

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

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

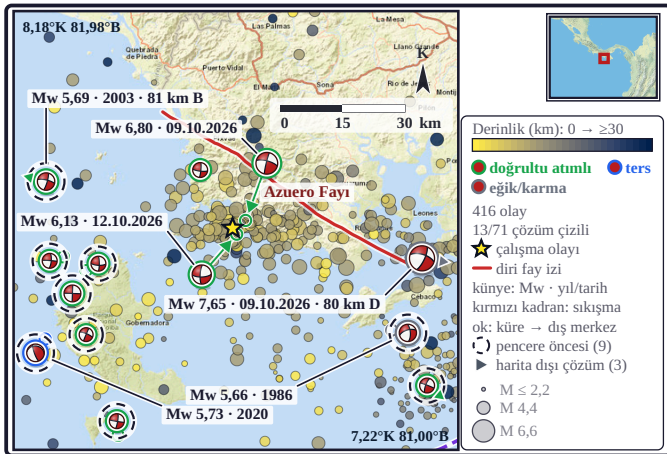
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 12.10.2026

ÖZET — 12.10.2026 tarihinde Río Grande (Panama) yerleşiminin 18 km batısında Mw 6,1 büyüklüğünde, 11,0 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (7,6896°K, 81,4896°B). Çalışma olayı, Mw 7,7 (3,2 gün önce, 89 km uzakta) ve Mw 6,6 (3,1 gün önce, 3,7 km uzakta) depremlerinin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. 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 olay öncesi dönemde, $M_c = 3,8$ tamlık eşliğinin üzerinde $b = 0,89 \pm 0,09$ vermektedir ($N = 139$); üstel yasa uyum iyiliği %90 hedefinin altındadır (en yüksek %89,5). Kayıtların %31'inin (129/416) 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, deprem 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 11.0 km (7.6896°N, 81.4896°W). The study event falls within the space–time windows of earthquakes of Mw 7.7 (3.2 days earlier, 89 km away) and Mw 6.6 (3.1 days earlier, 3.7 km away); by this criterion it is not the largest event of an ongoing sequence. 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 of the pre-event period gives $b = 0.89 \pm 0.09$ ($N = 139$); the goodness of fit to the exponential law stays below the 90% target (highest 89.5%). Of the records, 31% (129/416) 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, earthquake sequence, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion.



Şekil 1. Harita 416 olaylılık kataloğun tamamını gösterir; odak mekanizmaları 71 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 105$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir ve kırmızı kadran sıkışmadır. 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, 416 olaylılık 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.

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

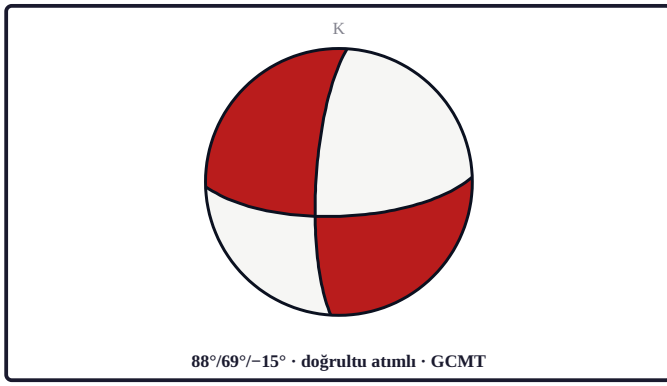
Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	12.10.2026 23:20:36	USGS çözümü, sürüm 87
Dış merkez	7,6896°K · 81,4896°B	USGS çözümü, sürüm 87
Odak derinliği	11,0 km	USGS · dalga biçimi modellemesi
Büyüklük	Mw 6,1	USGS (hiposantrı veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$1,977 \times 10^{18}$ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 6,13
Nominal ısınan enerji E	$9,9 \times 10^{13}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Yatay konum belirsizliği	$\pm 2,03$ km	USGS biçimsel belirsizliği
Derinlik belirsizliği	$\pm 1,75$ km	USGS · %90 güven düzeyi
İstasyon sayısı	119	USGS bildirimi
Azimut boşluğu	51° (ikincil 67°)	USGS bildirimi
En yakın istasyon	244,3 km	USGS bildirimi
Varış artığı (RMS)	0,86 s	USGS bildirimi
b değeri	$0,89 \pm 0,09$	Aki (1965), en büyük olabilirlik ^b
Kutu yayılımı (%95)	$100,7 \times 67,6$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu yayılımı (%95)	$52,7 \times 36,0$ km	uzun × kısa eksen · izleyen olay bulutu
Mekanizma (NP1)	88°/69°/–15°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

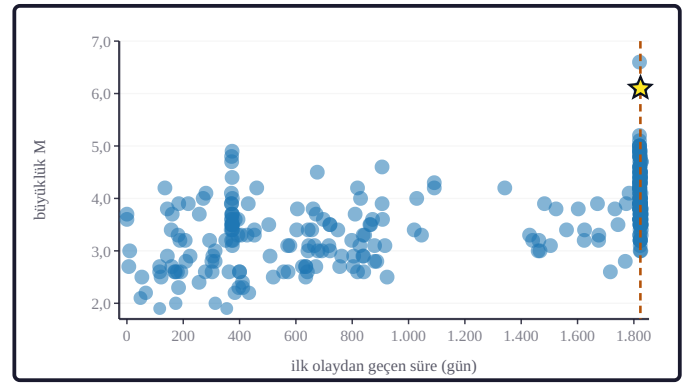
Not: a) Büyüklük türü Mw: moment tensörü çözümünden hesaplanan moment büyüklüğü. b) b değeri: çalışma olayı öncesi dönem; $M_c = 3,8$ (b-kararlılığı), $N(\geq M_c) = 139$.

TEKTONİK ÇERÇEVE

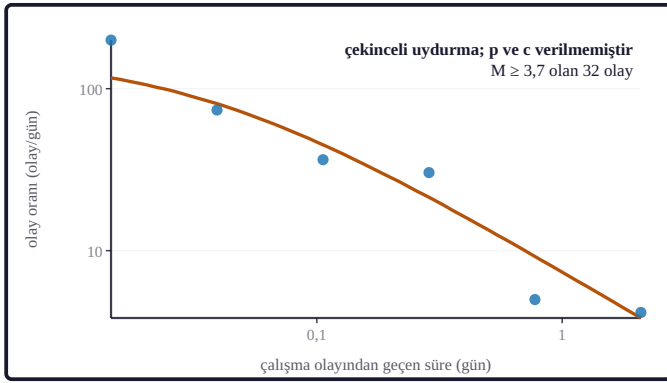
Çalışma alanı, Nazca levhasının kuzey sınırının güney Panama kıta kenarı içinden geçtiği kesimdedir: Panama Körfezi'nin güneyinde bu sınır (Güney Panama Fay Zonu) ağırlıklı olarak sol yönlü doğrultu atımlıdır; sınır, Azuero Yarımadası'nın güneyinde ve güneybatısında eğik dalma-batmaya dönüşür ve burada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



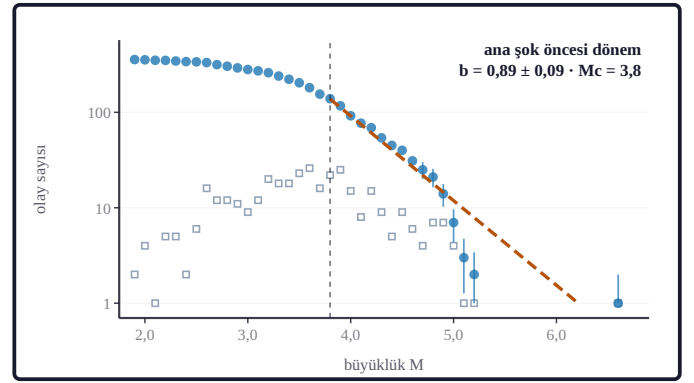
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranslar sıkışma kadranslarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 416 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay Mw 6,6 büyüklüğündedir (09.10.2026); çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 3,8$ üstünde 139 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçektir; turuncu kesikli düzey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).



Şekil 2c. Çekinceli kestirim: Omori–Utsu üsteli az sayıda olayla kestirilmiştir ($n = 32 < 50$); p ve c değerleri verilmemiştir. Olay oranı çalışma olayından geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olasılık uydurmasıdır ve değerleri çekinceli olduğundan şekilde verilmemiştir (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).



Şekil 2d. Çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 3,8$ (b -kararlılığı) üstündeki 139 olaydan $b = 0,89 \pm 0,09$ kestirilmiştir. Gutenberg–Richter büyüklük–frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayısı $N(\geq M)$, açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayıyı verir; kesikli turuncu doğru, benimsenen eğrinin üstünde $\log_{10}N = a - b \cdot M$ ile çizilen uyum doğrusudur; gri kesikli düzey çizgi tamlık büyüklüğü M_c 'dir; ince dikey çubuklar $N \leq 30$ olan aralıklarda $\sqrt{N}$ Poisson belirsizliğidir. Çizilen dağılım çalışma olayı öncesi döneme aittir (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

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

Reasenberg ve Jones (1989)

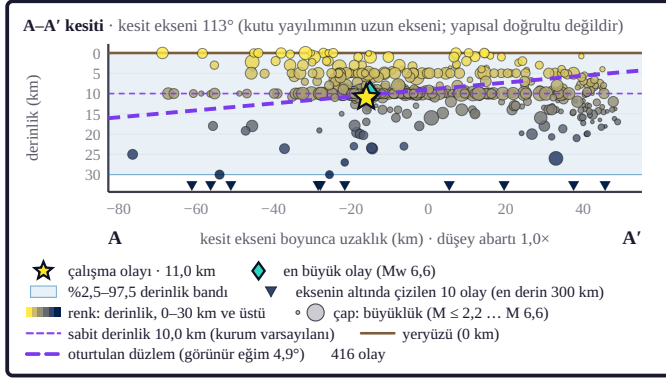
Şekil 2a–2d: Koyu kadranslar sıkışma, açık kadranslar genişleme kadranslarıdır; T eksen sıkışma kadransının, P eksen genişleme kadransının ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %60'tur. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımda iki düzlem dalga alanında özdeşdir; büyük 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: 416 olay, ilk–son olay arası 1.827 gün, en büyüğü $M 6,6$ (Şekil 2b). Ortalama büyüklük $M 3,60$, 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 eşiğinin 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. Omori üsteli p , sönümün istatistiksel tanımıdır; tek tek olayların zamanını ya da yeni bir büyük depremi öngörmez (Şekil 2c). Pencerenin tamlığı tekdüze olmadığından tamlık eşiği ve b değeri çalışma olayı öncesi dönemden kestirilmiştir; çalışma olayını izleyen kayıtlar bu örneklemin dışındadır (Şekil 2d).

Çalışma olayı öncesi dönemde benimsenen tamlık eşiğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %89,5 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği). En büyük olasılık kestiricisinin yanlılık oranı $N/(N - 1)$ olup (Ogata ve Yamashina, 1986) bu örnekleme eğimi %0,7 büyüttür.

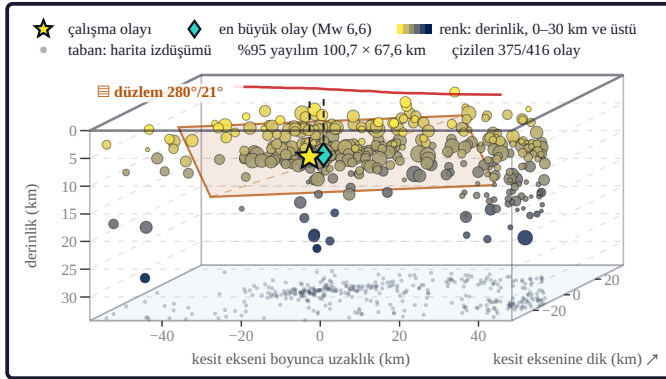
TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Bölgenin sismisitesi Panama yayının bir mikrolevha olarak ele alınabileceğini düşündürmüştü; kuzey–güney uzanımlı, 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

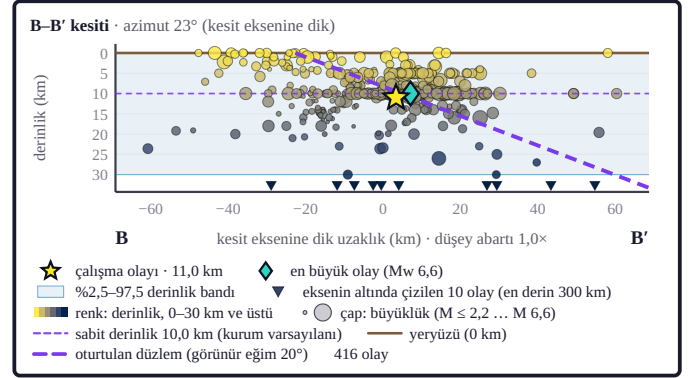


Şekil 3a. Olayların %95'i 0,0–30,0 km derinlik bandındadır; ortalama derinlik 10,0 km'dir. A–A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik 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 eksenine çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki bütün olaylar; derinlikler katalog hiposantrlarıdır; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).

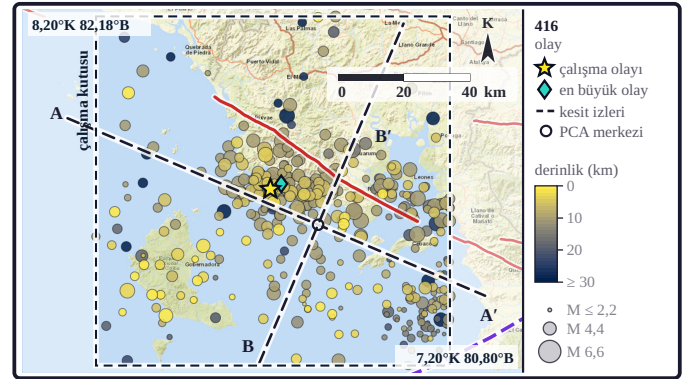


Şekil 3b. B–B' kesiti olayları kesit eksenine dik düşey düzleme izdüşürür. İmler, renk ölçeği ve iki eksenin ölçeği A–A' kesitiyle aynıdır; düşey abartı iki kesitte eşittir (izdüşüm: çalışma kutusundaki bütün olaylar; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).

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) 1,490, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,014'tür; bulutun uzama oranı kadrainkine belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,47) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrain geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3b). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. 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 ayrıştırılabilir. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 416 kayıtdan 303 tanesi 10 km ve daha sığ, 113 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 416 olaylı katalogun 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).

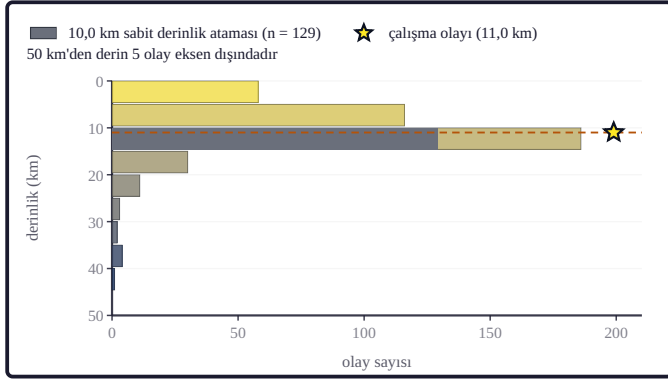
TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

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 11,0 km).

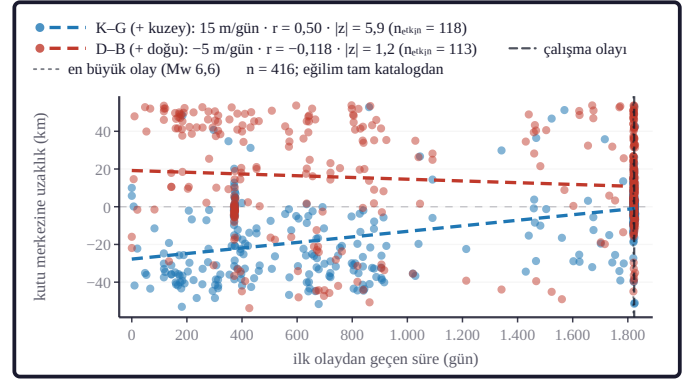
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 13.10.2021 – 16.10.2026 döneminde kaydedilmiş 416 olaydan oluşmaktadır. Sorgu penceresinin nominal sonu 10.01.2027 tarihidir ve pencere üretim anında henüz dolmamıştır; olay oranları üretim anına kadar geçen 1.828 güne (5,0 yıl) hesaplanmıştır. Kayıtların kurum dağılımı: EMSC 250, ISC 138, USGS 26, GFZ 2. Büyüklük türü dağılımı: türü belirtilmemiş 281, Mw 85, mb 34, 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 %33'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.

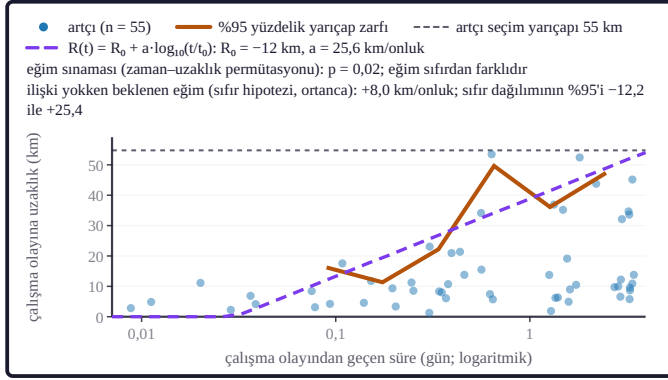
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



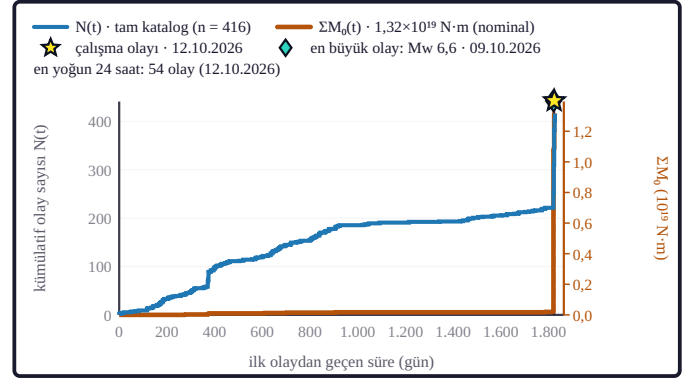
Şekil 4a. Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 416 olayın %73'ü ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (10,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sığ sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız 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 izleyen olayların çalışma olayına uzaklığını çalışma olayından geçen süreye karşı gösterir (yatay eksen logaritmiktir). Turuncu eğri logaritmik zaman kutularında hesaplanan %95 yüzdelik yarıçap zarfıdır. Kesikli yatay çizgi izleyen olayların seçildiği 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 sınavının 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 ölçüğü: Hanks ve Kanamori, 1979).

Şekil 4a–4d: Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4a). Derinliği bilinen 416 kayıdan 303 tanesi (%73) 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 eksende verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının, noktalı düşey çizgi pencerenin en büyük olayının anımı işaretler. İzleyen olay bulutunun yarıçap zarfı logaritmik zamanla genişlemektedir; zarfın eğimi sıfırdan anlamlı biçimde büyüktür (Şekil 4c). Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 4d). Gözlenen pencere boyunca (1.828 gün) ortalama etkinlik oranı 0,23 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 4'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.

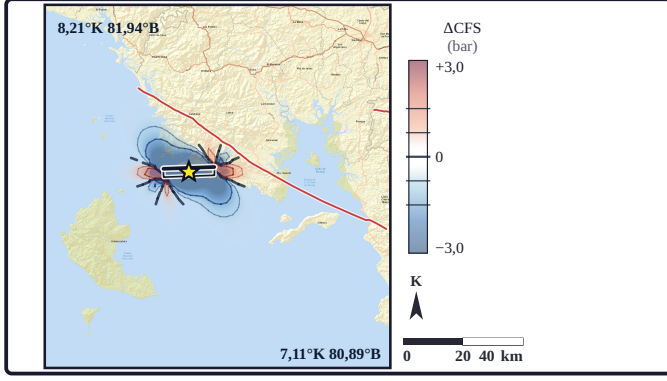
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Bu rapor, olaydan 3,4 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi bu süreyle sınırlıdır. Olay sonrası 3,4 günlük gözlem süresi dizi istatistiği için kısadır: izleyen olayların sayısı, sönüm parametreleri ve dizi sınıflaması gözlem süresi uzadıkça değişebilir.

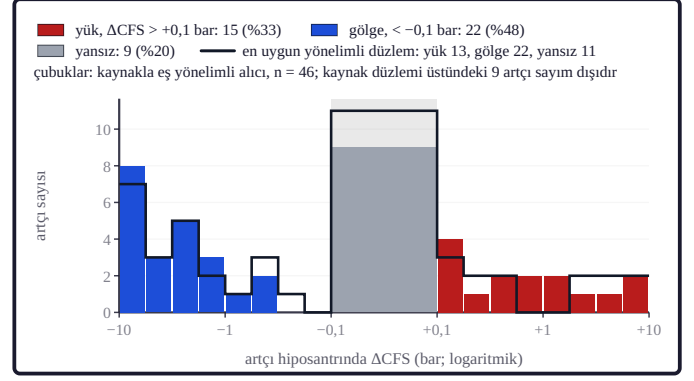
Katalog sorgusu 16.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

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 (17 olay); temsilci raporu büyüklüksüz olduğu için büyüklüğü boş kalan kayıtların büyüklüğü aynı olayın öbür kurum raporlarından alınmıştır (34 olay). Onarımlar pencereye 51 olay eklemiştir; bunların 5'i çalışma olayından 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) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 7 kayıt düşürülmüştür; çıkarılan 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; $M \geq 2,0$) aynı 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 425 kayıttan 9'u ayıklanmış ve çözümleme 416 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (USGS) kendi büyüklüğüdür: Mw 6,1 (moment büyüklüğü sınıfı).

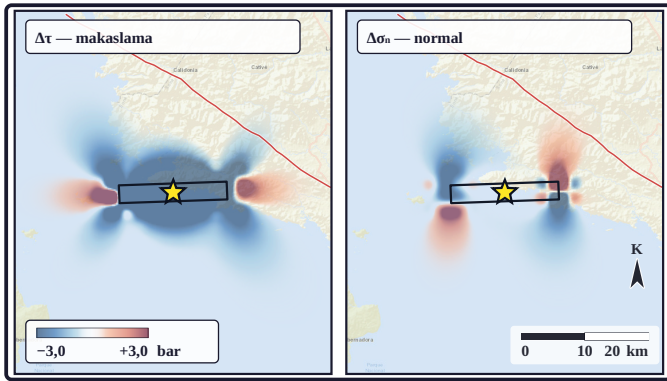
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



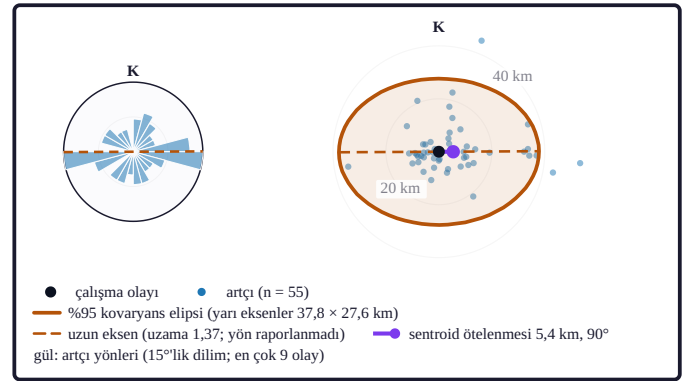
Şekil 5a. Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; $\pm 3,0$ bar). Yıldız dış merkezdir; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Kırmızı çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir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



Şekil 5b. Coulomb nokta sinaması, izleyen olayların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme düşüşünü, 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. Çalışma olayı merkezli düzlemde izleyen olay bulutu (mavi) ve %95 kovaryans elipsi (turuncu) gösterilmiştir. Turuncu kesikli doğru elipsin uzun eksenidir, mor ok izleyen olayların sentroidinin çalışma olayına göre ötelenmesidir; gri çemberler çalışma olayına uzaklığı kilometre cinsinden ölçekler. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri lejantadır; uzanım bu çalışmanın doğrultu ölçütünü karşılamadığından eksenin yönü raporlanmamış ve düşüm düzlemleriyle karşılaştırılmamıştır (telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).

Şekil 5a-5d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5a). Nokta sinamasının histogramı, izleyen olayları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5b). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5c). İzleyen olay bulutu belirgin bir uzama göstermemektedir; çalışma olayı izleyen olayların sentroidine yakın konumdadır (Şekil 5d). Elips ve sentroid ölçüleri izleyen olay bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Uzanım bu çalışmanın doğrultu ölçütünü karşılamadığından elipsin yönü raporlanmamış ve düşüm düzlemleriyle karşılaştırılmamıştır. Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

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 331 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamalar bu etiketle verilmiştir.

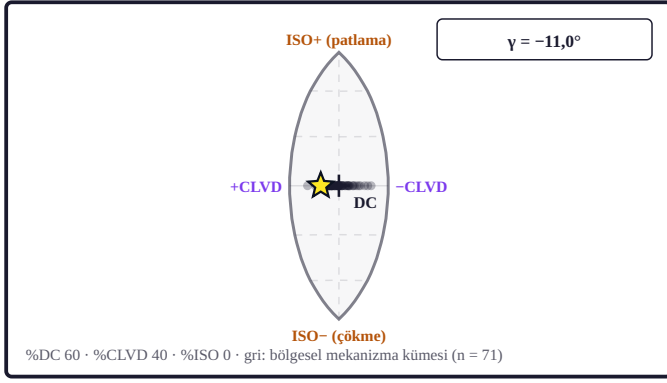
Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogta taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanmamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %31'inin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 10,0 km'dir (129/416); bu değer, derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %46'sını oluşturmaktadır (191/416); 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).

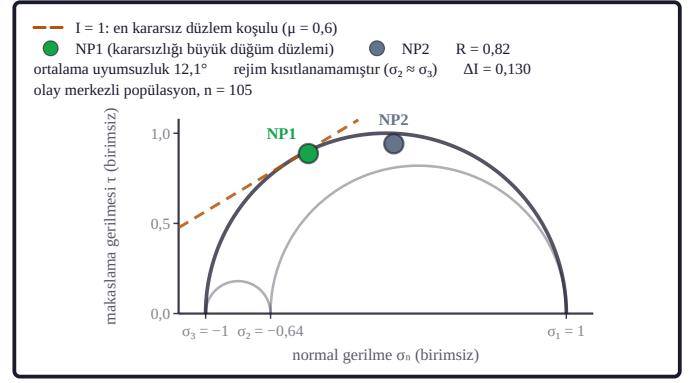
Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Pencere kataloğunun tamamında eşik b-kararlılığı ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 3,8$. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşik b-kararlılığı ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 3,8$. Uyum iyiliği ölçütü bu katalogta %90 hedefine hiçbir eşikte ulaşmamıştır (en yüksek değer %89,5; $M_c = 3,8$).

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

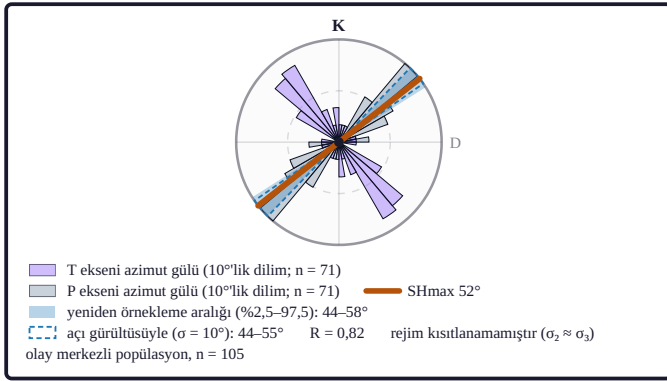
· ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



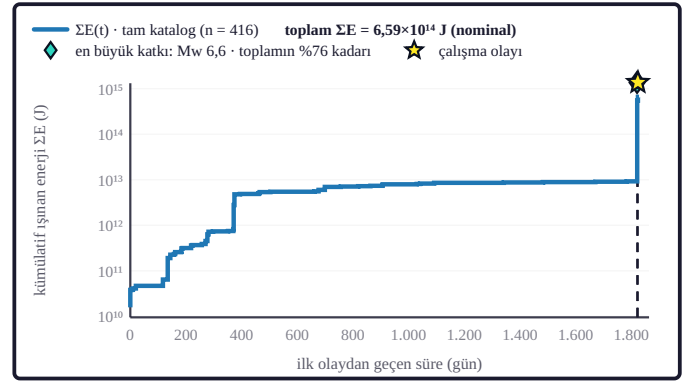
Şekil 6a. Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30^\circ, +30^\circ]$ ve $\delta \in [-90^\circ, +90^\circ]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30^\circ$ 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 makaslama 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 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).

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 ayrılmamaktadır; 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 varsayıma bağlıdır. Gül (bölgesel mekanizma kümesi) ile inversiyon (olay merkezli mekanizma popülasyonu) örtüşen mekanizma örneklemlerine dayandığından karşılaştırma bağımsız bir doğrulama değildir. Kümülatif ısınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 6d). Pencerede ısınan toplam enerji $6,59 \times 10^{14}$ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden).

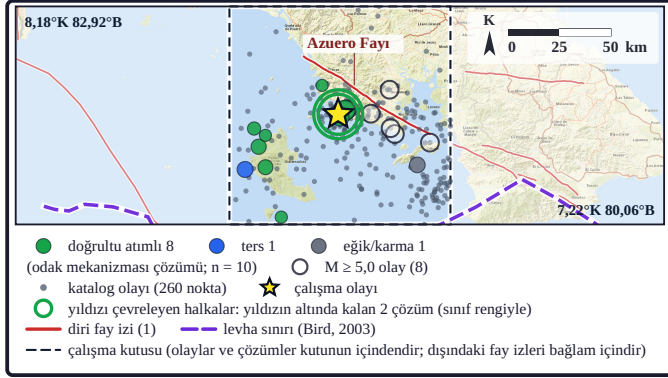
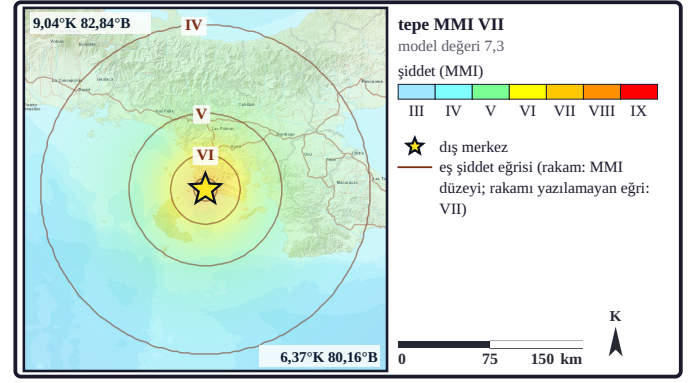
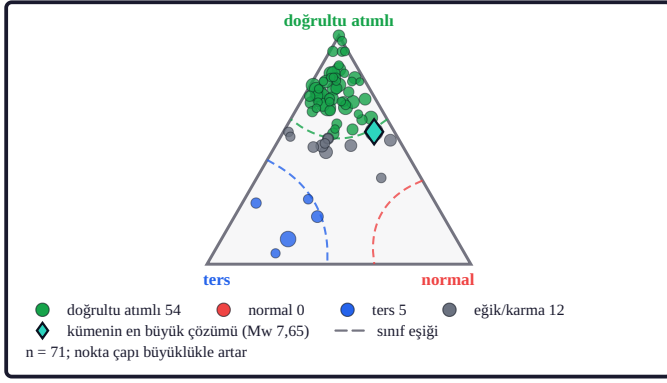
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

b-değeri bu eşğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c = \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,066; Aki, 1965: 0,075; yeniden örnekleme: 0,092) 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 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).

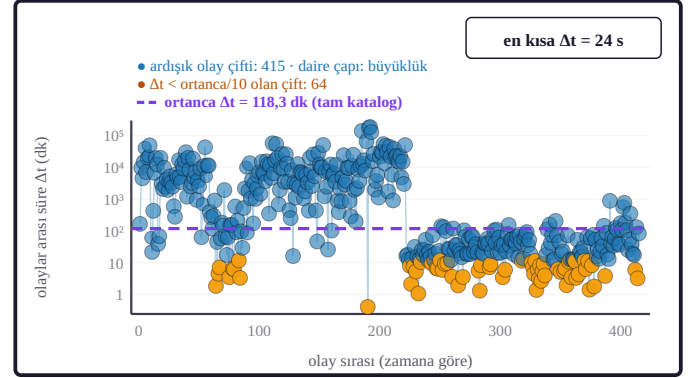
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

· YER HAREKETİ VE ETKİ · DİĞER ÇÖZÜMLEMELER



Şekil 7a–7d: Hiçbir eşığı 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). Kadrajda hız vektörü çizilecek GNSS istasyonu bulunmamaktadır. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 7d). Ortanca bekleme süresi 118,3 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değer in onda birinden kısa 64 aralık ölçülmüştür; bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (27,8) üstündedir (binom $P(X \geq 64) < 0,001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.

Şekil 7a–7d: Hiçbir eşığı 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). Kadrajda hız vektörü çizilecek GNSS istasyonu bulunmamaktadır. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 7d). Ortanca bekleme süresi 118,3 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değer in onda birinden kısa 64 aralık ölçülmüştür; bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (27,8) üstündedir (binom $P(X \geq 64) < 0,001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.



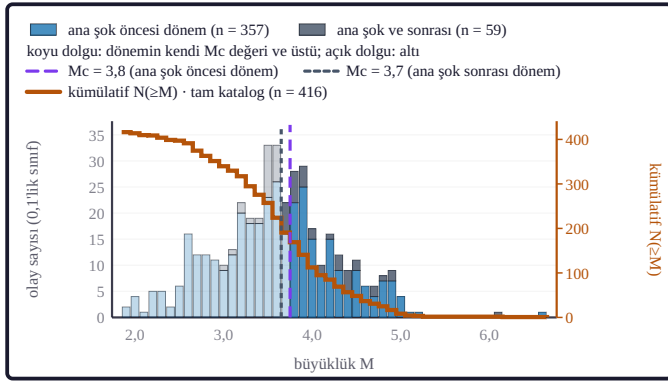
Şekil 7d: Düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, logaritmik). Mor çizgi ortalanca süredir; turuncu daireler ortalancanın onda birinden kısa aralıklardır. Daire çapı büyüklükle artar (seri: tekilleştirilmiş tam katalog).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 4 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme %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.

Çalışma olayının dizideki rolü öncül ölçütüyle belirlenmiştir: çalışma olayından önce kaydedilen ve büyüklüğü (bir ondalıkta) ondan küçük olmayan bir olay, çalışma olayı o olayın uzay–zaman penceresine düşüyorsa öncül sayılır. Pencere zamanda Gardner ve Knopoff (1974) zaman penceresidir; uzayda aynı çalışmanın uzay penceresi ile Wells ve Coppersmith (1994) yeraltı kırık boyu bağıntısından hesaplanan kırık boyunun 1,5 katından büyük olanıdır.

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



Şekil 8a. Tamlik büyüklüğü (çalışma olayı öncesi dönem) $M_c = 3,8$ olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %89,5 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı Mw 6,6 büyüklüğündedir. Mavi çubuklar çalışma olayı öncesi dönemin, gri çubuklar çalışma olayı ve sonrasında olay sayısıdır (sınıf genişliği 0,1; sol eksen). Kesikli dikey çizgiler iki dönemin tamlik büyüklükleridir; her dönemde eşğin altındaki sınıflar açık dolguludur. Turuncu eğri tam kataloğun kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen) (tam katalog, $n = 416$).

Şekil 8a ve 8b: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınırlar (Şekil 8a). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogta yer almamıştır. Tüm büyüklük–frekans istatistikleri yalnız M_c üstü örneklemle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürdü. Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadrage içinde nasıl olduğu gösterilmektedir (416 olay; ilk–son olay arası 1.827 gün; Şekil 8b). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyon ayırımına gidilmemiştir. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 6'da verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

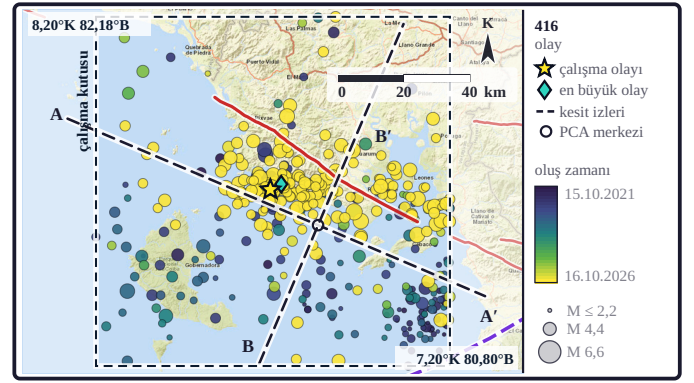
Öncül ile çalışma olayı arasındaki süre 30 günü aşmıyorsa öncül süren dizinin parçası sayılır; bu durumda dizi sınıflaması uygulanmaz ve moment payı, izleyen olay sayım dairesinde çemberin içindeki en erken öncülün zamanından başlayan kayıtlarla kurulur; aktif öncüllerden biri çemberin dışında kaldığında bu pay sayım çemberindeki moment payı adıyla verilir ve süren dizinin payı en büyük öncülün kendi penceresinde ayrıca hesaplanır. Süre eşiği ve kırk boyu katsayısı literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir.

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 kadrage eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan $7,70^\circ\text{K}$ 'dir ve harita ölçeği iki eksenle eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok $\pm 0,1^\circ$ 'dir. Altlık 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, $7,6896^\circ\text{K}$, $81,4896^\circ\text{B}$ koordinatlarında (USGS çözümü, sürüm 87), odak derinliği 11,0 km (dalga biçimi modellemesiyle belirlenmiş) olan Mw 6,1 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir.



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).

Katalog, kesit, pencere ve uzaklık çözümlemeleri katalogdaki benimsenen kökene göre yapılmıştır; bu köken künyedeki dış merkezden 1,8 km uzaktadır; şiddet ve Coulomb gerilme modellerinin merkezi ve hesap derinliği de bu kökendir, hesap derinliği künyedeki odak derinliğinden farklıdır. Pencere katalogunda, $M \geq 3,0$ 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; künyedeki odak derinliği (11,0 km) ile birlikte iki değer de sığ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 18,4 km · GSRAS; derinlik 10,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı EMSC, USGS, INGV ve GSRAS çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr USGS çözümüdür. Moment ölçeğinde tek kurum kaydı bulunmaktadır (USGS Mw 6,1); GCMT moment büyüklüğü Mw 6,13 olarak verilmektedir. Aktarılmış çözüm (EMSC Mw 6,1; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümleri (INGV Mw 6,2; GSRAS Mw 5,9) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış kalite ölçüleri şunlardır: varış artığı RMS = 0,86 s, azimut boşluğu 51° , istasyon/faz sayısı 119, en yakın istasyon 244 km (çözüm durumu: doğrulanmış). Çözümün %90 güven elipsinin yarı eksenleri $9,79 \times 2,64$ km'dir (büyük eksen azimutu 178°); derinlik belirsizliği %90 güven düzeyinde $\pm 1,75$ km'dir. Kurumun ayrıca verdiği 2,03 km'lik yatay belirsizliğin güven düzeyi belirtilmemiştir. En yakın istasyon 100 km'den uzak olduğundan yerel ağ eşikleri bu çözüme uygulanmamış ve kalite notu verilmemiştir.

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 ısıran 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 ısıran 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°/69°/-15° (NP1) ve 184°/76°/-158° (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). Olayın [%CLVD] değeri bölgesel mekanizma kümesindeki 71 çözümün %89 yüzdeliğinde olup dağılımın üst çeyreğindedir, ancak bu çalışmanın belirginlik eşiğinin (%90 yüzdelik) altında kalmaktadır (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 $\pm 1,2^\circ$; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1979–2026; n = 105; ortalama uyumsuzluk 12,1°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 52° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 44–58°) 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) eşikleriyle (B dalımı > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° 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 nitelenmesi 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 sınıftan 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 doğrulaması değildir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 105) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle 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 100,7 × 67,6 km boyutundadır (uzun × 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). İzleyen olay kümesinin yatay boyutu 52,7 × 36,0 km olarak ölçülmüştür. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bulut ölçüleri çalışma olayının kendi artçılarına özgülenemez ve bu çekinceyle okunmalıdır. İzleyen olay bulutunun kovaryans elipsinin uzama oranı 1,37'dir (yarı eksenler 37,8 ve 27,6 km, n = 55); uzanım bu çalışmanın doğrultu ölçütünü karşılamadığından elipsin yönü raporlanmamış ve düğüm düzlemleriyle karşılaştırılmamıştır; ölçü, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci-moment ölçütünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekilidir. Çalışma olayı ile izleyen olayların sentroidi arasındaki ötelenme 5,4 km olarak ölçülmüştür (oran 0,14; azimut 90°); izleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükmüne bağlanmamıştır.

İzleyen olay bulutuna ana bileşen çözümlemesiyle (PCA) (Shearer vd., 2003) oturtulan düzlem 280°/21° (doğrultu/eğim) geometrisindedir; Westin düzlemsellik ölçüsü cp = 0,75 (cl = 0,10, cs = 0,14), düzleme karekök ortalama uzaklık 4,82 km, ortalama mutlak uzaklık 3,16 km (n = 17; sabit derinlikli 38 kayıt dışlanmıştır). Düzlem çekinceyle raporlanmıştır; düğüm düzlemi seçiminde kanıt olarak kullanılmamıştır. Aynı düzlem, bulut ağırlık merkezine 13,3 km uzaklıktaki haritalı diri fay izinin bu noktadaki 132,7° yerel doğrultusuyla 32,9° fark göstermektedir; kuvımlı izde yerel doğrultu ölçüm noktasına göre değişir ve düğüm düzlemi kıyasında kullanılan doğrultu izin dış merkeze en yakın noktasından okunduğundan bu değerden ayrışabilir. 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 eşiğin altındadır; iki düğüm düzlemi bu gerilme alanında benzer ölçüde elverişlidir ve ayırım yapılmamıştır. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (4 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 101) I(NP1) = 0,991 ve I(NP2) = 0,855 bulunmuştur; düzlem sıralaması değişmemiştir; fark iki çözümde de eşiğin altında kaldığından bu ölçüt iki düzlemi ayırt etmemektedir. Bu çalışmanın ölçütlerini karşılayan kanıtların hiçbirini iki düğüm düzleminin birini öne çıkarmadığından hangi düzlemin kırıldığı bu veriyle ayırt edilememiştir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 3,4 günlük dönemde, 55 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 55 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 4,9 büyüklüğündedir. Çalışma olayı, kendisinden önce kaydedilen ve kendisinden büyük iki depremin uzay–zaman penceresi içindedir: 09.10.2026 tarihli Mw 7,7 (çalışma olayından 3,2 gün önce, dış merkezine 89 km uzaklıkta; 55 km yarıçaplı izleyen olay sayım alanının dışında) ve 09.10.2026 tarihli Mw 6,6 (çalışma olayından 3,1 gün önce, dış merkezine 3,7 km uzaklıkta). Aradaki süreler bu çalışmanın süren dizi ölçütünü (30 gün) aşmadığından bu depremler süren dizinin öncülleri sayılmıştır; çalışma olayı bu dizinin en büyük olayı değildir. Dizi sınıflaması yalnız çalışma olayını ve onu izleyen kayıtları kapsadığından ve öncülleri saymadığından bu raporda uygulanmamıştır. Sayım çemberindeki moment payı, 55 km yarıçaplı izleyen olay sayım dairesinde çemberin içindeki en erken öncülün (09.10.2026 tarihli Mw 6,6) zamanından olay sonrası gözlemin sonuna kadar kaydedilen olayların toplam sismik momentıyla kurulmuştur (çalışma olayından önce 126, sonra 55 kayıt; öbür kayıtların momenti katalog büyüklüğünden, moment büyüklüğü sayılarak); çalışma olayı bu toplamın %16 kadarını taşımaktadır. Mw 7,7 depremi bu dairenin dışında kaldığından momenti toplama girmemiştir; bu nedenle değer süren dizinin moment payı değildir. Süren dizinin payı, Mw 7,7 depreminin kendi uzay–zaman penceresinde (190 km yarıçaplı) aynı zaman aralığında kaydedilen olaylarla kurulduğunda en çok %0,5 kadardır; pencere çalışma kutusunun dışına taştığından paydada eksik kalan moment bu payı yalnız büyütebileceğinden değer bir üst sınırdır. Olay sonrası gözlem penceresi henüz dolmamıştır; bu nedenle paylar, şimdiye kadarki gözlemi yansıtan ara değerlerdir. Yalnız çalışma olayı ve onu izleyen kayıtlar sayıldığında pay %92 olur; bu değer öncülleri dışında bıraktığından moment payı olarak kullanılmamıştır. İzleyen olayların (M ≥ 3,7) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (13–34 dakika) günde 200 olaydan (%95 güven aralığı 41–590) son ölçüm aralığında (1,3–3,4 gün) günde 4 olaya (%95 güven aralığı 1,8–7,9) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 48 katıdır (%95 güven aralığı 8,3–200) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ölçüm yalnız çalışma olayından sonraki ilk 3,4 günü kapsadığından oranlar şimdiye kadarki gözlemi betimler. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur (n = 32 olay, 3,4 günlük pencere); p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Değerlerin verilmemesinin gerekçesi şudur: en büyük olabilirlik kestirimi için artçı sayısının yetersizliği (n = 32 < 50). Sönüm bu nedenle yalnız yukarıda verilen gözlenen günlük oranlarla betimlenmiştir. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 1,2$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,1 ve M 4,9); Bâth yasası (Bâth, 1965) bir dizinin en büyük olayı ile en büyük artçısı arasındaki farkı tanımladığından ve çalışma olayının öncülleri bulunduğundan bu fark yasayla karşılaştırılmamıştır.

Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 5,3$ 'tür (kestirimde kullanılan $b = 0,92$; 55 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 3,7$ olan 32 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b , yalnız izleyen olay alt kümesinden kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümündeki katalog b -değerinden farklı bir popülasyona aittir. Reasenber–Jones dizi modeli çalışma olayını dizinin baş olayı olarak aldığından ve çalışma olayı bu çalışmanın ölçütüyle dizinin en büyük olayı olmadığından modelin olasılıkları bu raporda verilmemiştir. Etkinlik zonunun mekânsal evrimi $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ biçiminde modellenmiş (Tajima ve Kanamori, 1985); $R_0 = -12$ km, $a = 25,6$ km/onluk ($n = 55$) bulunmuştur. R_0 sıfırın altındadır: kesişim, doğrunun $t_0 = 0,01$ güne geri uzatılmasından gelir ve fiziksel bir başlangıç yarıçapı değildir; model yalnız gözlenen zaman aralığında betimleyicidir. Ölçülebilir log-zaman genişlemesi vardır (zaman–uzaklık permütasyonu $p = 0,02$; eğimin %95 yeniden örneklem aralığı 11,3–32,4 km/onluk); literatürde afterslip cephesi ya da gözenek-basıncı difüzyonuyla ilişkilendirilir. Seçim yarıçapı sabit (55 km) olduğundan ve dizi oranı zamanla azalırken aynı alandaki arka plan etkinliği sabit kaldığından uzak olayların payı zamanla büyür; zarfın genişlemesinin bir bölümü bu seçim etkisinden kaynaklanabilir ve genişleme fiziksel bir cephe olarak yorumlanmamıştır. $R(t)$ modeli izleyen olay bulutunun istatistiksel sınır evrimini betimler; kırılgan fiziksel ilerlemesinin doğrudan ölçümü değildir.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

ΔCFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki dikdörtgen dislokasyon çözümüyle (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı $\mu' = 0,40$ ile 10,0 km derinlikte ve 58×61 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, katalog kökeni merkezli dikdörtgenden 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 izleyen olayın kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 46 izleyen olayın 15 tanesi (%33) $+0,1$ bar üzerindeki yükleme alanında, 22 tanesi (%48) $-0,1$ bar altındaki gölge alanında, 9 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 9 izleyen olay bu sayımın dışında tutulmuştur. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden sinamanın sayımları çalışma olayının kendi artçılarına özgülenez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Yansız bant eşiği $0,1$ bar olarak alınmıştır. Bu eşik 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, izleyen olayların 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); izleyen olay payı ile boş model payı arasındaki fark 11,6 yüzde puamdır (%95 güven aralığı $-1,3$ ile $26,7$ arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfır içerdiğinden izleyen olay yerleşimi bu ölçüyle boş modelden ayırt edilememektedir. Sinama çekinceyle verilmiştir: 46 izleyen olaydan 14'ü serbest derinliklidir; öteki 32 izleyen olay kurum varsayılanı (sabit) derinlikte olduğundan bu olaylarda sinamanın derinlik girdisi ölçüm değildir. Yalnız serbest derinlikli izleyen olaylarla sayım 3 yükleme, 8 gölge ve 3 yansız bant biçimindedir. İzleyen olay konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; işletimsel bir konum senaryosunda (yatay 2 km, derinlik 3 km standart sapma) izleyen olayların %76 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 göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve merteye betimlemesi olarak okunmalıdır.

En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SH_{max} 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 ($SH_{max} 45^\circ$; şekil oranı $0,5$; 100 bar) sayım 13 yükleme, 22 gölge ve 11 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 27 yükleme, 9 gölge ve 10 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 14). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (4 çözüm) dışlanarak ($n = 101$) elde edilen alandan ($SH_{max} = 52^\circ$, şekil oranı $0,83$) ayırt edilememektedir (45° doğrultusu olay merkezli inversiyonun açılı gürlütlü yeniden örneklem aralığı olan 44 – 55° içindedir); birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sinanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 15 yükleme, 22 gölge ve 9 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 2). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Sonlu kaynak dikdörtgeni $88^\circ/69^\circ/-15^\circ$ geometrisinde kurulmuştur — NP1: yakındaki diri fay izinin (dış merkeze en yakın noktasındaki yerel) doğrultusu iki düğüm düzleminden 37° ve 59° ayrıldığından düzlemleri ayırt etmemekte, NP1 varsayılan olarak alınmaktadır. 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 geniliktir: ızgaranın yalnız %20 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan $0,1$ bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası $-0,012$ bar, %5–95 aralığı $-0,44$ ile $0,12$ bar arası, %1–99 aralığı $-5,1$ ile $0,46$ bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında ıraksadığından 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, olay öncesi dönem için, $M_c = 3,8$ tamlık eşliğinin üzerinde $b = 0,89 \pm 0,09$ kestirilmiştir (eşik üstü $N = 139$; toplam 357 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri $5,51$, yıl ve km^2 başına normalleştirilmiş değeri $a' = 0,75$ olarak hesaplanmıştır ($5,0$ yıl, 11.400 km^2). Katalog büyüklükleri karışık ölçeklerdedir (kayıtların %20'si moment büyüklüğü ölçeğinde, kalanı başka ölçeklerde); b 'nin standart sapması yalnız örneklem belirsizliğini taşıdığından b , $b = 1$ referansıya ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sinamasına sokulmamıştır. Olay sonrası dönemin b değeri, çalışma kutusundaki kayıtlardan ve kendi tamlık eşiğiyle ayrıca kestirilmiştir: $M_c = 3,7$ üzerinde $b = 0,91 \pm 0,15$ ($N = 35$); örneklem küçük olduğundan bu değer çekinceyle verilmiştir. Tamlık eşiği ve b , büyüklük örneklemine 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı M_c için $3,8$ – $4,1$, b için $0,80$ – $0,96$ olarak bulunmuştur. Çalışma penceresinin en büyük olayı çalışma olayı değil, 09.10.2026 tarihli Mw 6,6 depremdir (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 $M 7,7$ depremdir. 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 $M 5,4$ depremdir (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 yenelenme aralığı $T = 11$ yıldır (%95 güven aralığı $6,0$ – 20 yıl; kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 6,1$ için tam varsayılmıştır; varsayım sinanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlış olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 3,4 günlük dönemde 55 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde ($M \geq 3,8$) 26 olay kaydedilmiştir; bu sayı 7,6 olay/gün oramına 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 550'dir (%95 güven aralığı 310–1.000); 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. Olay sonrası sayım öncüllerin sürmekte olan etkinliğini de içerdiğinden oran katı, çalışma olayının kendi dizisini bu etkinliktan ayırmaz. Olay sonrası gözlem penceresi henüz dolmadığından oran katı yalnız ilk 3,4 günü kapsayan bir ara değerdir. Arka plan döneminin b değeri, çalışma kutusunun tamamında ve pencereyle aynı tamlık eşiğinde ($M_c = 3,8$) kestirilmiştir: $b = 1,43 \pm 0,23$ ($N = 44$; belirsizlik kestiricisi: Shi ve Bolt, 1982). Kıyasın hükmü yuvarlamaya duyarlı olduğundan iki dönemin değerleri aynı sayıda ondalıklı verilmiştir; pencere değeri bu duyarlılıkla $0,87 \pm 0,08$ biçimindedir. Fark $|\Delta b| = 0,56$, birleşik belirsizlik 0,24 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını aşmaktadır. Büyüklük türü dağılımı iki dönemde aynı değildir: pencerede kayıtların %68 kadarının büyüklük türü belirtilmemiştir, arka plan döneminde en sık tür ML (kayıtların %46 kadarı). 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 42 olay) arasında 38,1 km yer değiştirmiştir (azimut 318°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.678,3 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 343° 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 bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sınanmıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = 0,50$, $n_{\text{etkin}} = 118$ ile $|z| = 5,9$; doğu–batı bileşeninde $r = -0,118$, $n_{\text{etkin}} = 113$ ile $|z| = 1,2$. 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 bölütlenmiştir. 416 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; 2,8 gün, 9,0 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momentü $1,32 \times 10^{19}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki 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 414 olay %9 kadarını taşımaktadır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

12.10.2026 tarihli Río Grande (Panama) depremi (Mw 6,1; odak derinliği 11,0 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. Çalışma olayı, Mw 7,7 (3,2 gün önce, 89 km uzakta) ve Mw 6,6 (3,1 gün önce, 3,7 km uzakta) depremlerinin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde $M_c = 3,8$ tamlık eşiğinin üzerinde $b = 0,89 \pm 0,09$ vermiştir ($N = 139$); üstel yasa uyum iyiliği %90 hedefinin altındadır (en yüksek %89,5). Bu değerlendirme mevcut katalog ve model varsayımlarıyla sınırlıdır ve deprem tahmini içermez; deprem tehlikesi iletişiminde 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 çözümler şunlardır: topluluk şiddeti karşılaştırması, kullanılan kaynaktan (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 alınamadığından kurulamamış; konum kalite notu, künyedeki çözümün en yakın istasyonu 100 km'den uzakta bulunduğundan (yerel ağ eşikleri uygulanmamıştır) 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 çözümleri ve bağımsız konum sınaması, üretim anında en yakın istasyonların üç bileşenli kayıtları veri merkezinden alınamadığından kurulamamıştır. Birleşik katalogda hiçbir kurum raporunda büyüklüğü bulunmayan 57 kayıt (hiçbiri çalışma olayından sonra değil) büyüklüğe dayanan çözümlere girememiştir. Birleşik katalog dış kataloglarla olay düzeyinde karşılaştırılmamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. İzleyen olay sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlerinin 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 ekte raporlanmayan çözümler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşiğe yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümler şunlardır: hiposantr bulutuna düzlem oturtma, statik Coulomb gerilme değişimi, Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenber–Jones artçı dizisi oranı, 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 çözümlerinin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 13.10.2021 – 16.10.2026 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 416 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	16.10.2026 09:48

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği us6000u1wn); arşiv günkü çözüm; olay künyesindeki değerler kurumun sonraki çözümünden (sürüm 87). 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 ağı 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 satırın derinliği o çözümde sabitlenmiştir. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklıdır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 16.10.2026 09:54 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

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

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	100,7 × 67,6 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 416)
İzleyen olay bulutu (uzun × kısa)	52,7 × 36,0 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · izleyen olay bulutu (n = 55)
Derinlik bandı	0,0–30,0 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay 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)	280° / 21°	doğrultu/eğim · izleyen olay bulutu · n = 17 · sabit derinlikli 38 olay dışlandı
Westin düzlemsellik cp	0,75	cl 0,10 · cs 0,14 (Σ≈1, yuvarlama)
Düzleme uzaklık (rms)	4,82 km	karekök ortalama · izleyen olay bulutu · n = 17 · sabit derinlikli 38 olay dışlandı
Düzleme uzaklık (ort. mutlak)	3,16 km	ortalama mutlak uzaklık · aynı bulut
Haritalı faydan sapma	33°	en yakın haritalı fay

Tablo 4. 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	416	499
Oran (olay/gün)	0,23	0,27
Mc (dönemin kendi eşiği)	3,8	2,9
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 3,8)	169	44
b ± σ _b (ortak Mc = 3,8)	0,87 ± 0,08	1,43 ± 0,23
Derinlik ortancası (km)	10,0	10,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	123 (%30)	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. Pencere sütunu pencerenin tamamını (olay sonrası dönem dâhil) kapsar.

Tablo 5. Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve izleyen olay sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	88°/69°/–15°	GCMT odak mekanizması · NP1 varsayılan; yakındaki diri fay izi düzlemleri ayırt etmiyor (doğrultu farkları 37° ve 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 ū	0,49 m	M ₀ = μ·L·W·ū denkleğinden; rijitlik μ = 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	58 × 61	116 × 122 km
Ortanca ΔCFS	–0,012 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca ΔCFS	0,033 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genişliği
%5–%95 aralığı	–0,44 ile 0,12 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	–5,1 ile 0,46 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
ΔCFS > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%20	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 izleyen olay	55	nokta hesabı · 9 olay kaynak üstünde (sayım dışı)

devamı izleyen sayfada

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5 (devam). Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve izleyen olay sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	15 / 22 / 9	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 46 · yük %33, gölge %48
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	13 / 22 / 11	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 46 · yük %28, gölge %48
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 45° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	doğrultu atımlı rejim; SHmax yönü çalışma olayının mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	27 / 9 / 10	duyarlılık · 14 izleyen olayın sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	15 / 22 / 9	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 izleyen olayın sınıfı değişir; birincil alan çalışma olayının 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 izleyen olaylar	3 / 8 / 3	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 14 · yük %21, gölge %57

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. $\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \cdot \Delta \sigma_n$. Değerler tek dikdörtgen kaynak varsayımına dayanır; çok segmentli kırılmalarda uç bölgelerin deseni basitleşir. İzleyen olay sınaması nokta hesabıdır: ΔCFS her izleyen olayın kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant $|\Delta CFS| < 0,1$ bar; kaynak dikdörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

Tablo 6. 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: Aktarılmış çözüm (EMSC Mw 6,1; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Farklı ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve tek bir yayılım sayısında toplanmamıştır: 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	416	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	10,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 416)
Ortanca derinlik (serbest)	10,1 km	0/5/10/33 km atamaları dışlandı · n = 225 (191 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	1,0–20,8 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	186 olay · 5 km'lik aralık
Sabit derinlik yığılı	10,0 km · %31	129/416 olay
Varsayılan sabit derinlikler	191 olay	0/5/10/33 km · n = 416

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.

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlmeler.

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 (çalışma olayından önce, çalışma olayı, çalışma olayından 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; ağız 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 dizinin en büyük olayı bilindikten sonra tanımlanabilir (öncü etkinliğinin özellikleri için Jones ve Molnar, 1979); arka plandan ayrılmayan etkinliğin öncü dizisi sayılmaması bu çalışmanın ölçütüdür. Bu olayda: etkinliğin arka plandan ayrışması doğrulanmadı (negatif binom $p < 0,001$; ampirik sıra muhafızı $p = 0,050 \geq 0,05$; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzyif)	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 veriyeye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzyif modellerin bu veriyeye 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 örneklem 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 $\pm 68,2^\circ$; $n = 55$; 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 bulunamıştır). Örnekleme ya da belirsizliği sınırdan kalan çözümlmeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A4. Çekince düşülen çözümlmeler.

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 varsayılını (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: bulutta yetersiz olay ($n = 17 < 50$).
Statik Coulomb gerilme değişimi (ΔCFS)	ΔCFS için yansız bant eşiği 0,1 bar alınmıştır. Bu eşiğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetiklemeyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Kırık boyu konum hatasının altındayken alan dış merkez belirsizliğiyle örtülür. Artçı sinaması her artçının kendi hiposantrında yapılmadığında ya da artçıların çoğu kurum varsayılını derinlikteyken sonuç çekinceyle raporlanır (işletimsel ölçüt). Bu olayda: artçıların çoğunun kurum varsayılını (sabit) derinlikte olması (serbest derinlikli 14/46) — bu olaylarda sinamanın 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 ($n = 32 < 50$).
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 değerlendirmesidir. Bu olayda: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p , c) çekinceyle raporlanması.
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 göreceli belirsizlik $\leq 0,15$, çekinceli raporlama için $N \geq 30$ ve göreceli belirsizlik $\leq 0,25$ aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Çalışma olayını izleyen ilk saatlerde küçük olaylar kataloga eksik girdiğinden tamlık eşiği zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşiği benimsenen eşiği aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: çalışma kutusunda olay sonrası dönemin kendi tamlık eşiği (Mc 3,7) üstündeki örneklem küçüklüğü ($N = 35 < 50$; göreceli belirsizlik 0,17).

Not: Bu çözümlmelerin 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 hücresinde.

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 425 kayıttan çıkarılan 9 (çapraz-kaynak kopyası 7, uzak ağ kopyası 1, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 1); tekilleştirilmiş katalogda kalan 416 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 ölçeklenmiştir (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).

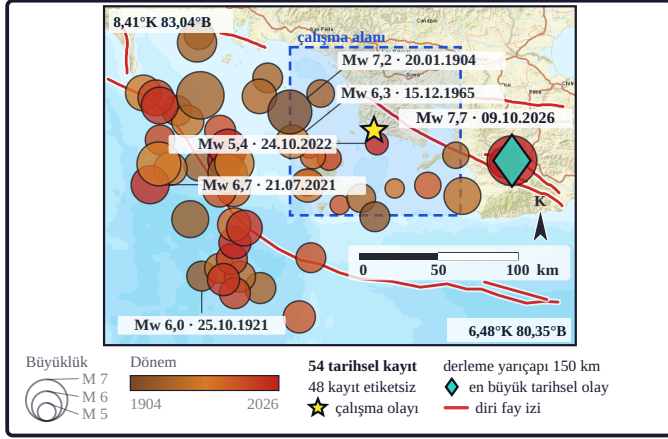
Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 71 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ± 60 km genişletilmiş).

#	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

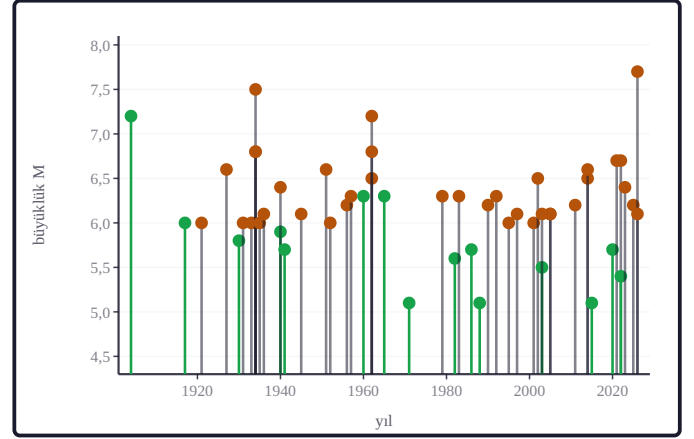
Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflandırır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbirli sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). 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).

EK B — TARİHSEL BAĞLAM: ÇALIŞMA ALANI ÇEVRESİNDEKİ GEÇMİŞ BÜYÜK DEPREMLER

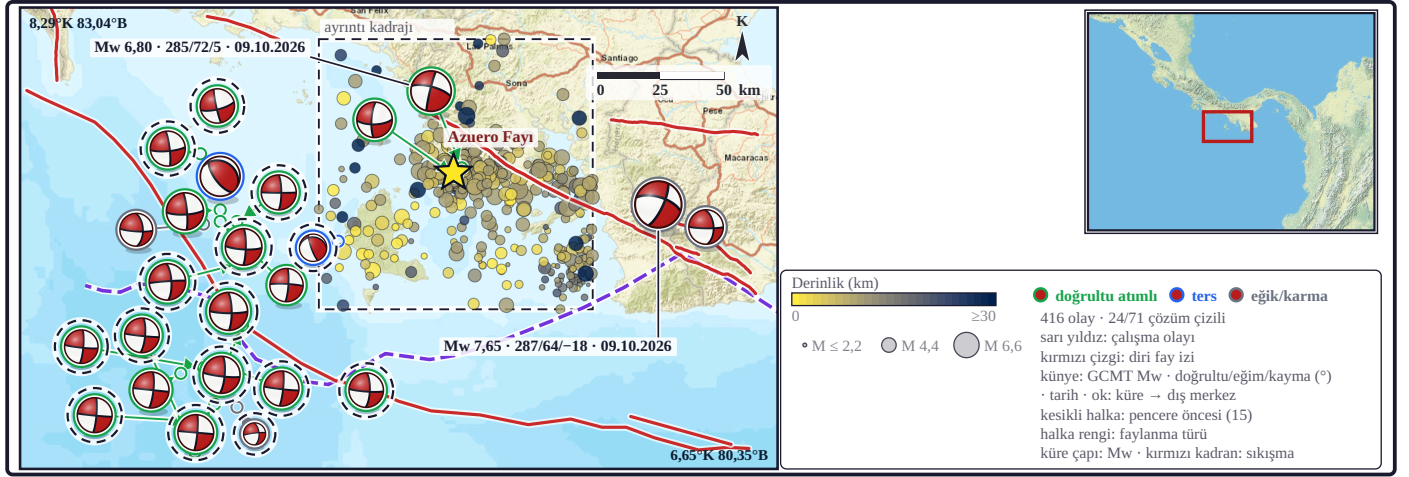
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 9a ve 9b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 9c'de verilmiştir. Tarihsel eşik üstü depremler Tablo B1'de verilmiştir.



Şekil 9a. Çalışma alanından önceki eşik üstü kayıtlarda daire çapı büyüklüğü, dolgu rengi oluş dönemi gösterir. Turkuaz elmas derlemenin en büyük kaydı, sarı yıldız çalışma olayıdır. Kayıt eşiği yakın kuşakta $M \geq 5$, bölge kuşağında $M \geq 6$ olarak alınmıştır. Mavi kesikli dikdörtgen çalışma alanıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; derleme yarıçapı 150 km, yakın kuşak 60 km).



Şekil 9b. Tarihsel eşik üstü depremlerin büyüklükleri yıllara göre çizilmiştir; yeşil yakın kuşak, turuncu bölge kuşağıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; büyüklükler, varsa ISC-GEM Mw: International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018).



Şekil 9c. Bölgesel odak mekanizması çerçevesi: harita, çevrede yayımlanmış çözümlerin Mw sırasıyla en büyüklüklerini gösterir; ötelenen küreler okla konumlarına bağlıdır. Küreler alt yarıküre izdüşümünde odak mekanizmalarıdır (kırmızı kadran sıkışma). Mw sırasıyla en büyük 2 çözüm künyelidir (öbür 22 küre künyesizdir); künye çözümün moment büyüklüğünü (GCMT Mw), bir düğüm düzleminin doğrultu, eğim ve kayma açısını ve tarihini verir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrajıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [n = 71]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 105]; faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0).

Tablo B1. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

Tarih	Mw	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E ₀
09.10.2026♦†	7,7	6	89	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama	×250
18.07.1934	7,5	30	112	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama güneyi	×130
20.01.1904	7,2	10	54	$M \geq 6$, 150 km içinde	Quebrada de Piedra, Panama — 45 km GB	×45
26.07.1962	7,2	25	137	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama güneyi	×45
18.07.1934	6,8	25	96	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama güneyi	×11
21.07.1934	6,8	25	125	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama–Kosta Rika sınır bölgesi	×11
18.09.1962	6,8	30	91	$M \geq 6$, 150 km içinde	Panama güneyi	×11
21.07.2021	6,7	10	145	$M \geq 6$, 150 km içinde	Burica, Panama — 71 km G	×7,9
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)						
24.10.2022†	5,4	13	9	$M \geq 5$, 60 km içinde	Panama	×0,089
01.02.2003	5,5	18	33	$M \geq 5$, 60 km içinde	Panama	×0,13

Nor: Büyüklükler, kayıt ISC-GEM katalogunda (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir; 16 kayıta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki $M \geq 5$ ve 150 km içindeki $M \geq 6$ depremlerden oluşur (kutudaki 150 km'den uzak olaylar girmez); her kaydın ölçütü “Ölçüt” sütunundadır. 54 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 8 kopya kayıt tekillleştirilmiştir ($\Delta t \leq 60$ s ve $v \leq 100$ km); tek kuruma dayanan ve yer künyesi taşımayan 1 $M \geq 6$ kaydı doğrulanamadığından derleme dışıdır. Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 55 km içinde) kapsadığı 8 eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 6 kaydın büyüklüğü yeniden değerlendirme ürünüdür ve kaynağa göre $\approx 0,3$ – $0,5$ birim ayrışabilir. E/E₀: ısıran enerjinin bu olayinkine oranı (büyüklük farkından); ♦ en büyük kayıt; † bu çalışmanın penceresi içinde, olay anından önce. Yalnız ülke adı yazılı kayıtların yer künyesi yoktur. Alanın hemen dışındaki $M \geq 7$ depremler (150–188 km): 20.12.1904 M 7,2 (188 km BKB); 02.05.1943 M 7,0 (162 km GD, Panama güneyi).

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 13.10.2021 – 16.10.2026 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 altı yazılarındadır. 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 kataloğunda varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa kayıdn moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir. Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (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.

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). © 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN. Bu raporun metni, şekilleri, haritaları, çizelgeleri ve hesap sonuçları yazarın özgün çalışmasıdır; tüm hakları saklıdır. Yazarın yazılı izni olmadan çoğaltılamaz, değiştirilemez, yayımlanamaz ve ticari amaçla kullanılamaz. Bilimsel çalışmalarda kaynak gösterilerek kısa alıntı yapılabilir. Üçüncü taraf verilerinin lisansları saklıdır: GEM diri fay katmanını içeren haritalar CC BY-SA 4.0, ISC-GEM kataloğundan türetilen veri çizelgeleri CC BY-SA 3.0 koşullarına tabidir.

KAYNAKÇA

- Adamek, S., Frohlich, 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., Bornmann, 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 (gevrimçi katalog). <https://www.emsc-csem.org> (erişim: 16.10.2026)
- Frohlich, 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
- Frohlich, 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: 16.10.2026)
- 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/JB082i20p02981
- 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:10.1002/2015GC005971
- 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
- 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/jpe.1952.31.115
- Ogata, Y. ve Yamashina, K. (1986) Unbiased estimate for b-value of magnitude frequency. *J. Phys. Earth* 34(2), 187–194. doi:10.4294/jpe.1952.34.187
- 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 Pagan, M. (2020) *The GEM Global Active Faults Database*. *Earthq. Spectra* 36(15), 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/jpe.1952.14.37
- Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsuura, 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/jpe.1952.43.1
- 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