

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

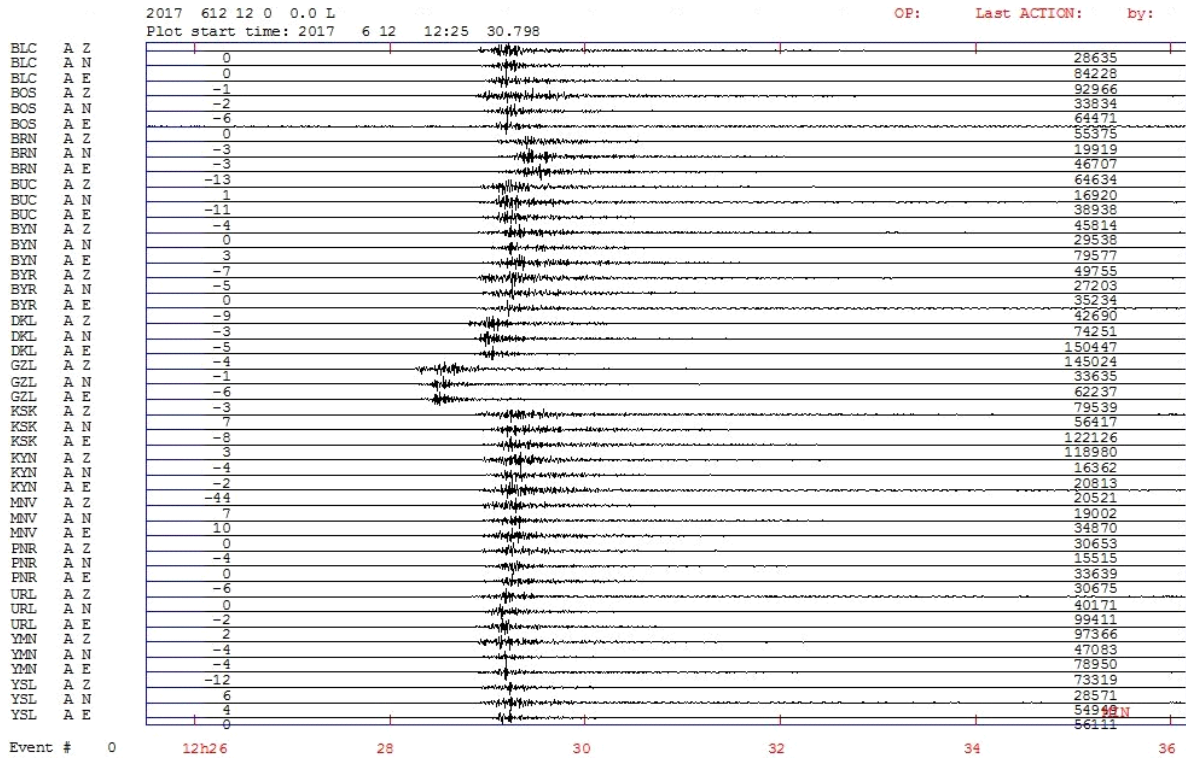
12 HAZİRAN 2017 (15:28 TSİ) Mw=6.2 İZMİR KARABURUN (EGE DENİZİ) DEPREMİ DEĞERLENDİRME RAPORU



21.06.2017
Buca - İZMİR

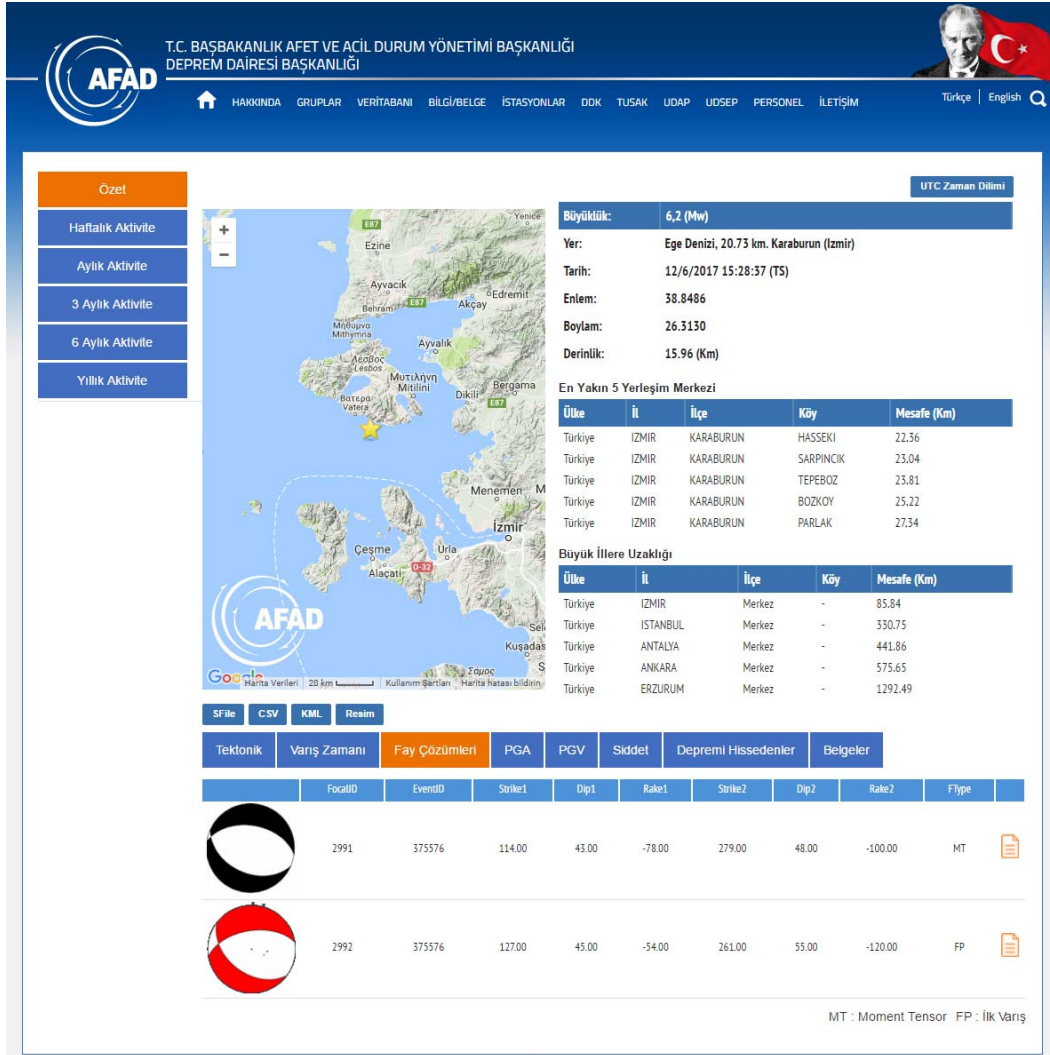
1. SİSMOLOJİK-SİSMOTEKTONİK GÖZLEMLER

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum (AFAD) Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığından alınan verilere göre 12 Haziran 2017 günü TSİ ile saat 15:28'de, merkezi İzmir'in Karaburun ilçesinin ~23 km Kuzeyinde Ege Denizinde (Midilli Adası'nın güneyinde) bir deprem meydana gelmiştir. Ana şok, 2008 yılında Tübitak-106G159 no'lu proje desteği ve AFAD-DEÜ ortak bilimsel işbirliği kapsamında İzmir ve yakın çevresine kurulan İzmirNET (Polat ve diğ. 2009) deprem istasyon ağı tarafından da kaydedilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depreminin İzmirNET (Polat ve diğ.) istasyonları tarafından kaydedilen SEISAN görüntüsü. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Sismoloji Laboratuvarı (SismoLab)'a eşzamanlı (online) akan veriler, TÜBİTAK-1007 destekli AFAD-DEÜ ortak bilimsel işbirliği kapsamında AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından gönderilmektedir

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan alınan bilgilere göre depremin büyüklüğü Mw=6.2, derinliği ~16 km olarak belirlenmiştir. İstanbul ve Antalya'yı da kapsayacak şekilde başta Ege ve Akdeniz kıyı şeridindeki geniş bir alanda hissedilen depremin, başta Dikili, Aliağa, Foça, Menemen, Karşıyaka, Balçova, Seferihisar, Menderes ve Urla kaymakamlıklarınca açıklanan bilgiler sonrasında herhangi bir hasara yol açmadığı anlaşılmış, depremin hemen ertesi günü (13.06.2017) Karaburun bölgesinde yapılan arazi çalışmasında ise çok az sayıdaki bazı eski yapıların az hasar olduğu gözlenmiştir. Depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yerinin ~23 km uzaklıktaki İzmir'in Karaburun ilçesinin Hasseki Köyü olduğu rapor edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremi bilgileri

Ege Bölgesi, tarihsel ve aletsel dönemde yoğun sismisiteye kaynaklık etmiştir. Bölgede, büyüklükleri 6'dan fazla olan, can ve mal kaybı yaratan depremler aşağıda listelenmiştir (AFAD 2017b):

Tarihsel Dönem:

1. 10 Temmuz 1688 İzmir
2. Nisan 1739 Foça (İzmir)
3. 3-5 Temmuz 1778 İzmir
4. 23 Şubat 1865 Midilli (Yunanistan)
5. 7 Mart 1867 Midilli (Yunanistan)
6. 1880 Sakız Adası (Yunanistan)
7. 15 Ekim 1883 Çeşme (İzmir)
8. 20 Eylül 1899 Menderes Vadisi, depremleri

Aletsel Dönem:

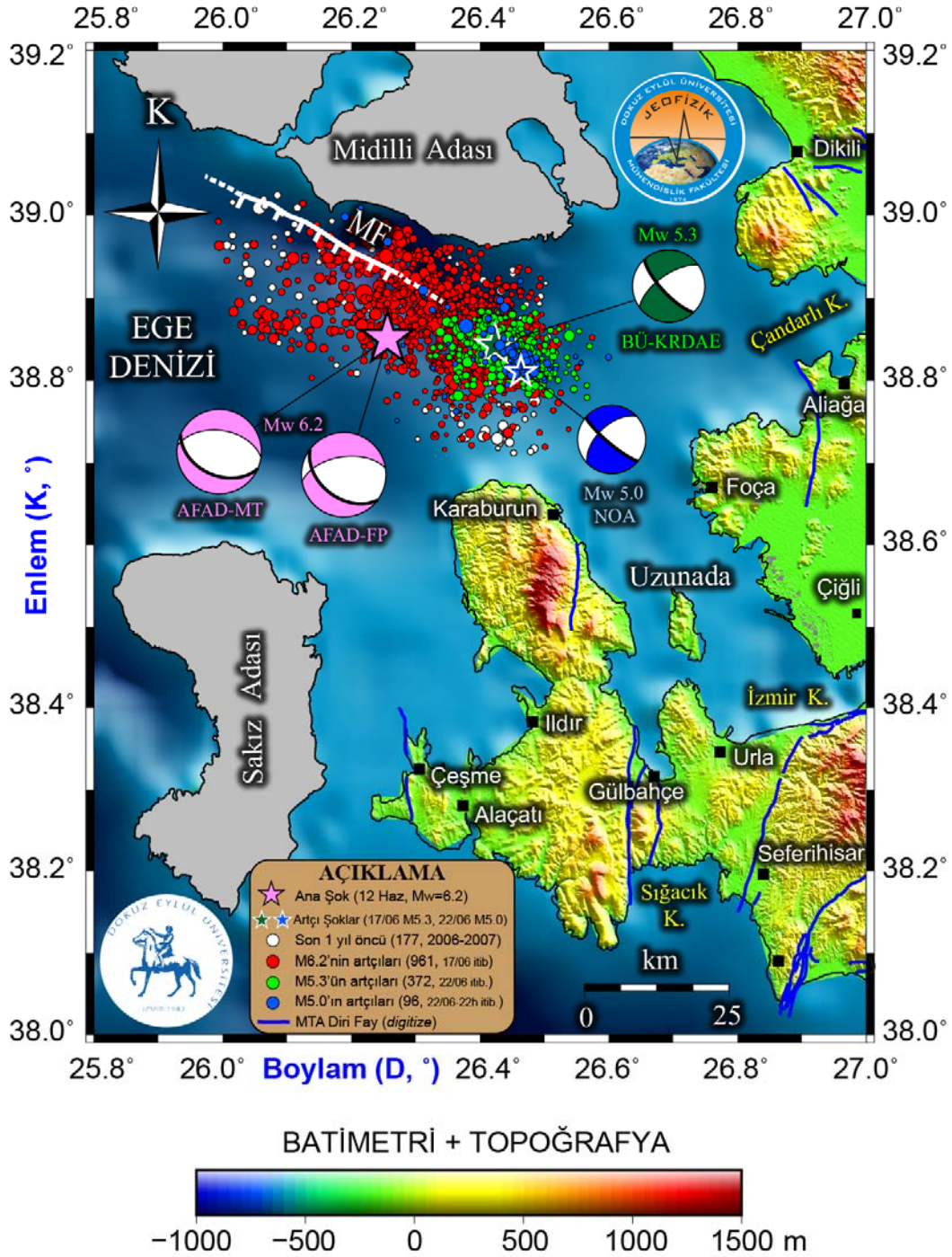
1. 31 Mart 1928 İzmir Açıkları $M_s=6.2$
2. 22 Eylül 1939 Dikili (İzmir) $M_s=6.6$
3. 23 Temmuz 1949 İzmir-Karaburun açıkları $M_s=6.6$
4. 6 Kasım 1992 Seferihisar (İzmir) $M_w=6.0$
5. 10 Nisan 2003 Urla (İzmir) $M_w=5.7$
6. 17-21 Ekim 2005 Sığacık Körfezi-Seferihisar (İzmir) $M_w=5.9$

12 Haziran 2017 tarihli İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi öncesi son 1 yıllık dönemde (12.06.2016-2017), büyüklükleri 1.1 - 3.4, derinlikleri ise 3 - 26 km'ler arasında değişen 177 deprem oluşmuştur (Şekil 3). Son 1 yıl içinde meydana gelen en büyük depremler 22 Ocak 2017 tarihinde gece 00:52'de ve 26 Haziran 2016'da 22:09'da meydana gelen 3.2 büyüklüğündeki depremlerdir. 22.01.2017 tarihinde meydana gelen ve aynı zamanda en derin deprem niteliği taşıyan sarsıntının (~26 km) deprem episantırına yakın konumlandığı rapor edilmiştir. Son 1 yıl içinde meydana gelen depremlerin genelde yerkabuğunun ilk 7 km'sinde kümелendiği gözlenmiştir.

Ana şoktan önceki son 1 ay'da (12 Mayıs 2017'den itibaren) episantırın KB ve GD kesimlerindeki 1-2 küçük deprem haricinde herhangi bir belirgin öncü sarsıntı aktivitesi gözlenmemiştir. Bu haliyle Karaburun-İzmir depreminin, 17.08.1999 tarihli ($M_w=7.6$) Kocaeli-İzmit depremi öncü aktivitesine benzer şekilde hiçbir belirti göstermeden aniden meydana geldiği belirlenmiştir. AFAD tarafından rapor edilen odak mekanizması çözümüne göre GB'ya $\sim 45^\circ$ eğimli ve KB-GD uzanımlı bir normal fayın $M_6.2$ büyüklüğündeki İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremine kaynaklık ettiği anlaşılmıştır (Şekil 3). 12 Haziran 2017 tarihli İzmir-Karaburun depremi ana şok sonrasındaki ilk 2 günde (14 Haziran sabah 06h00'ya kadar) 586 artçı deprem meydana gelmiştir. 17.06.2017 saat 22:50'ye kadar 961 artçı kaydedilmiştir. Ancak ana şoktan sonraki ilk 7 dk içinde magnitüdü 4.9'a ulaşan artçılar, toplam 800 artçı sarsıntıda açığa çıkan sismik enerjinin %70'ini oluşturmuştur. $M_6.2$ büyüklüğündeki depremin artçı dağılımına bakıldığında, 12.06.2017 $M_6.2$ büyüklüğündeki ana şok sonrasında Midilli Fay (MF)'nin GD ucundan itibaren ~ 25 km uzunluğundaki bir bloğun harekete geçtiği anlaşılmıştır.

17.06.2017 saat 22:50'de $M_5.3$ büyüklüğündeki en büyük artçı sarsıntı kaydedilmiştir. Raporun hazırlandığı 20.06.2017 saat 24:00 itibarıyla bu deprem, ek 372 artçı üretmiş ve toplamda Karaburun depremi artçı sayısı 1.300'ü geçmiştir. 17.06.2017 $M_5.3$ büyüklüğündeki artçıda ise, ana şokta kırılmayan ve fayın Türkiye'ye (GD tarafına) bakan kesiminde ek 5-6 km uzunluğundaki bir zonun daha kırıldığı anlaşılmıştır (Şekil 3).

Ana şok sonrası, 22.06.2017 saat 05:50'de $M_5.0$ büyüklüğünde ikinci büyük artçı kaydedilmiştir (Şekil 3). $M_5.0$ 'ın kendi içindeki artçılarının sayısı, 22 Haziran saat 22h00 itibarıyla yaklaşık 100'e (96 adete) ulaşmış durumdadır. Bu 96 deprem içinde en büyük olanı 3.8 büyüklüğündedir.



Şekil 3: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremi episantır bölgesinde son 1 yıla deprem aktivitesi (beyaz daire), M6.2 artçılarının (kırmızı daire), M5.3 (yeşil daire) ve M5.0 (mavi daire) artçılarının dağılımı. Açıklamalar şekil üzerinde verilmiştir. Veriler AFAD'dan alınmıştır. Fay bilgileri MTA-2013'den digitize edilerek sayısallaştırılmıştır. MF: Midilli Fayı. Odak mekanizması çözümünü yapan kurumlar: AFAD-MT, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Moment tensör çözümü, AFAD-FP, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı P-dalgası ilk hareket yönü çözümü, BÜ-KOERI Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, NOA: Yunan Ulusal Gözlemevi.

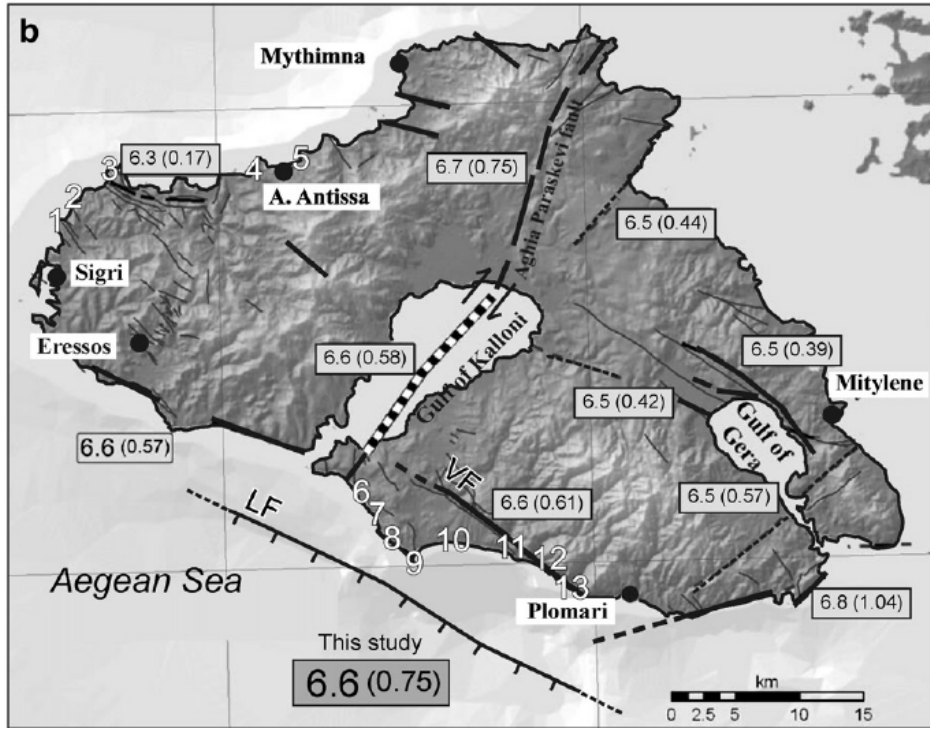
M5.0 artçı dağılımından anlaşıldığı kadarıyla, mevcut halde gözlemlenen kırılma dışında Türkiye'ye doğru uzanan ek/ilave kırılma yoktur. Çünkü, bu artçılar 5.3'ün artçıları üzerine kümelenmiştir. Bu nedenle kırılmanın Türkiye tarafına doğru ilerlemediği ve ana şok enerjisinin tükenmeye başladığı düşünülebilir. Karaburun depremi ve M5.3'lük artçı sarsıntıda olduğu gibi, M5.0'lık ikinci büyük artçı depremin analizi de sadece jeofizik (sismolojik) çalışmalardan ve deprem gözlem istasyonlarından elde edilen ölçülmüş/somut bilgiye dayanan verilerle yapılabilirdi. Ve öyle de oldu. İlk jeofizik analizler bu depremi, çok az düşey yönde hareket eden (*normal atım bileşeni olan*) bir baskın yanal atımlı (*ihmalalle sol yönlü doğrultu atımlı bir*) fay tarafından üretildiğini göstermektedir. Fayın eğimi hemen hemen dike yakındır ($\delta=80^\circ$) ve en az 10 km derine kadar devam etmektedir. Bu depreme kaynaklık eden fayın eğimi dike yakın olsa da ve eğim yönü (σ) GB'ya (*yani Karaburun tarafına*) doğrudur (Şekil 3).

Ana şoka ait AFAD odak mekanizması çözümleri, baskın normal faylanmayı işaret etmektedir. Bununla birlikte 15.06.2017 saat 13:37, 17.06.2017 saat 06:40 ve 17.06.2017 saat 22:50 (zaman TSİ) tarihli depremlerin, az da olsa ters veya normal atım bileşeni olan baskın doğrultu atımlı fay karakterine sahip olduğu anlaşılmıştır (*Kaynak: EMSC, mekanizma balonları görselliği örtmemesi adına şekilde gösterilmemiştir*). BÜ-KOERİ tarafından verilen M5.3 magnitüdündeki en büyük artçıya ait fay düzlemi çözümü de baskın doğrultu atımlı faylanmayı işaret etmiştir. NOA (Yunan Ulusal Gözlemevi) M5.0'ın fay hareket karakterini de M5.3'lük depreme yakın bir mekanizma olarak vermiştir. Yani ana şok sonrasında fayın hareket rejiminde geçici ve lokal olarak bir değişiklik söz konusudur. Ancak artçı sarsıntılar belli bir zaman süresi içinde bittikten sonra, bölge yine eski düşey atımlı (normal fay) karakterine sahip depremleri üretmeye başlayacaktır. Benzer sonuç 99 Kocaeli depremlerinde de yaşanmıştır. Orada tam tersi olmuştur. Ana şokun odak mekanizması doğrultu atımlı faylanma verirken, sonrasında oluşan bir çok artçının normal fay hareket mekanizması ürettiği görülmüştü.

Farklı mekanizma çözümlerinin olması, depremlerin birbirinden bağımsız olduğu anlamına gelmez. Ana ve artçı şoklara ait fay düzlemi çözümlerinden elde edilen bulgulara göre, aynı fay zonu içinde birbirine paralel gelişen farklı hareket mekanizmasına sahip fayların, artçı depremlere kaynaklık ettiği düşünülebilir.

Sismisite çalışmalarına ek olarak, bölgede mevcut tektonik unsurlar ayrıca incelenmiştir. Buna göre ~30 km uzunluğundaki Midilli Fayının, adanın Güney kesiminde KB-GD uzanımlı olacak şekilde konumlandığı ve 12 Haziran 2017 Mw=6.2 deprem aktivitesi ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Sonuç olarak; odak mekanizması çözümleri ile tektonik unsurların bir arada değerlendirildiği sismotektonik yoruma göre; ~45-50° açıyla GB'ya eğimli (*ihmal edilebilir düzeyde yanal harekete sahip*) baskın normal fay karakterindeki Midilli Fayı, 12 Haziran 2017 (Mw6.2, 15h28 TSİ) İzmir-Karaburun depremini üretmiştir. Ana şok sonrası meydana gelen tüm artçı depremler göz önüne alındığında önemli oranda enerji boşalması olduğu sonucuna varılabilir.



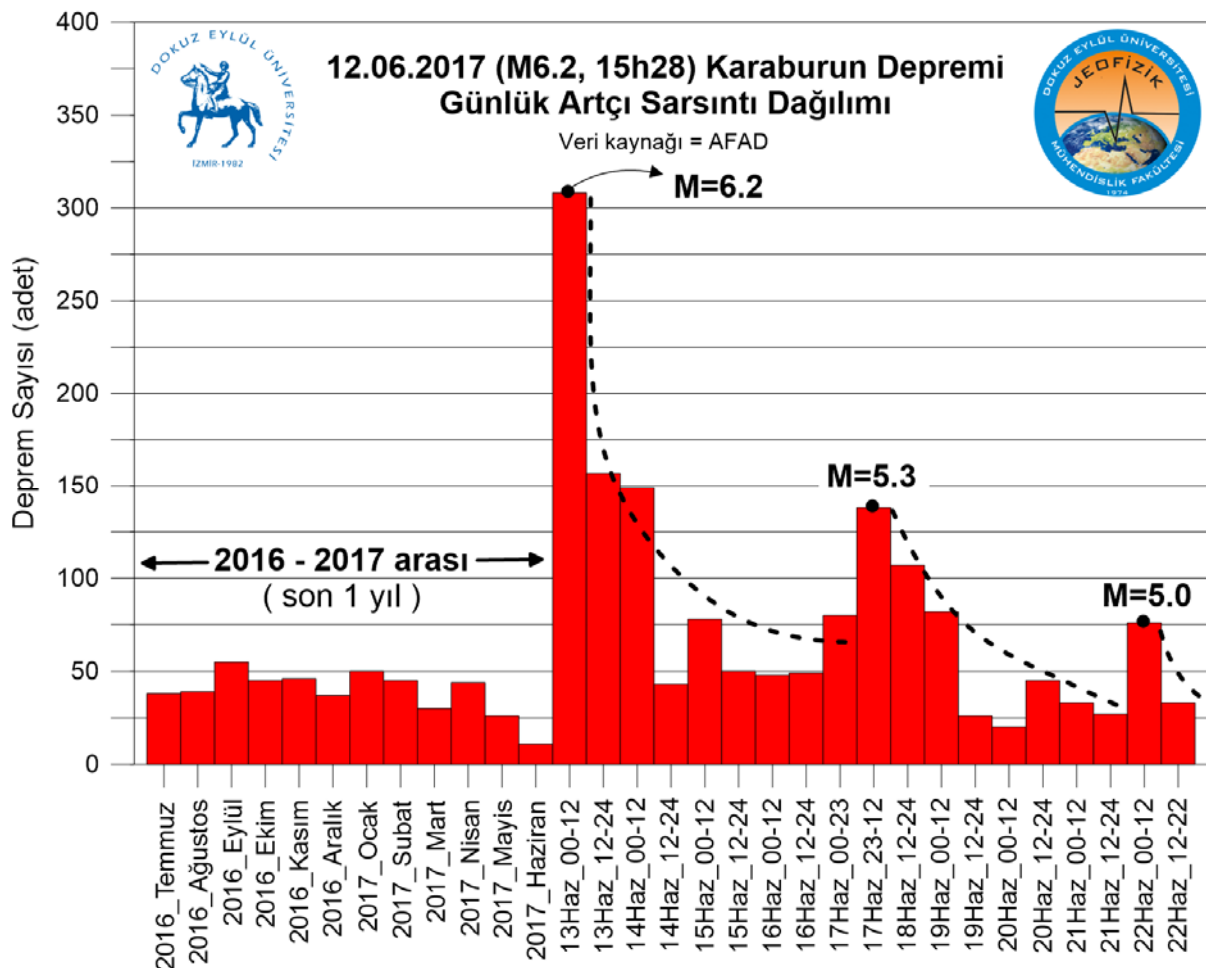
Şekil 4: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremine kaynaklık ettiği düşünülen, en az ~30 km uzunluğundaki Midilli fayının konumu. LF: Midilli Fayı (Vacchi ve diğ. 20012)

Yine de kuramsal bağıntılar kullanılarak yapılan analizlerde ~30 km uzunluğa sahip bu fayın, teorik olarak Mw=6.8 büyüklüğüne kadar (Wells and Coppersmith, 1994) deprem üretme potansiyeline sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

İstatistiksel jeofizik kapsamında da bazı analizler gerçekleştirilmiştir. M6.2'lik ana şok sonrası şu ana kadar (22.06.2017 - 22h00), toplam 1549 artçı meydana gelmiştir. Gerek M5.0'ın, gerekse diğer tüm toplam artçıların ortalama derinliği 7-10 km arasındadır. Yani Karaburun depremine ait artçıların %95'inden fazlası, yerkabuğunun ilk 10 km derinliğinde meydana gelmiştir. Tüm artçıların (1549 depremin) açığa çıkardığı toplam enerji M5.5 büyüklüğündeki depreme eşittir. M6.2'lik ana şok, M5.0'lık depremin 63 katı, ondan önceki M5.3'lük depremin ise 22 katı daha fazla sismik enerji ortaya çıkarmıştır. M5.3'lük artçı olmadan evvel, M6.2'lik ana şok sonrasında ilk 7 dk içinde oluşan kuvvetli 3 artçı deprem (4.9, 4.0, 4.9), 5.3'lük artçı meydana gelene kadar, toplam artçı enerjisinin %70'ini oluşturuyordu. Ama 5.3 ve 5.0'lük şiddetli artçılar sonrasında bu oran %23'e kadar düşmüştür.

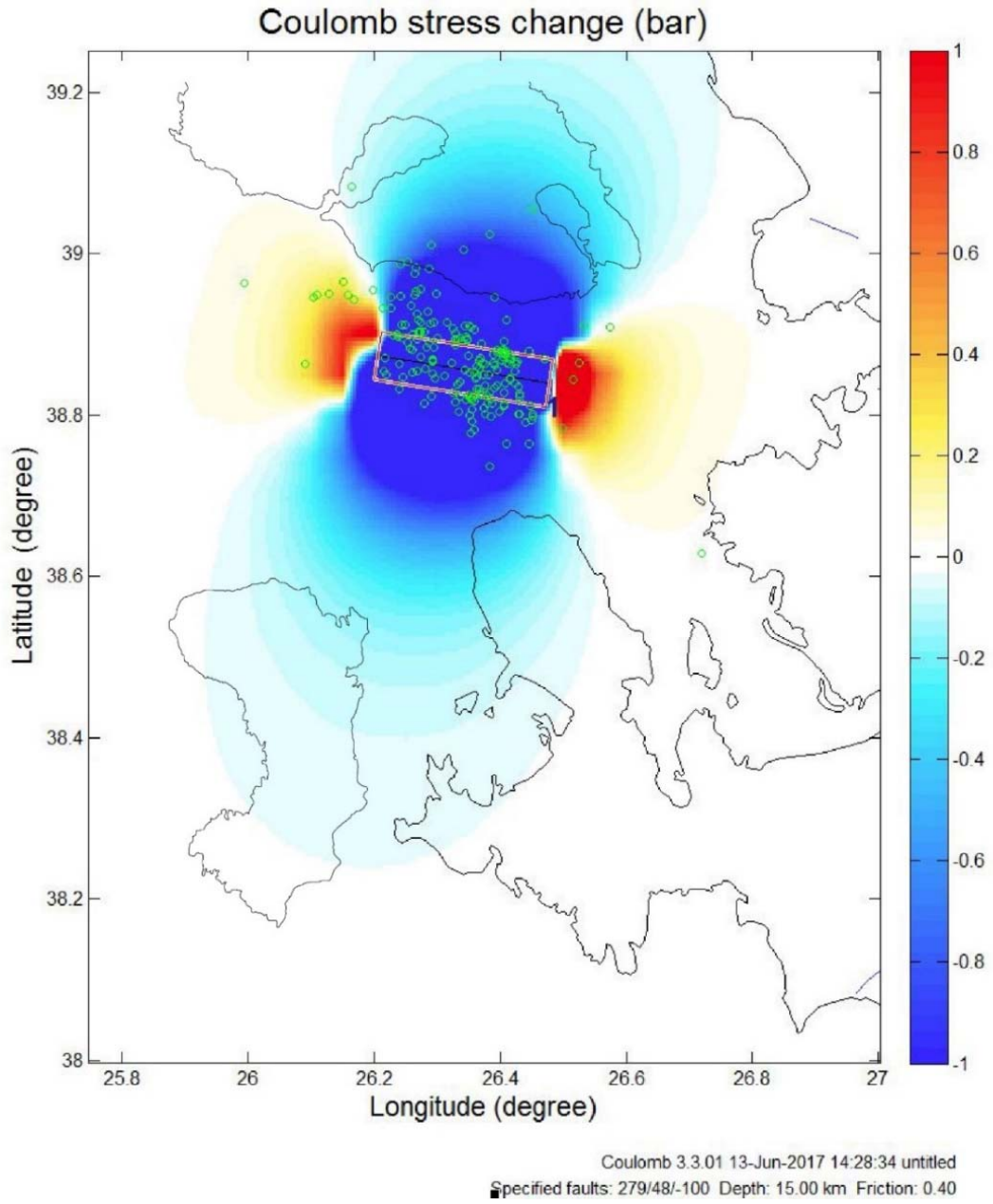
M6.2'lik Karaburun depreminde açığa çıkan sismik enerji (1,25893E+21 erg), Hiroşima'ya atılan atom bombasından daha fazla enerji çıkarmıştır. M5.3 ve M5.0'lık depremlerin enerjileri ise atom bombasının çıkardığı enerjinin sırasıyla 15 ve 42'de biri kadardır.

Ana şok öncesi son 1 yıla (Temmuz 2016 – Haziran 2017'ye) ve ana şok sonrası her 12 saatlik dilimler halinde çizilen günlük artçı sayılarına bakıldığında, depremlerin gittikçe sönümlenmeye/azalmaya başladığı görülmektedir. Bu tespit kesikli çizilen ortalama eğriden ve düşey histogram bar'lardan anlaşılmaktadır. Ana şok ile beraber günlük 300 ile başlayan toplam artçı deprem sayısı, toplamda 25'in altına düşme trendine girmiştir (Şekil 5). Bu nedenle Türkiye'nin olduğu tarafa doğru ilave bir kırılma gelişmeyeceği ve M6.2'lik ana şok enerjisinin artık sönümlenme eğilimine girmeye başladığı düşünülebilir. Bu durumda insanların hissedeceği artçı deprem sayısı 2016 Haziran sonuna kadar (eğer başka bir büyük artçı olmazsa) bitecektir. Ancak hassas jeofizik ve sismolojik deprem ölçüm cihazları, insanlar hissedemese de tüm mikro-artçıları 2016 Temmuz ayının ilk yarısına yada son çeyreğine kadar kaydetmeye devam edecektir.



Şekil 5: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremi öncesi son 1 yıla (Temmuz 2016 – Haziran 2017'ye) ve ana şok sonrası 12'şer saatlik dönemlere ait günlük artçı sayıları. Depremlerin gittikçe sönümlenmeye/azalmaya başladığı görülmektedir. Bu tespit, kesikli çizilen ortalama eğriden ve düşey histogram bar'lardan anlaşılmaktadır.

Karaburun depremi sonrası yapılan Coulomb stress dağılımına göre yaklaşık K-G yönünde gerilimin azaldığı görülmektedir. Midilli Fayının batısında ve doğusunda kalan kesimlerde (Foça, Dikili yönüne doğru) gerilim artışı gözlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi sonrası Coulomb gerilme dağılımı

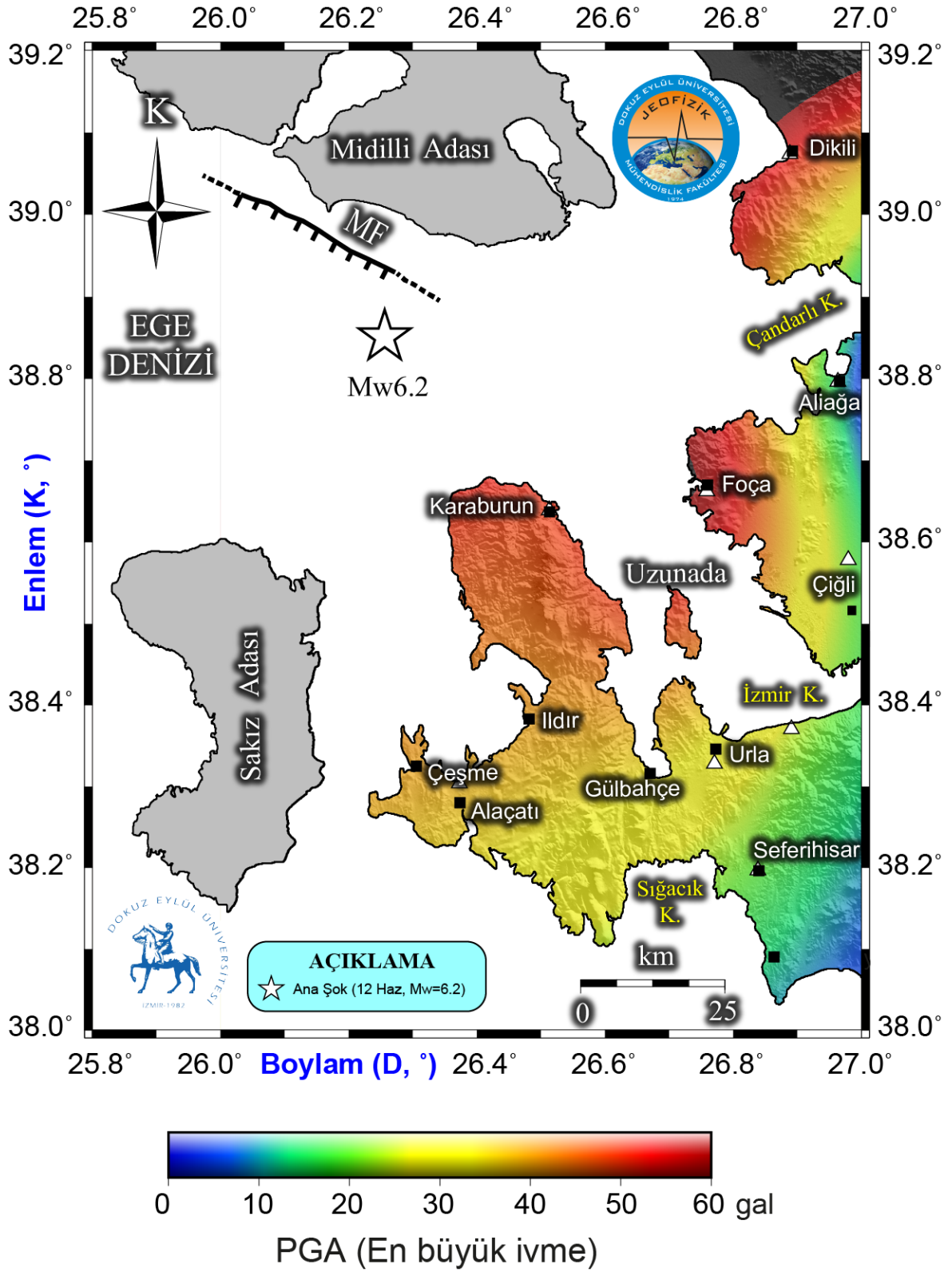
2. MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ GÖZLEMLERİ

12 Haziran 2017 Mw6.2 İzmir-Karaburun depremi, İzmir yerleşim alanında özellikle başta Foça, Dikili ve Karaburun olmak üzere güçlü bir şekilde hissedilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi İzmirNET ve AFAD ivme-ölçer istasyonları tarafından kaydedilen pik ivme (PGA) değerleri

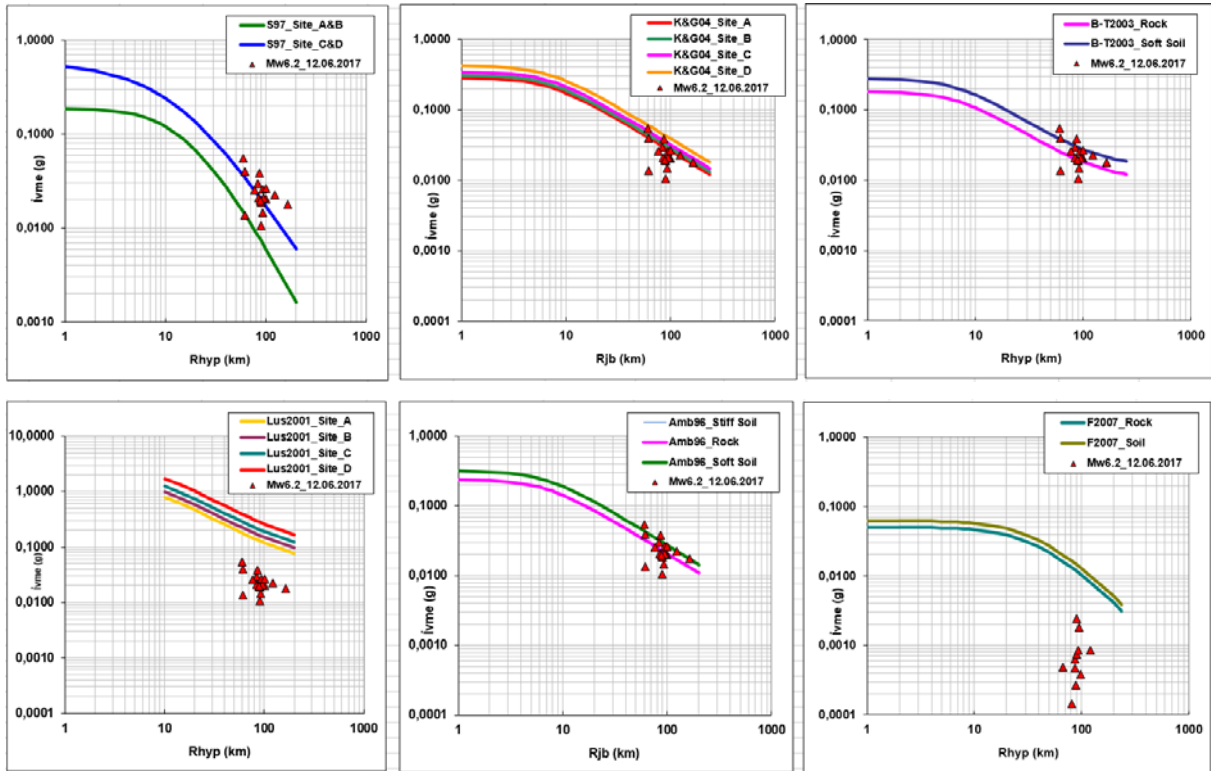
Lokasyon	PGA (gal)	Lokasyon	PGA (gal)
ALİAĞA	13.36	* KARABURUN	50.09
BALÇOVA	29.11	KINIK	25.94
BAYINDIR	10.28	KONAK	18.43
BAYRAKLI	13.45	KARŞIYAKA	37.79
BERGAMA	9.17	KAYNAKLAR	6.47
BORNOVA	20.16	MANAVKUYU	11.09
BOSTANLI	20.24	MENDERES	19.98
BUCA	14.36	ÖDEMiŞ	17.50
BAYINDIR	24.89	PINARBAŞI	10.37
ÇEŞME	38.81	SEFERİHİSAR	19.09
ÇAMDİBİ	25.52	TİRE	7.63
* DİKİLİ	53.32	TORBALI	22.15
* FOÇA	59.11	URLA	30.87
GAZİEMİR	20.25	YAMANLAR	24.97
GÜZELBAHÇE	24.97	YEŞİLYURT	17.73

İzmirNET ile birlikte ve AFAD'ın mevcut ivme-ölçer istasyonları, bu depreme ilişkin pik ivme (PGA) değerlerini kaydetmiştir (Şekil 7). En büyük ivme değeri, ~59 gal ile Foça'da ölçülmüştür. Deprem en şiddetli hissedildiği ilçelerden Dikili ve Karaburun'da ise sırasıyla 53 ve 50 gal değerlerine ulaşan ivmeler gözlenmiştir. İzmir Metropol yerleşim alanına gelindiğinde ise en büyük ivme değerlerinin ~38 gal ile Karşıyaka ve 31 gal ile Urla'da kaydedildiği gözlenmiştir. İzmir'deki ivme-ölçer istasyonları tarafından ölçülen pik ivme değerleri haritalanmış ve episanıra yakın bölgelerde ölçülen yüksek ivme değerleri analiz edilmiştir (Şekil 7). Bu ivme değerlerin ölçülmesinde hem deprem lokasyonuna yakınlık, hem de İzmir'in yerel zemin koşullarının etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Gök ve diğ. 2014).



Şekil 7: İzmirNET ivme-ölçer ağı tarafından ölçülen 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi en büyük ivme (PGA) dağılımı

Farklı zemin türlerine göre ampirik ivme bağıntısı üreten azalım ilişkisi modelleri ayrıca analiz edilmiştir. Mevcut ivme-ölçer istasyonları tarafından ölçülen gerçek ivme değerleri, farklı zemin türleri için depremin büyüklüğü, mesafesi gibi koşullara göre kuramsal üretilen en uygun azalım ilişkisi modelleriyle karşılaştırıldığında; Fukushima ve diğ. (2007) ile Lussou ve diğ. (2001) modellerinin abartılı ivme değerleri ürettiği; Ambraseys ve diğ. (1996), Berge-Thierry ve diğ. (2003), Kalkan ve Gülkan (2004) modellerinin ise ölçülen gerçek ivme değerlerine oldukça yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: 12.06.2017-15h28 (Mw6.2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi için İzmirNET ve AFAD mevcut ivme-ölçer istasyonları tarafından ölçülen gerçek ivme değerleri (kırmızı üçgenler) ile farklı zemin türleri için kuramsal olarak üretilen çeşitli azalım ilişkisi modellerinin (renkli çizgiler) karşılaştırılması (Ambraseys ve diğ. 1996, Berge-Thierry ve diğ. 2003, Fukushima ve diğ. 2007, Kalkan ve Gülkan 2004, Lussou ve diğ. 2001, Sadigh ve diğ. 1997)

3. SAHA GÖZLEMLERİ VE HASAR İNCELEMELERİ

12 Haziran 2017 Mw6.2 İzmir-Karaburun depremi sonrasında, 13.06.2017 tarihinde Karaburun'un köylerinde teknik heyetimizce (*Doç.Dr. Orhan Polat-Jeofizik, Yrd.Doç.Dr. Mehmet Kuruoğlu-İnşaat, Yrd.Doç.Dr. Emre Timur-Jeofizik, Jeof.Y.Müh. Sinancan Öziçer-JFMO İzmir*) tam gün yürütülen arazi çalışmasında hasarlı yapıların olduğu köylerde incelemelerde bulunulmuş ve saha gözlemleri yapılmıştır.

Çok az sayıda da olsa bazı yığma (kerpiç) yapılarda kısmi hasar olduğu gözlenmiştir. Bu tür yapıların, içerisinde ikamet edenlerden edindiğimiz bilgilere göre, 70-120 yıllık yapılar olduğu belirlenmiştir. Karaburun'un zemin yapısının kaya olması ve yığma (kerpiç) yapıların genel olarak 1-2 katlı olması, daha büyük çaplı hasarların oluşmasını önleyen faktörlerdir. Gözlenen hasarlar, genel olarak duvarlarda kesme çatlakları, kısmi duvar yıkılmaları ve sıva dökülmeleri şeklindedir. Ancak, ana şokun büyüklüğüne (M=6.2) yakın bir artçı şokun ilerleyen bir kaç hafta içinde meydana gelmesi halinde, derin çatlak ve ayrılmaların meydana geldiği yapıların olumsuz etkilenebileceği öngörülmektedir.

Saha gözlemleri kapsamında heyetimiz önce Karaburun Kaymakamı ve Karaburun Belediye Başkanına ziyarette bulunmuştur. Her iki kurumun, birbiriyle koordineli olarak depremin hemen ardından akşam saatlerine kadar Karaburun ilçe merkezi ve köylerinde hasar tespit çalışması yaptıkları öğrenilmiş, AFAD heyetinin de ilçe ve köyleri gezerek hasar tespitinde bulunduğu bilgisi alınmıştır. Bozköy, Tepeboz (Yeni Liman mevki), Kösedere ve Mordoğan Çatakkaya isimli köylerde bazı yığma (kerpiç) yapılarda çatlakların oluştuğunu ve halihazırda kullanılmayan boş yapılarda kısmi duvar yıkılmaları olduğu tarafımıza bildirilmiştir. Heyetimiz, incelemelerine en yakındaki Bozköy'den başlamıştır. Köy muhtarıyla görüşülerek, kendisinden hasarlı yapı hakkında bilgi alınmıştır. Kendisinin rehberliğinde gazi eşi Nilgün hanımın evi ziyaret edilmiş, iki katlı yığma (kerpiç) evin üst katında odanın dış cephesine bakan köşede derin duvar çatlağı ve ayrılma olduğu gözlenmiştir (Foto 1-2).

Ev sahibi Nilgün hanım depremi çok kuvvetli hissettiğini, evde çatlaklar oluştuğunu, kendisi küçükken 23.07.1949 M6.6 büyüklüğündeki Karaburun Depremi'ni yaşayan dedesinin hemen arkadaki dağlardan büyük kaya düşmeleri ve yuvarlanmalarına şahit olduğunu kendisine anlattığını, bu nedenle eve giremediğini ifade etmiştir.

Daha sonra ise Kösedere köyüne intikal edilmiştir. Burada oldukça eski bir evde duvar yıkılması meydana geldiği öğrenilmiş ve yerinde inceleme yapılmıştır (Foto 3-6).

Aynı köyde ikinci bir evde inceleme yapılmış ve hasar durumu gözlenmiştir. Yine yığma (kerpiç) yapının duvarlarında çatlaklar meydana geldiği gözlenmiştir (Foto 7-10).



Foto 1: Bozköy'de hasar gören iki katlı yığma (kerpiç) yapının üst kat odasının dış cepheye bakan köşesinde ve tavan kaplaması arasında oluşan derin çatlağın görünümü



Foto 2: Bozköy'de iki katlı yığma (kerpiç) yapının üst kat odasının dış cepheye bakan köşesinde oluşan derin çatlak ve tavan kaplamasından ayrılma



Foto 3. Kösedere köyünde yığma taş yapıda duvar yıkılması ve yapı girişindeki kemerin üzerinde oluşan çatlağın görünümü



Foto 4. Kösedere'deki eski yığma (kerpiç) yapıda oluşan kısmi duvar yıkılması ve çatlağın görünümü



Foto 5. Kösedere köyünde eski yığma (kerpiç) yapının duvarında oluşan kısmi yıkılma ve çatlak ile tavadaki ahşap döşeme kirişinde oluşan ayrılmanın görünümü



Foto 6. Kösedere'deki eski yığma (kerpiç) yapının duvarında oluşan kısmi yıkılma ve sıva düşmesi, duvardaki çatlak ile tavadaki ahşap döşeme kirişinde oluşan ayrılmanın görünümü



Foto 7. Kösedere'deki bir başka eski yığma (kerpiç) yapının üst kat dış cepheye bakan duvarında oluşan çatlağın görünümü



Foto 8. Kösedere'deki eski yığma (kerpiç) yapının dış cephesinde, üst kat pencere altında oluşan çatlağın görünümü



Foto 9. Kösedere'deki bir başka eski yığma (kerpiç) yapının dış cephesinde, üst kat pencere altında oluşan çatlağın görünümü



Foto 10. Kösedere'deki eski yığma (kerpiç) yapının üst katında, duvar yüzeyinde oluşan çatlağın görünümü

12 Haziran 2017 İzmir Karaburun (Ege Denizi) depremin, İzmir il merkezinde meydana getirdiği bir yapısal hasar, bu raporun hazırlandığı tarihlerde henüz rapor edilmemiştir. Ancak, alüvyonel zemin koşullarının hakim olduğu Bayraklı ve Manavkuyu sahil kesimindeki yeni kent merkezinde, Alsancak kıyı kesiminde, Konak-Güzelyalı-İnciraltı-Urla kıyı şeridinde ve Mavişehir-Atakent-Bostanlı- Karşıyaka-Alaybey kıyı şeridindeki yapılarda deprem sonrası oturmaların meydana geldiği tahmin edilmektedir. Önemli projelerde yerleştirilen deformasyon ölçerler yardımıyla, oluşan deprem sonrası oturmalar kaydedilebilmiştir. Alüvyonel zemin kalınlığının oldukça fazla olduğu, yukarıda söz edilen yerleşim yerlerinin, İzmir Körfezi'nin kıyısında yer aldıkları, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyine oldukça yakın olduğu, suya doymun gevşek/yumuşak zemin tabakalarının depremde oluşan ivmeler üzerinde büyütme etkisi oluşturdıkları, geçmiş depremlerdeki tecrübelerden ve analiz bulgularından anlaşılabilmektedir.

Bu depremde ölçülen ve DEÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu (DEÜ, 2017)'nda yer verilen en yüksek yüzey ivmesi değerleri incelendiğinde, depremin merkez üssüne yakınlıkları itibarıyla Foça'da 59 gal (D-B), Çanakkale-Ayvacı'nda 59 gal (K-G), Dikili'de 53 gal (K-G) ve Karaburun'da 50 gal (K-G) (0.06g-0.05g aralığında), Ayvalık'ta 39 gal (D-B), Çeşme'de 38.8 gal (K-G), İzmir il merkezinde ise Karşıyaka (37.8 gal), Balçova (29.1 gal), Çamdibi (25.5 gal), Yamanlar ve Güzelbahçe (25 gal), Bostanlı, Bornova ve Gazimur (20 gal), Konak (18gal), Yeşilyurt (17.7 gal), Bayraklı ve Gürçeşme-Buca (14 gal), Manavkuyu (11 gal), Pınarbaşı (10 gal), Tınaztepe-Buca (6.5 gal) değerleri ölçülmüştür. Bunun yanı sıra İzmir'e yakın ilçelerden Urla (31 gal), Kınık (26 gal), Bayındır (24.9 gal), Torbalı (22 gal), Menderes (20 gal), Ödemiş (17.5 gal), Aliağa (13 gal), Bergama (9 gal), Tire (7.6 gal) değerleri kaydedilmiştir.

2008-2012 yılları arasında gerçekleştirilen ve İzmir ile civar ilçelere deprem kayıt istasyonları kurulmasını sağlayan TÜBİTAK 106G159 (2012) KAMAG projesi sayesinde, ilk kez $M_w > 6$ olan yakındaki bir deprem sırasında oluşan ivmeler, bu kadar detaylı olarak kaydedilebilmiştir. Oysa, 16.12.1977 İzmir Depremi'nde ($M=5.3$) Poligon'daki tek bir istasyon 0.21 g (210 gal) değerinde düzeltilmiş en yüksek ivme değeri kaydedebilmişti. Benzer şekilde, 1992 Doğanbey Depremi'nde Bayraklı'daki istasyon 0.04 g (39 gal), 2003 Urla Depremi'nde ($M=5.6$), Bornova'daki istasyon 0.03 g (31 gal), 2005 Sığacık Körfezi Depremi'nde ($M=5.9$) Bayraklı'daki istasyon 0.08 g (79 gal) değerinde en yüksek ivme değerlerini kaydettiler. Ancak, tek istasyondan alınan kayıt ile alüvyonel zemin koşullarına sahip İzmir Körfezi kıyı kesimleri ile Bornova ve Çamdibi kesimlerindeki zeminlerin deprem davranışının net olarak yorumlanabilmesi mümkün olamamaktadır. Yukarıda söz edilen 1977-2005 dönemi depremlerinin ivmeleri de geniş deprem istasyonu ağı ile kaydedilebilseydi, İzmir zeminlerinin dinamik davranışı ve yapılaşma için yeni yerleşim alanlarının planlanması, parsel bazlı dinamik zemin davranışı analizleri ve tasarım spektrumları üretilerek, geoteknik deprem mühendisliği ilkelerine daha uygun olarak saptanabilirdi. Bu açıdan, TÜBİTAK 106G159 (2012) projesi kapsamında, İzmir il merkezi ile yakın ilçelerde kurulmuş olan ve sayıları 30'a yaklaşan deprem kayıt istasyonlarının kaydettiği deprem ivme kayıtları, İzmir zeminlerinin dinamik davranışının belirlenmesi ve doğru olarak yorumlanabilmesi için hayati öneme sahiptir.

Hazırlanan Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu'nda, deprem kayıt istasyonlarının konumlandığı parseldeki zemin tabakalarının kalınlıkları ve geoteknik özellikleri dikkate alınarak, DBYBHY (2007), NEHRP (2001), Eurocode 8 (2008) ve Japan Road Association yönetmeliklerine göre zemin sınıfları belirlenmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen ivme azalım ilişkileri kullanılarak, istasyon konumlarında yüzey ivmesi değerleri hesaplatılmıştır. Mevcut deprem kayıt istasyonlarında ölçülen ivme değerleri, farklı zemin sınıfları dikkate alınarak depremin büyüklüğü, modelde esas alınan mesafe, zemin koşulları gibi parametrelere göre, farklı azalım ilişkisi modelleri için hesaplatılan ivmelerle karşılaştırıldığında, Ambraseys vd. (1996), Berge-Thierry vd. (2003) ve Kalkan ve Gülkan (2004) azalım ilişkisi modellerinin ölçülen ivme değerlerine oldukça yakın sonuçlar verdiği bulgulanmıştır. Ayrıca, istasyonlardan elde edilen en yüksek yüzey ivmeleri karşılaştırıldığında, istasyonların konumlandığı alandaki zemin koşullarına bağlı olarak, alüvyon kalınlığının yüksek olduğu yerlerde büyütme etkisi ile daha yüksek ivme değerleri, kaya ve sağlam zemin formasyonlarındaki konumlarda ise daha düşük pik ivme değerleri ölçüldüğü bulgulanmıştır.

İleride kurumumuz öncülüğünde yapılacak araştırmalar arasında; istasyon konumlarındaki idealize zemin modelleri esas alınarak, tek boyutlu dinamik yer tepki analizlerinin yapılması ve ölçülen en yüksek ivme değerlerine göre, idealize zemin modellerinin verdiği sonuçların karşılaştırılarak yorumlanması, parsel bazlı dinamik analiz bulgularından tasarım spektrumu üretilmesi çalışmaları da yer almaktadır.

Teşekkür

DEÜ Rektörlüğü ve Mühendislik Fakültesi Dekanlığına, deprem lokasyon bilgilerini ve verileri internet üzerinden sağlayan AFAD Deprem Dairesi Başkanlığına ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz. Deprem bölgesinde yapısal hasarların incelenmesine yönelik 13.06.2017 tarihinde tam gün gerçekleştirilen arazi çalışmasında her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen başta Karaburun İlçe Kaymakamına, İlçe Belediye Başkanına ve gözlem yapılan köylerde rehberlik yapan muhtarlara teşekkürü bir borç biliriz. DEÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümünün geçmiş depremlere ait hazırladığı sismolojik ön değerlendirme raporlarından birini inceleyen ve okuduğunuz raporda Şekil 6 görselinin geliştirilmesine katkı sunan Dr. Erol Kalkan (USGS)'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

AFAD, 2017a. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, 12.06.2017 (Mw6.2, 15h28 TSİ) İzmir-Karaburun depremi basın bildirisi, Ankara.

<http://www.deprem.gov.tr/tr/depremdetay?eventID=375576>

AFAD, 2017b. Batı Anadolu Açılma Sistemi Üzerinde Meydana Gelen Tarihsel ve Aletsel Dönem ($M \geq 5.5$) Deprem Aktivitesi, Ankara.

<http://www.deprem.gov.tr/tr/depremdetay?eventID=375576>

Ambraseys, N.N., Simpson, K.A. and Bommer, J.J., 1996. Prediction of Horizontal Response Spectra in Europe, **Earthquake Engineering and Structural Dynamics** 25, 371-400.

Berge-Thierry, C., Cotton, F., Scott, O. Griot-Pommerehne, D-A and Fukushima, Y., 2003. New Empirical Response Spectral Attenuation Laws for Moderate European Earthquakes, **Journal of Earthquake Engineering** 7 (2), 193-222.

DEÜ, 2017. 12 Haziran 2017 (15:28 TSİ) Mw=6.2 İzmir Karaburun (Ege Denizi) Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu (yayın tarihi: 14.06.2017), Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Buca, İzmir (21 s). <http://www.jeofizik.deu.edu.tr>

Ergünay, O., Bayülke, N., Gençoğlu, S., 1974. "1 Şubat 1974 İzmir Depremi Raporu", T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.

Fukushima, Y., Bonilla, L.F., Scotti, O. and Douglas, J., 2007. Site Classification using Horizontal-to-vertical Response Spectral Ratios and its Impact when Deriving Empirical Ground-motion Prediction Equations, **Journal of Earthquake Engineering** 11, 712-724.

Gök, E., Chávez-García, F.J. and Polat, O., 2014. Effect of soil conditions on predicted ground motion: case study from Western Anatolia, Turkey, **Physics of the Earth and Planetary Interiors** 229, 88-97.

Kalkan and Gulkan, 2004. Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey, **Earthquake Spectra** 20 (4), 1111-1138.

Lussou, P., Bard, P.Y., Cotton, F. and Fukushima, Y., 2001. Seismic Design Regulation Codes: Contribution of K-Net Data To Site Effect Evaluation, **Journal of Earthquake Engineering** 5(1), 13-33.

MTA, 2013. Yeni Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30 (Ö.Emre, T.Y.Duman, S.Özalp, H. Elmacı, Ş.Olgun ve F.Şaroğlu), Ankara.



Polat, O., Ceken, U., Uran, T., Gok, E., Yilmaz, N., Beyhan, M., Koc, N., Arslan, B., Yilmaz, D. ve Utku, M., 2009. İzmirNET: A Strong-Motion Network in Metropolitan İzmir, Western Anatolia-Turkey, **Seismological Research Letters** 80 (5), 831-838.

Sadigh, K., Chang, C.-Y., Egan, J.A., Makdisi, F. and Youngs, R.R., 1997. Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, **Seismological Research Letters** 68 (1), 180-189.

TÜBİTAK 106G159, 2008. İzmir Metropolü ile Aliağa ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı için Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi, KAMAG Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi-AFAD DDB Çalışma Grubu, İzmir-Ankara.

Türkelli, N., Kalafat, D. ve İnce, Ş. (1994). "6 Kasım 1992 İzmir Depremi ve Artçı Şokları", Deprem Araştırma Bülteni, Vol. 68, shf. 58-95.

Türkelli, N., Kalafat, D., Kılıç, K. ve Öz, G. (1994). "28 Ocak 1994 Manisa Depremi ve Bölgenin Deprem Etkinliği", Deprem Araştırma Bülteni, Cilt 68, shf. 32-57.

Türkelli, N., Kalafat, D. ve Gündoğdu, O. (1995). "6 Kasım 1992 İzmir (Doğanbey) Depremi Saha Gözlemleri ve Odak Mekanizma Çözümü, Jeofizik, Cilt 9-10, shf. 343-348.

Vacchi, M., Rovere, A., Zouros, N., Desruelles, S., Caron, V. and Firpo, M., 2012. Spatial distribution of sea-level markers on Lesbos Island (NE Aegean Sea): Evidence of differential relative sea-level changes and the neotectonic implications, **Geomorphology** 159-160, 50-62.

Wells, D.L. and 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.

Wessel, P. and Smith, W.H.F., 1988. New improved version of the Generic Mapping Tools released, **EOS Trans. AGU** 79, 579, doi:10.1029/98EO00426.