

RÍO GRANDE (PANAMA) DEPREMİ — Mw 6,1 · 12.10.2026

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

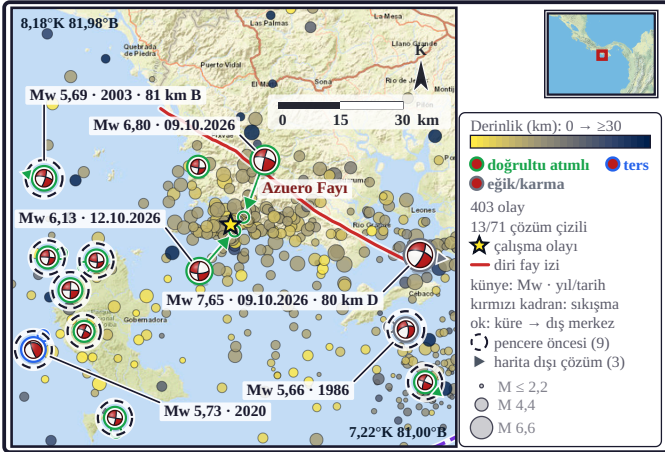
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 12.10.2026

ÖZET — 12.10.2026 tarihinde Río Grande (Panama) yerleşiminin 18 km batısında Mw 6,1 büyüklüğünde, 10,0 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (7,7028°K, 81,4989°B). Olay merkezli pencerede 403 olay kataloglanmıştır; çapraz-kaynak kopyaları (7 kayıt) ve kendi hizmet bölgesi dışındaki bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (2 kayıt) her istatistikten önce ayıklanmıştır. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,977 \times 10^{18}$ N·m; Mw 6,13) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan ($n = 105$) SHmax = 52° kestirilmiştir; şekil oranı $R = 0,82$ uç değerde olduğundan (σ_2 komşu asal gerilmeden ayrılmıyor) Anderson rejimi kısıtlanamamıştır. Büyüklük–frekans dağılımı, $M_c = 3,8$ tamlik eşliğinin üzerinde $b = 0,87 \pm 0,09$ vermektedir ($N = 165$). Depremden sonraki 2,53 günlük olay oranı, 55 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlik eşliğinde ($M \geq 3,8$), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 630 katıdır (%95 güven aralığı 340–1.200). Kayıtların %31'inin (123/403) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 10,0 km'dir; bu değer derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılan olduğundan derinlik istatistikleri bu yığının etkisi altındadır. Bulgular, mevcut katalog ve model varsayımlarının sınırları içinde betimleyicidir; deprem tahmini içermez.

Anahtar kelimeler: Río Grande (Panama) depremi, güney Panama kıta kenarı ve Azuero Yarımadası, ana şok–artçı dizisi, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 6.1 occurred 18 km W of Río Grande, Panama, on 12 October 2026 at a focal depth of 10.0 km (7.7028°N, 81.4989°W). A total of 403 events were catalogued within an event-centred window; cross-source duplicates were removed (7 records), as were single-source records of regional networks outside their home region (2 records), before any statistic was computed. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution ($M_0 = 1.977 \times 10^{18}$ N·m; Mw 6.13) corresponds to left-lateral strike slip with a normal component on nodal plane NP1 and to right-lateral strike slip with a normal component on NP2. Stress inversion of the event-centred focal-mechanism population ($n = 105$) yields SHmax = 52°; the shape ratio $R = 0.82$ is extreme (σ_2 does not separate from the adjacent principal stress), so the Anderson regime could not be constrained. Above the completeness magnitude $M_c = 3.8$, the frequency–magnitude distribution gives $b = 0.87 \pm 0.09$ ($N = 165$). Within 55 km and at $M \geq 3.8$, the 2.53-day post-event rate is about 630 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 340–1,200). Of the records, 31% (123/403) have a depth of 10.0 km when rounded to 0.1 km, the agency default assigned when the depth is fixed rather than resolved; the depth statistics are affected by this cluster of fixed-depth records. The findings are descriptive within the limits of the available catalogue and of the model assumptions stated in the text; no forecast is implied.

Keywords: Río Grande (Panama) earthquake, southern Panama continental margin and Azuero Peninsula, mainshock–aftershock sequence, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion.



Şekil 1. Harita 403 olaylık kataloğun tamamını gösterir; odak mekanizmaları 71 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindedir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 105$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir ve kırmızı kadrans sıklığıdır. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 6 çözüm künyelidir (öbür 7 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki moment büyüklüğünü (M_w) ve yılını (çalışma penceresi içindeki çözümlerde tarihini) verir; bu büyüklük gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. İnce çizgi künyeyi küresine, ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kenardaki küreler harita dışında kalan çözümlerdir: üçgen çözümün yönünü, künye çözümün GCMT konumunun kutu merkezine uzaklığını ve yönünü verir. Kesikli halkalı küreler çalışma penceresinden önceki çözümlerdir (faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: EMSC · ISC · USGS · GFZ).

GİRİŞ

Bu çalışma, 12.10.2026 tarihinde Río Grande (Panama) yerleşiminin 18 km batısında meydana gelen Mw 6,1 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 403 olaylık birleşik çok kaynaklı deprem kataloğuna ve olayın Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümüne dayanmaktadır; raporlanan her çözümleme önceden tanımlı veri yeterliliği, ölçek/geçerlilik, istatistiksel güç ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı ölçütlerinden geçirilmiştir. Amaç, olayın kaynak parametrelerini, dizi istatistiğini ve bölgesel bağlamını ölçülen büyüklüklerle betimlemektir.

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

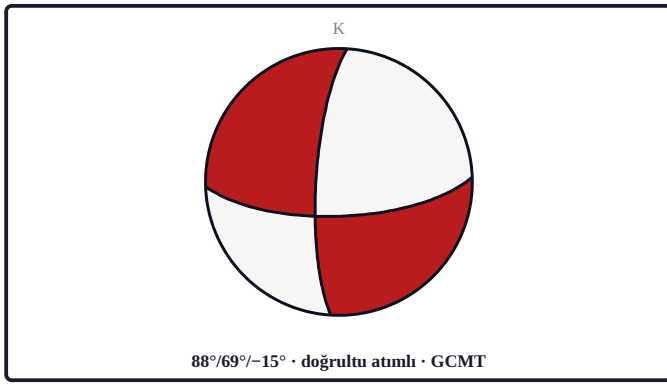
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	12.10.2026 23:20:36	USGS hiposantr (gözden geçirilmiş)
Dış merkez	7,7028°K · 81,4989°B	USGS hiposantr (gözden geçirilmiş)
Odak derinliği	10,0 km	USGS · kurumca sabitlenmiş
Büyüklük	Mw 6,1	USGS (hiposantr veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$1,977 \times 10^{18}$ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 6,13
Nominal ısıran enerji E	$9,9 \times 10^{13}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği	yok	USGS yayımlamamıştır
İstasyon sayısı	67	USGS bildirimi
Azimet boşluğu	127°	USGS bildirimi
En yakın istasyon	244,1 km	USGS bildirimi
Varış artığı (RMS)	1,19 s	USGS bildirimi
b değeri	$0,87 \pm 0,09$	Aki (1965), en büyük olabilirlik ^b
Kutu yayılımı (%95)	$100,9 \times 67,6$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu yayılımı (%95)	$55,0 \times 31,8$ km	uzun × kısa eksen · artçı bulutu
Mekanizma (NP1)	$88^\circ/69^\circ/-15^\circ$	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mww: moment tensörü çözümünden hesaplanan moment büyüklüğü. b) b değeri: $M_c = 3,8$ (b-kararlılığı), $N \geq M_c$ = 165.

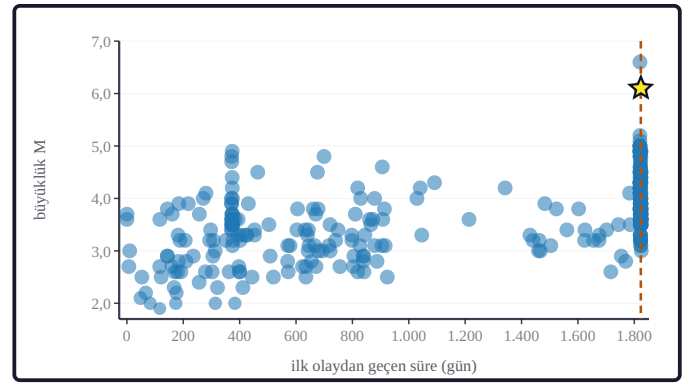
Olay künyesi ve temel parametreler Tablo 1'de, kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr Tablo 2'de verilmiştir.

TEKTONİK ÇERÇEVE

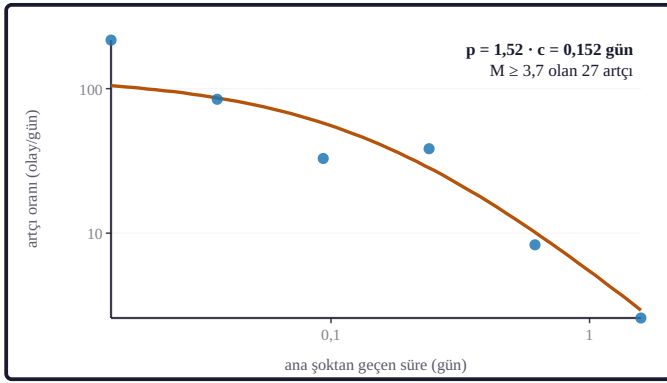
Çalışma alanı, Nazca levhasının kuzey sınırının güney Panama kıta kenarı içinde geçtiği kesimdedir: Panama Körfezi'nin güneyinde bu sınır (Güney Panama Fay Zonu) ağırlıklı olarak sol yönlü doğrultu atımlıdır; sınır, Azuero Yarımadası'nın güneyinde ve güneybatısında eğik dalma-batmaya dönüşür ve burada etkin bir yığılma karmaşığı oluşmaktadır (Westbrook vd., 1995).



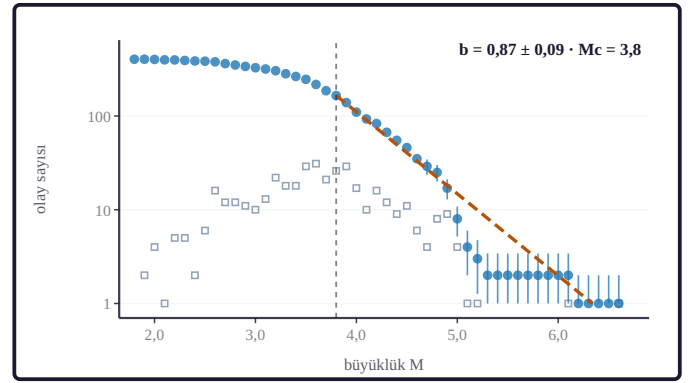
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranslar sıkışma kadranslarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 403 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay Mw 6,6 büyüklüğündedir (09.10.2026); $M_c = 3,8$ üstünde 165 olay vardır. Büyüklük-zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; turuncu kesikli dikey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır); en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir.



Şekil 2c. Çekinceli kestirim: Omori-Utsu üsteli zayıf kısıtlıdır ($p = 1,52 \pm 0,79$; p 'nin standart sapması 0,20 eşliğinin üstünde; $c = 0,15$ gün; $n = 27$). Artçı oranı ana şoktan geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori-Utsu yasasının en büyük olasılıklı uydurmasıdır (Omori-Utsu yasası: Utsu vd., 1995).



Şekil 2d. $M_c = 3,8$ (b -kararlılığı) üstündeki 165 olaydan $b = 0,87 \pm 0,09$ kestirilmiştir. Gutenberg-Richter büyüklük-frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayımı $N(\geq M)$, açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayımı verir; kesikli turuncu doğru, benimsenen eşğin üstünde $\log_{10}N = a - b \cdot M$ ile çizilen uyum doğrusudur; gri kesikli dikey çizgi tamlık büyüklüğü M_c 'dir; ince dikey çubuklar $N \leq 30$ olan aralıklarda $\sqrt{N}$ Poisson belirsizliğidir (dağılım: Gutenberg ve Richter, 1944).

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment

$$M_0 = 10^{1,5 \cdot M + 9,1} \text{ N} \cdot \text{m}$$

Hanks ve Kanamori (1979); sabit: Kanamori (1977)

(2) Işınan enerji

$$\log_{10} E = 1,5 \cdot M + 4,8 \text{ (J)}$$

Gutenberg ve Richter (1956)

(3) Büyüklük-frekans

$$\log_{10} N(\geq M) = a - b \cdot M$$

Gutenberg ve Richter (1944)

(4) Artçı sönümü

$$n(t) = K/(t + c)^p$$

Utsu vd. (1995)

(5) Artçı dizisi oranı

$$\lambda(t, M) = 10^{a + b(M_m - M)} \cdot (t + c)^{-p}$$

Reasenber ve Jones (1989)

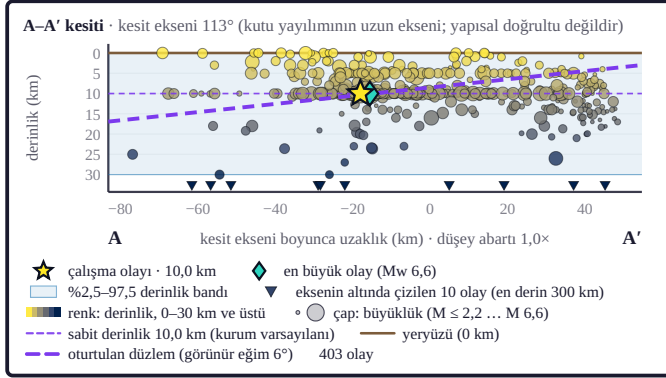
Şekil 2a–2d: Koyu kadranslar sıkışma, açık kadranslar genişleme kadranslarıdır; T eksen sıkışma kadransının, P eksen genişleme kadransının ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %60'tır. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında iki düzlem dalga alanında özdeşdir; büyük depremlerde sonlu fay çözümleri ve bağımsız geometri kanıtları (artçı uzanımı, oturtulan düzlem) düzlemi kısıtlar; gerilme kararsızlığı ise gerilme alanına dayanan ayrı türden bir ölçüttür. Büyüklük-zaman serimi pencere kataloğunun zaman içindeki gelişimini betimler: 403 olay, ilk-son olay arası 1.825 gün, en büyüğü M 6,6 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 3,59, ortanca M 3,6'dır (tam katalog). Serimin dikey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 3,2 altında, dörtte biri M 4,0 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,8 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşliğinin altında kalır; bu olayların zaman içinde seyrekleşmesi yalnız gerçek bir sakinleşmeden değil, ağ duyarlılığındaki değişimden de kaynaklanabilir; bu nedenle serim, eşik üstü alt kümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez. Değerler çekinceyle verilmiş, sönüm üsteli bulgu olarak yorumlanmamıştır (Şekil 2c). Omori üsteli p , sönümün istatistiksel tanımıdır; tek tek artçıların zamanını ya da yeni bir ana şoku öngörmez. Benimsenen tamlık eşliğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %91 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği; Şekil 2d). Tamlık eşliği ile en büyük olay arasındaki açıklık 2,8 büyüklük birimidir; eğimin güvenilir sayılması için bu çalışmada aranan en az bir birimlik açıklık (işletimsel ölçüt) karşılanmaktadır.

En kalabalık basamak M 3,6 olup 31 olay taşımaktadır; b -kararlılığı ölçütüyle benimsenen tamlık eşliği bu tepenin 0,2 birim üzerindedir. Uydurulan doğrunun uzantısından beklenen en büyük olay M 6,3 büyüklüğündedir ve gözlenen en büyük olay (Mw 6,6) bu değerden 0,3 birim büyüktür; tek bir en büyük olayın örnekleme yayılımı geniş olduğundan fark yorumlanmamıştır.

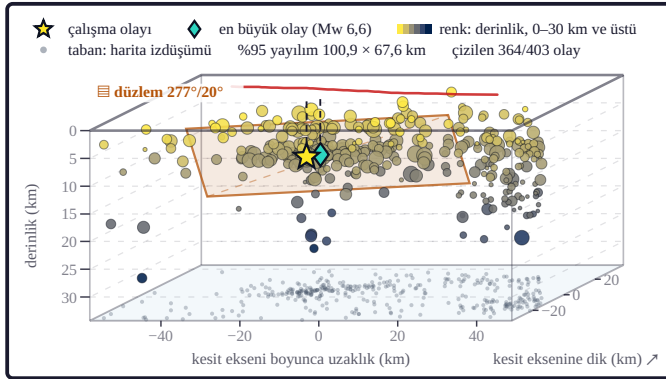
TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Bölgenin sismisitesi Panama yayının bir mikrolevha olarak ele alınabileceğini düşündürmüştü; kuzey-güney uzanımı, sağ yönlü dönüşüm fayı niteliğindeki Panama Kırık Zonu'nun 6°K'nin kuzeyinde kollara ayrıldığı gösterilmiştir (Adamek vd., 1988). Küresel konumlama ağı verisine dayanan kinematik blok modelleri, Panama bölgesinin Panama bloğu olarak adlandırılan bütün bir tektonik blok gibi davrandığını göstermiştir (Kobayashi vd., 2014). Panama üçlü eklemine gelişimi, Nazca levhasının eğik dalma-batmasının başlamasıyla eş zamanlı olarak yaklaşık 8,5 milyon yıl öncesine tarihlenmiştir (Morell, 2015). Azuero-Soná Fay Zonu, Panama'nın Kuvaterner fay ve kıvrım haritasında yer alır; haritada fayın en son faylanma zamanı olasılıkla 1,6 milyon yıldan genç, kayma hızı ise bilinmiyor olarak verilmiştir (Cowan vd., 1998).

UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI

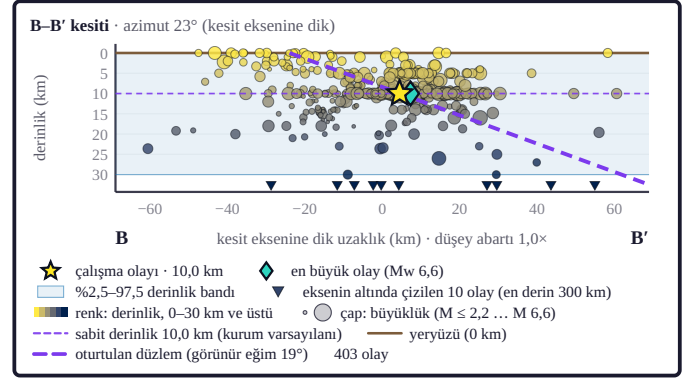


Şekil 3a. Olayların %95'i 0,0–30,0 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 10,0 km'dir. A–A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır; kataloğun en derin kaydı (300 km) kurumun bildirdiği yuvarlak bir değerdir. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A' ve B–B' kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik ekseniniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki bütün olaylar; derinlikler katalog hiposantrlarıdır; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).

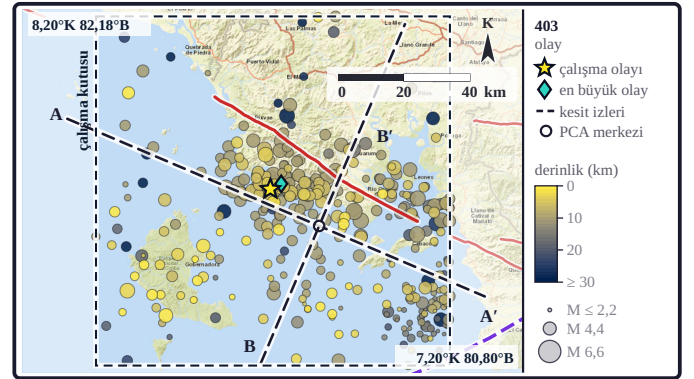


Şekil 3b. B–B' kesiti olayları kesit eksenine dik düşey düzleme izdüşürür. İmler, renk ölçeği ve iki eksenin ölçeği A–A' kesitiyle aynıdır; düşey abartı iki kesitte eşittir (izdüşüm: çalışma kutusundaki bütün olaylar; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).

Şekil 3a–3d: Bu olayın yayımlanmış mekanizması doğrultu atımlı faylanma sınıfındadır; düzlem geometrisi bu çözümle birlikte okunmalıdır (Şekil 3a). Derinlik eksenini katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,493, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,014'tür; bulutun uzama oranı kadrainjini belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,47) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrainj geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3b). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılmaz. Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,30'dur; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 3c). Bloktaki yoğunlaşmalar, etkinliğin tek bir düzlem üzerinde mi yoksa birden çok parça üzerinde mi geliştiğini görsel olarak ayırt etmeye yarar; kesitlerdeki iki boyutlu izdüşümde üst üste düşen kümeler burada ayrışabilir. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışır ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 403 kaydın 292 tanesi 10 km ve daha sığ, 111 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 3d). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.



Şekil 3c. Yatay eksen kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik eksenini kesitlerle aynıdır; turuncu levha oturtulan düzlemdir. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan ve elmadan üst yüze çıkan kesikli çizgiler olayların yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).



Şekil 3d. Derinlik renkli harita 403 olaylık kataloğun tamamını gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; kesikli A–A' ve B–B' doğruları kesitlerin harita izleridir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur; kutunun dışı sorgulanmamıştır, oradaki fay izleri bağlam içindir).

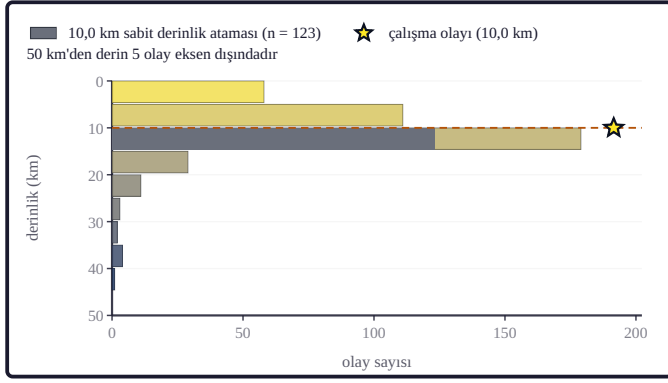
TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Kullanılan diri fay veri tabanında (GEM Global Active Faults Database) dış merkeze en yakın adlı faylar şunlardır: Azuero Fayı (15 km; sol yönlü doğrultu atımlı). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Nazca–Panama levha sınırıdır ve 68 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı ($h < 70$ km) bir depremdir (odak derinliği 10,0 km).

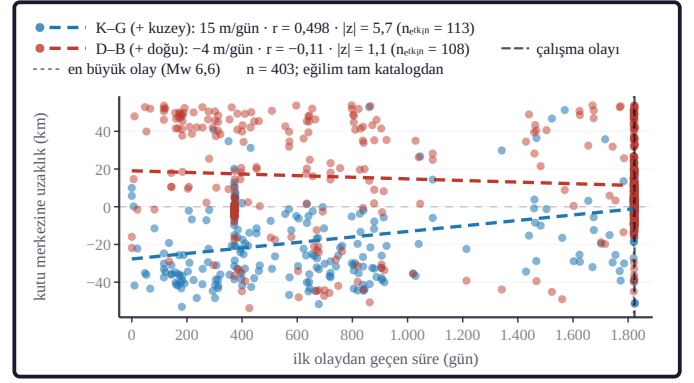
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 13.10.2021 – 15.10.2026 döneminde kaydedilmiş 403 olaydan oluşmaktadır. Sorgu penceresinin nominal sonu 10.01.2027 tarihidir ve pencere üretim anında henüz dolmamıştır; olay oranları üretim anına kadar geçen 1.828 günle (5,0 yıl) hesaplanmıştır. Kayıtların kurum dağılımı: EMSC 238, ISC 138, USGS 26, GFZ 1. Büyüklük türü dağılımı: türü belirtilmemiş 269, Mw 85, mb 33, ML 10, Md 6. Çalışma alanı $107,6 \times 106,1$ km (≈ 11.400 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = $111,32 \cdot \cos \varphi$ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri $7,218^\circ\text{K}$ – $8,178^\circ\text{K}$ ve $81,979^\circ\text{B}$ – $81,004^\circ\text{B}$ koordinatlarındadır. Katalog kayıtlarının %34'ü ISC kaynağından gelmektedir. ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (International Seismological Centre, t.y.); buna göre pencerenin yaklaşık son 24 ayında bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş kurum bildirimlerinden oluşmaktadır. Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Bu rapor, ana şoktan 2,53 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi bu süreyle sınırlıdır.

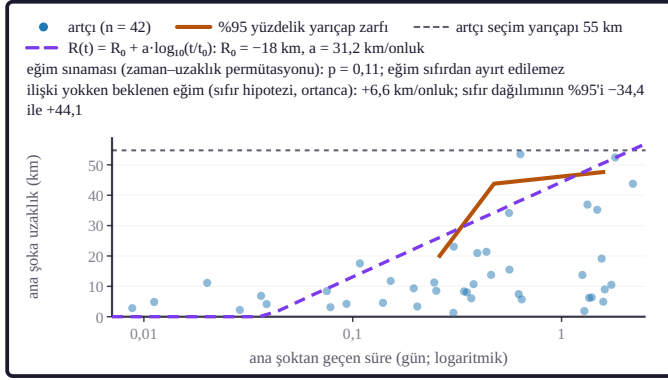
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



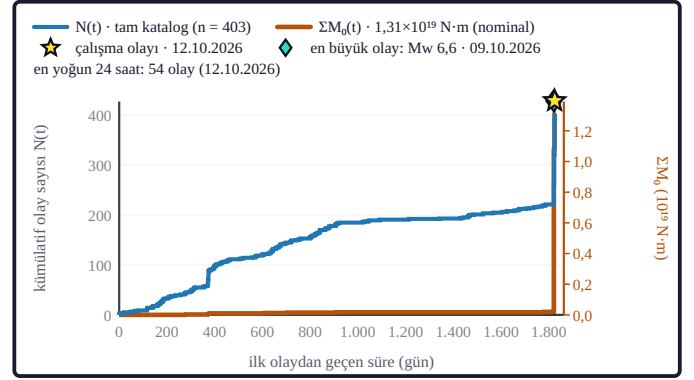
Şekil 4a. Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 403 olayın %72'si ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (10,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sığ sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.



Şekil 4b. Dış merkez koordinatlarının zaman serisinde mavi noktalar kuzey-güney, kırmızı noktalar doğu-batı bileşenidir. Yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süre (gün), dikey eksen kutu merkezine uzaklıktır (km); iki bileşen aynı ölçekte olduğundan eğimleri doğrudan kıyaslanabilir. Kesikli doğrular her bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri lejantıdır. Düşey kesikli çizgi çalışma olayının anımı işaretler.



Şekil 4c. Mavi noktalar artçıların ana şoka uzaklığını ana şoktan geçen süreye karşı gösterir (yatay eksen logaritmiktir). Turuncu eğri logaritmik zaman kutularında hesaplanan %95 yüzdelik yarıçap zarfıdır. Kesikli yatay çizgi artçıların seçtiği yarıçaptır; uzaklıklar bu sınırı aşamaz. Mor kesikli doğru zarfa oturtulan $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ modelidir; katsayılar ve eğim sınavasının ölçüsü lejantıdır (logaritmik zamanda genişleme deseni; zarf %95 yüzdelik).



Şekil 4d. Mavi eğri kümülatif olay sayısı $N(t)$, turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayını, turkuaz elmas pencerede en büyük olayı işaretler (M_0 ölçeği: Hanks ve Kanamori, 1979).

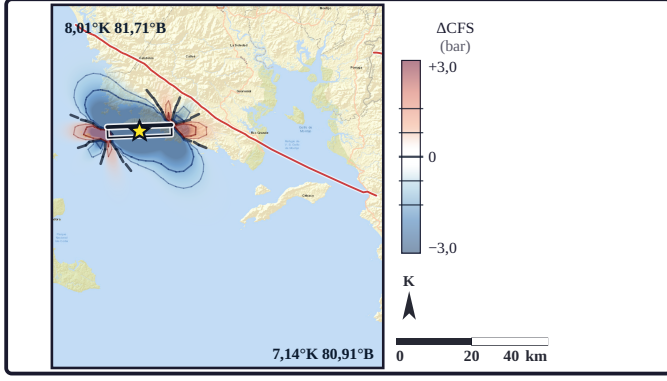
Şekil 4a–4d: Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4a). Derinliği bilinen 403 kayıdan 292 tanesi (%72) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 4b). Kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı eksenle verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının, noktalı düşey çizgi pencerenin en büyük olayının anımı işaretler. Artçı bulutunun yarıçap zarfı logaritmik zamanla ölçülebilir biçimde genişlememektedir; zarfın eğimi sıfırdan ayırt edilememektedir (Şekil 4c). Zarfa 42 artçıdan uydurulan en küçük kareler doğrusu $R(t) = -18,12 + 31,23 \cdot \log_{10}(t/0,01)$ km biçimindedir (t gün cinsinden); eğim zamanın her on katı için 31,23 km'dir (permütasyon sınavında $p = 0,112$; %95 yeniden örneklem aralığı 11,91 ile 41,76 km arası). Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 4d). Gözlenen pencere boyunca (1.828 gün) ortalama etkinlik oranı 0,22 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Reasenberg-Jones artçı aşım olasılıkları Tablo 4'te, pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 5'te, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A3'te, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A4'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

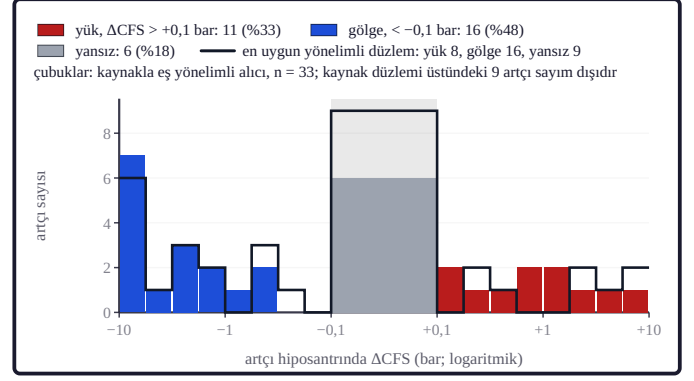
Olay sonrası 2,53 günlük gözlem süresi dizi istatistiği için kısadır: izleyen olayların sayısı, sonüm parametreleri ve dizi sınıflaması gözlem süresi uzadıkça değişebilir. Katalog sorgusu 15.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden iki onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür (16 olay); temsilci raporu büyüklüksüz olduğu için büyüklüğü boş kalan kayıtların büyüklüğü aynı olayın öbür kurum raporlarından alınmıştır (34 olay). Onarımlar pencereye 50 olay eklemiştir; bunların 4'ü ana şoktan sonradır ve en büyüğü 12.10.2026 23:33:19 UTC'de gerçekleşen M 4,4 büyüklüğündeki olaydır (EMSC raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 54$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 54$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçüyle tekilleştirilmiş, 7 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (genel sıra: USGS, EMSC, GFZ, AFAD, KOERI, ISC, INGV; kümede Türkiye kaydı varsa ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 1 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 1 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanmadığından istatistiklere alınmamıştır. Böylece sorgudan dönen 412 kayıttan 9'u ayıklanmış ve çözümleme 403 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (USGS) kendi büyüklüğüdür: Mw 6,1 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamalarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 85 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 318 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamalar bu etiketle verilmiştir.

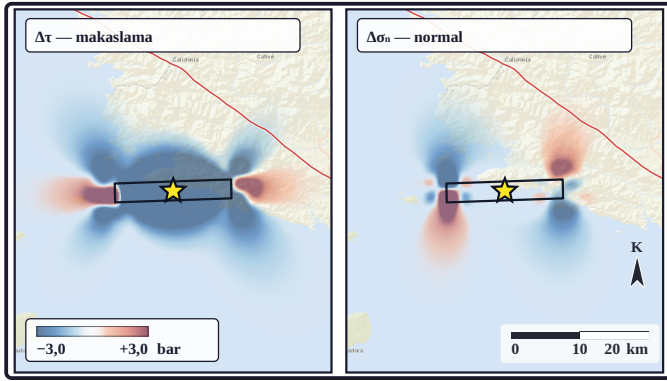
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



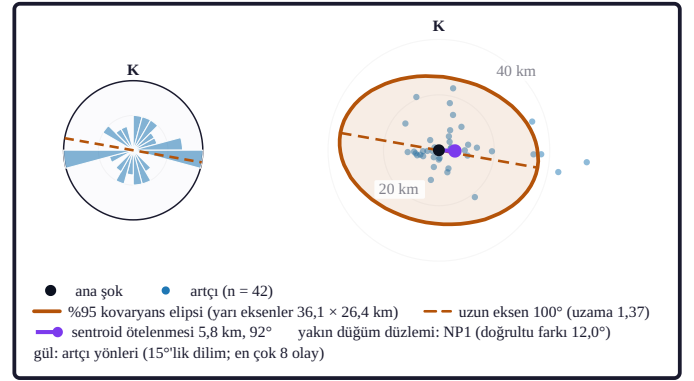
Şekil 5a. Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; $\pm 3,0$ bar). Yıldız dış merkezdir; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Kırmızı çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir (ΔCFS : Okada, 1992; King vd., 1994).



Şekil 5b. Coulomb nokta sınaması, artçıların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışı, mavi çubuklar gerilme gölgesini, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir; çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa; Hardebeck vd., 1998).



Şekil 5c. ΔCFS 'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$, sağda fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta\tau + \mu'\Delta\sigma_n$). Kadraj kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdir; ince dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü).



Şekil 5d. Ana şok merkezli düzlemden artçı bulutu (mavi) ve %95 kovaryans elipsi (turuncu) gösterilmiştir. Turuncu kesikli doğru elipsin uzun eksenidir, mor ok artçı sentroidinin ana şoka göre ötelenmesidir; gri çemberler ana şoka uzaklığı kilometre cinsinden ölçümler. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri ve uzun eksene yakın düğüm düzlemi lejantıdır (telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış şekli: McGuire vd., 2002).

Şekil 5a–5d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5a). Nokta sınamasının histogramı, artçıları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5b). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5c). Artçı bulutu kovaryans elipsinin uzun eksenini boyunca uzamıştır; ana şok artçı sentroidine yakın konumdadır (Şekil 5d). Elips ve sentroid ölçüleri artçı bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış artışı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogta taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %31'inin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 10,0 km'dir (123/403); bu değer, derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %45'ini oluşturmaktadır (182/403); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi, düzlem uydurması) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutu geometrisi 3B kovaryans özdeğer ayrışımıyla (ana bileşen çözümlemesi; Shearer vd., 2003) incelenmiş; şekil, Westin ölçüleriyle raporlanmıştır: $cl = (\lambda_1 - \lambda_2)/\Sigma\lambda$, $cp = 2(\lambda_2 - \lambda_3)/\Sigma\lambda$, $cs = 3\lambda_3/\Sigma\lambda$ ($cl + cp + cs \approx 1$, yuvarlama).

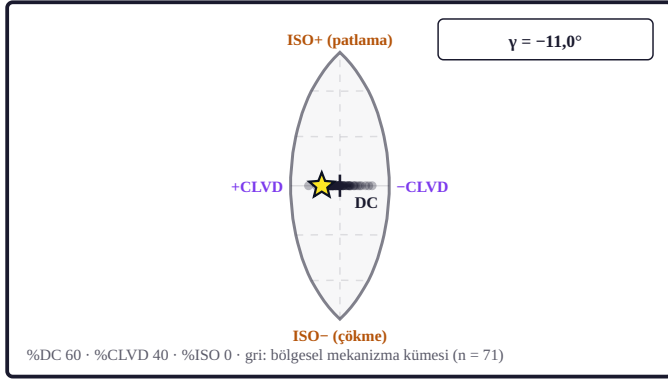
Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenilebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Bu katalogta eşik b-kararlılığı ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 3,8$. b-değeri bu eşik üzerindeki olaylardan en büyük olabirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c - \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,060; Aki, 1965: 0,068; yeniden örnekleme: 0,089) ve en büyüğü olan yeniden örnekleme (bootstrap) değeri verilmiştir; yeniden örneklemede M_c ve b birlikte yeniden kestirilmiştir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogta gözlenen olay sayısı ile binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

Odak mekanizması ve moment-tensör çözümleri Global CMT (GCMT) kataloğundan alınmıştır (Ekström vd., 2012). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 4 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme ile %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılarına gürültü eklenerek yinelenen yeniden örneklemeyle ayrıca sınanmıştır); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetimiyle, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir.

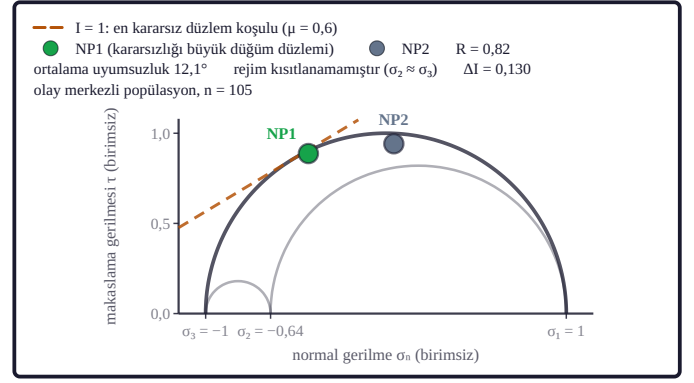
Dizi sınıflaması çalışma olayının kendi dizisine uygulanmıştır; dizi, çalışma olayı ile olaydan sonraki 2,53 gün içinde 55 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresine (Gardner ve Knopoff, 1974) düşen olaylardan oluşur.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

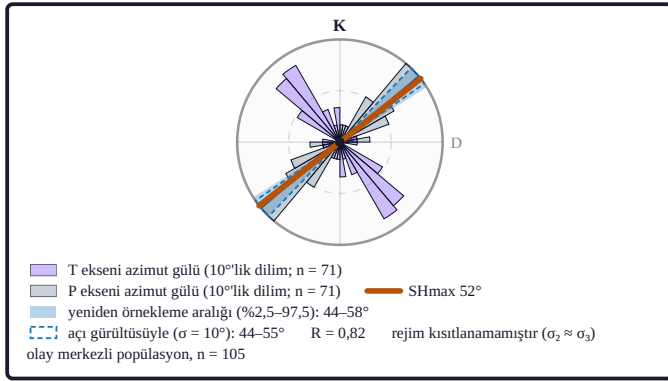
· ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 6a. Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30^\circ, +30^\circ]$ ve $\delta \in [-90^\circ, +90^\circ]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30^\circ$ ve $\pm 60^\circ$ enlemleridir. Sağ ve sol kenarlar $\pm$ CLVD uçları, kutuplar izotropik patlama ve çökme uçlarıdır. Gri noktalar bölgesel mekanizma kümesinin çözümleridir; alt satırdaki yüzde DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).

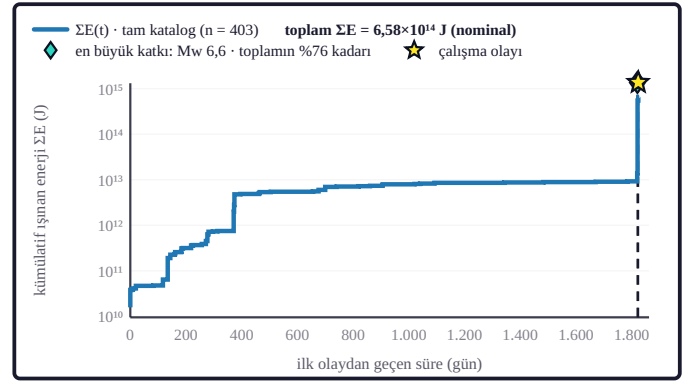


Şekil 6b. Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σ_n , düşey eksen maksilama gerilmesi τ 'dur. Üç yarım çember asal gerilmelerle kurulan gerilme durumunu, turuncu kesikli doğru μ sürtünme katsayısıyla tanımlı en kararsız düzlem koşulunu (kararsızlık indeksi $I = 1$) gösterir; iki nokta çalışma olayının iki düğüm düzleminin (σ_n, τ) konumudur ve doğruya yakın olan düzlem bu gerilme alanında kaymaya daha yatkındır. Şekil oranı R, ortalama kayma yönü uyumsuzluğu ve iki düzlemin kararsızlık farkı ΔI lejantıdır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).



Şekil 6c. SHmax = 52°; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır ($R = 0,82$; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SHmax azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına $\sigma = 10^\circ$ 'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin P eksen (kısalma), mor sektörler T eksen (uzama) azimut güldür (10°'lik dilimler; yarıçap sayının kareköküyle orantılı, iki gül ortak ölçekte). İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejantıdır (SHmax yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).

Şekil 6a–6d: Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 6a). Mohr diyagramında iki düğüm düzlemi sürtünme doğrusuna benzer uzaklıktadır; kararsızlık ölçütü iki düzlemi ayıramamaktadır (Şekil 6b). Şekil oranı uç değerde olduğundan ara asal gerilme σ_2 , σ_3 'ten ayıramamaktadır; Anderson rejim sınıfı kısıtlanamamış, SHmax yalnız yön sonucu olarak raporlanmıştır (Şekil 6c). Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayma bağlıdır. Gül (bölgesel mekanizma kümesi) ile inversiyon (olay merkezli mekanizma popülasyonu) örtüşen mekanizma örneklemine dayandığından karşılaştırma bağımsız bir doğrulamaya değildir. Kümülatif ısınan enerji basamakları, toplam boşalmanın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 6d). Pencerede ısınan toplam enerji $6,58 \times 10^{14}$ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden).



Şekil 6d. Mavi basamak eğrisi kümülatif ısınan sismik enerjidir (ΣE , logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgiler çalışma olayını ve en büyük tek katkıyı işaretler (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

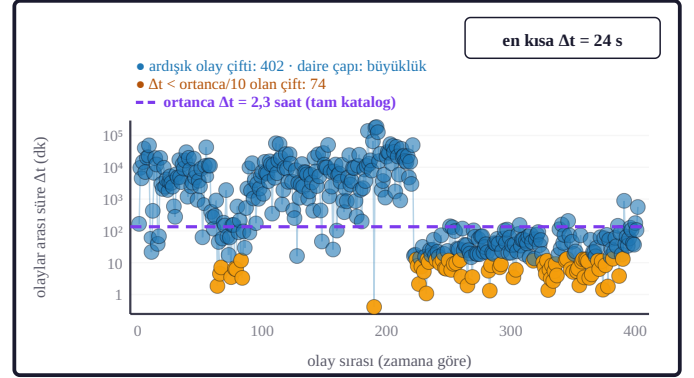
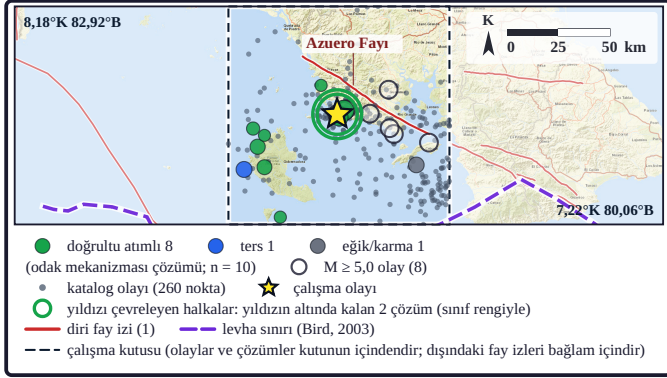
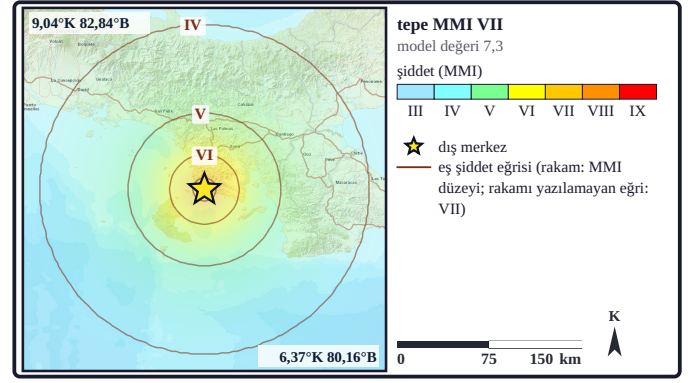
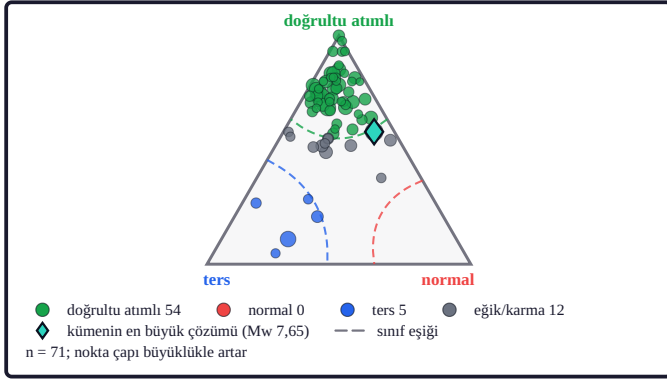
Dizi sınıflaması ölçütü şöyledir: dizinin en büyük iki olayı arasındaki büyüklük farkı $\Delta M \leq 0,3$ ise çift deprem, $\Delta M > 0,3$ ve çalışma olayının dizi momentindeki payı $\geq \%50$ ise ana şok–artçı dizisi; koşullar sağlanmazsa dizi sınıflanmamıştır. Dizi sınıflamasının eşikleri literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir. Büyüklük farkı ve moment payı katalog büyüklüklerinden hesaplanmıştır.

Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (14.10.2016 – 13.10.2021) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (499 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

Diri fay verisi GEM Global Active Faults Database katmanından alınmıştır (Styron ve Pagani, 2020). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiş ve kutudaki 1 izin tümü haritalarda çizilmiştir; bu izler, aynı fayın parçaları birleştirilerek 1 ad altında fay çizelgesinde listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrırlan eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan $7,70^\circ K$ 'dir ve harita ölçeği iki eksen de eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok $\%0,1$ 'dir.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALAR (DEVAM)

· YER HAREKETİ VE ETKİ · DİĞER ÇÖZÜMLEMELER



Şekil 7a–7d: Hiçbir eşiği aşmayan 12 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 7a). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,64–7,65 aralığındadır; en büyük çözüm eğik/karma sınıfındadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Model şiddet alanı, şiddet-azalım bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VII (model değeri 7,3) düzeyindedir (Şekil 7b). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur. Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını levha sınırları (Bird, 2003) ve bölgesel fay sistemleri bağlamına oturtur (Şekil 7c). Kadrada hız vektörü çizilecek GNSS istasyonu bulunmamaktadır. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 7d). Ortanca bekleme süresi 2,3 saat düzeyindedir (tam katalog); bu değer in onda birinden kısa 74 aralık ölçülmüştür; bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (26,9) üstündedir (binom $P(X \geq 74) < 0,001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.

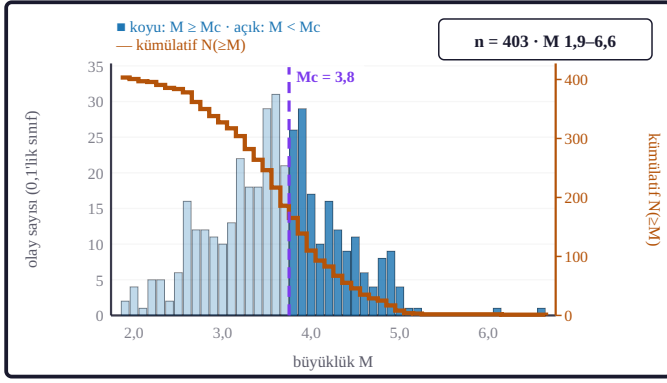
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Altık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

12.10.2026 tarihinde 23:20:36 UTC'de Río Grande (Panama) yerleşiminin 18 km batısında, 7,7028°K, 81,4989°B koordinatlarında (USGS çözümü), odak derinliği 10,0 km (çözümde sabitlenmiş) olan Mw 6,1 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Pencere kataloğunda, $M \geq 3,0$ büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 27 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 7,5 km, yüzde doksanlık değeri 17,6 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 54 km); bu ölçü kurumlar arası farktır, bir konum hatası kestirimi değildir ve eşleştirme toleransına koşulludur. Olayın moment tensörü sentroid derinliği 15,0 km'dir; bu değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 18,4 km · GSRAS; derinlik 10,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 8a. Tamlik büyüklüğü $M_c = 3,8$ olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %91 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı Mw 6,6 büyüklüğündedir. Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi tamlik büyüklüğüdür; altındaki sınıflar açık dolguludur ve b değeri kestirimine girmez (tam katalog, $n = 403$).

Şekil 8a ve 8b: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, katalogun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığına görsel olarak sınırlar (Şekil 8a). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırlandırmasıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogta yer almamıştır. Tüm büyüklük-frekans istatistikleri yalnız M_c üstü örneklemeyle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl olduğu gösterilmektedir (403 olay; ilk-son olay arası 1.825 gün; Şekil 8b). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyif ayrımına gidilmemiştir. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 7'de verilmiştir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Olayın katalog kaydı EMSC, USGS, INGV ve GSRAS çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr USGS çözümüdür. Moment ölçeğindeki 2 kurum kaydı Mw 6,1 değerinde birleşmektedir; GCMT moment büyüklüğü Mw 6,13 olarak verilmektedir. Uzak ağ çözümleri (INGV Mw 6,2; GSRAS mb 5,9) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmıştır. Konum çözümünün yayımlanmış kalite ölçüleri şunlardır: varış artışı RMS = 1,19 s, azimut boşluğu 127°, istasyon/faz sayısı 67, en yakın istasyon 244 km (çözüm durumu: gözden geçirilmiş). Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogta yayımlanmamıştır.

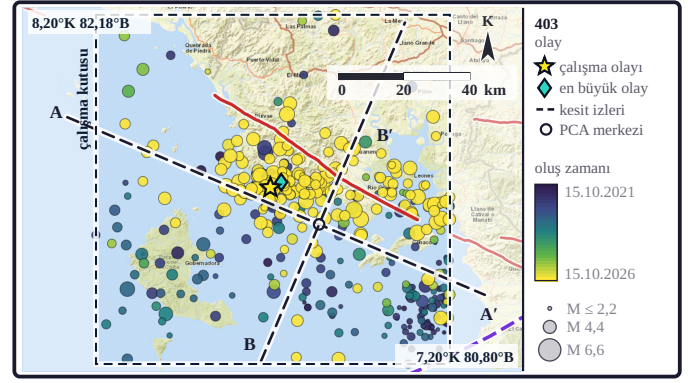
Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 10,0 km); MMI IV eşiği dış merkezden yaklaşık 134 km uzaklığa kadar aşılmalıdır. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır.

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT VE ENERJİ

Sismik moment $M_0 = 1,977 \times 10^{18}$ N·m'dir (Mw 6,13; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot Mw + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısıyan enerji $E \approx 9,9 \times 10^{13}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısıyan enerji değildir. Ampirik ölçekleme (Wells ve Coppersmith, 1994; doğrultu atımlı kolu) Mw 6,13 için 17,0 km yer altı kırık uzunluğu vermektedir.

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla $88^\circ/69^\circ/-15^\circ$ (NP1) ve $184^\circ/76^\circ/-158^\circ$ (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 6,13'tür. Mekanizma doğrultu atımlı faylanma sınıfındadır. İki blok birbirine göre yatay yönde kaymıştır. GCMT deviatorik moment tensörünün lune ayrışımı %DC = 59,6, %CLVD = 40,4 vermektedir ($\gamma = -11,0^\circ$; %ISO = 0 ve $\delta = 0$ değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir).



Şekil 8b. Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 3d'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).

Olayın [%CLVD] değeri bölgesel mekanizma kümesindeki 71 çözümün %89 yüzdeliğinde olup bölgesel dağılımın tipik aralığındadır (kümenin ortanca %DC değeri 80,7); tensör bileşenlerinin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından CLVD payı kaynak karmaşıklığı olarak yorumlanmamıştır. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; katalogun bütün dönemi, çözüm yılları 1979–2026; $n = 105$; ortalama uyumsuzluk $12,1^\circ$) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 52° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: $44-58^\circ$) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı $R = 0,82$ (0,70–0,91). SHmax değeri bir yön sonucudur: $R = 0,82$ değerinde ara asal gerilme σ_2 , σ_3 'ten ayrılmadığından Anderson rejimi bu inversiyonla kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (çalışma kutusu her yönde 60 km genişletilerek; aynı dönem; $n = 71$) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleri (B dalımı $> 60^\circ$ doğrultu atımlı, $P > 60^\circ$ normal, $T > 50^\circ$ ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 54 doğrultu atımlı, 0 normal, 5 ters ve 12 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf doğrultu atımlı faylanmadır: 71 çözümün 54'ü (%76) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %62–86'dır; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrılan 43 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralığın alt sınırı (%62) bu çalışmanın baskın sınıf niteliği için aradığı işletimsel eşiğin (%70) altında kaldığından küme tek sınıflı olarak nitelenmemiştir. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 65 doğrultu atımlı, 1 normal ve 5 ters çözümdür; bu sınıflama eğik/karma çözümleri de en dik eksenlerine göre üç sınıfa birine atar. Bu tip sayımı ile gerilme tensöründen türetilen Anderson rejimi ayrı ölçütlerdir: sayım tek tek mekanizmaların eksen dalımlarını sınıflar, rejim ise popülasyona ortak tek bir gerilme alanı uydurulmasından çıkar; biri diğerinin doğrulanması değildir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda ($n = 105$) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleri mekanizma karışımı 82 doğrultu atımlı, 0 normal, 8 ters ve 15 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı $100,9 \times 67,6$ km boyutundadır (uzun $\times$ kısa eksen); olayların %95'i 0,0–30,0 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). Artçı kümesinin yatay boyutu $55,0 \times 31,8$ km olarak ölçülmüştür. Artçı bulutunun kovaryans elipsi $100,0^\circ$ azimutunda, 1,37 uzama oranıyla uzanmaktadır (yarı eksenler 36,1 ve 26,4 km, $n = 42$); ölçü, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci-moment ölçütünün artçı konumlarına uyarlanmış versiyonudur. Ana şok ile artçı sentroidi arasındaki ötelenme 5,8 km (oran 0,16, azimut 92°) olup çift taraflı kırılmayla uyumludur (tek/çift taraflılık eşikleri 0,2/0,5: bu çalışmanın işletimsel eşikleridir). Artçı uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP1 olup doğrultu farkı $12,0^\circ$ 'dir.

Artçı bulutuna ana bileşen çözümlemesiyle (PCA) (Shearer vd., 2003) oturtulan düzlem $277^\circ/20^\circ$ (doğrultu/eğim) geometrisindedir; Westin düzlemsellik ölçüsü $c_p = 0,76$ ($c_l = 0,08$, $c_s = 0,16$), düzleme karekök ortalama uzaklık 5,43 km, ortalama mutlak uzaklık 3,76 km ($n = 13$; sabit derinlikli 29 kayıt dışlanmıştır). Düzlem çekinceyle raporlanmıştır; düğüm düzlemi seçiminde kanıt olarak kullanılmamıştır. Aynı düzlem, 14,3 km uzaklıktaki haritalı diri fay izinin $120,5^\circ$ doğrultusuyla $23,6^\circ$ fark göstermektedir. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri $I(NP1) = 0,988$ ve $I(NP2) = 0,858$ olup aradaki fark 0,130 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt $\Delta I > 0,15$ olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşğin altındadır; iki düğüm düzlemi bu gerilme alanında benzer ölçüde elverişlidir ve ayrı ayrı yapılmamıştır. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (4 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda ($n = 101$) $I(NP1) = 0,991$ ve $I(NP2) = 0,855$ bulunmuştur; düzlem seçimi hedef olayın katkısına duyarlıdır ve bu ölçütün oyu sayılmamıştır. Toplamda 2 bağımsız yöntemin 2'si NP1 düzlemini desteklemektedir; düzlem ikizliği bu ölçüde kırılmış sayılabilir.

ARTÇI DİZİSİ İSTATİSTİĞİ

Ana şoku izleyen 2,53 günlük dönemde, 55 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 42 artçı kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 4,9 büyüklüğündedir. Çalışma olayı bu dizinin toplam sismik momentinin %94 kadarını taşımaktadır; dizi, bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle ($\Delta M > 0,3$ ve moment payı $\geq \%50$) ana şok–artçı dizisi olarak sınıflanmıştır. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuş ve $p = 1,52 \pm 0,79$, $c = 0,152$ gün elde edilmiştir ($n = 27$ olay, 2,53 günlük pencere). Parametreler çekinceyle verilmiştir; çekincenin gerekçesi şudur: en büyük olabilirlik kestirimi için artçı sayısının yetersizliği ($n = 27 < 50$). Sönüm hızı bu nedenle yorumlanmamıştır. Ana şok ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 1,2$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,1 ve M 4,9); değer Båth yasasının (Båth, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla bağdaşmaktadır (bu çalışmanın işletimsel bandı $\pm 0,4$). Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 5,2$ 'dir (kestirimde kullanılan $b = 0,93$; 55 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 3,7$ olan 27 artçı üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b, yalnız artçı alt kümesinden kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümündeki katalog b-değerinden farklı bir popülasyona aittir. Reasenber–Jones dizi modeli (parametreler: $a = -1,394$; $b = 0,93$; p ve c Omori–Utsu uydurmasının değerleri; dizi penceresinde $M_c = 3,7$ üstü 27 olayla), izleyen 7 günde en az bir $M \geq 5$ artçı olasılığını %79, 30 günde %82; $M \geq 4$ için 7 günde $>\%99$ olarak vermektedir; aynı model bir haftalık M_c üstü olay sayısını 25 olarak ölçeklendirir. Model çekinceyle verilmiştir: dayandığı p ve c değerleri çekinelidir. Olasılıklar ana şoktan 0,05 gün sonra başlayan ilk 7 ve 30 günü kapsar; model parametreleri bu dönemi de içeren gözlem penceresindeki aynı diziden kestirildiği için değerler önceden verilmiş bir öngörü değil, geriye dönük bir betimledir. Bu olasılıklar dizi modelinin istatistiksel uzantısıdır; deterministik bir öngörü değildir. Artçı zonunun mekânsal evrimi $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ biçiminde modellenmiş (Tajima ve Kanamori, 1985); $R_0 = -18$ km, $a = 31,2$ km/onluk (zamanın her on katına karşılık yarıçap artışı; boyutsuz oran — , $n = 42$) bulunmuştur. Eğim pozitif olsa da, olayların dış merkeze uzaklığının zamandan bağımsız olduğunu öne süren sıfır hipotezinden ayırt edilememektedir (zaman–uzaklık permütasyonu $p = 0,11$). Eğimin %95 yeniden örneklem aralığı (11,9–41,8 km/onluk) sıfır içermemektedir; ancak bu aralık sıfır hipotezine karşı bir sinama değildir: zarf kutu başına üst yüzdelikle kestirildiğinden kutulardaki olay sayısı arttıkça büyük ve zaman ile uzaklık arasında ilişki yokken de pozitif eğim verir. Karar, bu yanlışlığı kendi dağılımında taşıyan permütasyon sinamasına göre verilmiştir. Ölçülebilir log-zaman genişlemesi gösterilememiştir ve deprem sonrası kayma (afterslip) ya da akışkan göçü yorumu yapılmamıştır. $R(t)$ modeli artçı bulutunun istatistiksel sınır evrimini betimler; kırığın fiziksel ilerlemesinin doğrudan ölçümü değildir.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

ΔCFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki diktörtgen dislokasyon çözümüyü (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı $\mu' = 0,40$ ile 10,0 km derinlikte ve 44×49 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, hiposantr merkezli diktörtgenden alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma $88^\circ/69^\circ/-15^\circ$; $L = 17,0$ km, $W = 7,9$ km). Bu geometri ölçülmüş bir kırık değil, bir çalışma varsayımdır.

Gözlemsel sinama olarak ΔCFS her artçının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 33 artçının 11 tanesi (%33) $+0,1$ bar üzerindeki yükleme alanında, 16 tanesi (%48) $-0,1$ bar altındaki gölge alanında, 6 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 9 artçı bu sayımın dışında tutulmuştur. Yansız bant eşiği $0,1$ bar olarak alınmıştır. Bu eşğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetiklemeyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Karşılaştırma için bir boş model kurulmuştur: boş model, artçıların yerleşiminin gerilme değişimi alanından bağımsız olduğu varsayımını temsil eden uzamsal karşılaştırma modelidir ve burada olay öncesi sismisitenin konumlarından oluşur. Boş modelde yükleme alanına düşen pay %21 olarak ölçülmüştür (55/262); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark 12,3 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı $-2,3$ ile $30,0$ arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içerdiğinden artçı yerleşimi bu ölçüyle boş modelden ayırt edilememektedir. Sinama çekinceyle verilmiştir: 33 artçıdan 10'u serbest derinliklidir; öteki 23 artçı kurum varsayılanı (sabit) derinlikte olduğundan bu olaylarda sinamanın derinlik girdisi ölçüm değildir. Yalnız serbest derinlikli artçılarla sayım 2 yükleme, 5 gölge ve 3 yansız bant biçimindedir. Artçı konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; işletimsel bir konum senaryosunda (yatay 2 km, derinlik 3 km standart sapma) artçıların %79 kadarının sınıfı değişmektedir. Senaryonun yatay sapması pencerede ölçülen kurumlar arası dış merkez farkının ortancasından (7,5 km) küçük olduğundan bu pay alt sınır olarak okunmalıdır; daha geniş bir senaryoda (yatay 5 km, derinlik 5 km standart sapma; sabit derinlikli kayıtlarda derinlik 2–25 km arasında düzgün dağılımlı) bu pay %93 düzeyine çıkmaktadır. Sınıflar katalog hiposantrlarına göre ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve mertebe betimlemesi olarak okunmalıdır. En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SHmax doğrultusu 45° ve doğrultu atımlı rejim çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 45° ; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 8 yükleme, 16 gölge ve 9 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 18 yükleme, 7 gölge ve 8 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 10). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (4 çözüm) dışlanarak ($n = 101$) elde edilen alandan (SHmax = 52° , şekil oranı 0,83) farklıdır; birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sinanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 10 yükleme, 16 gölge ve 7 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 2). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Sonlu kaynak diktörtgeni $88^\circ/69^\circ/-15^\circ$ geometrisinde kurulmuştur (NP1; seçim ölçütü: haritalanmış diri fay izi doğrultusu). Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlem için lob–gölge deseni farklı çıkar. Alanın büyük bölümü küçük genliklidir: ızgaranın yalnız %29 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası $-0,018$ bar, %5–95 aralığı $-1,1$ ile $0,18$ bar arası, %1–99 aralığı $-7,7$ ile $0,74$ bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak diktörtgeninin kenarlarında iraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmamıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta \tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta \sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \cdot \Delta \sigma_n$). İki panel aynı kadraj ve aynı kaynak geometrisiyle çizildiğinden, birleşik alandaki desenin hangi bileşenden doğduğu doğrudan okunabilir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel katalogdan $M_c = 3,8$ tamlık eşğinin üzerinde $b = 0,87 \pm 0,09$ kestirilmiştir (eşik üstü $N = 165$; toplam 403 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 5,54, yıl ve km^2 başına normalleştirilmiş değeri $a' = 0,78$ olarak hesaplanmıştır (5,0 yıl, 11.400 km^2). Katalog büyüklükleri karışık ölçeklerde (kayıtların %21'i moment büyüklüğü ölçeğinde, kalamı başka ölçeklerde); b'nin standart sapması yalnız örneklem belirsizliğini taşıdığından b, $b = 1$ referansıyla ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sinamasına sokulmamıştır. Tamlık eşiği ve b, büyüklük örneklemının 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı M_c için 3,7–4,1, b için 0,80–0,96 olarak bulunmuştur. Çalışma penceresinin en büyük olayı çalışma olayı değil, 09.10.2026 tarihli Mw 6,6 depremidir (birleşik katalog büyüklüğü). Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta $M \geq 6,0$ (43 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca $5,0 \leq M < 6,0$ (11 kayıt); toplam 54 kayıt. Yakın kuşaktaki $M \geq 5,0$ kayıtların sayısı 15'tir; bunların 4'ü $M \geq 6,0$ büyüklüğündedir ve ilk ölçütte sayılmıştır.

Derlemedeki en büyük olay 2026 yılında, dış merkeze 89 km uzaklıkta gerçekleşen M 7,7 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1934 M 7,5 (112 km); 1904 M 7,2 (54 km); 1962 M 7,2 (137 km); 1934 M 6,8 (96 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın tek kaydı 24.10.2022 tarihli M 5,4 depremidir (8,5 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız $M \geq 6,1$ olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 12 kez gözlenmiştir (127 yıllık gözlem süresi). Ayrıştırma öncesinde aynı alanda eşik üstü 15 kayıt bulunmaktadır; bunların 12'si bağımsız olaydır. Bağımsız olayların gözlenen ortalama yinelenme aralığı $T = 11$ yıldır (%95 güven aralığı 6,0–20 yıl; kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlik başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 6,1$ için tam varsayılmıştır; varsayım sınınamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Ana şoku izleyen 2,53 günlük dönemde 55 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlik eşliğinde ($M \geq 3,8$) 22 olay kaydedilmiştir; bu sayı 8,7 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (14.10.2016 – 13.10.2021) aynı dairede ve aynı eşikte 25 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,014 olay/gün (5,0 olay/yıl) düzeyindedir. Oran katı 630'dur (%95 güven aralığı 340–1.200); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralıktır (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha geniştir. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı da arka planın üzerindedir (20 kat; %95 güven aralığı 13–32): pencere önceki bir dizinin sönümünü de içerdikinden oran farkı yalnız bu olayın dizisine bağlanmamıştır. Arka plan döneminin b değeri, çalışma kutusunun tamamında ve pencereyle aynı tamlik eşliğinde ($M_c = 3,8$) kestirilmiştir: $b = 1,43 \pm 0,23$ ($N = 44$; belirsizlik kestiricisi: Shi ve Bolt, 1982). Pencere değeriyle farkı $|\Delta b| = 0,56$, birleşik belirsizlik 0,25 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını aşmaktadır. Büyüklük türü dağılımı iki dönemde aynı değildir: pencerede en sık tür m (kayıtların %67 kadarı), arka plan döneminde ML (%46). b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu fark b değerinde fiziksel bir değişim olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir. Arka plan dönemi çalışma kutusunda büyük bir depremi ve dizisini içermektedir (tarihsel derlemeden: 15.07.2020 M 5,7). Bu depremin Gardner–Knopoff zaman penceresi (0,9 yıl) arka plan döneminin zamanca %19'unu kapsadığından dönemin olay sayısı ve oranı, ayrıştırılmış (bağımsız) sayım dâhil, bu diziden etkilenir; arka plan oranı bu nedenle diziden arınmış bir taban değildir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 40 olay) arasında 38,6 km yer değiştirmiştir (azimut 319°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.683,3 gün; ortalama 23 m/gün). Bu ölçü iki ortalamanın farkıdır; bir göç modeli uydurması değildir. Son dilimin ortalama zamanı çalışma olayından sonradır; dilim büyük ölçüde olayı izleyen diziden oluştuğundan bu fark, dizinin önceki sismisiteye göre konumunu gösterir ve pencere boyunca süren bir göç olarak yorumlanmamıştır. Duyarlılık olarak dış merkez koordinatlarının zamana göre doğrusal eğilimi 344° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 25°'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örneklem büyüklüğüyle (n_{etkin} , Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlamı ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sınınamıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = 0,498$, $n_{\text{etkin}} = 113$ ile $|z| = 5,7$; doğu–batı bileşeninde $r = -0,11$, $n_{\text{etkin}} = 108$ ile $|z| = 1,1$. En büyük $|z|$ değeri 1,96 eşliğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrılmaktadır; bu ayrışma da pencerenin sonundaki dizinin katkısını içerir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölünmüştür. 403 olayın kümülatif eğrisinde bölütleme 7 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 370 gün, 0,16 olay/gün; 4,1 gün, 6,9 olay/gün; 549 gün, 0,18 olay/gün; 536 gün, 0,022 olay/gün (8,2 olay/yıl); 360 gün, 0,072 olay/gün (26,4 olay/yıl); 3,8 gün, 43,8 olay/gün; 1,6 gün, 7,7 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $1,31 \times 10^{19}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının payı %15'tir. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: $M \geq 5,6$) 2 olay toplam nominal momentin %91 kadarını, kalan 401 olay %9 kadarını taşımaktadır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

12.10.2026 tarihli Río Grande (Panama) depremi (Mw 6,1; odak derinliği 10,0 km), güney Panama kıta kenarı ve Azuero Yarımadası bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı fay Azuero Fayı olarak belirlenmiştir (15 km). GCMT moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,977 \times 10^{18}$ N·m; Mw 6,13) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %60 düzeyindedir. Olayın dizisi ana şok–artçı dizisi olarak sınıflanmıştır: çalışma olayı dizinin toplam sismik momentinin %94 kadarını taşımaktadır ve en büyük artçıyla büyüklük farkı $\Delta M = 1,2$ değerindedir (işletimsel ölçüt: $\Delta M > 0,3$ ve moment payı $\geq$ %50). Büyüklük–frekans dağılımı $M_c = 3,8$ tamlik eşliğinin üzerinde $b = 0,87 \pm 0,09$ vermiştir ($N = 165$). Olayı izleyen dönemin olay oranı, ortak tamlik eşliğinde ($M \geq 3,8$), arka plan oranının 630 katıdır (%95 güven aralığı 340–1.200). Bu değerlendirme mevcut katalog ve model varsayımlarıyla sınırlıdır ve deprem tahmini içermez; deprem tehlikesi iletişimde tekil olay analizleri değil, olasılıksal tehlike modelleri ve yerel zemin koşulları esas alınmalıdır.

VERİ VE YÖNTEM SINIRLARI

Bu çalışmadaki her sayı, olay merkezli katalog sorgusunun ve aynı olay için derlenen yardımcı veri setlerinin verisinden hesaplanmıştır; hesaplanamayan hiçbir nicelik kestirimle doldurulmamıştır. Veri eksikliği nedeniyle kurulamayan çözümlemeler şunlardır: topluluk şiddeti karşılaştırması, kullanılan kaynaktaki (USGS “Did You Feel It?”, DYFI; Atkinson ve Wald, 2007) bu olay için topluluk bildirimi bulunmadığından (öbür kurumların hissedilme bildirimleri bu çalışmada kullanılmamıştır) kurulamamış; tepki spektrumu, kullanılan veri merkezlerinden uygun uzaklıkta kullanılabilir ivme kaydı alınmadığından kurulamamış; konum kalite notu, benimsenen kurum çözümünde kalite ölçüleri yayımlanmadığından kurulamamış; öncü trafik ışığı, bu olay için gerekli veri kullanılan kaynaklarda bulunmadığından kurulamamış; kosismik yatay yer değiştirme karşılaştırması, kosismik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından kurulamamış; β oran-değişim haritası, olay sonrası gözlem süresinde hiçbir ızgara düğümünde beklenen olay sayısı ölçütün aradığı düzeye ulaşmadığından kurulamamış; dalga formu çözümlemesi ve bağımsız konum sınıması, üretim anında en yakın istasyonların üç bileşenli kayıtları veri merkezinden alınmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalogta hiçbir kurum raporunda büyüklüğü bulunmayan 57 kayıt (hiçbiri ana şoktan sonra değil) büyüklüğe dayanan çözümlemelere girememiştir. Birleşik katalog dış kataloglarla olay düzeyinde karşılaştırılmamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. Artçı sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlemelerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); örnekleme ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 9 çözümleme raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşige yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlemeler şunlardır: hiposantr bulutuna düzlem oturtma, statik Coulomb gerilme değişimi, Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenber–Jones artçı dizisi oranı, artçı zonu genişlemesi, yinelenme aralığı (nadirlik), mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni) ve artçı dönemi b değeri. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 13.10.2021 – 15.10.2026 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 403 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. Kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr.

Kurum	Oluş zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M	Tür	Çözüm durumu	Arşive alınma (UTC)
USGS*	12.10.2026 23:20:36	7,7028°K	81,4989°B	10,0	6,1	Mww	gözden geçirilmiş	12.10.2026 23:38
EMSC (NEIC)	12.10.2026 23:20:36	7,7028°K	81,4989°B	10,0	6,1	Mw	aktarılmış çözüm; konumu USGS ile özdeş	12.10.2026 23:37
INGV	12.10.2026 23:20:38	7,7590°K	81,3551°B	18,4	6,2	Mwp	uzak ağ çözümü	13.10.2026 00:14
GSRAS	12.10.2026 23:20:37	7,79°K	81,46°B	10,0	5,9	mb	uzak ağ çözümü	15.10.2026 11:56

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği us6000u1wn). Benimseme sırası: olağan çözümler aktarılmış ve uzak ağ kayıtlarından önce gelir; sonra derinliği verilmiş çözüm ve genel kurum sırası gözetilir. Birleşik kataloğun temsilci kaydı benimsenen hiposantrla aynıdır. Aktarılmış çözüm: ISC'nin başka bir kurumdan aktardığı çözüm (parantezde üreten kurum); uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü; konumu USGS ile özdeş: enlem, boylam ve derinlik USGS çözümüyle birebir aynıdır (bağımsız konum çözümü sayılmaz). Kısaltma: GSRAS Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences. Benimsenen çözümün derinliği kurumca sabitlenmiştir. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklardır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 15.10.2026 12:06 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri ve oturtulan düzlem.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	100,9 × 67,6 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 403)
Artçı bulutu (uzun × kısa)	55,0 × 31,8 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 42)
Derinlik bandı	0,0–30,0 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana eksen	—	raporlanmadı; gerekçesi raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde
Kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksen)	113°	ana bileşen eksen · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir
Oturtulan düzlem (çekinceli)	277° / 20°	doğrultu/eğim · artçı bulutu · n = 13 · sabit derinlikli 29 olay dışlandı
Westin düzlemsellik cp	0,76	cl 0,08 · cs 0,16 (Σ≈1, yuvarlama)
Düzleme uzaklık (rms)	5,43 km	karekök ortalama · artçı bulutu · n = 13 · sabit derinlikli 29 olay dışlandı
Düzleme uzaklık (ort. mutlak)	3,76 km	ortalama mutlak uzaklık · aynı bulut
Haritalı faydan sapma	24°	en yakın haritalı fay

Tablo 4. Reasenberg–Jones artçı aşım olasılıkları (ana şoktan 0,05 gün sonra başlayan ilk 7/30 gün; parametreler aynı diziden kestirildiği için geriye dönük; çekinceli, gerekçesi Ek A'da).

Eşik	P (7 gün)	P (30 gün)
M ≥ 3	>%99	>%99
M ≥ 4	>%99	>%99
M ≥ 5	%79	%82

Tablo 5. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (14.10.2016 – 13.10.2021), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	403	499
Oran (olay/gün)	0,22	0,27
Mc (dönemin kendi eşiği)	3,8	2,9
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 3,8)	165	44
b ± σ _b (ortak Mc = 3,8)	0,87 ± 0,09	1,43 ± 0,23
Derinlik ortancası (km)	10,0	10,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	123 (%31)	263 (%53)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,07	0,14

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Sayım ve oran satırları eşiksizdir ve dönemlerin tamlık eşikleri farklıdır (Mc 3,8 ↔ 2,9); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Arka plan döneminde kutuda M ≥ 5 bir deprem vardır (15.07.2020 M 5,7); Gardner–Knopoff penceresi (344 gün / 49 km) dönemin %19'unu kapsadığından bağımsız olay satırlarındaki fark ayrıştırmanın etkisini de taşır ve tek başına sismisite değişimi değildir. Pencere henüz dolmamıştır: pencere oranları gözlenen 1.828 günlük süreden hesaplanmıştır.

Tablo 6. Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve artçı sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	88°/69°/–15°	GCMT odak mekanizması (NP1 varsayılan — yakındaki diri fay izi düzlemleri ayırt etmiyor (Δ37° / 59°))
Kırılma uzunluğu L	17,0 km	Wells ve Coppersmith (1994) — doğrultu atımlı kol
Kırılma genişliği W	7,9 km	üst kenar 6,3 km, alt kenar 13,7 km derinlikte
Ortalama kayma $\bar{u}$	0,49 m	$M_0 = \mu \cdot L \cdot W \cdot \bar{u}$ denkliğinden; rijitlik $\mu = 30$ GPa
Sürtünme katsayısı μ'	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	10,0 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	44 × 49	88 × 96 km

devamı izleyen sayfada

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 6 (devam). Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve artçı sınıması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Ortanca ΔCFS	−0,018 bar	ılgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca ΔCFS	0,042 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	−1,1 ile 0,18 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	−7,7 ile 0,74 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
ΔCFS > 0,1 bar olan ılgara düğümleri	%29	hesap ızgarasında ΔCFS yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren artçı	42	nokta hesabı · 9 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	11 / 16 / 6	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 33 · yük %33, gölge %48
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	8 / 16 / 9	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 33 · yük %24, gölge %48
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 45° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	doğrultu atımlı rejim; SHmax yönü ana şok mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	18 / 7 / 8	duyarlılık · 10 artçının sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	10 / 16 / 7	duyarlılık · SHmax 52°, şekil oranı 0,83: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 105) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (4 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 101); birincil alandan farkı 7,0° (44,7° ↔ 51,7°) · 2 artçının sınıfı değişir; birincil alan ana şok mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	55 / 75 / 132	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 262 · yük %21, gölge %29
— yalnız serbest derinlikli artçılar	2 / 5 / 3	kurum varsayılını derinlikler dışlandı · n = 10 · yük %20, gölge %50

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. ΔCFS = Δτ + μ'·Δσ_n. Değerler tek dikdörtgen kaynak varsayımına dayanır; çok segmentli kırılmalarda uç bölgelerin deseni basitleşir. Artçı sınıması nokta hesabıdır: ΔCFS her artçının kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant |ΔCFS| < 0,1 bar; kaynak dikdörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

Tablo 7. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
INGV	6,2	Mwp
USGS	6,1	Mww
EMSC	6,1	Mw
GSRAS	5,9	mb
GCMT (moment)	6,13	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 2 kurum değeri aynıdır (6,1). Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: INGV Mwp 6,2 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü); GSRAS mb 5,9 (cisim dalgası büyüklüğü; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir.

EK A — ÇİZELGELER

Tablo A1. Derinlik ölçüleri — her satır kendi tanımıyla verilmiştir; derinlikler kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	403	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	10,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 403)
Ortanca derinlik (serbest)	10,1 km	0/5/10/33 km atamaları dışlandı · n = 221 (182 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	0,9–21,0 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	0,0–30,0 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 300,0 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	2 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 100 km'de 1, 300 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	10–15 km	179 olay · 5 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	10,0 km · %31	123/403 olay
Varsayılan sabit derinlikler	182 olay	0/5/10/33 km · n = 403

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 1 izden adı bulunan 1 iz, 1 ad altında; kaynak: GEM Global Active Faults (Styron ve Pagani, 2020) — CC BY-SA 4.0.

Fay / fay sistemi	Dış merkeze uzaklık (km)	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü
Azuero Fayı	14,9	72,6	1	SoD

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Kayma türü kodu: SoD sol yönlü doğrultu atımlı.

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
En yakın komşu kümelenme (Zaliapin)	istatistiksel güç	—	Bu raporun işletimsel eşiği Mc üstü $n \geq 200$ ister; iki-kipli ayırım bu örneklem altında çözülmez. Kutuda kurulamadığında eşik kapsayan bölgesel katalogdan kalibre edilir (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a). Bu olayda: yetersiz olay (Mc üstü $n < 200$).
PGA azalımı (istasyon kayıtları)	istatistiksel güç	$n \geq 25 \cdot \text{mevcut}$ 0	Azalım eğrisi bir yer hareketi kestirim bağıntısı değildir: bu olayın kendi istasyon setine uydurulmuş ampirik doğrudur; eğimin anlamlı olması için kayıtların en az on katlık bir uzaklık aralığına yayılması gerekir. Bu olayda: aletsel kayıt sayısının yetersizliği ($n = 0 < 25$).
Mekanizma arama penceresindeki çözümler	istatistiksel güç	$n \geq 3 \cdot \text{mevcut}$ 2	Çalışma olayı çevresindeki mekanizmalar, kırılan fay sisteminin kinematikini tek tek çözümlerden daha güvenilir gösterir; arama penceresi dizinin kendisi değildir ve zaman sınıfları (ana şoktan önce, ana şok, ana şoktan sonra) pencere kuralından gelir, öncü ya da artçı nitelemesi taşımaz. Bu olayda: kullanılan arşivde (GCMT) arama penceresinde bulunan mekanizma sayısının yetersizliği ($n = 2 < 3$).
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	istatistiksel güç	$n \geq 3 \cdot \text{mevcut}$ 1	Kanallanma, kaymanın ana fay yüzeyine ne kadar bağlı kaldığını ölçer; dik uzaklık dış merkez konum hatasını taşıdığı için birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmaz. Bu olayda: ana faya uzaklığı ve kayma azimutu birlikte çözülen mekanizma sayısının yetersizliği ($n = 1 < 3$).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	$n \geq 6 \cdot \text{mevcut}$ 0	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağın kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği ($n = 0 < 6$).
Gerilme düşümü $\Delta\sigma$	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Gerilme düşümü ancak kaynak boyutu bağımsız ölçüldüğünde (kayma modeli ya da kırık dörtgeni) ölçümdür; boyut büyüklükten ölçeklendiğinde değer ölçekleme bağıntısının yeniden ifadesidir. Artçı zonü yarıçapına dayanan dairesel çatlak kestirimi (Eshelby, 1957) yalnız duyarlılık olarak verilir. Bu olayda: kaynak boyutunun bağımsız ölçülmeyip büyüklükten ölçeklenmesi — değer ölçeklemenin yeniden ifadesidir, ölçüm değildir.
Geriye dönük öncü çözümlemesi (ters Omori)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Öncüler ancak ana şok bilindikten sonra tanımlanabilir (öncü etkinliğinin özellikleri için Jones ve Molnar, 1979); arka plandan ayrımayan etkinliğin öncü dizisi sayılmaması bu çalışmanın ölçütüdür. Bu olayda: etkinliğin arka plandan ayrışması doğrulanmadı (negatif binom $p = 0,000$; ampirik sıra muhafızı $p = 0,050 \geq 0,05$; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	$ \Delta AICc \geq 2 \cdot \text{mevcut} < 2$	$\Delta AICc < 2$ iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi ($ \Delta AICc < 2$).
Küme doğrultusu (artçı bulutunun ana eksenini)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Doğrultu, artçı bulutunun ana bileşeninden okunur ve yalnız uzanım belirginse (işletimsel ölçüt: uzama $\geq 1,5$, yeniden örnekleme yarı aralığı $\leq 20^\circ$, $n \geq 30$) raporlanır; kutu bulutunun yönü pencere biçimine duyarlıdır. Bu olayda: artçı bulutunun belirgin bir uzanım göstermemesi (uzama 1,37; yön yarı aralığı $\pm 46,1^\circ$; $n = 42$; ölçüt uzama $\geq 1,5$, yarı aralık $\leq 20^\circ$, $n \geq 30$).

Not: Eleme elle değil, önceden tanımlı kapılarla yapılmıştır: istatistiksel güç (örneklem ya da gözlem süresi bu çalışmanın raporlama eşiğinin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı (yöntemin kendi ölçütü sonucu güvenilir bulunmamıştır). Örneklemi ya da belirsizliği sınırdan kalan çözümlemeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A4. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	Ana bileşen çözümlemesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayıları (sabit) derinlikli kayıtlar ayırdıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: bulutta yetersiz olay ($n = 13 < 50$).
Statik Coulomb gerilme değişimi (ACFS)	ΔCFS için yansız bant eşiği 0,1 bar alınmıştır. Bu eşiğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetikleyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Kırık boyu konum hatasının altındayken alan dış merkez belirsizliğiyle örtülür. Artçı sınaması her artçının kendi hiposantrında yapılmadığında ya da artçıların çoğu kurum varsayıları derinlikteyken sonuç çekinceyle raporlanır (işletimsel ölçüt). Bu olayda: artçıların çoğunun kurum varsayıları (sabit) derinlikte olması (serbest derinlikli 10/33) — bu olaylarda sınamanın derinlik girdisi ölçüm değildir.
Omori–Utsu artçı sönümü	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlıyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değer bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü $n \geq 50$, p 'nin standart sapması $\leq 0,20$ ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olabilirlik kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: en büyük olabilirlik kestirimi için artçı sayısının yetersizliği ($n = 27 < 50$).
Reasenber–Jones artçı dizisi oranı	Dizi oranı modeli (Reasenber ve Jones, 1989) dizinin a , b , p ve c parametreleriyle kurulur; bu değerler dizinin kendisinden kestirilemediğinde oranın bu diziyi betimlemediği bu çalışmanın değerlendirilmesidir. Bu olayda: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p , c) çekinceyle raporlanması.
Artçı zonü genişlemesi	Artçı zonü genişlemesi, artçı alanının logaritmik zamanla değişimi olarak ölçülür (Tajima ve Kanamori, 1985). Zarfın zaman kutularında yeterli örnekleme ($n \geq 50$) kurulması ve artçı seçiminin zarfı sınırlanaması bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür: bulut seçim yarıçapına dayanyorsa zarf o yarıçapın ötesine çıkamaz ve genişleme sınamamaz. Bu olayda: log-genişleme zarfı kutulanamaz ($n = 42 < 50$).
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve katalogun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; $n \geq 5$ iken nokta değer %95 aralığıyla, $1 \leq n < 5$ iken yalnız aralık, $n = 0$ iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değer çekinceyle raporlanır. Bu olayda: katalog tamlık döneminin saptanamaması (eksik katalog sayımı düşürür; T üst yanlı olabilir).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (doğrultu atımlı; 54/71, %76) %95 Wilson (1927) aralığının (%62–86; 43 bağımsız küme) işletimsel %70 eşiğini içermesi.
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlık eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü $N \geq 50$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,15$, çekinceli raporlama için $N \geq 30$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,25$ aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Bu olayda: çalışma kutusunda olay sonrası dönemin kendi tamlık eşiği (Mc 3,7) üstündeki örneklem küçüklüğü ($N = 30 < 50$; görelî belirsizlik 0,19).

Not: Bu çözümlemelerin sonuçları, raporda verildikleri yerde çekince sütunundaki sınırla birlikte okunmalıdır. Çekince, sonucun dayandığı örneklem, gözlem süresinin, belirsizliğin, yakınsamanın ya da girdi verisinin bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığını gösterir; her satırın ölçülen nedeni kendi hücreindedir.

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	24.10.2022 05:40:43	EMSC	7,74°K	81,53°B	mb 4,9
	24.10.2022 05:40:42	ISC	7,628°K	81,483°B	Mw 5,4
2	11.01.2023 14:43:32	EMSC (IGC)	7,57°K	81,31°B	M 3,4
	11.01.2023 14:43:34	ISC (UPA)	7,692°K	81,081°B	Mw 3,1
3	12.03.2024 13:50:59	EMSC (IGC)	7,592°K	81,475°B	M 4,0
	12.03.2024 13:50:57	ISC	7,330°K	81,488°B	Mw 4,2
4	10.10.2026 02:43:38	USGS	7,575°K	81,249°B	mb 4,5
	10.10.2026 02:43:39	ISC (GFZ)	7,546°K	81,046°B	mb 4,9
5	11.10.2026 21:19:20	USGS	7,720°K	81,586°B	mb 4,5
	11.10.2026 21:19:20	EMSC (NEIC)	7,720°K	81,586°B	mb 4,5
6	11.10.2026 22:25:36	USGS	7,672°K	81,495°B	mb 4,4
	11.10.2026 22:25:36	EMSC (NEIC)	7,672°K	81,495°B	M 4,3
7	13.10.2026 06:39:11	EMSC	7,905°K	81,452°B	ML 4,9
	13.10.2026 06:39:04	ISC (GFZ)	7,680°K	81,527°B	mb 4,9

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 2 · 20 km → 3 · 40 km → 7 · 70 km → 7

Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 1; eşi bulunamayan kayıt: 1; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km, $\Delta M -0,5$ ile $+1,5$ arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması; eşi bulunamayan kayıta en yakın adayın kendi kaydını yalnız bir kurum üretmiştir (eşleme kayıt düzeyindedir: adayın başka kurumlarca bildirilen kopyaları, yani çapraz-kaynak kümesinin öbür üyeleri, bu sayıma girmez). Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 412 kayıttan çıkarılan 9 (çapraz-kaynak kopyası 7, uzak ağ kopyası 1, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 1); tekilleştirilmiş katalogda kalan 403 kayıt.

kopya	09.10.2026 20:25:39	GSRAS	7,81°K	81,29°B	mb 6,3
eşi bulunamayan	09.10.2026 23:23:15	GSRAS	7,83°K	81,31°B	mb 5,0

Not: İki kayıt (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 54$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 54$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçülenmiştir (54 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 71 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ± 60 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem	Boylam	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	09.10.2026	7,59°K	80,77°B	287	64	−18	7,65	eğik/karma (eşiğe yakın)
2	09.10.2026	7,72°K	81,47°B	285	72	5	6,80	doğrultu atımlı
3	20.10.2022	7,69°K	82,33°B	300	25	68	6,72	ters
4	13.05.2014	7,21°K	82,30°B	359	77	172	6,48	doğrultu atımlı
5	04.04.2023	7,57°K	82,33°B	87	76	9	6,36	doğrultu atımlı
6	27.06.1979	7,16°K	82,25°B	5	76	173	6,35	doğrultu atımlı
7	18.05.1992	7,53°K	82,33°B	93	79	10	6,28	doğrultu atımlı
8	26.11.1983	7,38°K	82,26°B	357	72	−177	6,27	doğrultu atımlı
9	21.03.2025	6,99°K	82,47°B	6	79	−180	6,21	doğrultu atımlı
10	30.04.2011	6,88°K	82,35°B	5	83	−180	6,18	doğrultu atımlı
11	12.10.2026	7,69°K	81,49°B	88	69	−15	6,13	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
12	11.04.2003	7,03°K	82,35°B	6	82	177	6,08	doğrultu atımlı
13	30.12.2005	7,53°K	82,27°B	0	78	178	6,07	doğrultu atımlı
14	01.04.1997	7,77°K	82,40°B	85	78	9	6,06	doğrultu atımlı
15	27.08.2005	6,82°K	82,43°B	5	82	178	6,05	doğrultu atımlı
16	13.05.2021	6,71°K	82,42°B	5	75	177	6,02	doğrultu atımlı
17	10.10.2026	7,51°K	80,60°B	356	54	172	6,00	eğik/karma
18	28.02.1995	6,93°K	81,81°B	2	73	173	6,00	doğrultu atımlı
19	02.04.2014	7,94°K	82,34°B	76	74	−6	5,98	doğrultu atımlı
20	24.01.2008	7,01°K	82,39°B	5	80	175	5,86	doğrultu atımlı

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflandırır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbirini sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm çözümler GCMT katalogundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 21,0 km ayrışır (21.03.2025); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzun-zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 43 bağımsız küme (en büyük küme 11 çözüm).

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 13.10.2021 – 15.10.2026 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (EMSC, ISC, USGS, GFZ); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altıyazılarındadır. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), ISC (International Seismological Centre, t.y.), USGS (U.S. Geological Survey, 2017) ve GFZ (GEOFON Data Centre, 1993). Pencere katalogunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde GSRAS ve INGV; tarihsel derlemede GSI ve NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayıt ISC-GEM katalogunda varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir. Moment tensörleri Global CMT katalogundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez.

KAYNAKÇA

Adamek, S., Fröhlich, C. ve Pennington, W. D. (1988) Seismicity of the Caribbean-Nazca boundary: Constraints on microplate tectonics of the Panama region. *J. Geophys. Res.* 93(B3), 2053–2075. doi:10.1029/JB093iB03p02053

Aki, K. (1965) Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo* 43(2), 237–239. doi:10.15083/0000033631

Allen, T. I., Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2012) Intensity attenuation for active crustal regions. *J. Seismol.* 16(3), 409–433. doi:10.1007/s10950-012-9278-7

Anderson, E. M. (1951) The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 s.

Atkinson, G. M. ve Wald, D. J. (2007) “Did You Feel It?” intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion. *Seismol. Res. Lett.* 78(3), 362–368. doi:10.1785/gssrl.78.3.362

Båth, M. (1965) Lateral inhomogeneities of the upper mantle. *Tectonophysics* 2(6), 483–514. doi:10.1016/0040-1951(65)90003-X

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 4(3), 1027. doi:10.1029/2001GC000252

Blewitt, G., Hammond, W. C. ve Kreemer, C. (2018) Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science. *Eos* 99. doi:10.1029/2018EO104623

Blewitt, G., Kreemer, C., Hammond, W. C. ve Gazeaux, J. (2016) MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 121(3), 2054–2068. doi:10.1002/2015JB012552

Clopper, C. J. ve Pearson, E. S. (1934) The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika* 26(4), 404–413. doi:10.1093/biomet/26.4.404

Cowan, H., Dart, R. L. ve Machette, M. N. (1998) Map of Quaternary faults and folds of Panama and its offshore regions. *U.S. Geol. Surv. Open-File Rep.* 98-779. doi:10.3133/ofr98779

Di Giacomo, D., Bondár, I., Storchak, D. A., Engdahl, E. R., Bormann, P. ve Harris, J. (2015) ISC-GEM: Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009), III. Re-computed MS and mb, proxy MW, final magnitude composition and completeness assessment. *Phys. Earth Planet. Inter.* 239, 33–47. doi:10.1016/j.pepi.2014.06.005

Di Giacomo, D., Engdahl, E. R. ve Storchak, D. A. (2018) The ISC-GEM Earthquake Catalogue (1904–2014): Status after the Extension Project. *Earth Syst. Sci. Data* 10(4), 1877–1899. doi:10.5194/essd-10-1877-2018

Dziewonski, A. M., Chou, T.-A. ve Woodhouse, J. H. (1981) Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *J. Geophys. Res.* 86(B4), 2825–2852. doi:10.1029/JB086iB04p02825

Ekström, G., Nettles, M. ve Dziewoński, A. M. (2012) The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.* 200–201, 1–9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002

Eshelby, J. D. (1957) The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. *Proc. R. Soc. Lond. A* 241(1226), 376–396. doi:10.1098/rspa.1957.0133

European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). <https://www.emsc-csem.org> (erişim: 15.10.2026)

Fröhlich, C. (1992) Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms. *Phys. Earth Planet. Inter.* 75(1–3), 193–198. doi:10.1016/0031-9201(92)90130-N

Fröhlich, C. ve Apperson, K. D. (1992) Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and the consistency of seismic activity near plate boundaries. *Tectonics* 11(2), 279–296. doi:10.1029/91TC02888

Gardner, J. K. ve Knopoff, L. (1974) Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? *Bull. Seismol. Soc. Am.* 64(5), 1363–1367. doi:10.1785/BSSA0640051363

Garwood, F. (1936) Fiducial limits for the Poisson distribution. *Biometrika* 28(3–4), 437–442. doi:10.1093/biomet/28.3-4.437

GEOFON Data Centre (1993) GEOFON Seismic Network. GFZ Data Services. doi:10.14470/TR560404

Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 34(4), 185–188. doi:10.1785/BSSA0340040185

Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1956) Magnitude and energy of earthquakes. *Ann. Geofis.* 9(1), 1–15. doi:10.4401/ag-5590

Hanks, T. C. ve Kanamori, H. (1979) A moment magnitude scale. *J. Geophys. Res.* 84(B5), 2348–2350. doi:10.1029/JB084iB05p02348

Hardebeck, J. L., Nazareth, J. J. ve Hauksson, E. (1998) The static stress change triggering model: Constraints from two southern California aftershock sequences. *J. Geophys. Res.* 103(B10), 24427–24437. doi:10.1029/98JB00573

International Seismological Centre (2026) ISC-GEM Earthquake Catalogue. doi:10.31905/d808b825

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 15.10.2026)

Jones, L. M. ve Molnar, P. (1979) Some characteristics of foreshocks and their possible relationship to earthquake prediction and premonitory slip on faults. *J. Geophys. Res.* 84(B7), 3596–3608. doi:10.1029/JB084iB07p03596

Kanamori, H. (1977) The energy release in great earthquakes. *J. Geophys. Res.* 82(20), 2981–2987. doi:10.1029/JB082i020p02981

King, G. C. P., Stein, R. S. ve Lin, J. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84(3), 935–953. doi:10.1785/BSSA0840030935

Kobayashi, D., LaFemina, P., Geirsson, H., Chichaco, E., Abrego, A. A., Mora, H. ve Camacho, E. (2014) Kinematics of the western Caribbean: Collision of the Cocos Ridge and upper plate deformation. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 15(5), 1671–1683. doi:10.1002/2014GC005234

Lund, B. ve Townend, J. (2007) Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor. *Geophys. J. Int.* 170(3), 1328–1335. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03468.x

McGuire, J. J., Zhao, L. ve Jordan, T. H. (2002) Predominance of unilateral rupture for a global catalog of large earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92(8), 3309–3317. doi:10.1785/0120010293

Michael, A. J. (1984) Determination of stress from slip data: Faults and folds. *J. Geophys. Res.* 89(B13), 11517–11526. doi:10.1029/JB089iB13p11517

Morell, K. D. (2015) Late Miocene to recent plate tectonic history of the southern Central America convergent margin. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 16(10), 3362–3382. doi:10.1002/2015GCO05971

National Institute for Earth Physics (1994) Romanian Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/RO

Newcombe, R. G. (1998) Interval estimation for the difference between independent proportions: Comparison of eleven methods. *Stat. Med.* 17(8), 873–890. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(19980430)17:8<873::AID-SIM779>3.0.CO;2-I

Harita altlığı karoları için sağlayıcının istediği atf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 15.10.2026).

Konum haritasının (Şekil 1’in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atf: “Source: US National Park Service” (erişim: 15.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (EMSC, ISC, USGS, GFZ) ilgili kurumların kendi yayım ve kullanım koşullarına tabidir; bu çalışma ham katalog kayıtlarının yeniden dağıtımını yapmaz, yalnız türetilmiş istatistikleri, şekilleri ve çizelgeleri yayımlar. Diri fay katmanı, harita altlığı karoları ve yardımcı veri setleri de kendi sağlayıcılarının koşullarıyla bağlıdır — bu veriler için yeniden kullanım izni doğrudan sağlayıcıdan alınmalıdır. Diri fay katmanının kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 4.0. Levha sınırı modelinin kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): ODC-BY 1.0. Tarihsel büyüklüklerin kaynağı olan ISC-GEM katalogunun kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 3.0 (Unported). Bu raporda üretilen türetilmiş şekiller, çizelgeler ve metin yazara aittir.

Ogata, Y. (1983) Estimation of the parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure. *J. Phys. Earth* 31(2), 115–124. doi:10.4294/jpe1952.31.115

Okada, Y. (1992) Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 82(2), 1018–1040. doi:10.1785/BSSA0820021018

Reasenber, P. A. ve Jones, L. M. (1989) Earthquake hazard after a mainshock in California. *Science* 243(4895), 1173–1176. doi:10.1126/science.243.4895.1173

Shearer, P. M., Hardebeck, J. L., Astiz, L. ve Richards-Dinger, K. B. (2003) Analysis of similar event clusters in aftershocks of the 1994 Northridge, California, earthquake. *J. Geophys. Res.* 108(B1). doi:10.1029/2001JB000685

Shi, Y. ve Bolt, B. A. (1982) The standard error of the magnitude-frequency b value. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 72(5), 1677–1687. doi:10.1785/BSSA0720051677

Styron, R. ve Pagani, M. (2020) The GEM Global Active Faults Database. *Earthq. Spectra* 36(1S), 160–180. doi:10.1177/8755293020944182

Tajima, F. ve Kanamori, H. (1985) Global survey of aftershock area expansion patterns. *Phys. Earth Planet. Inter.* 40(2), 77–134. doi:10.1016/0031-9201(85)90066-4

Tape, W. ve Tape, C. (2012) A geometric setting for moment tensors. *Geophys. J. Int.* 190(1), 476–498. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05491.x

U.S. Geological Survey (2017) Advanced National Seismic System (ANSS) Comprehensive Catalog. doi:10.5066/F7MS3QZH

Utsu, T. (1966) A statistical significance test of the difference in b -value between two earthquake groups. *J. Phys. Earth* 14(2), 37–40. doi:10.4294/jpe1952.14.37

Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu’ura, R. S. (1995) The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. *J. Phys. Earth* 43(1), 1–33. doi:10.4294/jpe1952.43.1

Vavryčuk, V. (2014) Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophys. J. Int.* 199(1), 69–77. doi:10.1093/gji/ggu224

Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84(4), 974–1002. doi:10.1785/BSSA0840040974

Westbrook, G. K., Hardy, N. C. ve Heath, R. P. (1995) Structure and tectonics of the Panama-Nazca plate boundary. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 295, 91–110. doi:10.1130/SPE295-p91

Wiemer, S. ve Wyss, M. (2000) Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 90(4), 859–869. doi:10.1785/0119990114

Wilson, E. B. (1927) Probable inference, the law of succession, and statistical inference. *J. Am. Stat. Assoc.* 22(158), 209–212. doi:10.1080/01621459.1927.10502953

Woessner, J. ve Wiemer, S. (2005) Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 95(2), 684–698. doi:10.1785/0120040007

Zaliapin, I. ve Ben-Zion, Y. (2013a) Earthquake clusters in southern California I: Identification and stability. *J. Geophys. Res.* Solid Earth 118(6), 2847–2864. doi:10.1002/jgrb.50179

Zoback, M. L. (1992) First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. *J. Geophys. Res.* 97(B8), 11703–11728. doi:10.1029/92JB00132