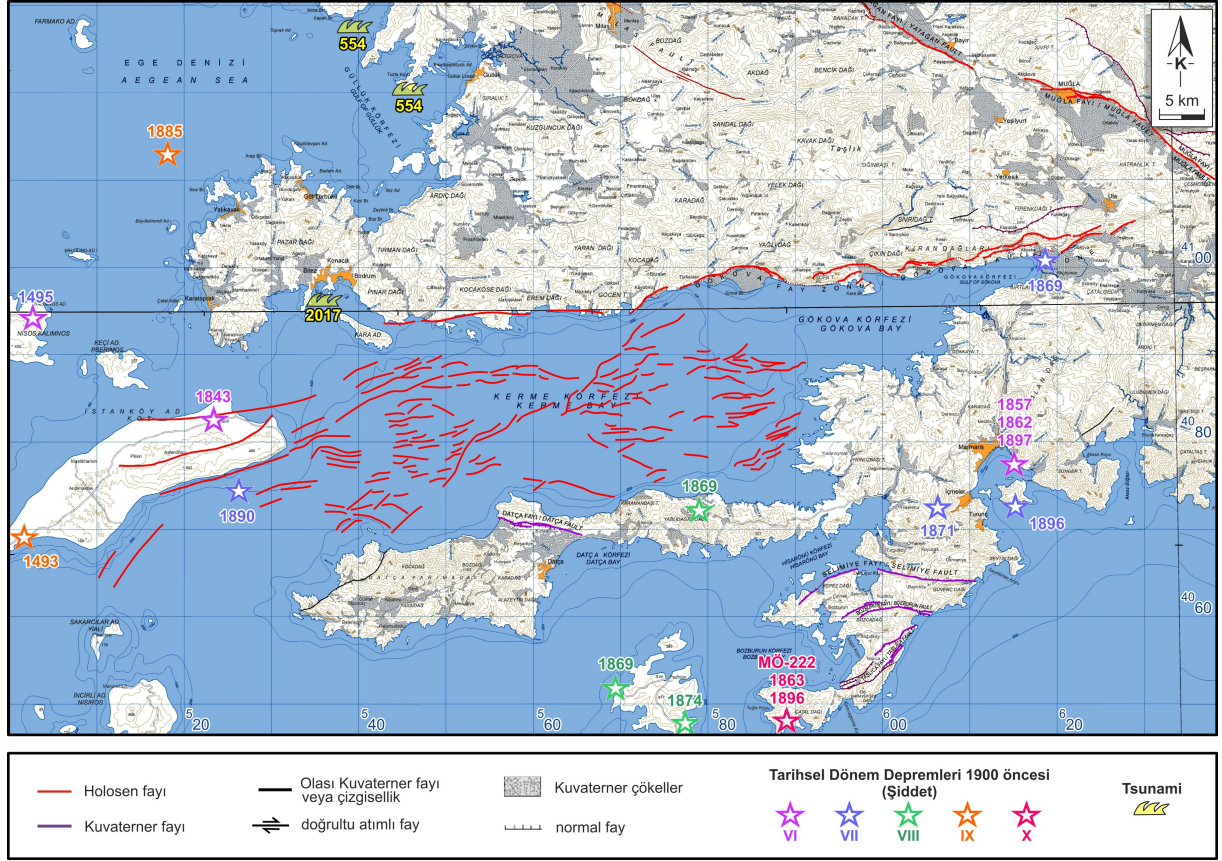
Gökova depremi sonrasında Bodrum Yarımadası ve Kos Adası’nda bir çok yapıda hasar olduğu, 100’den fazla yaralının bulunduğu, hatta Kos Adasında iki kişinin öldüğü ve oluşan küçük ölçekli tsunami sonrasında Bodrum Yarımadasının güneyi ile Kos Adasının kuzey kıyılarındaki teknelerde hasarlar olduğu gözlenmiştir. Deprem nedeniyle bu kıyılarda yanal yayılma sonucunda çatlak ve göçükler oluşmuş, bazı yapıların duvarlarında çatlaklar gelişmiş ve bir cami minaresi hasar görmüştür. Bu verilere göre depremin şiddeti VII olarak değerlendirilmiştir (AFAD, 2017). Ancak bölgede, 1400-1900 yılları arasındaki tarihsel dönem kayıtlarına göre, IX şiddetine varan yıkıcı depremler olduğu, bu depremlerde önemli ölçüde can ve mal kayıplarının gerçekleştiği ve önemli tsunamilerin yaşandığı bilinmektedir (Altınok ve Ersoy, 2000; Aktar vd., 2006; Yolsal vd., 2007; Kalafat & Horasan, 2012; Yolsal-Çevikbilen & Taymaz, 2012).



Şekil 1. Gökova depremi ana şoku ve artçı depremlerin dağılımı (KOERI, 2017).

2. Gökova Depreminin Sismik Kaynağı: Gökova Fay Zonu (GFZ)

Gökova Fay Zonu, Gökova Körfezi'ni kuzeyden sınırlayan havza kenar fayı niteliğindedir (Görür vd., 1995; Gürer ve Yılmaz, 2002; Kokkalas & Aydın, 2013). Fay zonu karadaki ve deniz altındaki uzantısıyla birlikte 120 km uzunluğundadır (Şekil 2). Jeolojik ve sismik verilere göre GFZ'nin karadaki uzunluğu 60 km'yi bulmaktadır (Duman vd., 2011; Emre vd., 2011, 2013). Doğuda Akyaka civarından batıya doğru, karada net bir şekilde izlenebilen fayın doğu kısmı, sırasıyla Yeşilova-Gökova-Akyaka-Ören'den geçerek Türkevleri'nden itibaren batıya doğru devam eder ve hemen sonra güneybatıya doğru dönüş yaparak Gökova Körfezi içinde 4 kola ayrılır (Şekil 2). Kollardan iki tanesi Kos Adası kuzeyi ve Bodrum Yarımadası güneyinden geçecek şekilde uzanır, diğer kol ise Kos adasının güney sahili boyunca devam eder. En güneydeki kol, Datça Yarımadası'nın batı ucuna kadar izlenebilir. Bu kollardan hem karada (Duman vd., 2011; Emre vd., 2011) hem de deniz altında (Nomikou & Papanikolaou, 2010; İşcan vd., 2013) çok sayıda ikincil fay paçası bulunmaktadır. Bu özellikleriyle Gökova havzası, kuzey kenarı diri fay ile sınırlı bir yarım graben niteliğindedir (Şekil 2).



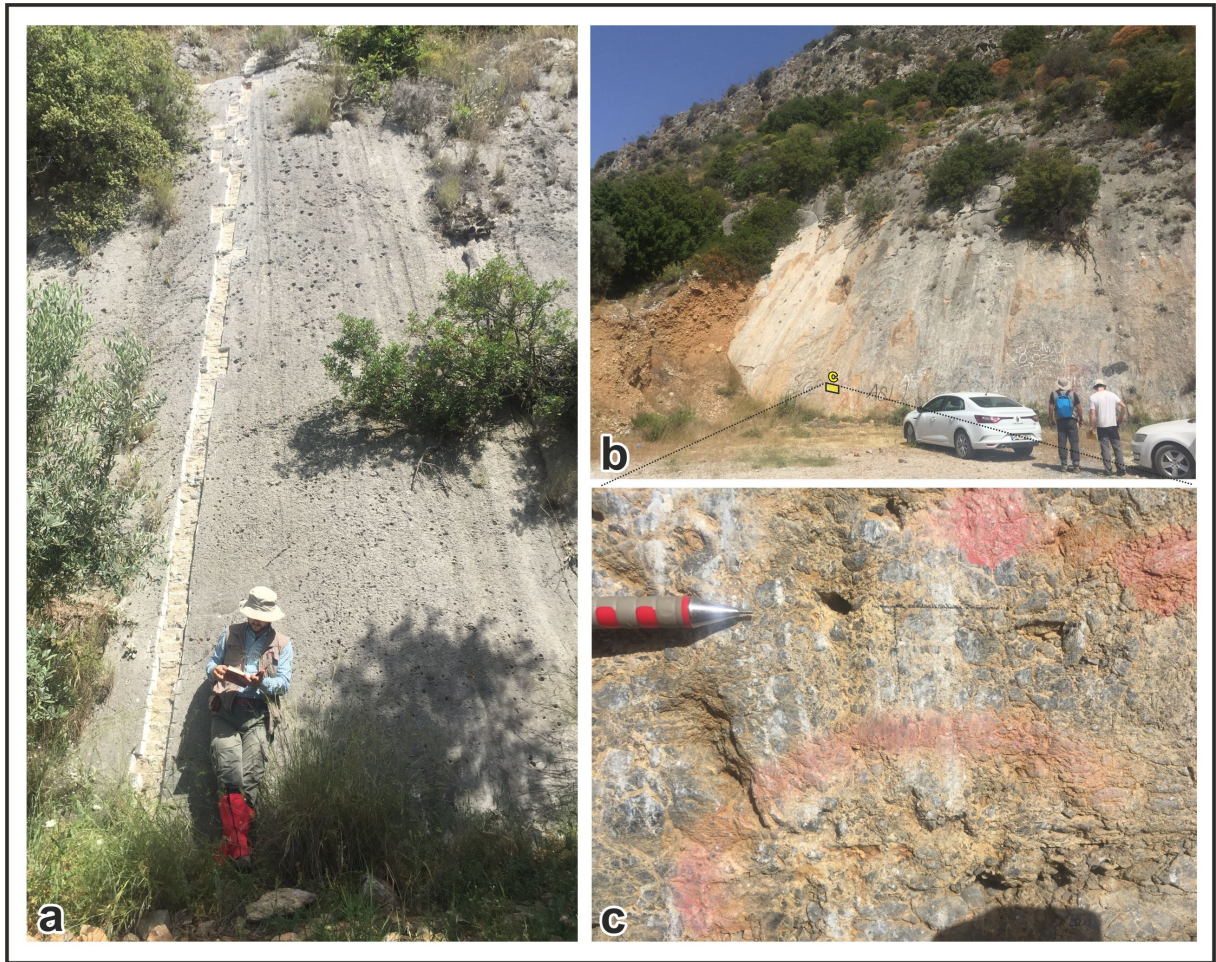
Şekil 2. Gökova Fay Zonu'nun geometrisi ve bu fay zone boyunca oluşan tarihsel dönem depremlerinin dağılımı. Diri fay haritası Nomikou & Papanikolaou (2010), Duman vd. (2011), Emre vd. (2011) ve İşcan vd. (2013)'den; tarihsel dönem deprem verileri Pınar ve Lahn (1952), Soysal vd. (1981), Ambraseys & Finkel (1991)'den; 554 yılına ait tsunami lokasyonu ise Altınok & Ersoy (2000)'den alınmıştır.

Gökova Körfezi çevresindeki tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler GFZ'nin sismik yönden aktif olan çok sayıda fay segmentinden oluştuğunu ve bu fay segmentlerinin $M_w=7$ büyüklüğüne varan depremler üretme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 2 ve 3). Tarihsel dönemde Gökova Körfezi civarında gerçekleşen yıkıma yol açmış olan depremler Pınar ve Lahn (1952), Shebalin vd. (1974), Soysal vd. (1981), Ambraseys & Finkel (1991) ve Ambraseys (2002) gibi kataloglardan derlendiğinde bu depremlerin sırasıyla; MÖ 222, 1493, 1843, 1857, 1862, 1863, 1869, 1871, 1874, 1885, 1890, 1896 ve 1897 yıllarında meydana gelen olaylar ön plana çıkar (Şekil 2). Tarihsel dönemde meydana gelen deprem kayıtları, bölgedeki fay segmentlerinin IX şiddetinde varan depremler ürettiğini ve bu depremlerde çok sayıda can ve mal kayıpları olduğu, bu depremler sonrasında Gökova Körfezi kıyılarında önemli tsunami olaylarının geliştiği bilinmektedir (Altınok ve Ersoy, 2000; Aktar vd., 2006; Yolsal vd., 2007). Fay zone üzerinde meydana gelen tarihsel deprem kayıtları incelendiğinde zon boyunca son 500 yılda çok sayıda yıkıcı deprem olduğu anlaşılmaktadır.

Gökova Fay Zonu üzerinde son 100 yılda gerçekleşen $M_w=5$ ve üzerindeki depremler incelendiğinde, fay zonu içindeki fay segmentlerinde doğudan batıya doğru enerji transferine dayalı bir deprem göçü yaşandığı ortaya çıkmaktadır. Fay zonu doğu ucundaki ilk önemli deprem 25.04.1959 ($M_w=6.1$) depremidir (Şekil 3). 30 yıl sonra 1959 yılında kırılan fay segmentinin batısında kalan komşu fay segmentinde 19.02.1989 tarihinde $M_w=5.6$ büyüklüğünde bir deprem dizisi meydana gelmiştir. Depremlerin batı-güneybatıya doğru göçü 2004 ve 2005 yıllarında bir dizi deprem aktivitesiyle kendini göstermiştir. Bu dönemde ana şokları 04.08.2004 ($M_w=5.4$) ve 11.01.2005 ($M_w=5.2$) olan ve deprem fırtınası şeklinde gelişim gösteren iki deprem ön plana çıkmaktadır (Kalafat & Horasan, 2012). Kırılan faydaki enerji ortalama 12 yıllık bir periyottan sonra birikimini tamamlamış ve batıdaki komşu fay üzerinde 21.07.2017 tarihinde $M_w=6.6$ büyüklüğündeki (KOERI, 2017) yeni bir kırılmanın gerçekleşmesine neden olmuştur.

Şekil 3. Gökova fay zone üzerinde aletsel dönemde gelişen depremlerin batıya doğru göç ettiğini gösteren sismotektonik harita. Diri fay haritası Nomikou & Papanikolaou (2010), Duman vd. (2011), Emre vd. (2011) ve İşcan vd. (2013)’den; aletsel dönem deprem verileri ise USGS, KOERI, CPPT, IGPG, GFZ ve NOA’dan derlenmiştir.

Tarafımızdan yapılan arazi çalışmalarına göre, Gökova Fay Zonu'nun karadaki verilerinin büyük bir bölümü Ören segmenti boyunca gözlenir. 2008 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi ve Bern Üniversitesi (İsviçre, Doç.Dr. Naki AKÇAR) arasında imzalanan proje kapsamında Manisa, Akselendi, Kuşadası ve Priene-Sazlı fayının yanı sıra Ören segmentinin geçmiş dönemlerdeki sismik aktivitesini ortaya koymak üzere kozmojenik yaşlandırma tabanlı paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda segmente ait fay düzlemleri kesilerek örneklenmiş (Şekil 4a), elde edilen proje sonuçlarının bir kısmı ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulmuştur (Mozafari Amiri vd., 2015). Elde edilen veriler GFZ'ye ait Ören segmentinin Holosen'de (son 11.000 yılda) en az 5 adet yıkıcı depreme kaynaklık ettiğini ortaya koymaktadır. Yapılan arazi çalışmaları, segmentin $K70-75^{\circ}D/70^{\circ}GD$ konumlu eğim atımlı normal fay olduğunu göstermektedir (Şekil 4b-c).



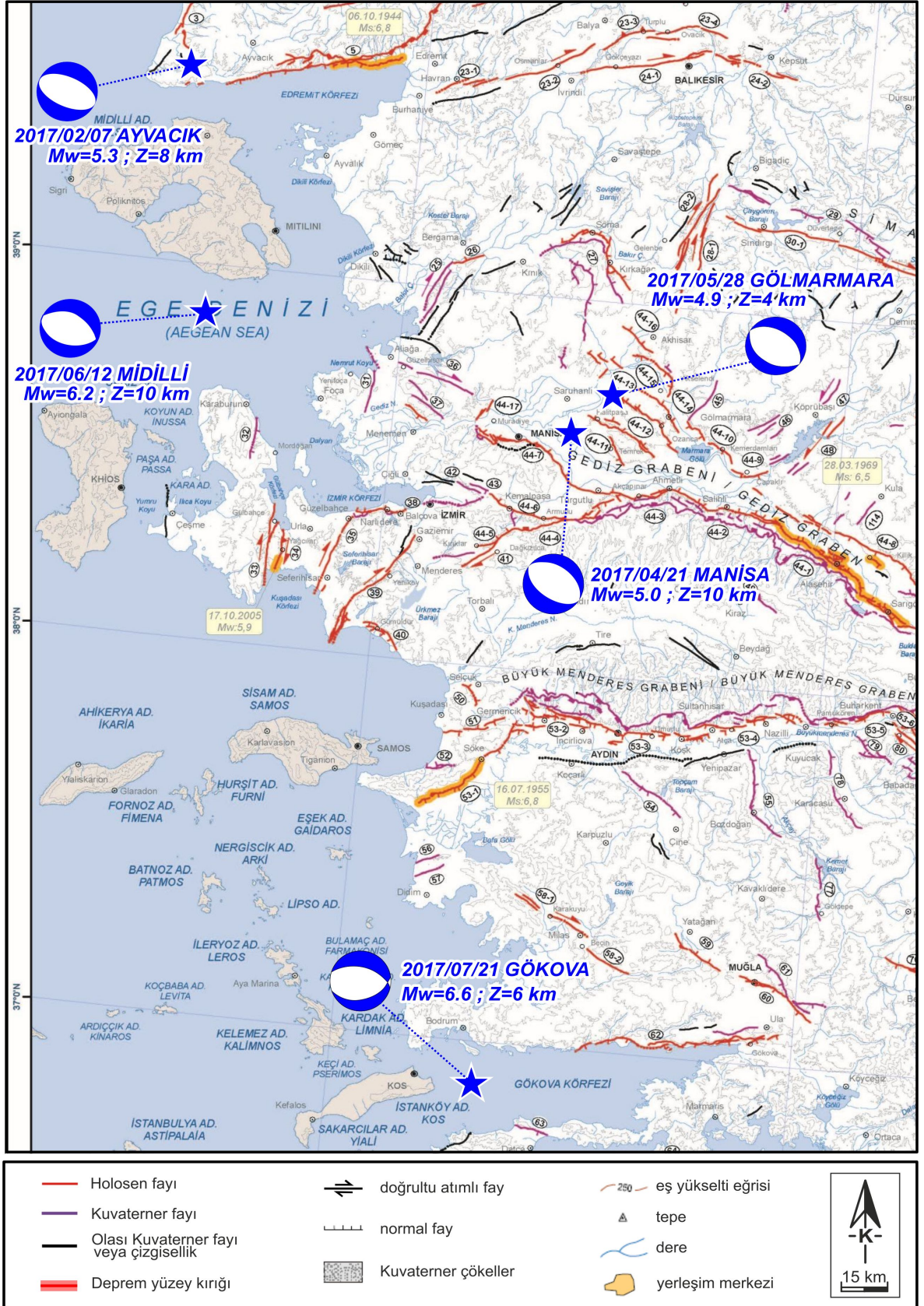
Şekil 4. Ören segmentine ait bazı fay düzlemlerinin arazi görüntüleri. a) fay düzlemi üzerinden kozmojenik yaş tayini için alınan örnekler, b-c) segmentin normal faylanma karakterini yansıtan kinematik verilerin yakından görünümü.

Wells & Coppersmith (1994)'ün yüzey kırığı uzunluğu ile deprem büyüklüğü arasındaki bağıntısından yararlanarak, bugüne kadar fay boyunca gerçekleşen toplam kırık uzunluğunun yaklaşık 60 km'ye eriştiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda kırılan fay kolları arasında kalan Ören segmenti sismik boşluk niteliği kazanmıştır. Bunun yanında, Kos Adasını sınırlandıran en doğudaki fay segmentleri üzerinde yeni enerji birikimi başlamış olmalıdır. Kos Adasının güneybatısında başlayan ve en büyüğü $M_w=4.7$ büyüklüğünde olan kırılma, bölgede KD-GB uzanımlı ve doğrultu atım bileşeni yüksek bir faylanmanın başladığını göstermektedir (Şekil 3). Bu durum Gökova grabeninde baskın olarak deprem üreten faylanma mekanizmasının eğim atımlı normal fay olduğunu ve bu ana faylanmaya KD uzanımlı doğrultu atımlı faylarının da eşlik ettiğini kanıtlamaktadır (Uluğ vd., 2005; Kokkalas & Aydın, 2013).

3. Gökova Depreminin Batı Anadolu Tektoniği İçindeki Anlamı

21 Temmuz 2017 de meydana gelen Gökova depremi, 2017 yılı başındaki Çanakkale-Ayvacı depremleriyle başlayan, daha sonra Manisa, Gölarmara ve Midilli depremleri ile devam eden deprem aktivitesiyle bölgesel ölçekte ilişkilidir ve benzer bir jeolojik mekanizmaya sahiptir (Şekil 5). Bu mekanizma Kuzey Anadolu Fayının Edremit körfezinden geçen güney kolu ile İzmir-Balıkesir Transfer zonu ve Fethiye-Burdur Fay Zonu arasında kalan bölgenin günümüzde yaklaşık KKD-GGB doğrultusundaki genişleme kuvvetleri etkisinde deformasyona uğradığını göstermektedir. Bu kapsamda TÜBİTAK'a sunulan **“İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Jeodinamik İlişkisi”** adlı projenin Temmuz-2017'de desteklenmesi kabul edilmiştir.

İlgili jeolojik literatür incelendiğinde, yaklaşık D-B doğrultulu normal fay mekanizmasına sahip fayların ürettiği depremlerle sarsılan bölgede gerilim farkını gidermek adına, Ege kıyılarına yaklaşık paralel olarak gelişen bir yırtılma zonunun yeniden aktif hale geçebileceği ön görülmektedir (Kaya, 1979; Sözbilir vd., 2011; Uzel vd., 2012, 2013; Sümer vd., 2013). Bu zon özellikle Söke-Sığacık Körfezi ile kuzeye doğru Balıkesir'den geçerek kuzey Anadolu fayına bağlanan geniş bir deformasyon zonu oluşturmuştur (Uzel vd., 2015, 2017). Bu zonun varlığı nedeniyle, şimdiye kadar normal fay mekanizmasıyla oluşan depremlerin, bölgedeki doğrultu atımlı fay mekanizmasına sahip fayları tetikleme potansiyeli taşıdığı anlaşılmaktadır (Şekil 5). Bu nedenle özellikle, Kuşadası Körfezi ile Gelenbe-Balıkesir arasında kalan fay segmentlerinde gerekli jeolojik, jeodezik, sismolojik ve paleosismolojik çalışmaların bir an önce yapılması hayati önem taşımaktadır. Bunun yanında MTA tarafından yayınlanan Türkiye diri fay haritasına (Emre vd., 2016), deniz altında kalan fayların da eklenmesi ve bu fayların da deprem tehlike analizinde göz önüne alınması gerekmektedir. Bunun için ilgili üniversitelere bağlı birimler ile MTA arasında gerekli koordinasyonun kurulması ve bu kapsamda çağrılı bilimsel projeler oluşturulması son derece önemlidir.



Şekil 5. Batı Anadolu’da son 2017 yılında meydana gelen önemli deprem aktivitelerine ait ana şokların dağılımı ve odak mekanizma çözümleri. Diri fay haritası Emre vd. (2016)’dan, deprem verileri ise GFZ ile KOERI’den alınmıştır. Fay isimleri (kimlik numaraları) için Emre vd. (2016)’ya bakınız.

4. Türkiye’de Deprem Zararlarını Azaltmak İçin Diri faylarda Yapılan/Devam Eden ve Yapılması Gereken Çalışmalar

Türkiye’de deprem zararlarını azaltmak adına, 1999 Gölcük depreminden alınan dersler ışığında uluslararası ölçekte çalışmalar yapılmış ve buna göre Türkiye genelinde deprem konularında yapılması gereken çalışmalar, Başbakanlık-AFAD tarafından Ulusal deprem Stratejisi Eylem Planı (UDSEP-2023) kitapçığı şeklinde 2011 yılında yayınlanmıştır. Bu plan çerçevesinde, 2023’e kadar deprem konusunda neler yapılması gerektiği, bu çalışmaları kimlerin yapacağı, ilgili ve sorumlu kuruluşlar tek tek belirtilmiştir. Bunlardan en önemlisi, Türkiye karasında saptanmış olan ve yıkıcı deprem üretme potansiyeline sahip 500 adet diri fay segmentinin geçmiş dönemlerdeki aktivitesini belgelemek için yapılması istenen paleosismolojik çalışmalardır. Bilindiği gibi, yıkıcı deprem üreten faylar, her canlı gibi doğar, büyür ve ölürler, bazı faylar, öldükten sonra, bölgedeki gerilim değişimi nedeniyle, yeniden canlanabilir. Bizleri ilgilendirenler öncelikli olarak “canlı (diri, günümüzde yaşayan) faylar”dır. Bu fayların gelecekte ne zaman deprem üretecekleri konusunda bir veri elde edebilmek için, öncelikle geçmişlerini bilmek gerekir. Paleosismoloji diri fayların geçmişini ortaya çıkarmaya yarayan bir bilim dalıdır. Bu bilim dalı fay zonu içinde hendek çalışması (fay kazısı) veya fay düzlemi üzerinde yapılan kozmojenik yöntemlerle anlam kazanmaktadır. Hendek duvarlarındaki stratigrafik, sedimentolojik, yapısal öğelerin tanımlanması ve jeolojik kaya birimlerinin yaş analizleri ile tarihlendirilmesi konularındaki temel jeolojik veri üretmeye dayalıdır. Bunun yanında kozmojenik yaşlandırmaya dayalı paleosismolojik çalışmalar da uluslararası düzeyde devam etmektedir. Bu kapsamda İngiltere Leeds Üniversitesi’nin (Dr. Laura Gregory) daveti ile Dokuz Eylül Üniversitesi DAUM (Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi) arasında yeni bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışma kapsamında Efes Fayı, Yatağan Fayı, Muğla Fayı, Eşen Fayı gibi İzmir, Aydın, Muğla ve Antalya illerini etkileyebilecek fayların geçmiş dönem aktivitelerini ortaya koyacak ve gelecekteki deprem kırılma zamanları konusunda bilimsel veriler elde edilecektir.

Bu çalışmalar sonucunda her fay segmentinin kaç yılda bir deprem ürettiği, son ürettiği deprem ve bundan sonra ne zaman kırılacağıyla ilgili olarak, deprem tehlike analizinde doğrudan kullanılan parametrelerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 2012 yılında AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) Güdümlü Proje ilanına çıkmış ve MTA koordinatörlüğünde DEU, ODTÜ, İTÜ ve ESOGU üniversitelerinden oluşan Paleosismoloji konusunda uzman bir çalışma ekibi oluşturulmuş ve bu ekip “Türkiye Paleosismoloji Projesi (TURKPAP)” ni başlatmıştır. Bu projede, Türkiye’deki 500 fay segmentinin 2023 yılına kadar paleosismolojik açıdan değerlendirilmesi planlanmış ve bu plan kapsamında Güney Marmara Bölgesi pilot alan olarak seçilmiştir. MTA ve yukarıda adı geçen üniversiteler tarafından sunulan 5 proje, 2012 yılında AFAD tarafından kabul edilerek başlamış ve 2015 yılında tamamlanmıştır. Bu projelerden Güney Marmara bölgesinin

deprem tehlike analizine yönelik paleosismolojik parametreler elde edilmiş ve bu veriler ulusal/uluslararası dergilerde makaleler şeklinde yayınlanmıştır (Özalp vd., 2016; Sözbilir vd., 2016a, 2016b; Kop vd., 2016). Bu yayınlardan çıkan en önemli sonuçlardan biri de, Balıkesir Fayı'na bağlı Gökçeyazı segmenti'nin sismik boşluk niteliği taşıdığı ve yakın gelecekte yıkıcı bir depreme kaynaklık edebileceğidir. Bu nedenle Balıkesir kent merkezinden geçen Balıkesir Fayı'nın 1/5.000 ölçekli imar haritalarına işlenmesi ve fay zonu içinde kalan mevcut yapı stoğu envanterinin ivedilikle çıkartılarak gerekli iyileştirmelerin yapılması büyük önem arz etmektedir.

AFAD, bu projeler tamamlandıktan sonra TURKPAP projesinin 2. aşaması olan "Batı Anadolu Paleosismolojisi" konusunda Güdümlü proje çağrısına çıkmıştır. Yine planlandığı gibi, bu çağrıya MTA ve yukarıda adı geçen 4 üniversite başvuruda bulunmuş, fakat 2015 yılı sonunda hiçbir başvurunun kabul edilmediği açıklanmıştır. Bu nedenle, ilgili dönemde Batı Anadolu'da Muğla-Aydın-İzmir-Manisa ve Denizli illerini etkileyen fayların geçmiş dönem aktiviteleri konusunda bir çalışma yapılamamıştır. Bu bağlamda, TÜRKPAİ projesinin bir diğer amacı da, 2023 yılına kadar yapılacak paleosismoloji projelerinde lisansüstü düzeyde öğrenciler çalıştırarak, 2023'e kadar YL. ve DR. ünvanlı, yani bilimsel anlamda uzman olan "paleosismolog"lar yetiştirilmesiydi. Fakat, 2 yıllık bir kesintiden sonra 2017 yılında yeniden başlatılan TÜRKPAİ yeni bir çalışma ile sadece MTA'ya verilmiş ve böylece projenin bilimsel ve bilim insanı yetiştirme ayaklarını oluşturan üniversiteler projenin dışında bırakılmıştır. Bunun üzerine, en azından projenin İzmir özelindeki diri faylarının paleosismolojisini incelemek üzere TÜBİTAK'a sunulan "İzmir ili yerleşim alanından geçen diri fayların paleosismolojisi" adlı projenin Temmuz-2017'de desteklenmesi kabul edilmiştir. Gelineen noktada, 2 senelik bir kayıpla da olsa, TÜRKPAİ projesinin olması gerektiği gibi yürümesi için gereken girişimlerin ve bilimsel çalışmaların tekrar başlatılacağı umudundayız.

Sonuç olarak, yıkıcı deprem üretme potansiyeli olan diri fayların geçmişlerini bilebilirsek, gelecekleri konusunda da bilgili olabilir ve böylece bu faylarla birlikte yaşama şansına sahip olabiliriz. Bunların yanında Türkiye'deki yerleşim alanlarının önemli bir bölümü, diri fay zonları üzerinde bulunmaktadır. Fakat bu fay zonlarının yerleşim yerleri özelinde nereden geçtiği, fay zonları içinde kalan yapı stoğu ve bu yapı stoğu içindeki hastane, okul, üniversite gibi yoğun nüfusun barındığı kaç binanın olduğu bilinmemektedir. Bunların Türkiye genelinde 1/5000 ölçekli imar haritalarında gösterilmesi, ve buna göre de gerekli "bina performans analizleri"nin yapılması önem arz etmektedir. Tüm bunların yanında, deprem önkestim çalışmalarına gereken önemin verilmesi ve bu konularda çalışan bilim adamlarının desteklenmesi, gelecekteki olası bir depremin önceden tahmin edilmesi konusunda hayati öneme sahiptir.

Kaynakça

- AFAD, 2017. 21.07.2017, Gökova Körfezi, Bodrum-Muğla Depremi, Basına ve Kamuoyuna Ön Bilgi Formu. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı.
- Aktar, M., Karabulut, H., Childs, D., Mutlu, A., Ergin, M., Yörük, A., Gecgel, V., Bulut, F. & Kaya, T. (2006). Gökova Körfezi (Muğla) Aktif Faylarında Güncel Sismik Aktivitenin Belirlenmesi. TÜBİTAK Projesi, No:104Y336, 29s.
- Altınok, Y., & Ersoy, Ş. 2000. Tsunamis observed on and near the Turkish coast. *Natural Hazards*, 21, 185-205.
- Ambraseys, N.N. 1988. Engineering seismology. *Journal of Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 17, 1-105.
- Ambraseys, N.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.N. & Finkel, C. 1991. Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Motae*, 3, 527-539.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S. & Elmacı, H. 2011. 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Aydın (NJ35-11) Paftası, Seri No:7, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara,Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S. 2011. 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Marmaris (NJ35-15) Paftası, Seri No:8, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara,Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. & Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1/1.125.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara, Türkiye. ISBN:978-605-5310-56-1.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S. Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. & Çan, T. 2016. Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, inpress, doi: 10.1007/s10518-016-0041-2
- EMSC, 2017. Avrupa Ortadoğu Sismoloji merkezi web sayfası, <http://www.emsc-csem.org>; EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre.
- GFZ, 2017. Almanya Yerbilimleri Araştırma Merkezi, web sayfası, <http://www.gfz-potsdam.de>, German Research centre for Geoscience.
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Sakıncı, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaş, E., Oktay, F.Y., Barka, A., Sarıca, N., Ecevitoglu, B., Demirbağ, E., Ersoy, Ş., Algan, O., Güneysu C. & Akyol, A. 1995. Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean Sea. *Geological Magazine*, 132, 637-650.
- Gürer, Ö.F. & Yılmaz Y. 2002. Geology of the Ören and Surrounding Areas, SW Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 1-13.
- İşcan, Y., Tur, H. & Gökaşan E. 2013. Morphologic and seismic features of the Gulf of Gökova, sw anatolia: evidence of strike-slip faulting with compression in the Aegean Extensional Regime. *Geo-Marine Letters*, 33, 31-48.
- Kalafat, D & Horasan, G. 2012. A seismological view to Gökova region at southwestern Turkey. *International Journal of the Physical Sciences*, 7(30), 5143-5153, doi: 10.5897/IJPS12.277.
- Kaya, O., 1979. Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27 (1), 1-7.
- KOERI, 2017. 21 Temmuz 2017 Gökova Körfezi- Akdeniz Depremi Basın Bülteni. B.Ü. KANDİLLİ RASATHANESİ Ve DAE. BÖLGESEL DEPREM-TSUNAMİ İZLEME Ve DEĞERLENDİRME MERKEZİ.
- KOERİ, 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.
- Kokkalas, S & Aydın A. 2013. Is there a link between faulting and magmatism in the south-central Aegean Sea? *Geological Magazine*, 150 (2), 193-224. doi:10.1017/S0016756812000453.
- Mozafari Amiri, N., Dmitry, T., Özkaymak, Ç., Sümr, Ö., Uzel, B., Ivy Ochs, S., Sözbilir, H. & Akçar, N. 2015. Revealing the seismically active periods beyond the historical archives: Fault scarp dating with 36 Cl. *The International Union for Quaternary Research*, 19.
- NOA, Atina Ulusal Gözlemevi Merkezi, web sayfası, <http://www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs>, National Observatory of Athens, Geodynamic Institute, Greece, Athens.

- Nomikou, P. & Papanikolaou, D. 2010. The morpho-tectonic structure of Kos-Nisyros-Tilos volcanic area based on onshore and offshore data. *Proceedings of the XIX CBGA Congress*, 99, 557-564, Thessaloniki, Greece.
- 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.
- Shebalin, N.V., Karnik, V. & Hadzievski, D. 1974. *Catalogue of Earthquakes*. UNESCO, pp. 366, Skopje, Yugoslavia.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. & Altınok, Y. 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, (M.O. 2100 - M.S. 1900), TÜBİTAK Proje No:TBAK-341.
- Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. & Akkiraz, S. 2011. Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Res.* 23, 423–448.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Güler, T., Eski, S. 2016a. 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. 2016b. 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.
- Sümer, Ö., İnci, U. & Sözbilir, H. 2013. Tectonic evolution of the Söke Basin: Extension-dominated transtensional basin formation in western part of the Büyük Menderes Graben, Western Anatolia, Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65, 148–175.
- Uluğ, A., Duman, M., Ersoy, Ş., Özel, E. & Avcı, M. 2005. Late Quaternary sea-level change, sedimentation and neotectonics of the Gulf of Gökova: Southeastern Aegean Sea. *Marine Geology*, 221, 381–395.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., 2012. Neotectonic evolution of an actively growing superimposed basin in western Anatolia: The inner bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 22/4, 439–471, doi: 10.3906/yer-0910-11.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakci, N., Langereis, C.G., 2013. Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir–Balıkesir Transfer Zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal Geodynamics*, 65, 94–116.
- Uzel, B., Langereis, C.G., Kaymakci, N., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç. & Özkaptan, M. 2015. Paleomagnetic evidence for an inverse rotation history of Western Anatolia during the exhumation of Menderes core complex. *Earth and Planetary Science Letters*, 414, 108–125.
- Uzel, B., Sümer, Ö., Özkaptan, M., Özkaymak, Ç., Kuiper, K., Sözbilir, H., Kaymakci, N., İnci, U. & Langereis, C.G. 2017. Palaeomagnetic and geochronological evidence for a major middle Miocene unconformity in Söke Basin (western Anatolia) and its tectonic implications for the Aegean region. *Journal of the Geological Society*, jgs2016-006.
- USGS, 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.
- Yolsal, S., Taymaz, T. & Yalçiner, A.C. 2007. Understanding tsunamis, potential source regions and tsunami-prone mechanisms in the Eastern Mediterranean. *Geological Society, London, Special Publications*, 291, 201-230, doi:10.1144/SP291.10.
- Yolsal-Çevikbilen, S. & Taymaz, T. 2012. Earthquake source parameters along the Hellenic subduction zone and numerical simulations of historical tsunamis in the Eastern Mediterranean. *Tectonophysics* 536–537, 61–100.