

14 HAZİRAN 2020 BİNGÖL-KARLIOVA DEPREMİ ÖN İNCELEME RAPORU

Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR (DEÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)
Prof.Dr. Orhan TATAR (CÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)
Dr. Recep ÇAKIR (Jeofizik Mühendisi/Sismolog, Olympia, WA,USA)
Öğr.Gör.Semih ESKİ (DEÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)
Arş.Gör.Dr.Mustafa SOFTA (DEÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)
Jeol. Müh. İsmail DURAN (DEÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)
Prof.Dr. Mustafa AKGÜN (DEÜ, Jeofizik Mühendisliği Bölümü)
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet UTKU (DEÜ, Jeofizik Mühendisliği Bölümü)
Doç.Dr. Fikret KOÇBULUT (CÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)

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

GİRİŞ

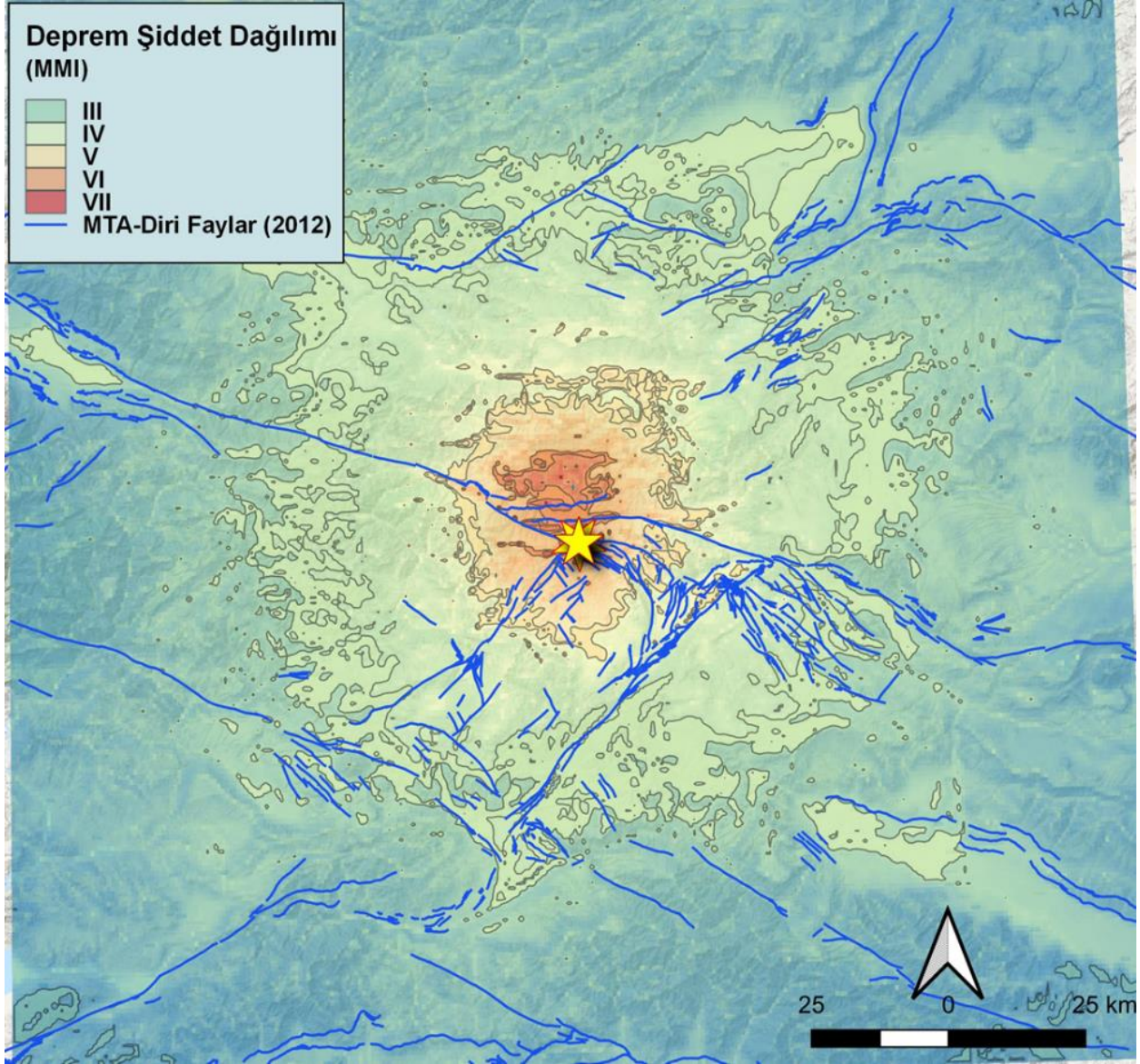
Bu raporda, 14 Haziran 2020 Saat:17:24 (TSİ)'de Bingöl ili Karlıova ilçesine bağlı Elmalı-Kaynarınar köyleri arasında meydana gelen deprem ve bu depreme kaynaklık eden fay ile bu fayın çevresinde şimdiye kadar meydana gelen deprem aktivitesi konusunda bilgiler verilerek, gelecekteki deprem aktivitesi değerlendirilmektedir. Depreme ait veriler, B.Ü. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü ve AFAD - Deprem Dairesi Başkanlığı ile uluslararası sismoloji istasyonları ve konuyla ilgili yayınlanmış makalelerin verileri kullanılarak Dokuz Eylül Üniversitesi - Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAUM)'a bağlı olan ve farklı üniversite ve disiplinlerden oluşan Diri Fay Araştırma Grubu (DİFAG) tarafından değerlendirilmiştir. Deprem sonrası meydana gelen artçı sarsıntıların, can ve mal kayıplarının bilgileri bu raporun yayınlanma süreciyle kısıtlıdır.

Bingöl-Karlıova Depremi ve Artçıları

14 Haziran 2020 tarihinde Türkiye saati ile 17:24' de Kuzey Anadolu Fay Zonu içinde iki isimle bilinen Elmalı Kolu-Elmalıdere Kolu (Emre vd., 2018; Emre vd., 2012) ile Kargapazarı Kolu arasında meydana gelen deprem, Bingöl ve çevre illerden (Erzurum, Erzincan, Elazığ, Malatya, Muş, Diyarbakır ve Batman) hissedilirken, yakın yerleşim yerlerinde can ve mal kayıplarına neden olmuştur (Şekil 1). Depremin tahmini sarsınım haritası (ShakeMap) ABD Ulusal Jeoloji Dairesi (bilinen adıyla USGS) tarafından Şekil 2'deki gibi verilmiştir. Bu haritaya göre, aletsel büyüklüğü Mw5.9 olan depremin maksimum MMİ (Modifiye edilmiş Marcelli İndeksi) değeri (şiddeti) VII'dir. Deprem sonrası ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinden gelen bilgilere göre depremin büyüklüğü KOERI (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü)'ne göre Mw5.9 (ML5.8), Z=5 km; GFZ (Geo Forschungs Zentrum, Helmholtz-Zentrum Postdam Deutsches)'e göre Mw5.9 Z=12 km; AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı)'na göre Mw5.7 Z=8 km; IGP (Institut De Physique Du Globe De Paris)'e göre Mw5.9 Z=8 km'dir. 14 Haziran 2020 Bingöl-Karlıova depreminin aletsel büyüklük ve derinlik bilgileri Tablo 1'de özet olarak verilmiştir.



Şekil 1. Deprem binanın ve zemin üzerindeki yerel etkileri ve VII şiddetindeki hasarı gösteren arazi görüntüleri.

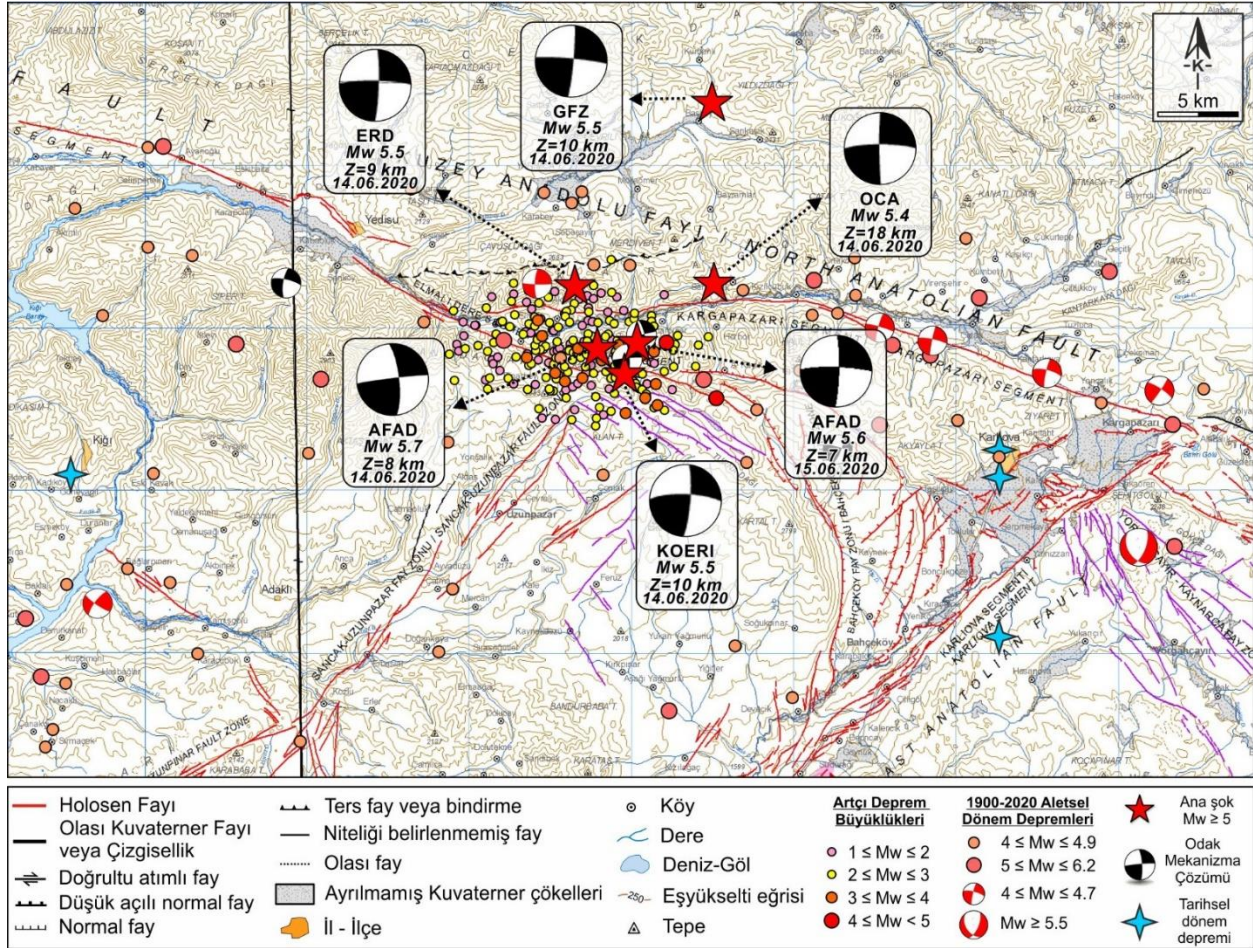


Şekil 2. 14 Haziran 2020 Mw5.9 Bingöl-Karlıova depreminin şiddet ölçeğinin (MMI) uyarlanması ile elde edilen tahmini sarsınım haritası (USGS ShakeMap verileri kullanarak oluşturulmuştur). Diri faylar (mavi çizgiler) Emre vd. (2011) den basitleştirilerek gösterilmiştir.

Tablo 1. Ulusal ve uluslararası veri merkezlerine göre 14 Haziran 2020 Mw5.9 Bingöl-Karlıova depreminin aletsel büyüklük ve derinlik verileri.

Organizasyon	Deprem Büyüklüğü	Depremin Derinliği (km)
Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI)	Mw=5.9 ML=5.8	5
Geo Forschungs Zentrum, Helmholtz-Zentrum Postdam Deutsches (GFZ)	Mw=5.9	12
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD)	Mw=5.9	8
Institut De Physique Du Globe De Paris (IPGP)	Mw=5.9	8
United States Geological Survey (USGS)	Mw=5.9	14

Sağ yönlü doğrultu atımlı fay niteliği taşıyan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Kargapazarı ve Elmalı Kolu arasında meydana gelen ana şoktan sonra aynı bölgede KOERI ve AFAD kayıtlarına göre en büyükleri Mw4.7 ve 4.6 olan 300 artçı deprem 14 ile 17 Haziran 2020 tarihleri arasında meydana gelmiştir (Şekil 3). Artçı şoklar, bu raporun yayınladığı gün dahil, halen devam etmektedir. 17 Haziran 2020 tarihine kadar (iki gün içerisinde) M4 ve üzeri 6, M3 ve üzeri altı 30 deprem oluşmuştur. 15 Haziran 2020 tarihinde artçı sarsıntılar devam ederken saat 09:51’de M5.6 büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Ana şok ve artçı şokların episantır (depremlerin harita üzerindeki yerleri) dağılımlarına bakıldığında, depremlerin Elmalı Kolu (üretebileceği maksimum deprem M=6.9) ile Kargapazarı Kolu (üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü M6.8) arasında yoğunlaştığı gözlenmektedir. Depremlerin yoğunlaştığı ve üçlü birleşme noktası (triple junction) niteliğindeki zonun batısında Yedisu Kolu (üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü M7.5), güneybatısında Malatya-Ovacık Fay Zonu (maksimum deprem M=7.4), güneydoğusunda ise Bahçeköy Fay Zonu (üretebileceği maksimum deprem M=6.76) bulunmaktadır (Emre vd., 2016). Oluşan artçı şokların büyüklük ve deprem sayısı ilişkisi (Gutenberg-Richter, GR grafiği) (Gutenberg ve Richter, 1944) Şekil 4’de ana şoktan sonra ilk 58 saat içinde kayıt edilen depremler için verilmiştir. Aynı zaman dilimi içinde deprem saatlik oluşum sayısı Şekil 5’de Omori-Utsu eğrisi ile verilmiştir.



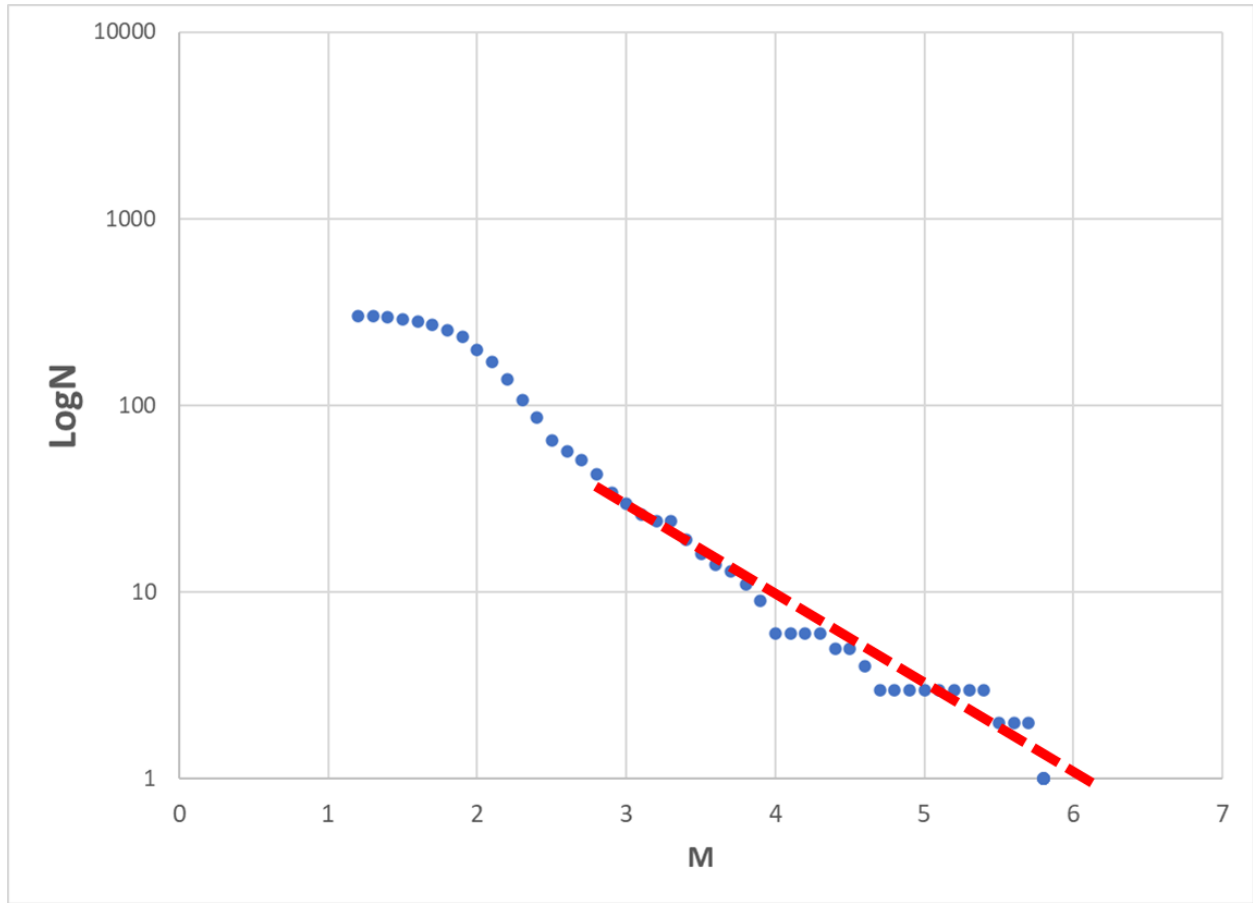
Şekil 3. 14 Haziran 2020 Karlıova (Bingöl) depreminin ana şok ve atçı şoklarının yerini gösteren diri fay haritası (diri fay haritası Emre vd., 2012'den alınmıştır). Kırmızı renkli yıldızlar deprem ana şokunun ilgili kuruluşlarca önerilen dış merkezleri (epicenter) lokasyonları ile bunlara ait fay odak mekanizması çözümlerini göstermektedir. Farklı renklerde gösterilen noktalar artçı depremlerin dağılımlarını, 1900-2020 yılları arasında meydana gelen $M \geq 4$ aletsel dönem depremlerini ve bölgede meydana gelen tarihsel dönem depremlerini ifade etmektedir (Deprem verileri için EMSC, KOERI, AFAD, MTA kaynaklarından yararlanılmıştır).

KOERI tarafından verilen M5.9 ve artçıları kullanılarak oluşturulan kümülatif logaritmik deprem sayısı ve magnitüd (deprem büyüklük) ilişkisini ana şoktan sonraki ilk 58 saatlik dilim için göstermektedir (Şekil 4). Grafikteki trend gözlemlendiğinde, en büyük olası depremin büyüklüğünün bu alanda M6 civarında olabileceğini işaret etmektedir.

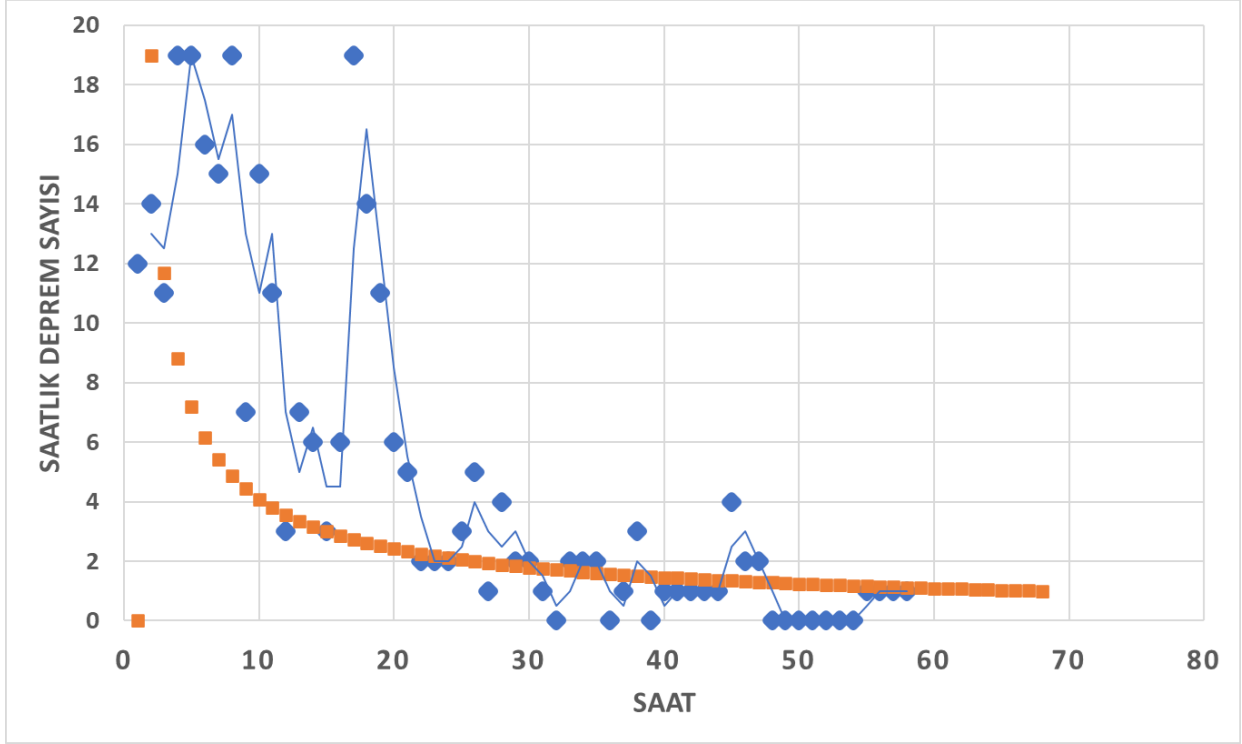
Artçı depremlerin sayısının ana şoktan itibaren saatlik dilimlerde dağılımını gösteren Şekil 5, ilk 15 saatlik dilimde deprem sayılarının zamanla değişimi Omori yasasına uygun (artçı deprem sayısı azalım eğrisi) hareket ederken, daha sonra ikinci depremin anomalisi ile bu eğriden 15-22 saatlik dilimlerde sapma göstermiştir. Artçı şoklardaki azalım eğilimi (portakal renkli kareler) 22inci

saatten sonra tekrar Omori yasasına uygun bir seyir izlemektedir (burada $k=19$, $c=-1$, ve $p=0.7$ azalım eğrisi parametreleri kullanılmıştır) (Utsu vd., 1995; Kagan ve Houston, 2005).

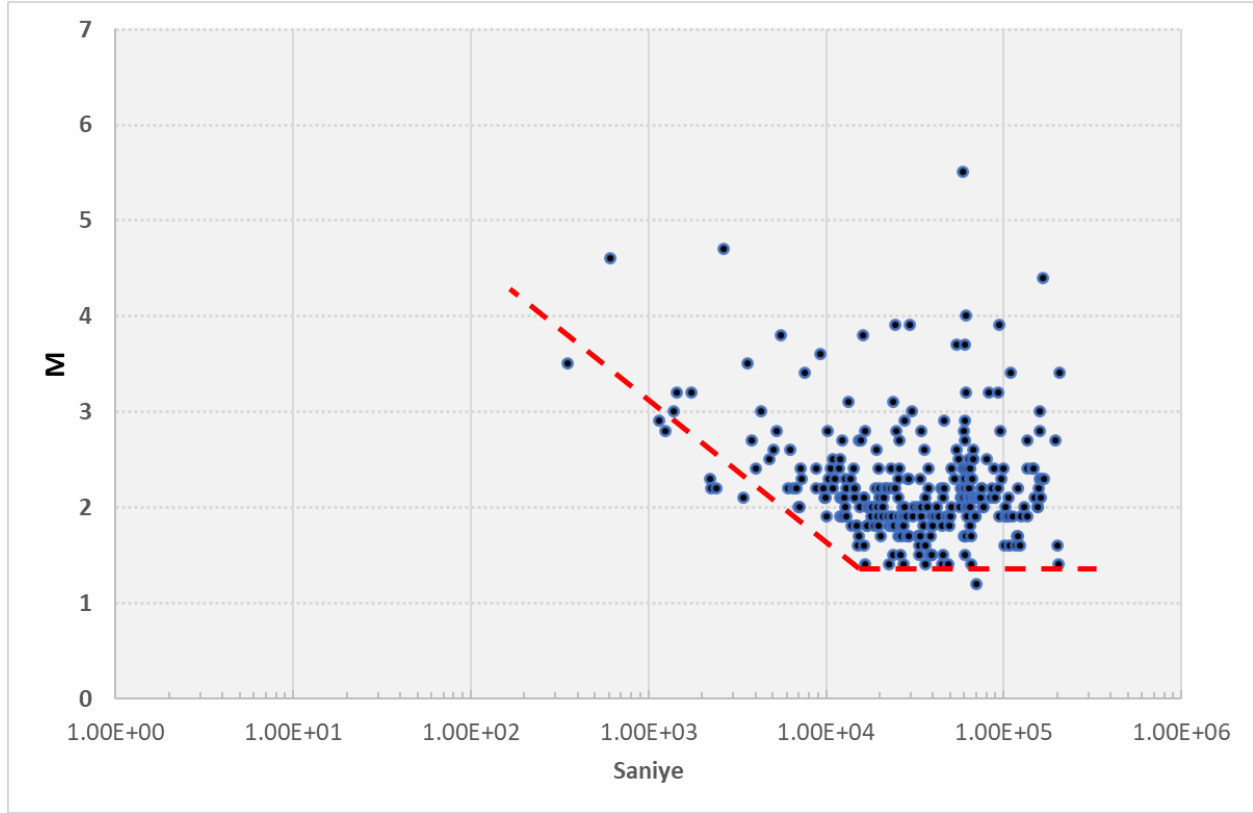
Şekil 6 Mw5.9 sonrası artçı depremlerin (M1.2-M5.6 arasından değişen) zamanla değişim grafiğini ana şoktan sonra ilk 58 saatlik kısım için göstermektedir. Tahmini olarak, bundan sonraki depremlerin bu sınırlar içinde karakteristik olarak M1.5-3 arasında sıklıkla, M3-4 arasında zaman yayılarak seyrek olarak ve M4-5 arasında çok seyrek olarak depremler üretebileceğini göstermektedir.



Şekil 4. KOERI tarafından verilen Mw5.9 ve artçıları kullanılarak oluşturulan kümülatif logaritmik deprem sayısı ve magnitüd (deprem büyüklük) ilişkisi (mavi noktalar). Kırmızı kesik çizgi bu depremlerin ulaşabileceği en büyük olası depremin büyüklüğünün bu alanda M6 civarında olabileceğini işaret etmektedir.



Şekil 5. Artçı depremlerin sayısının ana şoktan itibaren saatlik dilimlerde dağılımı.

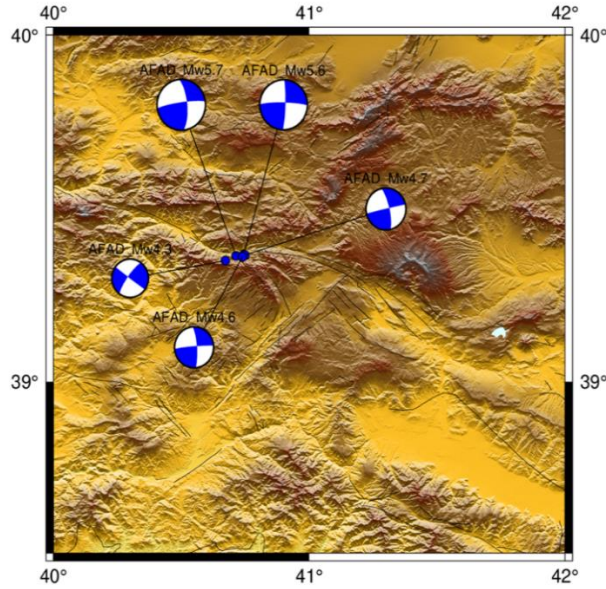


Şekil 6. Ana şok M5.9 dan sonra logaritmik zamanla (saniyelerle) (toplam 58 saatlik dilimde) deprem büyüklüğündeki değişimler. Kırmızı kesik çizgiler artçı şokların ilk 58 saatlik dilimdeki davranışının sınırlarını belirtmektedir.

1960-2019 yılları arasındaki depremler incelendiğinde, 14 Haziran 2020 Mw5.9 depremi ve artçı şokları ile kırılan alanda herhangi bir M4 ve üzeri büyüklüğündeki depremlere rastlanmamıştır. Diğer bir deyimle, 14 Haziran 2020 ile yırtılmanın olduğu bu alan depremlerin aletlerle kayıt edilebildiği dönemde (aletsel dönem boyunca) bir sismik boşluk olarak düşünülebilir.

Mw5.9 ve sonrası oluşan depremlerin fay düzlemi çözümleri Şekil 7’de verilmiştir. Çözümler sağ yanal atımlı olup, bölgenin tektonik yapısına uygun bir fay hareketi göstermektedir.

AFAD fay moment tensor fay çözümleri kullanarak Şekil 7’de ana şok ve Mw4.3-Mw5.6 arası değişen artçı şoklar GMT ile haritalanmıştır. GMT yazılımı <https://gmt.soest.hawaii.edu/home> bağlantısından indirilebilir. Şekil 7’deki plaj toparlarından da görüleceği gibi, yırtılmanın ana karakteri sağ yönlü yanal atımlı bir faydır. Ana şok ve büyük artçı şoklarıyla oluşan kırıkların birinci ve ikinci (tamamlayıcı) düzlemleri boyunca, doğrultuları (Dğr1 ve 2), eğimleri (Eğm1 ve 2) ve atımları (Atm1 ve 2) tablo ile Şekil 7’de verilmiştir.

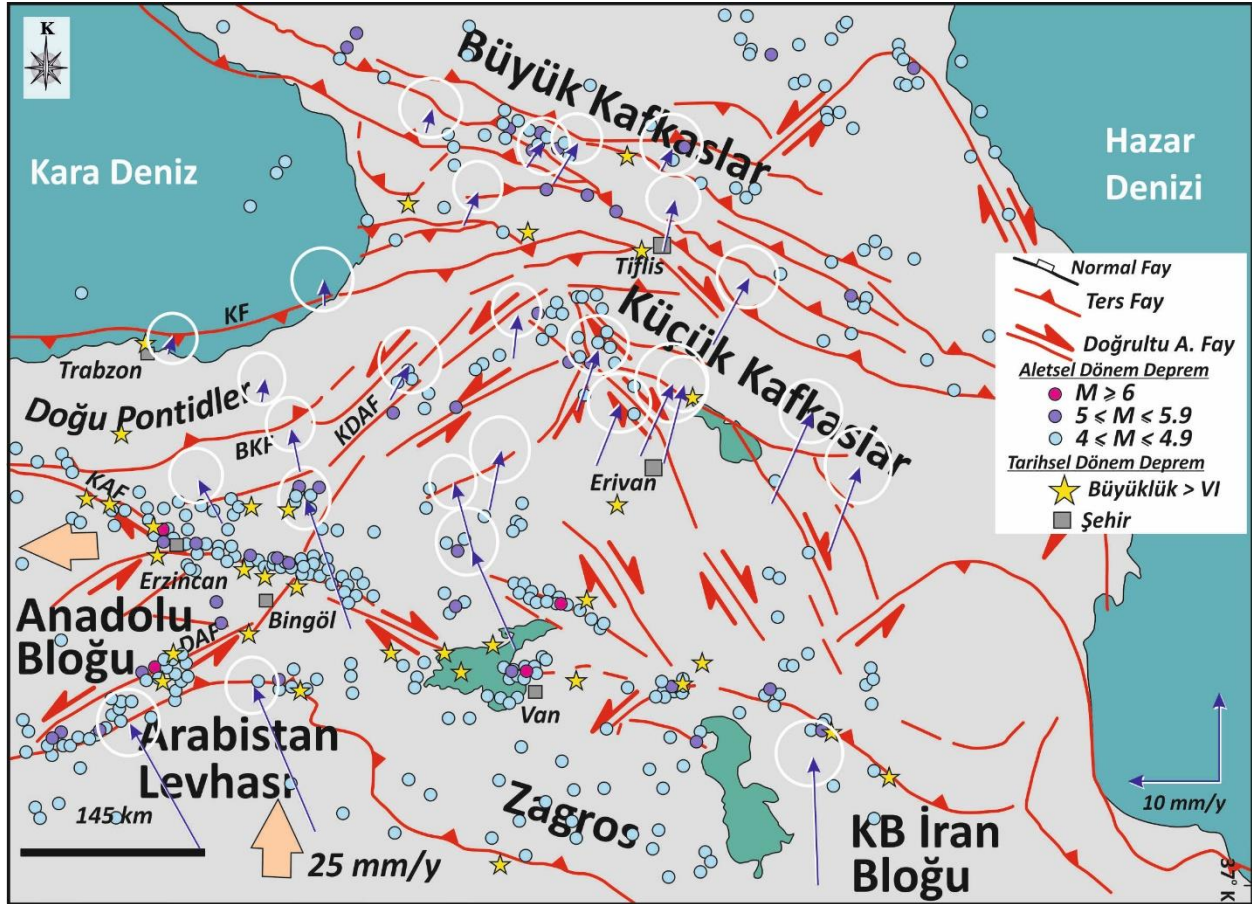


Tarih Zaman	Moment Büyüklük (Mw)	Derinlik (km)	Dğr1	Eğm1	Atm1	Dğr2	Eğm2	Atm2	Org
14/06/2020 17:24:27 (TS)	5.7-5.8	8	262	82	160	355	70	9	AFAD
15/06/2020 09:51:29 (TS)	5.6	7	271	82	174	1	82	8	AFAD
14/06/2020 18:09:16 (TS)	4.7	14	257	89	166	347	76	1	AFAD
14/06/2020 17:34:47 (TS)	4.6	7.3	356	78	4	266	85	168	AFAD
16/06/2020 15:57:40 (TS)	4.3	12.2	126	89	168	217	78	1	AFAD

Şekil 7. Ana şok ve oluşan dört en büyük artçı şokun moment tensor fay çözümleri: Moment büyüklükleri ve fay çözümleri AFAD son depremler URL bağlantısından indirilmiştir [<https://deprem.afad.gov.tr/sondepremler>]. Bu beş depremin fay düzlem bilgileri tablo halinde sağda verilmiştir. Harita çizimi için GMT yazılımı (Wessel vd., 2013) kullanılmıştır. Siyah çizgiler basitleştirilmiş diri kırıkların (Emre vd., 2012) izlerini göstermektedir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu

Karlıova (Bingöl)'den başlayıp, Saroz Körfezi'ne kadar uzanan, yaklaşık 1500 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) dünyanın sismik yönden en aktif sağ yanal doğrultu atımlı faylarından birisidir (Şekil 8). Türkiye'de Neotektonik dönemin başlangıcıyla birlikte, yaklaşık 11 milyon yıldan beri Karlıova Üçlü Birleşim noktasından itibaren yerkabuğunu kırmaya başlayan KAFZ, batıya doğru kırılarak ilerlemiş ve yaklaşık 200.000 yıl önce Marmara bölgesine ulaşmıştır (Ketin, 1948; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2016; Emre vd., 2020). Milattan önce 360 yılından beri deprem üretmesine yönelik kayıtları bulunan KAFZ'a ait ilk sistematik deprem aktivitesi Milattan sonra 29 ile MS 155 yılına kadar Refahiye'den itibaren batıya doğru 1000 km'lik kısmını oluşturan segmentlerde 126 yılda yıkıcı depremler meydana getirmesidir. KAFZ üzerindeki ikinci doğudan batıya doğru kırılma şekli MS 434 ile MS 557 tarihlerinde olmuştur. Bu zamanda 214 yıl içinde yine 1000 km uzunluğundaki kısmı kırılmıştır. KAFZ, MS 557 ile MS 1579 yılları arasında kalan yaklaşık 1000 yıllık süre içinde düzenli bir tekrarlanma aralığına uymayan çok sayıda yıkıcı deprem üretmiştir. MS 1579 ile 1912 yılları arasındaki 333 yıllık süre içinde doğudan batıya doğru tekrar düzenli bir şekilde kırılarak çok sayıda yıkıcı depreme neden olmuştur. Aletsel dönemde, KAFZ üzerindeki son düzenli sismik aktivite 1939 Erzincan depremiyle doğuda başlayan ve 1999'daki Kocaeli ve Düzce depremleriyle birlikte çok sayıda yıkıcı deprem üreterek 60 yılda batıya ulaşan KAFZ üzerinde bu depremlerden sonra iki önemli segment üzerinde sismik boşluk



Şekil 9. Doğu Anadolu ve Kafkasların sadeleştirilmiş sismotektonik haritası (Avagyan vd., 2010, TPAO, 2010, Tsereteli vd., 2016'dan birleştirilerek). Aleysel depremler ISC katalog verilerden, tarihsel depremler ise Pınar ve Lahn, (1952); Ergin vd., (1967); Okamoto vd., (1970); Soysal vd., (1981); Ambraseys, (2009); Başarır Baştürk vd., (2017) çalışmalarından derlenmiştir. Beyaz elips ile gösterilen GPS hızları McClusky vd., (2000), (2003); Nilforoushan vd., (2003) çalışmalarından birleştirilmiştir. KF: Karadeniz Fayı, BKF: Borjomi Kazbegi Fayı, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, KDAF: Kuzeydoğu Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı.

Akyüz vd., (2009) Erzincan doğusunda Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki segmentleri, Erzincan doğusundaki Üzümlü ile Bingöl'e bağlı Yedisu ilçesi arasında yer alan Yedisu segmenti, Yedisu ilçesi ile Kızılcubuk köyü arasında yer alan Elmalı segmenti, ve daha doğuda Kaynarpınar ile Kargapazarı köyleri arasında yer alan Ilıpınar segmenti olarak üçe ayırmıştır. Erzincan'ın Üzümlü ilçesi yakınlarından başlayan Yedisu segmenti, buradan Yedisu havzasına kadar yaklaşık 70 km boyunca ortalama K70B doğrultusunda devam eder. Genelde kademeli (*en echelon*) bir geometri gösteren segmentasyon, Üçdam köyü batısında sola doğru yaklaşık birer km arayla iki kademeli sıçrama yapar. Üçdam ile Yedisu ilçe merkezi arasında genelde bir iki düşük açılı farklı büküm hariç aynı doğrultuda devam eden fay, Yedisu havzasının doğu bitimine doğru sağ yönlü

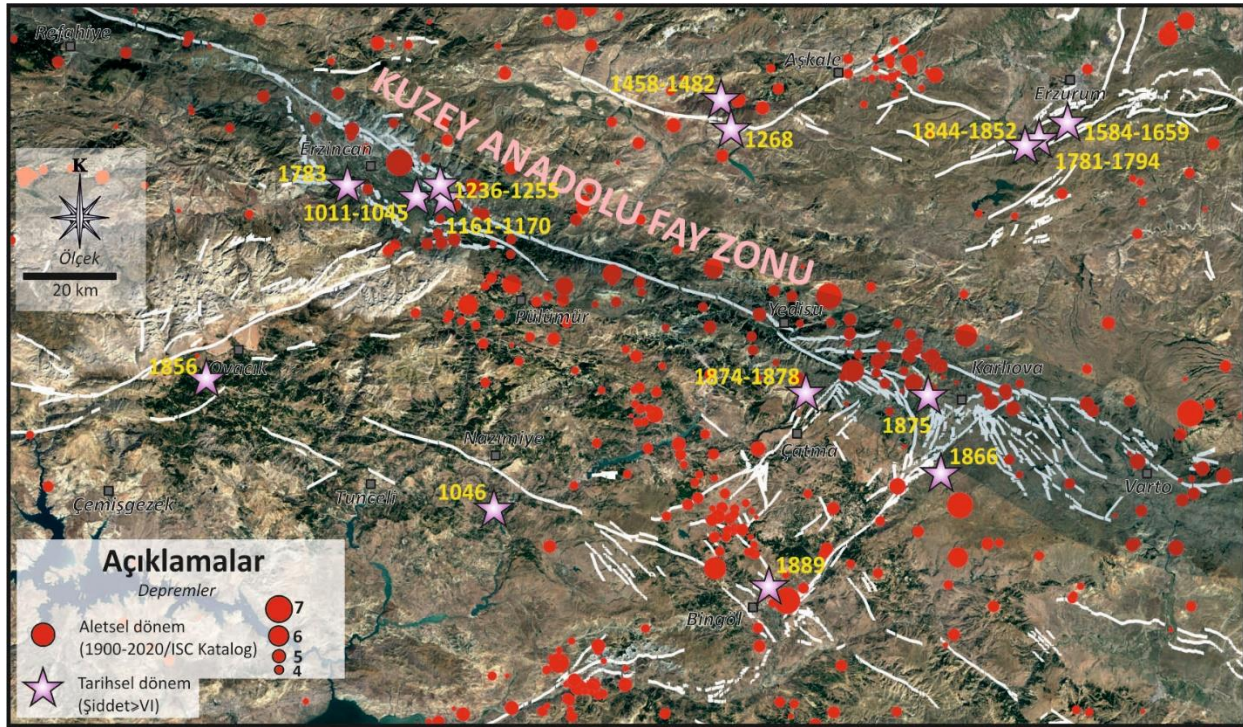
bir sıçrama ile havzanın güneyine geçer. Fay boyunca doğrultu atımlı faylara özgü morfotektonik yapıların birçoğu görülür. Kapan ve basınç sırtları, ötelenmiş dereler, bel verme gölcükleri, sıçramaya bağlı havza oluşumu ve çizgisel vadiler başlıca sayılabilecek yapılar arasındadır. KAFZ'nun Erzincan doğusu ile Yedisu arasında kalan bölümü oldukça engebeli bir morfolojiye sahiptir. Batıda Erzincan havzası kenarını ve Karasu vadisini izledikten sonra engebeli alanlardan geçerek Yedisu havzasına ulaşan KAFZ, doğuya doğru Peri çayı vadisini izler. Bükülme ve sıçramalarla Karlıova havzasının kuzeyine devam eden KAFZ, Yoncalık havzasının güneyini izleyerek Kargapazarı köyünün 5 km doğusunda Doğu Anadolu Fay Zonu ile birleşir (Akyüz vd., 2009). Öte yandan, Akyüz vd., (2009) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kesiminde 1900 yıllarındaki deprem serisinde kırılmadan kalmış olan Yedisu segmentinin sismik bir boşluk özelliğinde olduğunu belirtmiştir. Yedisu fayının batısı 1939 ve 1992 Erzincan depremleriyle, batısındaki Elmalı segmenti ise 1949 depreminde kırılmıştır. Yedisu fayının en son ne zaman kırıldığına dair bir takım tarihsel kayıtlar mevcuttur ve bu kayıtlara göre segment 1874 yılında kırılmış olmalıdır. Akyüz vd., (2009) Yedisu segmenti üzerinde açtıkları 4 ayrı hendekten elde ettikleri paleosismolojik verileri farklı senaryolarla değerlendirerek bir deprem tekrarlanma aralığına dair yaklaşımda bulunmuşlardır. Yaptıkları değerlendirmede deprem tekrarlanma periyodu 245 ± 55 olarak sınırlandırılmıştır. Yedisu fayını kıran son depremin 1784 yılında meydana geldiği gözönüne alınırsa, son depremden itibaren günümüze kadar 236 yıl geçtiği görülmektedir. Bu da Yedisu fayının önemli bir deprem tehlikesi taşıdığını göstermektedir. KAFZ boyunca yıllık ortalama yaklaşık 2 cm'lik bir kayma hızı ve 1784'den bu yana geçen 230 yılı aşkın süre göz önüne alındığında biriken kayma miktarı 4.5 metrenin üzerindedir.

Önceki çalışmalara göre KAFZ, Karlıova ve Yedisu arasında sıkışmalı çift büküm yaparken üç alt segmentten oluşmaktadır (FS1, FS2, FS3). 17 Ağustos 1949 Elmalı depremi bu alt segmentler üzerinde oluşmuştur. FS3 ve fayın batıya doğru uzanımı olan FS4 Yedisu havzasında birleşirler. FS4, FS5 ve FS6 alt segmentleri, açılmalı çift büküm özelliği taşıırken, daha batıya doğru, FS7, FS8 ve FS9 asimetrik sıkışmalı çift büküm karakterine sahiptir. FS9, Erzincan havzasına kadar devam eder. Gerek bu alt segmentler, gerekse çevredeki fay kollarında gerçekleşmiş depremler göz önünde bulundurulduğunda, FS3-9 kesimi sismik boşluk özelliği taşır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988).

Bingöl-Karlıova-Erzincan üçgeni Türkiye'de yıkıcı deprem aktivitesinin en yoğun olduğu bölgelerden biridir. Gerek tarihsel, gerekse son yüzyıldaki aletsel kayıtlar bu faylar boyunca çok sayıda yıkıcı depremin geliştiğini gösterir. Son yüzyılda KAFZ'nun Erzincan-Varto arasında kalan kesiminde can kaybı ile sonuçlanan, yıkıcı özellikteki 17 Ağustos 1949 Elmalı (Ms:6.9), 19 Ağustos 1966 Varto (Ms: 6.8), 26 Temmuz 1967 Pülümür-Kığı (Ms:6.0) depremleri meydana gelmiştir (Ambraseys, 1988). KAFZ boyunca, bölgede meydana gelen en son yıkıcı deprem ise 13 Mart 1992 tarihindeki Ms: 6.8 büyüklüğündeki Erzincan depremidir. DAFZ'nun Bingöl-Karlıova arasında kalan kesiminde ise 22 Mayıs 1971 Bingöl depremi (Ms: 6.8) meydana gelmiştir. Bu iki ana fay arasında kalan Bingöl-Karlıova-Erzincan üçgeni içerisindeki aktif faylar boyunca son yüzyılda can ve mal kaybına da neden olan orta büyüklükteki depremlerin meydana geldiği

bilinmektedir. Bunlar, 7 Temmuz 1957 Kiğı (Ms: 5.1), 24 Nisan 1968 Çan (Kiğı) (Ms: 5.1), 5 Aralık 1995 Kiğı (Ms:5.7) ve 3 Şubat 2003 Pülümür (Mw: 6.1) depremleridir (Emre vd., 2003).

KAFZ boyunca son yüzyıl içerisinde meydana gelen ve yüzey kırığı oluşturmuş büyüklüğü 7'den fazla depremler 1912 ile 1999 yılları arasında dikkat çekicidir (örn. Tan vd., 2008; Kadrioğlu vd., 2018, Emre vd., 2020, (Şekil 10). Bir bütün olarak bakıldığında yukarıdaki Kuzey Anadolu Fayı tanımında anlatıldığı gibi, depremlerin batıya doğru göç eden bir döngü içerisinde olduğu görülür (örn. Toksöz vd., 1979; Barka, 1996; Stein vd., 1997). Geometrik olarak batı, orta ve doğu parçalardan oluşan KAFZ üzerinde meydana gelen depremlere, KAFZ'na ait üç ana segment boyunca bakıldığında, doğudaki parçanın son yüz yılda 1939 depremi ile başlayıp doğuya doğru göç ederek 1949 ve 1966 depremleri ile yüzey kırığı üretmiş en önemli deprem kaynakları arasında yer aldığı görülmektedir. Aynı zamanda Erzincan ve Karlıova arasında KAFZ'na bağlı Yedisu segmentinde ise yüzey kırığı yaratan bir deprem oluşmamıştır. Sismik boşluk konumundaki söz konusu Yedisu segmentinde yapılan paleosismolojik çalışmalarda, fay segmentinin MS 45-MS 405 arası ve MS 405'den sonraki bir zamana işaret eden iki depreme kaynaklık etmiş olabileceği sonucuna varılmıştır (Sançar, 2006).



Şekil 10. Erzincan-Bingöl illeri ve yakın çevresinde hissedilmiş aletsel ve tarihsel dönem depremlerin diri faylar üzerindeki dağılımı. Beyaz renkle gösterilen diri faylar Emre vd., (2016) çalışmasından alınmıştır.

5,9 ve 5,5 büyüklüklerindeki 14-15 Haziran 2020 depremlerinin gerçekleştiği Bingöl-Karlıova ve yakın çevresi KAFZ'na ait fay parçaları sağ yanal doğrultu atımlı faylanma mekanizmasıyla deprem üretmektedir (EMSC, 2020). Ana ve artçı şokların üzerinde geliştiği KAFZ'na ait Elmalı segmenti ve Kargapazarı segmenti aynı zamanda KAFZ'nun doğudaki en uç parçalarını oluşturmaktadır. Söz konusu doğrultu atımlı faylar KAFZ'na bağlı bir makaslama zonunda yer almakta ve sıkışmalı çift büküm geometrisi sergilemektedir. Fayların uzunlukları ve türü dikkate alındığında Wells ve Coppersmith (1994) eşitliğine göre üreteceği maksimum depremler Kargapazarı ve Elmalı segmentleri için 6,94 ve 6,76 olarak hesaplanmıştır (Emre vd., 2016).

Kargapazarı segmenti (Ilıpınar segmenti) üzerinde yapılan paleosismolojik çalışmalar, MÖ 6150 -MÖ 8500 yılları arası ile MÖ 4300 -MÖ 5960 tarihleri arasında yüzey faylanması üreten en az iki deprem olduğunu ileri sürmektedir (Sançar ve Akyüz, 2014). Aynı zamanda araştırmacılar son 7000 yılda yüzey faylanması üreten bir deprem olmadığını da belirtmişlerdir. Depremler arasında geçen sürenin yaklaşık 2000 yıl olması, 200-6000 yıl arası tekrarlanma periyoduna sahip olan KAF'a ait batıdaki segmentlerle uyuşmadığını vurgulayarak, ana tektonik hatlarda biriken enerjinin Kargapazarı segmentinde henüz yüzey faylanması üretebilecek büyüklüğe ulaşamadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Son 100 yılda bölgede oluşan depremler değerlendirildiğinde, International Seismological Center (ISC) kayıtlarından, büyüklüğü 4'ü aşan 100'den fazla deprem listelenmiştir. Aynı zamanda Erzincan ve Bingöl illeri ve yakın çevresinde 1900 yılı ve öncesini kapsayan şiddeti VI'i geçen 20'i aşkın tarihsel dönem depremleri ise MS 1046 depremi ve MS 1889 arasında değişmektedir (Pınar ve Lahn, 1952; Ergin vd., 1967; Okamoto vd., 1970; Soysal vd., 1981; Ambraseys, 2009; Başarır Baştürk vd., 2017), (Tablo 2 ve 3).

Yedisu segmenti üzerindeki en dikkate değer deprem 1784 depremidir. Bu deprem KAFZ'ın doğu bölümünde Yedisu segmenti üzerinde meydana gelmiştir (Ambraseys ve Melville, 1995; Ambraseys ve Finkel, 1995). Deprem fayı Erzincan Havzası'nın doğu sınırı ile KAFZ ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin birleşim alanı arasındadır ve 50 km uzunluğa sahiptir (Barka, 1992). 18 Temmuz 1784 saat 23.17'de meydana gelen deprem, Muş, Kiğı, Kozlıcan ve Tercan'ın bulunduğu Erzincan'dan Muş'a kadar olan geniş bir bölgeyi etkilemiştir (Ambraseys ve Finkel, 2006). 1932 yılında, dönemin Erzincan Valisi Ali Kemali Aksüt tarafından kaleme alınan "Erzincan" kitabındaki depremler bölümünde Cevdet Paşa'nın "Tarih" kitabının 3. cildine atıfta bulunarak, Erzincan'ı etkileyen 1784 depreminden de bahsedilmektedir. Erzincan'da hayatını kaybedenlerin sayısı, 5000, 6000 ve 10.000, Kiğı'da yitirilenlerin sayısı da 1500 olarak verilmiştir.

Bölgede 1949 yılında meydana gelen ve 450 vatandaşımızın yaşamını yitirdiği 6.7 büyüklüğündeki deprem ile 2005 yılındaki 5.7 ve 5.9 büyüklüğündeki depremler bölgenin sismik açıdan daha büyük depremler üretebilecek potansiyelde olduğunu göstermektedir. 17.08.1949 Karlıova Depreminin dış merkezi son yaşanan 5,7 ve 5,6 büyüklüğündeki depremlerin merkez üslerinin yaklaşık 18-20 km kuzeybatısına düşmektedir. 12-14 Mart 2005 yılında meydana gelen 5.7 ve 5.9 büyüklüğündeki depremler ise Kargapazarı segmenti üzerinde yer alır. 14-15.06.2020

tarhinde yaşanan 5.7 ve 5.6 büyüklüğündeki son depremler Elmalı ve Kargapazarı segmentleri arasında kalan, Yedisu segmentinin doğu ucuna yakın bir bölgeye düşmekte olup, bu iki deprem bölgedeki sismik aktivitenin dikkatli bir şekilde takip edilmesini gerekli kılmaktadır.

Tablo 2. Yedisu (Bingöl) ve Karlıova (Bingöl) çevresinde 1900-2020 yılları arasında meydana gelen $M \geq 4$ aletsel dönem deprem kayıtlarının genel özellikleri (MTA ve AFAD-DDA Deprem kataloğundan yararlanılmıştır).

No	Zaman (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyükük Tipi	Büyükük
475841	2020-06-15 06:51:29	39.3676	40.7435	7.01	Mw	5.6
475673	2020-06-14 15:09:16	39.3668	40.7488	9.28	Mw	4.7
475676	2020-06-14 14:34:47	39.3621	40.739	7.32	Mw	4.6
475667	2020-06-14 14:24:27	39.365	40.714	8.0	Mw	5.7
471341	2020-04-12 06:38:04	39.3083	40.8841	19.94	Mw	4.3
	2019-01-01 02:09:34	39.4006	40.4995	11.68	Mw	4.2
	2016-06-21 06:25:22	39.4001	40.6750	18.29	Mw	4.1
12662	2012-12-12 07:52:48	39.3738	40.9137	14.84	MI	4.0
12404	2012-04-04 14:18:37	39.3475	41.0317	18.65	MI	4.3
12085	2011-10-08 03:25:19	39.3600	40.6900	5.00	MI	4.0
11933	2011-03-06 07:58:38	39.2400	40.4100	5.00	MI	4.2
11767	2010-05-22 02:30:35	39.3347	41.1451	5.20	mb	4.0
10898	2007-10-27 04:02:23	39.3280	40.8290	3.40	mb	4.3
10880	2007-10-06 04:36:55	39.4508	40.6807	10.00	mb	4.1
10834	2007-08-25 22:05:49	39.2480	41.1220	12.50	Mw	5.3
10725	2007-03-09 01:13:58	39.3640	40.9498	5.00	MI	4.0
10619	2006-11-01 21:19:47	39.4440	40.7010	10.90	mb	4.7
10536	2006-07-21 22:01:47	39.4118	40.9007	10.00	mb	4.0
10522	2006-07-02 19:39:40	39.3190	40.9150	15.00	Mw	5.0
10389	2005-12-10 00:09:51	39.3620	40.9260	15.90	Mw	5.4
10262	2005-08-10 08:58:19	39.2469	41.1110	10.00	mb	4.1
10208	2005-06-06 07:41:30	39.3445	41.0278	13.80	Mw	5.6
10161	2005-04-01 04:35:57	39.3707	40.9114	5.00	mb	4.2
10158	2005-03-25 06:13:38	39.4511	40.7096	6.40	mb	4.1
10157	2005-03-23 23:43:43	39.3460	40.9000	5.70	mb	4.5
10156	2005-03-23 21:44:54	39.3990	40.8710	17.10	Mw	5.6
10154	2005-03-18 13:53:46	39.4100	40.7400	6.00	mb	4.0
10153	2005-03-18 12:42:36	39.3800	40.8700	10.00	mb	4.0
10148	2005-03-15 20:31:07	39.3949	40.8198	2.00	mb	4.0
10147	2005-03-14 04:58:07	39.3810	40.8870	15.80	mb	4.5
10146	2005-03-14 01:55:58	39.3872	40.9880	10.00	Mw	5.8
10143	2005-03-12 08:17:45	39.3900	40.9000	10.00	mb	4.1
10142	2005-03-12 08:16:59	39.3500	40.8600	13.00	mb	4.0
10141	2005-03-12 07:36:13	39.3560	40.9520	19.60	Mw	5.6
9705	2003-05-20 14:17:44	39.1117	40.4947	10.00	mb	4.0
9676	2003-05-01 06:34:44	39.1852	40.3359	5.40	mb	4.0
9564	2002-10-17 00:54:49	39.4544	40.5857	32.90	mb	4.2
9563	2002-10-17 00:53:04	39.3880	40.3660	18.70	mb	4.7
8387	1999-03-01 10:46:40	39.2000	40.8100	10.00	mb	4.0
8317	1999-01-14 07:01:39	39.2000	40.4300	30.00	mb	4.1
8287	1998-11-10 15:54:55	39.1500	40.3200	10.00	mb	4.3

8284	1998-11-10 05:39:34	39.1590	40.3250	15.10	mb	4.4
8164	1998-04-13 15:14:33	39.3150	41.1230	15.00	Mw	5.2
7991	1997-03-04 14:23:01	39.2949	40.7192	46.10	mb	4.1
7723	1996-06-30 07:40:04	39.1316	40.5508	28.70	mb	4.0
7542	1995-07-03 00:35:16	39.3254	41.1147	33.00	mb	4.0
7395	1994-10-29 23:52:57	39.4101	40.7150	1.30	mb	4.2
7224	1993-06-21 00:32:54	39.4202	40.4301	10.00	mb	4.1
7088	1992-08-10 02:19:27	39.2468	40.3812	33.00	mb	4.2
6205	1988-03-30 21:42:05	39.2393	40.3382	10.00	mb	4.3
6094	1987-09-06 02:46:12	39.1513	40.5000	10.00	mb	4.2
5172	1983-01-01 23:06:22	39.4474	40.3481	33.00	mb	4.5
4321	1978-08-13 17:20:25	39.3286	41.0724	127.90	mb	4.3
3346	1971-05-24 18:32:14	39.3805	40.5940	62.40	mb	4.4
3335	1971-05-22 18:43:41	39.2340	40.6113	49.70	mb	4.4
2833	1969-10-01 20:33:39	39.3150	40.6090	24.80	mb	4.7
2605	1968-09-25 20:52:18	39.2210	40.3070	47.60	mb	5.0
2603	1968-09-24 04:19:55	39.1890	40.3190	11.80	mb	5.0
2486	1968-03-13 00:53:42	39.4800	40.4000	71.00	mb	4.3
2241	1966-09-13 20:23:51	39.1700	40.8500	46.00	mb	4.5
2235	1966-08-23 01:35:45	39.3200	40.9700	30.00	mb	4.6
2228	1966-08-20 17:54:08	39.3000	40.8200	70.00	mb	4.2
2227	1966-08-20 15:17:34	39.3100	40.5100	34.00	mb	4.5
2226	1966-08-20 12:01:43	39.1650	40.7620	18.70	mb	5.4
2225	1966-08-20 11:59:09	39.4200	40.9800	14.00	MS	6.2
2083	1965-08-31 07:29:47	39.3460	40.7920	5.60	mb	5.1
1979	1964-11-16 05:27:27	39.4250	40.3990	10.10	mb	4.9
1678	1958-01-14 13:34:49	39.4800	40.4100	60.00	MS	5.1
1661	1957-07-07 05:58:58	39.3700	40.4600	60.00	MS	5.1
1366	1950-01-02 21:15:00	39.3000	41.0000	10.00	MS	4.9
1357	1949-08-23 13:40:44	39.4200	40.9800	10.00	MS	4.8
1030	1935-10-14 07:27:10	39.2000	40.6000	10.00	MS	4.6
1029	1935-10-13 19:32:22	39.3500	40.5200	40.00	MS	5.0
445	1913-12-09 02:30:00	39.4000	41.0800	10.00	MS	5.2
333	1909-03-05 12:17:00	39.3700	40.6500	10.00	MS	5.0
272	1907-04-06 00:00:00	39.3000	40.4000	10.00	MS	4.9

*Mw=Moment Manyetüd (büyüklük); mb=Cisim dalgası (body wave) Manyetüd; MS=Yüzey (surface) dalgası manyetüd; Ml= Yerel (local) Manyetüd (genel adıyla Richter manyetüd)

Tablo 3. Yedisu (Bingöl) ve Karlıova (Bingöl) çevresinde meydana gelen $M \geq 4$ tarihsel dönem deprem kayıtlarının genel özellikleri (Başarı Baştürk vd., 2017' den yararlanılmıştır).

Kimlik No	Tarih	Yer	Enlem	Boylam	Şiddet
1480	MS 1856-00-00	Göynük-Karlıova	39.29	41.00	VII
1636	MS 1866-05-12	Karlıova	39.20	41.00	X
1781	MS 1875-03-27	Karlıova-Bingöl, Elazığ-Palu	39.30	41.00	VIII
2148	MS 1896-04-20	Kiğı-Bingöl	39.30	40.34	?

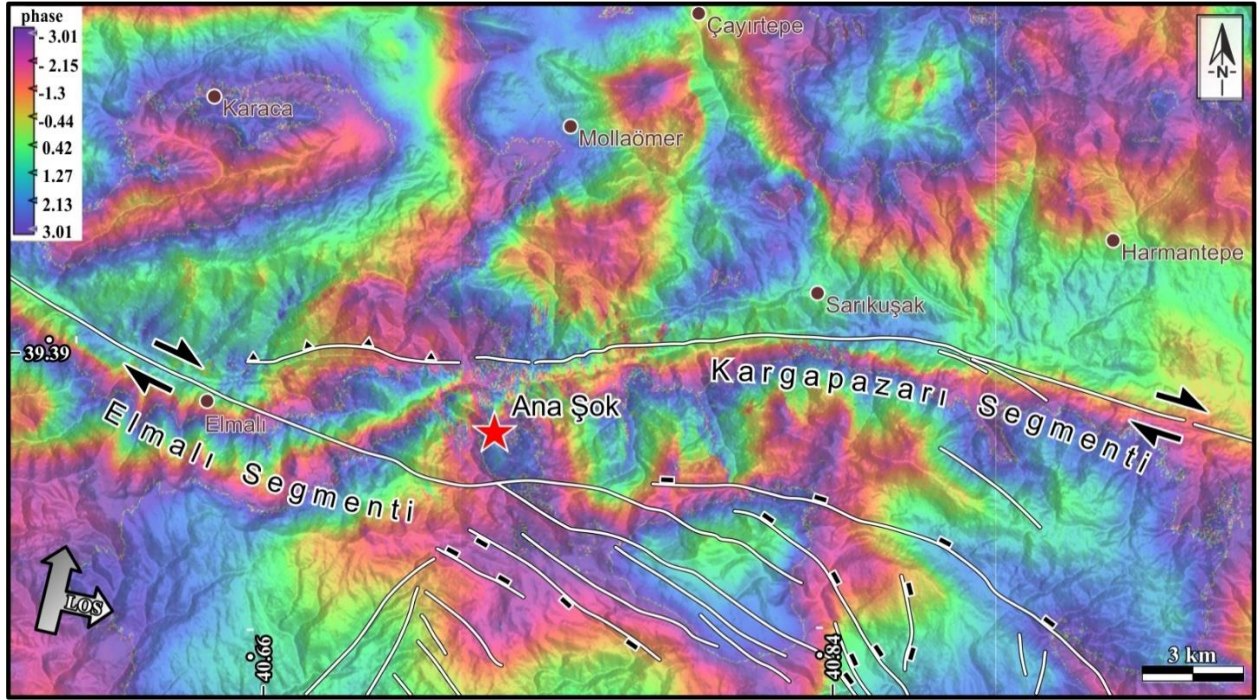
İnterferometri

Bu alt başlık altında, kamuoyunun bilgilendirilmesi açısından daha sade anlatım yolu tercih edilmiştir. Analizler sonucu ortaya çıkan nicel ölçüm sonuçlar verilmemiştir. Burada amaç depreme neden olan kaynak fayın tespiti ve çevre alanlarda nasıl bir deformasyon desenine sahip olduğunun belirlenmesidir.

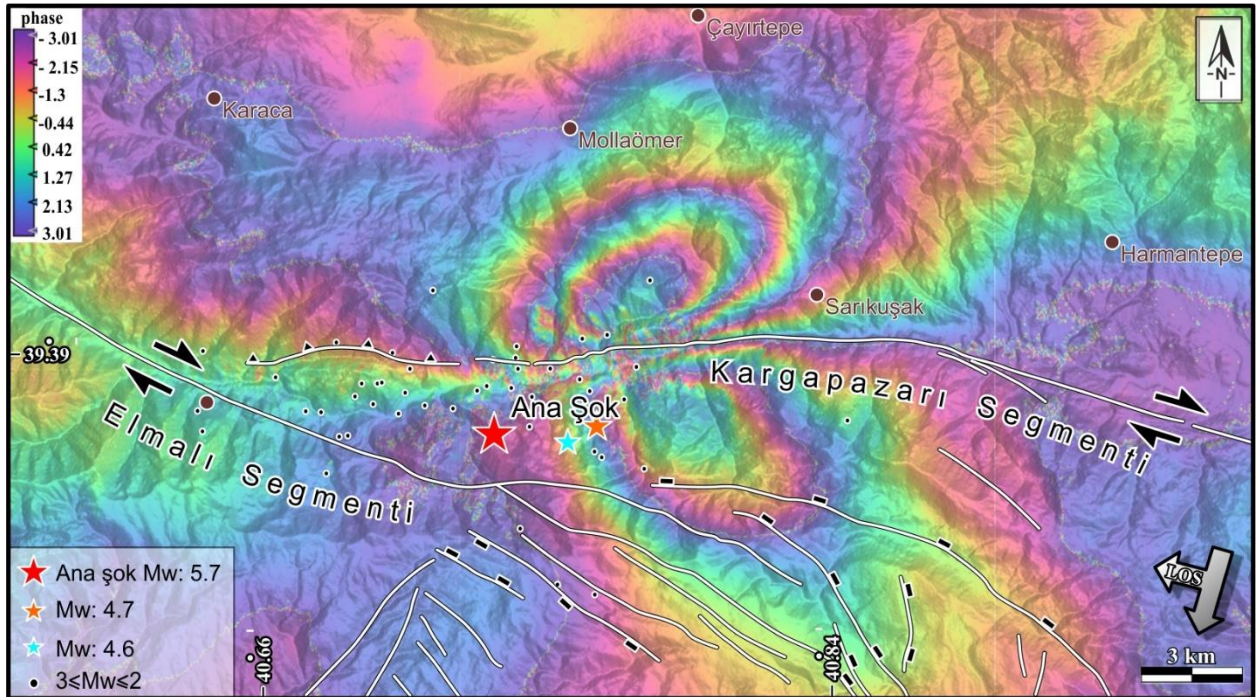
Ana şok sonrası meydana gelen deformasyonlar, bu çalışma kapsamında iki ayrı zaman diliminde incelenmiştir. Bunlar; (i) depremin meydana geldiği andan itibaren 54 dakika sonrasına kadar olan süreç, (ii) ana şok ve sonrasındaki 9 saat 53 dakikalık süreçtir. Ölçümler için kullanılan radar verileri sırasıyla; (i) 43 yörünge numaralı (Ascending) S1A_2020.06.14 tarihli ve 18:18 (TS)'li (Slave) görüntü ile 43 yörünge numaralı (Ascending) S1B_2020.06.08 tarihli (Master) görüntülerdir. (ii) 50 yörünge numaralı (Descending) S1A_2020.06.15 tarihli ve 06:17 (TS)'li (Slave) görüntü ile 50 yörünge numaralı (Descending) S1B_2020.06.09 tarihli (Master) görüntülerdir.

Yapılan ölçümler sonucu çıkan faz görüntülerinde, yaklaşık 1 saat içerisinde meydana gelen yüzey deformasyonları net bir şekilde gözlenememektedir. Genelde ani heyelan alanlarında gözlenen gürültülü alan deformasyon desenleri belirgindir. Ana şok noktasının bu alana denk gelmesi düşündürücüdür (Şekil 11). Fakat görüntülerdeki sinyal gürültüsünden net bir deformasyon deseni elde edilememektedir. Ana şoktan yaklaşık 10 saat sonra geçen uydu verilerine göre doğrultu atımlı fay mekanizmasıyla gelişen deformasyon deseni açıkça gözlenmiştir (Şekil 12). Faz görüntülerin arasında olan bu farkın nedeni depremin doğuya olan göçüyle kısaca açıklanabilir. Bu iki görüntü arasındaki farka sebep olabilecek nedenler sonuçlar başlığı altında detaylı bir şekilde irdelenecektir.

Deformasyon deseni ile Türkiye Diri Fay Haritası çakıştırıldığında, depreme neden olan fayın Kargapazarı Segmenti'nden kaynaklandığı açıkça gözükmemektedir (Şekil 12).



Şekil 11. Depremden 1 saat sonrasına ait interferometri faz haritası. Diri faylar Emre vd. (2011)'den alınmıştır.

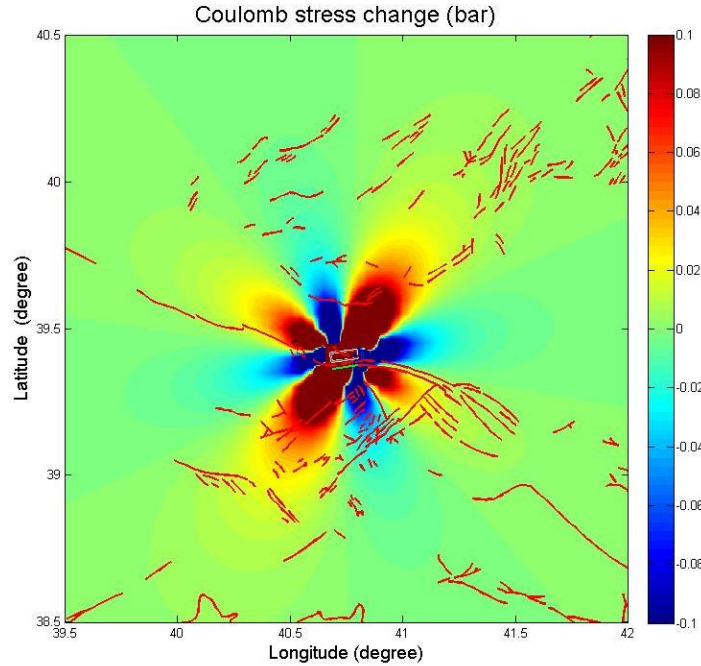


Şekil 12. Depremden 10 saat sonrasına ait interferometri faz haritası. Depremler AFAD'dan alınmıştır (Görüntünün elde edildiği zamana kadar olan depremleri içermektedir). Diri faylar Emre vd. (2011)'den alınmıştır.

Coulomb Stres Değişimi

Hesaplanan coulomb stres değişiklikleri, bir deprem sırasında hafifletilen stresin sadece dağılmakla kalmayıp, daha sonraki titreşimleri yoğunlaştırarak fay segmentlerini yukarı ve aşağı hareket ettirebileceğini düşündürmektedir. Daha da önemlisi, Coulomb stres değişiklikleri deprem faaliyetiyle ilgili potansiyel tehlikeleri değerlendirmek için kullanılan deprem tahmin modellerine uygulanmıştır.

Şekil 13’de Mw5.9 ana şokun AFAD tarafından verilen moment tensor fay çözümü kullanılarak Coulomb gerilim değişimleri hesaplanmıştır (Hoşkan, N., 2020; bireysel görüşme). Coulomb gerilim değişim hesaplamaları deprem sırasında oluşan gerilim (stres) boşalımı hakkında ve bu gerilimin olası fay kollarına (segmentlerine) olan aktarımı hakkında bilgi verir (King vd., 1994; Stein vd., 1999). Şekil 13 de görüleceği gibi, Mw5.9 depreminin Coulomb gerilim boşalımı B-KB ve D-GD yönlerinde baskındır ve gelecekte bu yönlerde sismik tehlikenin arttığını işaret etmektedir.



Şekil 13. M5.9 ana şok fay çözümü kullanılarak oluşturulan Coulomb (failure) stres değişimleri (Dr. Nihan Hoşkan, İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi-Jeofizik Mühendisliği, tarafından hazırlanmıştır). Ana şok moment tensor fay çözümü için AFAD verisi kullanılmıştır. Burada Latitude=Enlem, Longitude=Boylam, Stres aktarımların bar cinsinden dağılım miktarları lejand üzerinde şeklin sağ tarafında verilmiştir. Kırmızı stress dağılımları genel olarak o yöndeki (örneğin, Erzincan ve Muş yönünde) bağlantılı fayların tetiklenme olasılığını da artırmış gözükmektedir.

Sonuçlar

1- Bingöl-Karlıova depremi Mw5.9 büyüklüğünde olup, VII şiddetinde bir hasara neden olmuştur (Şekil 1). Ana şok ve artçı depremler Elmalı ve Kargapazarı kolları arasındaki Doğu-Batı uzanımlı bölgede meydana gelmiştir.

2- Deprem sayısı ve deprem büyüklük (Gutenberg-Richter eğrisi) ilişkisine göre; gelecekte Mw 5 büyüklüğünde en az bir deprem ve Mw 6.5 büyüklüğüne varan depremlerin oluşma olasılığı vardır. Deprem artçı şoklarının ilk 58 saatlik zaman içerisindeki davranışı, artçı şokların bir süre daha (deprem sayısı zamanla azalım Omori yasasına uygun olarak) devam edeceğini ve bu artçıların genel olarak çoğunlukla M1.5-M3 arasında, az sıklıkta M3-M4 arasında, bir kaç tane daha M4-M5 arasında oluşabileceği tahmin edilmektedir (Şekil 5 ve 6).

3- Bölgede sınırlı sayıda sismik ağ bulunmasından dolayı sismik olarak depreme kaynaklık eden fayın hangisi olduğu ortaya konamamakla birlikte, interferometri sonuçlarına göre; depremin kaynağı Kargapazar Segmenti'dir ve geniş alanlarda deformasyona neden olmuştur.

4- Coulomb (failure) gerilim (stress) değişimine göre; Karlıova Depremi hem Erzincan tarafındaki Yedisu Kolu ve Karlıova tarafındaki Varto Koluna doğru gerilim aktarımına neden olmuştur. Karlıova doğu-güneydoğusundaki Varto kolu en son 1966 yılındaki 6.8 büyüklüğündeki depremde kırılmıştır. Yedisu segmenti üzerindeki deprem tekrarlanma aralığının yaklaşık 245 ± 55 yıl olduğu düşünüldüğünde, en son meydana gelen 1784 depreminden bu yana 230 yılın üzerinde bir zaman geçmiştir. 14.06.2020 Karlıova Depreminin, bu depreme kaynaklık eden Kargapazarı segmentinin batısında kalan özellikle Yedisu segmenti üzerindeki gerilimin artmasına neden olmuştur. KAFZ üzerinde Marmara Denizi içinde var olan sismik boşluktan sonra en riskli bölgelerden birisi olan Yedisu segmentinin sismik aktivitesinin dikkatle takip edilmesi önem taşımaktadır.

Öneriler: Depremlerden En Az Zararla Çıkmak İçin Yapılması Gereken Çalışmalar

Türkiye'de 1999 Kocaeli-Düzce depremlerinden sonra başlatılan deprem seferberliği Deprem Konseyi'nin 2005'yayınladığı "öncelikli deprem konuları"ni içeren belgeler ve ardından T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yayınlanan "Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP)" 2011'de yayınlanmıştır. Bu kitapçıkta Türkiye'deki bütün resmi kurum ve kuruluşların AFET YÖNETİMİ kapsamında deprem zararlarını azaltma adına deprem öncesi, sırası ve sonrasında yapacakları 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 ekseninde gruplandırılmıştır 1) Depremleri öğrenmek 2) Deprem güvenli yerleşme ve yapılaşma 3) Depremlerin etkileriyle baş edebilmek. Bu 3 eksendeki çalışmaların en önemlileri ve bu çalışmalarını yapabilmek için gereken ana değişimler aşağıda özetlenmiştir.

1-Türkiye’de deprem zararlarını azaltmak adına, 1999 Gölcük depreminden alınan dersler ışığında uluslararası ölçekte çalışmalar yapılmış ve buna göre Türkiye genelinde deprem konularında yapılması gereken çalışmalar, Başbakanlık-AFAD tarafından Ulusal deprem Stratejisi Eylem Planı (UDSEP-2023) kitapçığı şeklinde 2011 yılında yayınlanmıştır. Bu plan çerçevesinde, 2023’e kadar deprem konusunda neler yapılması gerektiği, bu çalışmaları kimlerin yapacağı, ilgili ve sorumlu kuruluşlar tek tek belirtilmiştir. Günümüzde ise bu konuda sorumlu kalan tek kurum MTA’dır. Bu raporun tarihine kadar yaklaşık 100 fayda paleosismoloji tabanlı hendek çalışmaları bitirilmiş olup, 485 adet fay çalışmalarının yapılmasını beklemektedir. 2023’e kadar tüm faylarda çalışmaların bitmesi için tüm üniversitelerin bu plan çerçevesine tekrar dahil edilmesi gerekmektedir.

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 yasal bir dayanağın olması gerekmektedir. Bu da uluslararası ölçekte hazırlanacak bir “FAY YASASI” ile gerçekleştirilebilecektir.

4- 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.

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 bütünlük bir sensör sisteminin/ağının geliştirilmesi ve deprem ön kestirimi 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 yansıra, deniz ve göller (Van Gölü vb) 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, söz konusu planların bilimsel içeriklerini anlayabilecek yerbilimcilerin istihdam edilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda Büyükşehir Belediyelerinde “JEOLJİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI”nın kurulması önerilmektedir.

10- Dünya örneklerine bakıldığında arazi çalışmaları (jeoloji, yapısal jeoloji, tektonik, jeomorfoloji, paleosismoloji gibi) ile aletsel sismik veri kayıtlarını tutan, değerlendiren ve yorumlayan, hatta kamuoyuna bilgi aktaran kurumların aynı çatı altında örgütlendiği görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 'Amerika Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS)', İngiltere'de 'İngiltere Jeoloji Araştırmaları Kurumu (BGS)', Japonya'da 'Japonya Jeolojik Araştırmalar Kurumu (GSJ)' örneklerinde olduğu gibi çatı kurumlar genellikle ilgili ülkelerin jeoloji araştırma kurumlarıdır. **Bugün için, Ülkemizde bu kurumların tam karşılığı olabilecek bir yapılanma bulunmamaktadır.** Bu konuda 'Türkiye Jeolojik Araştırmalar Kurumu (TÜRKJAK)' adı altında, çok disiplinli çalışmaların yürütüldüğü bir yapılanmaya gidilmesi önerilmektedir.

11- 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 Bilim Kurulu" kurulması önerilmektedir.

REFERANSLAR

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

Aksoy, M. E. (2009). Active Tectonics and Paleoseismology of the Ganos Fault Segment and Seismic Characteristics of the 9 August 1912 Mürefte Earthquake of the North Anatolian Fault (Western Turkey), (PhD), Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü ve IPGS, İstanbul ve Strasbourg.

Akyüz, H.S., Altunel, E., Zabcı, C., Sançar, T., Çakır, Z., Yalçın, Ç. ve Gutsuz, P. (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerindeki Yedisu Sismik Boşluğu ve Karlıova Fayı (Bingöl) Üzerinde Paleosismolojik ve Morfotektonik Araştırmalar. TÜBİTAK Proje No 106Y174, 114 s.

Ambraseys, N.N. ve Finkel C.F. (1995). The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas-A Historical Review, 1500–1800. Eren Yayıncılık, İstanbul.

Avagyan, A., Sosson, M., Karakhanian, A., Philip, H., Rebai, S., Rolland, Y., Melkonyan, R. ve Davtyan, V. (2010). Recent tectonic stress evolution in the Lesser Caucasus and adjacent regions. Geological Society, London, Special Publications, 340, 393-408.

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.

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. ve Kurt, A. İ. (2016). Açıklamalı Türkiye Sismotektonik Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-34. Ankara, Türkiye.

Barka A, and Kadinsky-Cade K (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquakes activity. *Tectonics* 7, 663–684.

Barka, A. (1996). Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86, 1238-1254.

Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. ve Şengor, A.M.C. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone (Turkey). *Geological Society of London Special Publication* 19, 3-36.

EMSC, (2020). Avrupa Ortadoğu Sismoloji Merkezi. Son depremler, odak mekanizma çözümleri: son erişim tarihi; 14 Haziran 2020, <https://www.emsc-csem.org/#2>

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Çan, T. (2016). Active fault database of Turkey. *Bulletin Earthquake Engineering* 16, 3229-3275.

EMSC, 2020. <https://www.emsc-csem.org>. Son erişim tarihi 15 Haziran 2020.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Olgun, Ş., Özalp, S. Ve Elmacı, H., (2012), 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Erzurum (NJ 37-4) Paftası, Seri No:48, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Kondo, H., Olgun, Ş., Özalp, S. ve Elmacı, H., (2012), 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Erzincan (NJ 37-3) Paftası, Seri No:44, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Can, T., 2018. Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16 (8), 3229-3275.

Emre, Ö., Kondo, H., Özalp, S. ve Elmacı, H. (2020). Fault geometry, segmentation and slip distribution associated with the 1939 Erzincan earthquake rupture along the North Anatolian fault, Turkey. Dilek, Y., Ogawa, Y. and Okubo, Y. (eds) *Characterization of Modern and Historical Seismic-Tsunamic Events, and Their Global-Societal Impacts*. Geological Society, London, Special Publications, 501, <https://doi.org/10.1144/SP501-2019-141>.

Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z. (1967). Türkiye ve civarının deprem kataloğu (MS 11 yılından 1964 sonuna kadar). İTÜ Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, No:24.

Gutenberg, B. ve Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California, *Bull. seism. Soc. Am.*, 34, 185–188.

Hubert-Ferrari, A., Armijo, R., King, G., Meyer, B. ve Barka, A. (2002). Morphology, displacement, and slip rates along the North Anatolian Fault, Turkey, *J. Geophys. Res.*, 107, ETG 9-1-ETG 9-33

ISC, 2020. <http://www.isc.ac.uk>. Son erişim tarihi 15 Haziran 2020.

Kadirioğlu, F.T. vd. (2018). An improved earthquake catalogue ($M \geq 4.0$) for Turkey and its near vicinity (1900–2012). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 3317-3338, <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0064-8>

Kagan, Y.Y. ve Houston, H. (2005). Relation between mainshock rupture process and Omori's law for aftershock moment release rate. *Geophys. J. Int.*, 163, 1039-1048.

King, G.C.P., Stein, R.S., ve Lin, J. (1994). Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*. 84, 935–953.

Kozacı, O., Dolan, J. F. ve Finkel, R. C. (2009). A late Holocene slip rate for the central North Anatolian fault, at Tahtaköy, Turkey, from cosmogenic ^{10}Be geochronology: Implications for fault loading and strain release rates, *J. Geophys. Res.*, 114, 1-12.

Kondo, H., Özaksoy, V. ve Yıldırım, C. (2010). Slip history of the 1944 Bolu-Gerede earthquake rupture along the North Anatolian fault system: Implications for recurrence behavior of multisegment earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 115, 1-16.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research B Solid Earth* 105, 5695-5719.

McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D., ve Tealeb, A. (2003). GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motion: *Geophysical Journal International*, 155, 126-138.

Nilforoushan, F., Masson, F., Vernant, P., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H., Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Daignieres, M., Collard, P., ve Chery, J. (2003). GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran: *Journal of Geodesy*, 77, 411-422.

Meghraoui, M., Aksoy, M. E., Akyüz, H. S., Ferry, M., ve Dikbaş, A. ve Altunel, E. (2012). Paleoseismology of the North Anatolian Fault at Güzelköy (Ganos segment, Turkey): Size and recurrence time of earthquake ruptures west of the Sea of Marmara, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 13, Q04005.

Okamoto, S., Tabban, ve A., Tanuma, T. (1970). *Türkiye Deprem Şiddetleri Kataloğu*.

Pınar, N. ve Lahn, E., 1952. *Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu*. Akın Matbaacılık Ltd. Ortaklığı, Ankara.

Polonia, A., Gasperini, L., Amorosi, A., Bonatti, E., Bortoluzzi, G., Cagatay, N., Capotondi, L., Cormier, M. H., Gorur, N., McHugh, C. ve Seeber, L. (2004). Holocene slip rate of the North Anatolian Fault beneath the Sea of Marmara, *Earth and Planetary Science Letters*, 227, 411-426.

Pucci, S., De Martini, P. M. ve Pantosti, D. (2008). Preliminary slip rate estimates for the Düzce segment of the North Anatolian Fault Zone from offset geomorphic markers, *Geomorphology*, 97, 538-554.

Sancar, T. ve Akyuz, H.S. (2014). Paleoseismology of the Ilıpınar Segment (Karlıova, Bingöl), The North Anatolian Fault Zone. *Geological Bulletin of Turkey*, 57(2), 35-52.

Sancar, T. (2006). *Yedisu Fay Segmentinin Paleosismolojik Ve Morfotektonik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Stein, R.S., Barka, A.A. ve Dieterich, J.H. (1997). Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophysical Journal International*, 128, 594-604, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb05321.x>

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75,181-241.

Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A. (2008). The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405-418.

Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Çakır, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Türk, T., Hastaoğlu, K.Ö., Polat, A., Mesci, B.L., Gürsoy, Ö., Ayazlı, İ.E., Çakmak, R., Belgen, A. ve Yavaşoğlu, H. (2012) Crustal deformation and kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements. *Tectonophysics*, 518-521, p.55-62

Toksöz, M.N., Shakal, A.F., Michael, A.J. (1979). Spacetime migration of earthquakes along the North Anatolian Fault and seismic gaps. *Pure and Applied Geophysics*, 117, 1258, <https://doi.org/10.1007/BF00876218>

TPAO, (2010). <http://www.tpa.gov.tr>. Turkish Petroleum Oil Company, Seismic sections. 2010.

Tsereteli, N., Tibaldi, A., Alania, V., Gventsadse, A., Enukidze, O., Varazanashvili, O., Müller, B. I. R. (2016). Active tectonics of central-western Caucasus, Georgia. *Tectonophysics*, 691, 328-344.

Utsu, T., Ogata, Y. & Matsu'ura, R.S. (1995). The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity, *J. Phys. Earth*, 43, 1–33.

Wells, D., Coppersmith, K. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. *Bulletin of Seismological Society of America*. 84, 974-1002.

Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. F. Luis, ve F. Wobbe (2013). *Generic Mapping Tools: Improved version released*, *EOS Trans. AGU*, 94, 409-410.

Zabci, C. (2012). Kuzey Anadolu Fayı'nın Ilgaz (Çankırı) – Karlıova (Bingöl) Arasında Kalan Kesiminin Morfokronoloji Tabanlı Son Beşbin Yıllık Kayma Hızı Tarihiçesi Ve Depremselliği. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kısaltmalar:

AFAD = T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

KOERI= Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme Ve Değerlendirme Merkezi

GFZ =

USGS =

ISC = International Seismological Centre

Kullanılan Linkler: (son erişimler; 15-17 Haziran 2020)

EMSC gerdepremler: <https://www.emsc-csem.org/>

AFAD son depremler : <https://deprem.afad.gov.tr/sondepremler>

KOERI son depremler: <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst6.asp>

USGS Earthquakes: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000ac28/executive>

USGS ShakeMap: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000abnv/shakemap/intensity>

ISC deprem bültenleri kataloğu: <http://colossus.iris.washington.edu/>

Ek Açıklayıcı Bilgiler:

Aletsel Büyüklükler:

Mw (Moment Büyüklük) (Moment Magnitude)

ML (Yerel Büyüklük) (Local Magnitude)

Mb (Cisim dalgası 'body wave' Büyüklük) (Body wave Magnitude)

Aletsel Olmayan Büyüklükler:

MMI (Yeniden düzenlenmiş Markelli Şiddet ölçeği, 'Modified Marcelli Intensity')