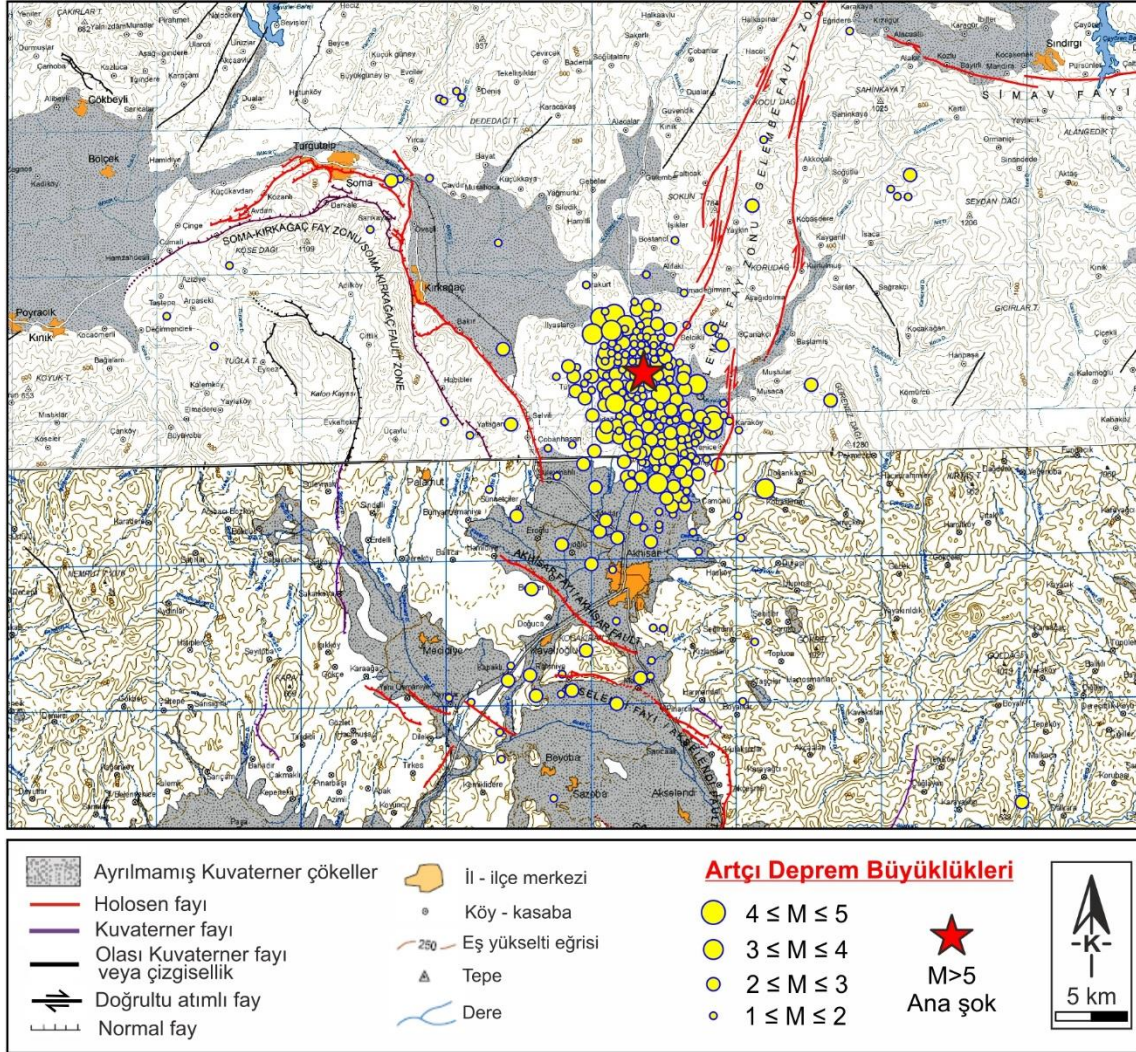


22 OCAK 2020 AKHİSAR DEPREMLERİ VE BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ ÖN RAPORU



OCAK, 2020



22 OCAK 2020 AKHİSAR DEPREMLERİ VE BÖLGENİN SİSMOTEKTONİĞİ ÖN RAPORU (versiyon 1.0)

RAPORU HAZIRLAYANLAR

Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR¹
Öğr.Gör. Semih ESKİ³
Dr.Öğr. Üyesi Mehmet UTKU¹

Dr. Recep ÇAKIR²
Jeol. Müh. İsmail DURAN³
Prof.Dr. Mustafa AKGÜN¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi

²Araştırmacı (Sismolog), Olympia, WA, USA

³Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Bölümü



GİRİŞ

DEPREMİN ÖZETİ

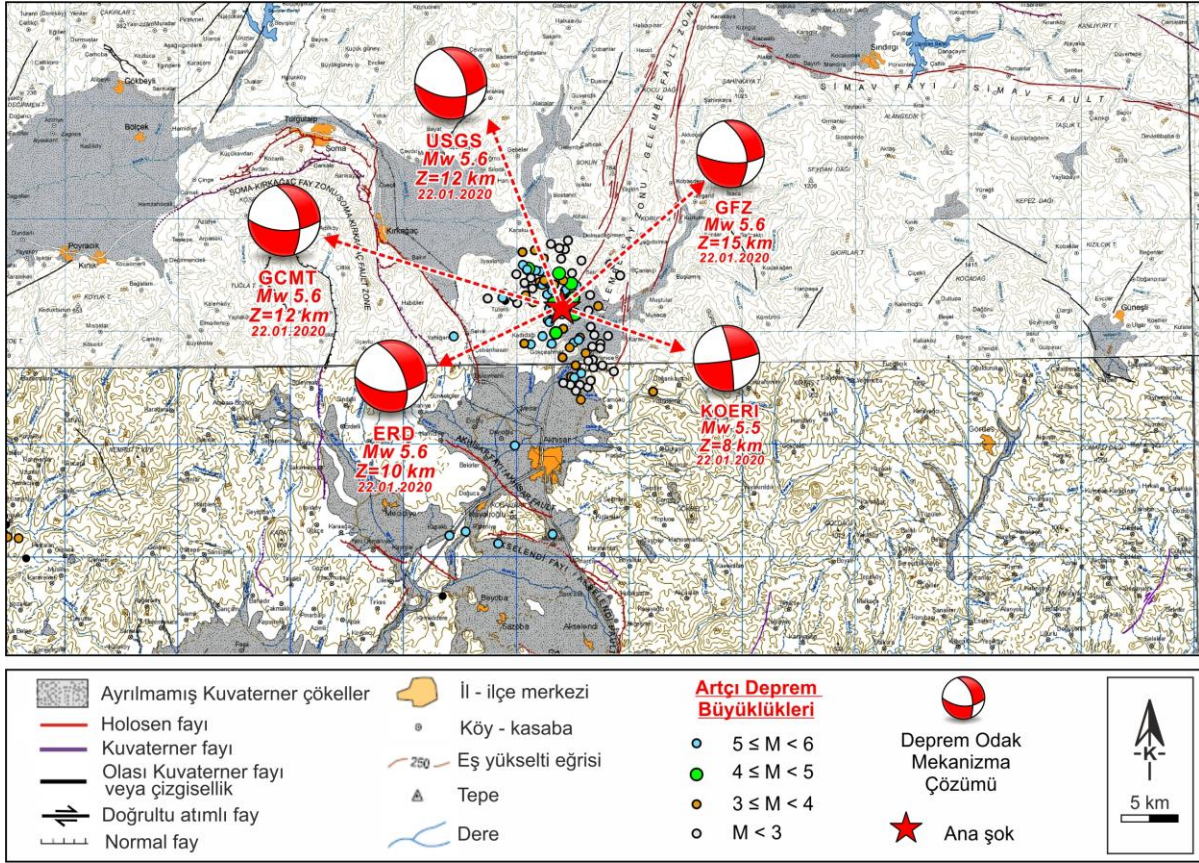
Bu rapor, Akhisar Depremleri ile ilgili literatür ışığında, BU-Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI, 2020) ve AFAD-Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD, 2020) ile uluslararası sismoloji istasyon verileri ve ekibimiz tarafından yapılan ön çalışmaların bir bütün olarak değerlendirildiği bilimsel 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, 22 Ocak 2020 günü, yerel saat 22:22’de Manisa ili Akhisar ilçesinin hemen kuzeyinde moment aletsel büyüklüğü Mw5.4 (yerel manyetüd ML5.6) ve yaklaşık 10 km derinlikte bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1a). Bu ana şok en yakın yerleşim birimi olan Manisa ilinin Akhisar ilçesine bağlı Musalar köyüne uzaklığı 1.46 km'dir. Akhisar depremi başta Manisa, İzmir, Balıkesir olmak üzere, İstanbul’da da hissedilmiştir. Ana şoktan sonra 27/01/2020 Saat: 03:35’a kadar büyüklüğü Mw4.3’e erişen 1033 artçı deprem kayıt edilmiştir (KOERI, 2020). Bu depremlerin saatlik dilimlerde deprem toplam sayısı ve en büyük manyetüd değerleri Şekil 1b de verilmiştir. Depremlerin ana şoktan itibaren zamana bağlı oluşum sayısı oranları (R(t)) genel olarak Omori yasasına uygun davranmaktadır. Omori parametereleri (t=1 saat olmak üzere) ilk 101 saat için yaklaşık olarak $k=33$, $p=0.34$, ve $c=0.09$ olarak hesaplanmıştır (Utsu, 1961).

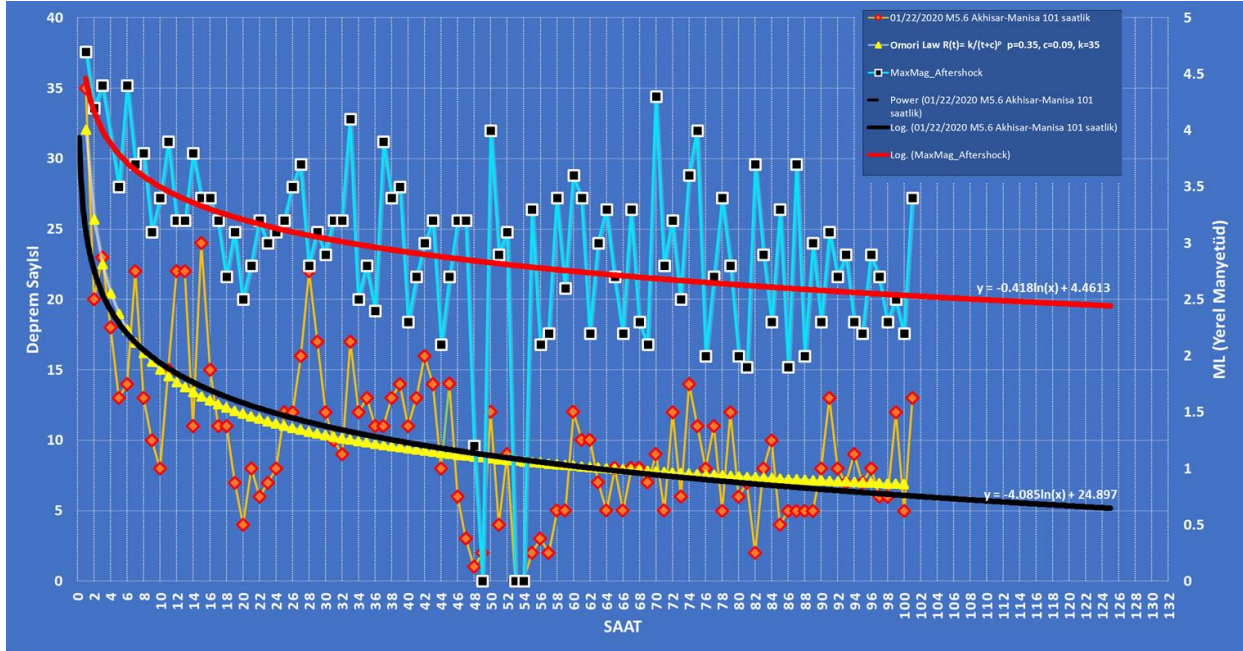
Bu depremlerden bir kısmı ana şokun sismik kaynağını oluşturan ve ana faya bağlı olan ikincil fay kollarında gelişmiştir. Meydana gelen ana şok ve artçı deprem verilerine göre, fayın kırıldığı yer tektonik açıdan önemli sayılabilecek Soma-Kırkağaç Fayı, Akhisar Fayı ve Gelenbe Fay Zonu’nun birleşim alanına çok yakındır. Sismolojik çalışmalarda da bu tür yerler, üçlü fay bağlanma (*triple junction*) alanları olarak adlandırılırlar.

Akhisar depremi sonrasında metruk binalarda yapısal hasar olduğu, 4 kişinin yaralandığı, Manisa Valiliği 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 şiddeti¹ MMI (Modified Mercalli Index) VII olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). 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 9.8 sn olarak hesaplanmıştır (AFAD).

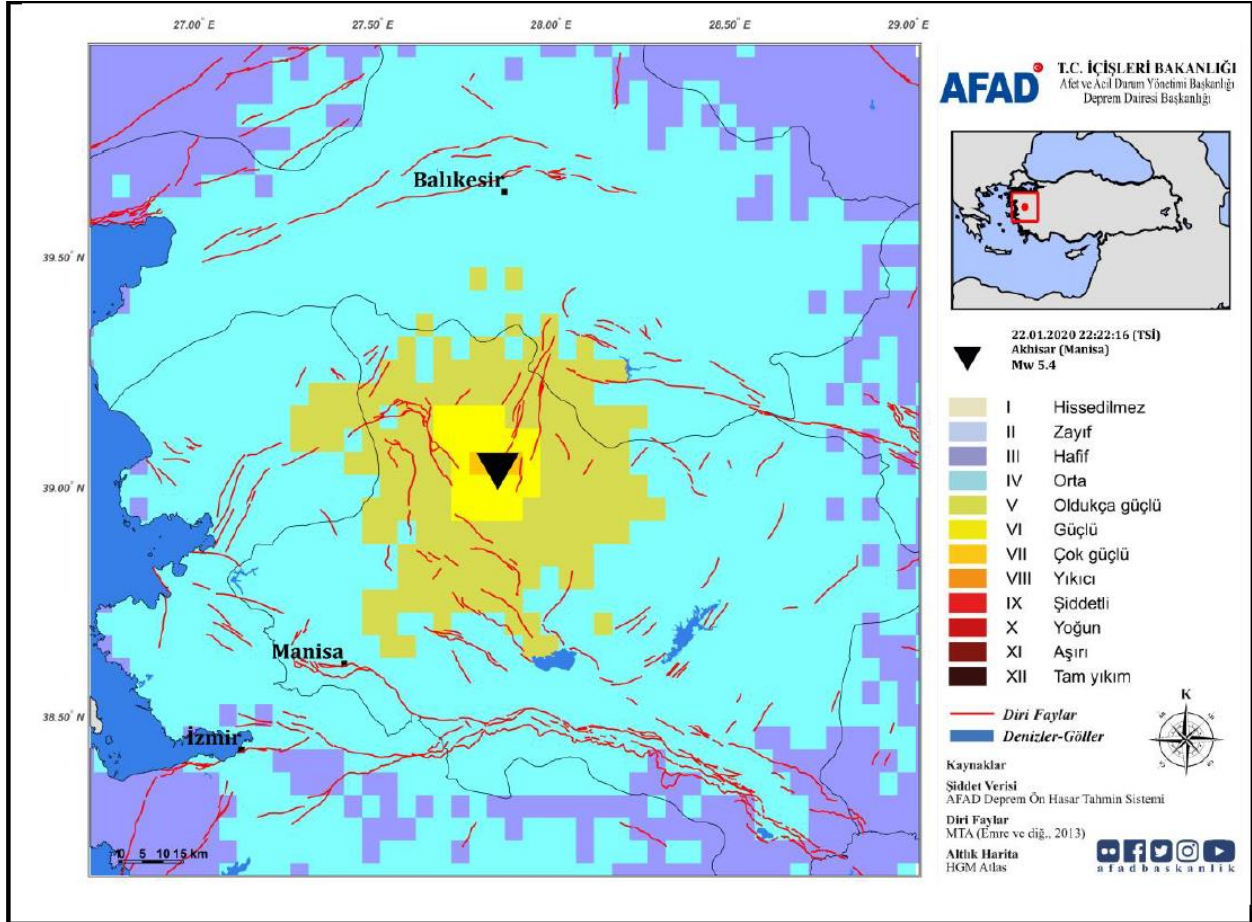
¹ Deprem Şiddet ve Büyüklük hakkında: <https://www.afad.gov.tr/depremin-buyuklugu-ve-siddeti-ayni-kavramlar-midir>



Şekil 1a. Akhisar depremi ana şoku ve artçı depremlerin dağılımı. Deprem verileri AFAD'dan sağlanmıştır. Kırmızı yıldız ana şokun dış merkezini (*epicenter*) ve plaj topları bu ana şokun çeşitli veri merkezleri tarafından rapor edilen fay mekanizma çözümleridir. Ana şokun davranışı genellikle düşey kayma (normal fay) bileşenli sağ yönlü yanal atımlı fay karakterindedir. Şekil 5a da tarafımızca ana şok fay çözümlemesi ayrıca verilmiştir.



Şekil 1b. Mw5.4 Akhisar-Manisa depremi sonrası Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi (KOERI, 2020) tarafından kayıt edilen artçı depremlerin yerel manyetüd ML (aletsel büyüklük) ve oluşan deprem sayısının saatle değişim grafiği. Burada her saat dilimi içerisinde oluşan maksimum manyetüd değerleri) turkuaz renkli çizgi ve siyah dolgulu karelerle, ve deprem oluşum sayıları ise portakal renkli çizgi ve baklava dilimi ile gösterilmişlerdir. Sarı üçgenler model Omori eğrisini (Utsu, 1961), siyah kalın çizgi ilk 101 saat ve bir sonraki 24 saat için deprem oluşum sayısı eğilimini (*trend*), ve kırmızı kalın çizgi her saat dilimi içinde hesaplanan en büyük manyetüd değerlerinin ilk 101 saat içindeki ve hemen sonraki 24 saat içindeki yaklaşık eğilimidir.



Şekil 2. AFAD-RED tahmini şiddet haritası (AFAD, 2020).



BÖLGESEL TEKTONİK ve SİSMİSİTE

Günümüzde, 30-40 mm/yıl bir hızla (Bozkurt, 2001; Le Pichon ve diğer., 1995; Oral ve diğer., 1995) K-G kıtasal genişleme etkisi altında şekillenen Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB), Pliyo-Kuvaterner'den beri gelişen KD-GB ve D-B uzanımlı havzalar ile tipiktir. Batı Anadolu'daki bu genişleme, Anadolu bloğunun sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu (KAFZ) ve sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu (DAFZ) fay zonları boyunca B-GB'ya, Ege-Kıbrıs yay sistemine doğru olan tektonik kaçma ilişkili deformasyon modeli ile açıklanmaktadır (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1987; Şengör ve diğer., 1985). Gölarmara havzasının içinde bulunduğu BAGB'nde yapılan GPS çalışmaları (Altınar ve diğer., 1999; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky ve diğer., 2000; Nyst ve Thatcher, 2004; Reilinger ve diğer., 1997), günümüzde BAGB'nin güneybatı yönünde Helenik yayına doğru, saatin tersi yönünde yaklaşık 20 mm/yıl hareket ettiğini göstermektedir. Bu hareket güneybatıya doğru daha da hızlanarak (40 mm/yıl) devam etmektedir (Altınar ve diğer., 1999; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky ve diğer., 2000; Mueller ve diğer., 1997; Nyst ve Thatcher, 2003; Reilinger ve diğer., 1997). Son yıllarda yapılan çalışmalar Batı Anadolu'da, GPS vektörlerinin işaret ettiği GB yönüne paralel doğrultu atımlı bir zayıflık zonunun, (İzmir-Balıkesir Transfer Zonu'nun, İBTZ) varlığını ortaya çıkarmıştır (Sözbilir ve diğer., 2007, 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008; Uzel ve diğer., 2012). İBTZ'nun, Geç Kretase zamanında derin kabuksal transform fayı olarak oluştuğu ve Neojen boyunca transfer fay zonu olarak yeniden hareket ettiği kabul edilmektedir (Okay ve Siyako, 1993; Okay ve diğer., 1996; Ring ve diğer., 1999; Sözbilir ve diğer., 2007, 2008; 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008; Uzel ve diğer., 2012). Bu kapsamda, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu Batı Anadolu'daki yeniden aktif hale gelmiş ana tektonik yapılardan biri olarak kabul edilmektedir (Sözbilir ve diğer., 2009, 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008). Fay zonu boyunca gelişen ilk hareket, Geç Kretase sırasında transform zon boyunca ince-uzun (elongate) havzada fliş-tipi malzemenin çökelişi ile belirgindir (Okay ve Siyako 1993). İkinci hareket, erken Miyosen zamanındaki D-B sıkışma ile ilişkili K-G açılma rejimi sırasında gerçekleşmiştir (Ring ve diğer., 1999). Bu zaman aralığı boyunca zon içine yerleşen geniş yayımlı volkanizma ve ilgili sokulumlar eşlik etmiştir. Fay zonu, geç Miyosen-orta Pliyosen süresince sağ yönlü doğrultu atımlı fay zonu karakterinde yeniden hareket etmiştir ve havza çökellerini deforme etmiştir. Bununla beraber, Pliyo-Kuvaterner yaşlı ince-uzun (elongate) havzaların bu yeniden aktif olan zonların etkisinde şekillendiği de gözlenmektedir.

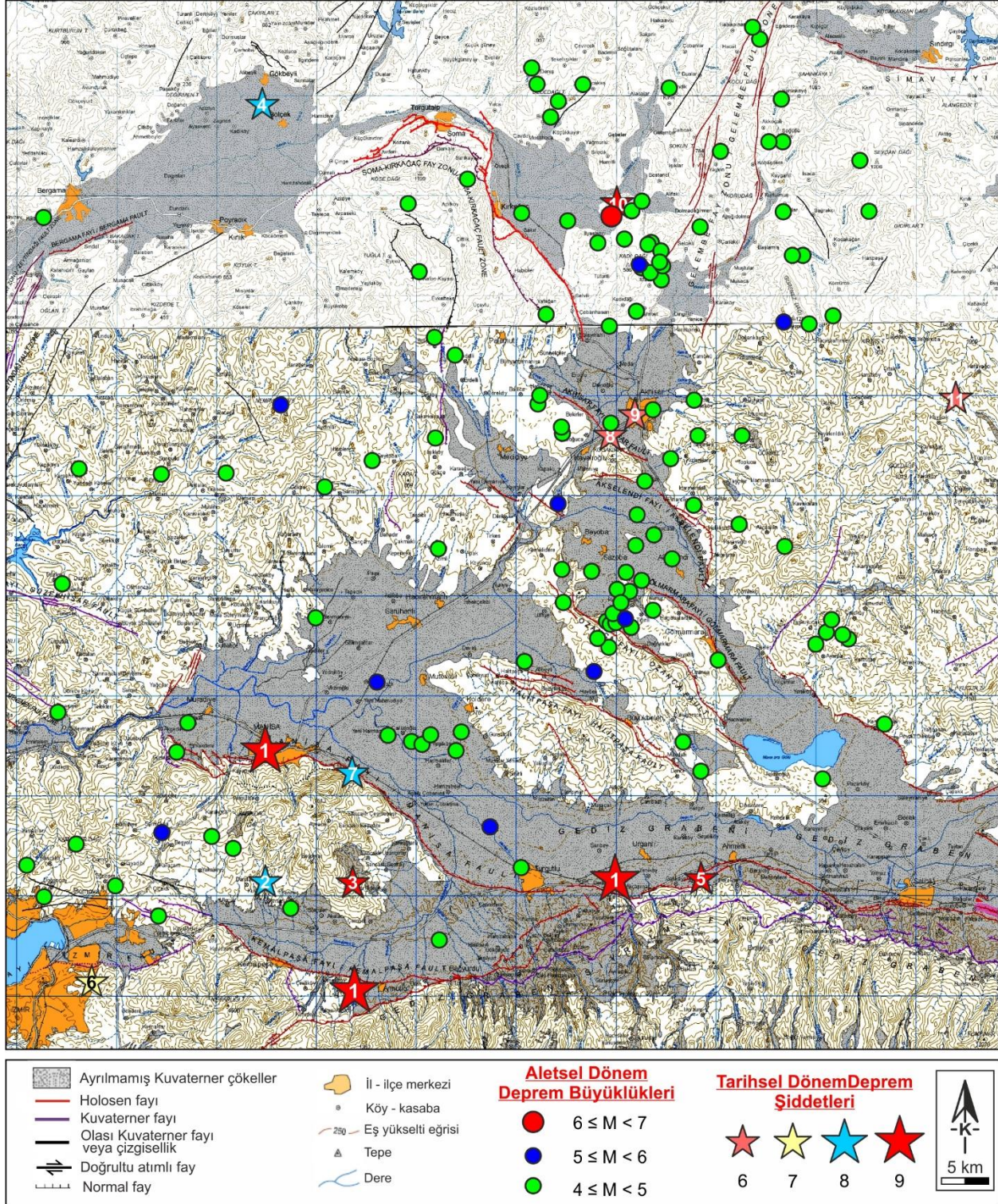


Bölgede, önceki yıllarda İzmir Körfezi içerisinde 2016 yılı içerisinde (MW4.7-4.8), 27/05/2017 15:53:23 (Mw 5.1) ve 12/09/2016 08:26:04 (Mw4.6) tarihlerinde önemli sismik aktiviteler ve depremler kaydedilmiştir (Şekil 3). Bölgede 1900 yılı öncesi oluşan tarihsel depremler Tablo 1 ile verilmiştir. Son 4 yıl içinde oluşan depremlere ait odak mekanizma çözümleri (Şekil 1a ve 3), faylanmanın baskın olarak doğrultu atım ve normal fay mekanizmasıyla geliştiğini göstermektedir. Bu depremler, Akhisar çöküntüsünün günümüzde KKD-GGB uzanımlı doğrultu (yanal) atımlı fayların hareketiyle deformasyona uğradığı ve bu hareketliliğe yer yer normal faylanmanın da eşlik ettiğini göstermektedir. Bölgede meydana gelmiş tarihsel ve aletsel dönem depremlerinin sismik kaynakları sözkonusu havzaları sınırlayan faylara bağlanmaktadır ve sayısı oldukça fazladır (Tablo 1 ve 2, Şekil 4).



Tablo 1. Akhisar ve çevresinde meydana gelen tarihsel dönem depremlerinin listesi (Başarır vd. 2017; Özkaymak vd., 2011).

Sıra No	Kimlik No	Zaman	Enlem	Boylam	Etkilenen Alan	Şiddet
1		17	38.40 38.5 38.6168	27.50 27.8 27.3992	Manisa (Magnesia), Muradiye, Sart (Sardes), Temnos, Myrina, Ephesus, Appolonia, Hyrcanis, Euthena, Ulloron, Philadelphia, Tmolus, Cyme, Thyatira, Gediz Nehri	IX
2		44	38.50	27.40	Magnesia, Ephesus	VIII
3		Ağustos 926	38.50	27.50	Manisa	?
4	419	MS 1296-07-17	39.20	27.40	Soma, Bergama	VIII
5		22 Eylül 1595	38.50	27.90	Manisa, Urganlı, Sart, Ahmetli, Gedik, Bostancı, Hamza Çavuş, Azizli köyleri	?
6		2 Haziran 1664	38.41	27.20	İzmir, Manisa	VII
7		23 Haziran 1845	38.60	27.50	Manisa	VIII
8	1510	MS 1858-06-16	38.90	27.80	Akhisar, Manisa, İzmir	VI
9	1757	MS 1873-11-10	38.92	27.83	Akhisar, Manisa	VI
10	1778	MS 1875-01-12	39.11	27.81	Karakurt-Manisa	?
11	2180	MS 1897-07-17	38.93	28.20	Gördes-Manisa	VI



Şekil 4. Akhisar ve çevresinin tarihsel (Tablo 1) ve aletsel (Tablo 2) dönem depremlerini gösteren harita (Aletsel ve Tarihsel Depremler Duman vd., 2016; Başarır vd., 2017'den alınmıştır).

Tablo 2. Akhisar ve yakın çevresinde 1900-2020 yılları arasında meydana gelen $M \geq 4$ aletsel dönem depremleri (AFAD ve Duman vd., 2016 verilerinden yararlanılmıştır).

Kimlik No	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyükük	
115	08/02/1903	21:40:00	38.4800	27.4300	10.00	Ms	4.4
120	02/04/1903	00:00:00	38.6200	27.3000	10.00	Ms	4.5
121	04/04/1903	00:00:00	39.0000	28.0000	20.00	Ms	5.5
146	24/09/1903	02:25:00	38.4900	27.1500	10.00	Ms	4.6
204	01/12/1904	00:00:00	38.7000	27.7000	20.00	Ms	4.8
277	21/06/1907	22:47:00	38.4500	27.6000	10.00	Ms	4.7
278	22/06/1907	16:00:00	38.6000	27.9000	10.00	Ms	4.5
286	04/01/1908	00:00:00	38.8700	27.3600	10.00	Ms	4.7
364	22/01/1910	16:00:00	38.7700	27.1700	10.00	Ms	4.1
373	14/07/1910	02:35:00	38.8600	27.8400	10.00	Ms	4.4
374	27/07/1910	14:51:00	38.8800	27.8700	10.00	Ms	4.9
433	02/02/1913	06:30:00	38.7900	27.8700	10.00	Ms	4.6
649	14/04/1924	00:00:00	39.0000	27.8000	10.00	Ms	4.7
709	13/01/1926	01:47:04	38.6400	28.1100	50.00	Ms	5.8
1064	23/05/1937	10:57:30	38.6900	27.7800	10.00	Ms	5.4
1184	05/02/1942	01:15:59	38.8400	27.7400	10.00	Ms	5.4
1190	12/08/1942	20:38:46	39.1300	27.6400	50.00	Ms	4.8
1191	12/08/1942	21:52:46	39.1000	27.7000	17.00	Ms	4.8
1197	28/10/1942	02:22:53	39.1000	27.8000	50.00	Ms	6.0
1340	04/01/1949	20:30:00	38.9000	27.9000	14.00	Ms	4.5
2088	19/09/1965	14:03:30	38.9000	27.9500	10.00	Mb	4.3
2089	30/09/1965	19:36:41	38.8000	28.0000	10.00	Ms	4.3
2095	18/10/1965	14:32:48	38.8300	27.8300	36.00	Mb	4.0
2190	22/05/1966	07:37:29	38.7000	27.9200	23.00	Mb	4.4
2196	02/06/1966	22:51:28	38.5000	27.2300	30.00	Mb	4.5
2199	19/06/1966	17:55:30	38.5440	27.3390	5.80	Mb	4.6
2274	29/01/1967	19:47:52	38.9900	27.6000	33.00	Ms	4.5
2490	21/03/1968	09:42:51	38.8000	27.6000	52.00	Mb	4.4
2689	17/02/1969	22:49:04	38.9000	27.6000	10.00	Ms	4.0
2715	25/03/1969	10:05:27	38.7500	27.8100	35.00	Mb	4.3
2719	25/03/1969	13:37:53	39.0000	28.0000	10.00	Ms	4.0
2723	25/03/1969	17:51:24	39.1600	28.0000	44.00	Mb	4.4
2746	20/04/1969	04:59:29	39.2000	28.0000	10.00	Mb	4.1
2757	01/05/1969	01:14:46	39.1000	28.0000	10.00	Ms	4.1
2941	29/03/1970	14:37:21	38.8110	27.8510	52.30	Mb	4.5
2942	29/03/1970	14:40:28	38.8210	27.9470	43.20	Mb	4.5
2995	07/04/1970	10:55:02	39.0000	27.8000	48.00	Mb	4.2
3518	03/09/1972	08:38:46	39.1624	27.9848	30.40	Mb	4.6
3663	01/02/1974	00:01:01	38.5480	27.2830	11.30	Mb	5.2
3664	02/02/1974	01:37:14	38.6452	27.3134	10.00	Ms	4.1
3672	14/02/1974	09:17:14	38.5356	27.1865	36.00	Mb	4.3
4090	24/02/1977	20:47:18	38.5500	27.6600	20.00	Mb	5.0
4213	16/12/1977	07:44:22	38.4730	27.2801	5.00	MI	4.0
4227	19/01/1978	12:08:17	38.9321	27.8959	10.00	MI	4.1
4584	02/08/1980	00:52:00	38.9300	27.4200	10.00	Mb	5.3
4629	27/11/1980	15:49:51	39.2307	27.7136	10.00	Mb	4.2
5168	27/12/1982	19:55:25	39.0128	27.8311	17.00	MI	4.1
5302	03/09/1983	12:45:23	39.1111	27.5704	10.00	MI	4.0
5441	01/03/1984	06:39:33	39.2540	27.9772	3.80	Mb	4.1
5532	15/07/1984	17:47:03	39.2173	27.7197	10.00	MI	4.1
5602	07/11/1984	11:39:44	38.9127	27.8001	10.00	Mb	4.0
5627	25/01/1985	02:42:18	38.5333	27.3629	7.30	MI	4.1
5660	14/03/1985	11:35:38	38.5148	27.6934	15.00	Mb	4.7



Kimlik No	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik
5746	17/10/1985	19:15:26	38.7714	27.8342	10.00	Mb 4.1
5750	23/10/1985	06:14:32	38.8017	27.8284	12.00	Mb 4.3
5861	27/05/1986	04:44:50	38.8797	27.5275	10.00	MI 4.0
5930	30/08/1986	04:47:11	39.1094	27.8389	10.00	MI 4.1
5938	23/09/1986	08:41:25	39.0929	27.7526	14.00	MI 4.2
5940	29/09/1986	17:38:04	39.0738	27.7866	11.00	MI 4.1
5970	30/11/1986	05:29:18	38.7517	27.7444	14.00	Mb 4.3
6077	23/07/1987	07:07:37	38.7314	27.8207	10.00	MI 4.0
6216	23/04/1988	17:54:45	39.1000	28.1000	33.00	Mb 4.0
6726	19/12/1990	09:46:45	38.5910	28.0391	6.70	Mb 4.7
6874	15/06/1991	22:08:25	38.5200	27.1300	8.00	Mb 4.1
7188	31/03/1993	18:20:46	39.1450	28.0890	15.00	Mb 4.5
7240	26/08/1993	19:50:24	39.1039	27.8308	5.00	Mb 4.0
7292	28/01/1994	15:45:28	38.6820	27.5290	16.50	Mw 5.4
7295	06/02/1994	01:15:06	38.7400	27.4600	5.00	Mb 4.1
7661	14/03/1996	09:28:27	39.0489	27.5817	12.00	MI 4.3
7817	21/09/1996	03:34:23	38.8374	27.8946	4.00	Mb 4.1
8686	26/09/1999	06:38:40	39.0880	27.9050	10.80	Mb 4.1
8700	21/10/1999	07:33:12	38.8740	27.1900	4.40	MI 4.0
9041	19/01/2001	04:38:37	39.1550	27.9300	7.30	Md 4.1
9364	21/01/2002	14:34:27	38.6260	27.8810	26.20	Mb 4.8
9477	06/06/2002	05:09:59	39.0600	28.0100	8.00	Mb 4.2
9732	22/06/2003	23:46:23	38.9980	28.0290	15.10	Mb 4.5
10033	05/11/2004	17:30:22	39.2144	27.7715	13.00	Mb 4.5
10050	02/12/2004	15:51:48	39.2644	27.9677	11.00	Mb 4.4
10078	12/01/2005	11:25:41	39.2015	27.7428	6.80	Mb 4.0
10079	13/01/2005	11:00:48	39.1868	27.7347	8.90	MI 4.3
10086	20/01/2005	23:27:36	38.6559	27.1660	16.10	MI 4.0
10399	24/12/2005	03:56:07	38.7780	27.8180	7.50	Mb 4.3
10938	10/12/2007	21:50:06	38.7812	27.7420	21.43	Md 4.0
11017	15/03/2008	11:52:14	39.0476	27.8478	11.80	Mb 4.2
11018	15/03/2008	15:34:19	39.0409	27.8590	2.50	MI 4.0
11108	13/07/2008	14:30:53	38.9238	27.8482	10.00	MI 4.0
11966	01/05/2011	15:04:28	39.0602	28.0227	24.88	MI 4.1
11991	23/05/2011	10:06:38	39.0988	27.1522	26.37	MI 4.0
12086	08/10/2011	22:10:53	39.0052	28.0570	25.38	MI 4.0
12356	08/02/2012	19:57:26	39.2112	27.8725	6.99	MI 4.2
12546	03/08/2012	10:18:20	38.7202	28.0650	22.61	MI 4.6
12547	04/08/2012	02:23:51	38.7178	28.0690	22.94	MI 4.2
12551	07/08/2012	23:17:38	38.7327	28.0530	18.05	MI 4.0
12552	07/08/2012	23:57:37	38.7242	28.0463	22.21	MI 4.2
12583	25/08/2012	07:24:46	38.7117	28.0330	17.40	MI 4.1
12588	05/09/2012	15:49:02	38.9740	27.6217	20.71	MI 4.1
	03/07/2016	18:05:43	38.7630	27.8053	9.82	Mw 4.0
	12/09/2016	08:26:04	38.9050	27.7451	17.78	Mw 4.6
	12/09/2016	09:29:37	38.9023	27.7448	17.24	Mw 4.5
	09/10/2016	06:21:00	39.0091	27.7260	14.07	Mw 4.0
	15/10/2016	02:51:03	38.9298	27.7166	9.80	Mw 4.2
	15/10/2016	02:49:16	38.9333	27.7200	8.14	Mw 4.1
	02/04/2017	05:32:42	38.6275	27.5718	12.56	Mw 4.3
	04/04/2017	13:00:37	38.6271	27.5836	18.40	Mw 4.0
	19/04/2017	11:23:11	38.6360	27.6258	21.92	Mw 4.2



Kimlik No	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyükük
	21/04/2017	14:12:21	38.6313	27.5873	13.20	Mw 4.9
	27/05/2017	15:53:23	38.7358	27.8156	11.03	Mw 5.1
	28/05/2017	02:14:59	38.7386	27.8025	9.17	Mw 4.4
	28/05/2017	02:16:41	38.7436	27.8468	4.44	Mw 4.0
	28/05/2017	02:50:25	38.7185	27.7843	8.64	Mw 4.6
	28/05/2017	02:52:55	38.7115	27.7956	6.90	Mw 4.8
	28/05/2017	04:38:19	38.7365	27.8060	9.78	Mw 4.5
	28/05/2017	07:34:01	38.7786	27.7755	7.21	Mw 4.1
	28/05/2017	08:49:48	38.7331	27.8010	7.10	Mw 4.1
	28/05/2017	11:04:59	38.7350	27.7955	7.21	Mw 4.8
	22/06/2017	08:56:33	38.6325	27.5446	16.53	Mw 4.0
	05/07/2017	07:26:05	38.6205	27.6200	10.26	Mw 4.1
	19/07/2017	04:42:50	38.7615	27.8196	11.36	Mw 4.0
	11/11/2017	08:56:37	38.8570	27.4725	18.09	Mw 4.4
	22/01/2020	14:46:30	38.8658	27.2818	14.5	Mw 4.1
	22/01/2020	19:22:16	39.0488	27.8443	10.35	Mw 5.4
	22/01/2020	19:25:13	39.0723	27.8523	7.01	Ml 4.1
	22/01/2020	19:48:30	39.0763	27.821	7.0	Mw 4.1
	22/01/2020	20:17:38	39.0641	27.8646	6.95	Mw 4.3
	22/01/2020	21:24:07	39.0513	27.8638	6.98	Mw 4.0
	22/01/2020	21:30:10	39.0475	27.846	7.29	Mw 4.0
	22/01/2020	21:52:05	39.0715	27.8511	7.01	Mw 4.1
	22/01/2020	22:39:18	39.025	27.8481	7.86	Mw 4.2
	23/01/2020	00:45:23	39.039	27.8658	6.98	Mw 4.2
	24/01/2020	21:16:13	39.054	27.8625	9.59	Mw 4.0



Akhisar-Manisa Ana (Mw5.4) ve Artçı (M \geq 4) Depremlerinin Kaynak Mekanizma Çözümleri

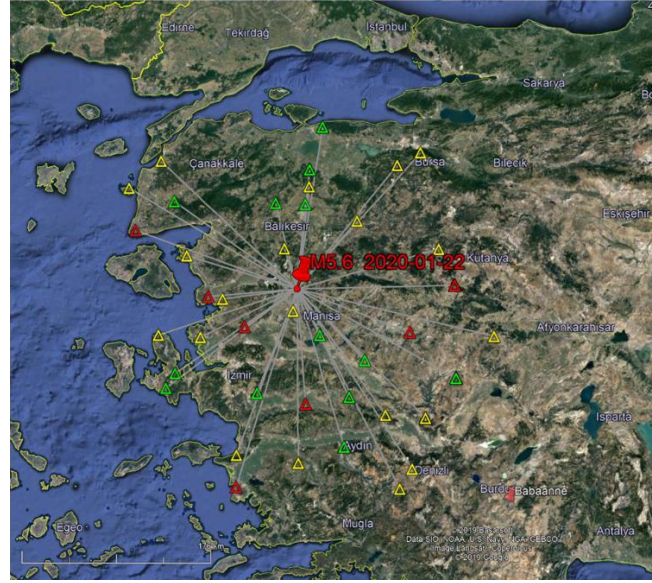
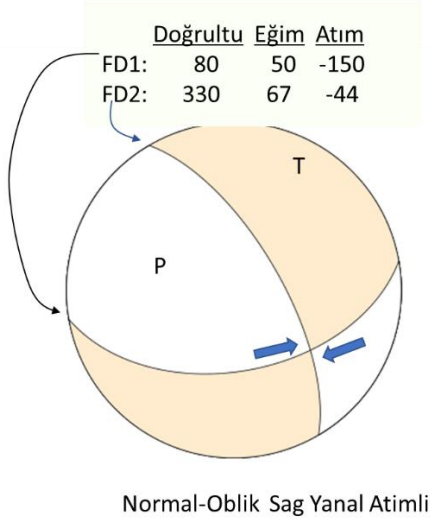
Bu bölümde öncelikle KOERİ ve AFAD ham verileri esas alınarak tarafımızdan ana şok ve 4'den büyük artçı şoklara ait odak mekanizma çözümleri verilerek, odak mekanizma çözümleri yapılan sismik kaynağa en yakın olan iki fay ile ilgili özet bir bilgi sunulmuştur.

Odak mekanizma çözümleri için, AFAD Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi (<http://tdvm.afad.gov.tr/>) tarafından servis edilen dalga formu (sayısal sismogramlar) kullanılmıştır. Bu sismogramlar üzerinden P ve S dalgaları ilk varış zamanları ile P dalgası genlik yönleri (polariteleri) okunarak SEISAN Deprem Analiz Yazılımı (Havskov and Ottemoller, 1999) (<http://seisan.info/>) içerisinde önce M \geq 4 artçı depremlerin lokasyonları bulunmuş, ve aynı yazılım içerisinde FPFIT (Reasenberg and Oppenheimer, 1985) ve HASH (Hardebeck and Shearer, 2002) metodlarını kullanarak, P dalgası polariteleri ve P-S dalgaları genlik oranları giriş verileri ile fay çözümlenmeleri yapılmıştır. HASH metoduyla elde edilen ana şok fay çözümü detaylı olarak Şekil 5a da verilmiştir. Tablo 3 de fay çözümü yapılan deprem bilgileri ve bu depremlerin kaynak mekanizmaları birinci ve ikinci fay düzlemleri ile verilmiştir. Şekil 5b bu çözümlerin her bir deprem için plaj topları olarak gösterimidir.

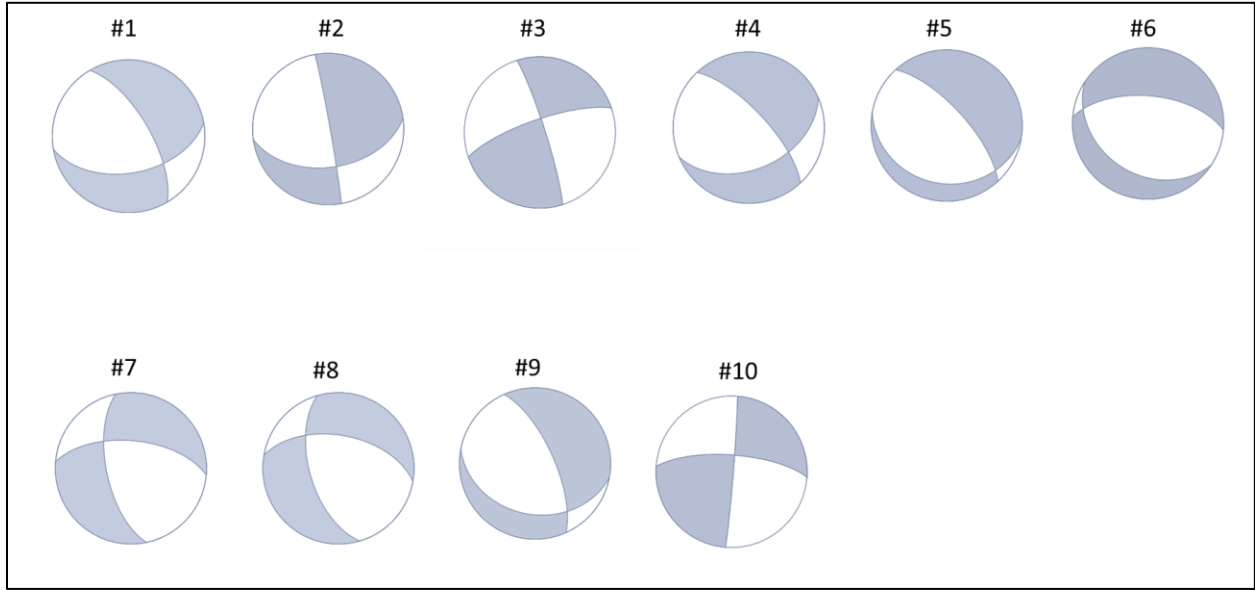
Tablo 3. Fay mekanizma çözümlemesi yapılan ana ve artçı depremler. DAUM FD1 ve FD2 tarafımızca hesaplanan birinci ve ikinci fay düzlem (FD) çözümlemeleridir.

Tarih ve Oluş Zamanı (GMT) (KOERİ)	Büyüklik (ML) (KOERİ)	Derinlik (Km) (KOERİ)	Enlem (Ondalık Derece) (KOERİ)	Boylam (Ondalık Derece) (KOERİ)	DAUM FD1: Doğrultu, Eğim, Atım (Alt Yarım Küre, Aki-Richards Formatında)	DAUM FD2: Doğrultu, Eğim, Atım (Alt Yarım Küre, Aki-Richards Formatında)	Plajtopu Çizim No: (Şekil...)
01.22.2020 19:22:15	5.6	8.5	39.0573	27.8445	80, 50, -150	329, 67, -44	1
01.22.2020 19:25:13	4.4	12.5	39.0623	27.8455	82,48, -177	349, 88, -42	2
01.22.2020 19:48:30	4.2	8.0	39.0883	27.8387	251, 76, 174	342, 84, 14	3
01.22.2020 20:17:38	4.7	13.5	39.0577	27.8427	67, 44, -153	316, 72, -49	4
01.22.2020 21:24:07	4.2	13.9	39.0453	27.8465	100, 24, -125	318, 71, -76	5
01.22.2020 21:30:10	4.2	9.6	39.0392	27.8405	275, 60, -105	123, 33, -66	6
01.22.2020 21:52:05	4.1	14.1	39.0663	27.8590	275, 60, -149	168, 63, -34	7
01.22.2020 22:39:18	4.4	12.5	39.0292	27.8550	280, 54, -140	164, 59, -43	8
01.23.2020 00:45:22	4.4	10.1	39.0385	27.8462	101, 33, -140	336, 69, -63	9
2020.01.24 03:04:38	4.1	7.0	39.0238	27.8730	274, 72, 178	365, 88, 18	10

M5.6 Musalar-Akhisar, Manisa
Derinlik= 8.5 km, Tarih: 2020.01.22 Saat:22:22:15 (yerel)



Şekil 5a. HASH (Hardebeck and Shearer, 2002) metoduyla hesaplanan ana şok fay mekanizma çözümü diğer veri merkezlerinin sonuçlarıyla uyumludur.



Şekil 5b. Tablo 3 ile verilen depremlerin fay çözümlerinin plaj topları biçiminde temsili gösterimi.

A) Gelenbe Fay Zonu (GFZ) Bigadiç ve Akhisar arasında uzanan faylar Gelenbe Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu ve diğerleri, 1987, 1992). Emre vd., (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. Holosen fay sarplıkları zondaki fayların yüzey faylanması gelişen depremlere kaynaklık ettiğini göstermektedir. 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 (Emre vd., 2011b). Fay geometrisi dikkate alındığında zondaki iki fay segmentinin birbirinden bağımsız depremler üretmesi olasıdır (Emre vd., 2011b).

B) Soma-Kırkağaç Fay Zonu: Soma-kırkağaç Fay Zonu (SKFZ) 1/250.000 ölçekli Türkiye diri Fay Haritasında Soma İlçesi güneyindeki Köseadağı yükseltisini kuzeyden ve doğudan sınırlayan 40 km uzunluğunda geniş bir fay zonu olarak tanımlanmıştır (Emre vd., 2013). SKFZ Köseadağı yükseltisinin kuzey sınırı boyunca Cumalı-Avdan-Kozanlı-Turgutalp hattı boyunca KD-GB uzanımlı fay parçalarından yapıldır. Yaklaşık 15 km uzunluğundaki bu fay zonu Turgutalp semtinden sonra D-B doğrultusuna dönüş yaparak Soma ilçesinden geçer. Yaklaşık 8 km uzunluğundaki bu bölümden 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 ($M_s = 6,88$, Pınar ve Lahn, 1952; Eyidoğan vd., 1991) ile 28 Ekim 1942 meydana gelen Kırkağaç depremi ($M_s = 6,03$, Eyidoğan vd., 1991) Soma-Kırkağaç Fay Zonu ile ilişkilendirilmektedir.

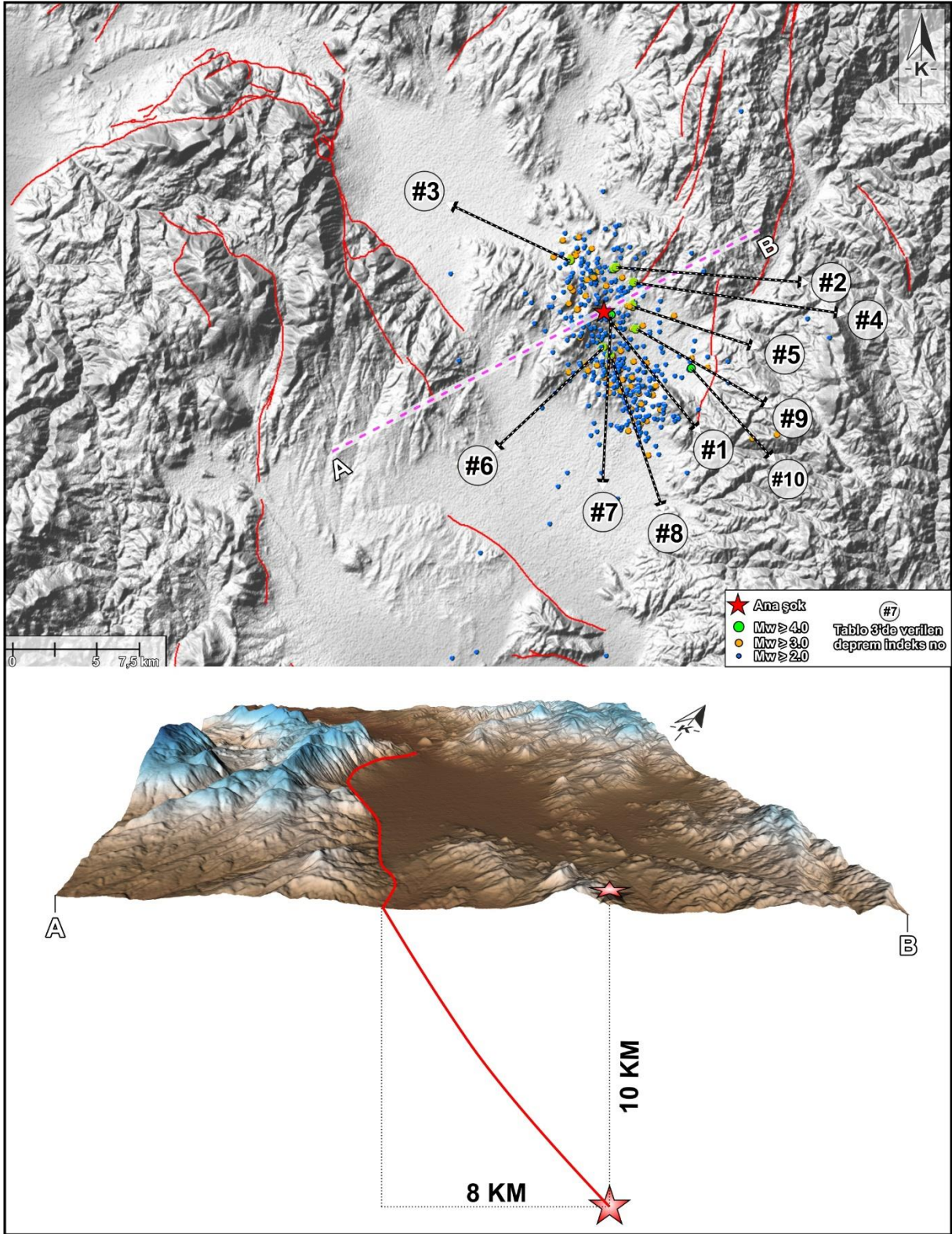


DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi

Tüm veriler değerlendirildiğinde, Akhisar depremine neden olan fayın K20-30B doğrultusunda ve 67-71 kuzey doğuya eğimli fay üzerinde geliştiğini göstermektedir. Buna göre, Akhisar depreminin Kırkağaç Fayından kaynaklanmış olabileceği görülmektedir.

Ana şokun (x,y,z) 3B mekânsal konum bilgilerini kullanarak oluşturulan şekil 6. Meydana gelen depremin Soma Kırkağaç Fay Zonu ile ilişkisine ait ipuçları sunmaktadır. Yapılacak arazi çalışmaları sırasında bu konu hususunda dikkat edilerek gözlemler yapılması gerekmektedir.



Şekil 6. Ana şok ile Soma Kırkağaç Fay Zonu ilişkisini gösteren enine kesit.



DEPREM ETKİLERİ ÜZERİNE BAZI ÖNERİLER

Türkiye’de 1999 Kocaeli-Düzce depreminden sonra başlatılan Deprem seferberliği Deprem Konsey’nin 2005’ yayınladığı “öncelikli deprem konuları”nı içeren belgeler ve ardından T.C. Başbakanlık tarafından yayınlanan ”Türkiye Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP)” 2011de yayınlanmıştır. Bu kitapçıkta Türkiye’deki bütün resmi kurum ve kuruluşlar AFET YÖNETİMİ kapsamında deprem zararlarını azaltma adına deprem öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak çalışmalar açıklanmış ve bu çalışmalarla ilgili ve sorumlu kurum/kuruluşlar tanımlanmıştır. Buna göre çalışmaların cumhuriyetimizin 100. Yılı olan 2023’de tamamlanması hedeflenmiştir. UDSEP’in hedef, strateji ve eylemleri aşağıdaki 3 eksen de gruplandırılmıştır

- 1) Depremleri öğrenmek
- 2) Deprem güvenli yerleşme ve yapılaşma
- 3) Depremlerin etkileriyle baş edebilmek.

Bu çalışmalardan en önemlileri aşağıda özetlenmiştir.

1- Türkiye ölçeğinde tanımlanmış olan diri fayların gelecekteki deprem üretme potansiyellerini ortaya koyabilmek için, bu fayların geçmişte ürettikleri tarihsel ve tarih öncesi depremlerle ilgili verilerin elde edilmesini sağlayan hendek tabanlı paleosismoloji çalışmalarına ağırlık verilmelidir.

2- Yakın gelecekte yıkıcı deprem üretme potansiyeli olan ve yerleşim yerlerinden geçen diri fayların 1/1000 ölçeğindeki imar haritalarına işlenmesi ve bu fay zonlarının “YÜZEY FAYLANMASI TEHLİKESİ KUŞAĞI VE FAY SAKINIM BANDI” oluşturma kriterleri açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

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

5- Yenilenen deprem yönetmeliğine göre, zeminlerin iyileştirilmesi ve uygun bina inşasının yapılması veya Bina performans analizlerinin yapılması gerekmektedir.

6- Bilindiği gibi, yıkıcı bir deprem öncesinde yeraltındaki kayada, suda ve havada önemli değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimleri gösteren tüm parametrelerin ölçüldüğü bütünleşik bir sensör sisteminin/ağının geliştirilmesi ve deprem önkestim konusundaki çalışmalara hız verilmelidir.

7- İlçe bazında üretilecek deprem senaryolarına göre “Deprem Master Planlarının” yapılması, veya var olan Deprem Master Planlarının güncel bilimsel veriler ışığında yeniden revize edilmesi gerekmektedir.



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

9- 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 “JEOLJİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI”nın kurulması önerilebilir.

KAYNAKÇA

AFAD, (2020). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. DDA deprem kataloğu. <https://deprem.afad.gov.tr/ddakatalogu>.

Başarır Baştürk, N., Özel, N.M., Altınok, Y. ve Duman, T.Y. 2017. Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000 - MS 1900-) deprem kataloğu. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı (Ed. T.Y. Duman), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayınlar Serisi- 34, 239 s. Ankara-Türkiye.

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3–30.

Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean ve surrounding region: Complex multiplate ve continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84–92.

Duman, T.Y., Çan, T., Emre, Ö, Kadirioglu, F.T., Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R.F., Kalafat, D., Karakaya, F., Eroğlu Azak, T., Özel, N.M., Ergintav, S., Akkar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A, Kurt, A.İ., 2016, Açıklamalı Türkiye Sismotektonik Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-34. 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., & Şaroğlu, F., (2013). Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1: 1.250. 000. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Özel yayın serisi 30, 89 sayfa, 1 pafta harita.

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

Hardebeck, J.L. and Shearer, P. M. (2002). A new method for determining firstmotion focal mechanisms. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 92:2264-2276.

Havskov and Ottemoller, SeisAn Earthquake analysis software, *Seis. Res. Lett.*, 70, 1999.



Kadirioğlu, F.T., Kartal, R.F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T.Y., Eroğlu Azak, T., Özalp, S. ve Emre, Ö. 2017, Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş aletsel dönem (1900 - 2012) deprem kataloğu ($M \geq 4,0$). Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı (Ed. T.Y. Duman). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-34, 1246 s. Ankara-Türkiye.

Kılıç, T., Kartal, R.F., Kadirioğlu, F.T., Duman, T.Y. ve Özalp, S. 2017. Türkiye ve yakın çevresi için düzenlenmiş moment tensor (1906-2012) kataloğu $MW \geq 4,0$). Türkiye Sismotektonik Haritası (Ed. T.Y. Duman), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayınlar Serisi-34, 261 s. Ankara-Türkiye.

KOERI, (2020), [Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü \(KRDAE\), Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi \(BDTIM\). <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst5.asp>](http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst5.asp)

Le Pichon, X., Chamot-Rooke, C., Lallemand, S., Noomen, R. ve Veis, G. (1995). Geodetic determination of the kinematics of Central Greece with respect to Europe: implications for Eastern Mediterranean tectonics, *Journal of Geophysical Research*, 100, 12675–12690.

McClusky, S. C., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I. ve diğer. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics ve dynamics in the eastern Mediterranean ve Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.

Mueller, St., Kahle, H.-G. ve Barka, A. (1997). Plate-Tectonic Situation in the Anatolian–Aegean Region. In: Schinder ve Pfister (Eds.), Active Tectonics of NW Anatolia — *The Marmara-Poly Project*. VdF Hochschulverlag, Zürich, 13–28.

Nyst, M. ve Thatcher, W. (2004). New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical Research* 109(B11), 406-430.

Okay, A. ve Siyako, M. (1993). İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis kenedinin yeni konumu. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli. S. Turgut, (ed.), *Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri Kitabı* içinde (333-355). Ankara.

Okay, A.İ., Satır, M., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996). Paleo- ve Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic ve geochronologic constrains. In A. Yin, T.M. Harrison (eds.). *The tectonic evolution of Asia* (420–441). United States: Cambridge University Press.

Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksöz, M.N., Kong, R.W., Barka, A.A., Kınık, İ. ve diğer. (1995). Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS Transactions*, 76/9.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Uzel, B., & 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.

Reasenber, P. and Oppenheimer, D. (1985). Fpfit, fpplot, and fppage: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault plane solutions. Technical report, U.S. Geol. Survey.



Reilinger, R. E., McClusky, S. C. ve Oral, M. B. (1997). GPS measurements of present day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research*, 102, 9983-9999.

Ring, U., Susanne, L. ve Matthias, B. (1999). Structural analysis of a complex nappe sequence ve late orogenic basins from the Aegean Island of Samos, Greece. *Journal of Structural Geology*, 21, 1575-1601.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Özkaymak, Ç., Ersoy, Y., Erkül, F., ve diğer. (2007). Batı Anadolu'da İzmir-Balıkesir Transfer Zonu içinde kalan aktif doğrultu-atımlı faylarla sınırlı havzaların jeolojik özellikleri. S. Ergintav, (Ed.), *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 11. Toplantısı bildiri özleri kitabı*, (42). Kocaeli.

Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y., Koçer, T., ve diğer. (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. ve diğer. (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. *Basin Research*, 23(4), 423-448.

Şengör, A.M.C. (1987). Cross-faults ve differential stretching of hangingwalls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, In: M.P. Coward, J.F. Dewey, P.L. Hancock (eds), *Continental Extensional Tectonics. Geological Society of London, Special Publication*, 28, 575-589.

Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting ve related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, In: K. Biddle, N. Christie-Blick (eds), *Strike-slip Deformation, Basin Formation ve Sedimentation. Society of Economic Paleontologists ve Mineralogists, Special Publications* 37, 227-264.

Utsu, T. (1961), A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophys. Mag.*, 30, 521-605.

Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A first record 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. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 439-471.