

Batı Anadolu Bölgesinde Son Üç Ay İçinde Meydana Gelen Depremlerle Beraber 27 Ekim 2025 Sındırgı Balıkesir Depremi'nin İrdelemesi

(Prof. Dr. Erhan Altunel ve Prof. Dr. Ali Pınar'ın katkılarıyla)

1. Giriş

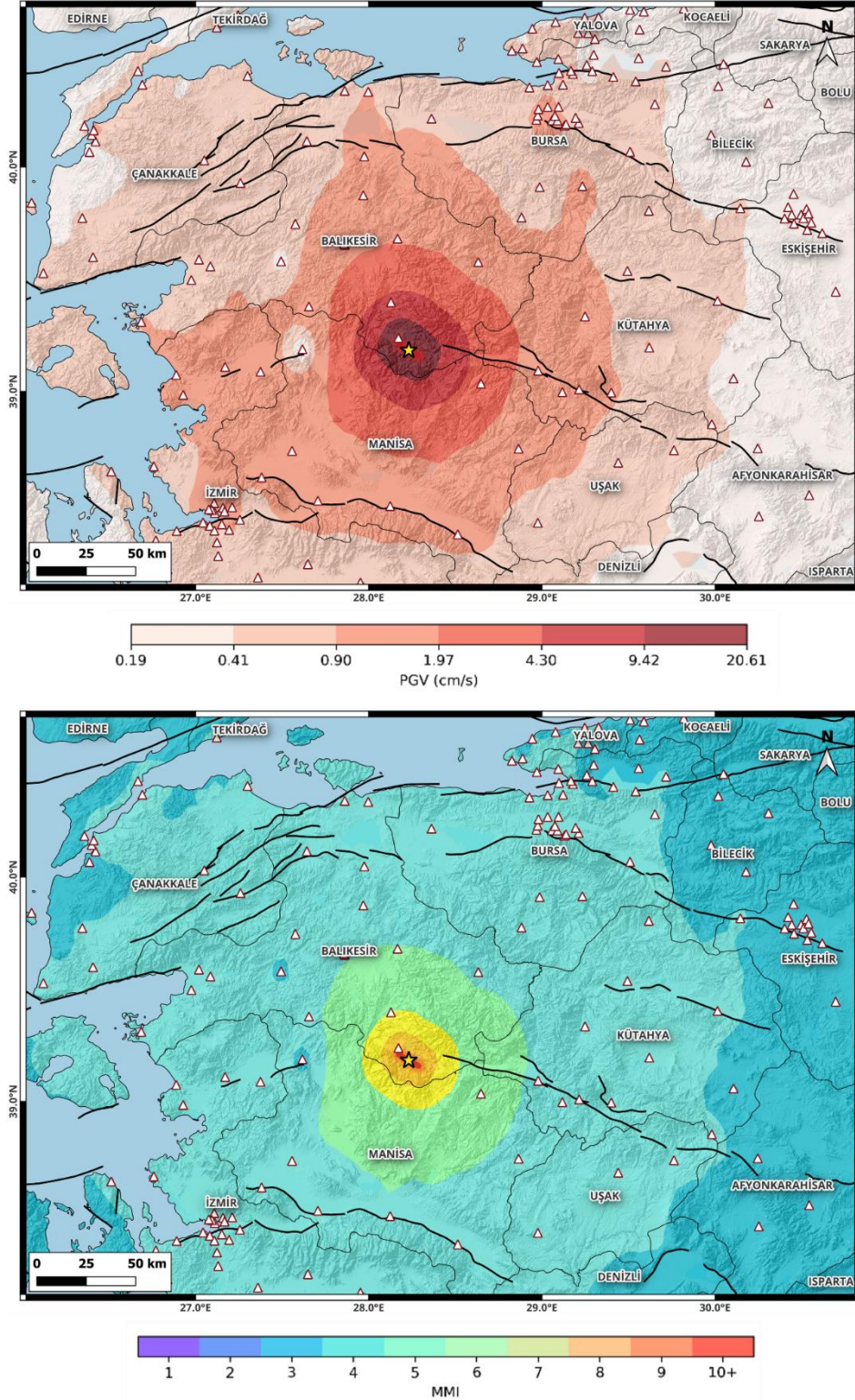
27 Ekim 2025 günü yerel saatle 22:48'de (GMT +3) merkez üssü Sındırgı ilçesi (Balıkesir) yakınında M_w 6,1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. AFAD tarafından verilen odak mekanizması çözümüne göre deprem **normal faylanma** mekanizmasına sahip olup derinliği 6 km olarak belirlenmiştir. Benzer odak çözümü Boğaziçi Üniversitesi Kandili Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından da verilmiştir. **Yüzeyde bir kırık izi yaratmayan 27 Ekim depremi** raporun ilerleyen bölümlerinde anlatıldığı gibi esasen **iki ardışık kırılma olarak tezahür etmiştir**. İlk kırılma, **10 Ağustos tarihinde meydana gelen M_w 6,1 büyüklüğündeki Sındırgı depremi sonrası oluşan gerilmenin doğrultu atımlı bir segmenti kırması (M_w 5,8) ile başlamış ve bu kırılmadan **2 saniye sonra da normal faylanma mekanizmasına sahip (M_w 6,0) büyüklüğünde ikinci deprem tetiklenmiştir**. Bu rapordaki yer hareketi hesaplarında kırılma senaryosu olarak M_w 5,8 sonrası meydana gelen M_w 6,0 büyüklüğündeki normal faylanma mekanizmasına sahip deprem dikkate alınmıştır.**

Raporun ilerleyen bölümlerinde de belirtildiği gibi Batı Anadolu Bölgesinin tarihsel sismik aktivitesi dikkate alındığında bölgede potansiyel olarak M_w 6,0-6,5 büyüklüğünde yüzey kırığı oluşturmayan benzer depremler gerçekleşebilir. Bölgenin karmaşık sismotektonik yapısı dikkate alındığında da **27 Ekim depremi örneğinde olduğu gibi daha önce oluşmuş benzer büyüklükteki bir deprem belli bir süre sonra benzer büyüklükte başka bir depremi de tetikleyebilir**.

2. Yer Hareketi Dağılımı

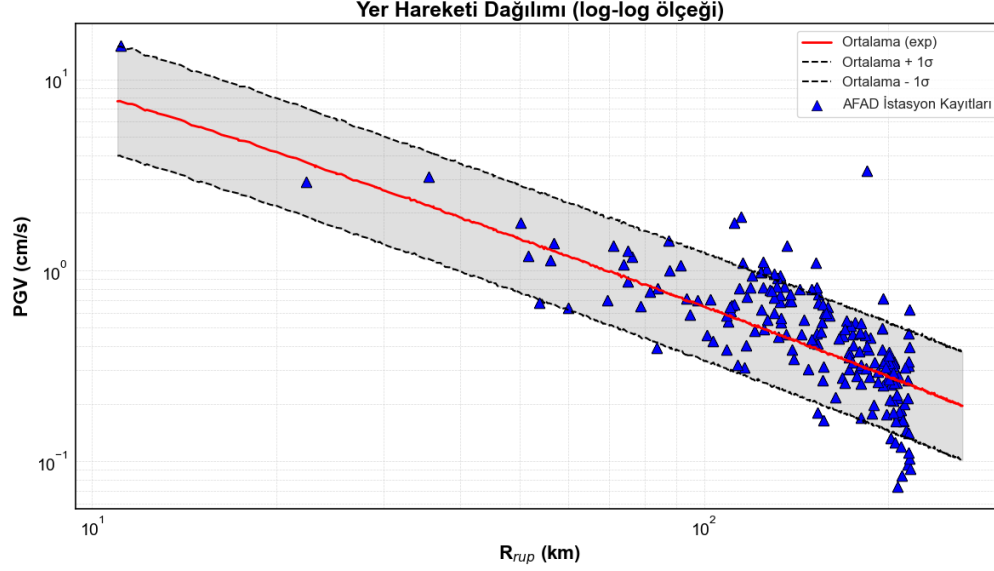
27 Ekim Sındırgı depremi, İstanbul, İzmir, Çanakkale ve Bursa gibi büyük illerimizi de içine alan yaklaşık 300 km yarı çaplı bir alan içinde hissedilmiştir. Şekil 1, bu deprem için AFAD kuvvetli yer hareketi istasyon kayıtlarıyla beraber T Rupt yer hareketi modelini kullanarak oluşturulan sarsıntı şiddeti (ShakeMap) haritalarını göstermektedir.

Şekil 1, üst panelde verilen harita ortalama en büyük yer hızının (PGV) coğrafi konumlara göre değişimini göstermektedir. Bu haritada depremin merkez üssüne çok yakın konumlarda ortalama yer hızının 20 cm/s'ye kadar çıktığı, Balıkesir il merkezinde ise bu değer 0,9 cm/s ile 2,0 cm/s aralığında değiştiği gösterilmektedir. Aynı şeklin alt panelinde PGV haritasının eşleniği olan makrosismik şiddet, MMI, haritası verilmektedir. Bu haritada makrosismik şiddet, deprem merkez üssüne yakın konumlarda **MMI VII-VIII** arasında değişim göstermektedir. Bu şiddet değerleri "*deprem tasarımı iyi olan yapıların hafif ve/veya az hasar görebileceği buna mukabil deprem tasarımı olmayan mühendislik hizmeti görmemiş veya zayıf yapıların ağır hasar (veya göçme)*" alabileceği durumunu temsil etmektedir. Balıkesir il merkezi civarında ise makrosismik şiddet **MMI IV-V** arasında değişmektedir. Bu şiddet değerleri ise "*pek çok kişinin hissedebileceği, ev eşyalarının kırılıp devrilebileceği*" bir duruma işaret etmektedir. Makrosismik şiddet İstanbul ve civarında **MMI III** olarak belirlenmiştir. Bu şiddet değeri depremi "*yalnızca bazı insanların hissedebileceği*" durumunu ifade etmektedir.



Şekil 1. Sarsıntı şiddeti (Shakemap) haritaları. Üst panel: ortalama yer hareketi hızını ve Alt panel: makrosismik şiddetin coğrafi dağılımını göstermektedir. Beyaz üçgenler haritalarda verilen yer hızı ve makrosismik şiddet değerlerinin hesaplamalarında kullanılan ve Sırdığı depreminin kuvvetli yer hareketi kayıtlarını alan AFAD istasyonlarının konumlarını göstermektedir.

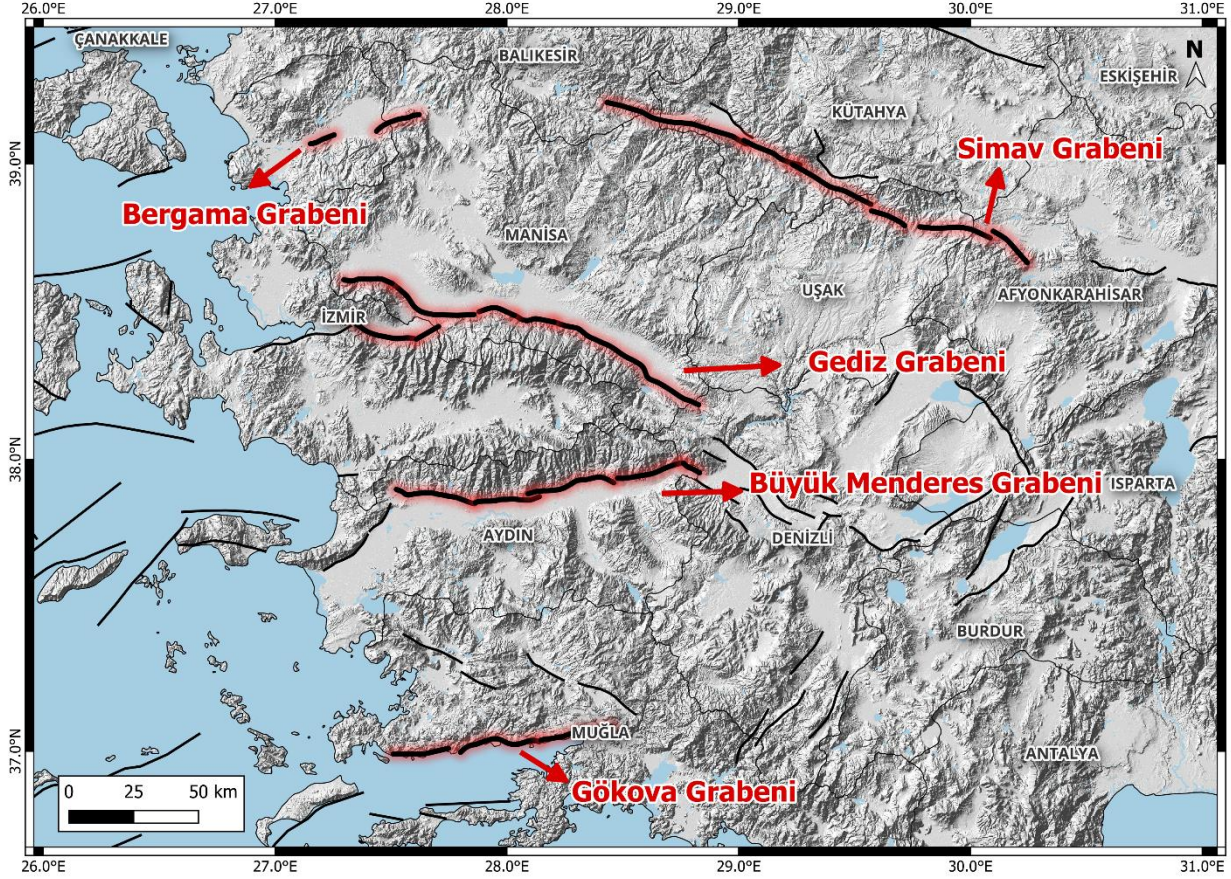
Şekil 2, T Rupt yer hareketi modeli ile AFAD istasyonlarının kaydettiği yatay PGV değerlerinin karşılaştırmasını yapmaktadır. Karşılaştırmalar T Rupt yer hareketi modelinin deprem yer hareketindeki rassal belirsizliği $\pm\sigma$ bandında yakaladığını göstermektedir. Bu depreme özel kısıtlı karşılaştırma T Rupt yer hareketi modelinin Türkiye yer hareketi modellemesi için tutarlı bir model olduğuna da işaret edebilir.



Şekil 2. AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarından elde edilen ivme kayıtlarından hesaplanmış yatay PGV değerleri ile T Rupt yer hareketi modelinin bu deprem için tahmin ettiği PGV değerlerinin karşılaştırması. Karşılaştırmalar yatay PGV bileşenlerinin geometrik ortalamaları üzerinden yapılmıştır. Tüm AFAD istasyon kayıtları PGV değerleri referans zemin ($V_{S30} = 760$ m/s) için düzeltilmiştir. T Rupt yer hareketi modeli de yalnızca bu kıyas için referans zemin koşullarına göre tahminleme yapmıştır.

3. Batı Anadolu Bölgesi'nin Genel Tektonik Yapısı

Türkiye, kuzeyde Avrasya ile güneyde Afrika-Arap plakaları arasında bulunmaktadır ve bu plakaların hareketine bağlı olarak ülkemizin en önemli aktif tektonik yapıları olan sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) oluşmuştur. Batı Anadolu "Genişleme" Bölgesi ve Orta Anadolu "Ova" Bölgesi olarak isimlendirilen tektonik bölümler, KAFZ ve DAFZ boyunca batıya doğru hareket etmektedir (Şekil 3).

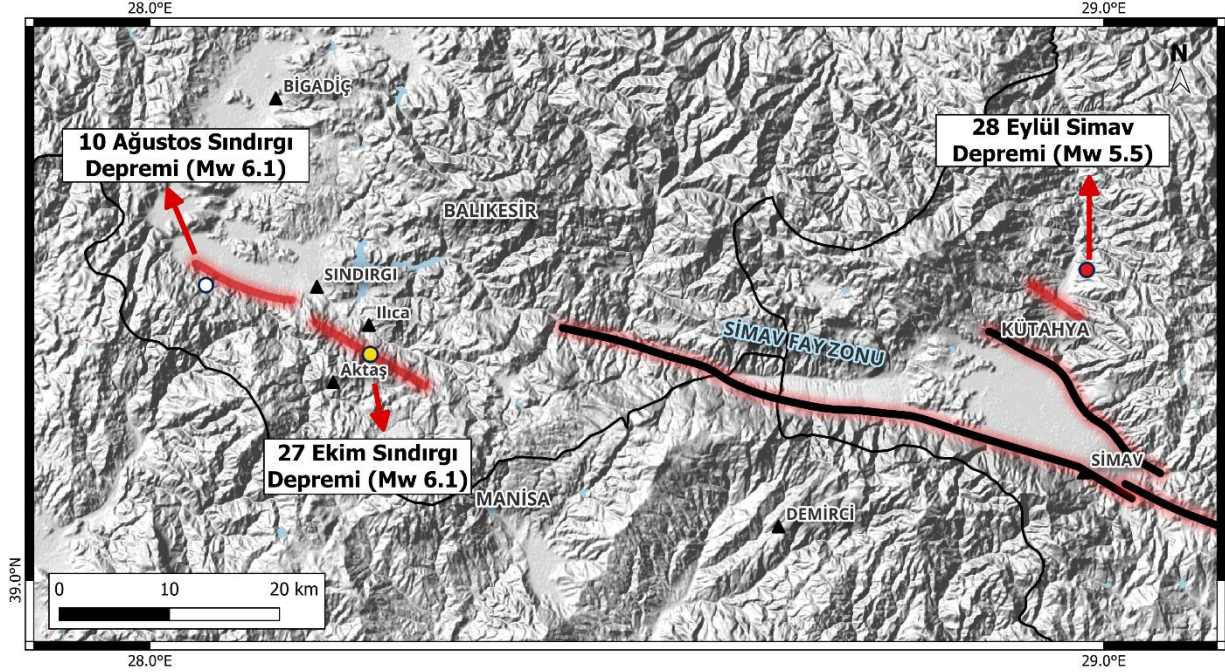


Şekil 4. Batı Anadolu'daki aktif faylar ve önemli morfolojik yapılar.

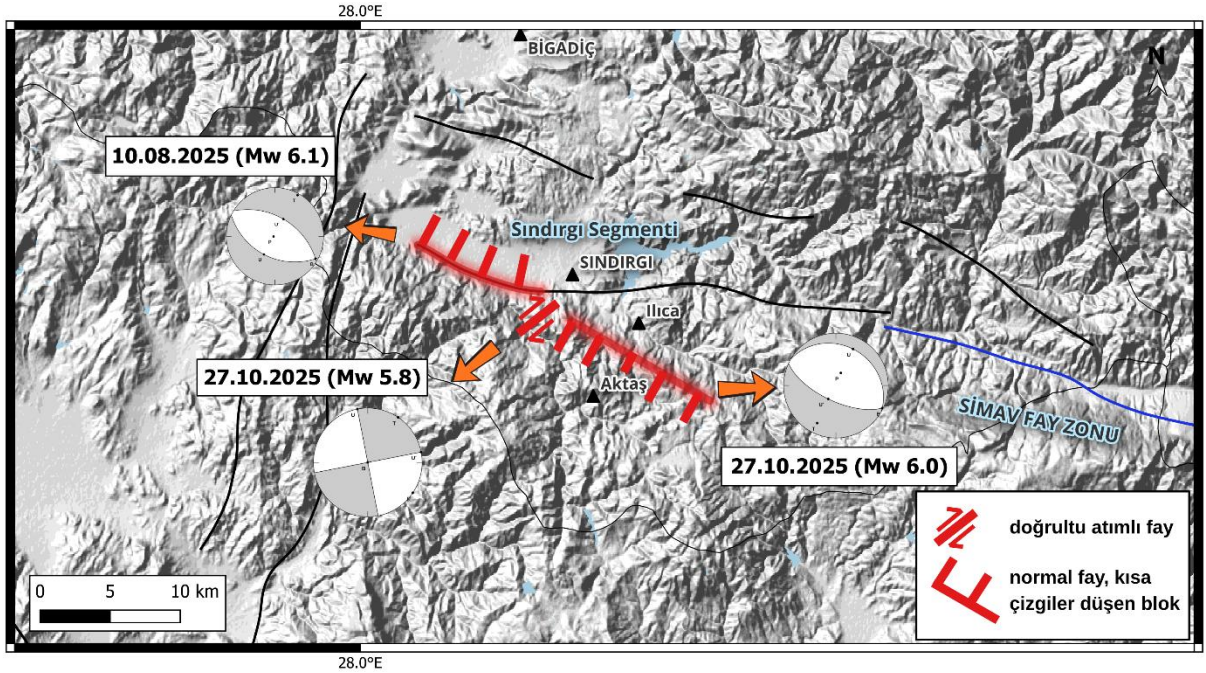
4. Sındırğı ve Simav Depremleri

Şekil 5, Batı Anadolu "Genişleme" Bölgesinde meydana gelen 10 Ağustos Sındırğı (M_w 6,1), 28 Eylül Simav (M_w 5,5) ve 27 Ekim Sındırğı depremlerinin merkez üssü konumlarını göstermektedir. Odak çözümüne göre normal faylanma gösteren 28 Eylül Simav depremi Simav Grabeninin kuzey kenarını sınırlayan fay üzerinde, 10 Ağustos Sındırğı depremi ise, gene odak mekanizması çözümüne göre, KB-GD uzanımlı ve kuzeye eğimli normal fay üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 5). 10 Ağustos Sındırğı depremi için öngörülen KB-GD uzanımlı fay, Sındırğı'nın batısında yer alan ovanın güneyini sınırlayan morfolojik çizgiselliğin uzanımı ile uyumluluk göstermesine rağmen söz konusu morfolojik çizgisellik üzerinde yapılan arazi çalışmalarında aktif bir faya ait yüzey kırığı gösteren veriye rastlanmamıştır.

27 Ekim Sındırğı depremi odak mekanizması çözümü, depremin KB - GD uzanımlı bir fay üzerinde meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 5). Bununla beraber deprem kayıtlarının ayrıntılı analizi bu depremin doğrultu bileşeni baskın olan bir fay üzerinde başladığını (M_w 5,8) ve 2 sn sonra 10 Ağustos depreminin güneydoğusuna düşen normal bir fayın kırıldığını (M_w 6,0) ortaya koymaktadır (Şekil 6). 27 Ekim depremi merkez üssü konumu bu depremin güneye eğimli bir fay üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Bu depremin meydana geldiği alanda faylanma ile ilişkilendirilebilecek net bir yüzey verisi bulunmamakla birlikte (Şekil 5), odak mekanizması çözümü Sındırğı'nın yaklaşık 5 km güneydoğusunda (Ilıca köyü civarında) görülen KB-GD uzanımlı morfolojik çizgisellik ile uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle 27 Ekim depreminin Ilıca köyü yakınlarında görülen KB-GD uzanımlı, güneybatıya eğimli bir fay üzerinde meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 5. Batı Anadolu "Genişleme" bölgesinde meydana gelen 10 Ağustos Sındırgı, 28 Eylül Simav ve 27 Ekim Sındırgı depremlerinin merkez üssü konumları ve odak mekanizma çözümlerine göre modellenen kırılma yüzeylerinin yüzeydeki temsilleri (kırmızı çizgisellikler)

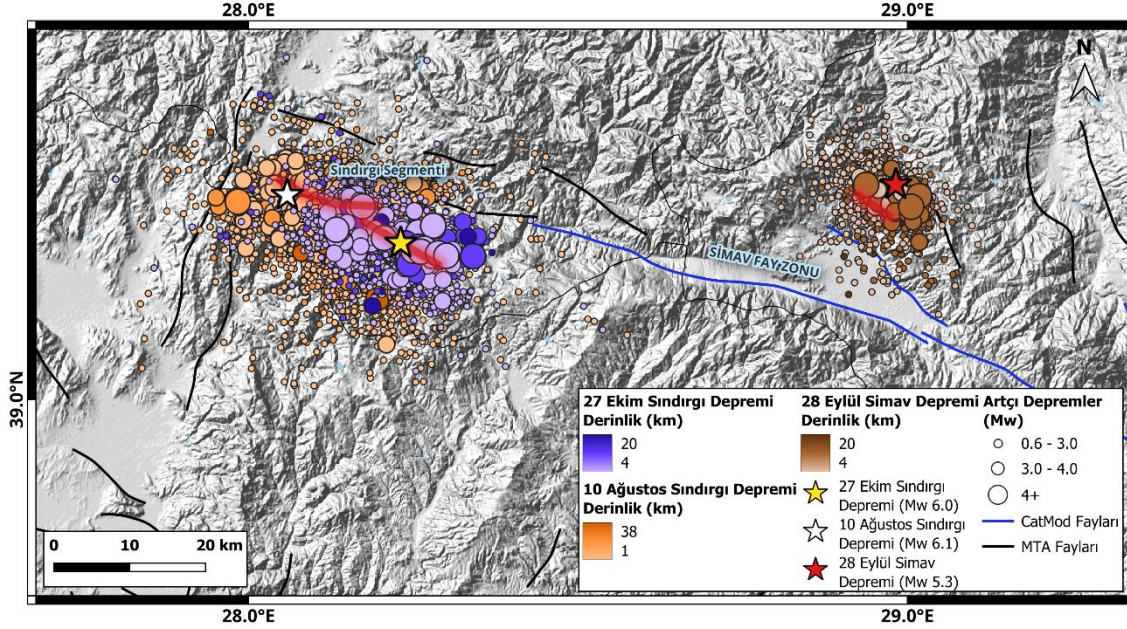


Şekil 6. 10 Ağustos ve 27 Ekim Sındırgı depremlerinin odak mekanizması çözümleri

5. Sındırgı ve Simav Depremlerinin Değerlendirmesi

Aktif normal faylar üzerinde ana şok sonrası meydana gelen artçı şoklar deprem sonucu aşağı yönlü hareket eden "tavan" blok üzerinde yoğunlaşır. Bu durum bu yazıya konu olan ve normal faylanma özelliğine sahip üç deprem için söz konusu değildir. Bu depremlerin ana şoklarını

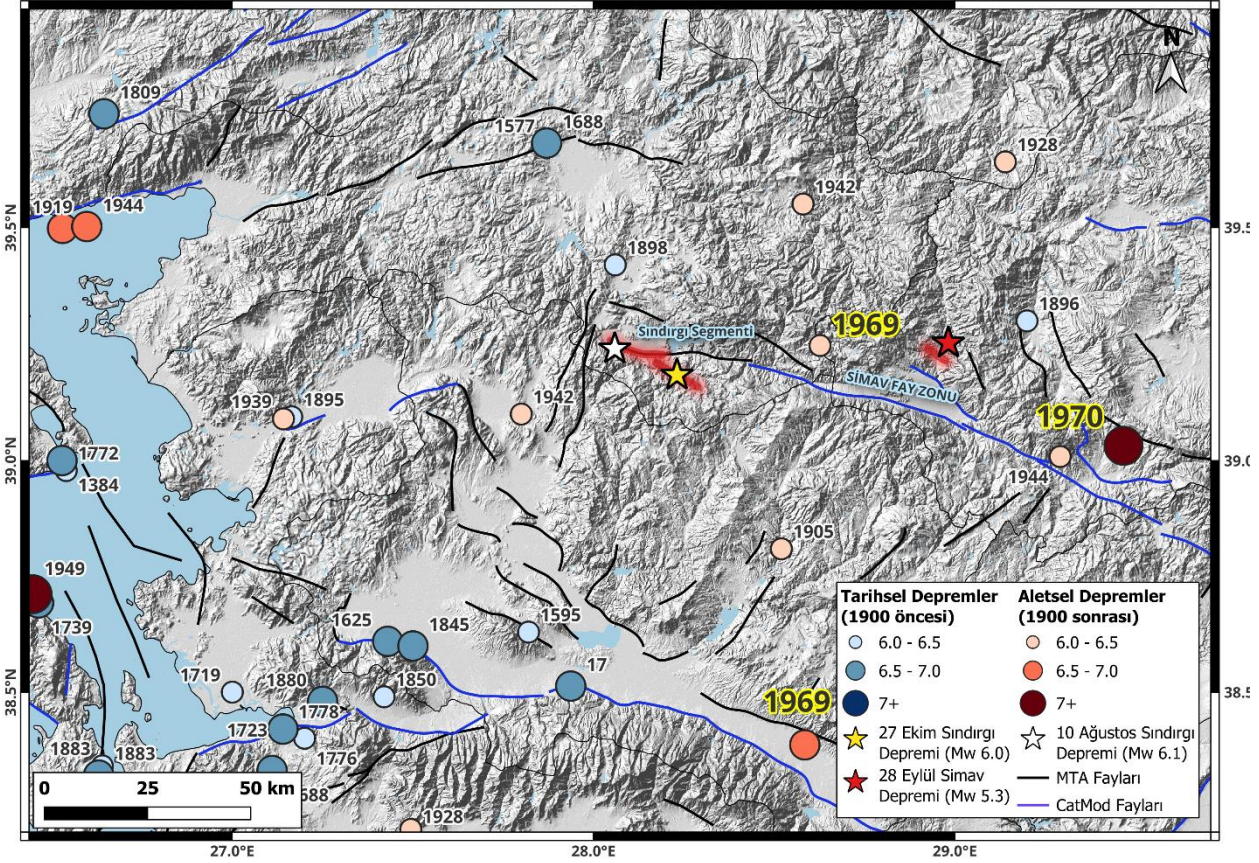
takip eden artçıların dağılımları incelendiğinde artçı depremlerin geniş bir alana yayıldığı ve yukarıda belirtildiği gibi dağılımlarının tavan bloğun çok dışına taşıdığı görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. 10 Ağustos (beyaz yıldız), 28 Eylül (kırmızı yıldız) ve 27 Ekim (sarı yıldız) depremlerinin artçı şok dağılımları. Kırmızı çizgiler depremlerin odak mekanizmaları dikkate alınarak modellenen kırılma yüzeylerinin kabuk yüzeyindeki temsili çizgisellikleridir.

Bu üç deprem içinde Sındırgı civarında meydana gelen 10 Ağustos ve 27 Ekim depremlerine kaynaklık eden fayların Şekil 4'te verilen Gökova, Büyük Menderes, Gediz ve Bergama grabenlerinde olduğu gibi yüzeyde jeolojik ve morfolojik bir izleri bulunmamaktadır. Bu durum bölgede yüzeyde net izleri olmamasına rağmen $6 \leq M_w \leq 6.5$ arası depremler üretebilecek fay kaynaklarının olduğu anlamına gelebilir. Şekil 8'de gösterildiği gibi bölgede daha önce net bir fay kırığı izi bırakmadan meydana gelmiş tarihsel depremlerin büyük bir kısmının $6 \leq M_w \leq 6.5$ arası büyüklüğe sahip olmaları bu savı desteklemektedir.

Yüzeyde fayın varlığına ait net izler olmamasına rağmen Sındırgı civarında görülen yoğun sismik aktivite, meydana gelen depremlerin volkanik kökenli olabileceği yorumlarına sebep olabilir. Bununla beraber bu tip bir yorum çok gerçekçi değildir. Bunun nedeni ise Sındırgı'nın güneydoğusunda bulunan Kula civarında günümüzden yaklaşık 12.000 yıl önce (Geç Kuvaterner dönemi) gözlemlenen volkanik faaliyete ait en yakın çıkış merkezinin (volkan konisi) Sındırgı'ya yaklaşık 70 km uzaklıkta olmasıdır. Sonuçta volkanik aktiviteden dolayı magmada herhangi bir hareketlenme varsa magmanın yüzeye çıkmak için tercih edeceği yol muhtemelen önceden kullandığı yatak olacaktır.



Şekil 8. Batı Anadolu Açılma Bölgesi'nde büyüklüğü M_w 6 ve üstünde olan tarihsel depremlerin coğrafi dağılımları (T Rupt tarihsel deprem kataloğu)

6. Son Söz

Günümüzde Batı Anadolu Genişleme Bölgesinde hüküm süren tektonik rejim altında, Gökova, Büyük Menderes, Gediz ve Bergama grabenlerinde olduğu gibi Sındırgı civarında yüzey morfolojisini şekillendirecek herhangi bir tektonik yapının geliştiğini gösteren jeolojik ve morfolojik veri görülmemektedir. Ancak buna rağmen bölgede tarihsel ve aletsel dönemlerde orta büyüklükte ($M_{6.0-6.5}$) depremler oluşmaya devam etmektedir (Şekil 8).

Bölgede, günümüzde hüküm süren K-G yönlü gerilmeye bağlı olarak oluşmuş herhangi bir tektonik yapı (fay) bulunmamaktadır. Artçı şokların geniş bir alanda dağılması da bu gözlemi desteklemektedir.

Ülkemiz coğrafi sınırları içindeki yer kabuğu önemli orojenik (dağ oluşumları) olaylar sonucu yoğun bir deformasyona maruz kalmıştır. Bu orojenezler süresince hüküm süren her tektonik faz kendi deformasyon yapılarını (fay, kıvrım, çatlak gibi) oluşturmuştur. Günümüzde hüküm süren tektonizmadan önceki dönemlere ait deformasyon yapıları (paleotektonik yapılar) kabukta zayıflık zonları oluşturmaktadır. Bölgenin mevcut tektonik rejim altında yaklaşık K-G yönünde gerilmesine bağlı olarak biriken deformasyon enerjisi bu zayıf zonlar aracılığı ile açığa çıkmaktadır. Dolayısıyla Sındırgı bölgesinde oluşan depremlerin, güncel tektonik rejim altında paleotektonik faylar üzerinde biriken stresin açığa çıktığı yerel depremler olduğu düşünülmektedir.

10 Ağustos Mw 6.1 ve 27 Ekim Mw5.8-Mw6.0 depremlerinin odak mekanizma çözümleri dikkate alınarak oluşturulan fay modeli Şekil 6'da verilmiştir. Normal faylar arasında görülen KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fay bu iki fay arasında transform fay olarak yorumlanabileceği gibi, normal faylar arasında bariyer görevi gören bir fay olarak da yorumlanabilir. Bu değerlendirmeler ışığında bölgede sismik aktivitenin devam etmesinin normal olduğu ancak yüzey kırığı oluşturacak büyüklükte bir depremin olma ihtimalinin düşük olduğu öngörülmektedir.