

30 EKİM 2020 SİSAM (SAMOS) DEPREMİ (Mw: 6,9) DEĞERLENDİRME RAPORU



http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx

RAPORU HAZIRLAYAN KURUM Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAUM)

KASIM / 2020



Rapora Katkı Koyan Bilim İnsanları

DEÜ-Jeoloji Müh. Bölümü Öğretim Elemanları

Prof. Dr. Hasan Sözbilir Araş. Gör. Dr. Mustafa Softa Öğr. Gör. Semih Eski Araş. Gör. Çiğdem Tepe

DEÜ-Jeofizik Müh. Bölümü Öğretim Elemanları

Prof. Dr. Mustafa Akgün Prof. Dr. Oya Ankaya Pamukçu Doç. Dr. Ayça Çırmık Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Utku Öğr. Gör. Özkan Cevdet Özdağ

DEÜ-İnşaat Müh. Bölümü Öğretim Elemanları

Prof. Dr. Gürkan Özden Prof. Dr. Özgür Özçelik Doğa Altun Evlek (YL öğrencisi)

<u>Olympia, W.A. USA</u>

Dr. Recep Çakır (Sismolog)

İYTE-Uluslararası Su Kaynakları Müh. Bölümü

Prof. Dr. Alper Baba Öğr. Gör. Dr. Taygun Uzelli

<u>SCÜ-Jeoloji Müh. Bölümü Öğretim Elemanı</u> Prof. Dr. Orhan Tatar



İÇİNDEKİLER

işi (DEREER	SAYFA
GIRİŞ	6
DEPREMİN ÖZETİ	6
BÖLGENİN SİSMOTEKTONİĞİ, TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREM AKTİVİTESİ	8
MİDİLLİ ADASI AKTİF FAYLARI	11
1) Midilli (Lesvos) Fayı	11
2) Polichnitos-Plomari Fayı	11
3) AghiosIsidoros-Cape Magiras Fayı	11
4) Geras Körfezi Fay Zonu	11
5) Aghia Paraskevi Fayı	12
6) Skala-Eressos Fayı	12
7) Gavathas Fayı	12
SAKIZ ADASI AKTİF FAYLARI	13
1) Aghiasmata Açık Deniz Fayı	13
2) Oenousses Açık Deniz Fayı	13
3) Mastihochoria Fayı	13
4) Philadelphia Açık Deniz Fayı	14
SAMOS (SİSAM) ADASI AKTİF FAYLARI	14
1) Karlovasi Fayı	14
2) Marathokambos Fayı	14
3) Vathy Fayı	14
4) Pythagorion Fayı	15
5) Kuzey Samos Fayı	15
İKARİA ADASI AKTİF FAYLARI	15
BATI ANADOLU AKTİF FAYLARI	16
1) Edremit Fay Zonu	16
2) Havran-Balıkesir Fay Zonu	16
3) Bergama Fayı	17
4) Soma-Kırkağaç Fay Zonu	17
5) Gelenbe Fay Zonu	17
6) Simav Fay Zonu	18



7) Yeni Foça Fayı	18
8) Gülbahçe Fayı	19
9) Yağcılar Fayı	19
10) Seferihisar Fayı	19
11) Tuzla Fayı	20
12) İzmir Fayı	21
13) Güzelhisar Fayı	22
14) Menemen Fay Zonu	22
GEDİZ GRABEN SİSTEMİ FAYLARI	23
1) Dağkızılca Fayı	23
2) Kemalpaşa Fayı	23
3) Manisa Fayı	23
4) Halitpaşa Fayı	24
5) Ozanca Fayı	24
6) Gölmarmara Fayı	24
7) Akselendi Fayı	25
8) Akhisar Fayı	25
30 EKİM 2020 SİSAM (SAMOS) DEPREMİ SİSMOLOJİK DEĞERLENDİRME	27
İNTERFEROMETRİ	29
SİSAM DEPREMİ SONRASI OLUŞAN TSUNAMİ ETKİSİ	30
TSUNAMİ TEHLİKESİNİN EGE KIYILARIMIZDAKİ ANLAMI	36
SİSAM DEPREMİ KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYONLARININ İVME KAYITLARI	39
Alüvyal Karakterli Zeminde Kurulmuş Kuvvetli Yer Hareketi İstasyonlarının İdeal Zemin Profilleri	45
Kuvvetli Yer Hareketi İstasyonlarından Elde Edilmiş İvmelere Karşılık Gelen İvme Tepki Spektrumları	45
İZMİR METROPOL ALANDA DEPREM-ZEMİN-YAPI ORTAK DAVRANIŞINI TANIMLAMAYA YÖNELİK KÖRFEZ ÇEVRESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR ve SONUÇLARI	66
30.10.2020 tarihinde oluşan Sisam Mw=6.6 Depremi İçin İzmir Körfez Çevresinde Bulunan Kuvvetli Yer Hareketi İstasyon Verileri Kullanılarak Yapılan Değerlendirmeler	82



30.10.2020 arihinde oluşan Sisam Mw=6.6 Depremi İçin İzmir Körfez Çevresinde Bulunan Kuvvetli Yer Hareketi İstasyon Verileri Kullanılarak Yapılan Değerlendirme Sonuçları	94
SEFERİHİSAR VE GÜLBAHÇE JEOTERMAL SAHALARINDAKİ GÖZLEMLER	97
JEODEZİK ÇALIŞMALAR	100
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
YARARLANILAN KAYNAKLAR	107



GİRİŞ

Bu raporda, 30 Ekim 2020 Saat:14:51 (TSİ)'de merkez üssü Ege Denizinde, Seferihisar (İzmir) açıkları ile Sisam (Samos) Adası arasında meydana gelen Mw: 6.9 büyüklüğündeki deprem ve bu depreme kaynaklık eden fay ile bu fayın çevresinde şimdiye kadar meydana gelen deprem aktivitesi konusunda bilgiler verilecek ve gelecekteki deprem aktivitesi değerlendirilecektir. Depreme ait veriler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, AFAD-Deprem Dairesi Başkanlığı ile uluslararası sismoloji istasyonları ve konuyla ilgili yayınlanmış makalelerin verileri kullanılarak Dokuz Eylül Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAUM) ile farklı üniversite ve disiplinlerden oluşan konularında uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Deprem sonrası meydana gelen artçı sarsıntıların, can ve mal kayıplarının bilgileri bu raporun yayınlanma süreciyle kısıtlıdır.

DEPREMİN ÖZETİ

Bu rapor, 30 Ekim 2020 Sisam Depremi ile ilgili literatür ışığında, BÜ-Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI, 2020) ve AFAD-Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD, 2020) ile uluslararası sismoloji istasyon verileri ve ekibimiz tarafından yapılan ön çalışmaların bir bütün olarak değerlendirildiği bilimsel ön 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. KOERI ve AFAD verilerine göre, 30 Ekim 2020 günü, yerel saatle 14:51'de Izmir ili Seferihisar ilçesinin hemen güneybatısında Sisam (Samos) adasının kuzeyinde, Ege denizi içerisinde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem sonrası ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinden gelen bilgilere göre depremin büyüklüğü KOERI (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü)' ne göre Mw: 6.9, Z=10 km; GFZ'e (GeoForschungs Zentrum, Helmholtz-Zentrum Postdam Deutsches) göre Mw: 7.0, Z=15 km; AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı)'na göre Mw: 6.6 Z=16 km; OCA (GéoAzur, Université de Nice Sophia-Antipolis, Valbonne, France)'e göre ise Mw: 7.2 Z=10 km'dir.

Ana şok, depremin en yakın yerleşim birimi olan İzmir ilinin Seferihisar ilçesine bağlı Doğanbey Payamlı köyüne uzaklığı 23,38 km'dir. Aynı zamanda İzmir iline bağlı Seferihisar-Teos, Bornova ve Bayraklı ilçeleri sırasıyla yaklaşık 40 km, 65 km ve 70 km uzaklıktadır. Sisam depremi başta, İzmir, Manisa Aydın, Muğla, Denizli olmak üzere, İstanbul'da da hissedilmiştir. Ana şoktan, 11.11.2020 tarihine kadar geçen zamanda, büyüklükleri 1,0 ile 5,3 arasında değişen 3000e yakın artçı deprem kaydedilmiştir (AFAD, 2020; EMSC, 2020). 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, fayın kırıldığı yer tektonik açıdan önemli olan yaklaşık D-B uzanımlı normal fay karakterli Kuzey Samos Fayı üzerinde yoğunlaşmış ve oluşan diğer artçı depremler ise Karliovası Fayı ve Tuzla Fayının deniz içerisindeki uzanımlarının birleşim noktalarına yakın yerde oluşmuştur. Sismolojik çalışmalarda da bu tür yerler, üçlü fay bağlanma (triple junction) alanları olarak adlandırılırlar. Sisam Depremi sonrasında özellikle Bornova ve Bayraklı ilçelerinde metruk binalarda tamamen çökme, ağır hasar, orta hasar ve hafif hasar olarak yapısal hasarların oluştuğu, 115 kişinin hayatını kaybettiği ve 1035 kişinin de yaralandığı, İzmir Valiliği ve AFAD tarafından



rapor edilmiştir. Bu verilere göre, Deprem Ön Hasar Tahmin Sistemi (AFAD-RED) kullanılarak üretilen şiddet haritasında depremin merkez üssüne en yakın, Türkiye sınırları içerisindeki, yerleşim yerinde depremin şiddeti MMI (Modified Mercalli Index) VII olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). AFAD tarafından belirtildiği üzere, sismik şiddet ve ön hasar kestirimleri, ampirik bağıntılar kullanılarak otomatik olarak hesaplanmıştır ve saha gözlemlerine dayanmamaktadır. Depremin belirgin süresi ise ilk belirlemelere göre 15,68 sn olarak hesaplanmıştır (AFAD).



Şekil 1. AFAD-RED tahmini şiddet haritası (AFAD, 2020).

Fakat depremden sonra 17 binada yıkım derecesinde hasar oluşması, bu yıkımlarda can ve mal kaybının olması Samos depreminin Bayraklı'da hissedildiği şiddet derecesinin VIII olarak kabul edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Aşağıda öncelikle İzmir başta olmak üzere Batı Anadolu ölçeğinde bölgenin deprem tehlike kaynakları tanıtılacak ve bu sismik kaynakların neden olduğu tarihsel ve aletsel dönem depremleri hakkında bilgi verilecektir. Ardından depremin sismik kaynağı tanıtılacak ve daha sonra Samos Fayı'nın ürettiği ana şoktan sonra İzmir'de yarattığı hasarların nedenleri (tsunami, zemin ve inşaat kalitesizliği) konusunda bilgi verilecektir. Ardından gelecekte oluşabilecek yıkıcı bir deprem öncesinde alınması gereken önlemler ve yapılması gereken uygulamalara yer verilecektir.



BÖLGENİN SİSMOTEKTONİĞİ, TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREM AKTİVİTESİ

30 Ekim 2020 Sisam Depremine kaynaklık eden Kuzey Sisam (Samos) Fayının bulunduğu bölge Ege mikro plakasının orta-doğu bölümünde yer alan oldukça deforme olmuş açılma bileşenli bir yay ardı alanına karşılık gelmektedir. Doğu Akdeniz okyanusal plakasının Ege mikro plakasının altına dalması ve Anadolu mikro plakasının Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca batıya doğru hareketi bölgesel deformasyonun şekillenmesini sağlamaktadır. Anadolu mikro plakasının hareketinin Ege bölgesine transferi Türkiye kıyılarının orta ve batı bölümü ve komşu Yunan adalarına basit bir geçişle olmaktadır. Ege mikro plakası hemen hemen tek düze bir şekilde GGB'ya doğru yaklaşık 33 mm/yıl hızla hareket etmektedir (Şekil 2).

Tan ve diğ. (2014) tarafından detaylı mikrosismik aktivite ve fay düzlemi çözümleri ile Kuşadası Körfezi ve Sisam Adası yakınındaki belirgin sismik zon ve tektonik aktivite incelenmiştir. Yapılan çalışmada 2008-2012 yılları arasında meydana gelen moment büyüklükleri 4,9'a ulaşan önemli depremlerin fay düzlemi çözümleri bölgedeki doğrultu atımlı, oblik ve normal faylar için belirgin bir K-G açılma yönü vermektedir (Şekil 3a). Araştırıcıya göre, bölgedeki fay segmentlerinin geometrisi oldukça basit olup, ortalama 40-45 derecelik eğimle 15 km'lik sismojenik derinliğe kadar uzanmaktadır.

Ege Bölgesi ve Türkiye'nin batı kıyılarında yay gerisi bir açılma rejimi hakimdir. Bu açılma, geniş ve karmaşık normal faylanma sistemlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Bu fayların sınırladığı havzalar ise ortalama 6 mm/yıl açılma hızına sahiptir. Çalışma alanı hem tarihsel hem de aletsel dönemde büyüklüğü 6 üzerinde yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Sisam adası da yıkıcı depremlerle sarsılmış ve bu depremlerin makro sismik episantırının karada ya da deniz içinde olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 3).

Bölgede tarihsel dönemde şiddeti VII ve üzerinde olan 12 deprem listelenmiştir (Ambraseys 2009; Tan ve diğ., 2014). Bu depremler MÖ 200'den başlamakta ve MS 1893'e kadar uzanmaktadır (Şekil 3b). Tarihsel deprem kataloglarında Sisam adası halkının MÖ 200 depreminden zarar gördüğünü ve yaralanmalara yol açtığı vurgulanmaktadır. Aynı şekilde MS 47 depreminde Milet, Sisam, Efes ve çevresi depremden etkilenmiş ve daha önce olan depremlerle karşılaştırıldığında MS 47 depreminin eşi benzeri görülmemiş makro boyutta bir deprem olduğu aktarılmıştır. Kuşadası bölgesi ile Sisam Adası'nın doğu kısmında yıkıcı bir deprem olan MS 1751 depreminde ise, Sisam'daki Vathy'nin doğusunda yer alan Ag. Zoni Manastırı'nda bulunan bir el yazmasında bu deprem ile ilgili, dağları yaran büyük bir deprem olduğunu ve sonrasında Sisam'ın GB'sındaki Samsun dağlarının dumanla kaplandığını vurgulamıştır. 1865 ve 1890 yıllarında meydana gelen depremlerde ise sırasıyla Sakız adası ve Efes'de birçok evin yıkıldığını ve Roma eserlerinin hasar gördüğü bilinmektedir.

Aletsel dönem deprem aktivitesine bakıldığında ise bölgede 1900 ile 2020 arasında moment büyüklüğü 2'den büyük 26 bini aşkın deprem, 3'ten büyük 7 bini aşkın deprem, 4'den büyük ise 600'ü aşkın deprem listelenmiştir (Şekil 3a, ISC, 2020). Sisam Fayı üzerinde 30 Ekim 2020 depremi öncesinde meydana gelen en son deprem olan özellikle 6,8 büyüklüğündeki 1904 depremi Sisam adasının kuzeybatı kıyılarında ciddi yıkıma ve can kaybına neden olmuştur. Bu kapsamda Sisam adası ve çevresindeki fayların derindeki geometrisinin ve birbirleriyle olan ilişkilerinin anlaşılması çok önemlidir. Sisam adasında 2009 yılında yaşanan deprem fırtınasında adanın güneydoğusunda meydana gelen 20.06.2009'daki 5,1 büyüklüğündeki deprem sonrasında 10 gün içinde 80'in üzerinde artçı sarsıntı kaydedilmiştir. İkinci deprem



kümelenmesi ise adanın kuzeydoğusunda Kokkari-Vathi fayı üzerinde oluşmuştur. 2009'daki bu deprem firtinası sırasında bir başka kümelenme ise deniz içinde kuzeye doğru eğimli fay üzerinde gerçekleşmiştir (Tan ve diğ. 2014).



Şekil 2. Batı Anadolu ve Ege Denizi'nin ana neotektonik yapıları. Haritadaki kara ve denizdeki fay hatları rapordaki ilgili literatürden derlenmiştir.





Şekil 3. a. Batı Anadolu ve Sisam adası çevresinin aletsel depremleri. 1900-2020 yılları arasındaki aletsel dönem depremleri ISC, 2020'den alınmıştır. b. Sisam Adası ve yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremlerin google earth üzerindeki dağılımı. Türkiye içerisinde sarı renklerde görülen faylar Emre vd. 2016'den, Sisam adası ve kuzeyinde görülen faylar ise Pavlides ve diğ, 2009; Chazitrepetros ve diğ. 2013'den alınmıştır.

Aşağıdaki bölümde gelecekte yaşanacak olası bir depremde Batı Anadolu ölçeğindeki kentlerde hasar oluşmasına neden olabilecek sismik kaynaklar (diri faylar) kısaca özetlenecektir.



MİDİLLİ ADASI AKTİF FAYLARI

1) Midilli (Lesvos) Fayı

Bu fay ilk kez Lesvos fayı olarak, Mascle ve Martin (1990) tarafından Midilli Adası güney açık denizlerinde yapılan batımetri ve tomografi çalışmalarıyla haritalanmıştır. Zouros ve diğ., (2008) tarafından aktif fay kategorisinde sınıflandırılan Lesvos Fayı, normal fay karakterinde olup KB-GD doğrultulu, yaklaşık 10 km uzunluğundadır ve Midilli Adası güney kenarının yükselmesinden bizzat sorumludur (Mascle ve Martin, 1990; Ocakoğlu ve diğ., 2005). Bölgede meydana gelen sığ depremlerin odak mekanizma çözümleri (Roumelioti ve diğ., 2011), Lesvos Fayı'nın ağırlıklı olarak yanal bileşen rejimiyle yatay yer değiştirmelere neden olduğunu göstermektedir (Pavlides ve diğ., 2009). Buna rağmen KB-GD uzanımlı normal faylardaki düşey atımlar da Midilli Adası'nın GD kıyılarının kıyı morfolojisini şekillendirmede büyük rol oynamaktadır (Zouros ve diğ., 2008; Pavlides ve diğ., 2009; Vacchi ve diğ., 2012). Vacchi ve diğ. (2012) tarafından Lesvos Fayı'na ilişkin elde edilen ilk sayısal veriler, Midilli Adası'nın 30 km'lık güney kıyı şeridindeki Geç Kuvaterner evresi kıyı yükseliminin, fayın taban bloğu tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Radyokarbon yaş sonuçlarına göre, günümüzden 3365-3963 yıl öncesinden bu yana düşey yer değiştirme miktarı 0,75 m olarak hesaplanmıştır (Vacchi ve diğ., 2012).

2) Polichnitos-Plomari Fayı

Midilli Adası güney kesiminde yer alan Polichnitos ve Plomari bölgeleri arasındaki uzun doğrusal bir dizi tepeyi tanımlayan bu fay, yaklaşık 13,5 km uzunluğunda, KB-GD doğrultulu bir normal faydır (Chatzipetros ve diğ., 2013). İki segmentten oluşan fayın (Polichnitos ve Plomari segmentleri), her iki segmenti de GB'ya eğimlidir ve neredeyse kesintisiz bir KB-GD fay izi oluşturur (Chatzipetros ve diğ., 2013). Polichnitos jeotermal alanının termal aktivitesi bu fayla ilişkilidir (Günther ve diğ., 1977). Midilli Adası güney kenarındaki önemli sismik kaynaklarından biri olan bu fay 6,6'lık bir deprem üretme potansiyeline sahiptir (Pavlides ve diğ., 2009). Chatzipetros ve diğ. (2013) ise Polichnitos segmenti (7,2 km) için 6,3'lük, Plomari segmenti (6,2 km) için 6,2'lik maksimum moment hesaplamıştır.

3) AghiosIsidoros-Cape Magiras Fayı

Bu fay, Midilli Adası'nın güneydoğu kenarının kıyı şeridini şekillendiren aktif faylardan biridir. KB-GD yönlü genişlemeli gerilme alanını gösteren sol yanal bileşeni olan normal bir faydır. Ada güneyindeki jeomorfolojinin sürekliliğe bağlı olarak fayın tahmin edilen yaklaşık uzunluğu 12 km.'dir (Aghios Isidoros segmenti 7.2 km, Cape Magiras segmenti 4,5 km) (Chatzipetros ve diğ., 2013). Açık denizdeki uzantısı bilinmemekle birlikte uzunluğu yaklaşık olarak deniz içinde 8 km olarak kabul edilmiştir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Pavlides ve diğ. (2009), faydaki yer değiştirme miktarını 1,04 m ve fayın üretebileceği deprem büyüklüğünü ise 6.8 olarak vermektedir. Chatziperos ve diğ. (2013) ise Aghios Isidoros ve Cape Magiras segmentlerindeki maksimum büyüklüğü sırasıyla 6,3 ve 6,1 olarak vermiştir.

4) Geras Körfezi Fay Zonu

Geras Körfezi fayları, adanın başkenti Midilli'ye olan yakınlıklarından dolayı özel bir öneme sahiptir (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013). Bu zondaki faylar ağırlıklı olarak KKB-GGD eğimli normal faylar olup, Midilli Adası'nın ikinci büyük körfezinin şeklini belirlemektedir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Sboras ve diğ. (2011), bu fay sistemini oblik bileşenli aktif sismik kaynak olarak vermektedir. Bu fay sistemi genel hatlarıyla uzunlukları



6,3 ve 5,4 km olan iki segment şeklinde tanımlanmıştır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Pavlides ve diğ. (2009) bu fay zonundaki hareketin oluşturacağı deprem büyüklüğünün 6,5'a ulaşacağını belirtmektedir. Chatziperes ve diğ. (2013) ise bu büyüklüğü segment bazında 6,1-6,2 olarak vermektedir.

5) Aghia Paraskevi Fayı

Fytikas ve diğ. (1999) tarafından sağ yanal fay olarak tanımlanan Aghia Paraskevi Fayı, Midilli Adası'nı orta kısmından KD-GB yönünde kesen aktif bir faydır (Pavlides ve diğ., 2009; Sboras ve diğ., 2011; Chatzipetros ve diğ., 2013). Kalloni Körfezi'ni kontrol eden fayın karadaki görünür uzunluğu yaklaşık 17 km'dir ve uzunlukları 1,9 ile 5,6 arasında değişen sağ yanal eneşelon 5 segment olarak tanımlanmıştır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Bu fayın Kalloni Körfezi içinde denize doğru devam ettiği düşünülmektedir (Pavlides ve diğ., 2009). Fytikas ve diğ. (1999), 1867 yılında meydana gelen depremi bu fayın aktivitesi ile ilişkilendirmektedir. Midilli Adası dışında İzmir, Sakız Adası ve Foça'da da hasara sebep olan bu depremin şiddetti Papazachos ve Papazachou (1997) tarafından X olarak verilmektedir. Aslında bu fay, Midilli Adası'nda tarihi depremlerle ilişkili tek faydır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Güçlü yer hareketi modellemesi, Batı Anadolu kıyılarına doğru kırılma yöneliminin hasarın dağılımında kilit rol oynadığını göstermiştir (Roumelioti ve Kiratzi, 2010). Pavlides ve diğ. (2009) bu fayın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünün 6,7 olduğunu belirtmektedir.

6) Skala-Eressos Fayı

Bu fay Midilli Adası'nın GB kıyı şeridini şekillendiren yaklaşık 13,5 km uzunluğunda BGB-DKD uzanımlı sol yanal bileşenli aktif normal fay olarak tanımlanmaktadır (Chatzipetros ve diğ., 2013). İki segmentten oluşan fayın karadaki toplam uzunluğu 13,5 km'den fazladır. Pavlides ve diğ. (2009), bu fayın 6,6 civarında deprem üretme potansiyeli olduğunu belirtmektedirler. Chatzipetros ve diğ. (2013) segment uzunlukları özelinde bu fayın 6.3 büyüklüğünde deprem üretebileceğini hesaplamışlardır.

7) Gavathas Fayı

Midilli Adası Gavathas bölgesi kıyı şeridini tanımlayan bu fay yaklaşık 6,4 km uzunluğunda normal ve sol yanal doğrultu atımlı faylar kümesidir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Midilli'nin hemen kuzeyindeki kıyı şeridini tanımlayan Edremit Fayı, Gavathas Fayı için ana yer değiştirme zonu olarak işlev görür (Mourouzidou ve diğ., 2004). Pavlides ve diğ. (2009) bu fayın 6,3 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeli olduğunu belirtmektedirler. Chatzipetros ve diğ. (2013) ise bu değeri 6,2 olarak vermektir.



Midilli Adası Aktif Faylarının Genel Özellikleri

Faylara ilişkin özellikler Pavlides ve diğ. (2009) ve Chatzipetros ve diğ. (2013)'ten derlenmiştir.

Fay-Segment Adı	Uzunluk (km)	Aktivite Sınıfı	Fayın Türü	Genel Doğrultu	Maksimum Deprem Büyüklüğü (Mw)
Midilli (Lesvos) Fayı	10	Aktif	N	KB-GD	6.4
Polichnitos-Plomari Fayı	13.5	Aktif	N	KB-GD	6.5
PolichnitosSegmenti	7.2	Aktif	N		6.3
PlomariSegmenti	6.3	Aktif	N		6.2
AghiosIsidoros-Cape Magiras Fayı	12	Aktif	N	KB-GD	6.6
Geras Körfezi Fay Zonu	12	Aktif	N	KB-GD	6.5
Aghia Paraskevi Fayı	17	Aktif	SaD	KD-GB	6.7
Skala-Eressos Fayı	13.5	Aktif	N	GB-KD	6.6
Gavatas Fayı	6.4	Aktif	SoD	KB-GD	6.2

SAKIZ ADASI AKTİF FAYLARI

1) Aghiasmata Açık Deniz Fayı

Sakız Adası kuzeyinde yer alan bu fay yaklaşık BGB-DKD gidişli ve KB eğimli normal fay olarak tanımlanmıştır (Pavlides ve diğ., 2009; Sboras ve diğ., 2011; Chatzipetros ve diğ., 2013). Fayın uzunluğu açık deniz uzantısı dahil 14 km'dir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Fayın 6.5 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeli bulunmaktadır (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013).

2) Oenousses Açık Deniz Fayı

Sakız Adası kuzeybatısı açıklarında yer alan KB-GD uzanımlı Oenousses Fayı, K'ye eğimli aktif normal fay olarak tanımlanmaktadır (Pavlides ve diğ., 2009; Sbaros ve diğ., 2011; Chatzipetros ve diğ., 2013). Fayın uzunluğu 26 km'dir (Chatzipetros ve diğ., 2013). 23 Temmuz 1949'da meydana gelen M=6.7 büyüklüğündeki depremin bu faydan kaynaklandığı belirtilmektedir (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013). Fayın uzunluğu dikkate alınarak depremin üretebileceği maksimum büyüklük 6.8 olarak verilmektedir (Pavlides ve diğ., 2013).

3) Mastihochoria Fayı

Sakız Adası'nın güneyindeki bölge boyunca hizalanmış bir dizi kesintili süreksizlikten oluşan KB-GD uzanımlı fay zonudur (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013). Toplam 15 km uzunluğundaki fay Limenas ve Kalamoti olmak üzere iki segment olarak tanımlanmıştır (Chatzipetros ve diğ., 2013). 1881 yılında Sakız Adası ve çevresinde hasarlara sebep olan 6.5 büyüklüğündeki deprem, konumu ve kaydedilen hasar dağılımından dolayı bu fay zonu ile ilişkilendirilmiştir (Pavlides ve diğ., 2009). Pavlides ve diğ. (2009) bu fayın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.5 olarak vermektedir. Chatzipetros ve diğ. (2013) ise bu fayın uzunluğu itibariyle 6.1-6.2 büyüklüğünde deprem üretebileceğini belirtmektedirler.



4) Philadelphia Açık Deniz Fayı

Sakız Adası güneybatı kıyılarını kontrol eden bu fay karakteristik deniz tabanı sarplığı nedeniyle aktif bir yapı olarak kabul edilmektedir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Yaklaşık KB-GD uzanımlı normal fay olarak tanımlanmıştır. Fayın toplam uzunluğu 16.9 km'dir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Fayın konumu ve doğrultusu 1881 yılında meydana gelen depremin izosismik haritalarına karşılık gelmektedir (Papazachos ve Papazachou, 1997). Bu nedenle bu deprem bu fayın hareketi ile ilişkilendirilmiştir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Pavlides ve diğ. (2009) bu fayın 6.6 büyüklüğünde deprem üretebilme potansiyeli olduğunu ileri sürmektedir. Chatzipetros ve diğ. (2013) ise fayın uzunluğu dikkate alındığında üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.5 olarak vermektedir.

<u>SakızAdası Aktif Faylarının Genel Özellikleri</u>

Faylara ilişkin özellikler Pavlides ve diğ. (2009) ve Chatzipetros ve diğ. (2013)'ten derlenmiştir.

Fay-Segment Adı	Uzunluk (km)	Aktivite Sınıfı	Fayın Türü	Genel Doğrultu	Maksimum Deprem Büyüklüğü (Mw)
Aghiasmata Açık Deniz Fayı	14	Aktif	N	GB-KD	6.5
Oenousses Açık Deniz Fayı	26	Aktif	N	KB-GD	6.8
Mastihochoria Fayı	15	Aktif	SaD	KB-GD	6.5
Philadelphia Açık Deniz Fayı	16.9	Aktif	N	KB-GD	6.5

SAMOS (SİSAM) ADASI AKTİF FAYLARI

1) Karlovasi Fayı

Mountrakis ve diğ. (2003) bu fayı sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlamıştır. Samos Adası'nın kuzeybatı kıyı şeridini sınırlayan bu aktif yapının karadaki uzunluğu yaklaşık 13 km'dir ve açık deniz içlerine kadar ilerlediğine dair batimetrik göstergeler bulunmaktadır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Pavlides ve diğ. (2009), Karlovasi Fayı'nın 6.5 büyüklüğünde deprem üretme potansiyelinin olduğunu belirtmektedir. Chatzipetros ve diğ. (2013) ise bu fay için maksimum deprem üretme büyüklüğünü 6.4 olarak vermektedir.

2) Marathokambos Fayı

Samos Adası'nın GB kıyı şeridini sınırlayan bu fay D-B doğrultulu G'ye eğimli sağ yanal bileşime sahip normal fay olarak tanımlanmıştır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Yaklaşık 11 km uzunluğundaki fay, hemen batısında uzanan bir diğer fayın devamı niteliğindedir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Bu fay için hesaplanan maksimum deprem üretme büyüklüğü 6.4 olarak hesaplanmıştır (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013).

3) Vathy Fayı

Samos Adası'nın KD kesiminde yer alan Vathy Fayı, Vathy Körfezi güney kesimi kıyı şeridinin şekillendirmektedir (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013). K'ye eğimli yaklaşık BKB-DGD uzanımlı yaklaşık 8 km uzunluğunda bir normal faydır (Chatzipetros ve diğ., 2013). 6.3 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013).



4) Pythagorion Fayı

Bir zon olarak belirtilen bu fay, Samos Adası'nın güney bölümünde morfolojinin ana aktif yapısıdır (Pavlides ve diğ., 2009; Sboras ve diğ., 2011; Chatzipetros ve diğ., 2013). BKB-DGD uzanımlı fayın eğimi G'ye doğrudur. Pythagorion ve Messoghio olmak üzere birbirine paralel iki segmentten oluşan fayın toplam uzunluğu yaklaşık 18 km'dir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Saha çalışmalarında gözlemlenmemiş olsa da fay izlerinin uzanımı nedeni ile Marathokambos Fayı ile bağlantısı olduğu varsayılmaktadır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Bu fay için hesaplanan maksimum deprem büyüklüğü 6.6 olarak verilmektedir (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013).

5) Kuzey Samos Fayı

Samos Adası kuzeyinde yer alan bu fay adanın ana aktif yapılarından biridir (Sboras ve diğ., 2011; 2014; Chatzipetros ve diğ., 2013). Normal fay karakterine sahiptir (Sboras ve diğ., 2011). Samos'un kuzeyinde 1000 m'den fazla derinlikte bir denizaltı çöküntüsü oluşturan oldukça uzun bir yapıdır (Chatzipetros ve diğ., 2013). BKB-DGD doğrultulu, KKB'ya eğimli bu fayın toplam uzunluğu yaklaşık 26 km'dir (Chatzipetros ve diğ., 2013). Samos Adası'nın önemli sismik kaynaklarından biri olan bu fayın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6.8 olarak hesaplanmıştır (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013).

<u>Sisam Adası Aktif Faylarının Genel Özellikleri</u>

Faylara ilişkin özellikler Pavlides ve diğ. (2009) ve Chatzipetros ve diğ. (2013)'ten derlenmiştir.

Fay-Segment Adı	Uzunluk (km)	Aktivite Sınıfı	Fayın Türü	Genel Doğrultu	Maksimum Deprem Büyüklüğü (Mw)
Karlovasi Fayı	13	Aktif	SaD	KD-GB	6.5
Marathokambos Fayı	11	Aktif	N	D-B	6.4
Vathy Fayı	8	Aktif	N	KB-GD	6.3
Pythagorion Fayı	18	Aktif	N	KB-GD	6.6
Kuzey Samos Fayı	26	Aktif	N	KB-GD	6.8

İKARİA ADASI AKTİF FAYLARI

İkaria Adası'nın morfolojisi, topografik olarak doğrusal deniz tabanı anomalileri oluşturan ve kıyı şeridinin çizgiselliği ortaya koyarak adanın morfolojik ayırımını tanımlayan bir dizi açık deniz fayları tarafından kontrol edilmektedir (Chatzipetros ve diğ., 2013). İkaria adası aktif tektonik yapıları;

1) Karkinagri Fayı; 2) Cambos Fayı; 3) Manganitis-Plakia Fayı; 4) AghiosKyrikos Fayı ve 5) Güney İkaria Açık Deniz Fayı olarak tanımlanmıştır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Belirtilen faylar baskın olarak eğim atım bileşenli normal faylardır (Chatzipetros ve diğ., 2013). İkaria Adası'nın ana kara fayı adayı ikiye bölen KD-GB doğrultulu Cambos Fayı'dır ve 6.6 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir (Pavlides ve diğ., 2009). İkaria Adası güneyinde yer alan Karkinagri Fayı ve Manganitis-Plakia Fayı yaklaşık D-B uzanımlıdır (Pavlides ve diğ., 2009; Chatzipetros ve diğ., 2013). Bu fayların deprem üretme potansiyelleri 6.3'e ulaşmaktadır (Pavlides ve diğ., 2009). Adanın güney açık denizinde yer alan yaklaşık D-B uzanımlı Güney İkeria Açık Deniz Fayı, konumu ve uzanımına bağlı olarak Karkinagri Fayı'nın devamı niteliğindedir. Açık denizdeki uzunluğu 25 km olan bu fayın uzunluğu



Karkinagri Fayı ile birlikte 35 km uzunluğuna ulaşmaktadır (Chatzipetros ve diğ., 2013). Pavlides ve diğ. (2009) bu fayın 6.7 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedirler. Chatzipetros ve diğ. (2013) ise karadaki devamı da dahil edilirse fayın üreteceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.9 olarak vermektedir.

BATI ANADOLU AKTİF FAYLARI

1) Edremit Fay Zonu

Edremit Körfezi'nin kuzey sınırı boyunca Behram ve Güre ilçeleri arasında yaklaşık 50 km izlenebilen Edremit Fay Zonu, değişik ölçeklerde birçok fay parçası içerir. Yüksek açılı bu faylar değişik çalışmacılarca farklı isimlerle adlanmış ve tanımlanmıştır: Siyako vd. (1989) tarafından Küçükkuyu-Güre Fayı olarak isimlendirilen fay, Karacık & Yılmaz (1998) tarafından Behram Fayı, Okay & Satır (2000) tarafından Güre Fayı, Yılmaz & Karacık (2001) tarafından Edremit Fayı olarak tanımlanmıştır. Bu faylar bazı çalışmacılarca Kuzey Anadolu Fayı' nın güneydeki kolu olarak düşünülürken (Armijo vd., 1999; Yaltırak vd., 2012), Emre ve Doğan (2010) tarafından Kazdağ Sıyrılma Fayı (KSF) ile birlikte haritalanarak yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'na Edremit Fay Zonu ismiyle aktarılmıştır. Emre ve diğ. (2016), Edremit Fay Zonu'nu Küçükkuyu, Altınoluk ve Zeytinli olmak üzere normal fay karakterinde 3 segmente ayırmaktadır ve tüm segmentlerle birlikte fayın toplam uzunluğunu 67 km olarak vermektedir. Aletsel dönem içerisinde EFZ ile ilişkilendirilen en büyük deprem 6 Ekim 1944 depremidir. Bu olay, Kazdağı'nın güneyinde en son etkili olan ve aletsel dönem içerisindeki en büyük depremdir (M_s = 6.8, Ambraseys, 1988; M_w = 6.7, EMSC). Saat 07:28'de Edremit Körfezi kuzeyinde meydana gelen bu deprem, Doyran yolu üzerinden başlayıp Küçükkuyu'dan Arıklı iskelesine doğru uzanan bir yüzey kırığı meydana getirmiştir (Yaltırak, 2006). Ambraseys ve Jackson (2000) depremin büyüklüğünün 6.8 ve sismojenik zonun kalınlığı ile deprem büyüklüğü ilişkisinden yola çıkarak yüzey kırığının 37 km olması gerektiğini hesaplamışlardır. Emre ve diğ. (2016), Edremit Fay Zonu'na ait segmentlerin üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.4-6.6 aralığında vermektedir.

2) Havran-Balıkesir Fay Zonu

Biga Yarımadası'nın güney doğusunda yer alan Havran-Balıkesir Fay Zonu, Edremit Körfezi ile Balıkesir arasında KKD–GGB yönünde uzanır. Edremit ile Balıkesir arasındaki alanda haritalanan 2-5 km uzunluğa ve 100-120 m genişliğe sahip, yaklaşık K70°D uzanımlı, KB ve GB'ya eğimli birçok fay parçasından oluşan ana tektonik yapı Havran–Balıkesir Fay Zonu (HBFZ) olarak isimlendirilmiştir. Zon batıdan doğuya doğru; (i) Havran–Balya ve (ii) Balıkesir Fayı olmak üzere 2 ana faydan oluşur. Yaklaşık 90 km uzunluğundaki Havran–Balya Fayı; (i) Havran, (ii) Osmanlar, (iii) Turplu ve (iv) Ovacık olmak üzere 4 segmente ayrılır. Yaklaşık 65 km uzunluğa sahip Balıkesir Fayı ise batıdan doğuya doğru; (i) Gökçeyazı ve (ii) Kepsut Segmenti olarak isimlendirilmiş iki segmentten oluşur. Havran-Balya ve Balıkesir Fayları Holosen Fayı olarak sınıflandırılmış olup sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterindedir (Emre ve diğ., 2016).

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları M.S 160 ile MS 1898 yılları arasındaki sürede HBFZ ve yakın çevresinde 11 adet tarihsel, 22 adet aletsel dönem depreminin meydana geldiğini göstermektedir. Tarihsel döneme ait deprem kayıtlarında Balıkesir ve yakın çevresini etkileyerek yıkıma sebebiyet vermiş 3 önemli deprem göze çarpmaktadır. Bunlar kronolojik sırayla 21 Eylül 1577, 1897 ve 29 Ocak 1898 depremleridir. Bu depremlerden HBFZ'nin



kuzeyinde konumlanmış olan Yenice–Gönen ve Manyas Depremleri ile güneyinde meydana gelmiş olan Bergama Depremi dışında herhangi birinin hasara veya can kaybına sebebiyet verdiği bilinmemektedir. Havran-Balya Fay Zonu'nun segment bazında üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6.5-6.7 arasında değişirken, Balıkesir Fayı için bu değer 6.1-6.9 aralığında hesaplanmıştır (Emre ve diğ., 2016).

3) Bergama Fayı

Yaklaşık KD-GB uzanım sunan Bergama Fayı 10 km uzunluğunda K'ye eğimli aktif normal faydır. Emre ve diğ. (2016) tarafından Holosen Fayı olarak sınıflandırılmıştır.

4) Soma-Kırkağaç Fay Zonu

Soma-Kırkağaç Fay Zonu (SKFZ) 1/250.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritasında Soma İlçesi güneyindeki Kösedağı yükseltisini kuzeyden ve doğudan sınırlayan 40 km uzunluğunda geniş bir fay zonu olarak tanımlanmıştır (Emre ve diğ., 2013). SKFZ, Kösedağı yükseltisinin kuzey sınırı boyunca Cumalı-Avdan-Kozanlı-Turgutalp hattı boyunca KD-GB uzanımlı fay parçalarından yapılıdır. Yaklaşık 15 km uzunluğundaki bu fay zonu Turgutalp semtinden sonra D-B doğrultusuna dönüş yaparak Soma ilçesinden geçer. Yaklaşık 8 km uzunluğundaki bu büklümden sonra fay zonu K-G doğrultusuna ani dönüş yaparak Öveçli-Kırkağaç-Bakır hattı boyunca güneye doğru açılan fay kolları şeklinde devam eder. Fay zonunun K-G uzanımlı bu kesimi yaklaşık 20 km uzunluğundadır. Soma ve çevresinde 18 Kasım 1919'da meydana gelen Soma depremi (Ms = 6.88, Pınar ve Lahn, 1952; Eyidoğan ve diğ., 1991) ile 28 Ekim 1942'de meydana gelen Kırkağaç depremi (Ms = 6.03, Eyidoğan ve diğ., 1991; Ambraseys, 2001) Soma-Kırkağaç Fay Zonu ile ilişkilendirilmektedir. Emre ve diğ. (2016) tarafından Holosen Fayı olarak sınıflandırılan normal fay karakterindeki bu zon toplamda 64 km uzunluğunda olup, 6.4-6.9 maksimum büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahiptir.

5) Gelenbe Fay Zonu

Bigadiç ve Akhisar arasında uzanan faylar Gelenbe Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu ve diğ., 1987, 1992). Emre ve diğ., (2011b)'e göre KKD-GGB genel doğrultusunda ve toplam 45 km uzunlukta olan fay zonu, dağlık alanı kat eden birbirine paralel iki ana faydan oluşur. Doğu ve batı segment olarak tanımlanan bu iki fay, ortalama 5 km genişlikte bir zon oluşturmaktadır. Doğudaki fay segmenti Gölcük-Akhisar arasında 40 km uzunluktadır. Genel doğrultusu K15D olan segment, uzunlukları 10 ile 20 km arasında değişen üç alt geometrik bölümden oluşur. Akhisar yöresine rastlayan güney ucundaki 10 km'lik fay parçası Menderes masifi metamorfikleri ve ofiyolitik kayalarda izlenir ve yer yer bunlarla Kuvaterner çökelleri arasında dokanak oluşturur. Segmentin orta bölümünü oluşturan 20 km uzunluğundaki parça güneyde Miyosen çökellerinde izlenir ve kuzeye doğru Eosen ile Miyosen yaşlı kaya birimleri arasında dokanak oluşturur. Bu fay parçası boyunca Eosen birimlerinde birkaç km'ye ulaşan sağ yönlü atım gelişmiştir. Segmentin en kuzey parçası ise 10 km uzunluktadır. Miyosen yaşlı volkanit ve volkano-sedimentleri keser. Güncel morfolojide izlenen ötelenmiş ve uzamış sırtlar, topografik boyunlar ve sağ yönde ötelenmiş akarsu yatakları fay segmentinin sağ yönlü doğrultu atımlı olduğunu gösterir (Emre ve diğ., 2011b).

Selcikli-Gölcük arasında uzanan batı segment toplam 37 km uzunluktadır. Miyosen yaşlı çökeller ile yine aynı yaşlı volkano-sedimentleri kesen bu fay segmenti de sol yönde aralıaşmalı üç alt geometrik bölüme ayrılır. Güneydeki iki parça Miyosen yaşlı kayalarda izlenir. Bu bölümünde yüksek ve erozyonal süreçlerin egemen olduğu dağlık alanda fayın morfolojide oluşturduğu çizgisellik ile tanınır. Çizgisellik boyunca uzamış sırt ve tepeler, kapatan sırtlar



fayın doğrultu atımına işaret eder. Gölcük kuzeyinde 12 km uzunluğundaki parçasında fayın doğu bloğu morfolojik olarak aşağıdadır. Bu blokta izlenen geriye yüzey tiltlenmesi Gölcük yöresinde fayın eğim atım bileşenli olduğunu açıklar. Bu alanda belirgin olan Holosen fay sarplıklarının sistematik olarak doğu bloklarının aşağıda olması fayın eğim atımını destekleyen diğer bir veridir (Emre ve diğ., 2011b). Aletsel dönemde fay zonunda küçük ve orta büyüklükte depremler meydana geldiği bilinmektedir. Bölgesel ölçekli tektonik yapı içinde Gelenbe Fay Zonu, Gediz grabeninin kuzeyinde, doğrultu atımlı bir transfer yapısı olarak değerlendirilebilir. Fay geometrisi dikkate alındığında zondaki iki fay segmentinin birbirinden bağımsız depremler üretmesi olasıdır (Emre ve diğ., 2011b). Emre ve diğ. (2016), bu fay zonunda meydana gelebilecek depremin maksimum büyüklüğünü 6.9 olarak vermektedir.

6) Simav Fay Zonu

Çok segmentli Simav Fayı Zonu, Batı Anadolu'yu etkileyen açılmalı tektonik rejim içinde, Sındırgı (Balıkesir) ile Afyon arasında, KB-GD genel doğrultusunda uzanan açılmalı sağ yönlü doğrultu atımlı bir diri fay sistemidir (Emre ve diğ., 2012). Toplam 205 km uzunluğunda olan fay sistemi batıdan doğuya doğru Sındırgı, Çaysimav, Şaphane, Abide, Banaz, Elvanpaşa ve Sinanpaşa olmak üzere yedi alt fay segmentinden oluşur (Emre ve diğ., 2016). Fay segmentleri gevşemeli ve sıkışmalı sıçrama veya büklümlerle birbirinden ayrılır. Simav ovası, fay sistemi içinde gelişmiş en büyük yapısal çöküntüdür ve Simav ile Şaphane segmentleri arasındaki büklümde gelişmiş açılmalı bir Pliyo-Kuvaterner havzası olarak tanımlanabilir (Emre ve diğ., 2012).

19 Mayıs 2011 tarihinde meydana gelen Simav depremi ana şoku (Mw: 5,8) ve bunu izleyen çok sayıdaki artçı depremin dış merkezleri Simav havzasının kuzeyine rastlar. Ana şokun derinliği 7 km olup, fay düzlemi çözümleri normal faylanma mekanizmasına işaret eder. Depremde yüzey faylanması gelişmemiştir. Ancak, ana şok lokasyonu, artçı depremlerin dağılımı ve kırılma mekanizması birlikte değerlendirildiğinde, depremin Simav Fay Sistemi içindeki Naşa Fay Zonu'ndan kaynaklandığı söylenebilmektedir (Emre ve diğ., 2012). Emre ve diğ. (2016) tarafından Holosen Fayı içinde sınıflandırılan Simav Fay Zonu segmentleri 6.5-7.1 aralığında büyüklüklerde deprem üretme potansiyeline sahiptir.

7) Yeni Foça Fayı

Yenifoça Fayı, yerleşim yerinin doğusunda Nemrut limanı ile güneydeki Gerenköy arasında KKD-GGB genel doğrultusunda uzanan bir normal faydır. Nemrut limanının doğusunda dik yarlar oluşturan KB-GD uzanımlı kıyı, olasılıkla bu fayın kuzey devamlılığını yansıtır (Emre ve diğ., 2005). Bu bölümü ile birlikte değerlendirildiğinde fayın toplam uzunluğu 20 km'ye yaklaşır (Emre ve diğ., 2013). Denizaltı verileri Nemrut Körfezi açıklarında Kuvaterner çökellerini kesen bir fayın varlığını gösterir (Aksu ve diğ., 1987). Ancak bu iki fayın birbiriyle olan geometrik ilişkisi hakkında bir şey söylenememektedir. Fayın karadaki bölümü Neojen yaşlı volkanitler içerisinde izlenir (Altunkaynak ve Yılmaz, 2000). Fay zonu boyunca gelişen vadiler çizgisel hat sunarlar. Kuzey bölümünde fay boyunca batıya dalımlı monoklinal sırt ve tepelikler dikkati çeker (Emre vd., 2005). Kuzey ucuna rastlayan Horozgediği yöresinde fay zonu boyunca sıcak su çıkışları gelişmiş ve Neojen kayaları hidrotermal alterasyona uğramıştır (Eşder ve diğ., 1991).

Altunkaynak ve Yılmaz (2000), Yenifoça Fayı'nın sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğunu belirtmektedir. Emre vd. (2005), fayın karada kalan kesimleri boyunca oluşturduğu çizgisel morfolojinin dışında Kuvaterner ve Holosen aktivitesine ilişkin veri toplayamamıştır. Bu çizgisel morfoloji, fay zonunda yüzeyleyen Neojen birimlerinin tabaka doğrultularına da uygun



olup doğrudan fayla ilişkilendirememiştir. Bu nedenle kara verilerine göre fay Neotektonik dönem yapısı olarak değerlendirilmiş ve çizgisellik olarak haritalanmıştır (Emre ve diğ., 2005). Çandarlı Körfezinde bu çizgiselliğin devamında yer alan ve Kuvaterner'i kesen fayların (Aksu ve diğ., 1987) bu sistemle bağlantılı olması durumunda fay olasılı diri fay olarak kabul edilebilir. Ancak eldeki veri iki fay arasında bu yönde bir karşılaştırma yapmaya olanak tanımaz (Emre ve diğ., 2005). Daha sonra yapılan diri fay çalışmalarında Yenifoça Fayı Emre ve diğ (2013, 2016) tarafından Kuvaterner Fay sınıflamasına dahil edilmiştir. Emre ve diğ. (2016) tarafından 14 ve 15 km'lik iki parçadan oluşan normal fay olarak tanımlanmıştır. Yenifoça Fayı için öngörülen maksimum deprem büyüklüğü 6.4'tür.

8) Gülbahçe Fayı

Bu yapısal sınır ilk kez Erdoğan (1990) tarafından çizilse de, araştırmacı haritasında bu sınırı sadece iki farklı yaşta Mesozoik kaya birimi arasında bulunan bir yüksek açılı fay olarak göstermistir. Daha sonra bu fay İDSDMP (RADİUS Projesi)'de Karaburun Fayı olarak adlanmıştır. İDSDMP'da fayın güney kesimde morfolojik olarak Seferihisar koyunun bulunduğu, kuzey ucunda ise fayın doğrultusuna Gülbahçe koyunun yerleştiği, bu koyun deniz taban topoğrafyasının fayın doğrultusunda bir koridor yapısı oluşturduğu belirtilmektedir. Emre ve diğ. (2005) fayın karada izlendiği bölümündeki en büyük yerleşimi dikkate alarak adını Gülbahçe Fayı olarak yeniden tanımlamıştır. Emre ve diğ. (2005) Gülbahçe Fayı olarak tanımladıkları yapısal süreksizliğin, Ocakoğlu ve diğ. (2004 ve 2005)'te verilen sismik verilere göre deniz tabanında da devam ettiğini ve karadaki 15 km uzunluğuyla birlikte denizaltındaki devamıyla birlikte fayın uzunluğunun 70 km'ye ulaşabileceğini bildirmektedirler. Sözbilir ve diğ. (2009) Gülbahçe Fay Zonu olarak tanımladıkları yapısal süreksizliğin 17-21 Kasım 2005 depremleriyle ilişkili olduğunu ve Urla havzasının bir çiçek yapısı olarak değerlendirilmesi gerektiğini, Gülbahçe Fay Zonu'nun ise bu demet içindeki bir kol olduğunu belirtmektedirler. Bu yapısal hat Emre ve diğ. (2011a)'de Gülbahçe Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Çalışmacılar Türkiye Diri Fay Haritasında, bu yapısal hattı güneyde tek bir kol olarak, kuzeyde ise dallanan 3 farklı kol şeklinde göstermiş ve haritalamışlardır. Bu veriler ışığında Emre ve diğ. (2005), 70 km uzunluğuna sahip olan Gülbahçe Fayı'nı, İzmir yöresinin önemli deprem kaynaklarından biri olarak değerlendirmektedir.

9) Yağcılar Fayı

Bu fay ilk kez İnci ve diğ. (2003)'te Demirci-Yağcılar Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Urla Havzası'nın batı kenarı, 11 km uzunluğunda ve yer yer 2 km genişliğine ulaşan K-G doğrultulu Demirci-Yağcılar Fay Zonu'yla temsil edilir (Sümer, 2007). Bu zon Demircili Köyü güneyinden başlar ve kuzeye doğru Yağcılar Köyü'nden geçerek Gülbahçe Körfezi'ne kadar uzanır. Emre ve Özalp (2011), Yağcılar Fayı olarak tanımladıkları bu fayı aktif bir fay olarak göstererek haritalamış, ayrıca hattın güneyinde 21 Ekim 2005 depreminden (Mw:5.7, USGS, Ml: 5.9, KOERİ) kaynaklanan bir deprem yüzey kırığı geliştiğini belirtmişlerdir. Emre ve diğ. (2016) bu fayı sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlamakta ve üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünü 6.3 olarak vermektedirler.

10) Seferihisar Fayı

Urla Havzası'nın doğu kenar fayı niteliğindeki Seferihisar Fayı, morfolojik olarak Urla Havzası ile Seferihisar yükseltisi arasındaki topografik farkı oluşturan yapısal süreksizlik olarak tanımlanabilir. Benzer şekilde Kaya (1979 ve 1981), ana çizgisel blokları ayıran oynak fay olarak nitelendirdiği bu yapısal çizgiselliğin Seferihisar ve Urla bölümlerini sınırladığını



belirtir. Bu fay ilk kez, hem kinematik, hem de depremsellik anlamında İnci ve diğ. (2003)'te Seferihisar-Yelki Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Sümer (2007) aynı isimle tanımladığı zonun, Yelki ve Seferihisar yerleşimleri arasında uzanan kolun Urla Havzası'nın doğu kenarını oluşturduğunu, yaklaşık K20D gidişli zonun, 2-3 km genişlikte ve 23 km uzunluğunda bir zon olarak temsil edildiğini belirtir. Calısmacı fay zonu içinde, uzunlukları 1 ile 12 km arasında değişen çok sayıda doğrultu atımlı fay segmenti haritalamıştır. Sözbilir ve diğ. (2003) bu paleotektonik yapının İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) içindeki ana yapılardan biri olduğunu belirtmektedir. Sismik veriler Seferihisar Fayı'nın, Ege Denizi tabanında devam ettiğini ve fayın deniz altındaki devamıyla birlikte uzunluğunun 30 km'ye ulaşabileceğini göstermektedir (Ocakoğlu ve diğ., 2004, 2005). Seferihisar Fayı, Emre ve Özalp (2011) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nda, aktif bir fay olarak gösterilmis ve 10 Nisan 2003 tarihinde meydana gelen deprem bölgede fayla haritalanmıştır. ilişkilendirilebilecek en önemli aletsel depremdir. Orta büyüklükteki (Mw: 5.7, USGS) bu depremin odak mekanizma cözümü de sağ yönlü kırılma sonucu olustuğunu göstermektedir (Tan ve Taymaz, 2003). Emre ve diğ. (2016) tarafından sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak Holosen Fayı içinde değerlendirilen Seferihisar Fayı için önerilen maksimum deprem büyüklüğü 6.7'dir.

11) Tuzla Fayı

Bu fay literatürde kronolojik olarak değişik isimlerle anılmaktadır. Kaya (1979 ve 1981) ana çizgisel blokları ayıran oynak fay olarak nitelendirdiği yapısal çizgiselliğin Seferihisar ve Çubukludağ bölümlerini sınırladığını belirtmektedir. Aynı yapısal sınır Cumaovası çizgiselliği (Şaroğlu ve diğ. 1987, 1992), Cumalı Ters Fayı (Eşder, 1988), Tuzla Fayı (Emre ve Barka, 2000; Emre ve diğ. 2011a), Orhanlı Fay Zonu (Genç ve diğ., 2001; Uzel ve Sözbilir, 2008) gibi farklı isimlerle tanımlanmıştır. Emre ve Barka (2000) bu fayı, İzmir'in güneybatısında Gaziemir ile Doğanbey arasında KD-GB genel uzanımlı yapısal bir hat olarak tanımlamaktadır. Uzel ve Sözbilir (2008) bu fay sistemini, İBTZ içindeki ana yapısal sınır olarak tanımlar. Çalışmacılar fayın toplam uzunluğunun 45 km olduğunu belitmektedirler. Sismik veriler, Tuzla Fayı'nın GB'da Ege Denizi tabanında devam ettiğini ve fayın denizaltındaki devamıyla birlikte uzunluğunun 50 km'yi astığını göstermektedir (Ocakoğlu ve diğ., 2004, 2005). Uzel ve Sözbilir (2008) fay üzerinde yaptıkları detaylı kinematik analiz çalışmalarda, fayın Miyosen'de sol ve günümüzde ise sağ yanal doğrultu atımlı fay şeklinde çalıştığına ilişkin verileri ortaya koymuşlardır. Emre ve diğ. (2005) genel doğrultusu KD-GB olan Tuzla Fayı'nın birbirinden belirgin sıçrama veya büklümlerle ayrılan ve farklı doğrultularda uzanan üç alt bölümden oluştuğunu belirtmektedir. Çalışmacılar bu alt bölümleri kuzeyden güneye doğru Çatalca, Orhanlı ve Cumalı olarak tanımlamaktadırlar. Fayın kuzeydoğu ucunu oluşturan K35D doğrultulu Çatalca bölümü 15 km uzunluğundadır ve batı ucunda 750 m'lik sağ yönde bir sıçrama ile Orhanlı bölümünden ayrılmaktadır. Orhanlı bölümü ise K50D genel doğrultulu ve 16 km uzunluğundadır. Çalışmacılara göre, fayın güneybatısında yer alan Cumalı bölümü ise, KKD-GGB uzanımında birbirine paralel faylardan oluşan zonal bir yapı sunmaktadır. Fayın bu bölümünün Ege Denizi tabanındaki devamlılığıyla birlikte karada 15 km, deniz altında ise 10 km devamlılık sunduğu belirtilmektedir. Fayla ilişkili olabilecek en önemli deprem, İzmir-Doğanbey arasında düşük hasarlara yol açan 6 Kasım 1992 tarihli depremdir. Büyüklüğü Ms:6.0 (USGS) derinliği 14 km olarak belirlenmis olan bu depremin dış merkezi Doğanbey ile Ürkmez arasında deniz içine rastlarken, artçı şokları Tuzla fayı üzerinde dağılım göstermektedir (Türkelli ve diğ., 1995; Emre ve diğ., 2005; KOERİ). Depremin odak mekanizma çözümleri



depremin doğrultu atımlı bir kırılma mekanizmasıyla geliştiğini göstermektedir (Tan ve Taymaz, 2001, 2002).

12) İzmir Fayı

İzmir Fayı, İzmir Körfezi'ni güneyden morfolojik olarak sınırlayan, D-B uzanımlı yapısal sınırı olarak tanımlanmaktadır (Emre ve Barka, 2000; Uzel ve diğ., 2012). İzmir Fayı, Yamanlar yükseltisi içerisinde yer alan Seferihisar bloğunu kuzeyden sınırlar ve bölgedeki KD uzanımlı ana basamakları enine kat eden bir yapısal sınır olarak tanımlanır (Kaya 1979, 1981). Fayın düşen bloğunda şekillenmiş olan çöküntü alanı, tabanı Karaburun Yarımadası ile Bayraklı arasında Ege Denizinin suları altındadır ve günümüzde oluşumu devam eden İzmir Körfezi'ni oluşturmaktadır (Emre ve diğ., 2005). Karadaki uzunluğu yaklaşık 40 km'yi bulan İzmir Fayı, Gediz grabeninin devamı niteliğindeki bir yapısal hatta paralellik göstermektedir (Sözbilir ve diğ., 2008). Fay doğuda Pınarbaşı'ndan başlar ve batıya Üçkuyulara doğru uzanır. Burada yaklaşık D-B uzanımlı olan İzmir Fayı'na ait fay segmentleri, Balçova ve Narlıdere'ye doğru devam ederek, önce BKB-DGD, sonra da BGB-DKD uzanımlı olarak düşük dalga boylu bir kıvrımlanma ile Güzelbahçe'ye ulaşır (Sözbilir ve diğ., 2008).

Fayın yükselen bloğunda Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığı, Miyosen yaşlı volkano-sedimanter birimler; düşen bloğunda ise Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyonel, flüviyal ve denizel girdilerin gözlendiği çökeller ile Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı-şeyl yüzlekleri gözlenir (Sözbilir ve diğ., 2008). Bornova Karmaşığı'nın fayın tavan bloğunda da yüzeylemesi, İzmir Fayı'nın tavan bloğundaki antitetik ve sintetik faylardan kaynaklanmaktadır (Sözbilir ve diğ., 2008). İzmir Fayı'nın Balçova ile Güzelbahçe arasındaki bölümünde, eksenleri yaklasık KD doğrultusunda uzanan alüvyon yelpazeleri gelişmiştir ve bu yelpazeler İzmir Körfezi'ne doğru yelpaze delta-kıyı çökellerine geçiş gösterir (Sözbilir ve diğ., 2008). Fayın yükselen bloğunda ise, KD-GB ve KB-GD gidişli faylar gözlenir (Sözbilir ve diğ., 2008). Gözlenen bu fay takımlarından KD doğrultulu olanların, yüksek eğimlere ve düşük yan yatım (rake) açılarına sahip sağ yönlü doğrultu atımlı faylar, KB uzanımlı hatlar ise, 20-30°'lik yan yatım (rake) açıları ile sol yönlü doğrultu atımlı fay karakterindedir (Sözbilir ve diğ., 2008). Balçova ve daha batıda, İzmir Fayı boyunca gözlenen dağ önü çizgisellikleri, alüvyal yelpazeler, üçgen yüzeyler ve drenaj ağları gibi jeomorfolojik göstergeler İzmir Fayı'nın Holosen'de aktif olduğunu göstermektedir (Sözbilir ve diğ., 2004; Emre ve diğ., 2005). Ayrıca üçgen yüzeyler üzerindeki fay düzlemlerinde, ilk kez Sözbilir ve diğ. (2008) tarafından yapılan kinematik analiz çalışmalarında fayın oblik atım nitelik taşıdığı belirtilmektedir. Emre vd. (2005) fayın alt bölümlerindeki doğrultu değişimleri ve sıçrama geometrisini göz önüne alarak, İzmir Fayı'nın batı bölümünü Balçova ve Narlıdere olmak üzere iki geometrik segmente ayırmaktadır. Araştırmacılara göre, K82°D doğrultulu Balçova segmenti 15 km uzunluğundadır. Balçova segmenti İzmir Fayının jeolojik ve jeomorfolojik olarak en iyi izlenebildiği bölümüdür (Emre ve diğ., 2005). Batı ucunda fay ikiye çatallanır. Güney kolu KD–GB doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı Seferihisar fayının doğrultusunda sonlanır. KB'ya yönelen kuzey kol ise olasılıkla İzmir Körfezi tabanında Çiçekadaları ile Uzunada doğusunda yer alan KKB-GGD doğrultulu fav zonuvla bağlantılıdır. Körfez batısında vapılan calısmalarda (Aksu ve diğ., 1987: Ocakoğlu ve diğ., 2005), Uzunada doğusunda KKB-GGD uzanımlı bir tektonik çukurluğun varlığı ve bu çöküntüyü kontrol eden fayların Kuvaterner sedimanlarını kestiği belirtilmektedir. Fayın doğu bölümünü olusturan Pınarbası segmenti Halkapınar ile Belkahve arasında uzanmaktadır. Yaklaşık 15 km uzunluğundaki bu segment iki alt bölümden oluşur. Batıdaki bölümü D-B genel doğrultuludur. Segmentin Işıkkent-Pınarbaşı yöresinde yer alan doğu bölümü ise, D–B uzanımından K65°D doğrultulu fay parçalarına değişecek şekilde devam eder.



Tarihsel kayıtlara göre, İzmir kenti son ikibin yıl içerisinde çok sayıda yıkıcı depremden etkilenmiştir (Pınar ve Lahn, 1952; Ergin ve diğ., 1967; Soysal ve diğ., 1981; Guidoboni ve diğ., 1994; Ambraseys, 1988; Ambraseys ve Finkel, 1995; Ambraseys ve Jackson 1998). İzmir'i etkileyen tarihteki en önemli ve dikkat çekici deprem, 10 Temmuz 1688 depremidir. Çoğu deprem kataloğunda bu depremin şiddeti I₀=X olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Ergin ve diğ., (1967) bu depremdeki hasar dağılımının körfez boyunca yoğunlaşmış olduğunu belirtmektedir. Aletsel dönem kayıtlarında İzmir ve yakın çevresinde yoğun bir deprem aktivitesinin olduğu bilinmektedir (Tan ve diğ., 2008). Bu dönem içerisinde İzmir'de orta ve küçük ölçekte hasar oluşturmuş orta büyüklükte 1974 (M: 5.3) ve 1977 (M: 5.5) depremleri bulunmaktadır (McKenzie, 1978; Jackson ve diğ. 1982). Bu çalışmalarda depremlerin dış merkez lokasyonları ve depreme ait ters çözümler İzmir Fayına yakın alanlarda ve normal faylanma mekanizması gösterdiği görülmektedir.

13) Güzelhisar Fayı

Güzelhisar Fayı, İzmir'in kuzeyindeki Aliağa ilçesi ile Manisa'nın Büyüksümbüller beldesi arasında uzanmaktadır. Bu fay, Şaroğlu ve diğ. (1987, 1992) tarafından Menemen kuzeyindeki KD-GB uzanımındaki fay zonu içerisinde tanımlanmıştır. Emre vd. (2005) ise birbirinden farklı nitelikteki fay sistemleri oluşturması nedeniyle bu fayı Güzelhisar Fayı ve Menemen Fay Zonu olarak ikiye ayırmıştır. Yaklaşık 25 km uzunluğundaki Güzelhisar Fayı'nın genel doğrultusu K70B'dır (Emre ve diğ., 2005). Bu fay, Miyosen yaşlı bir stratovolkan olan Dumanlıdağ yükselimini (Öğdüm, 1983) morfolojik olarak kuzeyden sınırlandırmaktadır (Emre ve diğ., 2005). Doğrultu atım morfolojisinin egemen olduğu fay, esas olarak ana gövde ve her iki ucunda yer alan kuyruk bölümlerinden oluşmaktadır. Kuzeybatı ucunda yaklaşık 5 km uzunluğundaki kuyruk bölümü Güzelhisar köyü ile Aliağa ilçe merkezi arasında uzanır. Bu kesiminde fay Miyosen yaşlı volkano-sedimanterleri keser. Güzelhisar köyü yöresinde ise volkano-tortullar ile Kuvaterner çökelleri arasında dokanak oluşturmaktadır (Eşder ve diğ., 1991). Emre ve diğ. (2005), 20 km uzunluğundaki doğu bölümün fayın ana gövdesini oluşturduğu, Çıtak ve Avdal köyleri arasında uzanan bu bölümünde fayın batı ucunda Miyosen yaşlı volkano-sedimanterleri kestiğini belirtmektedirler. Doğuya doğru ise Kretase yaşlı İzmir flisi ile Miyosen yaslı cökeller arasında dokanak olusturmaktadır. Türkmenköy ile Büyüksümbüller arasında fay çok çizgisel gidişlidir (Emre ve diğ., 2005). Şaroğlu ve diğ. (1992) fayın eğim atım bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı olduğu belirtilmektedir. Güzelhisar fayının kestiği en genç jeolojik birim Miyosen yaşlı volkanitler ve çökel kayalardır (Akyürek ve Soysal, 1983; Kaya, 1981; Eşder ve diğ., 1991; Genç ve Yılmaz, 2000). Fayın Holosen aktivitesine ilişkin jeolojik bulgular elde edilememiş olsa da jeomorfolojik bulgular fayın Kuvaterner'de etkin olduğuna işaret etmektedir (Emre ve diğ., 2005). Bu nedenle Güzelhisar fayı olasılı diri fay olarak kabul edilmektedir. Emre ve diğ. (2016) ise Güzelhisar Fayı'nı sağ yanal doğrultu atımlı Kuvaterner Fayı olarak tanımlamaktadır.

14) Menemen Fay Zonu

Emre ve diğ. (2005), Menemen kuzeyindeki Dumanlıdağ ile Gediz Nehri'nin taşkın ovası arasında yer alan ve KB-GD doğrultusunda uzanan fayları Menemen Fay Zonu olarak tanımlamaktadır. Bu fay zonu ilk kez Şaroğlu ve diğ. (1987) tarafından haritalanmış ve Dumanlıdağ Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Emre ve diğ. (2005), zonun birbirine paralel uzanan K60B genel gidişli dört fay parçasından meydana geldiğini, fay zonunun toplam uzunluğunun 15 km, genişliğinin ise 5 km'yi bulduğunu belirtmektedirler. Genç ve Yılmaz (2000) bu alana yakın Dumanlıdağ yöresinde aynı doğrultuda uzanan bazı fayların sağ yönlü



olduklarını ifade etmektedirler. Emre ve diğ. (2011a) bu zonun en güneydeki parçasının Holosen Fayı diğer üç parçasının ise Kuvaterner Fayı olduğunu belirtmektedirler. Emre ve diğ. (2005), en güneydeki parçanın Buruncuk-Gediz Nehri arasında izlenen kısmı üzerindeki arazi bulgularının, fayın Holosen'de etkin olduğu şeklinde yorumlanabileceğini belirtmektedir. Emre ve diğ. (2016), Menemen Fay Zonu'nu normal fay karakterindeki Holosen Fayı olarak sınıflamaktadır. Fayın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6.2 olarak verilmektedir.

GEDİZ GRABEN SİSTEMİ FAYLARI

1) Dağkızılca Fayı

Dağkızılca Fayı ilk kez Emre ve diğ. (2005)'te tanımlanmıştır. Çalışmacılar fayın Kemalpaşa ilçesi güneyi ile Torbalı arasında uzandığını ve Gediz Grabeni sistemine bağlı sağ yönlü doğrultu atımlı bir transfer fayı olduğunu belirtirler. 3 parçadan oluşan fay, K70°D genel doğrultulu ve toplamda 27 km uzunluğundadır (Emre ve diğ. 2005). En batıda Karaağaç-Menderes (Cumaovası) arasındaki bölümü Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler arasında morfolojik çizgisellik şeklinde izlenmektedir. Fayın Kurudere-Ayrancılar arasında kalan 20 km uzunluğundaki bölümü Emre ve diğ. (2005, 2011)'de diri fay olarak haritalanmıştır. Çalışmacılar fayın aktif olan bu bölümünün, Kurudere-Kırıklar köyleri arasında 13 km, Vişneli-Ayrancı arasında ise 13 km uzunluğunda iki parçadan oluştuğunu belirtmektedirler. Dağkızılca Fayı doğu ucunda 35°'lik bir büklüm yaparak Gediz grabeni sıyrılma fayına birleşir ve güneydoğudaki tek parçada sağ yanal doğrultu atımlı karakterde devam eder (Emre ve diğ., 2005). Fayın Holosen aktivetisi, faya paralel vadilerde erozyon süreçlerinin etkin oluşu nedeniyle sınırlı bilgi ile ifade edilir. Fay boyunca uzamış sırtlar ve doğrultu atımı gösterir drenaj örgülenmesi belirginliği fayın aktif olduğuna işaret etmektedir (Emre ve diğ., 2005). Ambreseys (1988) tarafından hazırlanan, 31 Mart 1928 tarihli Torbalı (İzmir) depremi eş şiddet haritasına bakıldığında hasar dağılımının bu fayın batı yarısında yoğunlaştığı görülür.

2) Kemalpaşa Fayı

İlk olarak Emre ve Barka (2000) tarafından Kemalpaşa Fayı olarak tanımlanan fay, Gediz Graben sisteminde değerlendirilen normal faylanma mekanizmasına sahip bir yapısal süreksizliktir. Kabaca D-B uzanıma ve 20 km uzunluğa sahip olan fay, doğu ucunda Kuvaterner çökellerini keser, batı ucunda ise Neojen – Kuvaterner dokanağını sınırlar. Bölgedeki morfotektonik bulguların, fayın Holosen'de aktif olduğuna işaret ettiğini belirtilmektedir (Emre ve Barka, 2000). Emre ve diğ., (2005) ise fay boyunca Holosen yelpazelerinin kesildiğini ve askıda kaldığını, fayın taban bloğunda yelpazeleri oluşturan akarsu yataklarında tektonik kökenli taraçalar geliştiğini belirtmektedir. Ek olarak, Armutlu-Kemalpaşa arasındaki çok taze fay sarplıklarının tarihsel dönemlerde gelişmiş depremlerle ilgili mikro-morfolojik yapılar olduğunu belirtmişlerdir. Sözbilir ve diğ., (2011) Kemalpaşa Fayı'nın, Kemalpaşa havzasının güney sınırını oluşturduğunu ve güneyinde kalan bütün Miyosen yaşlı birimler ile daha yaşlı doğrultu atımlı sistemlerini kestiğini belirtmektedir. Tepe ve Sözbilir (2017), Kemalpaşa Fayı'nın tektonik aktivitesi derecesini saptamak için jeomorfolojik yaklaşımlar kullanarak, KKD-GGB yönlü açılma kuvvetleri etkisi altında gelişen Kemalpaşa Fayı'nın, yüksek derecede tektonik aktiviteye sahip oblik atımlı normal fay olduğunu belirtmektedirler.

3) Manisa Fayı

Batı Anadolu'daki büyük ölçekli normal faylardan biri olan Manisa Fayı, Gediz Grabeni'ni sınırlayan ana fay zonlarından biridir (Özkaymak ve Sözbilir, 2008, 2012; Özkaymak ve diğ.,



2011, 2013). Spildağı'nın kuzey sınırını oluşturan Manisa Fayı boyunca belirgin dağönü fay sarplıkları gözlenmektedir. Manisa Fayı, Gediz Grabeni'nin batısında yer alan Manisa'nın Turgutlu ilçesi ile Manisa kent merkezi batısındaki Akgedik köyü arasında 35 km uzunluğunda kuzeye doğru kavis yapan bir yay geometrisine sahip eğim atımlı normal fay olarak tanımlanmaktadır (Özkaymak ve Sözbilir; 2008, 2012). Ana hatlarıyla Manisa Fayı üç ana bölümden oluşmaktadır. KB-GD doğrultulu doğu bölümü yaklaşık 15 km uzunluğunda çizgisel gidişli bir yapı sunmaktadır. Merkezdeki bölüm yaklaşık 10 km uzunluğundadır ve D–B uzanımlıdır. Yaklaşık 10 km uzunluğundaki batı bölüm ise genel olarak kademeli dizilimli, KB–GD uzanımlı birbirine paralel/yarıparalel birkaç fay parçasından oluşmaktadır. Batı, Merkez ve Doğu bölümlerindeki kayma hızı sırasıyla 0,1, 0,3 ve 0,26 mm/yıl olarak belirlenmiştir (Özkaymak ve diğ., 2011, 2013). Manisa Fayı'nın batı bölümünde gerçekleştirilen paleosismoloji amaçlı hendek çalışmalarında 926, 1595/1664 ve 1845 depremlerine ait izler saptanmıştır (Özkaymak ve diğ., 2011). Bu sonuç, Manisa Fayı'nın Manisa ilini etkileyen tarihsel depremlerin önemli bir kısmına kaynaklık ettiğini göstermektedir.

4) Halitpaşa Fayı

Emre ve diğ., (2011), Çaldağ'ın kuzey kenarının birbirine paralel bir takım diri faylar ile sınırlandığını belirtmektedir. Halitpaşa Fayı, kuzeyinde yer alan Nuriye Fayı ile beraber aradaki Kuvaterner yaşlı Halitpaşa Grabeninin oluşumundan sorumludur (Özkaymak ve diğ., 2013). Bu fay, Çaldağ doğusunda yer alan Derici Köyünden başlayarak BKB-DGD doğrultusu boyunca Büyükbelen ve Halitpaşa yerleşim alanlarını kat ederek Çaldağ kuzeybatısındaki Develi Köyüne kadar devam eder. Toplam uzunluğu 23 km olan K'ye eğimli Halitpaşa fayı, eğim/oblik atımlı normal fay özelliğindedir. Emre ve diğ. (2016), Holosen Fayı olarak sınıflandırdığı bu fayın maksimum deprem üretme büyüklüğünü 6.6 olarak vermektedir.

5) Ozanca Fayı

Gölmarmara Dağı yükseltisinin güneybatısında Ozanca Köyü'nden geçen bu fay toplam 27 km uzunluğunda 2 ayrı segmentten oluşmaktadır (Emre ve diğ., 2013, 2016). İlk segment, Lütfiye Köyü'nün kuzeydoğusundan başlayıp KB-GD doğrultusunda yaklaşık 10 km boyunca Kumkuyucak Köyü'nün güneybatısına kadar uzanır. Bu segmentte birbirine paralel havzaya eğimli faylar bulunmaktadır. Kumkuyucak'danDeynekler Köyü'ne geçerek Kayaaltı Köyü'ne kadar birinci segmente paralel şekilde dağ önü çizgiselliği devam etmektedir. Segmentin güneydoğu ucunda kavis geometrisi sunarak ikinci segmente geçer. Kayaaltı ile Ozanca Köyü'nden geçerek Marmara Gölü'nün batı çökellerine kadar yükselti içerisinde yaklaşık 17 km boyunca devam eden bu segment, burada son bularak Ozanca Fayı'nın da sınırını oluşturur. Emre ve diğ. (2016) tarafından normal fay karakterli Holosen Fayı olarak sınıflandırılmıştır.

6) Gölmarmara Fayı

Gölmarmara Havzası'nın batı sınırını oluşturan Gölmarmara Fayı, yaklaşık 18 km uzunluğunda olup Holosen aktivitesine sahip fay olarak tanımlanmıştır (Emre ve diğ., 2016). KB-GD uzanımlı olan fay, Marmara Gölü' nün KB'sından Gölmarmara ilçe merkezine kadar K50B/75KD uzanımlı ve çizgisel gidişlidir. Emre ve diğ. (2016) normal fay karakterindeki bu fayın 6.5 büyüklüğünde deprem üretem potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedirler.



7) Akselendi Fayı

Gölmarmara Havzası'nı kuzeyden sınırlayan Akselendi Fayı, 20 km uzunluğunda aktif normal faydır (Emre ve diğ., 2016). GD'ya kavisli bir geometriye sahip Akselendi Fayı, Rahmiye batısından Moralılar'ın batısına kadar yaklaşık D-B bir uzanıma sahiptir. Rahmiye Fayı olarak isimlendirilen bu segment, Karahöyük Dağı'nı güneyden sınırlamaktadır. Moralılar'ın batısından itibaren güneye doğru yay geometrisi sunan bu segment yaklaşık 5.2 km uzunluğundadır. Fay, Rahmiye Köyü kuzeyinde üç kola ayrılarak kuzeybatıya doğru devam eder. Fay kontrolünde gelişen dağ önü çizgiselliği Moralılar Köyü'nden itibaren alüvyon ile sınırlanır. Alüvyon altında örtülü olarak devam eden yaklaşık 3.2 km uzunluğa sahip olası fay Pınarcık dolaylarında yükselen blokla birlikte tekrar gözlenir. Pınarcık ile Kulaksızlar Köyü arasında GD uzanımlı bu kısım Akselendi Fayı'nın ikinci segmentini oluşturur. Yaklaşık 5.4 km uzunluğunda olan Kulaksızlar Segmenti, tavan bloğundan havza tabanına doğru, havzaya doğru eğimli olan fayların oluşturduğu basamaklı bir yapı sunar. Devamında K-G uzanımla güneye doğru yön değiştirerek devam eder. K-G uzanımlı üçüncü segment Akçeşme Köyü'nün doğusundan geçerek Kum Çayı'na kadar yaklaşık 6.4 km boyunca devam eder.

Rahmiye Fayı'nın yükselen bloğunda Mesozoik yaşlı kireçtaşları ile Miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı tortullar gözlenir. Fayın düşen bloğunda Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyal ve kolüvyal çökeller bulunur. Söz konusu çökeller fay zonu boyunca kesilmiştir. Fay zonu boyunca 5 m yüksekliğe varan fay düzlemleri, fayın Kuvaterner aktivitesine işaret eder. Fay zonu boyunca yapılan kinematik analiz çalışmaları, Rahmiye fayının oblik atımlı normal fay niteliğinde olduğunu kanıtlar. Akçeşme ve Kulaksızlar segmentlerinde bulunan ve fay zonuna ismini veren Akselendi Fayı, Akselendi yerleşim alanının güneydoğusundaki Ilıcaksu mevki güneyinden başlayarak, Karahöyük Dağı'na doğru yaklaşık 10 km boyunca batıya bakan bir yay geometrisinde izlenebilmektedir. Ilıcaksu mevkii civarındaki düzlemleri KD-GB uzanımlı olarak ölçülen Akselendi Fayı, Akselendi doğusunda K-G doğrultusuna kıvrılır; daha kuzeyde de KB-GD doğrultusu boyunca gidiş kazanarak Karahöyük Dağı'na doğru ilerler. Fayın Akselendi doğusunda dağ önünde fayın gidişini gösteriyor. Fay boyunca, fay önünde iyi gelişmiş olan alüvyal yelpaze çökelleri ile temel kayaçlar arasındaki tektonik dokanak net olarak gözlenmektedir. Akselendi Fayı'na ait kayma düzlemlerinden alınan ölçümler de bu fayın eğim/oblik atımlı normal fay karakterde olduğuna isaret etmektedir (Eski, 2014). Emre ve diğ. (2016) tarafından normal fay karakterli Holosen Fayı olarak sınıflandırılan Akselendi Fayı için maksimum deprem büyüklüğü 6.5 olarak önerilmiştir.

8) Akhisar Fayı

Akhisar yerleşiminin 5 km GB'sında yer alan KB doğrultulu Akhisar Fayı, Hamidiye'nin batısından başlayıp Karahöyük Dağı'nın kuzeydoğu sınırında biter. Emre vd. (2016)'ya göre Holosen aktivitesine sahip Akhisar Fayı, normal fay karakterindedir. Akhisar Havzası'nı G ve GB'dan sınırlayan fay, batı ucundan Karahöyük Dağ önü çizgiselliğine kadar kısmen düz bir geometri sunar. Devamında ise doğrultusunu batıya çevirerek güneyinde bulunan Akselendi Fayı'na yaklaşık paralel bir şekilde konumunu sonlandırır. Fay zonu boyunca yapılan kinematik analiz çalışmaları, Akhisar Fayı'nın eğim atımlı normal fay karakterinde olduğunu göstermektedir. Fayın maksimum atımının gerçekleştiği bölümdeki düşen blokta, KB-eksenli kolüvyal yelpazeler gelişmiştir. Akhisar ve Akselendi fayları Miyosen sonrası dönemde birlikte çalışarak, Karahöyük Dağının en az 400 m kadar yükselmesine neden olmuştur.



<u>Batı Anadolu Aktif Faylarının Genel Özellikleri</u>

Faylara ilişkin veriler Emre ve diğ. (2013, 2016)'da alınmış olup, fayların üretebileceği maximum magnitüd değerleri Wells ve Coppersmith (1994)'e göre hesaplanmıştır.

Fay-Segment Adı	Uzunluk (km)	Aktivite Sınıfı	Fayın Türü	Genel Doğrultu	Fay Düzleminin Eğim Yönü ve Derecesi	Maksimum Deprem Büyüklüğü (Mw)
Evciler Fayı	46	Н	SaD	K60D	Düşey	7,02
Edremit Fay Zonu	60	Н	N	K80D	50-65 GD	7,20
Yenice-Gönen Fayı	67	DYK	SaD	K45D	Düşey	7,21
Bekten Fayı	19	Н	SaD	K50D	Düşey	6,59
Pazarköy Fayı	42	Н	SaD	K65D	Düşey	6,98
Havran-Balya Fay Zonu	90	Н	SaD		Düşey	
Havran segmenti	18	Н	SaD	K62B	Düşey	6,57
Osmanlar segmenti	28	Н	SaD	K75D	Düşey	6,78
Turplu segmenti	15	Н	SaD	K75D	Düşey	6,48
Ovacık segmenti	22	Н	SaD+T	D-B	Düşey	6,66
Balıkesir Fayı	65	Н	SaD		Düşey	7,19
Gökçeyazı segmenti	40	Н	SaD	K75D	Düşey	6,95
Kepsutsegmenti	25	Н	SaD+N	K75B	Düşey	6,43
Bergama Fayı	10	Н	N	K65D	65-70 K	6,18
Soma-Kırkağaç Fay Zonu	40	Н	N	KB-GD	65-70 KD	6,97
Gelenbe Fay Zonu	45	Н	SaD		Düşey	
Doğu segment	35	Н	SaD	K10D	Düşey	6,89
Bati segment	36	Н	SaD	K20D	Düşey	6,90
Simav Fay Zonu	205	Н	SaD		Düşey	
Sındırgi segmenti	37	Н	SaD	K86B	Düşey	6,92
Mordoğan Fayı	12	Q	N			6.28
Gülbahçe Fay Zonu	70	Н	SaD	K-G	Düşey	7,23
Yağcılar Fayı	12+?	DYK	SaD	K-G	Düşey	6,37
Seferihisar Fayı	30	Н	SaD	K20D	Düşey	6,81
Menemen Fay Zonu	17	Н	N	K45B	65-70 GB	6,48
İzmir Fayı	35	Н	N	D-B	65-70 K	6,90
Tuzla Fayı	50	Н	SaD	K30D	Düşey	7,06
Dağkızılca Fayı	27	Н	SaD	K70D	Düşey	6,76
Gediz Graben Sistemi	150	Н	N			
Alaşehir segmenti	45	Н	N			7.04
Salihli segmenti	30	Н	N	D-B	65-70 K	6,81
Akçapınarsegmenti	16	Н	N	D-B	55-70 K	6,45
Armutlu segmenti	35	Н	N	K70B	45-60 KD	6,90
Nifdağısegmenti	13	Н	N	K65D	65-70 GD	6,33
Kemalpaşa Fayı	27	Н	N	D-B	55-70 K	6,75
Manisa Fayı	45	Н	N	K65B	55-65 KD	7,04
Halitpaşa Fayı	23	Н	N	K60B	65-70 KD	6,66
Ozanca Fayı	27	Н	Ν	K50B	65-70 KD	6,75
Gölmarmara Fayı	18	Н	N	K40B	65-70 KD	6,52
Akselendi Fayı	20	Н	N	KD-GB	65-70 GD	6,58
Akhisar Fayı	12	H	N	K50B	65-70 KD	6,28



30 EKİM 2020 SİSAM (SAMOS) DEPREMİ SİSMOLOJİK DEĞERLENDİRME

Depremin kaynağı olarak değerlendirilen Kuzey Sisam (Samos) Fayı, 1000 metreden daha fazla bir derinlikte deniz dibindeki çöküntü alanını sınırlamaktadır (Chatzipetros ve diğ. 2013). Fay yaklaşık BKB-DKD gidişli olup KKB'ya doğru eğimli normal bir fay özelliğindedir.

Aynı zamanda bölgede KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fay karakterinde olan Karlovasi Fayı adanın KB kenarını sınırlamakta ve KB-GD uzanımlı normal fay karakterinde olan Vathy Fayı ve yaklaşık KKB-GGD Pytagorion Fayları ise adanın sırasıyla KD'sunu ve güneyini denetlemektedir. Bunların dışında D-B ve KB-GD uzanımlı, morfolojiyi kontrol eden ve Sisam adasını kuzeyden sınırlayan fayların varlığı da dikkat çekicidir (Şekil 4). Pavlides ve diğ. (2009) tarafından Kuzey Ege'deki aktif fayların sismik tehlike değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırıcılar 30 Ekim 2020 Ege Denizi depremine kaynaklık eden Samos Fayının, yakın gelecekte 6,8 büyüklüğüne kadar deprem üretebilecek deniz içindeki aktif bir ana fay olarak değerlendirmiştir



Şekil 4. a. Kuşadası ve Sisam arasının diri fay haritası. Türkiye'deki faylar Emre ve diğ., 2013'ten, Sisam adası ve kuzeyinde görülen faylar ise Pavlides ve diğ, 2009; Chazitrepetros ve diğ. 2013'ten alınmıştır. b. Sisam Adası aktif fay haritası (Pavlides ve diğ. 2009). Harita üzerindeki numaralar fayların potansiyel olarak aktivite kazanması durumunda, faylar üzerinde beklenen deprem büyüklüklerini ve atım miktarını belirtmektedir.



30 Ekim 2020 tarihinde gerçekleşen moment büyüklüğü farklı kurum ve kuruluşlara göre 6,6, 6,9 ve 7,0 olarak açıklanan Samos depremine ait fay düzlemi çözümleri, depremin D-B uzanımlı kuzeye doğru eğimli normal bir fay üzerinde oluştuğunu göstermektedir. Ana şok'un ardından oluşan 30 Ekim 2020 tarihinde 5,3 büyüklüğündeki deprem, 31 Ekim 2020 tarihindeki 4,9 büyüklüğündeki deprem ve 1 Kasım 2020 tarihindeki büyüklüklerindeki depremlerin fay düzlemi çözümleri D-B uzanımlı kuzeye eğimli normal karakterinde ve Kuzey Samos fayının üzerinde ve yakın çevresinde meydana gelmiştir.

Ancak Karlovasi Fayı ile Tuzla Fayı uzanımının deniz içerisinde kalan bölgesinde 30 Ekim 2020 tarihinde oluşan 4,9 büyüklüğündeki depreme ait fay düzlemi çözümü ise KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fay karakterindedir. Ana şoku takiben oluşan deprem firtinalarının ters çözümleri, bölgede normal fayın dışında doğrulu atımlı faylanmanın da etkin olduğunu gösterir.



Şekil 5. Sisam adası ve yakın çevresinde 28 Ekim-4 Kasım 2020 arası deprem dağılımı (Diri faylar Emre ve diğ. 2013'ten alınmıştır). Sarı noktalar büyüklüğü 1'den büyük olan depremleri simgelemektedir. Büyüklüğü 4,9 olan depremin çözümü doğrultu atımlı faylanmayı gösterirken, diğer depremler normal faylanmaya işaret etmektedir.

Raporun hazırlandığı saatlerde ana şoktan sonra 3000'in üzerinde artçı deprem yaşanmıştır. Bu sismolojik verilere göre, Samos fayı üzerinde gelişen artçı deprem dağılımı 80 km uzunluğunda ve 20 km genişliğindeki bir alanı kaplamıştır. Bu da Samos Fayına komşu denizdeki fayların da tetiklendiğini göstermesi açısından önemlidir. Sözkonusu tetiklenme nedeniyle bölgedeki sismik etkinliğin Deprem fırtınası şeklinde birkaç ay devam edeceği öngörülmektedir.



İNTERFEROMETRİ

Samos-Seferihisar açıklarında meydana gelen depremden sorumlu sismik kaynağı ve neden olduğu yüzey deformasyonlarını araştırmak için Sentinel-1 (S1) interferometricwideswath (IW) InSAR görüntüleri analiz edilerek, depremden kaynaklanan düşey yer değişimleri ve deformasyonlar DInSAR yöntemi ile tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6.Sentinel 1A ve B uydusundan alınan radar verileri ile (2020/10/24-2020/10/30) elde edilen a) interferogram ve b) yer değiştirme görüntüleri.



S1B 24 Ekim 2020 ve S1A 30 Ekim 2020 tarihli C-Band (Ascending) SAR görüntüleri ile elde edilen sonuçlara göre; Sisam Adası kuzeyinde 3,2 cm'ye yakın bir çökme ve Sisam Adası üzerinde 8,3 cm'ye yakın tahmini bir yükselme gözlenmektedir. Raporun yayınlandığı an itibari ile mümkün olmayan ve önümüzdeki günlerde elde edilecek yeni görüntülerin (Descending ve Ascending) veriler ile yorumlanması nihai yer değiştirme miktarlarının saptanmasını sağlayacaktır. Asıl deformasyonun ise deniz tabanında ve Sisam Adası'nda meydana geldiğini Şekil 6a interferometrik faz haritasından anlamak mümkündür. Seferihisar, Gümüldür ve Kuşadası'nda ise bir deformasyon dokusu gözlenmemektedir (Şekil 6a).

SİSAM DEPREMİ SONRASI OLUŞAN TSUNAMİ ETKİSİ

30-31 Ekim ve 1 Kasım 2020 tarihlerinde Seferihisar'da yapılan saha gözlemlerinde bölgede meydana gelen depreme bağlı oluşan tsunamiye ait veriler toplanmıştır. Depremin merkez üssü Sisam (Samos) adasının kuzeyinde ve yaklaşık Sığacık körfezine 40 km, Alaçatı kıyılarına 55 km, Gümüldür ve Kuşadası kıyılarına 30 km uzaklıkta yer almaktadır.

Deprem anı, öncesi ve sonrasında deniz seviyesinde değişiklikler gözlenmiştir. Deniz çekilmesi özellikle Doğanbey ve Gümüldür sahillerinden itibaren Sığacık Körfezi ile Karaburun Yarımadası'nın güney sahillerinde (örneğin Demircili, Zeytineli, Gerence ve Alaçatı) görgü tanıklarının ifadelerine göre 100-200 metre seviyelerinde gözlenmiştir. Çekilme sonrasında deprem esnasında oluşan tsunami dalgaları körfez içi derinliği daha sığ olan Sığacık sahili, Akarca ve Akkum kıyı şeridi boyunca etkili olmuştur.

Sığacık Kaleiçi can kaybı ve maddi hasarın olduğu en önemli yerleşim yeridir. Özellikle dar sokakları nedeniyle tsunami dalgaları daha da hız kazanmış ve bir anda Kaleiçi yerleşimindeki evlerin bodrum ve zemin katlarını basmıştır. Bölgede yer alan konut ve işyerlerinde önemli ölçüde maddi hasar oluşmuştur. Birçok iş yerinin masa ve sandalyeleri sulara kapılmış, işletmeler kullanılamaz hale gelmiştir. Tsunami sularına kapılan bazı arabaların denize sürüklendiği gözlenmiştir.

Teos Marina'da sürüklenen teknelerde de hasarlar oluşmuştur. Marina içerisinde yer alan işletmelerde su basmaları olmuş, Sığacık Marina ile Akkum Caddesi arasındaki bölge tamamen sular altında kalmıştır. Liman Caddesi boyunca araçlarda ve işletmelerde maddi hasarlar oluşmuştur. Ana caddelere ulaşan deniz suları, deniz kıyısına dik sokaklar boyunca iç kısımlara ilerlemiştir.

Arazi çalışmaları sırasında tsunaminin etkilediği alan drone ile görüntülenerek haritalanmıştır (Şekil 7). Dalgalar kıyı şeridi boyunca yerleşim yerlerinde, sahil şeridindeki parklarda ve sosyal tesislerde hasara sebep olmuştur (Şekil 8 ve Şekil 9). Limandaki birçok tekne ise halatlarını kopararak çekilen denizde ve sığ kıyılarda yan yatmıştır.





Şekil 7. Sığacık Kaleiçi ve çevresinde etkili olan tsunami dalgalarının ulaştığı yaklaşık alanı gösteren lokasyon haritası (Sarı renkli alan tsunami dalgalarının etki alanını göstermektedir).





Şekil 8. Tsunami dalgalarının hasar verdiği Sığacık sahiline ait drone görüntüleri



Şekil 9. Deniz çekilmeleri sırasında Sığacık Körfezi'nde karaya oturmuş tekneler



Sığacık sahilinde dalgaların etkili olmasının en büyük sebebi Sığacık Körfezi'ndeki su derinliğinin oldukça sığ olmasıdır. Marina girişinin kuzeydoğusundan itibaren deniz derinliği aniden 10 metreden 1-2 metre seviyesine gerilemektedir. Deniz tabanına derelerden taşınan alüvyon çökelleri, sahilden 165-260 metre ve 90 metre mesafe uzaklıkta iki farklı seviye oluşturmuştur (Şekil 10). Tsunami dalgaları sığ bölgelere ulaştıkça, dalga uzunluğu daralır ve yüksekliği artar. Bu sebeple Sığacık Körfezi'nin sığ olan kesimlerinde daha da yükselen dalgalar sahil yerleşimlerini basmış, evlerin duvarlarını yıkmış, sokaklarda ilerleyerek 200 metreden daha fazla uzaklığa ulaşabilmiştir. Sahilde yer alan irili ufaklı teknelerin bazılarını ara sokaklara kadar taşımıştır. Şekil 11'deki 1 numaralı lokasyonda sahil otoparkındaki bir aracı sürükleyen dalgalar bahçe duvarlarını da yıkarak bir evin bahçesine kadar taşımıştır (Şekil 11-1). Benzer bir durum 4 numaralı lokasyonda da gözlenmiştir (Şekil 11-4). Ayrıca 2 ve 3 numaralı lokasyonlarda evlerin içlerine kadar ulaşan dalgalar evlerin zemin katlarında 1,23 metre, sokaklarda ise yer yer 1,5 metreye kadar yükselmiştir (Şekil 11-2 ve 3).



Şekil 10. Sığacık Körfezi'ne ait GoogleEarth görüntüsü (Sarı renkli ok ve değerler deniz tabanındaki sığlaşan bölgeleri göstermekte iken beyaz renkli değerler yaklaşık deniz tabanı derinliklerini (C-Map&Navteq verisi) belirtmektedir).





Şekil 11. Sığacık sahil şeridinde tsunami nedeniyle oluşan hasarlar (lokasyonlar Şekil 10'de yer almaktadır).

Ayrıca Akkum plajı ve Akarca sahili boyunca tsunami dalgaları Sığacık Körfezi'nde olduğu gibi hasara sebep olmuştur. Evlerin duvarlarını yıkmış yer yer sahile dik sokaklar boyunca iç kısımlara kadar girip su baskınlarına sebep olmuştur. Tsunami sahil şeridi boyunca iskele ve sosyal tesislere hasarlar vermiş, cankurtaran-gözlem kulelerini devirmiş, teknelerin karaya oturmasına sebep olmuştur. Dalgalar özellikle derelerin denize ulaştığı kısımlarda 1,2-1,5 metre yüksekliğe ulaşmıştır (Şekil 13). Görgü tanıkları deniz kıyılarındaki iskelelerin tamamen suların altında kaldığını belirtmiştir. Bu veriler ışığında deniz kıyısına ulaşan dalga yüksekliğinin yaklaşık 1.5-2 metre civarında olduğu düşünülmektedir.





Şekil 12. Sahil şeridine yakın evlerin bahçe duvarlarında meydana gelen hasarlar



Şekil 13. Akarca sahilinde meydana gelen hasarlar

TSUNAMİ TEHLİKESİNİN EGE KIYILARIMIZDAKİ ANLAMI

Tsunami deprem, denizaltı heyelanları ve deniz içi volkanik aktivite gibi doğa olaylarının tetiklediği denizdeki "sismik deniz dalgası" olarak tanımlanabilir. Deniz tabanı altında büyük bir deprem, volkan veya heyelan ile oluşan ve saatte 1000 km hıza ulaşan tsunami dalgası belirli bir zaman sonra karayı basarak kıyısı olan ülkelerde önemli oranda can ve ekonomik kayıplara yol açar. Türkiye jeolojik konumu gereği her üç doğa olayının da etkisi altındadır.

Dünyanın sismik yönden en aktif zonlarından biri olan Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer alan Türkiye karasında onbin yıldan beri aktif olan (bizimle birlikte yaşayan) 485 adet resmi fay segmenti yanı sıra, ülkeyi üç taraftan sınırlayan Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve Ege Denizi altında da varlığı bilinen çok sayıda diri fay vardır. 1900 yılından önceki Tarihsel deprem kayıtları Türkiye'yi sınırlayan dört denizde de tsunami geliştiğini belgelemekte ve son yıllarda yapılan tsunami modelleme çalışmaları da bunu doğrulamaktadır.

Bilindiği gibi, Türkiye karasındaki faylar 1939 Erzincan depremi ile kanıtlandığı gibi, en fazla Mw=7.9 büyüklüğünde (X şiddetinde) depreme neden olabilirler. Karadaki diri faylar Türkiye'nin her tarafına dağılmasına rağmen, Türkiye'yi doğu-batı doğrultusunda Bingöl-Karlıova'dan Marmara Denizi'ne kadar kat eden 1200 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı ile Antakya'ya kadar kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan 600 km uzunluğundaki Doğu Anadolu Fayı en önemli sismik tehlike kaynaklarıdır. Bunun yanında 100'e yakın fayın yer aldığı Batı Anadolu ile tekil olacak şekilde dağılmış faylar içeren Orta Anadolu ve Doğu Anadolu'da sismik tehlike kaynakları açısından çok sayıda riskli yerler içermektedir.


Bunun yanında, Türkiye'yi 3 tarafından sınırlayan Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Marmara Denizi'nde tsunami tehlikesi ve riski de vardır. Buna göre, önemli bir bölümü Türkiye karası içinde olan Kuzey Anadolu Fayına ait kollar Marmara denizinde sular altındadır ve beklenen İstanbul depreminin sismik tehlike kaynağı niteliğindedir. Mevcut bilimsel çalışmalar, 4000 vıldan beri Marmara Denizi ve cevresinde 300'den fazla vıkıcı deprem meydana geldiğini ve bu depremlerden 40 tanesinin Marmara Denizi'nde tsunamiye neden olduğunu göstermektedir (Altınok vd. 2003). 1509 ve 1894 İstanbul depremlerinde tsunami dalgasının 6 metreyi aştığına dair kayıtlar vardır. Marmara Denizi için yapılan 49 farklı deprem senaryosuna göre, İstanbul kıyılarında oluşması beklenen en büyük tsunami dalga yüksekliği 5.56 metre olarak hesaplanmış ve istanbul'un doğu kıyıları boyunca 10 km uzunlukta etkili olacağı ve depremden 8 dakika sonra oluşacak olan tsunami sırasında denizin ortalama 150 metre kadar karayı basacağı belirtilmiştir (http://www.ibb.gov.tr). Türkiye karasını kuzeyden sınırlayan Karadeniz'de, depremlerin tetiklediği denizaltı heyelanları nedeniyle, 1598 tarihli Amasya depreminin 1 metre yüksekliğinde tsunamiye neden olduğu belirtilmektedir. Karada meydana gelen 1939 Erzincan depreminde ise, Fatsa, Ünye ve Giresun'da 20-100 metre seviyelerinde deniz çekilmeleri gözlemlendiği ve 1968 Bartın depreminin yol açtığı tsunaminin 15 dakika arayla su baskınına neden olduğu ve tsunami yüksekliğinin 3 metreye ulaştığı kaydedilmiştir (Dotsenko ve Ingerov, 2007). Ayrıca, Türkiye'deki göllerin içi ve civarında deprem ve heyelan nedeniyle tetiklenecek tsunami tehlikesinin varlığı da gözardı edilmemelidir. Hatta, karada ırmak ya da dere sistemi içerisinde deprem/heyelan nedeniyle doğal barajların oluşabileceği ve bunların kısa zamanda biriktirdiği suyun bu doğal barajı aşıp su baskınlarına neden olabileceği de örnekleri ile mevcuttur.

Türkiye'de Ege Denizi ve Doğu Akdeniz'e kıyısı olan yerleşimler ise, tsunami tehlikesi açısından çok daha riskli bir bölgede yer almaktadır. Bunun en büyük nedeni, Anadolu levhası ile Afrika levhasının sınırını oluşturan Helenik ve Kıbrıs dalma-batma zonu'nun varlığıdır. Arnavutluk güneyinden başlayıp güneydoğuya bir yay çizecek şekilde Girit Adasına kadar uzanan ve buradan Rodos Adasına Pliny-Strabo hendeği şeklinde devam eden bu zon, Kıbrıs Yayı adı verilen ikinci bir yay daha çizerek Kıbrıs'tan geçer ve Antakya'ya doğru devam ederek Doğu Anadolu Fayı ile Arabistan Levhasını sınırlayan Ölü Deniz Fayı'na bağlanır. 1600 km uzunluğu varan bu dalma batma zonu tarihsel kayıtlarda mega deprem (M8 veya daha büyük) adı verilen depremlere neden olmuş ve bu depremlerde can ve mal kayıplarına yol açmış olan tsunamiler meydana gelmiştir. Girit milattan sonra 365 (Mw:8.4), Girit-Rodos adası (08 Ağustos 1303 M~8.0 ve 1481 Rodos Mw~7.5) ile Kıbrıs Yayı (11 Mayıs 1222 Mw~7.5) depremleri tsunami kaydı olan en önemli depremlerdir. Bu depremlerde zon boyunca 100 km'ye varan uzunlukta deniz altındaki fayların kırıldığı hesaplanmıştır (Yolsal vd. 2007).

Şimdiye kadar yapılan tsunami modelleme çalışmaları Helenik yayı üzerindeki fay segmentlerinin aletsel büyüklüğü 7 ve üzeri deprem üretmesi durumunda oluşacak 5 metreye varan tsunami dalgalarının Türkiye'nin batı-güneybatı-güney kıyılarına, sismik kaynaktan uzaklığa bağlı olarak 50 dakika (Fethiye-Datça-Marmaris-Bodrum) ile 180 dakika (İskenderun-Yumurtalık-Karaburun-Ayvalık-Edremit) içinde ulaşacağını göstermektedir (Şekil 14). Böyle bir durumda, özellikle, denize kıyısı olan güney-güneybatı-batı kentlerimizin (Hatay, Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Aydın, İzmir, Balıkesir ve Çanakkale) kıyılarında tsunami kaynaklı hasar beklenmektedir. Tabii böyle bir deprem İtalya'nın güneyi ile Yunanistan güney kıyıları ve Girit adası çevresinde de önemli hasarlara neden olacaktır (Şekil 14).





Şekil 14. Helenik Yayı Girit Adası yakınında aletsel büyüklüğü 7'den büyük bir deprem ile oluşabilecek tsunami dalgalarının Türkiye'nin batı ve-güneybatı-güney kıyılarına ulaşma zamanlarını gösteren tsunami modeli (Lorito ve diğ. 2008).

Tarihsel tsunami kataloglarında tsunami şiddet ölçeğine göre, Santorini ve Girit taraflarında 10, Marmara Denizi'nde 8, İzmir kıyılarında 5 şiddetinde Tsunami yaşandığı belirtilmektedir (Ambraseys ve Synolakis, 2014). Tsunami riskini azaltmak için öncelikle 1) Türkiye kıyılarında eski tsunami izlerinin araştırılması ve bunların tarihsel depremlerle ilişkisinin ortaya çıkartılması, tsunami yaratması beklenen depremlerin sismik kaynaklarının iyi bir şekilde anlaşılması ve bu sismik kaynaklardan deprem senaryoları oluşturarak, ana şok sonrasında oluşacak tsunami boyutu ve yerleşim yerlerine varış zamanlarını belirleyecek modellemelerin yapılması, 3) tsunami tehlikesi olacak olan yerlerde ana şoktan sonra kıyıdaki halkın daha yüksek yerlerde geçici toplanmasını sağlayacak toplanma alanlarının oluşturulması, 4) kıyı zonları ve iç göllerde veya nehirler uzerinde depremin tetikleyebilecegi heyelan nedeniyle veya doğrudan oluşturacağı potansiyel tsunami tehlike bölgeleri için sedimentolojik çalışmalarla destekli sayısal modellemelerin yapılması ve 5) potansiyel tsunami tehlike alanları tespit edilen yerlerde acil olarak yüksek çözünürlüklü deniz/göl tabanı batimetri haritalama çalışmalarına hız verilmelidir. Dokuz Eylül Universitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi (DEÜ-DAUM) bu tsunami çalışmalarını Yitme Zonu Araştırma Grubu (Subduction Zone Research Group) (http://daum.deu.edu.tr/?page_id=330&lang=tr) altında başlatmış olup, Ulusal ve Uluslararası ortaklarıyla araştırmalarına devam etmektedir. Bu kapsamda "Türkiye Tsunami Tehlikesi ve Riskini Belirleme Projesi"nin başlatılmasına da öncülük etmektedir.



SİSAM DEPREMİ KUVVETLİ YER HAREKETİ İSTASYONLARININ İVME KAYITLARI

Bu bölümde, yerleşim alanı, nüfus yoğunluğu, zemin özellikleri, depremin episantr uzaklığı vb. kriterler değerlendirmeye alınarak 6 kuvvetli yer hareketi istasyonundan elde edilen verileri değerlendirilmeye alınmıştır. Bu istasyonlar: Karşıyaka, Bayraklı, Bornova, Konak, Seferihisar ilçeleri ve Mavişehir mahallesidir. Karşıyaka Orman Müdürlüğü kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **131 m/s**'dir (Şekil 15). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZE** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 69.23 km'dir.

3519_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.112g 3519_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.153g 3519_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) : 0.034g



Şekil15a: 3519 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil 15b: 3519 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.



Şekil 15c: 3519 Nolu istasyonun düşey ivme zaman grafiği.

Bornova Mehmet Akif Ersoy Halk Kütüphanesi kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **875 m/s**'dir (Şekil 16). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZB** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 75.78 km'dir.

3520_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.059g 3520_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.037g 3520_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) : 0.020g



Şekil 16a: 3520 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil 16b: 3520 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.



Şekil 16c: 3520 Nolu istasyonun düşey ivme zaman grafiği.

Seferihisar Hükümet Konağı kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **1141 m/s**'dir (Şekil 17). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZB** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 34.75 km'dir.

3536_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) :0.080g 3536_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) :0.051g 3536_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) :0.032g



Şekil.17a: 3536 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil.17b: 3536 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.





Şekil 17c: 3536 Nolu istasyonun UP ivme zaman grafiği.

Bayraklı Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **196 m/s**'dir (Şekil 18). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZD** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 72.00 km'dir.

3513_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.096g 3513_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.108g 3513_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) : 0.008g



Şekil 18a: 3513 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil 18b: 3513 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.



Şekil 18c: 3513 Nolu istasyonun UP ivme zaman grafiği.

Konak Meteoroloji Müdürlüğü kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **771 m/s**'dir (Şekil 19). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZB** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 62.30 km'dir.

3506_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.041g 3506_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.045g 3506_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) : 0.024g



Şekil 19a: 3506 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil 19b: 3506 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.





Şekil 19c: 3506 Nolu istasyonun UP ivme zaman grafiği.

Mavişehir Denizkent Restorant kuvvetli yer hareketi istasyonunda zeminin kayma dalgası hızı "Vs(30)" **145 m/s**'dir (Şekil 20). TBDY 2018 değerlendirmesine göre zemin (SPT ve drenajsız kayma mukavemeti verilerine bakılmaksızın) **ZE** zemin sınıfına girmektedir. Episantr uzaklığı 69.58 km'dir.

3521_E Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.096g 3521_N Doğrultu Bileşeni pik yer ivmesi (PGA): 0.113g 3521_Düşey Bileşeni pik yer ivmesi (PGA) : 0.041g



Şekil 20a: 3521 Nolu istasyonun EW ivme zaman grafiği.



Şekil 20b: 3521 Nolu istasyonun NS ivme zaman grafiği.



Şekil 20c: 3521 Nolu istasyonun UP ivme zaman grafiği.

Alüvyal Karakterli Zeminde Kurulmuş Kuvvetli Yer Hareketi İstasyonlarının İdeal Zemin Profilleri

Sırasıyla 3519_Karşıyaka Orman Müdürlüğü, 3513_Bayraklı Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü ve 3521_Mavişehir Denizkent Restorant yer hareketi istasyonlarının ideal zemin profilleri gösterilmektedir.

Kuvvetli Yer Hareketi İstasyonlarından Elde Edilmiş İvmelere Karşılık Gelen İvme Tepki Spektrumları

Binaların deprem etkilerine karşı gösterdikleri davranışlar daha yakında ilişkili olan ve depremin enerjinin de hangi frekans (periyot) aralıkta yoğunlaştığını da gösteren dolayısıyla binalara etkiyen deprem kuvvetleri hakkında daha anlamlı bilgi veren ivme tepki spektrumları hesaplanmıştır Şekil 21-29.



Şekil 21: 3521 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).





Şekil 22: 3519 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).



Şekil 23: 3520 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).



Şekil 24: 3536 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).





Şekil 25: 3536 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).



Şekil 26: 3506 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).



Şekil 27: 3513 ve 3514 Nolu istasyona ait ivme verilerinden elde edilmiş ivme tepki spektrumları ve bazı maksimun değerler ve karşılık gelen periyot değerleri (EW ve NS bileşenler).



Bayraklı'nın alüvyal karaktere sahip ZD zemin sınıfına ait 3513 istasyonu ile ZB zemin sınıfına ait 3514 istasyonu tepki spektrumları karşılaştırılmıştır. Alüvyal zeminin deprem hareketi belirli periyotlarda (zemin hakim periyodu ile ilişkili olarak) büyümüş olduğu net bir şekilde izlenmektedir.



Şekil 28: 353 Nolu Bayraklı istasyonu (Vs= 196 m/s) ivme verileri ile ilgili koordinatlar dikkate alınarak hesaplanmış 2018 Bina Deprem Yönetmeliği elastik tasarım ivme tepki spektrumları.

Bayraklı kuvvetli yer hareketi istasyonunun her iki yatay yöndeki tepki spektrumları TBDY 2018 Deprem Yönetmeliği ZE zemin sınıfına ait spektrumlar ile kıyaslanmaktadır. Plato bölgesinde her deprem düzeyi için tasarım spektrumu altında kalan 2020 Sisam Depremi Bayraklı İstasyonu spektrumları 0.7sn-1.6sn aralığında DD4 ve DD3 tasarım spektrumlarının üzerinde kalmaktadır. Ölçülen pik ivme değerlerinin aslında çok yüksek olmadığı bu depremde zeminin doğrusal olmayan davranışının (yenilme, yumuşama ve sıvılaşma) çok ön plana çıkmadığı, bu nedenle alüvyon zeminlerde büyütme etkilerinin hâkim olması beklenir.

Yukarıda değinilen husus Bayraklı İstasyonu verilerinde kendini göstermiş ve elastik ivme spektrumları konfor düzeyi spektrumları ile karşılaştırılabilir şekilde gerçekleşmiştir. Bayraklı İstsayonu kayıt cihazının kazıklı temeli olan bir binada yer aldığı dikkate alındığında ZE zemin sınıfı spektrumları ile karşılaştırma yapılması makul bir yaklaşımdır. Görüldüğü üzere bu depreme ait plato bölgesi yüksek periyotlara doğru ötelenmiş ve DD3 ile DD4 spektrumlarının kuyruk bölgesinde üzerine çıkmıştır. İstasyonun yer aldığı sahada zemin sınıfının ZF olması sahaya özel spektrum geliştirilmesinin gerekliliğini bir kere daha ortaya koymuştur. Ayrıca kazıklı temeli olan yapılar için de kinematik zemin-yapı etkileşimi yapılmasının gerekli olduğu da anlaşılmaktadır. Bulgular son yaşanan depremde kat sayısı 3~5 arasında olan binalarda neden duvar patlamaları, sıva dökülmeleri ve benzeri kullanıcı rahatsızlığına yol açan hasarların görülmediğini açıklar mahiyettedir. Yüksek periyot bölgesinde hesaplanan zemin büyütmesi 1998 sonrasında projelendirilip imal edilen pek çok yapıda görülen ikincil eleman hasarlarının izah edilmesine yardımcı olmaktadır.

DD-2 ve DD-1 tasarım deprem seviyeleri gerçekleşmiş olan deprem hareketini rahatlıkla karşılayacak tasarım ivme değerlerine sahiptir. Bir başka deyişle oluşan depremin talebi tasarım değerlerinden düşüktür; ancak yine bu değerlerin bina davranış katsayısı ile azaltılarak binanın sünek tasarımını zorunlu kıldığı unutulmamalıdır. Sünek tasarım ise uygun donatı türü ve yönetmeliklerde belirtilen kapasite tasarımı ve sünek davranış için gerekli uygun donatı



detaylandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Alüvyal zeminlerde, zeminin doğrusal olmayan davranışı sonucu zeminin kayma modülünün azalması, birim deformasyonların giderek artması ve sonuç olarak zeminin hakim periyodunun da bu etkilere bağlı olarak büyümesi sonucunda 1 s -1.5 s periyotları arasında kaymış (uzamış) zemin büyütme etkileri gözlemlenmektedir. Doğrusal davranmayan yapıların da periyotlarının uzadığı ve periyotları bu aralığa yerleşen binaların daha yüksek deprem kuvvetlerine maruz kalmış olabileceği durumu daha detaylı araştırmalar sonunda ortaya çıkabilecektir.



Şekil 29: Altı farklı istasyondan elde edilmiş ivme verileri kullanılarak hesaplanmış ivme tepki spektrum grafikleri.

2020 Sisam Depreminde kayıt alınan bir kısım kuvvetli yer hareketi istasyonlarının iki yatay bileşenlerinin tepki spektrumları verilmektedir. Şekilde 3519 no'lu Karşıyaka Orman Müdürlüğü istasyonunun N doğrultu bileşeninin 0.95 s periyodunda 0.526g spektral ivme değeri görülmektedir. Buradan hareketle 0.95 sn için sert zemine nazaran 3.44 kat zemin büyütmesi meydana gelmektedir. Kayma dalgası hızı yüksek zeminlerde pik spektral ivmelerin 0.5 sn civarında kümelendiği ancak kayma dalgası hızı düşük, alüvyon zeminlerde maksimum spektral ivmelerin 0.5-2.0 sn arasında geniş bir aralıkta gerçekleştiği görülmektedir. Bu deprem için elde edilen veriler DD3 ve DD4 deprem seviyeleri ZE zemin sınıfına ait elastik ivme spektrumu platosunun daha geniş alınmasının yararlı olacağına işaret etmiştir.

Raporun takip eden bölümünde, saha incelemelerinden elde edilmiş sık rastlanan bina hasarlarına ilişkin görseller sunulmuş ve bu incelemelerden derlenen yapısal hasarların nedenlerine ilişkin özet yorumlar verilmiştir.



Cumhuriyet sitesi içerisinde yer alan binanın zemin katı çökmüş, üst katları ise çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina "göçmüş bina" sınıfına girmektedir. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmiştir.



çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina da "göçmüş bina" sınfına girmektedir. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmişti.



Saraçoğlu Apartmanı (Apt. No:85) binasında görsel inceleme sonrası görünür bir yapısal hasar tespit edilememiştir. Bina kendisinden beklenen performans hedefini yakalmıştır (hemen kullanım).





Adalet Sitesi B-blok (Apt. No:87) apartmanında taşıyıcı sistemde belirgin bir hasar gözlenmemiştir. Az hasarlı olarak değerlendirilen binada yapısal olmayan hasarlar, genel olarak dolgu duvarlar hasarı şeklinde hasarlar gözlenmiştir.





Adalet Sitesi A-blok (Apt. No:89) apartmanında taşıyıcı sistemde belirgin bir hasar gözlenmemiştir. Az hasarlı olarak değerlendirilen bu binada, yapısal olmayan hasarlar, genel olarak dolgu duvarlar hasarı şeklinde hasarlar gözlenmiştir.





Barış Sitesi'nde bulunan binanın zemin katı çökmüş, üst katları ise çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina "göçmüş bina" sınıfındadır. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmiştir.





Barış Sitesi'nde bulunan diğer bir binanın zemin katı çökmüş, üst katları ise çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina da "göçmüş bina" sınıfındadır. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmektedir.



Barış Sitesi'nde bulunan diğer bir binanın da zemin katı çökmüş, üst katları ise çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina da "göçmüş bina" sınıfındadır. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmiştir.





Barış Sitesi'nde bulunan diğer bir binada dışarıdan gözlem yapılmış ve yapısal bir hasar gözlenmemiştir. Yıkılmış durumdaki devrilmeye yüz tutmuş ve kurtarma çalışmaları süren diğer komşu binalar sebebiyle bu bina içerisine girilememiştir. Oluşan hasarlar dolgu duvarlardaki yapısal olmayan hafif hasarlardan oluşmaktadır. Yıkılmış bina sınıfındaki aynı sitenin diğer binaları yanında bu binanın belirgin bir hasara uğramaması dikkatleri çekmektedir.





Mahmut Bey Apartmanı (Apt. No:5) binasında yapısal bir hasar gözlenmemiştir. Hafif yapısal olmayan duvar hasarları mevcuttur.





Emirkent Sitesi Hatice Hanım Apartmanı B-blok (Apt. No:47) binasında yapısal hasar gözlenmemiştir. Hafif olarak nitelendirilebilecek yapısal olmayan duvar hasarları mevcuttur.





Hazal Apartmanı (Apt. No:16) binasında yapısal bir hasar gözlenmemiştir. Hafif hasar olarak nitelendirilebilecek kapalı çıkmalar üzerinde yoğunlaşan yapısal olmayan duvar hasarları sıkça gözlenmiştir.





Bu binada (Apt. No:14) yapısal bir hasar gözlenmemiştir. Hafif hasar olarak nitelendirilebilecek duvar hasarları 6. kata kadar ilerleyen sıva/mantolama malzemesi hasarı şeklindedir.



BİNA 14: BAYRAKLI MANAVKUYU MAHALLESİ 275/8 Sk. YILMAZ ERBEK	
APT. No:12	
ÖNCEKİ DURUMU	DEPREM SONRASI
	DURUMU

Yılmaz Erbek Apatmanı (Apt. No: 12-2 olduğu tahmin edilmektedir) binasının zemin katı göçmüş, üst katları ise çöken zemin katın üzerine oturmuştur. Bu bina "göçmüş bina" sınıfındadır. Binanın yumuşak kat mekanizmasıyla göçtüğü değerlendirilmiştir.





Yılmaz ErbekApatmanı (Apt. No: 12-1) binasında yapısal bir hasar gözlenmemiştir. Komşu yapının (Bina no:15) göçerken yarattığı temas sebebiyle zemin katta kısmi yapısal olmayan duvar göçmesi tespit edilmiştir.



No:7	
ONCEKI DURUMU	DEPREM SONRASI DURUMU
Gözlem ve değerlendirmeler:	
Ualil Usto Anortmony (Ant. No. 7) hinggind	



İZMİR METROPOL ALANDA DEPREM-ZEMİN-YAPI ORTAK DAVRANIŞINI TANIMLAMAYA YÖNELİK KÖRFEZ ÇEVRESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR ve SONUÇLARI

Körfez çevresinde 106G159 nolu TUBİTAK KAMAG projesi (2011) kapsamında 1x1 km ölçüm aralığı kullanılarak Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Analizi (MASW), Mikrogravite, Tek İstasyon Mikrotremor yöntemler ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 30).

Çalışmanın devamında İzmir Bayraklı Belediye sınırları içinde Yeni Kent Merkezi olarak tanımlanan alanda ölçüm aralıkları sıklaştırılarak, 1D ve 2D zemin ana kaya modelleri tanımlanmasına yönelik olarak mikrogravite, mikrotremor ölçümleri ile düşey elektrik sondaj, özdirenç tomografi ve uzaysal öz-ilişki yöntemleri (SPAC) ile çok sayıda noktada çalışmalar yapılmıştır (Şekil 31). Elde edilen genelleştirilmiş sonuçlar ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili öneriler aşağıda verilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre körfez çevresi zeminlerinin 30 metreden daha kalın ve *To* pik periyot değerlerinin de 1 saniyeden çok daha büyük olduğu (maksimum 5-7sn) saptanmıştır. Proje bitiminden sonra devam eden çalışmalar kapsamında araştırma derinliğini arttırmak için SPAC çalışmaları da yapılmıştır (Şekil 32-33). Bu çalışmalar sonucunda zemin kalınlığı S dalga hız değerlerine göre tanımlanmıştır (Akgün ve diğ. 2013a ve 2013b, Özdağ ve diğ. 2015) (Şekil 44).

Geçmişte yapılmış çalışma sonuçlarından elde edilen bilgiler

- ✓ Pik periyot dağılım haritası Şekil 33'te
- ✓ Vs30 ve zemin hakim titreşim periyodu ortak değerlendirmeleri Şekil 34-40'ta
- ✓ Dinamik Zemin Büyütme Katsayısı (DAF) dağılım haritası Şekil 42'de
- ✓ Bayraklı bölgesi ve yakın çevresi için S dalga hızının 40m. derinlik için dağılım haritası Şekil 41'de
- Ayrıca örnek olarak, AFAD'a ait 3513 Kodlu Merkez Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü KYH (ivme ölçer) İstasyonu ve bu istasyon noktasındaki zeminanakaya modeli dikkate alındığında hesaplanan spektral ivme değerleri Şekil 43'te
- ✓ Körfez çevresi için genelleştirilmiş sismik ve mühendislik anakaya ile zemin modeli Şekil 44'de verilmiştir.

Bu bilgiler dikkate alındığında bölge ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar;

- Mühendislik ana kayası tanımına göre Vs>760 m/sn ortalama 300 m. derinlikten sonra oluşuyor.
- Sismik ana kaya 1200 m. den itibaren başlıyor.



- Zemin yüzeyine yaklaştıkça genel olarak tabaka S dalga hız değerleri azalıyor.
- Bu azalma oranları tabaka sınırlarında büyük ani değişimler gösterir (3000>1200>600>300 m/sn)
- Derinliğe bağlı olarak oluşan bu ani S dalga hız değişimlerinin oluştuğu katman sınırlarında deprem dalgasının genlik-frekans eğrisinde değişimler oluşur.
- Sismik empedans oranları ile tabaka yoğunluklarındaki değişimler dikkate alınırsa zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında 1200 m. derinlik dikkate alınmalıdır.
- Zemin yüzeyinden itibaren ortalama 300 m. kalınlık içindeki S dalga hızı değeri ortalama olarak Vs=300 m/sndir.
- Ayrıca zemin içinde S dalga hızı alt ve üst tabakaya göre göre yüksek olan bir katman vardır. Bu katman mühendislik ana kayası değildir. Çünkü bu katman altında düşük S dalga hızı gözlenmektedir.
- Taşıyıcı zemin özelliği taşıyacak katman ortalama 300 m. derinlikte yer almaktadır.

Bu sonuçlara göre Deprem-Zemin-Yapı ortak davranışı konusunda öneriler aşağıda tanımlanmıştır.

- Dinamik deprem yükü etkisi altında davranış yapan zeminlerin dinamik analizleri yapılırken, çalışma alanına uygun zemin modelinin ve senaryo depreminin kullanılarak Dinamik Büyütme Faktör hesaplamaları yapılması gerekir.
- Zemin ana kaya modeli tanımlanırken araştırma derinliği seçiminde dikkatli olunmalıdır. Bunun için mühendislik ana kayası derinliği temel alınarak uygun yüzey ve kuyu içi sismik çalışmaları ile mikrotremor tek nokta ve dizilim ölçümleri kullanılmalıdır.
- Yapılan çalışmalar göstermiştir ki Yatay/Düşey spektral oran spektrumları oluşturulurken pencere boyunun seçimine dikkat edilmelidir. Kalın zeminlerin hâkim olduğu bölgelerde 80-100 sn'lik pencere boylarının kullanılması önerilir.



- Ayrıca depremin etkisinin büyümesini kontrol eden faktörlerin zemin transfer fonksiyonundaki pik değerleri ile anakayadaki deprem spektrumunun pik değerleri olduğu saptanmıştır.
- Sonuç olarak zemin dinamik analizleri yapılırken çalışma alanının jeolojik ve morfolojik faktörleri göz önüne alınarak zemin transfer fonksiyonları hesaplanması gerekir.
- Zemin yüzeyindeki deprem enerjisinin zaman ve frekans ortamı özellikleri ile zemin gerilim-deformasyon değişimlerini etkileyecek zemin özelliklerinin araştırılacağı alanın yatay ve düşey genişlik ölçekleri km bazında olması gerekir.
- Zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında, 1000-1200 m. derinlik dikkate alınarak, zemin yüzeyindeki yanal yönde oluşacak deprem kuvveti hesabı için zemin transfer fonksiyonları hesaplanmalıdır.



Şekil 30. TÜBİTAK 106G159 Kapsamında Yapılan MASW ve Mikrotremor Ölçüm Noktaları.





Şekil 31. İzmir Körfezi Çevresinde yapılan nikrogravite çalışma noktaları.



Şekil 32. Yeni Kent Merkezi alanında yapılan jeofizik çalışma sonuçları.





Şekil 33. İzmir Körfezi çevresinde yapılan mikrogravite çalışmalarından elde edilen pik periyot dağılım haritası



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi



Şekil 34. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi



Şekil 35. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları




Şekil 36. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları





Şekil 37. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları





Şekil 38. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları





Şekil 39. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları





Şekil 40. İzmir Körfezi Çevresi İçin Hesaplanmış Vs30 ve Pik Periyot To Değerleri Arasındaki Ortak Değişimin Eurocode 8 Yönetmeliğine Göre Sonuçları





Şekil 41. Yeni kent merkezi ve yakın çevresinin Vs hız dağılım haritası.





Dinamik Zemin Büyütme Katsayısı (DAF) Dağılım Haritası.

Şekil 42. Yeni kent merkezi ve çevresinin dinamik zemin büyütme katsayısı haritası.







Şekil 43. BYN İstasyonu ve bu istasyon noktasındaki zemin-anakaya modeli dikkate alındığında hesaplanan spektral ivme değerleri, Bu alanda deprem sırasında zemin yüzeyinde deprem zemin ortak davranış hareketinde deplasman (Yer Değiştirme) ve hız etkisinin baskın olacağını göstermektedir.





Şekil 44. İzmir Körfezi çevresi için genelleştirişmiş sismik anakaya-mühendislik anakayası-zemin modeli



30.10.2020 tarihinde oluşan Sisam Mw=6.6 Depremi İçin İzmir Körfez Çevresinde Bulunan Kuvvetli Yer Hareketi İstasyon Verileri Kullanılarak Yapılan Değerlendirmeler

30.10.2020 tarihinde oluşan Sisam Mw=6.6 depreminin körfez çevresinde bulunan kuvvetli yer hareketi istasyonlarından bu depremin doğu-batı, kuzey-güney ve düşey yöndeki pik ivme, hız ve yer değiştirme dağılımları harita ortamında Şekil 45-53 de sunulmuştur. Ayrıca örnek olarak 3513 Merkez Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü istasyonu için hesaplanan ivme, hız ve yer değiştirme spektrumları da şekil 54-59'da verilmiştir.



Şekil 45. K-G bileşen için hesaplanan PGA dağılım haritası . PGA değeri =0.03g-0.155g arasında değişmektedir.

Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGA değeri ortalama 0.1g. değerindedir.





Şekil 46. D-B bileşen hesaplanan PGA dağılım haritası; PGA değeri=0.03g-0.115g arasında değişmektedir. Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGA değeri ortalama 0.08g. değerindedir. D-B bileşende hesaplanan PGA değerleri K-G yönü için hesaplanan değerlere göre daha düşüktür.





Şekil 47. Düşey Bileşen PGA Dağılımı; PGA değeri =0.019g-0.045g arasında değişmektedir. Denizden uzaklaştıkça PGA değeri azalmaktadır. Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGA değeri ortalama 0.04 g. değerindedir.





Şekil 48. K-G bileşen için hesaplanmış PGV Dağılım Haritası; PGV değeri =3cm/sn-24cm/sn. arasında değişmektedir. Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGV değeri ortalama 15cm/sn. değerindedir.





Şekil 49. D-B Bileşen İçin Hesaplanmış PGV Dağılım Haritası

- > PGV değeri =3cm/sn-15cm/sn. arasında değişmektedir.
- Denizden uzaklaştıkça PGV değeri azalmaktadır.
- Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGV değeri ortalama 15cm/sn. değerindedir.
- Genel olarak K-G yönündeki PGV değerleri D-B yönündeki PGV değerlerine göre daha yüksektir.
- Buna karşın yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı Bölgesi için her iki yönde PGV değerleri genel olarak birbirine eşit konumdadır.





Şekil 50. Düşey Bileşen İçin Hesaplanmış PGV Dağılım Haritası

- ▶ PGV değeri =1.7cm/sn-4.7cm/sn. arasında değişmektedir.
- Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde düşey yöndeki PGV değeri ortalama 5cm/sn. değerindedir.





Şekil 51. K-G Bileşen İçin Hesaplanmış PGD Dağılım Haritası

- > PGD değeri =1.2cm-4.7cm arasında değişmektedir.
- Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGD değeri ortalama 4cm. değerindedir.





Şekil 52. D-B Bileşen İçin Hesaplanmış PGD Dağılım Haritası

- ▶ PGD değeri =1.4 cm-3.3 cm arasında değişmektedir.
- Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGD değeri ortalama 3cm. değerindedir.
- Genel olarak K-G yönündeki PGD değerleri D-B yönündeki PGD değerlerine göre daha yüksektir.
- Buna karşın yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı Bölgesi için her iki yönde PGD değerleri genel olarak birbirine eşit konumda olup ortalama 4cm-5cm. dir.





Şekil 53. Düşey Bileşen İçin Hesaplanmış PGD Dağılım Haritası

- ▶ PGD değeri =1.12 cm-1.53 cm arasında değişmektedir.
- Yapısal hasarların oluştuğu Bayraklı bölgesi genelinde PGD değeri ortalama 1.3cm. değerindedir.





Şekil 54. KYH 3513 istasyonu için elde edilen K-G yönlü İvme Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.2sn-8.0sn. arasında değişmektedir.



Şekil 55. KYH 3513 istasyonu için elde edilen D-B yönlü İvme Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.2sn-8.0sn. arasında değişmektedir.





Şekil 56. KYH 3513 istasyonu için elde edilen D-B yönlü Hız Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.1sn-3.0sn. arasında değişmektedir.



Şekil 57. KYH 3513 istasyonu için elde edilen K-G yönlü Hız Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.1sn-4.0sn. arasında değişmektedir.





Şekil 58. KYH 3513 istasyonu için elde edilen D-B yönlü Yer Değiştirme Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.1sn-3.0sn. arasında değişmektedir.



Şekil 59. KYH 3513 istasyonu için elde edilen K-G yönlü Yer Değiştirme Spektrumu; To (Pik Periyot) değişim aralığı 0.1sn-3.0sn. arasında değişmektedir.



30.10.2020 tarihinde oluşan Sisam Mw=6.6 Depremi İçin İzmir Körfez Çevresinde Bulunan Kuvvetli Yer Hareketi İstasyon Verileri Kullanılarak Yapılan Değerlendirme Sonuçları

106G159 Nolu TÜBİTAK projesi ve devamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar:

- Bornova ovası için gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmalar sonucunda mühendislik anakayası ara yüzeyinin K-G yönünde iç bükey bir halde bulunduğu ve bu durumun zemin büyütmesinin özel durumları arasında yer alan odaklanma etkisinin ova genelinde gözleneceğinin göstergesidir.
- Bu iki özel durum (odaklanma ve rezonans etkisi) ova genelindeki kalın zemin tabakası ile birleştiğinde, ova için deprem dalgalarının frekans ve genlik içeriğinde ciddi değişimlere neden olmaktadır. Ayrıca, bu durumun hem deprem ivme değerlerinin büyümesine hem de depremin bu alanda süresinin uzamasına neden olmaktadır.
- Zemin kalınlığının 150 300 m değerleri arasındadır.
- > Olasılıkla, sismik anakaya sınırı 1000-1200m derinliktedir.
- Mühendislik anakayası içinde, yoğunluk ve S dalga hız değerleri birbirine göre çok farklı olduğu için sismik empedans değişimi yaratacak iki ortam saptanmıştır.
- Sismik hızlar ve yoğunluk değerleri dikkate alındığında, sismik empedans oran değişimleri 1000-1200 m. derinlikten itibaren başlama olasılığı vardır. Diğer bir tanımla, deprem dalgalarının genlik ve frekans içeriği 1000-1200 m. derinlikten itibaren yoğunluk ve sismik hızları farklı olan tabaka sınırlarında değişime uğramaya başlama olasılığı vardır.
- Zemin içinde çakıl oranı oldukça yüksek olan ve kalınlığı 20-40m. arasında değişebilen yüksek S dalga hızlı (400-500 m/sn) bir katmanın varlığından söz edilebilir (Şekil 60-61). Ancak bu tabakanın altında S dalgası hız değerleri tekrar 250m/s. değerine inmektedir. Bu durumda, deprem dalgalarının bu alan içerisine girdiğinde kapanlanma olasılığı yüksektir.
- Havza kenar etkisi ile deprem dalgalarında odaklama etkisinin oluşabileceği ve yapılarda rezonans etkisi yaratabileceği tahmin edilmiştir. Ayrıca, körfez çevresinde bu çakıllı birim hem çeşitli derinliklerde ve kalınlıklarda hem de yüksek SPT (>50) değerleri ile karşımıza çıktığı için çoğu zaman mühendislik anakayası birimi olarak kabul edilmiş ve dikkate alınmıştır.
- Zeminin sismik paramterelerindeki bu değişimlere göre, yapısal/bina hasarların nedenleri;
 - Yapıların kalitesiz malzeme ile yapılmış olması,
 - Zemin kalınlığının 30m. den daha kalın olduğunun dikkate alınmaması;
 - Pik periyot değerlerinin sadece Vs30 hız değerlerine göre temel alınması,
 - To≥1sn. değerlerinin göz önüne alınmaması,
 - Yapıların hız ve yer değiştirmeye göre değilde, ivmeye göre tasarlanarak esnek değil rijit yapılması,
 - Ayrıca alanın geçmişte çok sayıda akarsuyun birikim alanı olarak etkisinde kalması sonucunda zeminin yatay ve düşey yönde karmaşık bir yapıya sahip olabileceğinin dikkate alınmaması sonucunda, yatay yarı-sonsuz ve homojen katmanlardan oluşmuş olduğu varsayımının yapılması olarak sıralanabilir.



Sonuç olarak;

- İzmir Körfez Çevresi zeminin sismik davranış özelliklerini tanımlamak için 2008-2011 yılları arasında gerçekleştirilen 106G159 noluTübitak KAMAG projesi sonuçları ile bu deprem sonuçları ortak değerlendirildiğinde
 - Özellikle hız ve yer değiştirmeye duyarlı bölgelere yapılacak yapılaşmalar için PGA değerleri tek başına yeterli olmayacaktır.
- Bu koşullara göre, Sismik Anakaya-Mühendislik Anakayası-Zemin Özelliklerine göre modeller hazırlanarak rezidüel (küçük ölçekli) çalışmaların yapılması gerekmektedir.



Şekil 60. Bornova Ovasında Yaşanan Odaklanma ve Rezonans etkisi (Şematize)





Şekil 61. Bayraklı-İzmir Bölgesinin Mikrogravite, Mikrotremor Tek Nokta ve Array Ölçümlerinden Elde Edilen Ana Kaya-Zemin Profili. Ortalama 300 m. kalınlık içinde Vs hız değişimi ortalama 250-300 M/Sn., yoğunluk değerleri 1.35 – 1.9 Gr/Cm³ arasındadır. Bunun anlamı Mühendislik Ana Kayası Derinliği ortalama 300 m. civarındadır.

Konak ve çevresinde ise, geçmişte gerçekleşen ve/veya gelecekte gerçekleşecek depremlerdeki yıkımların ana nedenleri;

- 1- Birçok binanın Fay hattı üzerinde inşaa edilmiş olması,
- 2- İzmir fayının kuzey kesiminde kalan bölgede alüvyon denilen zayıf zemin üzerindeki binaların zemin iyileştirilmeden inşaa edilmiş olası,
- 3- Bina deprem yönetmeliğini uygun bina tasarımının yapılmamış olmasıdır.



SEFERİHİSAR VE GÜLBAHÇE JEOTERMAL SAHALARINDAKİ GÖZLEMLER

Sisam (Samos) Adası'nda meydana gelen deprem ve tsunami sonrası Karaburun Yarımadası ve Seferihisar çevresinde bulunan jeotermal sahalarda gözlemler yapılmıştır. Bu kapsamda, hem Gülbahçe jeotermal sahası hem de Seferihisar jeotermal sahasında detaylı gözlemlerde bulunulmuştur (Şekil 62).



Şekil 62. Seferihisar ve Gülbahçe jeotermal sahaları (Aktif faylae Emre ve diğ., 2013'den alınmıştır).

Gülbahçe jeotermal sahası Urla ilçesinin Gülbahçe Mahallesi sınırlarında bulunan aynı zamanda İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüs sınırları içerisinde yer alan bir jeotermal sahadır. Jeotermal sahada doğal çıkışlar ve jeotermal gradyan kuyuları mevcuttur. Jeolojik anlamda Kuvaterner birimler (alüvyon ve sığ denizel çökeller) ile temel birimlerin yayılım gösterdiği sahada sıcaklığı 33-35°C aralığında değişen doğal bir kaynak ve antik bir hamamı bulunmaktadır. Sahada daha önce yapılan çalışmalarda Gülbahçe Fay Zonu içerisinde yer alan fayların kesişmesi sonucu sıcak su kaynaklarının yüzeye çıktığı bilinmektedir (Şekil 63-1; (Baba, 2011 ve 2013; Uzelli, 2013; Uzelli ve diğ., 2017).

Deprem sonrasında Gülbahçe Köy sınırları içinde sahil şeridindeki tarımsal alanlarda ve evlerin bahçelerinde deprem sonucu oluşan yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir. Ayrıca Gülbahçe



Kaynağı'nın batısındaki alanda yeni sıcak su çıkış noktaları oluşmuştur (Şekil 63-2). Bu noktalarda yapılan sıcaklık ölçümlerinde suyun sıcaklığının 34-35°C olduğu görülmüştür.

Ayrıca jeotermal saha çevresinde yer alan tarımsal alanlar ve bahçelerde farklı lokasyonlarda sıvılaşma gerçekleşmiştir (Şekil 63-3 ve Şekil 63-4). Bu alanda kum volkanları ve kum kaynamaları kıyı boyunca görülmektedir.



Şekil 63. 1) Gülbahçe ve çevresindeki tektonik yapılara ait GoogleEarth Görüntüsü (Uzelli ve diğ., 2017), 2) yeni sıcak su çıkış noktaları, 3) sıvılaşma gözlenen bölgelere ait drone görüntüsü, 4) sıvılaşma bölgelerinin yakın çekim görüntüsü.

Benzer yüzey bulgularına Seferihisar'ın güneydoğusunda yer alan Karakoç ve Cumalı jeotermal sahalarında da rastlanmıştır. Tuzla Fayı üzerinde yer alan bu jeotermal sahalarda, deprem sonrasında yeni sıcak su çıkışları gözlenmiştir (Şekil 64-1-2-4). Bu su çıkışlarının sıcaklığı 97°C ölçülmüştür. Deprem öncesinde sahada bulunmayan bu çıkışların deprem sonrasında geniş bir alanı kapladığı belirlenmiştir. Ayrıca alanda yoğun gaz ve çamur çıkışları da saptanmıştır (Şekil 64-3).





Şekil 64. 1) Tuzla Fayı çevresinde gözlenen yeni sıcak su çıkış noktalarının drone görüntüleri, 2) Tuzla Fayı düzlemi boyunca yüzeye ulaşan sıcak su çıkışı 3) yoğun gaz ve çamur çıkışına ait drone görüntüsü,
4) farklı noktalardaki su çıkış noktalarının yakın çekim görüntüsü.



JEODEZİK ÇALIŞMALAR

İzmir-Seferihisar 2005 depreminden sonra 2009-2011 yıllarında İzmir'de gerçekleştirilen 108Y285 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında GNSS ve mikrogravite ölçümleri ve Dokuz Eylül Üniversitesi 2018.KB.FEN.010 nolu projesi kapsamında GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsünde sabit GNSS istasyonu kurulmuştur. Bu ölçümler sonucunda 2020 yılına kadar yapılan çalışmalarda elde edilen veriler yayın olarak sunulmuştur (Pamukçu ve diğ., 2014; Pamukçu ve diğ. 2015; Pamukçu ve diğ, 2018; Çırmık ve diğ., 2017a; Çırmık ve diğ., 2017b; Kahveci ve diğ., 2019). Yapılan bu çalışmalardan birine ait İzmir ve çevresindeki gerilim dağılım haritası Şekil 65'de sunulmaktadır.



Şekil 65. 2005 Sığacık depremi sonrası post-sismik deformasyon analizi (Kırmızı açılma / Mavi: sıkışma, (Pamukçu ve diğ, 2018)).

Ayrıca yine 2009-2011 yıllarında İzmir'de gerçekleştirilen 108Y285 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında GNSS ve mikrogravite ölçümleri sonucunda yapılan çalışmalarda alandaki verilen gerilim dağılımının düşey yönde 10 km ve altından kaynaklandığı saptanmıştır (Çırmık ve diğ., 2017). Buradan elde edilen bulgu alan çevresinde meydana gelen güncel depremlerin derinlikleri ile uyumludur.

2011 yılına kadar ölçülmüş GNSS verilerinin değerlendirilmesi ile hesaplanan Şekil 65'deki dağılım incelendiğinde 2005 sonrası Sığacık depreminden sonra kuzeyde, güneyde ve 30 Ekim 2020 güncel deprem zararlarının en çok yaşandığı İzmir Bayraklı bölgesinde açılma gerilim rejimin baskın olduğu görülmektedir. Şekil 65'deki saptamalardan sonra sırası ile kuzeyde 12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun Depremi (Mw 6.2) ve güneyde 30 Ekim 2020 güncel Ege Denizi, Seferihisar (İzmir) açıkları, Sisam (Mw 6.6) depremi (AFAD) meydana gelmiştir.



Ayrıca deprem sonrasında meydana gelen hareketliliği tespit etmek için 2009-2011 yılları arasında TÜBİTAK 108Y285 ve Dokuz Evlül Üniversitesi 2018.KB.FEN.010 nolu projeler kapsamında İzmir ve çevresinde çalışılmış olan GNSS noktalarından, 6 GNSS noktasında, 03.11.2020 tarihinden itibaren GNSS gözlemleri yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından Deprem Odaklı Yer Bilimleri Araştırma Alanı Saha Çalışması projesi tarafından desteklenmekte olup proje yürütücüsü Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Oya Pamukçu, proje çalışanları Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Hasan Sözbilir ve Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üvelerinden Doc. Dr. Avca Cırmık'tır. (Projede Çalışan Gönüllüler ise: Barış Can Malaliçi, Ayterin Yaprak Börekçi, Hamdi Kuş, Oğulcan Talu, Seren Aslan, Savaş Uluğtekin, Hakan Yılmaz, Rukiye Ece Çakar, Melis Yılmaz, Murat Bosna ve Barış Akgün 'dür). Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsünde bulunan ve sürekli olarak GNSS ölçümü alan Dokuz Eylül Üniversitesi sabit GNSS istasyonuna (DEUG) ait veriler de bu çalışma kapsamında ölçülen GNSS verileri ile birlikte değerlendirilecektir. Sonuç olarak 30 Ekim 2020 tarihinde meydana gelen deprem sonrası bölgedeki yeni gerilim/deformasyon dağılım haritaları oluşturulacaktır.

Bunun yanında Afyon Kocatepe Üniversitesi'nden Doç.Dr. İbrahim Tiryakioğlu başkanlığında yürütülen ve Eda Esma EYUBAGİL, Dr. Halil İbrahim SOLAK, Umre Selin KAVAK, Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR, Prof.Dr. Bahadır AKTUĞ (Ankara Üniversitesi Jeofizik Müh. Böl.) ile Doç.Dr. Çağlar ÖZKAYMAK (Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi)'nın katıldığı jeodezik çalışmalarda **İzmir metropol alan ve çevresinde jeodezik deprem tekrarlama aralığının 7'den büyük depremler için 800 yıl, 6-7 büyüklüğündeki depremler için 100 yıl ve 5.5-6. büyüklüğündeki depremler için 25-30 yıl olduğu belirlenmiştir (Eyübagil ve diğ., 2020). Bu veriler İzmir il sınırları içinde karada yer alan 17 diri faydan birinin yakın gelecekte yıkıcı deprem potansiyeli içerdiği şeklinde değerlendirilebilir. Sözkonusu faylardan hangisinin deprem üretme zamanının yaklaştığını ortaya çıkartabilmek için hendek tabanlı paleosismolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.**

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

30 Ekim 2020 Sisam Depreminin sismik kaynağı Sisam (Samos) Adasını kuzeyden sınırlayan Kuzey Samos Fayı'nda gerçekleşmiştir. Deprem sonrası elde edilen odak mekanizma sonuçlarına göre Sisam depremi D-B uzanımlı Kuzey Samos Fayı'nın eğim atımlı normal fay niteliğindeki hareketi neticesinde 6,9 büyüklüğünde oluşmuştur. Şu ana kadar elde edilen bilgilere göre ana şoktan sonra oluşan artçı depremler 80 km uzunluğunda ve 20 km genişliğinde bir alanda sismik aktivitenin sürdüğünü göstermektedir. Bu veriler deniz altındaki Kuzey Sisam Fayına komşu D-B uzanımlı antitetik nitelikli fay segmentlerinin yanısıra KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fay segmentlerinin de tetiklendiğine işaret etmektedir.

Deprem sonrası özellikle Bayraklı ilçesinde oluşan hasarların zemin/yapı/bina etkileşimi ve binaların ilgili bina deprem yönetmeliklerine uygun yapılmaması ile inşaat sonrasında binada yapılan yapısal/yapısal olmayan değişiklikler olarak değerlendirilmiştir.



Mevcut binaların 30 ekim 2020 depreminde izlenen performansları dikkate alındığında; yapıların deprem etkileri altındaki güvenlik düzeyleri yönetmeliklere bağlı olarak tasarım yüklerine, inşaat aşamasında gerçekleştirilen malzeme özelliklerine, taşıyıcı sistemin türüne ve planda yerleşimine, inşaa edilen yapının projesine uygun yapılıp yapılmadığına, bölgenin deprem tehlikesine, binanın oturduğu zemininin özelliklerine ve bina yaşına bağlı olmaktadır. Bina yaşı, ilgili binanın yapıldığı yılda geçerli olan yönetmelikte belirlenen deprem tasarım yük değerlerini ve detaylandırma düzenlerini belirlediği için son derece önemlidir.

Genel olarak yapılar ve özel olarak binalar zaman içinde değişikliğe uğramaktadır. Bu değişim zamana bağlı malzeme bozulmaları gibi kaçınılmaz nedenlerle gerçekleşebilirken bazen de binanın kullanım durumunun değişmesine bağlı müdahaleler nedeniyle olabilmektedir. Bu müdahaleler binayı olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir. Zemin katta binanın kullanım durumuna bağlı değişiklikler, örneğin bu katın dükkan veya muayenehane amaçlı kullanımı nedeniyle duvarlarının kaldırılması ve/veya hatta kolonlarının kesilmesi gibi işlemlere maruz kalabilmektedir. Bazen binalara ruhsatlı veya ruhsatsız kat ilavesi olmakta, bilinçsizce tadilatlar yapılmakta, balkonlar kapatılıp içlerine ağır eşyalar yerleştirilmekte dolayısıyla binanın ağırlığı tasarımda öngörülmeyen bir biçimde değiştirilmektedir. Tüm bunlar binanın deprem davranışını olumsuz şekilde etkilemekte, hatta kullanım durumunun değişmesine bağlı olarak bina önem katsayısı bile değişmektedir.

Örneğin normal bir konut yapısı zaman içinde polikliniğe, yurtlara veya hatta hastaneye bile dönüşerek, yönetmeliklerin önemli olarak tanımlanan yapı sınıflarına dönüşmektedir. Kesinlikle yeniden projelendirilerek, ancak bu şekilde binaya eklenmesi gereken katlar, herhangi bir mühendislik hizmeti almadan kat arttırımlarına maruz kalmaktadır. Eski yönetmeliklere tabi olmasına rağmen o yönetmeliklerin donatı detaylandırma şartlarını dahi uygulamayan binalar, süneklik şartlarını sağlamamakta, depreme dayanıklı bina tasarımının olmazsa olmaz koşulu olan güçlü kolon-zayıf kiriş prensibini ihlal etmekte, böylece kesinlikle hasar görmemesi veya sadece zemin katta ve mutlaka kontrollü olarak hasar alması gereken kolonlar önemli seviyelerde hasar görerek binanın ya toptan göçmesine ve/veya ağır hasar görmesine neden olmaktadır. İlave kat eklenmesi kolonların eksenel yüklerini de arttırarak sünek davranışı ekstra olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç olarak bina bir bütün olarak kullanılamaz hale gelmektedir.

Bina hasarlarının yoğunlaştığı Bayraklı/İzmir ilçesindeki yapı stoğu çeşitlilik barındırsa da oldukça fazla sayıda 7-8-9 katlı, taşıyıcı sistemi betonarme moment aktaran çerçeve sisteme sahip binalardan oluşmaktadır (saha incelemelerinde bu binalarda perde duvarların kullanılmadığı görülmüştür). Ağır hasar gören hatta yıkılan binaların birçoğu yukarıda belirtilen kat sayısına sahip ve 1999 öncesi inşaa edilen binalardan oluşmaktadır. Bölgenin bir başka karakteristik özelliği ise binaların bitişik nizam olarak teşkil edilmemiş olmasıdır. Bitişik düzende teşkil edilmeyen binalar aslında deprem davranışı açısından olumlu olsa da, bu olumlu özellik binaları kurtarmaya yetmemiştir. Deprem davranışı olumlu olan binaların ya daha az katlı veya çok daha fazla katlı yüksek bina sınıfında olup mühendislik hizmeti görmüş binalar olduğu anlaşılmaktadır.

Sayısı çok olmasa da toptan göçen ve/veya ağır hasar gören binaların yanında çok sayıda binada yaygın olarak yapısal olmayan hasar da gözlenmiştir. Yapısal olmayan hasar genel olarak bölme duvar hasarı şeklinde gerçekleşmiştir. Duvar hasarlarının bir kısmı, burulma düzensizliği nedeniyle, bina dış duvarlarının hasar görmesi şeklinde gelişmiş, bu duvarlar sokağa düşmüş ve düşme tehlikesi yaygın olarak gözlemlenmiştir. Yapısal olmayan duvar hasarı binanın



güvenliğini tehdit etmemesine rağmen vatandaşların duvar hasarını yapısal hasar olarak algılaması nedeniyle binalarına girmemekte, bu da deprem sonrası geçici konaklama ihtiyacını önemli seviyede arttırmaktadır.

Saha çalışmalarında gözlemlenen ve yukarıda bahsi geçen kat sayısına sahip betonarme moment aktaran çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binaların, genelleştirilmesi zor olsa da, ön plana çıkan ortak yapısal karakterleri sıralanmıştır. Bu binalarda: zayıf malzeme (beton dayanımı düşük ve/veya çelik donatıların nervürsüz donatı ve/veya karbon oranı yüksek donatı olması), düşeyde ve yatayda yapısal düzensizliğe sahip taşıyıcı sistemler, donatı detaylandırmasının yönetmelik şartlarına uygun olmayan şekilde teşkil edilmesine bağlı gevrek davranışı tetiklemesi ve kolon/kiriş uçlarında ve kolon-kiriş panel bölgesinde enine donatı sıklaştırmasının yapılmamış olması sayılabilir. Bunların dışında kısa kolonların ve kirişlerin varlığı, enkesit boyutlarının yetersizliği, yumuşak ve zayıf kat oluşturan mimari özellikler, bölme duvarların binanın belli kısımlarının (özellikle zemin katının) orijinal kullanım amacının dışında kullanılmasına bağlı değiştirilmesi gibi nedenlerle bu binaların deprem davranışı olumsuz yönde etkilenmiştir.

Deprem bölgesinde hasar gören, kısmen veya tamamen yıkılan binaların taşıyıcı sistem malzemelerinin gözlemsel incelemelerinden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Beton malzemesine bakıldığında değişik kökenli agregalar kullanılmakla birlikte genellikle agregaların kirli ve istenmeyen parçalar (ahşap parçaları, kil topakları, tuğla kırıkları vb.) içerdiği, çimento matrisinin zayıf olarak gözlendiği, iri agrega ile çimento matrisi aderansının zayıf olduğu, bazı yapılarda agrega gradasyonunun uygun olmadığı, beton ile çelik donatı arasındaki aderansının oldukça zayıf olduğu söylenebilir.

Betonarme taşıyıcı sistemler söz konusu olduğunda bazı yapılarda tamamen S220 düz donatı bazı yapılarda ise hem S220 düz hem de S420 nervürlü donatının birlikte kullanıldığı gözlemlenmiştir. Çok az sayıda yapıda tamamen S420 nervürlü donatı kullanılmıştır. Bu durum düz donatıların beton ile olan aderans problemleri nedeni ile kolay sıyrılmaya ve dolayısıyla hasar ve yıkılmasının kolaylaşmasına neden olmuştur.

Özellikle Bayraklı ve Bornova ilçelerinin belli bölgelerinde alüvyon zemin özelliklerine bağlı olarak yer hareketi büyümüş ve yukarıda belirtilen yapısal problemlere sahip binalar bu büyütmeden olumsuz yönde etkilenmiş ve bugün gördüğümüz olumsuz ve hepimizi derinden etkileyen ve üzen tablo oluşmuştur.

Son söz olarak şunlar belirtilebilir: Depreme dayanıklı yapı tasarımının unsurları uzun yıllardır bilinmektedir. 30 Ekim 2020 Sisam Depreminde gelişen yapısal hasarlar kesinlikle engellenebilir, bir başka deyişle bilinmeyen, bu depreme özgü olan nedenlere bağlı değil, bilakis yıllardır aşina olduğumuz ve önlenebilir yapısal kusurlardan kaynaklanmaktadır. Ülkemiz aslında önüne daha zorlu performans hedefleri koyabilecek güç ve yetenekte olmasına rağmen, geçmiş yılların mirası olan mevcut bina stoğundaki öngörülebilir zayıflıklar nedeniyle bu olumsuz tablo ile karşılaşmıştır. Ülkemizin, sadece **depreme dayanıklı yapı stoğu** hedefini yoğunlaşmaması, bu hedefi aşan **depreme dirençli kentler** hedefine kilitlenmesi ve bu hedef doğrultusunda dirençli kentlerin **dört ana unsuru** olan yapılı çevrenin dayanıklılığı (**robustness**), kaynakların doğru ve efektif kullanılması (**resourcefulness**), hastane, itfaiye gibi kritik yapıların fazlalığı (**redundancy**) ve son olarak da afete hızlı tepki verme (**rapidity**) konusundaki yeteneklerini geliştirmesi 21. Yüzyıl Türkiye'si için son derece önemlidir.



Bu deprem aynı zamanda İzmir çevresindeki Ege Denizi ve Akdeniz'de deniz altındaki bir fay 7 büyüklüğüne varan bir deprem ürettiğinde Tsunami oluşturabileceğini de göstermiştir. Girit Adası güneyinden geçen ve Hellenik-Dalma Batma Zonu olarak bilinen levha sınırı niteliğindeki ana fay ve bu fayın kuzeyindeki denizaltı diri faylarının geçmişte M=6 ile M=8 büyüklüğü arasında yıkıcı depremler ürettiği ve bu depremler sonrasında can ve mal kaybına neden olan tsunami geliştiğine dair tarihsel kayıtlar da mevcuttur.

Bilindiği gibi, İzmir özelinde 1998-2000 yıllarında RADIUS Projesi kapsamında İzmir'in Deprem Master Planı oluşturulmuş ve bu plan kapsamında belirli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Fakat projede kullanılan bilimsel veriler, Türkiye'de meydana gelen 1999-Kocaeli-Düzce depremleri öncesinde üretilen bilimsel verileri baz aldığından, geçen 20 yıllık süredeki bilimsel gelişmeler doğal olarak bu raporda yer almamaktadır. Bu nedenle Radius Projesi bilimsel geçerliliğini büyük oranda yitirmiştir. Bu kapsamda, yeni bilimsel veriler ışığında Batı Anadolu'daki İzmir, Manisa, Aydın, Balıkesir, Muğla ve Denizli gibi illerde **Deprem senaryolarına dayalı Deprem Master Planları yapılmalı**, 2000 yılından önce geliştirilen senaryolar, yeni bilimsel veriler ışığında yeniden revize edilmelidir. Bunun yanında, İzmir ilinin alüvyal zemini üzerinde yükselmeye başlayan çok katlı yapıların (Gökdelenler'in), olası bir deprem sırasındaki davranışlarını anlayabilmek için, bu tür yüksek yapılara sensörler yerleştirilmesi ve bu sensörlerin ilgili resmi kurumlarca sürekli olarak izlenmesi (monitoring) önem arz etmektedir.

Bölgede yapılan ikinci büyük proje **106G159 Nolu TÜBİTAK projesi** ve devamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçları içermektedir. Bu projheden çıkan sonuçlara göre:

- Bornova ovası için gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmalar sonucunda mühendislik anakayası ara yüzeyinin K-G yönünde iç bükey bir halde bulunduğu ve bu durumun zemin büyütmesinin özel durumları arasında yer alan odaklanma etkisinin ova genelinde gözleneceğinin göstergesidir.
- Bu iki özel durum (odaklanma ve rezonans etkisi) ova genelindeki kalın zemin tabakası ile birleştiğinde, ova için deprem dalgalarının frekans ve genlik içeriğinde ciddi değişimlere neden olmaktadır. Ayrıca, bu durumun hem deprem ivme değerlerinin büyümesine hem de depremin bu alanda süresinin uzamasına neden olmaktadır.
- Havza kenar etkisi ile deprem dalgalarında odaklama etkisinin oluşabileceği ve yapılarda rezonans etkisi yaratabileceği tahmin edilmiştir.
- Zeminin sismik paramterelerindeki bu değişimlere göre, yapısal/bina hasarların nedenleri;
 - Yapıların kalitesiz malzeme ile yapılmış olması,
 - Zemin kalınlığının 30m. den daha kalın olduğunun dikkate alınmaması;
 - Pik periyot değerlerinin sadece Vs30 hız değerlerine göre temel alınması,
 - To≥1sn. değerlerinin göz önüne alınmaması,
 - Yapıların hız ve yer değiştirmeye göre değilde, ivmeye göre tasarlanarak esnek değil rijit yapılması,
 - Ayrıca alanın geçmişte çok sayıda akarsuyun birikim alanı olarak etkisinde kalması sonucunda zeminin yatay ve düşey yönde karmaşık bir yapıya sahip



olabileceğinin dikkate alınmaması sonucunda, yatay yarı-sonsuz ve homojen katmanlardan oluşmuş olduğu varsayımının yapılması olarak sıralanabilir.

- İzmir Körfez Çevresi zeminin sismik davranış özelliklerini tanımlamak için 2008-2011 yılları arasında gerçekleştirilen 106G159 noluTübitak KAMAG projesi sonuçları ile bu deprem sonuçları ortak değerlendirildiğinde
 - Özellikle hız ve yer değiştirmeye duyarlı bölgelere yapılacak yapılaşmalar için PGA değerleri tek başına yeterli olmayacaktır.
 - Bu koşullara göre, Sismik Anakaya-Mühendislik Anakayası-Zemin Özelliklerine göre modeller hazırlanarak rezidüel (küçük ölçekli) çalışmaların yapılması gerekmektedir.

2011 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi, İnşaat Mühendisleri Odasi İzmir Şubesi ve Dokuz Eylul Universitesi Muhendislik Fakultesi arasinda yapilan uclu bir protokol ile "Yapı Stoğu Envanterinin Oluşturulması - Yapi Guvenliginin Deprem Riski Açısından Değerlendirilmesi Balçova ve Seferihisar (Merkez) İlçeleri Pilot Projesi" gerceklestirilmistir. Bu proje kapsaminda adi geçen ilçelerde yaklaşık 10,000 adet betonarme ve yığma yapının detaylı envanteri çıkarılmış ve bu binalar bir oncelik sirasina konulmustur. Calismalar kapsaminda envanter calismalarinda gorev almalari icin onlarca muhendis eğitilmis, projenin diğer ilçelere de genişlemesi planı kapsamında tüm verinin dijital, sorgulanabilir ve güncellenebilir olmasi icin ölçeklenebilir bir veri toplama programı da geliştirilmiştir. Dönemine göre son derece vizyoner olan bu proje 2012 yılında yayınlanan UDSEP 2023 hedefleri ile de uyumluluk göstermektedir. Fakat İzmir'in kalan 28 ilçesinde de uygulanması gereken bu projenin devamı getirilememiştir. Bu nedenle İzmir 'in 28 ilçesinde sorgulanabilir bir yapı stoğu halen çalışılmayı beklemektedir.

Bunun yanında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi nin katıldığı jeodezik çalışmalarda İzmir metropol alan ve çevresinde jeodezik deprem tekrarlama aralığının 7'den büyük depremler için 800 yıl, 6-7 büyüklüğündeki depremler için 100 yıl ve 5.5-6. büyüklüğündeki depremler için 25-30 yıl olduğu belirlenmiştir. Bu veriler İzmir il sınırları içinde karada yer alan 17 diri faydan birinin yakın gelecekte yıkıcı deprem potansiyeli içerdiği şeklinde değerlendirilebilir. Sözkonusu faylardan hangisinin deprem üretme zamanının yaklaştığını ortaya çıkartabilmek için tüm diri faylarda hendek tabanlı paleosismolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Yukarıda belirtilen hususlar yanısıra, **Türkiye ölçeğinde** olası yıkıcı bir depremden en az hasarla çıkmak için yapılması ve biran önce uygulanması gereken çalışmalardan en önemlileri aşağıda özetlenmiştir.

1- Son bir yılda denizaltındaki diri fayların kırılmasıyla oluşan depremler nedeniyle, Türkiye ana karasındaki diri fayların yansıra, deniz altındaki diri fayların da haritalanması ve "Türkiye Diri Fay Haritasına" işlenmesi ve buna göre "Deprem Tehlike Analizine" yönelik haritaların il ölçeğinde yeniden üretilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.



2-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. Bu çalışmanın yapılabilmesi için uluslararası ölçekte hazırlanacak bir "FAY YASASI"na acil gereksinim duyulmaktadır.

3-Türkiye'deki güncel kabuk deformasyonlarının diri fay ölçeğinde sürekli izlenebilmesi için jeodezi çalışmalarına dayalı GPS istasyonlarının sayısı arttırılmalı ve bu bilgiler uydu görüntüleri, jeolojik, sismolojik, paleosismolojik çalışmalarla desteklenerek kırılma zamanı yaklaşan fay zonları ortaya konmalıdır.

4- Yenilenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre, zeminlerin iyileştirilmesi ve buna uygun bina inşaasının yapılması gerekmektedir.

5- 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.

6- Türkiye ölçeğinde içinden diri fay geçen tüm ilçelerde yapılması gerekli master planlarının, uygulanabilmesi için Belediye ve yerel yönetimlerde, sözkonusu planların bilimsel içeriklerini anlayabilecek yerbilimcilerin istihdam edilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda Büyükşehir Belediyelerinde "JEOLOJİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI"nın kurulması önerilmektedir. Daire başkanlıklarına atanacak elemanların yerbilimleri konusundaki deprem bilgisine vakıf olması ve en az doktora düzeyinde doğal afet tehlike ve riski konusunda gerekli bilgi birikimi ve tecrübeye sahip olması gerekmektedir.

7- Dünya örneklerinde olduğu gibi, Türkiye ölçeğinde de deprem ile ilgili çalışmalar yapan bir çatı kuruma ihtiyaç vardır. Bu kapsamda **'Türkiye Jeolojik Araştırmalar Kurumu (TÜRKJAK)'** adı altında, çok disiplinli çalışmaların yürütüldüğü bir yapılanmaya gidilmesi önerilmektedir.

8- Türkiye'de pandemi sürecinde Sağlık Bakanlığı tarafından kurulmuş ve başarılı çalışmalar yürütmüş olan "Sağlık Bilim Kurulu" gibi hem toplumun ve hem de resmi kurum ve kuruluşların doğru bilinçlendirilmesi ve Türkiye'nin deprem araştırma politikasının belirlenmesi için bir **"DEPREM BİLİM KURULU"** kurulması önerilmektedir.

9- Bugüne kadar meydana gelen depremler incelendiğinde, Türkiye ölçeğinde can ve kayıplarına yol açan ve büyüklüğü 7'ye ulaşan depremlerin 6 yılda bir tekrar ettiği bilinmektedir. Bilimsel çalışmalara göre, bu düzeydeki depremlerin, öncelikle sismik boşluk (kırılma zamanı geçmiş fay segmentleri) adı verilen fay parçalarında beklendiği, bu fay parçalarının 20 civarında olduğu ve Türkiye'deki değişik illerin yerleşim yerlerinden geçtiği kabul edilmektedir. Bu nedenle, öncelikle söz konusu fay parçalarının içinden geçtiği illerden başlamak üzere, hem karadaki ve hem de deniz altındaki faylara göre, Türkiye'nin 81 ilinde öncelik sırasına göre, deprem senaryolarına dayalı İl Afet Risk Azaltma Planlarının yanısıra, doğrudan uygulamaya yönelik **Deprem Master Planları** Valilik, AFAD, Belediye, Üniversite, Yerel Yönetimler, ilgili kurum ve kuruluşlar, İlçe Kaymakamlıkları, Sivil Toplum Örgütleri ve



halkın da katılımıyla gerçekleştirilecek çalışmalarla yapılması ve uygulamaya konulması gerekmektedir.

10- Toplum olarak deprem konusunda bilinçlendiğimizde, bilimsel veriler ışığında gerekli çalışmaları yaparak, deprem olmadan önce deprem zararlarını azaltmaya yönelik önlemler alabildiğimizde olası bir yıkıcı depremdeki can ve mal kaybı önemli ölçüde azaltılmış olacaktır. Bu nedenle olası bir depremden en az zararla çıkabilecek bir bilince sahip olabilmek için, öncelikle gelecek kuşakların eğitim süresi boyunca doğa'yı tanımaya ve anlamaya yönelik dersler görmeleri, şehirlerin yerleşime uygunluk değerlendirmelerinin yerbilimsel veriler ışığında düzenlenmesi ve Belediye/yerel yönetimler gibi uygulayıcı kurum ve kuruluşlarda Şehir ve Bölge Planlama, Mimarlık ve İnşaat Mühendisleri yanısıra, deprem araştırmaları konusunda uzman Jeoloji Mühendisleri ve Jeofizik Mühendislerine yer verilmesi hayati derecede önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, yukarıda ayrıntılarıyla belirtilen çalışmaların önemli bir bölümü 2011'de İç İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanan "Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı"nda açıklanmıştır. UDSEP (2012-2023) olarak bilinen bu plan kapsamında depremden en az zararla çıkmak için yapılması gereken tüm çalışmalar, bu çalışmaları kimlerin ne zaman ve kimlerle yapacağı belirtilmiştir. 30 Ekim 2020 Samos depremi göstermektedir ki, İzmir ili ölçeğinde özellikle yerel yönetimler ve Belediyeler ekseninde depreme hazır olma konusunda ciddi eksikliklerin olduğu, deprem konusunda uzman olmayan isimlerin karar mekanizmasında görev aldığı ve bu nedenlerle doğal afet risk temelli kentsel dönüşüm çalışmalarının önemli ölçüde aksadığı görülmektedir.

Yukarıdaki tüm aksaklıkların giderilmesi yolunda uygulanabilir adımlar atabilmek için Belediyelerde deprem konusunda uzman bilim insanlarının danışmanlığında yürütülecek çalışmalarda, hem denizdeki ve hem de karadaki diri fayların etki alanında yer alan tüm il ve ilçelerde, güncel bilimsel veriler ışığında sorgulanabilir bir CBS tabanlı **Deprem Bilgi Bankası** oluşturulması ve bunun halka açık olması gerekmektedir. Bilimin ışığını izlemediğimiz sürece Doğal Afet Tehlikelerine karşı önlem alma şansı önemli ölçüde kaybedilecektir.

Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi kurulduğu 2003 yılından beri, Batı Anadoludaki illeri etkileyen diri fayların haritalanması ve deprem potasiyellerinin ortaya konulması konusunda hem ulusal ve hem de uluslararası ölçekteki çalışmalara imza atmış, İzmir ili ölçeğinde zemin özelliklerinin belirlenmesi için TUBİTAK-KAMAG niteliğindeki çok disiplinli çalışmalarda bulunmuş, toplumu bilgilendirme adına, Türkiye ölçeğinde seminer, konferans, kongre, çalıştaylara katılmış ve çok sayıda deprem sunumları gerçekleştirmiştir.

Türkiye'de meydana gelen 5den büyük her depremden sonra depremin sismik kaynağı ve şiddetine yönelik çalışmalar yaparak deprem öncesi alınması gereken önlemler konusunda önerilerde bulunmuş ve bu verileri bir bilgi notu şeklinde kamoyu ile paylaşmıştır.

30 Ekim Samos Depremi sonrasında da, yıkımın gerçekleştiği Bayraklı ilçesinde incelemelerde bulunarak basın ve medya yoluyla toplumun doğru bilgilendirilmesini sağlamış ve deprem merkezine en yakın faylar olan Gülbahçe ve Tuzla fayında incelemelerde bulunulmuştur. İzleyen günlerde Afyon Kocatepe Üniversitesi ile birlikte jeodezik çalışmalara başlanmış ve



bölgedeki GPS istasyonlarında ölçümler alınmıştır. Artçı depremleri izleme anlamında ilgili kurumlarla iletişime geçilmiş ve yerel sismik ağ veri aktarımı çaışalarına hız verilmiştir. Bunun yanında Tuzla ve Gülbahçe faylarında depremden sonra oluşan jeotermal kaynak değişimlerini sürekli izlemek üzere IYTE ile birlikte çalışmalar yürütülmektedir.

Bunun yanında, depremden sonra İzmire gelerek bilimsel çalışmalarda bulunan bilim insanları ile Ege Denizine komşu diğer ülkelerdeki bilim insanlarını bir araya getirecek şekilde, TUBİTAK-Turkish Journal of Earth Sciences Dergisi (TJES) Editörü Sayın Prof..Dr. Orhan TATAR'ın destekleriyle, **uluslararası düzeyde bir Deprem Çalıştayı** planlanmış ve Dokuz Eylül Üniversitesi ev sahipliğinde olacak şekilde çalışmalara başlanmıştır. Sözkonusu çalışmaların TJES dergisinde özel bir sayı şeklinde basılması da kabul edilmiştir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Akgün, M. Gönenç, T. Pamukçu. Özyalın, Ş., Özdağ, Ö.C., (2013a). Mühendislik Ana Kayasının Belirlenmesine Yönelik Jeofizik Yöntemlerin Bütünleşik Yorumu: İzmir Yeni Kent Merkezi Uygulamaları, Jeofizik Dergisi, 1304-12.

Akgün, M., Gönenç, T., Pamukçu,O. ve Özyalın, Ş. (2013b). Investigation of the relationship between ground and engineering bedrock at northern part of theGulf of İzmir by borehole data supported geophysical Works, Journal of Earth System Science, 123, 545-564.

Aksu, A.E., Piper, D.J.W. ve Konuk, T., (1987). Late Quaternary tectonic and sedimentary history of outer İzmir and Çandarlı bays, western Turkey. Marine Geology, 76, 89-104.

Akyürek, B. ve Soysal, Y., (1983). Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. MTA Dergisi, 95/96, 1-2.

Altınok, Y., Alpar, B. and Yaltırak, C., 2003, Şarköy Mürefte 1912 Earthquake's tsunami, extention of the associated faulting in the Marmara Sea, Turkey, Journal of Seismology, 7, 329-346.

Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., (2000). Foça yöresinin jeolojisi ve aktif tektoniği, Batı Anadolu. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 160-165, İzmir.

Ambraseys N (2009). Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900. New York, United States of America: Cambridge UniversityPress.

Ambraseys, N. and Synolakis C. (2010). Tsunami Catalogs for the Eastern Mediterranean, Revisited, Journal of Earthquake Engineering, 14:3, 309-330.

Baba, A., (2013). Gülbahçe Jeotermal Kaynağı Geliştirme Projesi, 2013, İZKA Projesi, TR31/12/DFD01/0015.

Baba, A., (2011). Gülbahçe ve çevresindeki jeotermal kaynaklarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal modellenmesi, IYTE BAP, 2011 IYTE21.

Benetatos, C., Kiratzi, A., Ganas, A., Ziazia, M., Plessa, A. And Drakatos, G. (2006). Strike-slip motions in the Gulf of Sığacık (western Turkey): Properties of the 17 October 2005 earthquake seismic sequence. Tectonophysics, 426, 263-279.

BSTİM (2020), Türkiye çevresi denizlerindeki olmuş olan tsunamileri ve bunlara ait deniz seviyesi gözlemleri, B.Ü. KRDAE Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, İstanbul.

Chatzipetros, A., Kiratzi, A., Sboras, S., Zouros, N. and Pavlides, S. (2013). Active faulting in thenorth-eastern Aegean Sea Islands. Tectonophysics, 597-598, 106-122.

Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2010). Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal ve spatial variation of the graben basin. Basin Research, 22, 846–873.

Çirmik, A., Doğru, F., Gönenç, T., & Pamukçu, O. (2017a). The stress/strain analysis of kinematic structure at Gülbahçe Fault and Uzunkuyu Intrusive (İzmir, Turkey). Pure and Applied Geophysics, 174(3), 1425-1440.

Çırmık, A., Pamukçu, O., Gönenç, T., Kahveci, M., Şalk, M., & Herring, T. (2017b). Examination of the kinematic structures in İzmir (Western Anatolia) with repeated GPS observations (2009, 2010 and 2011). Journal of African Earth Sciences, 126, 1-12.

Devlet Su İşleri (1973). Akhisar-Selendi Ovaları Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu, Devlet Su İşleri İç Kaynaklar.

Dotsenko, S. F. andIngerov, A. V. (2007). Characteristics of tsunami waves in the Black Sea according to the data of measurements. Physical Oceanography, Vol. 17, No. 1, 17-28.


Emre, Ö. ve Barka, A., (2000). Gediz grabeni – Ege denizi arasının (İzmir yöresi) aktif fayları. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 131–132, İzmir.

Emre, Ö., Ere, Ö., Özalp S., Doğan A., Özaksoy V., Yıldırım C., ve Göktaş F., (2005). İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri. Ankara: MTA Raporu no:10754.

Emre, Ö., Duman, T.Y. & Özalp, S., (2011a). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, İzmir (NJ 37-5) Paftası, Seri No: 8, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.

Emre, Ö., Doğan, A., & Özalp, S., (2011b). 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., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013). 1/1.125.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-30, Ankara, Türkiye.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. (2016). Active Fault Database of Turkey. Bull Earthquake Eng. DOI 10.1007/s10518-016-0041-2.

Erdoğan, B., (1990). İzmir–Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. TPJD Bülteni, 2, 1–20.

Eski, S., (2014). Gölmarmara Havzası'nın (Gediz Grabeni Kuzey Kolu) Aktif Tektoniği, Manisa. Yüksek Lİsans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Eşder, T., (1988). Gümüldür-Cumaovası (İzmir) alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Böl. Anabilim Dalı, 401 s. (Yayımlanmamış).

Eşder, T., Yakabağı, A., Sarıkaya H. ve Çiçekli, K., (1991). Aliağa (İzmir) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 9467, Ankara.

Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., (1991). Değirmenci, E., Türkiye büyük depremleri makrosismik rehberi 1900-1988. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü, İstanbul.

Eyübagil, E.E., Solak, H.İ., Kavak, U.S., Tiryakioğlu, İ., Sözbilir, H., Aktuğ, B., Özkaymak, Ç. (2020). Present-day strike-slip deformation within the southern part of İzmir Balıkesir Transfer Zone based on GNSS data and implications for seismic hazard assessment, western Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences. doi: 10.3906/ yer2005-26.

Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., (2000). Aliağa dolaylarının jeolojisi ve genç tektoniği. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 152-159, İzmir.

Genç, Ş.C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M., Yılmaz, Y., (2001). The Çubukludağ graben, south of İzmir: tectonic significance in the Neogene geological evolution of the Western Anatolia. GeodinamicaActa, 14, 1–12.

Gürer A, Bayrak M, Gürer ÖF (2004). Magnetotelluric images of the crust and mantle in the southwesternTaurides, Turkey. Tectonophysics 391(1): 109-120.

ISC (International Seismological center) (2020). Recent Earthquakes in Turkey [online]. Website http:// http://www.isc.ac.uk/ [accessed 4 November 2020].

IDSDMP, (RADIUS Projesi, 2000). İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı. İzmir Büyükşehir Belediyesi.

İnci, U., Sözbilir, H., Sümer, Ö. ve Erkül, F., (2003). Urla-Balıkesir arası depremlerin nedeni fosil bir fay. Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi, 21 Haziran 2003, 7-8.

Kaya, O., (1979). Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. TJK Bülteni, 22, 35-58.

Kaya, O., (1981). Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia. Newsletter Startigr., 10, 164-191.

Kahveci, M., Çırmık, A., Doğru, F., Pamukçu, O., & Gönenç, T. (2019). Subdividing the tectonic elements of Aegean and Eastern Mediterranean with gravity and GPS data. Acta Geophysica,67(2), 491-500.

KOERİ, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. http://www.koeri.boun.edu.tr

Komazawa, M., Morikawa, H., Nakamura, K., Akamatsu, J., N_shimura, K., Sawada, S., Erken, A., Önalp, A., (2002)., Bedrock structure in Adapazari, Turkey a possible cause of severe damage by the 1999 Kocaeli earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 829-836.

Kramer, S., L., (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, PrenticeHall PTR.

Lin, J., &Stein, R. S. (2004). Stress triggering in thrust and subduction earthquakes and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults. Journal Geophysical Research, 109, B02303. doi:10.1029/2003JB002607.

Lorito, S., M. M. Tiberti, R. Basili, A. Piatanesiand G. Valensise (2008), Earthquake-generated tsunamis in the Mediterranean Sea: Scenarios of potential threats to Southern Italy, J. Geophys. Res., 113, 1-14.



Mascle, J., Martin, L., (1990). Shallow structure and recent evolution of the Aegean Sea: a synthesis based on continuous reflection profiles. Marine Geology 94, 271–299.

Nakamura, Y., (1989). A method for dynamic characterristics estimation of subsurface using microtremor on the groundsurface, Quarterly report of the Railway Technical Research Institute 30:1, 25-33.

Nakamura, Y., (2008). On the H/V Spectrum The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

Nath K. (2000). Seismic Microzonation Framework - Principles & Applications. Workshop on Microzonation ©Interline Publishing, Bangalore.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., (2004). Neotectonic structures in the area off shore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province. Tectonophysics, 391, 67-83.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., (2005) Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): Evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. Marine Geology, 219, 155–171.

Öğdüm, F., (1983) Menemen Dumanlıdağ volkan konisi ve kalderasının jeomorfolojisi-evrimi. Jeomorfoloji Dergisi, 11, 45-52.

Özkaymak, Ç., ve Sözbilir, H., (2008). Stratigraphic and structural evidence for fault reactivation: the active Manisa fault zone, western Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences 17/3, 615–635.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Uzel, B. ve Akyüz, H.S., (2011). Geological and palaeoseismological evidence for late Pleistocene-Holocene activity on the Manisa fault zone, western Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences 20 (4), 449–474.

Özkaymak, Ç., ve Sözbilir, H., (2012). Tectonic geomorphology of the Spildağı High Ranges, western Anatolia. Geomorphology 173–174 (2012) 128–140.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. ve Uzel, B., (2013). Neogene–Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the Izmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. Journal of Geodynamics, 65, 117–135.

Pamukçu, O., Gönenç, T., Uyanik, O., Sözbilir, H., & Çakmak, O. (2014). A microgravity model forthecity of İzmir (Western Anatolia) and its tectonic implementations. Acta Geophysica, 62(4), 849-871.

Pamukçu, O., Gönenç, T., Çirmik, A., Sindirgi, P., Kaftan, I., & Akdemir, Ö. (2015). Investigation of vertical mass changes in the south of Izmir (Turkey) by monitoring microgravity and GPS/GNSS methods. Journal of Earth System Science, 124(1), 137-148.

Pamukçu O., Çırmık A., B.C. Malaliçi (2018) Analysis of Preseismic and Postseismic Deformation of Gülbahçe and surroundings with Sığacık (İzmir-Turkey) Earthquake (2005), ICENS 2018.

Papazachos B, Papazachou K (1997). The Earthquakes of Greece. Thessaloniki, ZitiPublication, 304 p (English).

Pavlides, S., Tsapanos, T., Zouros, N., Sboras, S., Koravos, G. And Chatzipetros, A. (2009). Using Active Fault Data for Assessing Seismic Hazard: A Case Study from NE Aegean Sea, Greece. Earthquake Geotechnical Engineering Satellite Conference XVIIth International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering 2-3.10.2009, Alexandria, Egypt

Pınar, N. & Lahn, E., (1952). Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği. Seri 6, Sayı 36.

Reilinger R, McClusky S, Vernant P, Lawrence S, Ergintav S et al. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa–Arabia– Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 1978-2012: 111.

Roumelioti, Z., Kiratzi, A., Benetatos, C., (2011). Time domain moment tensors of earthquakes in the broader Aegean Sea for the years 2006–2007: the database of the Aristotle University of Thessaloniki. Journal of Geodynamics 51, 179–189.

Sboras, S., Pavlides, S., Caputo, R., Chatzipetros, A., Michailidou, A., Valkaniotis, S. Ve Papathanasiou, G. (2011). Improving the resolution of seismic hazard estimates for critical facilities: The database of Greek crustal seismogenic sources in the frame of the SHARE Project, GNGTS, Sessione 2.1, 232-235.

Sözbilir, H., İnci, U., Erkul, F. ve Sümer, Ö., (2003). An intermittently active transform zone accommodating NS extension in Western Anatolia ve its relation to the North Anatolian Fault System. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian ve Dead Sea Faul tSystems: Recent Progress in Tectonics ve Paleoseismology, ve Field Training Course in Paleoseismology, Ankara, Poster Session, 2/2.

Sözblir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Saygılı, A., Ramazanoğlu, İ., Çiçek, E., (2004). İzmir Fayı'nın jeolojik ve jeomorfolojik parametreleri, Batı Anadolu. 8. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı, Bildiri, 20 Eylül 2004, Elazığ.

Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y., Koçer, T., (2008). D-B Uzanımlı İzmir Fayı ile KD-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlikte Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni, 51 (2), 91–114.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 51(2), 217–238.

Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. ve Akkiraz, S., (2011). Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. BasinResearch, 23(4), 423-448.



Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Boray, A., (1987). Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, III+394 s.+11 harita.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ., (1992). Türkiye Diri Fay Haritası, 1:2,000,000 ölçekli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Tan, O. ve Taymaz, T., (2001). Source parameters of November 6, 1992 Doğanbey (Izmir) earthquake (Mw=6.0) obtained from inversion of teleseismic body-waveforms. 4th International Turkish Geology Symposium, 24–28 September 2001, Çukurova University, Abstract volume, p. 171, Adana.

Tan, O. ve Taymaz, T., (2002). Source parameters of November 6, 1992 Doğanbey –Izmir (Mw=6.0, W Turkey) and November 15, 2000 Van (Mw=5.7, Eastern Turkey) earthquakes. 1st International Symposium of Istanbul Technical University the Faculty of Mines on Earth Sciencesand Engineering, 16–18 May 2002, Istanbul Technical University, Abstract volume, p. 70, Istanbul.

Tan, O., Papadimitriou, E.E., Pabuçcu, Z., Karakostas, V., Yörük, A. And Leptokaropoulos, K. (2014). A detailed analysis of microseismicity in Samos and Kuşadası (Eastern Aegean Sea) areas. Acta Geophysica, Vol. 62, No. 6, pp. 1283-1309.

Tepe, Ç. ve Sözbilir, H., (2017). Tectonicgeomorphology of the Kemalpaşa Basin and surrounding horsts, southwesternpart of the Gediz Graben, Western Anatolia. Geodinamica Acta, 29(1), 70-90.

Eyubagil E. E., Solak, H. İ. Kavak, U. S., tiryakioğlu, İ., sözbilir, H., Aktuğ, B., Özkaymak, Ç. 2020. Present-day strike-slip deformation within the southern part of İzmir Balıkesir Transfer Zone based on GNSS data and implications for seismic hazard assessment, western Anatolia. Turkish Jeournal of Earth Sciences (kabul edildi)

Toda, S., Stein, R.S., Richards-Dinger K., & Bozkurt, S.B. (2005). Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer. Journal Geophysics Research, 110, B05S16. doi:10.1029/2004JB003415.

Türkelli, N., Kalafat, D. ve Gündoğdu, O., (1995). 6 Kasım 1992 İzmir (Doğanbeyli) depremi saha gözlemleri ve odak mekanizma çözümü. Jeofizik, 9, 10, 343-348.

 $USGS\ (2020).\ \underline{https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000c7y0/moment-tensor$

Uzel, B. ve Sözbilir, H., (2008). A firstrecord of strike-slip basin in western Anatolia ve its tectonic implication: The Cumaovası basin as an example. Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 559–591.

Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç., (2012). Neotectonic evolution of an actively growing superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. TurkishJournal of Earth Sciences, 21, 439-471.

Uzelli, T., 2013. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kampüsü (Gülbahçe-İzmir) ve Civarının Neotektonik Özellikleri-Batı Anadolu-Türkiye. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013, 131 sayfa.

Uzelli, T., Baba, A., Mungan, G. G., Dirik, R. K., and Sözbilir, H. (2017). Conceptual model of the Gülbahçe geothermal system, Western Anatolia, Turkey: Based on structural and hydrogeochemical data. Geothermics, 68, 67-85. doi:10.1016/j.geothermics.2017.03.003.

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

Yolsal, S. Taymazand T. Yalçıner, A.C. (2007). Historical Tsunamis, Potential Source Regions and Tsunami Simulations in theEasternMediterraneanRegion. International EarthquakeSymposiom-Kocaeli 2007. 126-129.

Zouros, N., Pavlides, S., Kiratzi, A.A., Kakakaisis, G., Drakatos, G., Soulakellis, N., Vaitis, M., Tsapanos, T., Chatzipetros, A., Ganas A., Sboras, S., Koravos G., Koukourouvli, N., Lampaki, O., Valiakos, I., (2008). Active fault and seismicity maps of the North Aegean region (6 maps, 1:200.000, 1:100.000). Research project final report: Use of modern research tools in geosciences for seismic hazard management in NE Aegean islands, Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest, Mytilene, Lesvos, Greece.