

22-25 KASIM 2017
MUĞLA DEPREMLERİ VE MUĞLA İLİNİN
DEPREMSELLİĞİ RAPORU

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR
Doç.Dr. Bora UZEL
Araş.Gör.Dr. Ökmen SÜMER
Uzm.Jeol.Yük.Müh. Semih ESKİ

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



27 Kasım 2017

Buca / İZMİR

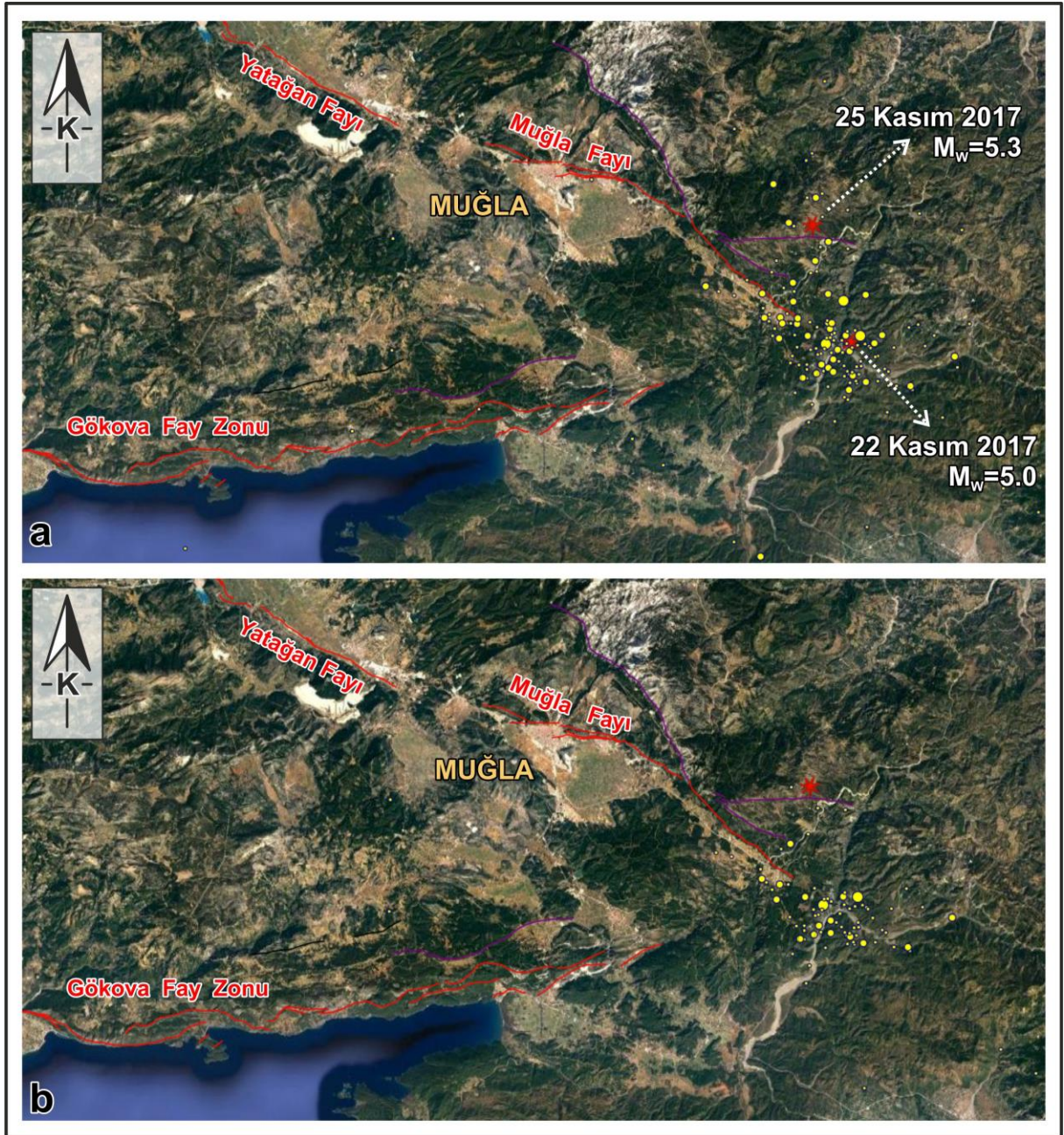
GİRİŞ

Bu rapor, 22-25 Kasım 2017 tarihleri arasında Muğla'nın Arıcılar ve Ula ilçesi ve civarında meydana gelen ve $M_W=5.3$ büyüklüğüne ulaşan depremler ile ilgili bilimsel verileri açıklar. Bu veriler oluşturulurken bölgedeki literatür derlenerek; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI, 2017), AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD, 2017) ve uluslararası sismoloji kurumlarına (EMSC, NOA, USGS-NEIC) ait deprem bilgileri ile Muğla Fayı'nda ekibimiz tarafından şimdiye kadar bölgede yapılan arazi çalışmalarından elde edilen arazi verileri bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Türkiye ölçeğinde gelecekte olabilecek yıkıcı bir depremden en az zararlarla çıkmak için yapılması gereken yerbilimsel çalışmalar, rapor sonunda ayrıca sunulmuştur.

22–25.11.2017 TARİHLİ MUĞLA DEPREMLERİ

Kandilli Rasathanesi ve AFAD verilerine göre, 22 Kasım 2017 günü, saat 23:22'de Muğla'nın Arıcılar Mahallesi'nde $M_W=5.0$ büyüklüğünde ve 5-10 km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Muğla depremi başta Muğla iline bağlı Ula, Yerkesik ve Köyceğiz olmak üzere, Manisa, İzmir ve Aydın gibi çevre illerde hissedilmiş ve ana şoktan sonra büyüklüğü $M_W=3$ 'e erişen 50 den fazla artçı deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Deprem sonrasında Arıcılar Mahallesi'nde 9 adet evde hafif hasar, kaya düşmeleri ve asfalt yolda çatlaklar oluşmuştur. Bu verilere göre depremin şiddeti VI olarak değerlendirilmiştir (AFAD, 2017). Ancak bölgede (Gökova Körfezi), 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 & Ersoy, 2000; Aktar vd., 2006; Yolsal vd., 2007; Kalafat & Horasan, 2012; Yolsal-Çevikbilen & Taymaz, 2012). 21 Temmuz 2017 günü, saat 01:31'de Gökova Körfezinde $M_W=6.6$ büyüklüğünde ve 6-10 km derinliğinde meydana gelen deprem sonucu oluşan tsunami bu bilgileri doğrulamıştır.

Yaşanan Gökova-Bodrum depreminin artçıları sürmekteyken, 25.11.2017 saat 00:49' da KOERİ (2017)'ye göre $M_W=5.0$, GFZ (2017)'ye göre $M_W=5.3$ büyüklüğünde, derinliği 4-10 km olan bir deprem daha meydana gelmiştir. Depremin merkez üssü Arıcılar Mahallesi'nin GD' sında bulunan Kavakçalı Mahallesi'dir. Bölgede meydana gelen iki büyük sarsıntı bazı evlerin hasar görmesine ve büyük paniğe yol açmış durumdadır.



Şekil 1. MTA Portalı üzerinden 25 Kasım 2017 tarihinde oluşturulan; (a) son 7 gün, ve (b) son 24 saatte bölgede gerçekleşmiş olan deprem aktivitesinin diri faylar boyunca dağılımını gösteren Google Earth görüntüleri. Kırmızı yıldızlar 22 Kasım ve 25 Kasım tarihlerindeki $M_w > 5.0$ depremlerin yerlerini göstermektedir (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>).

22-25.11.2017 TARİHLİ MUĞLA DEPREMLERİNİN SİSMİK KAYNAĞI: MUĞLA FAYI

İlgili jeolojik literatür incelendiğinde Muğla ili ve yakın çevresinde yıkıcı bir deprem üretebilecek birçok fay/fay zonu olduğu görülür (Tablo 1). Bunlardan Muğla il merkezini etkileme olasılığı yüksek olanlar, batıdan doğuya doğru; (i) Milas Fay Zonu, (ii) Gökova Fay

Zonu, (iii) Yatağan Fayı, ve (iv) Muğla Fayı'dır (Şekil 1). MTA'nın resmi diri fay harita ve raporlarında bu faylar ile ilgili bazı tanımlamalar yapılmıştır (Emre vd., 2016). Buna göre Milas Fayı, batıdan doğuya doğru Karakuyu ve Beçin olarak adlandırılan iki segmentten oluşur. Sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterindeki bu segmentler sırasıyla 25 ve 14 km uzunluğundadır ve yine sırasıyla $M_W=6.7$ ve $M_W=6.5$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir (Tablo 1). Bölgedeki diğer bir önemli yapısal hat ise Gökova Fay Zonu'dur ve denizdeki uzantısı ile toplam uzunluğu 120 km'yi bulur. Yaklaşık 60 km uzunluğundaki fay zonunun karadaki kısmı 3 ayrı segmente ayrılmıştır ve $M_W=6.1-6.6$ arasında deprem üretme potansiyeline sahiptir (Tablo 1). 17 km uzunluğundaki Yatağan Fayı ise Muğla Fayı'na paralel uzanır ve Salihpaşalar ile Akçakoca arasındaki bir yükselti ile bu faydan ayrılır. MTA'nın yaptığı çalışmalara göre Yatağan Fayı $M_W=6.5$ büyüklüğünde deprem üretebilir (Tablo 1).

Tablo 1. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'nda Muğla ili ve yakın çevresinde yer alan fayların/segmentlerin kimlik numaraları üretebilecekleri maksimum deprem ve bazı parametre bilgileri (Emre vd., 2016 ve bu çalışma). H, Holosen; K, Kuvaterner; N, Normal Fay; SaD, Sağ Doğrultu Atımlı Fay; SoD, Sol Doğrultu Atımlı Fay; *, Wells & Coppersmith (1994) yaklaşımı ile hesaplanan deprem büyüklüğü; **, Muğla depremlerine kaynaklık eden Muğla Fayı'nda tarafımızdan yapılan arazi çalışmaları kapsamında saptanan parametreler.

Fay		Uzunluk		Doğrultu		Eğim		Üretebileceği Deprem*	
Segment	Tür	Fay Kimlik No	Aktivite	(km)	Min	Max	Min	Max	MW
Milas F / Karakuyu S	SaD	58-1	H	25	292	309	87	90	6.73
Milas F / Beçin S	SaD	58-2	H	14	295	307	87	90	6.50
Yatağan F	NN	59	H	17	297	342	60	65	6.48
Muğla F**	NN		H	30	92	150	55	85	6.8
Gökova FZ	NN	62-1	H	21	75	85	55	65	6.61
	NN	62-3	H	9	85	95	55	65	6.12
	NN	62-4	H	22	75	100	55	65	6.20
Datça F	NN	63	K	10	107	114	50	65	6.18
Selimiye F	NN	64	K	21	244	284	60	65	6.61
Bozburun F	NN	65	K	11	250	282	60	65	6.23
Taşlıca F	NN	66	K	11	43	63	60	65	6.23
Eşen F	NN+SoD	69-1	K	18	118	161	60	65	6.52
	NN+SoD	69-2	K	24	175	216	60	65	6.68
	NN+SoD	69-3	K	12	166	227	60	65	5.80
Acıpayam	SoD+NN	73-1	K	20	33	46	87	90	6.58
	SoD+NN	73	K	24	14	52	87	90	6.68

MUĞLA FAYI: MTA'nın resmi diri fay haritalarında (Duman vd., 2011; Emre & Duman, 2011; Emre vd., 2011a, 2011b) ve ilgili yayınlarda (Emre vd., 2016) K40-65B uzanımlı ve yaklaşık 25 km uzunluğunda olan diri bir normal fay olarak tanımlanır (Şekil 1). Bu haritalarda fay, Holosen fayı olarak belirtilir ve 60-65° güneybatıya doğru eğimlidir. Bu verilere göre Muğla Fayı $M_w=6.7$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip olarak nitelendirilmiştir (Emre vd., 2016). Ancak, tarafımızdan yapılan araz çalışmaları Muğla Fayı'nın en az 30 km uzunluğunda olduğunu göstermektedir. Bu durumda Muğla Fayı bir bütün olarak kırıldığında en az $M_w=6.8$ büyüklüğünde bir depreme kaynaklık edebileceği ortaya çıkmaktadır (Wells & Coppersmith, 1994). Muğla Fayı ile ilgili yapılmış diğer bir çalışma Karabacak (2016) tarafından yayınlanmıştır. Karabacak (2016), Muğla ve Yatağan Faylarını tek bir fay olarak, Muğla Fayı adı altında tanımlar. Fayın güneyinde ve Düğerek ilçesi çevresinde bazı depremlere kaynaklık ettiğini vurgulayan çalışmacıya göre, Muğla Fayı KB uzanımlı ve yaklaşık 50 km uzunluğundadır. Batıda Turgut ilçesinden başlayan fay, Yatağan ilçesinin güneyinden geçerek Akçaova'ya doğru uzanır. Fayın Yatağan bölümü KD'ye doğru eğimlidir. Fay daha sonra GB'ye doğru eğimlenir, Muğla ilçesini kuzeyden kat ederek Gölcük ilçesine kadar ilerler. Çalışmacıya göre bu noktadan sonra Muğla Fayı'nın aktivitesine dair morfolojide herhangi bir veriye rastlanmaz. Akyüz vd. (2016) "Muğla, Yatağan, Milas ve Gökova faylarının morfolojik, paleosismolojik ve kinematik özellikleri" başlıklı bir Tübitak Projesi başlatarak bölgedeki önemli depremlere kaynaklık edecek faylarda çalışmalar yapmayı hedeflemektedir.

Tarafımızdan şimdiye kadar yapılan arazi çalışmalarına göre, KB-GD uzanımlı Muğla Fayı batıda Akçaova ilçesinden başlar, doğuya doğru Muğla il merkezinin içerisinden geçerek iç bükey bir geometri ile Düğerek ilçesine doğru uzanır. Düğerek civarında fay önce dış bükey bir harita ifadesi sunar, daha sonra doğuya doğru çizgisel bir gidiş ile Yaraş, Gölcük ve Arıcılar yerleşim alanlarını kat eder. Muğla Fayı'nın taban bloğunda Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalar ile Miyosen yaşlı tortul kayalar bulunurken, fayın tavan bloğunda ise Kuvaterner yaşlı karasal çökeller yüzlek verir. Muğla Fayı, Muğla ilçe merkezi ve doğusunda, topoğrafyadaki ani yükseklik değişimi ile net olarak izlenir (Şekil 2a). Bu alanda fay D-B ile K60B arasında doğrultu açılarına sahiptir ve 55-80° güney ve güneybatıya doğru eğimlidir (Şekil 2b). Fay düzlemlerinde saptanan hareket yönü vektörleri yatay düzlem ile >70° açı yapar (Şekil 2c). Muğla ili ve Düğerek ilçesi civarında genç fay sarplıkları ve taze fay aynaları ile karakterize olan fay doğuya doğru, Yaraş, Gölcük ve Arıcılar çevresinde belirginliğini kaybetse de arazide net fay düzlemlerine sahiptir (Şekil 2d-e). Bu alanda fayın eğim açısı 85°'ye kadar yükselir ve topoğrafyada çizgisel bir gidiş sunar.

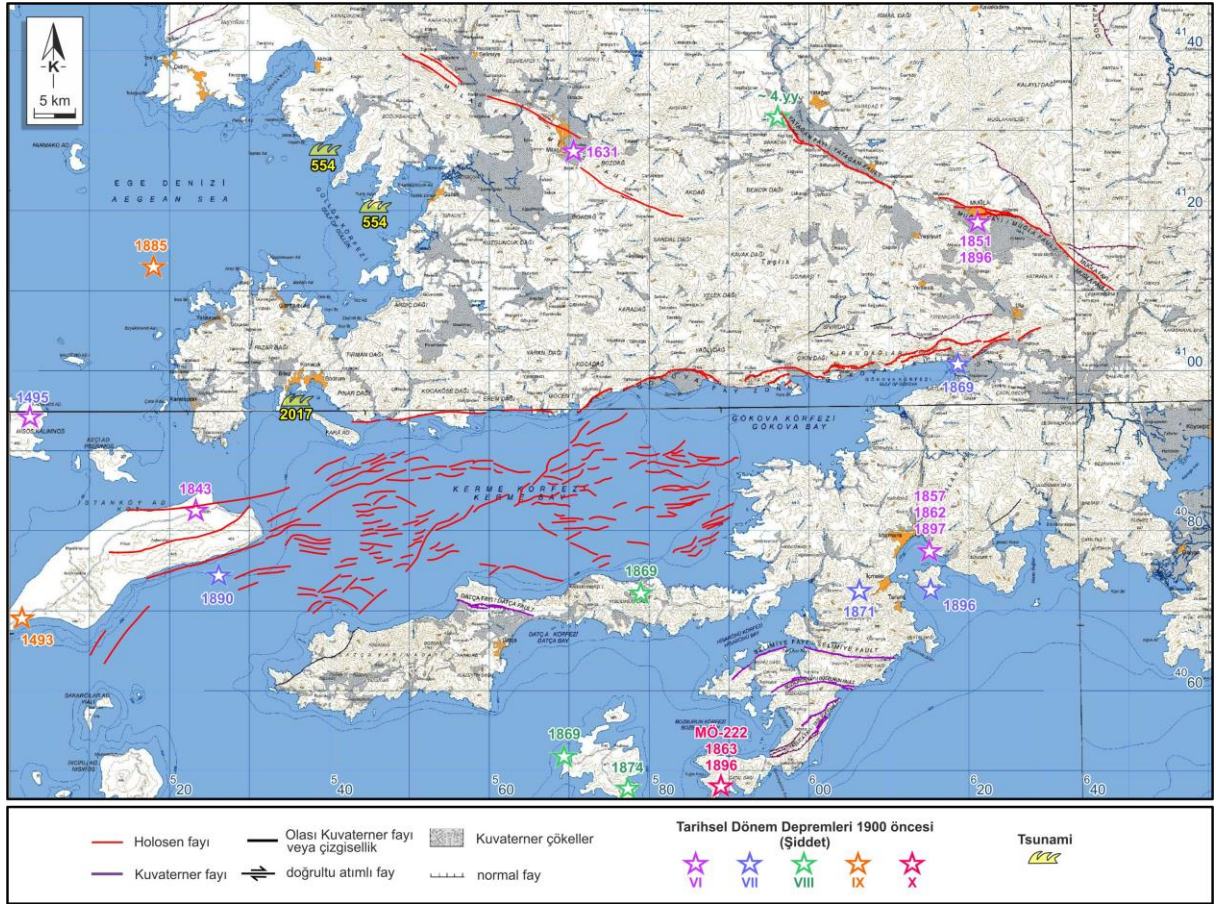


Şekil 2. Muğla Fayı'na ait bazı arazi görüntüleri. a) Muğla Fayı'nın GB'den bakış açısı ile genel görünümü, b-c) Muğla yerleşim alanında gözlenen fay aynası, (c) bu alanda normal faylanma karakterini yansıtan kinematik verilerin yakından görünümü, (d-e) fayın GD'ye doğru devamında gözlenen morfolojik sarplıklar ve fay düzlemleri.

Yukarıda verilen arazi çalışmaları, 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi-Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi ve Leeds Üniversitesi (İngiltere)'nin ortaklaşa gerçekleştirdiği uluslararası bir proje kapsamındaki ilk arazi gözlemleri çerçevesinde yapılmıştır (Gregory vd., 2016).

MUĞLA, YATAĞAN, MİLAS ve GÖKOVA FAYLARI ÇEVRESİNDE MEYDANA GELMİŞ TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREMLERİ

İlgili literatür detaylı olarak incelendiğinde bu alan çerçevesinde tarihsel ve aletsel dönem içinde birçok depremin meydana geldiği görülür (Şekil 3 ve 4). Tarihsel deprem kataloglarından ve bölgede yapılan aktif tektonik araştırmaların sonuçları, özellikle 3 adet tarihsel dönem depreminin Milas-Muğla arasındaki bölgeyi yıkıcı bir şekilde etkilediğini göstermektedir (Şekil 3).

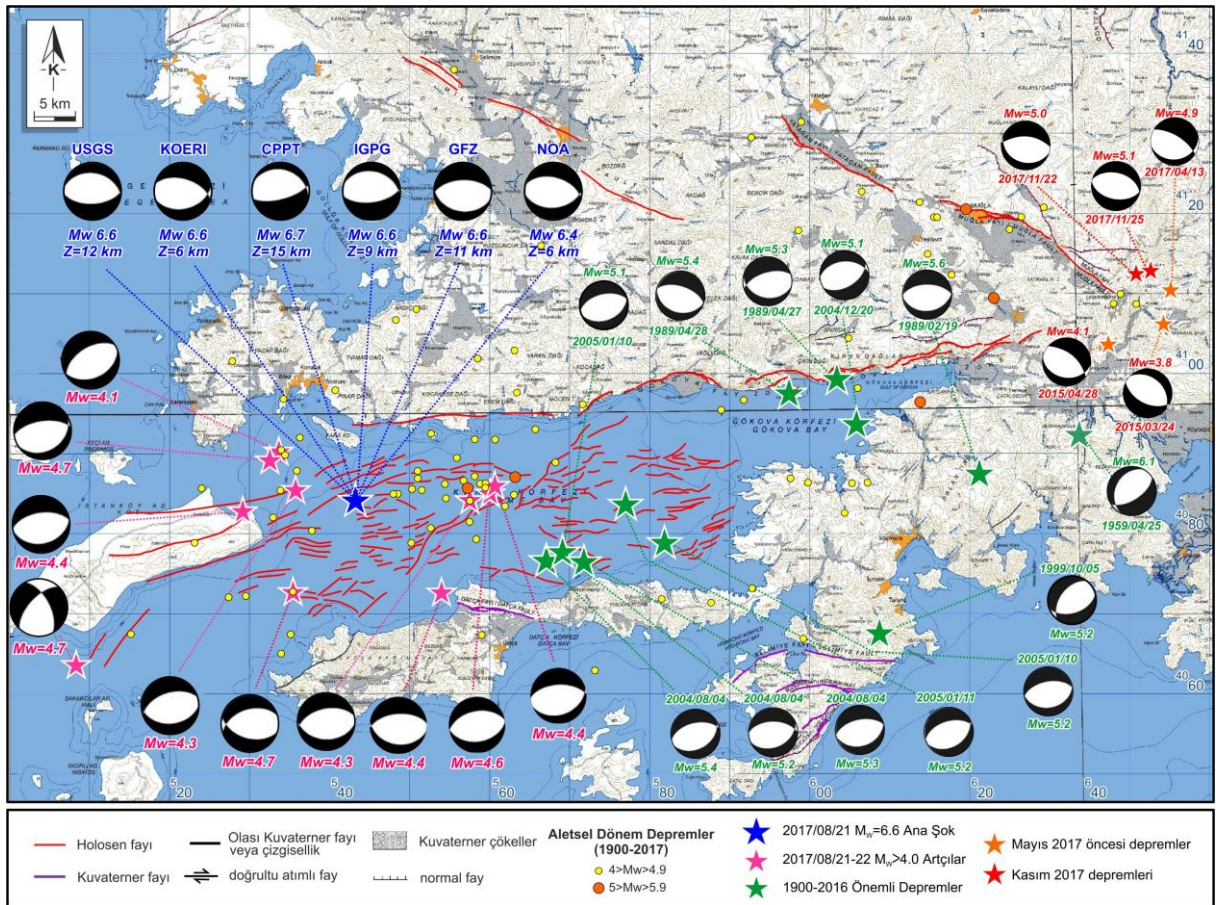


Şekil 3. Muğla, Yatağan, Milas ve Gökova Körfezi çevresinde meydana gelmiş olan tarihsel dönem depremleri.

Bu depremlerden ilki Karabacak (2016)'da ayrıntıları verilen ve ortalama MS 4 y.y. ve/veya hemen sonrası meydana geldiği belirtilen bir olayla başlamaktadır. Bu depremin dışında bölgede meydana gelmiş diğer tarihsel olaylar ise 1631 Milas depremleri ile Muğla kent merkezi yakınına konumlandırılan 1851 ve 1896 depremleridir. 1631 depremleri Ambraseys (2009)'in Peçin (Beçin; Milas İlçesi'nin bir kazası) kadısının yazdığı mektuplara dayanarak

tanımladığı, 1631 yılı içinde meydana gelmiş ve tuz ambarlarında yıkıma sebebiyet vermiş birkaç depremi kapsamaktadır. 1851 depremlerini ise, Ambraseys (2009) Muğla yakınlarında 2 Şubat'tan itibaren hissedilen deprem serisi olarak tanımlamaktadır. En son tarihsel deprem ise, 19 Nisan 1896 tarihinde yine benzer bir lokasyonda meydana gelmiştir. Ambraseys (2009) bu depremi, sabaha karşı 06:49'da hissedilen şiddetli bir sarsıntı olarak tanımlar. Araştırmacıya göre Bayır ilçesinde hafif hasara sebebiyet veren deprem, Milas ve Muğla'da daha fazla hasara neden olmuş, 60 km yarıçapındaki Yüksekum, Köyceğiz ve Aydın'da hissedilmiş ve artçılar 22 Nisana kadar devam ederken, 29 Nisan'da benzer büyüklükte bir deprem daha gerçekleşmiştir.

Aynı bölge içinde meydana gelmiş aletsel dönem kayıtları ise, daha doyurucu bir bilgi seti içerir. Bölgede 1900'lü yılların başından itibaren 18 adet $4.0 < M < 4.9$, 3 adette $4.9 < M < 5.2$ olmak üzere toplamda 21 adet hafif orta büyüklükte deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin 5 adetinin odak mekanizma çözümü KOERİ tarafından sunulmuş, deprem verileri (Şekil 4) üzerine aktarılmıştır.



Şekil 4. Muğla, Yatağan, Milas ve Gökova Körfezi çevresinde meydana gelmiş olan aletsel dönem depremleri.

Odak mekanizma çözümü verilmiş depremlerin dış merkez lokasyonları Muğla Fayı'nın güneybatı uzanımına ve/veya bu uzanımındaki kolları üzerinde yer alır. 2015 yılının Mart ve Nisan ayında meydana gelen depremler sırasıyla $M_W=3.8$ ve $M_W=4.1$ büyüklüklerinde ve çok ufak miktarda yanıl bileşene sahip eğim atımlı normal faylanmaya sahiptir. 2017 yılında ise, deprem serisi bu sefer fayın uzanımının ana çizgisi boyunca ve ilki 13 Nisan 2017 ve son ikisi de 22–25 Kasım'da meydana gelmiştir.

GELECEKTE OLABİLECEK YIKICI BİR DEPREMDEN AN AZ HASARLA ÇIKABİLMEK İÇİN YAPILMASI GEREKEN YERBİLİMSEL ÇALIŞMALAR;

- 1- Türkiye ölçeğinde tanımlanmış olan diri fayların gelecekteki deprem üretme potansiyellerini ortaya koyabilmek için, bu fayların geçmişte ürettikleri tarihsel ve tarih öncesi depremlerle ilgili verilerin elde edilmesini sağlayan hendek tabanlı paleosismoloji çalışmalarına ağırlık verilmelidir.
- 2- Türkiye'deki güncel kabuk deformasyonlarının diri fay ölçeğinde sürekli izlenebilmesi için **jeodezi çalışmalarına dayalı GPS istasyonlarının** sayısı artırılmalı ve bu bilgiler **uydu görüntüleri, jeolojik, sismolojik, paleosismolojik** çalışmalarla desteklenerek kırılma zamanı yaklaşan fay zonları ortaya konmalıdır.
- 3- Yakın gelecekte yıkıcı deprem üretme potansiyeli olan ve yerleşim yerlerinden geçen diri fayların **1/1000 ölçeğindeki imar haritalarına** işlenmesi ve bu fay zonlarının **"YÜZEY FAYLANMASI TEHLİKESİ KUŞAĞI VE FAY SAKINIM BANDI"** oluşturma kriterleri açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.
- 4- Yenilenen deprem yönetmeliğine göre, zeminlerin iyileştirilmesi ve buna uygun bina inşaa edilmesi sağlanmalıdır.
- 5- Deprem önkestirim çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Bilindiği gibi, yıkıcı bir deprem öncesinde yeraltındaki kayada, suda ve havada önemli değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimleri gösteren tüm parametrelerin ölçüldüğü bütünlük bir sensör sisteminin/ağının geliştirilmesi konusundaki çalışmalara hız verilmelidir.
- 6- İlçe bazında üretilecek deprem senaryolarına göre **"Deprem Master Planları"**nın yapılması, veya var olan Deprem Master Planlarının güncel bilimsel veriler ışığında yeniden revize edilmesi gerekmektedir.
- 7- Son bir yılda denizaltındaki diri fayların kırılmasıyla oluşan depremler nedeniyle, Türkiye ana karasındaki diri fayların yanısıra, deniz altındaki diri fayların da "Türkiye Diri Fay Haritasına" işlenmesi ve buna göre **"Deprem Tehlike Analizine"** yönelik **haritaların** yeniden üretilmesi gerekmektedir. Üretilmiş olan diri fay ve deprem tehlike haritaları, güncel bilimsel veriler ışığında, 5 yılda bir yeniden revize edilmelidir.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- AFAD-ERD, 2017. TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının DEprem Dairesi Başkanlığı, web sayfası, <http://www.deprem.gov.tr>
- 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.
- Akyüz, S., Zabcı, C., Aksoy, M.E., Uçarkuş, G., Dikbaş, A., Kiran, E. & Başmenji, E., 2016. Muğla, Yatağan, Milas Ve Gökova Faylarının Morfotektonik, Paleosismolojik ve Kinematik Özellikleri. TÜBİTAK Projesi, 116Y179.
- Altınok, Y., & Ersoy, Ş., 2000. Tsunamis observed on and near the Turkish coast. *Natural Hazards*, 21, 185-205.
- Ambraseys, N., 2009. *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press. 947p.
- 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., 2011. 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Fethiye (NJ35-16) Paftası, Seri No:13, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S. & Elmacı, H., 2011a. 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Denizli (NJ35-12) Paftası, Seri No:12, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S., 2011b. 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. 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.gfzpotdam.de>, German Research centre for Geoscience.
- Gregory, L.C., Goodall, H., Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö. & Softa, M., 2016. Quantifying the variability and migration of active normal faulting during the Late Pleistocene–Holocene using ³⁶Cl cosmogenic nuclide techniques, Western Anatolia. NERC Project, NE/M019020/1.
- 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.
- Karabacak, V., 2016. Seismic damage in the Lagina sacred area on the Mugla Fault: a key point for the understanding of the obliquely situated faults of western Anatolia. *Journal of Seismology*, 20(1), 277-289.
- KOERİ, 2017. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü web sayfası, <http://www.koeri.boun.edu.tr>.
- 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.
- 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.
- 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.