KAMÇATKA YARIMADASI, RUSYA DEPREMİ — Mw 8,8 · 29.07.2025

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

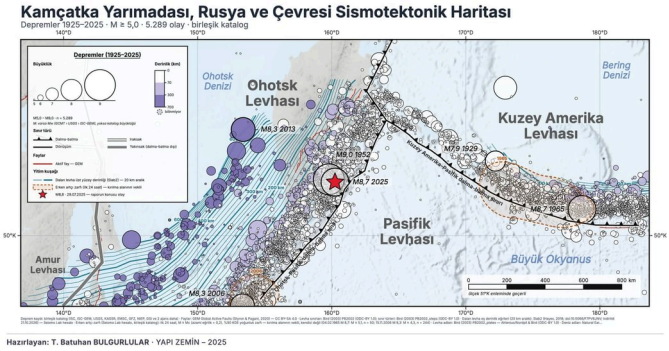
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 29.07.2025

ÖZET — 29.07.2025 tarihinde Kamçatka Yarımadası, Rusya çevresinde Mw 8,8 büyüklüğünde, odak derinliği USGS çözümünde serbest çözülmeyip 35,0 km değerine sabitlenmiş (konumu bağımsız çözen öteki 3 kurumun derinlik değerleri 20,0–43,7 km) bir deprem meydana gelmiştir (52,4948°K, 160,2395°D). Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü (M_0 = 1,577×10²² N·m; Mw 8,73) iki düğüm düzlemi üzerinde de ters atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000qw60, sismik momentin %98,4'ünü hiposantrın güneybatı yanında gösterir (tek yönlü kırılma); modeldeki en büyük kayma 39,3 m'dir. Doğrusal tsunami modelinde DART tepe genliklerinin model / gözlem oranının ortancası, iki seri de 10 dakikalık alçak geçiren süzgeçten geçirildiğinde USGS sonlu fay modeli (bağımsız: ters çözüme girmemiştir) ile 1,45, süzgeçsiz 2,33'tür (model hesabı; resmî değerlendirme değildir). GVP kayıtlarına göre Krasheninnikov volkanı depremden 3 gün sonra püskürmeye başlamıştır; zamansal yakınlık tek başına nedensellik kanıtlamaz. Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 118 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 4,8), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 370 katıdır (%95 güven aralığı 250–570; ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle alt sınır). Kayıtların %18'inin (2.666/14.872) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 0,0 km'dir; bu değer derinlik çözülemeyip 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: Kamçatka Yarımadası (Rusya) depremi, Kuril–Kamçatka dalma-batma zonunun Kamçatka kesimi, ana şok–artçı dizisi, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 8.8 occurred near Kamchatka Peninsula, Russia, on 29 July 2025 with the focal depth fixed at 35.0 km in the USGS solution rather than solved freely (the other 3 agencies that solved the location independently give 20.0–43.7 km) (52.4948°N, 160.2395°E). The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution (M_0 = 1.577×10²² N·m; Mw 8.73) corresponds to reverse slip on both nodal planes. The preferred slip model, USGS finite-fault model us6000qw60, places 98.4% of the seismic moment on the southwest side of the hypocentre (unilateral rupture); its peak slip is 39.3 m. In a linear tsunami model, the median model-to-observed DART peak-amplitude ratio, with both series low-pass filtered at 10 min, is 1.45 with the USGS finite-fault model (independent: not used in the inversion); unfiltered 2.33 (model calculation; not an official assessment). According to GVP records, Krasheninnikov volcano began erupting 3 days after the earthquake; temporal proximity alone does not establish causation. Within 118 km and at M ≥ 4.8, the 90-day post-event rate is about 370 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 250–570; a lower bound given early incompleteness). Of the records, 18% (2,666/14,872) have a depth of 0.0 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: Kamchatka Peninsula (Russia) earthquake, Kamchatka segment of the Kuril–Kamchatka subduction zone, mainshock–aftershock sequence, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion.



Şekil 1. *Kamçatka Yarımadası, Rusya ve çevresinin sismotektonik haritası. Harita, 1925–2025 döneminde kaydedilmiş M ≥ 5,0 büyüklüğündeki 5.289 depremi büyüklükle orantılı, odak derinliğine göre renklendirilmiş dairelerle gösterir. Levha sınırları türlerine göre ayrı çizgilerle (dalma-batma, ıraksak, dönüşüm ve yakınsak), aktif fay izleri GEM küresel aktif fay veritabanından ve dalan levhanın üst yüzey eş derinlik eğrileri (Slab2) çizilmiştir. Yıldız çalışma olayını gösterir (Deprem kaydı: birleşik katalog [ISC, ISC-GEM, USGS, KAGSR, EMSC, GFZ, NIEP, GSI ve 2 kurum daha]; Faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020]; Levha sınırları: Bird [2003] PB2002; sınır türleri: Bird [2003] PB2002_steps; Dalan levha eş derinlik eğrileri [20 km aralık]: Slab2 [Hayes, 2018; doi:10.5066/F7PV6JNV]; Levha adları: Bird [2003] PB2002_plates — Ahlenius/Nordpil & Bird).*

GİRİŞ

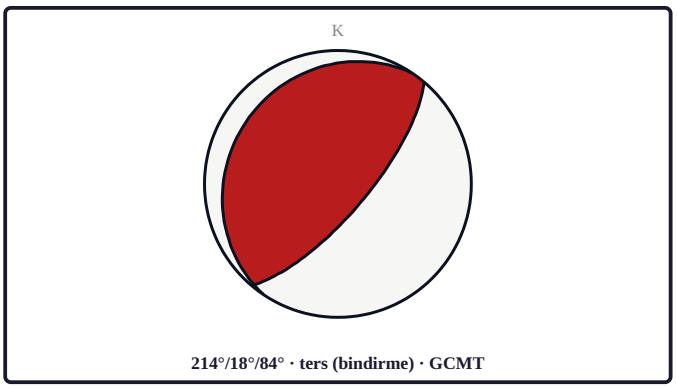
Bu çalışma, 29.07.2025 tarihinde Kamçatka Yarımadası, Rusya çevresinde meydana gelen Mw 8,8 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 14.872 olaylık birleşik çok kaynaklı deprem kataloğuna ve olayın Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümüne dayanmaktadır; raporlanan her çözümleme önceden tanımlı veri yeterliliği, ölçek/geçerlilik, istatistiksel güç ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı ölçütlerinden geçirilmiştir. Amaç, olayın kaynak parametrelerini, dizi istatistiğini ve bölgesel bağlamını ölçülen büyüklüklerle betimlemektir.

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

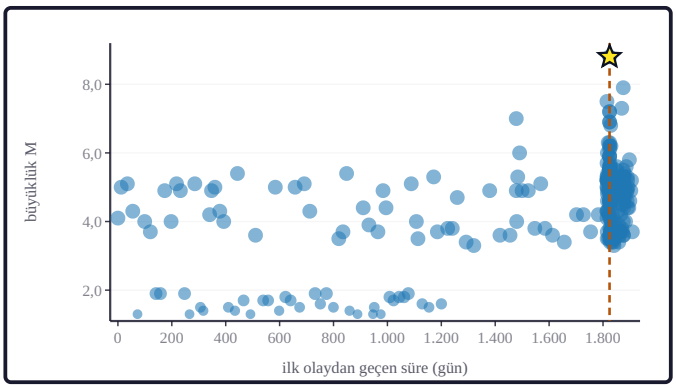
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	29.07.2025 23:24:52	USGS hiposantrı (gözden geçirilmiş)
Dış merkez	52,4948°K · 160,2395°D	USGS hiposantrı (gözden geçirilmiş)
Odak derinliği	35,0 km	USGS · kurumca sabitlenmiş
Büyüklük	Mw 8,8	USGS (hiposantrı veren kurum)[a]
Sismik moment M_0	1,577×10²² N·m	GCMT skaler momenti · Mw 8,73
Nominal ışınan enerji E	7,9×10¹⁷ J	M_0'dan · Kanamori (1977)
Yatay konum belirsizliği	±6,78 km	USGS biçimsel belirsizliği
Derinlik belirsizliği	tanımsız	derinlik çözümde sabitlenmiş
İstasyon sayısı	251	USGS bildirimi
Azimut boşluğu	30° (ikincil 49°)	USGS bildirimi
En yakın istasyon	122,5 km	USGS bildirimi
Varış artığı (RMS)	0,73 s	USGS bildirimi
b değeri	1,12 ± 0,06	Aki (1965), en büyük olabilirlik[b]
Kutu yayılımı (%95)	696,8 × 245,7 km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az 572,4 × 211,7 km	uzun × kısa eksen · artçı bulutu · seçim yarıçapıyla (118 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	214°/18°/84°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mww: moment tensörü çözümünden hesaplanan moment büyüklüğü. Benimsenen değer hiposantrı veren kurumun kendi büyüklüğüdür; birleşik katalog değeri M8,7 Mw. b) b değeri: ana şok öncesi dönem; Mc = 4,1 (b-kararlılığı), N(≥ Mc) = 1.476.

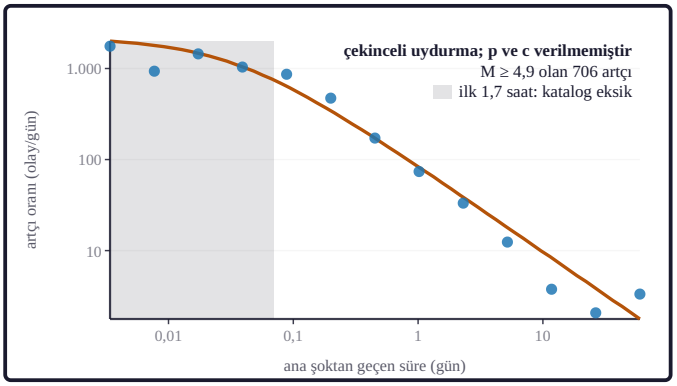
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır



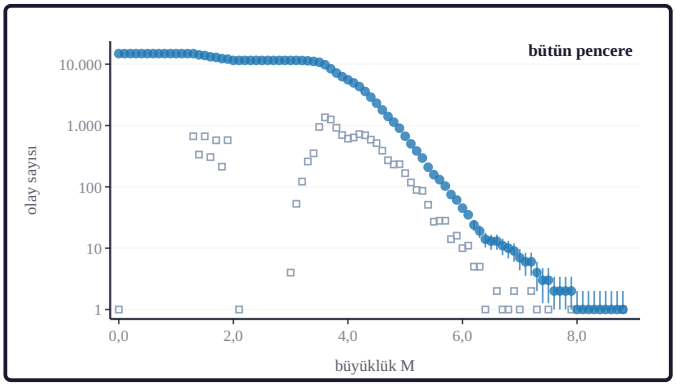
Şekil 2a. *Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir; sıkışma (P) ekseni beyaz kadranların, gerilme (T) ekseni kırmızı kadranların ortasındadır.*



Şekil 2b. *Pencere kataloğu 14.872 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 8,8); ana şok öncesi dönemde Mc = 4,1 üstünde 1.476 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), düşey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; turuncu kesikli düşey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).*



Şekil 2c. *Çekinceli kestirim: Omori–Utsu üsteli çekinceyle verilmiştir ve ilk saatlerdeki katalog eksikliğinden etkilenir; p ve c değerleri verilmemiştir. Kayan pencerelerle izlenen zamanla değişen tamlıkta ana şoku izleyen ilk pencerenin tamlık eşiği Mc = 5,2'dir (uydurmanın dayandığı artçı alt kümesinin eşiği Mc = 4,9). Artçı oranı ana şoktan geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olabilirlik uydurmasıdır ve değerleri çekinceli olduğundan şekilde verilmemiştir (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).*



Şekil 2d. *Ana şok öncesi dönemde Mc = 4,1 (b-kararlılığı) üstündeki 1.476 olaydan b = 1,12 ± 0,06 kestirilmiştir. Gutenberg–Richter büyüklük–frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayımı N(≥M), açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayımı verir; ince düşey çubuklar N ≤ 30 olan aralıklarda √N Poisson belirsizliğidir. Çizilen dağılım bütün pencereye aittir; ana şok öncesi dönemin uyum doğrusu bu nedenle çizilmemiştir (dağılım: Gutenberg ve Richter, 1944).*

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment	$M_0 = 10^{1{,}5\cdot M + 9{,}1}$ N·m	*Hanks ve Kanamori (1979); sabit: Kanamori (1977)*
(2) Işınan enerji	$\log_{10}E = 1{,}5\cdot M + 4{,}8$ (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)*
(6) Gerilme düşümü	$\Delta\sigma = (7/16)\cdot M_0/R^3$	*Eshelby (1957)*

Şekil 2a–2d: Koyu kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme, açık kadranlar çekme olduğu bölgelerdir; gerilme (T) ekseni koyu kadranların, sıkışma (P) ekseni açık kadranların ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %99'dur. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında iki düzlem dalga alanında özdeştir; 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: 14.872 olay, ilk–son olay arası 1.914 gün, en büyüğü M 8,8 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 3,49, ortanca M 3,7'dir (tam katalog). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 3,3 altında, dörtte biri M 4,2 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,9 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–Utsu üsteli bu gözlem süresinde çekinceyle verilmiştir; p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiş, sönüm bulgu olarak yorumlanmamıştır (Şekil 2c). Omori üsteli p, sönümün istatistiksel tanımıdır; tek tek artçıların zamanını ya da yeni bir ana şoku öngörmez. Pencerenin tamlığı tekdüze olmadığından tamlık eşiği ve b değeri ana şok öncesi dönemden kestirilmiştir; artçı dizisi bu örneklemin dışındadır (Şekil 2d). Ana şok öncesi dönemde benimsenen tamlık eşiğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %97,6 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği).

GİRİŞ (DEVAM)

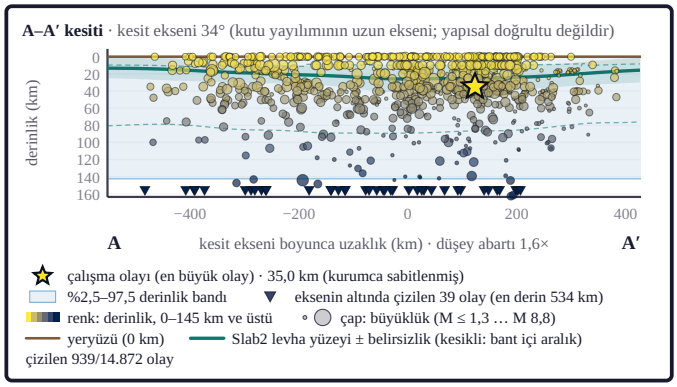
Olay künyesi ve temel parametreler Tablo 1'de, kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr Tablo 2'de verilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

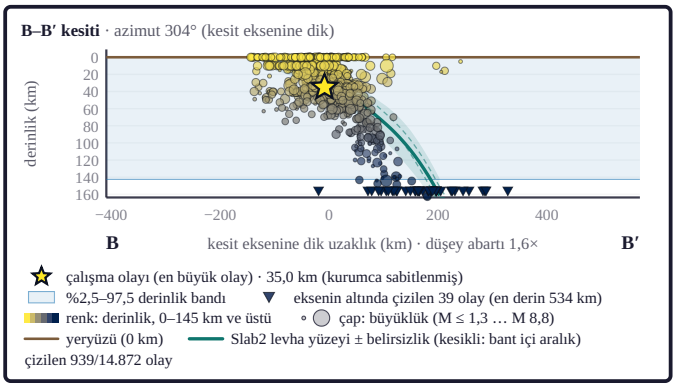
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



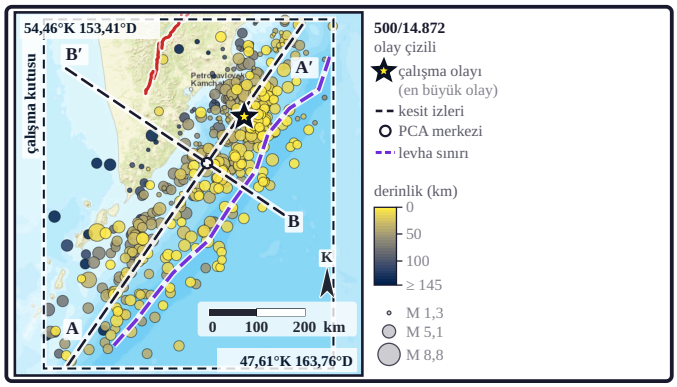
Şekil 3a. *Harita 14.872 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 300 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır (n = 467). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Küreler künyesizdir. Ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kesikli halkalı kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: ISC · GSRAS · USGS · KAGSR · EMSC · GFZ; altlık: Esri, HERE, Garmin, OSM katkıcıları).*



Şekil 3b. *Olayların %95'i 0,0–142,6 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 31,6 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 40,7 km). A–A′ kesiti olayları kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A′ ve B–B′ kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik ekseniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemi; derinlikler katalog hiposantrlarıdır; levha yüzeyi: Slab2 [Hayes, 2018], Seismo Lab hesabı).*



Şekil 3c. *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 olayların çizim örneklemi; levha yüzeyi: Slab2 [Hayes, 2018], Seismo Lab hesabı).*



Şekil 3d. *Derinlik renkli harita 14.872 olaylık katalogdan 500 olayı 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).*

Şekil 3a–3d: Çalışma kutusunda 14.872 olay yer almaktadır ve katalog 1.914 güne yayılmaktadır (Şekil 3a). Kadrajda adlandırılmış diri fay izi bulunmamaktadır; dış merkez bulutunun bu izlere göre konumu, etkinliğin bilinen bir yapıyla ilişkilendirilip ilişkilendirilemeyeceğinin ilk göstergesidir. Kadraj içinde 300 yayımlanmış odak mekanizması çözümü bulunmaktadır; mekanizma çözümleri etkinliğin kayma türünü doğrudan sınayan tek gözlemdir. A–A′ kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 696,8 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 0,0–142,6 km'dir (tam katalog ortancası 31,6 km; Şekil 3b). Derinlik ekseni katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 2,84, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,21'dir; bulutun uzama oranı kadrajınkinin 2,35 katı olsa da kutu bulutunun ana ekseni pencere biçimine duyarlı olduğundan bu eksen yalnız kesitlerin izdüşüm ekseni olarak kullanılmış, yapısal doğrultu olarak yorumlanmamış ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3c). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 14.872 kaydın 4.341 tanesi 10 km ve daha sığ, 10.531 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 verilmiştir.

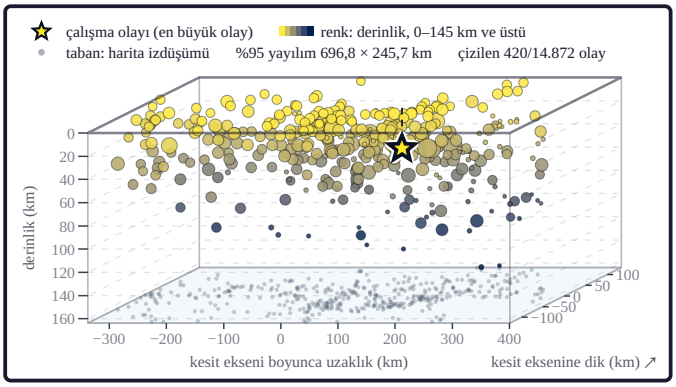
TEKTONİK ÇERÇEVE

Çalışma alanı, Kuril–Kamçatka dalma-batma zonunun Kamçatka kesimindedir; bu kesimde levhalar arası kuplaj ve pürüz dağılımı GPS hızlarından modellenmiştir (Bürgmann vd., 2005). 1952 Kamçatka depreminin kayma dağılımı tsunami dalga biçimlerinden (Johnson ve Satake, 1999) ve yakın alan tsunami çökelleriyle tarihsel kayıtlardan (MacInnes vd., 2010) kestirilmiştir. Kamçatka yayının Kuzey Volkan Grubu'nda 21. yüzyılın başındaki püskürmeler derlenmiştir (Ozerov vd., 2020). Bu bölgesel bağlam, çalışma kutusunun yaklaşık %73'ünü kapsayan Kuril–Kamçatka dalma-batma zonunun Kamçatka kesimi kesimine ilişkindir; kutunun geri kalanı bu anlatının dışındadır.

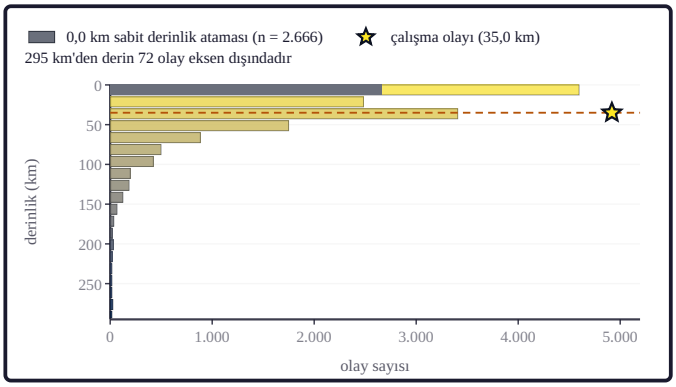
Kullanılan diri fay veri tabanında (GEM Global Active Faults Database) dış merkeze en yakın iz, adı bulunmayan bir izdir (uzaklık 199 km; iz uzunluğu 79 km; genel doğrultu 14°; normal); çalışma kutusunda adı bulunan fay izi yoktur. Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır (Ohotsk–Pasifik hendeği) 61 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

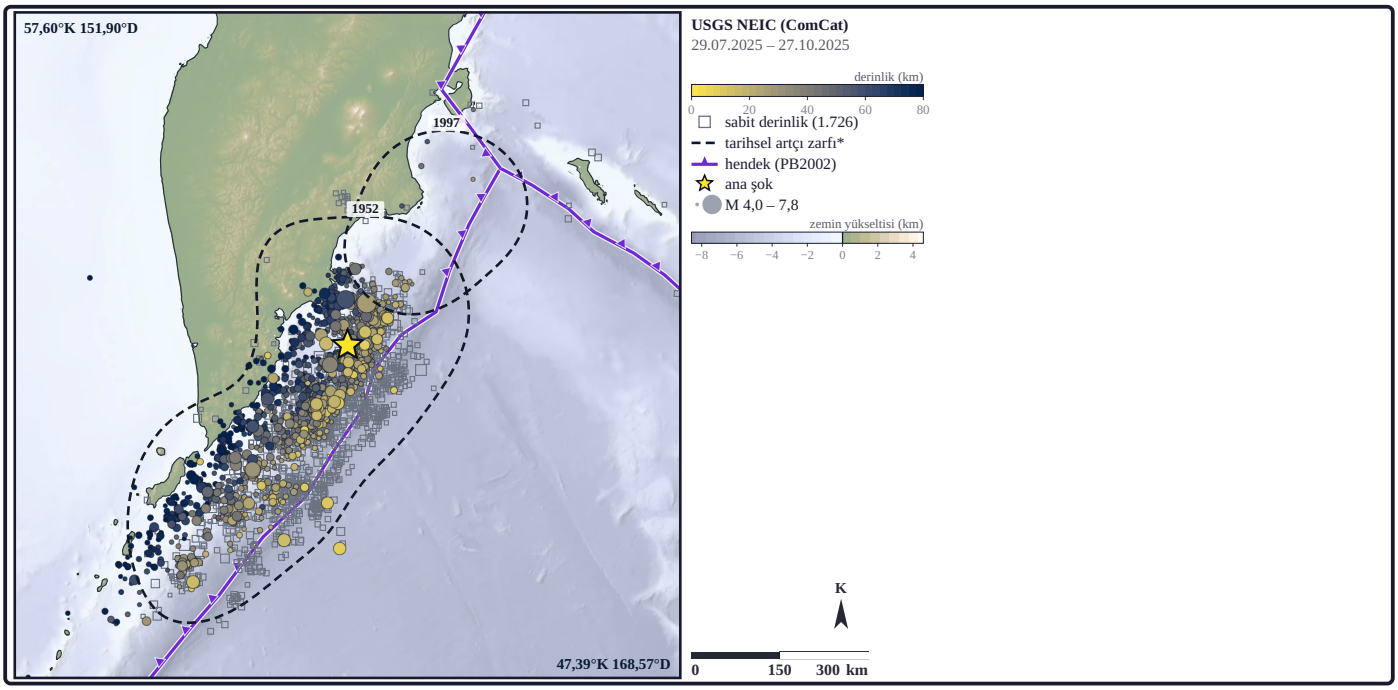
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM)



Şekil 4a. *Yatay eksen kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik ekseni kesitlerle aynıdır. Yıldızdan üst yüze çıkan kesikli çizgi olayın yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).*



Şekil 4b. *Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 14.872 olayın %29'u ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (0,0 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 4c. *Noktalar USGS NEIC (ComCat) kataloğunun kendi raporlarıdır: ana şoktan sonraki 90 gün (29.07.2025 – 27.10.2025), dış merkezin artçı yarıçapı kutusu, n = 3.017; boyut büyüklüğe göre; renk derinliktir (0–80 km; 103 olay daha derin, en koyu renkte); içi boş gri kareler kurumun sabit derinlik değerlerindeki raporlardır (10 / 35 km; 1.726 olay, %57) — bu derinlikler ölçülmüş değildir; kesikli çizgiler 1952, 1997 depremlerinin ilk 30 gündeki artçılarından katalogdan türetilmiş zarflardır; yayımlanmış kırılma poligonları değildir (katalog: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; artçı zarfları: bu çalışma [katalogdan]; levha sınırı: Bird, 2003 [iz, ETOPO 2022 hendek ekseninden ortanca ≈ 10 km kara yönünde]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 4a–4c: Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,20'dir; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 4a). Bloktaki yoğunlaşmalar, etkinliğin tek bir düzlem üzerinde mi yoksa birden çok parça üzerinde mi geliştiğini görsel olarak ayırt etmeye yarar; kesitlerdeki iki boyutlu izdüşümde üst üste düşen kümeler burada ayrışabilir. Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4b). Histogramın en yüksek çubuğu 4.597 olayla 0–15 km aralığındadır; bu çubuktaki 2.666 kayıt 0,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır. USGS NEIC (ComCat) kataloğunda ana şoktan sonraki dönemde kutuda 3.017 olay vardır; bunların 1.726 tanesi kurumun sabit derinlik değerlerindedir (Şekil 4c).

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Olay merkezli mekanizma popülasyonundan kestirilen gerilme rejimi ters faylanmadır (n = 467 mekanizma). Slab2'nin Kamçatka–Kuril Adaları–Japonya bölge modelinde (Hayes, 2018; Hayes vd., 2018) dış merkezin altında dalan levhanın üst yüzeyi 22,5 ± 15,1 km derinliktedir; yüzey 15,7° eğimle kuzeybatıya (301°) dalar.

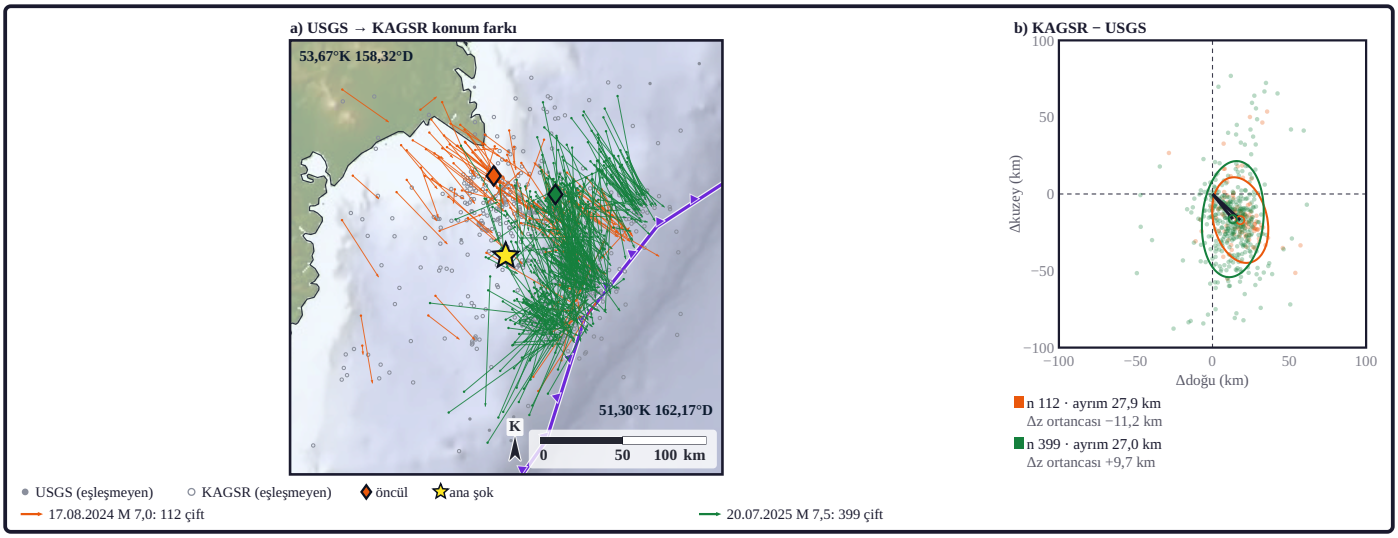
Kurum ürünü USGS STREC tektonik sınıflaması (ShakeMap sürüm 18, 01.10.2026) olayı dalma-batma bölgesinde ve levhalar arasındaki dalma-batma arayüzünde saymaktadır (arayüz olasılığı %99). Olayın Mww moment tensörü ile STREC sınıflamasının levha yüzeyine uyan arayüz bindirmesi arasındaki Kagan açısı (Kagan, 1991) 26,6°'dir (0° özdeş mekanizma demektir).

VERİ VE YÖNTEM

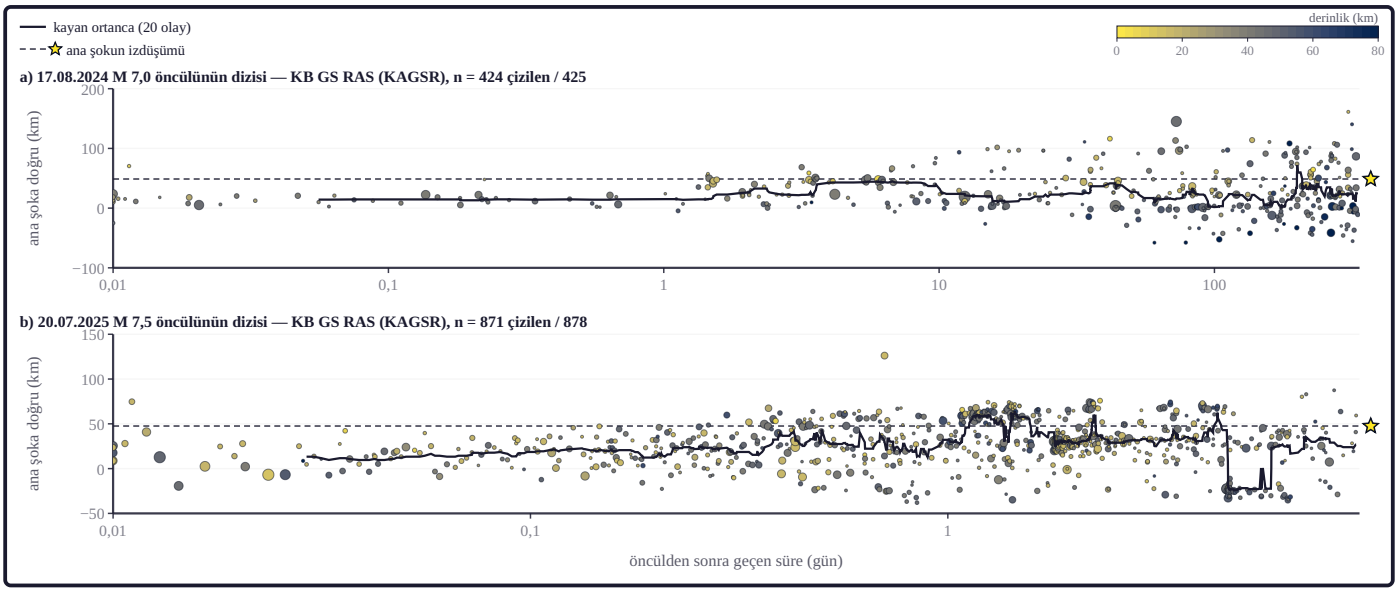
Katalog, olay merkezli kutuda 30.07.2020 – 27.10.2025 döneminde kaydedilmiş 14.872 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: ISC 7.457, GSRAS 3.338, USGS 1.693, KAGSR 1.509, EMSC 698, GFZ 176, NOA 1.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



Şekil 5a. *a) Büyük öncül dizilerinde iki kataloğun aynı olay saydığı her çift için USGS NEIC (ComCat) konumundan KB GS RAS (KAGSR) konumuna ok (renk dizi: turuncu 17.08.2024 M 7,0 dizisi, yeşil 20.07.2025 M 7,5 dizisi; pencere öncülden 1 sa önce başlar ve öncülden en çok 336,4 gün sonra ya da ana şokta biter); eşleşmeyen raporlar gri: USGS NEIC (ComCat) dolu, KB GS RAS (KAGSR) içi boş daire; b) çift başına KB GS RAS (KAGSR) − USGS NEIC (ComCat) konum farkının doğu ve kuzey bileşenleri (eşit ölçek, ±100 km); koyu ok pencerenin ortanca farkıdır, ucundaki halka dizinin renginde; elips ortanca çevresindeki %68 kovaryans elipsidir (en az 10 çift); pano altındaki değerler çift sayısı, ayrım ortancası ve Δz ortancasıdır (Δz yalnız sabit derinlikli olmayan eşlerden); PB2002 hendek izi ETOPO 2022 ekseninden ≈ 10 km kara (üst levha) yönündedir (kataloglar: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; KB GS RAS [KAGSR]; ötelenme: bu çalışma; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30″ ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*



Şekil 5b. *Her pano bir büyük öncül dizisidir: yatay eksen öncülden sonra geçen süre (gün, logaritmik), düşey eksen olayın öncülden ana şoka uzanan doğrultuya izdüşümüdür (km; artı yön ana şoka doğru); daireler seçilen kataloğun raporlarıdır (renk derinlik, ortak 0–80 km ölçeği; 15 olay daha derin, en koyu renkte; boyut büyüklük); koyu çizgi 20 olaylık kayan ortanca, kesikli yatay çizgi ve sarı yıldız ana şokun izdüşümüdür; katalog her dizide bu çalışmanın kuralıyla seçildi: iki kataloğun tamlık büyüklüğünün (azami eğrilik + 0,2) büyüğü ortak eşik alındı, bu eşiğin üstünde olay sayısı büyük olan katalog kullanıldı — a) KB GS RAS (KAGSR) (Mc 4,6; USGS NEIC (ComCat) 39, KB GS RAS (KAGSR) 50 olay); b) KB GS RAS (KAGSR) (Mc 4,4; USGS NEIC (ComCat) 193, KB GS RAS (KAGSR) 276 olay); pano yalnız öncülden 15 s sonrası ile pencere sonu arasındaki kayıtları çizer (öncülün kendi raporları dışarıda); başlıktaki n çizilen sayıdır, pencere sayımı ondan büyüktür (424 / 425; 871 / 878) (katalog: KB GS RAS [KAGSR]; katalog seçimi, izdüşüm ve kayan ortanca: bu çalışma).*

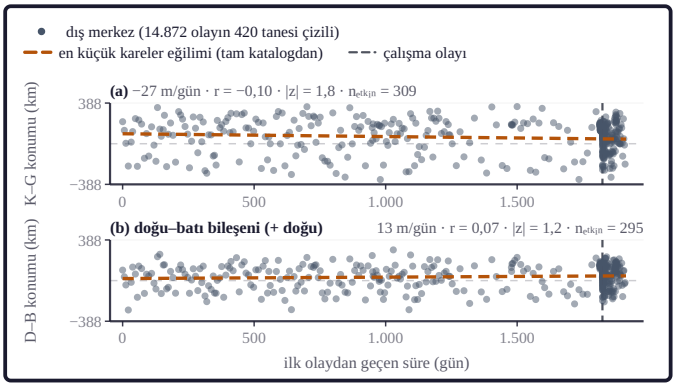
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Büyüklük türü dağılımı: mb 6.856, ML 4.038, türü belirtilmemiş 3.348, MS 371, Mw 259. Çalışma alanı 603,7 × 727,9 km (≈ 439.000 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = 111,32·cos φ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 47,746°K–54,329°K ve 154,272°D–162,897°D koordinatlarındadır. Katalog kayıtlarının %50'si ISC kaynağından gelmektedir ve bu, kataloğa en çok kayıt veren kurumdur.

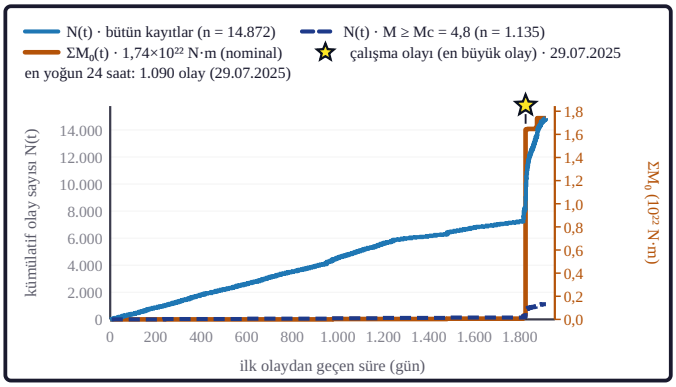
ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (International Seismological Centre, t.y.); buna göre pencerenin yaklaşık son 12 ayında (pencere sonu sorgu anından öncedir; bültenin ufku pencerenin yalnız bu bölümünü dışarıda bırakır) bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş kurum bildirimlerinden oluşmaktadır. Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Bu rapor, ana şoktan 457 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 günle sınırlıdır. Katalog sorgusu 30.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

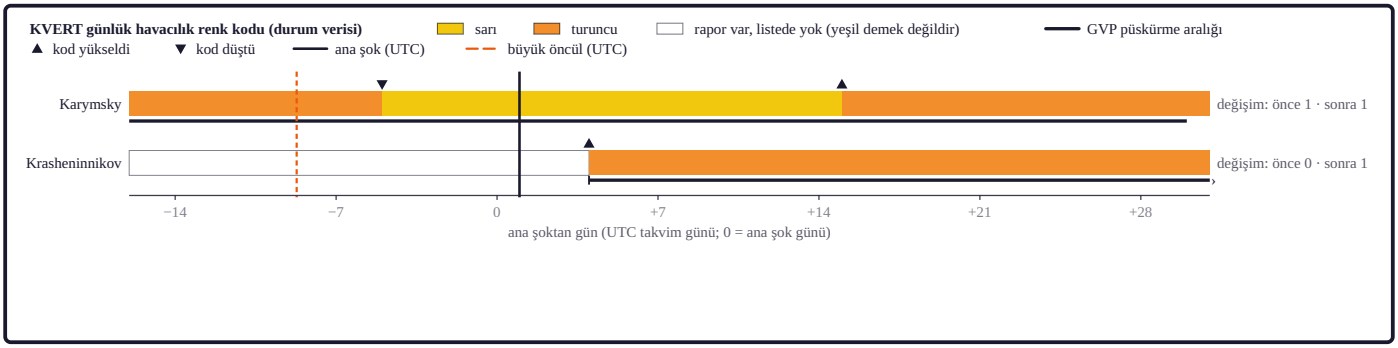
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 6a. *Dış merkez koordinatlarının zaman serisi iki şeritte verilmiştir: (a) kuzey–güney, (b) doğu–batı bileşeni. Düşey eksen pencere kutusunun merkezine uzaklıktır (km; kuzey ve doğu artı) ve iki şerit aynı ölçektedir; yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süredir (gün). Turuncu kesikli doğrular iki bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri şerit başlığındadır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler.*



Şekil 6b. *Mavi eğri kümülatif olay sayısı N(t), turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; penceredeki en büyük olay da odur (M_0 = 10^[1,5·M + 9,1] N·m; 9,1 sabiti Kanamori, 1977).*



Şekil 6c. *13.07.2025–28.08.2025 (47 gün) penceresinde KVERT'in (IVS FEB RAS) günlük havacılık renk kodu, ana şoktan gün ekseninde (0 = ana şokun UTC günü; dikey düz çizgi ana şok, kesikli çizgi büyük öncül); aynı durumdaki ardışık günler tek parçadır; KVERT görseli değil, durum verisinden bu çalışmanın çizimidir. Satırlar volkanın kırılma izine uzaklığına göre sıralıdır (en yakın üstte). KVERT yalnız sarı ve üstündeki volkanları listeler: boş çerçeveli parça o günlerde rapor alındığını ama volkanın listede olmadığını gösterir ve "yeşil" anlamına gelmez (47 / 47 gün rapor var). Yukarı bakan üçgen kodun bir önceki raporlu güne göre yükseldiği, aşağı bakan üçgen düştüğü gündür; sağdaki sayım pencere içindeki değişimlerin ana şoktan önce ve sonra kaç kez olduğunu verir. Pencere büyük öncülü (20.07.2025 06:49:04 UTC, M 7,5) kapsayacak biçimde kurulmuştur (başlangıç = min(olay günü − 7 g, olaydan önceki 30 g içindeki en erken büyük öncülün günü − 7 g); bitiş = olay günü + 30 g). Çubuğun altındaki ince çizgi GVP püskürme aralığıdır (Krasheninnikov 2025-08-02 → 2026-03-25 (sürüyor); Karymsky 2025-04-29 → 2025-08-27); kesikli çizgi gün hassasiyetinde olmayan başlangıçtır; GVP tarihleri volkanın yerel takvim günüdür ve UTC eksenine ±1 gün belirsizlikle yerleştirilmiştir. Deprem ile püskürme arasındaki zamansal yakınlık tek başına nedensellik kanıtlamaz. KB GS RAS vmon arşivi 19.10.2026 tarihinden başladığı için bu pencerede vmon verisi yoktur (çekilmedi; "rapor yok" anlamında değildir) (veri: KVERT [Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, IVS FEB RAS] günlük raporları; Global Volcanism Program, Smithsonian Institution).*

Şekil 6a–6c: Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 6a). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı ölçekte verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 6b). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 7,8 olay/gün düzeyindedir; M ≥ Mc eğrisindeki dikleşmeler, tamlık eşiği üstündeki olayların kendi ortalama hızının belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Krasheninnikov KVERT listesinde bu pencerede ilk kez ana şoktan 4 UTC takvim günü sonra (02.08) turuncu kodla görünür (Şekil 6c).

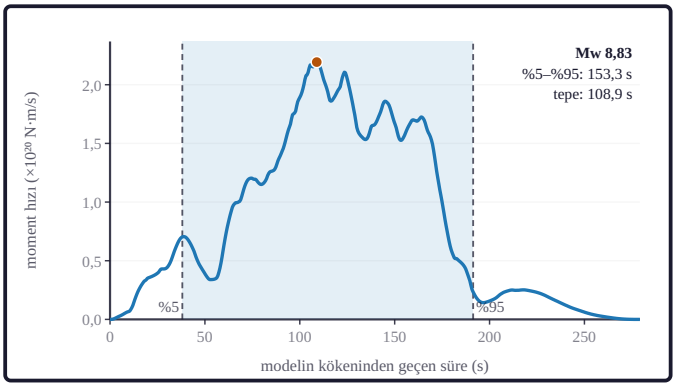
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Öncül dizilerinde iki kataloğun konum farkı ve öncül dizilerinin zaman–uzaklık dağılımı Şekil 5a ve 5b'de verilmiştir. USGS artçı deprem kestiriminin (OAF) pencere ve büyüklük eşiğine göre olasılıkları Tablo 4'te, pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 5'te, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A2'de, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A3'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A4'te verilmiştir.

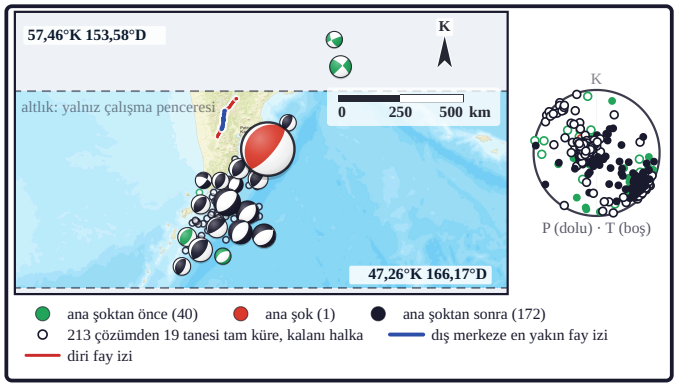
Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden iki onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür (107 olay); temsilci raporu büyüklüksüz olduğu için büyüklüğü boş kalan kayıtların büyüklüğü aynı olayın öbür kurum raporlarından alınmıştır (1 olay). Onarımlar pencereye 108 olay eklemiştir; bunların 62'si ana şoktan sonradır ve en büyüğü 30.07.2025 00:58:44 UTC'de gerçekleşen mb 6,0 büyüklüğündeki olaydır (NIEP raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \le 20$ s, Δkonum ≤ 70 km ve $\Delta M \le 0{,}5$ ya da (2) $\Delta t \le 5$ s ve Δkonum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ya da (4) $\Delta t \le 3$ s, $\Delta M \le 0{,}3$, Δkonum ≤ 100 km ve temsilci kurumu farklı iki kayıt (bu çalışmanın işletimsel ölçütü; kutu boyutundan bağımsız) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 5.520 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (genel sıra: USGS, EMSC, GFZ, AFAD, KOERI, ISC, INGV; kümede Türkiye kaydı varsa ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Çalışma olayının kendisi için bu sıra uygulanmamıştır: birleşik veri tabanında olayın temsilci kaydı (ISC) veri tabanının birleştirme aşamasında seçilmiştir ve yukarıdaki tekilleştirme önceliğinden bağımsızdır; bu çalışmada olayın hiposantrı ve büyüklüğü için otorite kurumun (USGS) çözümü benimsenmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

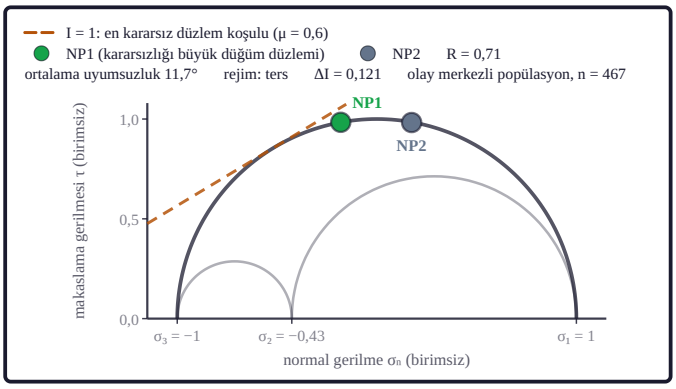
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



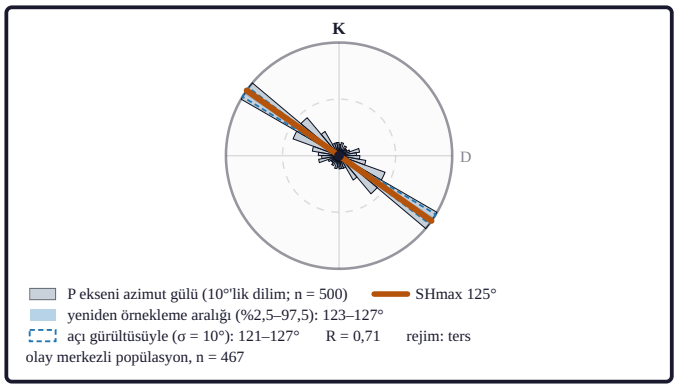
Şekil 7a. *Eğri USGS sonlu fay modelinin (sürüm 5; gözden geçirilmiş ürün; 19.11.2025) moment hızı fonksiyonudur; zaman modelin kendi kökenine göredir; modelin toplam sismik momenti M_0 = 2,25×10²² N·m, Mw 8,83; gölgeli bant birikimli momentin %5'ine (38,1 s) ve %95'ine (191,4 s) ulaşılan anlar arasıdır; aradaki süre (moment salınımının %90'ının gerçekleştiği süre) 153,3 s'dir; dolu daire en büyük moment hızıdır: 2,2×10²⁰ N·m/s, 108,9 s'de; eğri ters çözümün model çıktısıdır, ölçülmüş bir zaman serisi değildir (kurum ürünü: USGS sonlu fay modeli [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Ji vd., 2002).*



Şekil 7b. *Arama penceresinin (ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 660 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümüdür. Mw, çözümü yayımlayan kurumun moment tensörü büyüklüğüdür ve gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. Küre rengi ana şoka göre zamanı (yeşil önce, kırmızı ana şok, siyah sonra), çapı büyüklüğü taşır. Küreler alt yarıküre eşit alan izdüşümündedir; mavi çizgi dış merkeze en yakın fay izi, ince kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir. Zaman sınıfları bir pencere kuralından gelir ve bir yorum değildir. Arama penceresi raporun analiz penceresinden farklıdır (moment tensörleri ve Mw: Global CMT, Ekström vd., 2012; izdüşüm: Lambert alt yarıküre eşit alan).*



Şekil 7c. *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 lejanttadır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).*



Şekil 7d. *SHmax = 125° (yön iyi kısıtlı); rejim ters faylanmadır (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 σ = 10°'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin P ekseni (kısalma) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı). İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejanttadır (SHmax yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).*

Şekil 7a–7d: Modelde ortalama kırılma hızı 1,92 km/s, ortalama yükselme süresi 27,1 s'dir (Şekil 7a). Arama penceresindeki zaman sınıfları (ana şoktan önce, ana şok, ana şoktan sonra) çözümün yalnız ana şoka göre zamanını bildirir ve bir pencere kuralından gelir; ana şoktan önceki bir çözümün öncü deprem olduğu anlamına gelmez (Şekil 7b). Mohr diyagramında iki düğüm düzlemi sürtünme doğrusuna benzer uzaklıktadır; kararsızlık ölçütü iki düzlemi ayıramamaktadır (Şekil 7c). Asal gerilme eksenlerinden en dik olanı σ_3 eksenidir (dalım 68°); Anderson sınıflamasında rejim sınıfı bu dik eksenden belirlenir (Şekil 7d). 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.

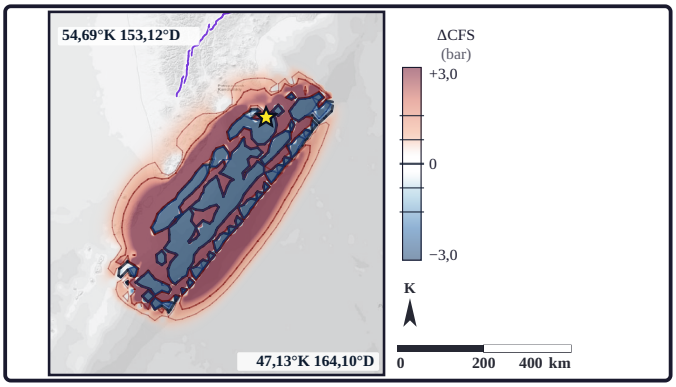
Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 6'da, mekanizma dizisi Tablo 7'de, kayma modellerinin kaynak parametreleri Tablo 8'de verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

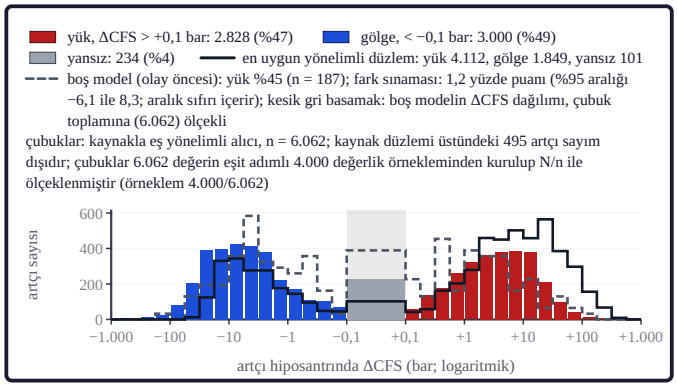
Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; M ≥ 2,0) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla Δt ≤ 35 s, Δkonum ≤ 300 km ve büyüklük farkı −0,5 ile +1,5 arasında eşleşen 395 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 2.310 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanamadığından istatistiklere alınmamıştır. Eşi bu ölçütlerle katalogda bulunamayan 8 uzak ağ kaydı aynı ölçütle USGS ComCat olay hizmetinde de aranmış; gözden geçirilmiş bir USGS çözümüyle eşleştiği için katalogda bu USGS çözümüyle tutulmuştur (USGS ComCat, U.S. Geological Survey, 2017; gözden geçirilmiş çözüm; sorgu tarihi 30.10.2026). Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (USGS) kendi büyüklüğüdür: Mww 8,8 (moment büyüklüğü sınıfı).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

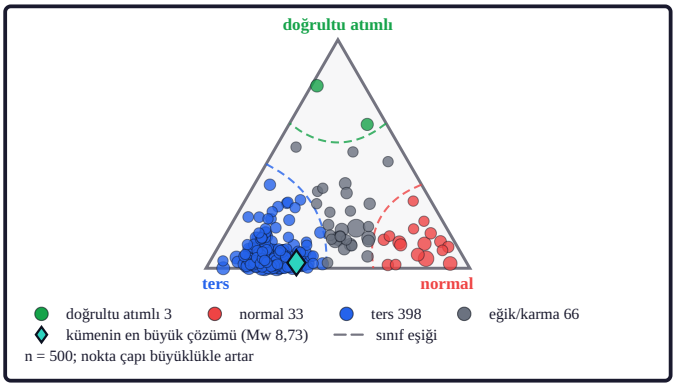
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



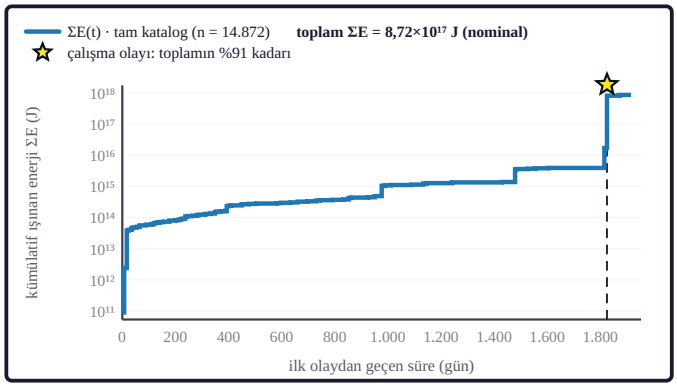
Şekil 8a. *Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; ±3,0 bar). ΔCFS USGS NEIC kaynağının 465 yamasından kaynakla eş yönelimli alıcıda (s/d/r = 217°/7°/80°), 15,3 km derinlikte, μ′ = 0,40 ile hesaplanmıştır. Yıldız dış merkezdir; çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Mor çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir; altlık gri tonludur, renkler yalnız ΔCFS'indir (ΔCFS: Okada, 1992; King vd., 1994; altlık [gri tonlu]: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; diri faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 8b. *Coulomb nokta sınaması, artçıların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme gölgesini, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir; siyah çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır; kesik gri basamak, boş modelin çubuk toplamına ölçeklenmiş dağılımıdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa: Hardebeck vd., 1998; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 8c. *500 çözümün %80'i ters sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %73–85; 155 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşiğinin üzerinde kaldığından bu sınıf baskın sayılmıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarından gnomonik izdüşümle kurulan konumudur (köşeler: ters, normal, doğrultu atımlı). Renkli kesikli eğriler sınıf eşikleridir (B dalımı 60°, P dalımı 60°, T dalımı 50°); nokta rengi sınıfı, gri renk hiçbir eşiği aşmayan eğik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejanttadır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).*



Şekil 8d. *Mavi basamak eğrisi kümülatif ışınan sismik enerjidir (ΣE, logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgi çalışma olayını işaretler; en büyük tek katkı bu olaydır (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).*

Şekil 8a–8d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 8a). Nokta sınamasının histogramı, artçıları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 8b). Hiçbir eşiği aşmayan 66 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 8c). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 5,3–8,7 aralığındadır; en büyük çözüm ters sınıfındadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Kümülatif ışınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 8d). Pencerede ışınan toplam enerji 8,72×10¹⁷ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden).

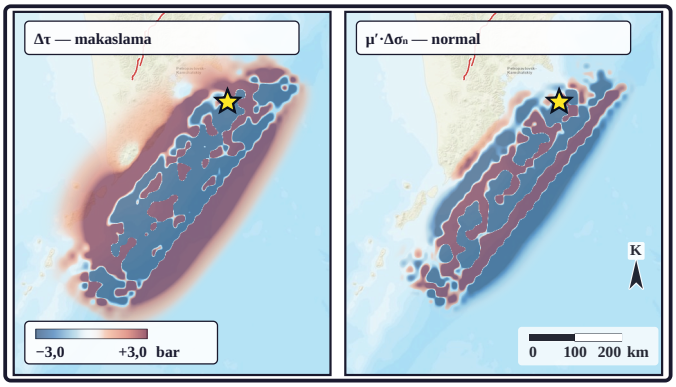
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Katalog kaydının taşıdığı 8,7 değeri (ISC MW) benimsenen değerden 0,1 birim düşüktür. Duyarlılık: sismik moment ve yayılan enerji büyüklüğün 1,5 katı üstel bağıntısıyla ölçeklendiğinden, 8,7 alınsaydı M_0 ve E değerleri ≈1,1 kat küçük çıkardı; bu çalışmadaki kaynak fiziği değerleri GCMT skaler momentine (Mw 8,73) dayanır. Moment ve enerji toplamlarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 401 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 14.471 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamlar bu etiketle verilmiştir.

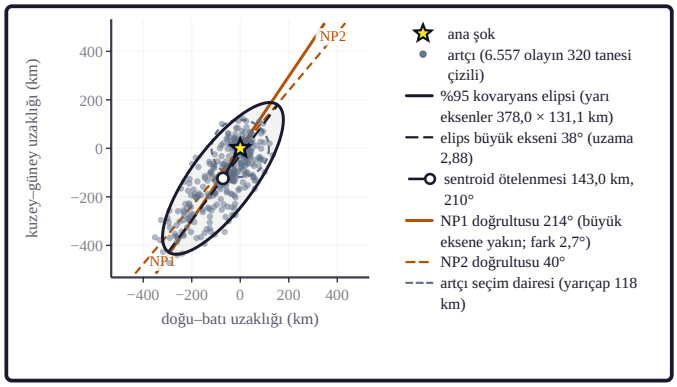
Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

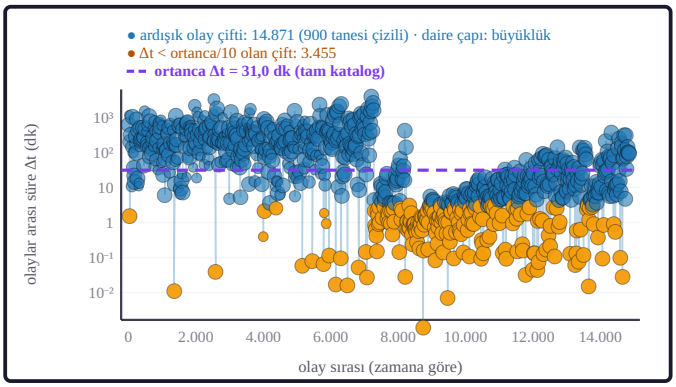
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



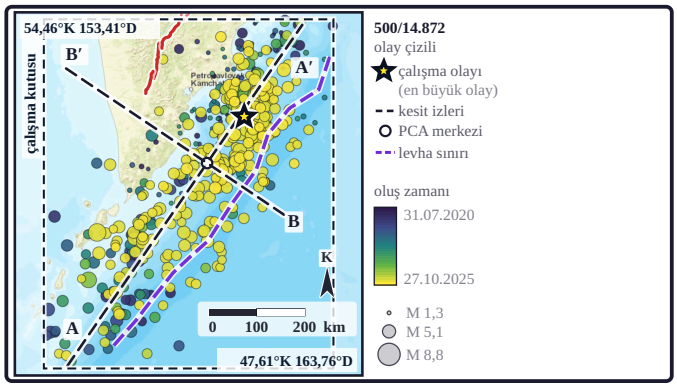
Şekil 9a. *ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi Δτ, sağda fay düzlemine dik normal gerilme katkısı μ′·Δσn (ΔCFS = Δτ + μ′·Δσn; Δσn çekme artı, artı değer fayın kenetlenmesinin azalmasıdır). Kadraj kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdir (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 9b. *Ana şoka göre yerel yatay düzlemde (doğu ve kuzey artı, km; iki eksen aynı ölçekte) artçı bulutu gri noktalarla, %95 kovaryans elipsi koyu çizgiyle gösterilmiştir; elips bulutun ağırlık merkezine oturur ve yıldız ana şoktur. Elips, artçı konumlarının kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla kurulan bir yayılım ölçüsüdür; artçıların %95'ini içeren bir sınır değildir. Kesikli koyu doğru elipsin büyük eksenidir; ana şoktan çıkan ince çizgi ve içi boş daire artçı sentroidinin ötelenmesidir; gri kesikli çember artçıların seçildiği dairedir. Bulut bu daireye dayandığından uzama oranı seçim yarıçapıyla sınırlıdır (gerçek değer için alt sınır) ve sentroid dış merkeze doğru yanlıdır. Turuncu doğrular ana şokun düğüm düzlemlerinin doğrultularıdır; büyük eksene doğrultuca yakın olan düz, öteki kesikli çizilmiştir. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri lejanttadır (telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).*



Şekil 9c. *Düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, logaritmik). Mor çizgi ortanca süredir; turuncu daireler ortancanın onda birinden kısa aralıklardır. Daire çapı büyüklükle artar (seri: tekilleştirilmiş tam katalog).*



Şekil 9d. *Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 3d'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).*

Şekil 9a–9d: Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 9a). Artçı bulutu kovaryans elipsinin uzun ekseni boyunca uzamıştır; ana şok artçı sentroidinden bulutun bir ucuna doğru ötelenmiştir (Şekil 9b). Elips ve sentroid ölçüleri artçı bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 9c). Ortanca bekleme süresi 31,0 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 3.455 aralık ölçülmüştür (14.871 aralıkta); pencere, çalışma olayını izleyen yoğun dizi dönemini arka plan dönemiyle birlikte içerdiğinden seri durağan değildir; tek bir üstel (Poisson) bekleme dağılımıyla kıyas bu karışımda kümelenmeyi ölçmediğinden kurulmamıştır. Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (14.872 olay; ilk–son olay arası 1.914 gün; Şekil 9d). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzif ayrımına gidilmemiştir.

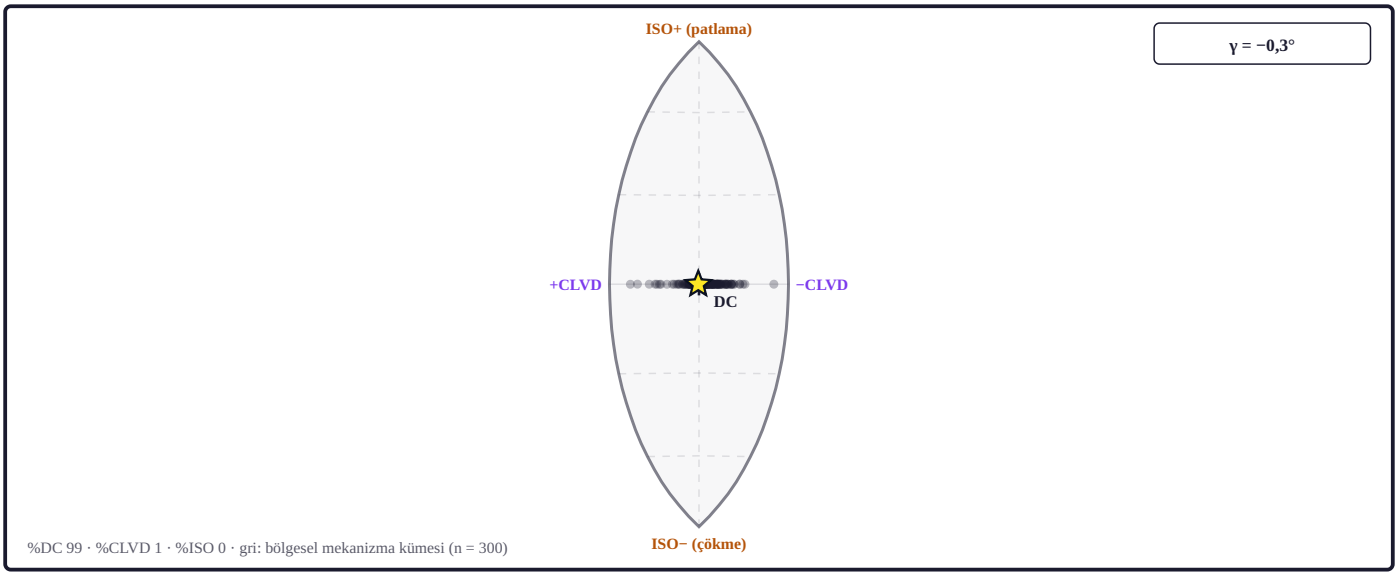
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogda taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %18'inin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 0,0 km'dir (2.666/14.872); bu değer, derinlik çözülemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %28'ini oluşturmaktadır (4.109/14.872); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutuna düzlem uydurması raporlanmamıştır; gerekçesi ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesindedir.

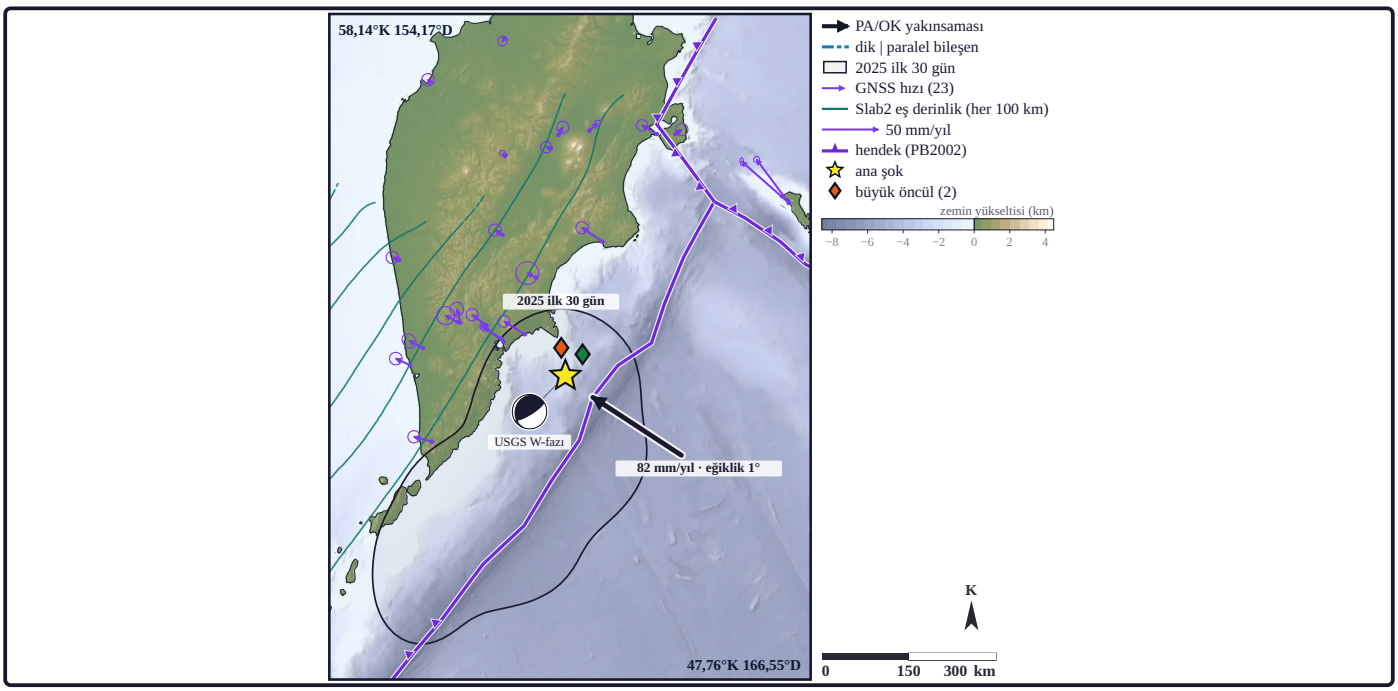
Tamlık büyüklüğü Mc, üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 10a. *Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve γ ∈ [−30°, +30°] ve δ ∈ [−90°, +90°] aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar δ = 0, ±30° ve ±60° enlemleridir. Sağ ve sol kenarlar ±CLVD uçları, kutuplar izotropik patlama ve çökme uçlarıdır. Gri noktalar bölgesel mekanizma kümesinin çözümleridir; alt satırdaki yüzdeler DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).*



Şekil 10b. *Tektonik çerçeve: levha yakınsaması, levha geometrisi ve GNSS hızları: koyu kalın ok PA/OK yakınsaması 82 mm/yıl; mavi düz çizgi dik 82, mavi kesikli çizgi paralel 2 mm/yıl; eğiklik 1° (bu çalışma); mor oklar OK sabit GSRM v2.1 GNSS hızları (n = 23; elips %95); ince koyu çizgili açık alan bu depremin artçı zarfı (ilk 30 gün); küre ana şok MT (kurum ürünü: USGS W-fazı); sarı yıldız ana şok, renkli eşkenar dörtgen öncül (ana şok mekanizması: kurum ürünü: USGS NEIC W-fazı [Mww] [U.S. Geological Survey, 2017]; artçı zarfı: bu çalışma [katalogdan]; GNSS hızları: Kreemer vd., 2014, doi:10.1002/2014GC005407; levha yakınsaması: GSRM v2.1 kutupları; dik / paralel bileşen ve eğiklik bu çalışmanın hesabı [PB2002 hendek kesimi]; levha sınırı: Bird, 2003 [iz, ETOPO 2022 hendek ekseninden ortanca ≈ 10 km kara yönünde]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]; levha yüzeyi: Slab2 [Hayes, 2018], Seismo Lab hesabı).*

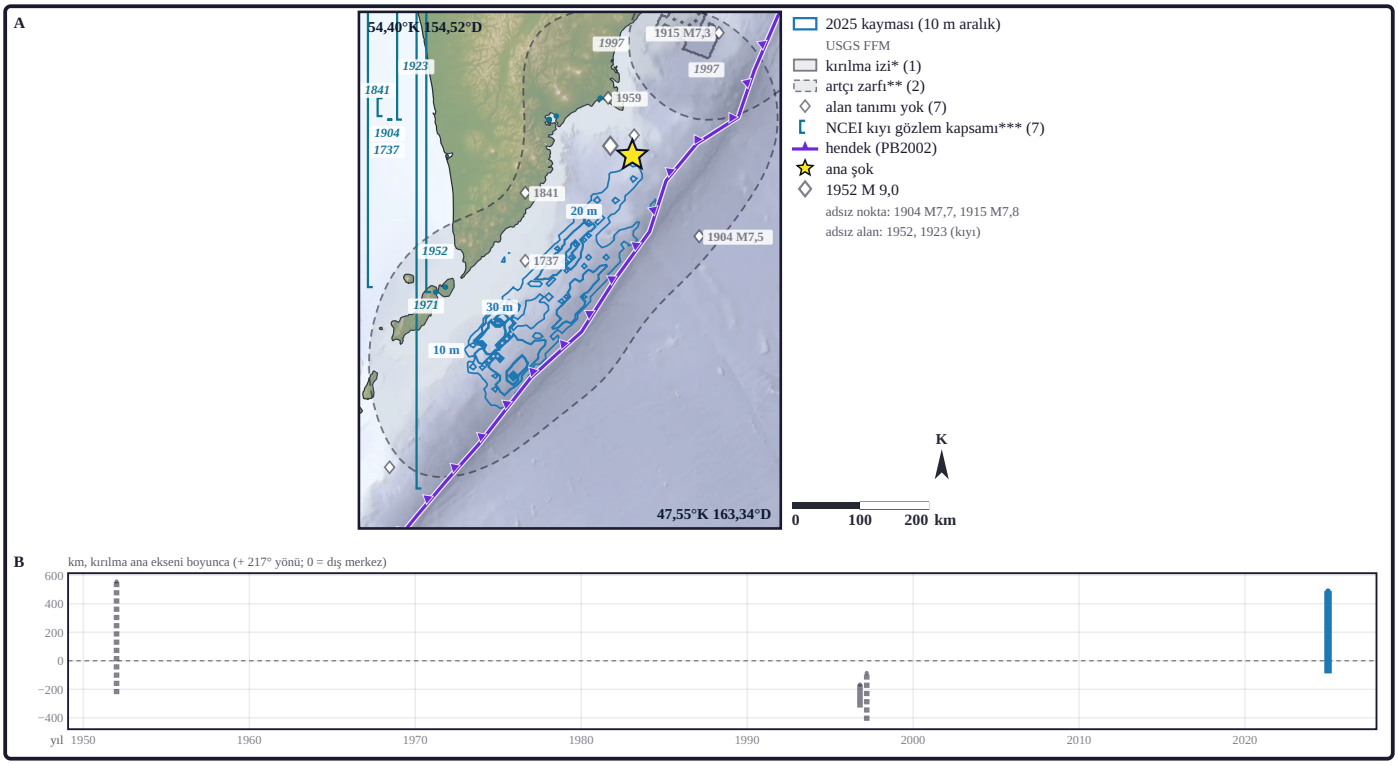
Şekil 10a ve 10b: Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 10a). Çift kuvvet payı %90'ın üzerindedir; kaynak, düzlemsel bir fay üzerindeki makaslama kırılmasıyla uyumludur. Bölgedeki 300 Global CMT çözümünün ortanca çift kuvvet payı %90,6 olup 12 çözümde bu pay %50'nin altında, 223 çözümde %80 ve üzerindedir. Ayrışım kaynağın türünü betimler; büyüklük, hasar ya da izleyen etkinlik hakkında bilgi taşımaz. PA levhası OK levhasına göre kırılmaya en yakın hendek kesiminde 82,3 mm/yıl hızla 303° azimutunda hareket eder (GSRM v2.1 kutupları; Şekil 10b).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Pencere kataloğunun tamamında eşiği b-kararlılığı ölçütü belirlemiştir: Mc = 4,8. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşiği b-kararlılığı ölçütü belirlemiştir: Mc = 4,1. b-değeri bu eşiğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik Mc − ΔM/2 kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 11. *Tarihsel büyük depremler: kırılma alanları ve uzay–zaman dağılımı: (A) mavi eğriler USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) kayması (10 m aralık; model); gri düz çizgili alanlar 1997 sonlu fay modeli izleri (kayma ≥ 0,1 × tepe); gri kesikli alanlar 1952, 1997 katalog artçı zarfı (kırılma alanı değil); açık eşkenar dörtgenler 1737, 1841, 1904, 1915, 1959 dış merkezleri (1737, 1841 temsili, NCEI) (sayısal alan tanımı yok, çizilmedi); *** köşeli çizgiler NCEI kıyı gözlem kapsamı (1737: 5, 1841: 3, 1904: 1, 1923: 6, 1923: 2, 1952: 42, 1971: 2 nokta; kırılma alanı değil); ara / derin odaklı 3 olay çizilmedi (1957 148 km, 2008 633 km, 2013 607 km); (B) gri çubuklar tarihsel kırılma alanlarının 217° eksenine izdüşümü, mavi çubuk bu deprem (kayma modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; kırılma izleri: USGS NEIC sonlu fay modelleri usp0008btk [U.S. Geological Survey, 2017]; artçı zarfları: bu çalışma [katalogdan]; dış merkezler: International Seismological Centre, 2026; National Geophysical Data Center / World Data Service, t.y.; kıyı gözlemleri: National Geophysical Data Center / World Data Service, t.y.; uzay–zaman: kırılma ana ekseni 217° [seçilen kayma modelinin kırılma ekseni, bu çalışmanın ölçüsü]; alanların eksene en yakın uzaklığı en çok 2 km; alan tanımı olmayan 14 kayıt izdüşüme girmez; levha sınırı: Bird, 2003 [iz, ETOPO 2022 hendek ekseninden ortanca ≈ 11 km kara yönünde]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 11: 1997 depreminin sonlu fay modeli izi seçilen kayma modelinin (model 30) kırılma iziyle örtüşmez; en yakın uzaklık 109 km'dir (Şekil 11).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,029; Aki, 1965: 0,029; yeniden örnekleme: 0,060) ve en büyüğü olan yeniden örnekleme (bootstrap) değeri verilmiştir; yeniden örneklemede Mc 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 katalogda gözlenen olay sayısıyla binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

Olayın moment tensörü kurum çözümüdür (kurum ürünü: Global CMT; Ekström vd., 2012); bölgesel mekanizma popülasyonu GCMT kataloğundandır (bu depremin dizisine ait çözümler kurum ürünü: Global CMT kataloğu; geçmiş olayların çözümleri veri). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür (μ = 0,6; 4 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örneklemenin %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılarına gürültü eklenerek yinelenen yeniden örneklemeyle ayrıca sınanmıştır); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetimiyle, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir.

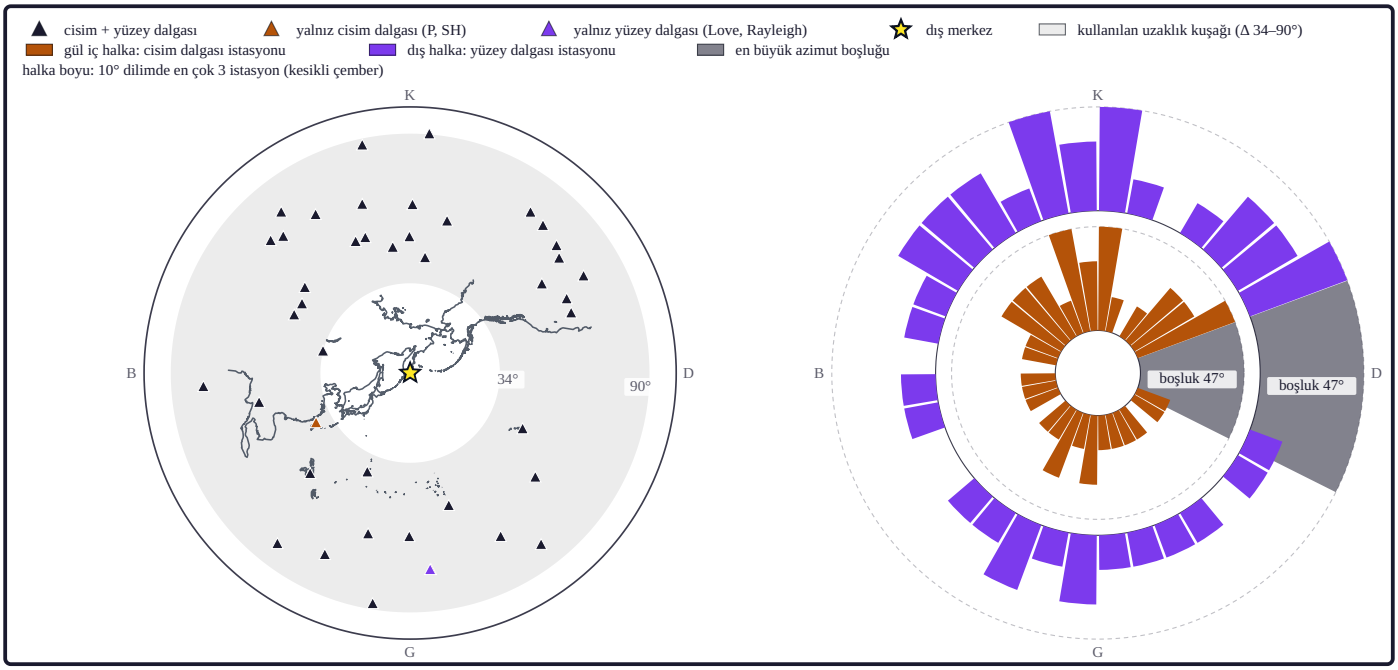
Dizi sınıflaması çalışma olayının kendi dizisine uygulanmıştır; dizi, çalışma olayı ile olaydan sonraki 90 gün içinde dış merkezden ya da kırılma izinden 118 km'ye kadar uzanan Gardner–Knopoff uzay penceresine (Gardner ve Knopoff, 1974) düşen olaylardan oluşur. Dizi sınıflaması ölçütü şöyledir: dizinin en büyük iki olayı arasındaki büyüklük farkı ΔM ≤ 0,3 ise çift deprem, ΔM > 0,3 ve çalışma olayının dizi momentindeki payı ≥ %50 ise ana şok–artçı dizisi, bu iki koşul sağlanmazken en yakın komşu kümelenmiş bağ oranı (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a) > %50 ise sürü; koşullar sağlanmazsa dizi sınıflanmamıştır. Dizi sınıflamasının eşikleri literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir. Büyüklük farkı ve moment payı katalog büyüklüklerinden hesaplanmıştır.

Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (01.08.2015 – 30.07.2020) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (10.387 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 4 izin tümü haritalarda çizilmiştir. Şekillerdeki harita kadrajları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 51,04°K'dir ve harita ölçeği iki eksende eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey kenarında −%7,3, güney kenarında %6,9'dur. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 12. *Telesismik istasyonlar ve azimut kapsaması: solda dış merkez merkezli azimutal eşuzaklık izdüşümünde 43 istasyon ve kullanılan uzaklık kuşağı (açık gri halka, Δ 34–90°). Üçgenin rengi istasyonun kullanıldığı dalga grubudur (siyah: cisim ve yüzey dalgası, 40 istasyon; amber: yalnız cisim dalgası — P, SH, 2 istasyon; mor: yalnız yüzey dalgası — Love, Rayleigh, 1 istasyon). Sağdaki gülde 10°'lik azimut dilimlerinde istasyon sayısı: iç halka cisim dalgası (42 istasyon) ve dış halka yüzey dalgası (41 istasyon); gri kama grubun en büyük azimut boşluğudur. İstasyonlar G, GE, II, IU ağlarından her rolde azimut boşluğunu en aza indiren seçimle belirlendi (ölçüt: 30–90° uzaklık, iyi azimut kapsaması ve yüksek sinyal / gürültü); sinyal / gürültü oranı 3'ün altındaki, boşluklu ya da doygun kayıtlar elendi. En büyük azimut boşluğu cisim dalgasında 47° ve yüzey dalgasında 47° (rol başına P 47°, SH 47°, Love 47°, Rayleigh 47°). Kıyı çizgisi ETOPO 2022 ızgarasının 0 m eğrisidir; yalnız altlık ızgarasının kapsadığı kesimde çizildi (istasyon üstverisi: EarthScope FDSN station hizmeti; seçim, izdüşüm ve azimut kapsaması: bu çalışma; kıyı çizgisi [0 m eğrisi]: ETOPO 2022 [60″ ızgara, 4 hücrede bir, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]).*

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Raporda USGS ComCat'te bu olay için yayımlanmış ShakeMap, PAGER, yer yenilmesi, sonlu fay modeli, artçı deprem kestirimi (OAF), olay özeti ve etki özeti ürünleri kullanılmıştır (U.S. Geological Survey, 2017); her ürünün yayım tarihi ve biliniyorsa sürümü ilgili tümcede verilmiştir. USGS ürünleri arasında girdi uyumsuzluğu vardır: PAGER kestirimi güncel köken çözümünden ya da güncel ShakeMap sürümünden önceki girdilerle hesaplanmıştır; bu durum ilgili tümcelerde ürünün kendi beyanıyla belirtilmiştir. Kaynak parametreleri, gerilme aktarımı ve kosismik yer değiştirme hesapları için birincil sonlu fay kayma modeli olarak USGS sonlu fay modeli us6000qw60 kullanılmıştır. Tsunami gözlemleri NOAA NDBC'nin DART derin okyanus basınç kayıtları, IOC Deniz Düzeyi İstasyonu İzleme Sistemi'nin CC BY-NC 4.0 lisanslı kıyı ölçer kayıtları (Flanders Marine Institute ve Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2021) ve NCEI/WDS Küresel Tarihsel Tsunami Veritabanı kullanılarak derlenmiştir; ölçer kayıtlarında gelgit harmonik uyumla ayıklanmış, varış ve en büyük yükselme bu çalışmada okunmuştur. Algılama eşiği olay öncesi gürültü standart sapmasının 5 katı ile ölçer türüne bağlı alt sınırın, DART için 1 cm ve kıyı ölçeri için 5 cm, büyüğüdür; algılama için en büyük sapmanın ve 5 dakikalık kayan ortanca serisinin bu eşiği aşması gerekir. Volkan ve püskürme kayıtları Global Volcanism Program, Smithsonian Institution (GVP) Holosen volkan ve püskürme kataloğundan, 25.08.2026 tarihli alımla, alınmıştır; havacılık renk kodları KVERT günlük raporlarından okunmuştur. Tsunami modeli için kayma modellerinin deniz tabanı deformasyonu (Okada, 1985) hesaplanmış, eğimli tabanın yatay yer değiştirme katkısı (Tanioka ve Satake, 1996) ve su sütunu süzgeci (Kajiura, 1963) eklenmiş ve dalga, Seismo Lab'in doğrusal, dispersiyonsuz sığ su çözücüsüyle 2 yay dakikalık ızgarada 12 saat boyunca yayılmıştır; batimetri NOAA NCEI ETOPO 2022, 60″ yüzey modeli verisidir (doi:10.25921/fd45-gt74); çözüm kıyı taşkını ve taban sürtünmesi içermez.

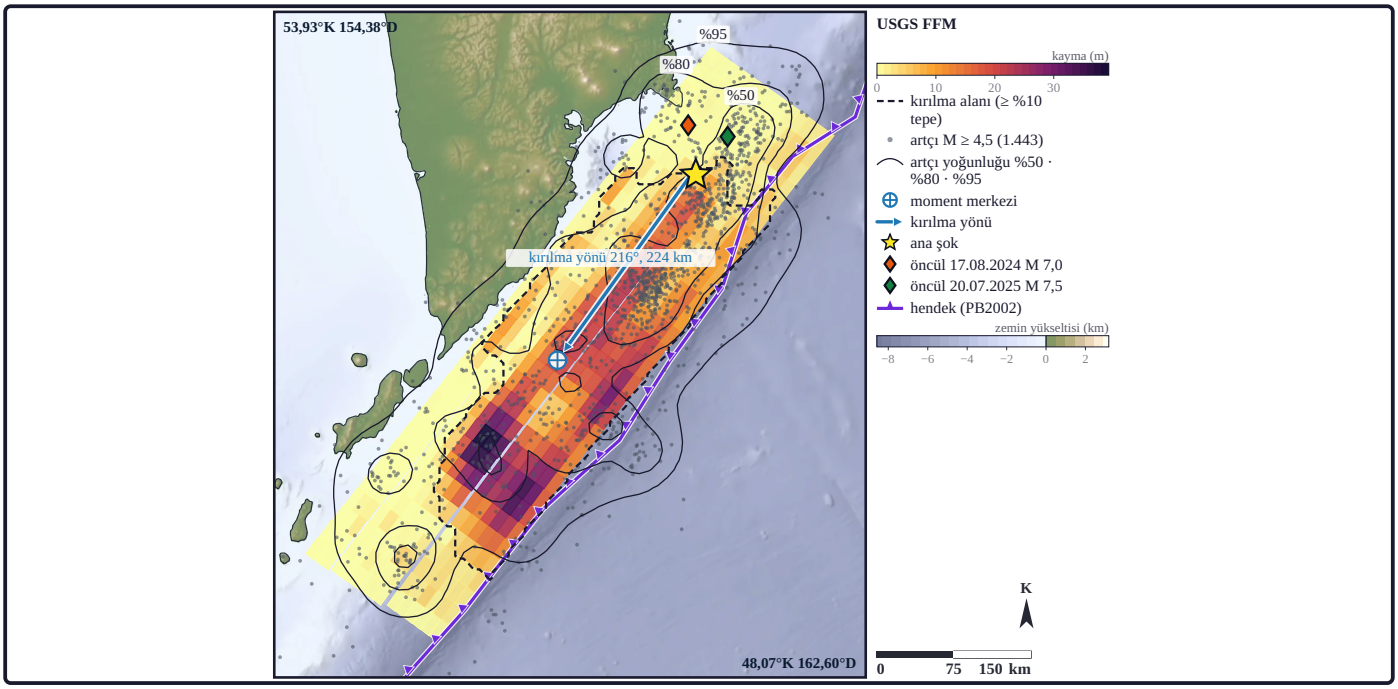
Telesismik dalga formları: 30–90° uzaklıktaki 40 P, 39 SH, 40 Love ve 40 Rayleigh kaydı G (Institut de physique du globe de Paris ve École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg, 1982), GE (GEOFON Data Centre, 1993), II (Scripps Institution of Oceanography, 1986) ve IU (ASL/USGS, 1988) ağlarından EarthScope veri hizmetleri üzerinden indirildi, cihaz yanıtı giderilerek yer değiştirmeye çevrildi ve cisim dalgalarında 25–100 s, yüzey dalgalarında 50–100 s bandında süzüldü (cisim dalgası bandının alt sınırı, sentetiği kurulan sonlu fay modelinin 20 km'lik alt fay boyutundan türetildi); istasyonlar her dalga türünde azimut boşluğunu en aza indiren seçimle belirlendi (en büyük boşluk 47°) ve varışlar IASP91 modelinden (Kennett ve Engdahl, 1991) hesaplandı. Sentetik sismogramlar (MODEL) EarthScope syngine hizmetinde (Krischer vd., 2017) ak135f_5s Yer modeliyle (Kennett vd., 1995; Montagner ve Kennett, 1996) GCMT C202507292324B nokta kaynağı, USGS W-fazı (Mww) nokta kaynağı ve USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için hesaplandı; istek, süzme ve uyum ölçüsü bu çalışmanındır; sonlu fay sentetiği kurum ürünü kayma modelinin yamalarının zaman kaydırmalı toplamıdır.

Telesismik istasyonlar ve azimut kapsaması Şekil 12'de verilmiştir.

Yer hızının uzay ve zaman içindeki dağılımı, raporun kırılma çözümlemesinde benimsenen kinematik kaynakla (kaynak: us6000qw60) kendi dalga alanı hesabımızla 3B ortamda kurulmuştur; kayma, kırılma zamanları ve yükselim süreleri bu kaynaktan alınmış, kırılma kendiliğinden hesaplanmamıştır. 3B ortamda hesap, CRUST1.0 kabuk modeliyle (Laske vd., 2013) Seismo Lab'in kendi 3B sonlu farklar çözücüsüyle yapılmıştır: kademeli ızgarada hız–gerilme biçimi (Virieux, 1986) kullanılmış, kinematik kaynak gerilme hızı terimi olarak ızgaraya eklenmiştir (Graves, 1996); sönüm, bellek değişkenleriyle hesaba katılmıştır (Day, 1998) ve Q değerleri bu olay için ölçülmemiş, varsayılmıştır; ortamda kayma dalgası hızına 2,571 km/s taban uygulanmıştır; sonuç ≤0,25 Hz bandını temsil eder. Yüzey ızgarası 177 × 195 düğüm ve 3,7 km aralıklıdır; PGV her düğümde hız vektörünün büyüklüğünün zaman içindeki en büyük değeridir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 13. *Renkli dörtgenler USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) yamaları (kayma 0–39,3 m; model çıktısı); kesikli siyah çizgi kırılma alanı (kayma ≥ 3,9 m); gri noktalar M ≥ 4,5 artçılar (n = 1.443); ince siyah eğriler yoğunluğun %50, %80 ve %95 kütle sınırları; mavi artılı daire moment merkezi, mavi ok kırılma yönü 216°, 224 km; sarı yıldız ana şok, elmaslar büyük öncüller (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; artçılar: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; kırılma alanı, artçı yoğunluğu, moment merkezi: Seismo Lab hesabı; levha sınırı: Bird, 2003 [iz, ETOPO 2022 hendek ekseninden ortanca ≈ 12 km kara yönünde]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 13: Moment merkezi model hiposantrının güneybatı yönünde yaklaşık 224 km uzaklıktadır (Seismo Lab hesabı; model yamalarından; Şekil 13). Şekilde 1.443 adet M ≥ 4,5 artçı gösterilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

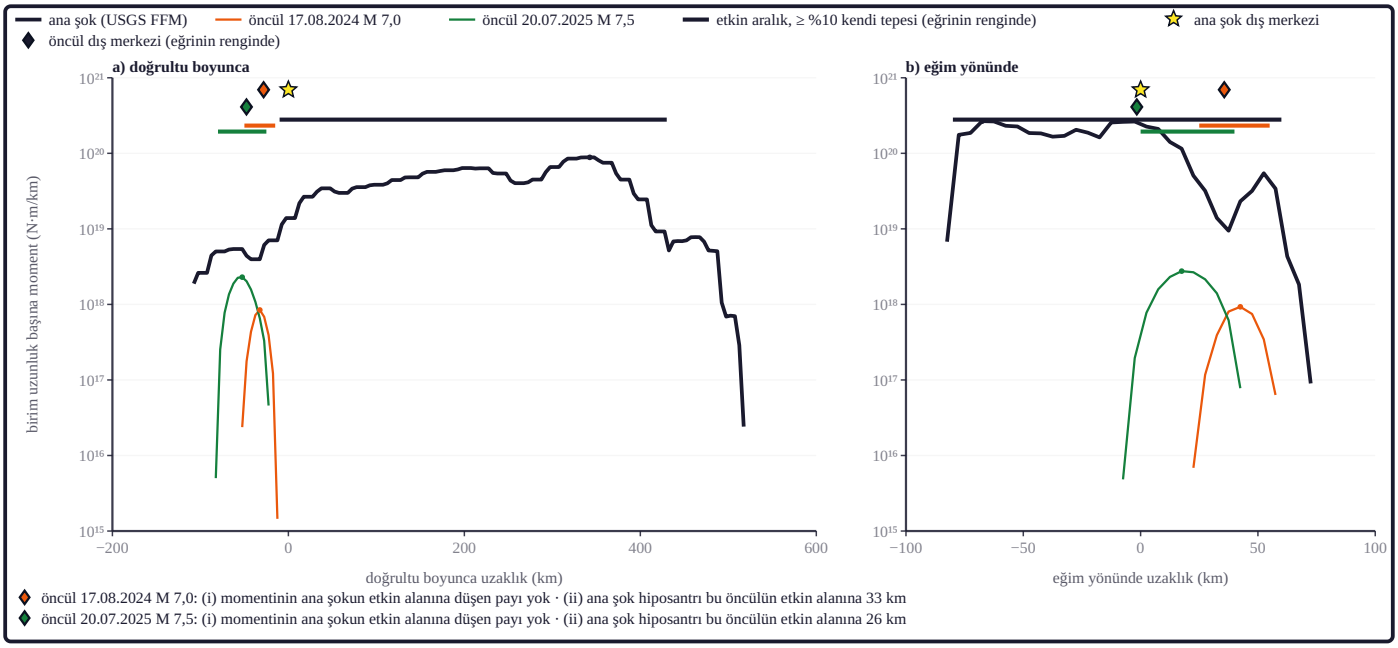
Hesabın bütün çıktıları MODEL çıktısıdır, gözlem değildir; ivme-ölçer ya da hız-ölçer kayıtlarının yerine geçmez.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

29.07.2025 tarihinde 23:24:52 UTC'de Kamçatka Yarımadası, Rusya çevresinde, 52,4948°K, 160,2395°D koordinatlarında (USGS çözümü), odak derinliği 35,0 km (çözümde sabitlenmiş) olan Mw 8,8 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Pencere kataloğunda, M ≥ 3,0 büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 176 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 22,1 km, yüzde doksanlık değeri 45,9 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 70 km); bu ölçü kurumlar arası farktır, bir konum hatası kestirimi değildir ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 20,0 ile 43,7 km arasında değişmektedir; künyedeki odak derinliği (35,0 km) çözümde sabitlendiğinden sınıflamaya katılmamıştır ve ölçülmüş değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer (h < 70 km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 35,0 km · NIEP; derinlik 20,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı GFZ, EMSC, USGS, NIEP, KAGSR, INGV ve ISC çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr USGS çözümüdür. Moment ölçeğindeki 4 kurum kaydı Mw 8,8–8,9 aralığındadır (en büyük fark 0,1 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 8,73 olarak verilmektedir. Aktarılmış çözüm (ISC Mw 8,7; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümleri (NIEP mb 6,9; INGV Mwpd 8,6) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış kalite ölçüleri şunlardır: varış artığı RMS = 0,73 s, azimut boşluğu 30°, istasyon/faz sayısı 251, en yakın istasyon 123 km (çözüm durumu: gözden geçirilmiş). Çözümün biçimsel yatay belirsizliği 6,78 km'dir; güven düzeyi kurumca belirtilmemiştir. Biçimsel belirsizlikler ve ikincil azimut boşluğu bu çalışmanın işletimsel eşikleriyle (yatay ve derinlik hatası ≤ 5/10/20 km, ikincil azimut boşluğu < 120/160/180°; yerel ağ ölçütleri bölgesel ve telesismik çözümlere uygulanmaz) sınıflandığında çözüm B notunu almaktadır (A, B ve C notları eşiklerin sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü değerlerine karşılık gelir). RMS tek başına konum kalitesi ölçüsü değildir. USGS geoserve yer hizmetine göre (sorgu 21.10.2026) olayın Flinn–Engdahl bölgesi Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı, Rusya (bölge no 219) olarak verilmektedir; USGS'in güncel köken çözümüne göre dış merkez Rusya'daki Petropavlovsk-Kamchatsky'nin yaklaşık 126 km doğu-güneydoğusunda, Vilyuchinsk'in yaklaşık 133 km doğu-güneydoğusunda ve Yelizovo'nun yaklaşık 147 km doğu-güneydoğusunda yer almaktadır; uzaklık ve yönler bu çalışmada hesaplanmıştır. USGS'in köken çözümü ilk yayımından bu yana 10 kez güncellenmiştir; son çözümde ilk çözüme göre dış merkez 10,9 km kaymış, derinlik 15,7 km artmış ve büyüklük 0,8 birim artmıştır; ShakeMap'in tepe şiddeti ilk sürümde MMI 7,1, son sürümde MMI 8,7 olarak verilmiştir (ComCat sürüm geçmişi, sorgu 21.10.2026). Olay için 4 kurumun moment tensörü çözümü karşılaştırılmıştır: USGS NEIC W-fazı Mww 8,8 (skaler momentten Mw 8,83; çift kuvvet dışı bileşen %16; düğüm düzlemi 198°/18°/51°); Global CMT Mw 8,73 (çift kuvvet dışı bileşen %1; düğüm düzlemi 214°/18°/84°); IPGP, EMSC akışı Mw 8,7 (skaler momentten Mw 8,69; çift kuvvet dışı bileşen %0; düğüm düzlemi 232°/19°/116°); SC4, EMSC akışı Mw 8,7 (çift kuvvet dışı bileşen %33; düğüm düzlemi 57°/50°/123°). USGS NEIC çözümü başvuru alındığında işletimsel eşikleri (kayma açısı farkında 30°, Kagan açısında 30° ve büyüklükte 0,1 birim) aşan farklar şöyledir: Global CMT için kayma açısı farkı 33°; IPGP, EMSC akışı için kayma açısı farkı 65°, Kagan açısı 34,3° ve Mw farkı −0,10; SC4, EMSC akışı için Kagan açısı 34,1° ve Mw farkı −0,10; kayma açısı farkı eşleşen düğüm düzlemleri arasında ölçülmüştür; Kagan açısı iki çift kuvvet çözümü arasındaki en küçük dönmedir (Kagan, 1991).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 14. *Öncül ve ana şok kaymasının doğrultu ve eğim boyunca dağılımı: kalın siyah eğri ana şok (USGS FFM), renkli öncüller; 5 km kovada birim uzunluk başına moment (model çıktısı); a) 217° ekseni, b) eğim yönü; çubuklar etkin aralık; alt satırlar (i) moment örtüşme payı, (ii) en kısa uzaklık; Seismo Lab hesabı; "öncül" istatistik pencere anlamında (ana şok modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; öncül modelleri: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us7000n7n8 [U.S. Geological Survey, 2017]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us7000qdyl [U.S. Geological Survey, 2017]; profil ve örtüşme: Seismo Lab hesabı).*

Şekil 14: Öncül modellerinin hiçbirinde moment ana şokun etkin kayma alanına düşmez (Seismo Lab hesabı; model yamalarından; Şekil 14). Ana şok hiposantrı en yakın öncül etkin kayma alanına 26 km uzaklıktadır (Seismo Lab hesabı; model yamalarından).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Kurumların yayımladığı hiposantr derinlikleri 20–43,7 km arasındadır (USGS 35 km, EMSC 20 km, GFZ 27,1 km, ISC 35 km, KAGSR 43,7 km); sabit derinlik adayı olmayan ve kökeni başka kurumdan alınmamış çözümler, GFZ ve KAGSR, 27,1–43,7 km aralığını verir. USGS 35 km, EMSC 20 km ve ISC 35 km değerleri sabit ya da yuvarlanmış derinlik adayı sayılmıştır (USGS: kurumun bilinen varsayılan derinliklerinden biri; EMSC: kurumun bölgedeki raporlarının çoğunda 5 km katı değer, pay %63; ISC: kurumun bölgedeki raporlarının çoğunda 5 km katı değer, pay %60); ISC çözümünün kökeni başka bir kurumun çözümünden alındığından bağımsız sayılmamıştır. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000qw60 ters çözüm hiposantrını 17 km derinliğe yerleştirir. Moment tensörü sentroid derinlikleri (GCMT 36,3 km, SC4 36 km, IPGP 31 km, USGS 21,5 km) moment merkezini gösterir ve hiposantr derinliğinin yerine kullanılmamıştır. KAGSR ve USGS kataloglarının 17.08.2024–29.10.2025 döneminde eşleşen 1.845 depreminde (eşleme ölçütü: zaman farkı ≤ 15 s ve uzaklık ≤ 100 km) iki kurumun dış merkezleri arasındaki uzaklığın ortancası 25,9 km'dir; KAGSR eksi USGS derinlik farkının ortancası −4,4 km (n = 807; USGS'in sabit derinlikleri dışlanarak) ve moment büyüklüğü farkının ortancası 0,00 (n = 77). Değerler bu çalışmanın 20.10.2026 tarihli katalog eşleştirme ölçümündendir ve iki katalogdan hangisinin doğru konumu verdiği hükmünü taşımaz.

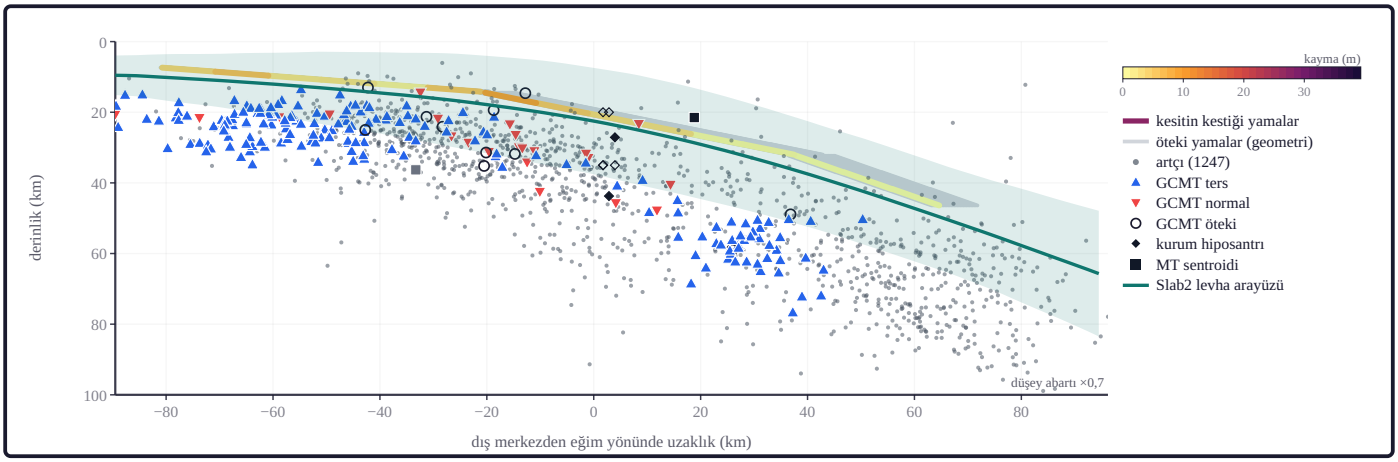
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

Sismik moment M_0 = 1,577×10²² N·m'dir (Mw 8,73; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10}E = 1{,}5 \cdot Mw + 4{,}8$ bağıntısıyla türetilen nominal ışınan enerji E ≈ 7,9×10¹⁷ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5\times10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ışınan enerji değildir. USGS sonlu fay modelinin (sürüm 5; gözden geçirilmiş ürün; 19.11.2025) moment hızı fonksiyonunda birikimli momentin %5'ine modelin kökeninden 38,1 s, %95'ine 191,4 s sonra ulaşılmıştır; aradaki süre (moment salınımının %90'ının gerçekleştiği süre) 153,3 s'dir ve moment hızı en büyük değerine (2,2×10²⁰ N·m/s) 108,9 s'de ulaşmıştır. USGS sonlu fay modelinde toplam sismik moment M_0 = 2,25×10²² N·m'dir (Mw 8,83) ve yamaların ortalama yükselme süresi 27,1 s'dir; model sonlu fay ters çözüm algoritmasıyla (Ji vd., 2002) kurulmuştur ve değerleri ölçüm değil model çıktısıdır. USGS sonlu fay modelinde (sürüm 5, 19.11.2025) kırık 3 düzlem parçasında, toplam 465 yamada çözülmüştür; modelde en büyük kayma 39,3 m, ortalama kırılma hızı 1,92 km/s'dir. Gerilme düşümü, kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla ve dikdörtgen fay bağıntısıyla Δσ ≈ 0,42–1,3 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan, üst sınır derine gömülü kırığa karşılık gelir. Kırığın üst kenar derinliği gözetildiğinde nokta değer Δσ ≈ 0,74 MPa'dır. Duyarlılık sınamasında eşdeğer alanlı dairesel çatlak (R = 137,3 km; GCMT M_0 = 1,58×10²² N·m) 2,7 MPa vermektedir. Duyarlılık olarak erken artçı zonu (ana şoka uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan R = 344,7 km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) Δσ ≈ 0,17 MPa (n = 1.646 olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

Sonlu fay modellerinde kırılmanın geometrisi şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için doğrultu boyunca birleşik uzunluk 581 km ve kırpılmış alanın bu uzunluğa bölümü olan genişlik 102 km; kenar kırpması eğim yönündeki şeritlerin her birinde ayrı yapıldığından bu boyut birleşik ızgarada kırpılmış bir etkin kırık boyutu değildir ve genişlik şeritlerin tamamını kapsayabilir. Kenar kırpma ölçütü Somerville vd. (1999) yöntemidir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 15. *Kesit dış merkezden geçen ve USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) modelinin temsili doğrultusuna (217°) dik düşey düzlemdir; yatay eksen eğim yönünde (307°) uzaklıktır, eksi değerler eğim yukarıdır; şerit modelin doğrultu boyunca kapladığı 625 km'dir; renkli parçalar USGS FFM modelinin kesitin kestiği 15 yaması (kayma 0–39,3 m; model), açık gri öteki yamalar (geometri); noktalar artçılar (1.247; sabit derinlikli 1.677 çizilmedi); imler GCMT artçıları, sentroid derinliği; sabit 19 çizilmedi; elmaslar kurum hiposantr derinlikleri (içi boş: sabit / bağımlı) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; artçılar: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; GCMT: Dziewonski vd., 1981; levha yüzeyi: Slab2 [Hayes, 2018], Seismo Lab hesabı).*

Şekil 15: USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) yamaları kesitte 7–46 km derinlikleri arasında uzanır (Şekil 15).

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ (DEVAM)

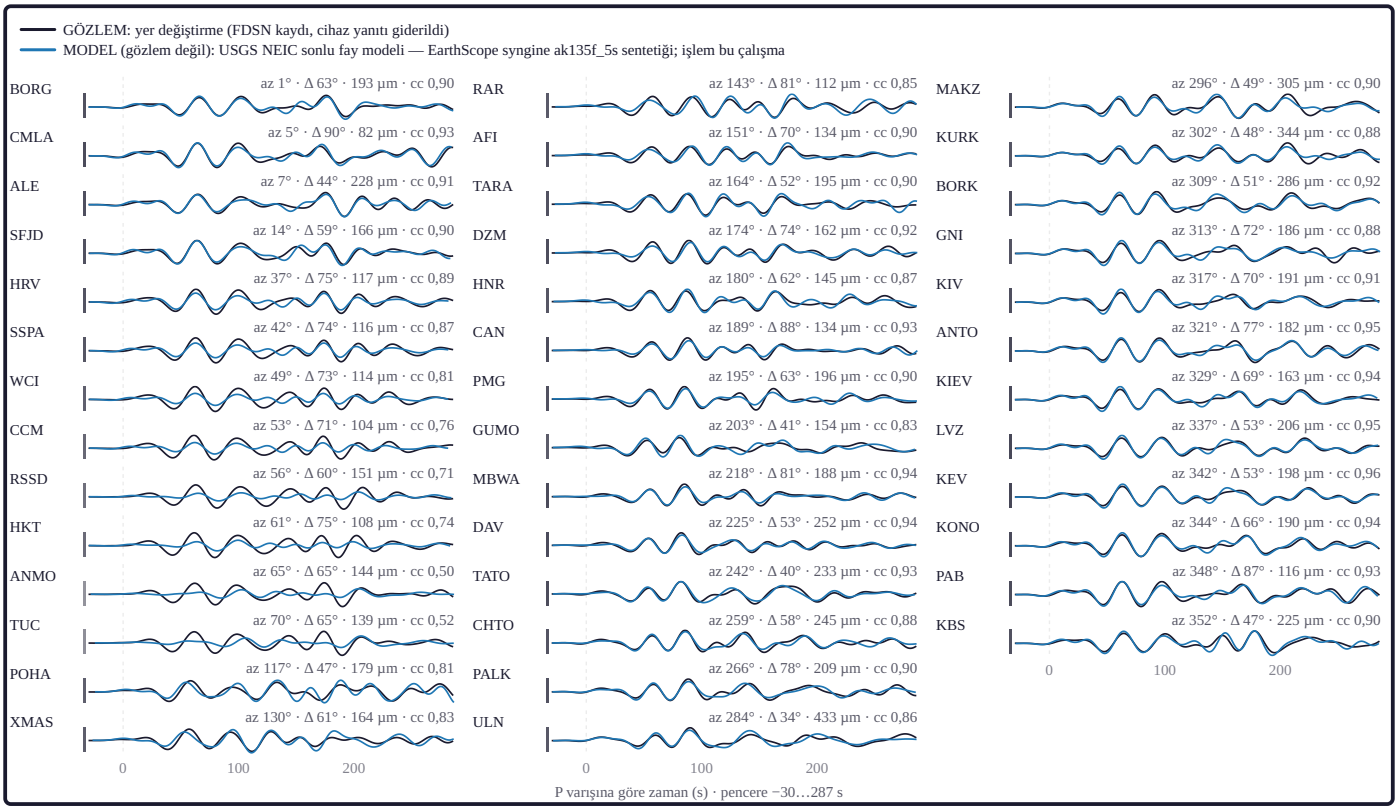
En büyük kaymanın %10'unu aşan yamaların, yama doğrultularının moment ağırlıklı ortalaması olan eksene izdüşüm aralığına bir yama boyu eklenerek ölçülen uzanımı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 587 km, derinlik aralığı 7,4–41,7 km; eksen tek doğrultu olduğundan eğri izli modelde bu uzanım ızgara ya da etkin kırık uzunluğuyla aynı nicelik değildir. Sonlu fay modeli bulunduğundan kırığın boyutu ve süresi bu metinde ampirik ölçekleme bağıntılarından değil, sonlu fay modellerinden verilmiştir. Moment tensörü çözümlerinin kaynak süreleri ayrı tanımlıdır: USGS W-fazı çözümünün üçgen kaynak zaman işlevinin süresi 225 s, yarı süresi 112,5 s; GCMT çözümünün iki kat yarı süresi 113,4 s; bu süreler sonlu fay modelinin moment hızı süresiyle aynı nicelik değildir. Etkin kırık alanına eşit alanlı dairesel çatlak bağıntısıyla (Eshelby, 1957) hesaplanan gerilme düşümü şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 3,8 MPa, çatlak yarıçapı 137 km, modelin kendi momentiyle (M_0 = 2,25×10²² N·m); aynı yarıçaplı eşdeğer daire GCMT momentiyle (M_0 = 1,58×10²² N·m) 2,67 MPa verir; iki değer arasındaki fark yöntemden değil M_0 farkından gelir ($\Delta\sigma$ M_0 ile doğrusal ölçeklenir), öteki gerilme düşümü kestirimleriyle aynı nicelik değildir; USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için alan eğim yönündeki şeritlerin tamamını kapsayabildiğinden değer bu alan seçimine özellikle duyarlıdır, daha küçük alan daha büyük gerilme düşümü verir. USGS sonlu fay modeli us6000qw60 ters çözümüne 58 telesismik cisim dalgası kaydı, 58 telesismik yüzey dalgası kaydı, 3 GNSS istasyonu ve 1.302 InSAR veri noktası girmiştir; tsunami (DART) kayıtları bu modelde kullanılmamıştır.

Yamalar, yama doğrultularının moment ağırlıklı ortalaması olan eksene izdüşürüldüğünde hiposantrın doğrultu boyunca iki yanına düşen moment paylarından baskın olanı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için %98,4, baskın yan güneybatı, moment ağırlık merkezinin eksene izdüşümü hiposantrdan 224 km; bu ölçüyle kırılma tek yönlü sınıfındadır, işletimsel eşikler tek yönlü için %80 ve üstü, baskın yönlü için %60–80 aralığıdır. Moment tensörü sentroidi dış merkezin GCMT çözümünde 275 km güneybatısında ve USGS W-fazı çözümünde 51,8 km güneybatısında yer alır; GCMT sentroidinin ötelenme yönü birincil modelin baskın kırılma yönüyle uyumludur, açı farkı 6° ve uyum ölçütü 45°'dir.

USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için modelin kırılma zamanlarından ölçülen kırılmış alanın %90 yüzdelik uzanımı güneybatı yönünde yaklaşık 2,2 km/s hızla büyümüş ve büyümesi kırılmanın başlangıcından 170 saniye sonra hiposantrdan yaklaşık 367 km'de durmuştur; bu ölçütle iki ayrı hız evresi ayırt edilmemiştir. %90 yama yeniden örnekleme aralıkları hız için 2,16–2,32 km/s'dir; uzanım, kayması en büyük kaymanın %10'unu aşan ve o ana dek kırılmış (enterpole edilmiş kırılma zamanına göre) bölgenin bu yöndeki yatay izdüşümünün %90 yüzdeliğidir, kırılma önünün kendisi değildir ve düzgün genişlikte tek yönlü ilerlemede ön hızının yaklaşık %90'ını verir; aralıklar yamaların yeniden örneklenmesindendir, model belirsizliği değildir; değerler model çıktısıdır (doğrultu boyunca hücre 20 km, örnekleme adımı 10 s, tek adımın hız çözünürlüğü ≈ hücre / adım = 2 km/s). Kırılma önü uzaklık–zaman panosundaki ölçü ise ayrıdır: eşzaman bandı kırılma önü, her zaman adımında yeni kırılmaya başlayan bölgenin önüdür ve birikimli kırılmış alanın uzanımı değildir; aynı iki evre kapısıyla bu ölçü iki hız evresi vermiştir (ilk yaklaşık 40 saniyede yaklaşık 1,7 km/s, ardından yaklaşık 2,7 km/s); iki evre ayrımı ölçünün tanımına bağlıdır; kırılmış alanın uzanımında iki evre, yüzdelik seçimine (%80 ↔ %95) duyarlı olduğundan kapıyı geçmemiştir (model çıktısı). Modellerde en büyük kayma ve yeri şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 39,3 m, modelin hiposantrının 326 km güneybatısında, yaklaşık 21,8 km derinlikte. Kayması olayın ortalama kaymasını aşan yamaların doğrultu boyunca uzanımı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için ortalama kayma 12,2 m, bu eşiği aşan momentin %10–90 aralığı 262 km, uç uca uzanım 404 km, derinlik 7,4–26,2 km, momentin %68 kadarı; ortalama kayma her modelde sismik momentin, kenarları kırpılmış etkin kırık alanı (Somerville vd., 1999) ile modelin kendi momentiyle tutarlı kayma modülünün — μ_eff = ΣM0 / Σ(kayma·alan); USGS sonlu fay modeli us6000qw60 31 GPa — çarpımına bölümüdür, aralık yamaların doğrultu eksenine izdüşümünün moment ağırlıklı yüzdelikleri, uç uca uzanım ise izdüşüm aralığına bir yama boyu eklenerek ölçülmüştür. Modelin hiposantrına en yakın yamadaki kayma şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 3,81 m, en büyük kaymanın %10 kadarı, en büyük kaymanın hiposantra uzaklığı 326 km; işletimsel ölçüt oranın en çok 0,3, uzaklığın en az 50 km olmasıdır. Momentin yama merkez derinliğine göre payları şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 15 km'den sığda %27,2, 15–30 km'de %64,3, 30 km'den derinde %8,5.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 16. *40 telesismik istasyonda (30–90°; ağlar G, GE, II, IU) P dalgası düşey (Z) bileşen yer değiştirmesi: siyah GÖZLEM (EarthScope veri hizmetleri), mavi MODEL — USGS NEIC sonlu fay modeli için EarthScope syngine ak135f_5s sentetiği (sentetik syngine hizmetinde hesaplandı; işlem bu çalışma). Sentetik, kurum ürünü kayma modelinin yamalarının syngine sonlu fay yoluyla toplanmasıdır (yama başına zaman kaydırmalı asimetrik kosinüs kayma hızı; Green işlevleri syngine veritabanının küresel yer modelindendir). P kayıtları cihaz yanıtı giderilip 25–100 s bandında (Butterworth, sıfır fazlı) süzüldü; alt sınır, sentetiği kurulan sonlu fay modelinin alt fay boyutundan türetildi (Δ 20 km; T ≥ 4·Δ/β, β 3,75 km/s): sentetik her alt fayı tek nokta kaynakla temsil ettiğinden daha kısa periyotta yapay enerji taşır. P izlerinin zaman ekseni IASP91 P varışına göredir (−30…287 s); sentetik, ilintiyi en büyük yapan zaman ötelemesiyle (±10 s içinde) kaydırılarak çizildi. P izlerinde solda istasyon kodu, sağ üstte azimut, uzaklık (°), gözlemin tepe genliği (µm; bu çalışmanın süzgeciyle) ve ilinti katsayısı (cc); izin solundaki ince çubuk cc arttıkça açık griden koyu griye döner. Uyum (40 iz): kaydırılmış sentetikle ilinti ortancası 0,90 (çeyrekler 0,85–0,93), kaymasız 0,88; varyans azalımı ortancası 0,79; genlik oranı (gözlem / sentetik, RMS) ortancası 1,06. Öteki kaynakların ilinti ortancası (çizilmedi): GCMT C202507292324B nokta kaynak ≥ 0,22 (26 / 40 izde kayma ±10 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır); USGS W-fazı (Mww) nokta kaynak ≥ 0,26 (39 / 40 izde kayma ±10 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır) (veri: EarthScope Consortium veri hizmetleri [eski IRIS DMC] [FDSN dataselect]; cihaz yanıtı: EarthScope FDSN station hizmeti; ağlar G [doi:10.18715/GEOSCOPE.G], GE [doi:10.14470/TR560404], II [doi:10.7914/SN/II], IU [doi:10.7914/SN/IU]; sentetik: EarthScope syngine [doi:10.17611/DP/SYNGINE.1; Krischer vd., 2017; Nissen-Meyer vd., 2014; van Driel vd. 2015], ak135f_5s [ak135: Kennett vd., 1995; yoğunluk ve Q: Montagner ve Kennett, 1996]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; varış: IASP91 [Kennett ve Engdahl 1991]; işlem: bu çalışma).*

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ (DEVAM)

Yama merkezi, ETOPO 2022 batimetrisinden (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) bu çalışmada çıkarılan hendek eksenine yatayda 50 km'den yakın olan yamalar momentin USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için %5,1 kadarını taşır; değer 30 km'de %0,5 ve 75 km'de %20,2'dir; değerler model çıktısıdır. Hendek ekseni, PB2002 hendek izinin (Bird, 2003) 10 km arayla alınan ±80 km dik kesitlerindeki en derin noktalardır.

Uzak istasyonlardaki P dalgası kayıtları ve kayma modelinin sentetikleri Şekil 16'da verilmiştir.

Gözlenen telesismik yer değiştirme ile sentetik arasında, arama aralığı içinde ilintiyi en büyük yapan zaman kaymasından sonraki ilinti katsayısının istasyon ortancası — GCMT C202507292324B nokta kaynağı (MODEL): P ≥ 0,22 (26 / 40 istasyonda kayma ±10 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır), SH ≥ 0,31 (21 / 39 istasyonda kayma ±15 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır), Love 0,49, Rayleigh 0,34; USGS W-fazı (Mww) nokta kaynağı (MODEL): P ≥ 0,26 (39 / 40 istasyonda kayma ±10 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır), SH 0,42, Love 0,54, Rayleigh 0,45; USGS sonlu fay modeli us6000qw60 (MODEL): P 0,90, SH 0,81, Love 0,70, Rayleigh 0,45.

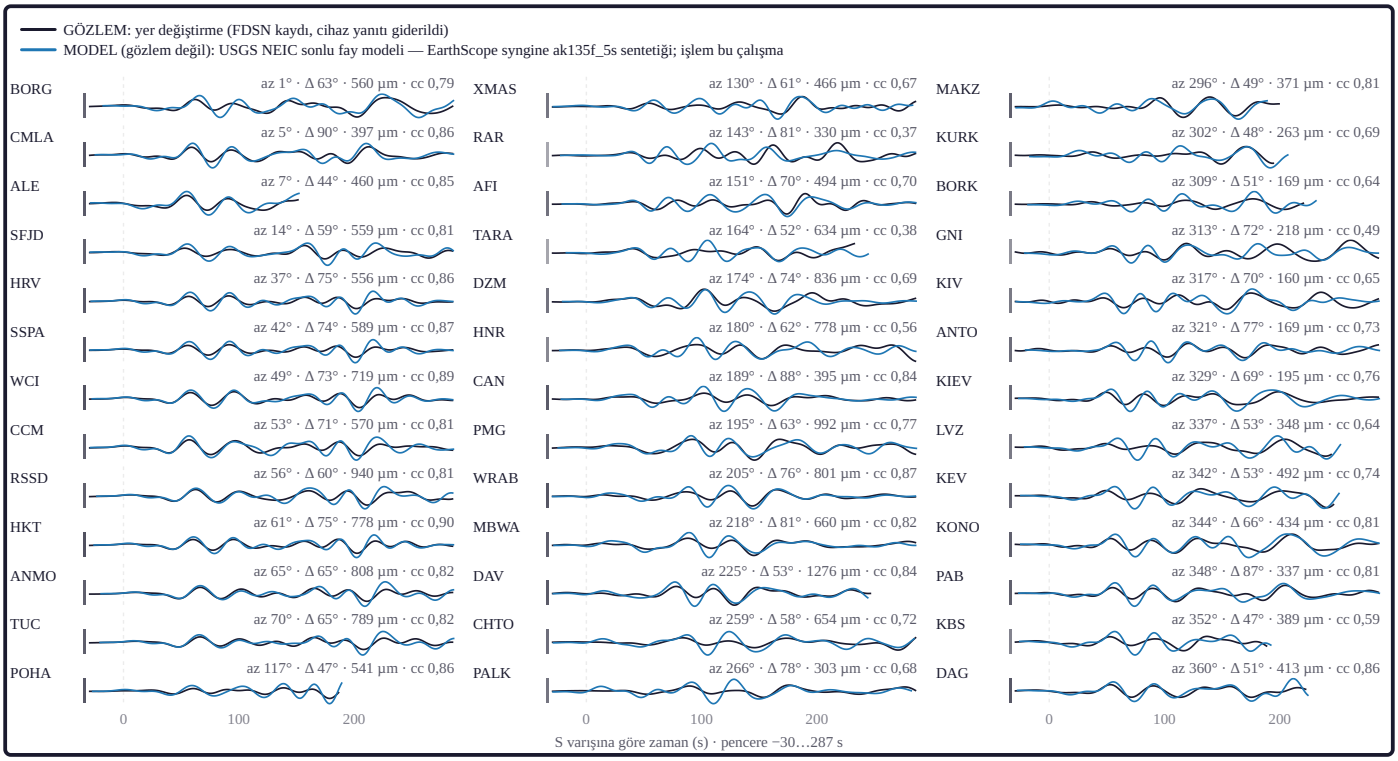
Ters çözüme giren gözlemle yapılan karşılaştırma uyum ölçüsüdür ve modeli sınamaz: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 15 istasyonlu DART tepe genliği karşılaştırması bağımsızdır (ters çözüme girmemiştir), 2 izli InSAR görüş doğrultusu karşılaştırması girdidir (ters çözüme girmiştir) ve 40 istasyonlu telesismik P dalgası karşılaştırması girdidir (ters çözüme girmiştir).

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla 214°/18°/84° (NP1) ve 40°/72°/92° (NP2) olarak verilmektedir; kayma iki düğüm düzleminde de ters atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 8,73'tür. Mekanizma ters (bindirme) faylanma sınıfındadır. Ohotsk levhası dalan Pasifik levhasının üzerine kaymaktadır (levhalar arası bindirme). GCMT deviatorik moment tensörünün özdeğer ayrışımı %DC = 99,0, %CLVD = 1,0 vermektedir (lune boylamı γ = −0,3°; %ISO = 0 ve δ = 0 değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Yüksek çift-kuvvet oranı, düzlemsel bir fay üzerinde basit makaslama kırılmasını gösterir. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (±180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 17. *39 telesismik istasyonda (30–90°; ağlar G, GE, II, IU) SH dalgası enine (T; yataylar istasyondan kaynağa azimutla döndürüldü) bileşen yer değiştirmesi: siyah GÖZLEM (EarthScope veri hizmetleri), mavi MODEL — USGS NEIC sonlu fay modeli için EarthScope syngine ak135f_5s sentetiği (sentetik syngine hizmetinde hesaplandı; işlem bu çalışma). SH sentetiği, kurum ürünü kayma modelinin yamalarının syngine sonlu fay yoluyla toplanmasıdır. SH kayıtları cihaz yanıtı giderilip 25–100 s bandında (Butterworth, sıfır fazlı) süzüldü; alt sınır, sentetiği kurulan sonlu fay modelinin alt fay boyutundan türetildi (Δ 20 km; T ≥ 4·Δ/β, β 3,75 km/s): sentetik her alt fayı tek nokta kaynakla temsil ettiğinden daha kısa periyotta yapay enerji taşır. SH penceresi, Love dalgası girmeden kesildi. SH izlerinin zaman ekseni IASP91 S varışına göredir (−30…287 s); sentetik, ilintiyi en büyük yapan zaman ötelemesiyle (±15 s içinde) kaydırılarak çizildi. SH izlerinde solda istasyon kodu, sağ üstte azimut, uzaklık (°), gözlemin tepe genliği (µm; bu çalışmanın süzgeciyle) ve ilinti katsayısı (cc); izin solundaki ince çubuk cc arttıkça açık griden koyu griye döner. Uyum (39 iz): kaydırılmış sentetikle ilinti ortancası 0,81 (çeyrekler 0,68–0,84), kaymasız 0,62; varyans azalımı ortancası 0,08; genlik oranı (gözlem / sentetik, RMS) ortancası 0,69. Öteki kaynakların ilinti ortancası (çizilmedi): GCMT C202507292324B nokta kaynak ≥ 0,31 (21 / 39 izde kayma ±15 s arama sınırına dayandı; değer alt sınırdır); USGS W-fazı (Mww) nokta kaynak 0,42 (veri: EarthScope Consortium veri hizmetleri [eski IRIS DMC] [FDSN dataselect]; cihaz yanıtı: EarthScope FDSN station hizmeti; ağlar G [doi:10.18715/GEOSCOPE.G], GE [doi:10.14470/TR560404], II [doi:10.7914/SN/II], IU [doi:10.7914/SN/IU]; sentetik: EarthScope syngine [doi:10.17611/DP/SYNGINE.1; Krischer vd., 2017; Nissen-Meyer vd., 2014; van Driel vd. 2015], ak135f_5s [ak135: Kennett vd., 1995; yoğunluk ve Q: Montagner ve Kennett, 1996]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; varış: IASP91 [Kennett ve Engdahl 1991]; işlem: bu çalışma).*

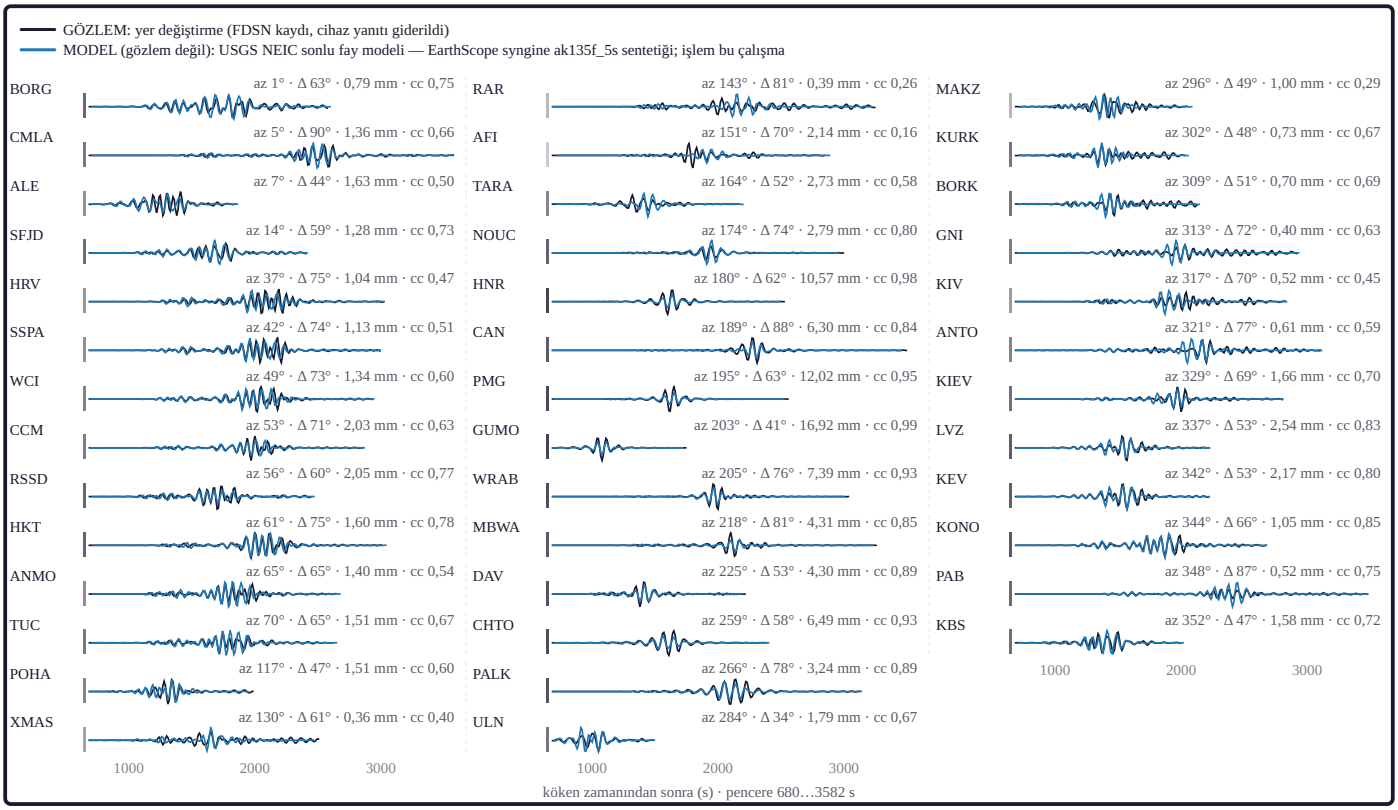
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ (DEVAM)

Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden ±1,2°; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1976–2026; yalnız sığ odak sınıfındaki çözümler, h < 70 km; başka derinlik sınıfındaki 14 çözüm ayrıldı; n = 467; ortalama uyumsuzluk 11,7°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 125° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 123–127°) ve rejimi ters faylanma olarak kısıtlamaktadır; gerilme şekil oranı R = 0,71 (0,60–0,81) olarak kestirilmiştir. Odak mekanizması açılarına 10° standart sapmalı gürültü eklenerek yinelenen yeniden örneklemede aralık 121–127° olmaktadır; aralığın genişliği bu çalışmanın işletimsel eşiğinin (15°) altında kaldığından yön iyi kısıtlı sayılmıştır. Şekil oranı $R = (\sigma_1 - \sigma_2)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ biçiminde tanımlıdır (asal gerilmeler basınç pozitif, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$); 0'a yakın değer σ_2'nin σ_1'e, 1'e yakın değer σ_3'e yakın olduğunu gösterir. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; n = 500) 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: 3 doğrultu atımlı, 33 normal, 398 ters ve 66 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf ters faylanmadır: 500 çözümün 398'i (%80) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %73–85'tir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 155 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır.

Aralığın alt sınırı (%73) bu çalışmanın baskın sınıf nitelemesi için aradığı işletimsel eşiğin (%70) altına inmediğinden küme baskın biçimde ters faylanmalı olarak nitelenmiştir. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 11 doğrultu atımlı, 66 normal ve 423 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. Çalışma olayı çevresinde ayrıca bir mekanizma arama penceresi taranmıştır: çalışma olayından 180 gün öncesi ile 30 gün sonrası arasında, 660 km yarıçapta ve Mw ≥ 4,0 eşiğinde 213 çözüm bulunmuştur; 40 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 172 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 105'i, çalışma olayının GCMT moment büyüklüğüyle (Mw 8,73) kurulan 116 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay dairesi içindedir (artçı dizisi 118 km yarıçapla sayılmıştır); dairenin dışında kalan 108 çözümün 7'si çalışma olayından önceki döneme, 101'i olaydan sonraki döneme aittir (Mw 4,75–6,78; dış merkeze 116–589 km). Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 148 ters, 42 normal, 19 eğik/karma, 4 doğrultu atımlı çözüm biçimindedir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 467) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı %0 doğrultu atımlı, %2 normal, %94 ters ve %3 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 18. *40 telesismik istasyonda (30–90°; ağlar G, GE, II, IU) Love dalgası enine (T; yataylar istasyondan kaynağa azimutla döndürüldü) bileşen yer değiştirmesi: siyah GÖZLEM (EarthScope veri hizmetleri), mavi MODEL — USGS NEIC sonlu fay modeli için EarthScope syngine ak135f_5s sentetiği (sentetik syngine hizmetinde hesaplandı; işlem bu çalışma). Love sentetiği, kurum ürünü kayma modelinin yamalarının syngine sonlu fay yoluyla toplanmasıdır. Love kayıtları cihaz yanıtı giderilip 50–100 s bandında (Butterworth, sıfır fazlı) süzüldü. Love izlerinin zaman ekseni köken zamanına göredir (680…3582 s); sentetik, ilintiyi en büyük yapan zaman ötelemesiyle (±40 s içinde) kaydırılarak çizildi. Love izlerinde solda istasyon kodu, sağ üstte azimut, uzaklık (°), gözlemin tepe genliği (mm; bu çalışmanın süzgeciyle) ve ilinti katsayısı (cc); izin solundaki ince çubuk cc arttıkça açık griden koyu griye döner. Uyum (40 iz): kaydırılmış sentetikle ilinti ortancası 0,70 (çeyrekler 0,58–0,83), kaymasız −0,11; varyans azalımı ortancası 0,35; genlik oranı (gözlem / sentetik, RMS) ortancası 1,07; 6 izde kayma arama sınırına dayandı. Öteki kaynakların ilinti ortancası (çizilmedi): GCMT C202507292324B nokta kaynak 0,49; USGS W-fazı (Mww) nokta kaynak 0,54 (veri: EarthScope Consortium veri hizmetleri [eski IRIS DMC] [FDSN dataselect]; cihaz yanıtı: EarthScope FDSN station hizmeti; ağlar G [doi:10.18715/GEOSCOPE.G], GE [doi:10.14470/TR560404], II [doi:10.7914/SN/II], IU [doi:10.7914/SN/IU]; sentetik: EarthScope syngine [doi:10.17611/DP/SYNGINE.1; Krischer vd., 2017; Nissen-Meyer vd., 2014; van Driel vd. 2015], ak135f_5s [ak135: Kennett vd., 1995; yoğunluk ve Q: Montagner ve Kennett, 1996]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; varış: IASP91 [Kennett ve Engdahl 1991]; işlem: bu çalışma).*

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ (DEVAM)

Uzak istasyonlardaki SH dalgası kayıtları ve kayma modelinin sentetikleri Şekil 17'de verilmiştir.

Uzun periyot Love dalgası kayıtları ve kayma modelinin sentetikleri Şekil 18'de verilmiştir.

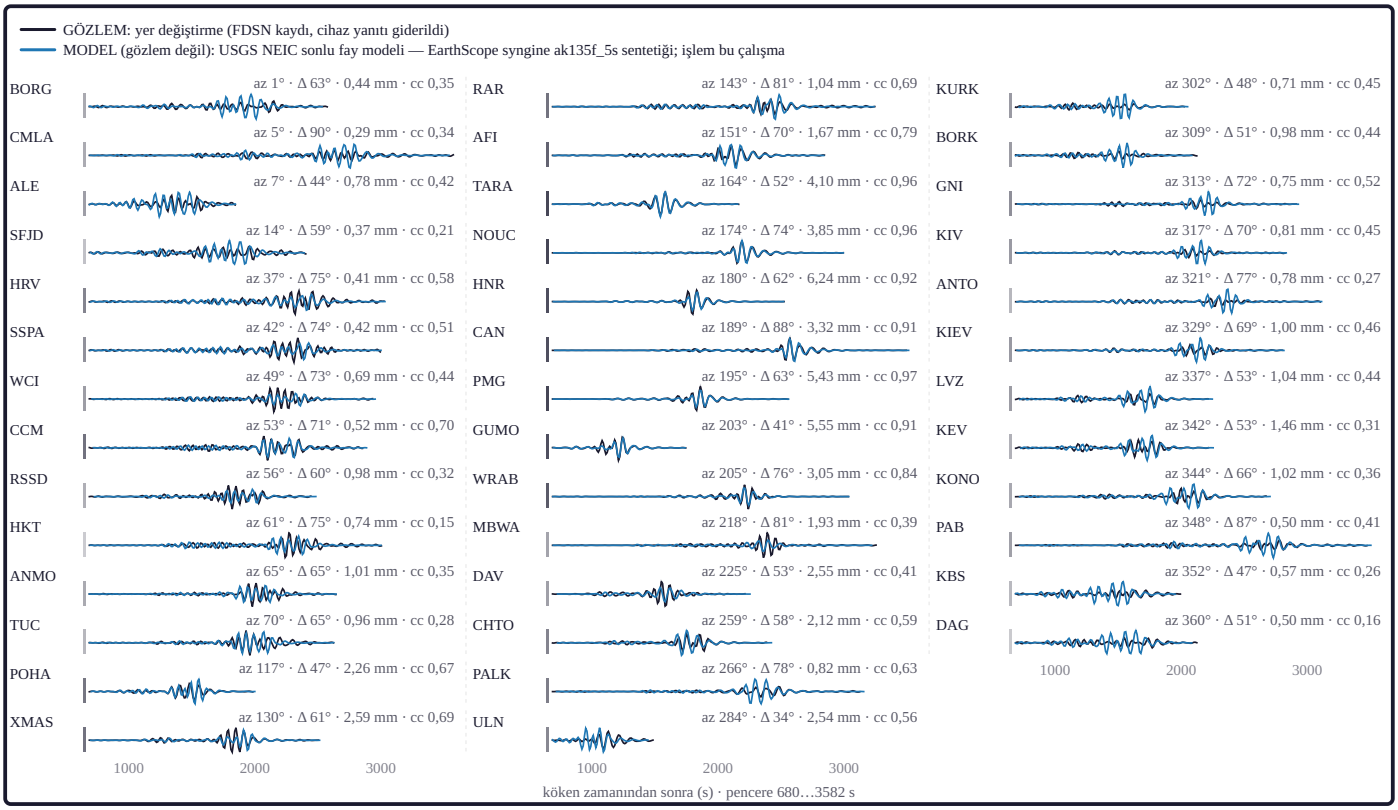
KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 696,8 × 245,7 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 0,0–142,6 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); bandın tabanı bu çalışmada kabuk tabanı için alınan işletimsel 40 km eşiğinin altına uzandığından sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır. Artçı bulutunun uzun ekseni 38° doğrultusundadır (%95 güven aralığı 37–38°); uzama oranı 2,86'dır (n = 6.557). Artçı kümesinin yatay boyutu en az 572,4 × 211,7 km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). Artçılar dış merkeze ya da USGS sonlu fay modelinin kırılma izine 118 km'den yakın olanlar arasından seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze ya da ize olan en kısa uzaklıkların %90 yüzdeliği 102 km, en uzak artçı 118 km); bu nedenle artçı bulutunun boyut ve uzama ölçüleri seçim sınırıyla sınırlıdır ve bulutun gerçek yayılımı için alt sınır olarak okunmalıdır, artçı sentroidi de yalnız seçim alanının içindeki artçılardan hesaplanmıştır.

Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri 378,0 ve 131,1 km'dir (elips, konumların kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla hesaplanan bir ölçektir; artçıların %95'ini içeren bir sınır değildir ve büyük yarı ekseni seçim yarıçapını aşmaktadır); yön ve uzama ölçüleri, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekilidir. Ana şok ile artçı sentroidi arasındaki ötelenme 143,0 km olarak ölçülmüştür (oran 0,38; azimut 210°); artçılar dış merkeze ya da kırılma izine 118 km'den yakın olanlar arasından seçildiğinden ve bulut bu sınıra dayandığından sentroid seçim alanının biçimiyle sınırlıdır ve bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükme bağlanmamıştır. Artçı uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP2 olup doğrultu farkı 2,4°'dir; öteki düğüm düzlemiyle doğrultu farkı 3,6° olduğundan yakınlık bu çalışmanın işletimsel ölçütünü (en yakın düzlemle fark 20°'den küçük, iki düzlemin farkları arasında en az 20° ayrım) karşılamamış ve düzlem seçiminde kanıt sayılmamıştır. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri I(NP1) = 0,958 ve I(NP2) = 0,837 olup aradaki fark 0,121 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt ΔI > 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 ayrım yapılmamıştır. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (167 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 300) I(NP1) = 0,980 ve I(NP2) = 0,787 bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 19. *40 telesismik istasyonda (30–90°; ağlar G, GE, II, IU) Rayleigh dalgası düşey (Z) bileşen yer değiştirmesi: siyah GÖZLEM (EarthScope veri hizmetleri), mavi MODEL — USGS NEIC sonlu fay modeli için EarthScope syngine ak135f_5s sentetiği (sentetik syngine hizmetinde hesaplandı; işlem bu çalışma). Rayleigh sentetiği, kurum ürünü kayma modelinin yamalarının syngine sonlu fay yoluyla toplanmasıdır. Rayleigh kayıtları cihaz yanıtı giderilip 50–100 s bandında (Butterworth, sıfır fazlı) süzüldü. Rayleigh izlerinin zaman ekseni köken zamanına göredir (680…3582 s); sentetik, ilintiyi en büyük yapan zaman ötelemesiyle (±40 s içinde) kaydırılarak çizildi. Rayleigh izlerinde solda istasyon kodu, sağ üstte azimut, uzaklık (°), gözlemin tepe genliği (mm; bu çalışmanın süzgeciyle) ve ilinti katsayısı (cc); izin solundaki ince çubuk cc arttıkça açık griden koyu griye döner. Uyum (40 iz): kaydırılmış sentetikle ilinti ortancası 0,45 (çeyrekler 0,35–0,69), kaymasız 0,07; varyans azalımı ortancası −0,36; genlik oranı (gözlem / sentetik, RMS) ortancası 0,81; 9 izde kayma arama sınırına dayandı. Öteki kaynakların ilinti ortancası (çizilmedi): GCMT C202507292324B nokta kaynak 0,34; USGS W-fazı (Mww) nokta kaynak 0,45 (veri: EarthScope Consortium veri hizmetleri [eski IRIS DMC] [FDSN dataselect]; cihaz yanıtı: EarthScope FDSN station hizmeti; ağlar G [doi:10.18715/GEOSCOPE.G], GE [doi:10.14470/TR560404], II [doi:10.7914/SN/II], IU [doi:10.7914/SN/IU]; sentetik: EarthScope syngine [doi:10.17611/DP/SYNGINE.1; Krischer vd., 2017; Nissen-Meyer vd., 2014; van Driel vd. 2015], ak135f_5s [ak135: Kennett vd., 1995; yoğunluk ve Q: Montagner ve Kennett, 1996]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; varış: IASP91 [Kennett ve Engdahl 1991]; işlem: bu çalışma).*

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI (DEVAM)

Aynı gerilme tensörü altında Wallace–Bott kayma uyumsuzluğu (gözlenen kayma vektörü ile düzlem üzerinde gerilme tensöründen çözülen makaslama gerilmesi arasındaki açı; Wallace, 1951; Bott, 1959) NP1 için 4,4°, NP2 için 2,4° ölçülmüştür; fark 10° düzeyinin altında olduğundan bu ölçüt iki düzlemi ayırt etmez. USGS sonlu fay modelinin (USGS NEIC) başlık düzlemi NP1 düğüm düzlemine 12°, NP2 düzlemine 79° açıdadır (düzlem normalleri arasındaki açı); modelin iki düğüm düzleminde de denenip bu düzlemin seçildiği yükteki kayıtlardan doğrulanamadığından NP1 düzlemine yakınlığı bağımsız bir düzlem oyu sayılmamıştır; kaynak boyutuna dayanan hesaplarda bu geometri kullanılmıştır.

Uzun periyot Rayleigh dalgası kayıtları ve kayma modelinin sentetikleri Şekil 19'da verilmiştir.

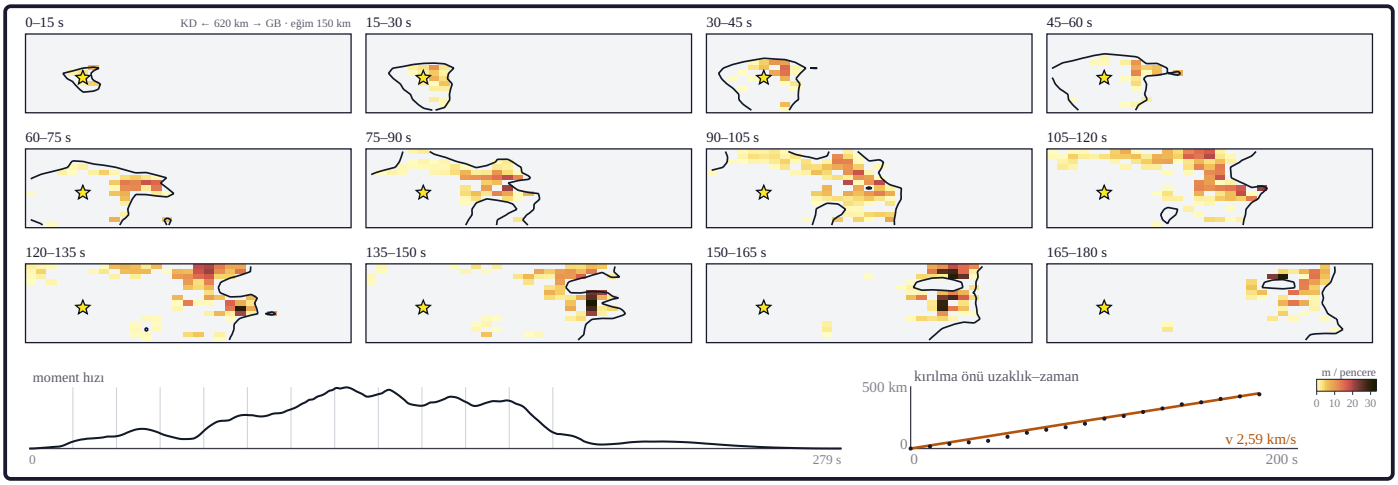
KOSEİSMİK YÜZEY DEFORMASYONU: GNSS VE INSAR GÖZLEMLERİ, ELASTİK MODEL

Kosismik yüzey yer değiştirmesi USGS sonlu fay modeli us6000qw60 kayma modelinin yamalarından, homojen elastik yarı uzayda Okada (1985) yüzey çözümüyle ızgarada ve GNSS istasyonlarında ileri hesaplanmıştır; bu çalışmada jeodezik ters çözüm yapılmamıştır, hesaplanan alanlar model çıktısıdır ve modellerin kendi ters çözümlerinde kullanılan katmanlı yer modeli bu hesapta yer almaz.

40 × 40 düğümlü kaba ızgarada en büyük yükselme, en büyük çökme ve en büyük yatay yer değiştirme şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 8,03 m, 4,65 m ve 15,8 m; değerler düğüm değerleridir ve gerçek uç değerler düğümler arasında olabilir. NGL günlük GNSS konumlarının 21.07.2025–28.07.2025 ve 30.07.2025–02.08.2025 pencereleri arasındaki ortanca farkı olarak ölçülen yatay yer değiştirme şöyledir (Blewitt vd., 2018): SKUR istasyonunda 1,7 m, 120° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı ekseni 21,8 mm; PETT istasyonunda 0,63 m, 146° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı ekseni 18,5 mm; PPKK istasyonunda 0,63 m, 146° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı ekseni 14,4 mm. Aynı istasyonlarda modellerin verdiği yatay yer değiştirme şöyledir: SKUR istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000qw60 2,67 m; PETT istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000qw60 0,97 m; PPKK istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000qw60 0,97 m; kıyas yalnız gözlenen ötelenmesi en büyük istasyonlardan oluşan bu alt kümeye aittir ve model ile gözlem arasında artık ya da varyans azaltımı gibi bir uyum istatistiği hesaplanmamıştır. Model yalnız ana şoku temsil ettiğinden önce penceresi 20.07.2025 tarihli M 7,50 büyük öncülün ertesi gününden başlatılmış, öncülün kalıcı yer değiştirmesi gözlemden ayıklanmıştır; önce penceresi öncülün ardıl hareketini içerebilir. Sonraki pencerenin ortancası depremden sonraki ilk günlerin ardıl hareketini de içerebilir; MIDAS seküler hızı bulunmayan istasyonlarda seküler düzeltme yapılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 20. *Kırılma anlık görüntüleri: USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) kayma modelinin açılmış fay düzleminde (yatay doğrultu boyunca, düşey eğim aşağı) 12 ardışık 15 s'lik pencerede açığa çıkan kayma; renk pencere içindeki kaymadır (ortak ölçek 0–33,1 m; model çıktısı); 180 s'den sonra toplam kaymanın %8,2'si (momentin %6,3'ü) açığa çıkar; panolardaki kayma ile bu kalan pay toplam kaymayı verir (fark %0,0); kaynak zaman işlevi yama başına yükselme ve düşme süreli asimetrik kosinüstür (modelin kendi parametreleri); siyah eğri pencere sonu kırılma önü; küçük pano kırılma önü uzaklık–zaman: v 2,59 km/s (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: bu çalışma [açılmış düzlem, pencere integrali]; renk: lajolla [Crameri, 2018]).*

Şekil 20: Toplam kaymanın yarısı 125 s'de açığa çıkmıştır (model çıktısı; Şekil 20).

KOSEİSMİK YÜZEY DEFORMASYONU: GNSS VE INSAR GÖZLEMLERİ, ELASTİK MODEL (DEVAM)

Sentinel-1 ko-sismik interferogramlarında (COMET-LiCSAR otomatik ürünü) bakış doğrultusundaki (LOS) yer değiştirme inen izde (060D, 19.07.2025–31.07.2025) kıyıda uyduya doğru 96 cm'ye, çıkan izde (111A, 23.07.2025–04.08.2025) kıyıda uydudan uzaklaşma yönünde 141 cm'ye ulaşmaktadır. Değerler uzak alana göre görelidir (kaynağa en uzak hücrelerin ortancası sıfır alınmıştır); 060D çiftinin zaman aralığı ana şoktan önceki büyük olayları da kapsar (en büyüğü 20.07.2025, M 7,5); ikinci edinim ana şoktan 060D çiftinde 1,8, 111A çiftinde 5,3 gün sonradır (ard-deprem hareketi ve artçılar içerilebilir). Gözlenen LOS alanı ile kayma modellerinin Okada homojen yarı uzay ileri hesabı arasındaki artığın karekök ortalaması USGS sonlu fay modeli us6000qw60 (model 30) için 060D izinde 84 mm (2.220 nokta), 111A izinde 104 mm (1.938 nokta) düzeyindedir (model çıktısı; iz başına yalnız sabit ötelenme kestirilmiştir, yörünge rampası ve katmanlı ortam etkisi hesaba katılmamıştır).

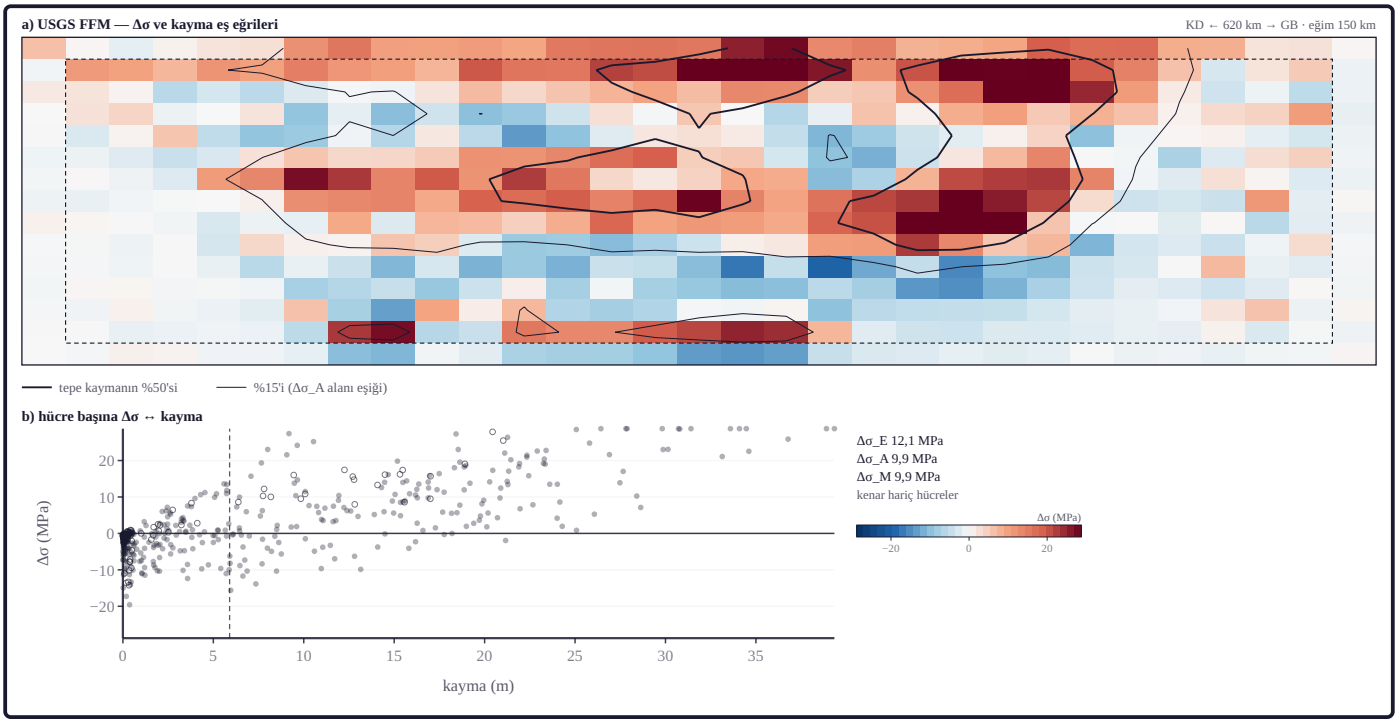
ARTÇI DİZİSİ İSTATİSTİĞİ VE ÖNCÜ RETROSPEKTİFİ

Ana şoku izleyen 90 günlük dönemde, dış merkez merkezli 118 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 3.005 artçı kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 7,9 büyüklüğündedir. Çalışma olayı bu dizinin toplam sismik momentinin %92 kadarını taşımaktadır; dizi, bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle (ΔM > 0,3 ve moment payı ≥ %50) ana şok–artçı dizisi olarak sınıflanmıştır. Artçıların (M ≥ 4,9) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (3,2–7,2 saat) günde 470 olaydan (%95 güven aralığı 370–590) son ölçüm aralığında (40–90 gün) günde 3,3 olaya (%95 güven aralığı 2,8–3,9) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 140 katıdır (%95 güven aralığı 100–190) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ilk 2 saatin kaydı eksik olduğundan ilk ölçüm aralığı kaydın tamlaştığı andan sonraki ilk aralıktır. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur (n = 706 olay, dış merkezden ya da kırılma izinden 118 km'ye kadar uzanan seçimde, 90 günlük pencere); p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir.

Değerlerin verilmemesinin gerekçesi ilk saatlerdeki katalog eksikliğidir. Uydurma ana şoktan başlamaktadır; tamlık eşiği ana şoku izleyen ilk pencerede 5,2'dir ve 4,8 değerine ana şoktan 1,7 saat sonra inmektedir. İlk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir, p de bu eksiklikten etkilenebilir. Sönüm bu nedenle yalnız yukarıda verilen gözlenen günlük oranlarla betimlenmiştir. Ana şok ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı ΔM = 0,9 olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 8,8 ve M 7,9); değer Båth yasasının (Båth, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla bağdaşmaktadır (bu çalışmanın işletimsel bandı ±0,4). Aynı fark moment tensörü büyüklükleriyle ΔM = 0,87 değerindedir; iki ölçek ayrı ayrı verilmiş, birbirine karıştırılmamıştır. Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi M* ≈ 7,2'dir (kestirimde kullanılan b = 1,23; dış merkezden ya da kırılma izinden 118 km'ye kadar uzanan dizi penceresinde M ≥ 4,9 olan 706 artçı üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Dizide gözlenen en büyük artçı (M 7,9) bu kestirimi 0,7 birim aşmaktadır. Buradaki b, dizi penceresindeki artçılardan kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümünde verilen olay sonrası b ile aynı çekinceyi taşır: ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle b aşağı yanlı olabilir; b küçüldükçe M* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk 1,7 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde (b = 1,27, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; M ≥ 4,8 olan 793 artçı) M* ≈ 7,1'dir ve aynı alt listede gözlenen en büyük artçı M 7,9'dur. Reasenberg–Jones dizi modelinin olasılıkları bu raporda verilmemiştir: model, Omori–Utsu uydurmasının p ve c değerlerini kullanır ve bu değerler bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Ana şoktan önceki 348 günlük pencerede dış merkez merkezli 118,2 km yarıçapta 1.363 olay kayıtlıdır (pencerenin oranı 3,92 olay/gün; pencereden önceki dönemin aynı yarıçaptaki ortalama arka plan oranı 1,49 olay/gün); Poisson testi P < 0,001 vermektedir, ancak taban sayımlarının aşırı yayılımı sınanmadığından (kümelenmiş katalogda Poisson varsayımı p'yi küçültür) etkinliğin arka plandan ayrıştığı ileri sürülmemiştir; ters Omori üsteli q = 1,23. Öncü etiketi yalnızca ana şok gerçekleştikten sonra, geriye dönük konabilir. USGS artçı deprem kestirimi (OAF; yayın 31.07.2026 16:13 UTC; model: Epidemic-Type aftershock model, Bayesian Combination) en az bir M ≥ 5 deprem olasılığını bir hafta içinde %48 ve bir ay içinde %93 olarak vermektedir (U.S. Geological Survey, 2017); bu değerler USGS modeli kestirimidir, herhangi bir depremin zamanını ya da yerini belirtmez ve USGS yeni verilerle günceller.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 21. *Fay düzleminde kayma ve statik gerilme düşümü: a) Ripperger ve Mai (2004) Δσ (±28,8 MPa; μ_eff 31 GPa; model) ve kayma eş eğrileri; b) hücre başına Δσ ↔ kayma; USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025): Δσ_E 12,1 MPa (bütün hücreler 12,3), Δσ_A 9,9, Δσ_M 9,9 MPa; sığ kenar deniz tabanına (serbest yüzey) bir hücreden yakındır ve tepe kaymanın USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) modelinde %53,5 kadar kayma taşır: hendeğe ulaşan kayma; sonsuz ortam varsayımı bu hücrelerde geçersiz olduğundan kenar hariç değerler esas alınır; açılmış düzlemde yatay eksen doğrultu boyuncadır (sol uç KD, sağ uç GB; 620 km), düşey eksen eğim aşağıdır (150 km) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Ripperger ve Mai, 2004; Okada [1992] denetimi).*

Şekil 21: Seçilen modelde gerilme artışı gösteren hücrelerin %84,5'i büyük kaymalı hücrelerin (kayma ≥ tepe kaymanın %15'i; $\Delta\sigma_A$ alanı) dışındadır (model çıktısı; Şekil 21).

ARTÇI DİZİSİ İSTATİSTİĞİ VE ÖNCÜ RETROSPEKTİFİ (DEVAM)

Büyük öncüller ana şoktan önceki 365 günlük arama aralığında, dış merkezin 118 km çevresinde M ≥ 6,8 eşiğiyle aranmış ve 2 büyük öncül bulunmuştur; en erkeni 17.08.2024 M 7,00, en büyüğü 20.07.2025 M 7,50; büyüklükler birleşik katalogdan alınmıştır. En erken büyük öncülü kapsamak için öncül penceresi varsayılan 90 günden 348 güne uzatılmıştır. Büyük öncül kayma modellerinde model başına belirlenen kayma eşiğini aşan öncül yamalarının kayma ve alanla ağırlıklı merkezinin USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için ana şokun, en büyük kaymanın %30'unu aşan yamalarından oluşan büyük kaymalı kuşağına en yakın yama merkezine yatay uzaklığı ve bu kuşakla örtüşen yama payı şöyledir: 17.08.2024 M 7,0 öncülü için (kayma ≥ 0,14 m) 73 km, örtüşme %0; 20.07.2025 M 7,5 öncülü için (kayma ≥ 0,28 m) 80 km, örtüşme %0; öncül modelleri USGS sonlu fay modeli us7000n7n8 ve USGS sonlu fay modeli us7000qdyl; değerler model çıktısıdır. Büyük öncül dizilerinde iki kataloğun kayıtları karşılaştırılmıştır: 17.08.2024 M 7,00 öncülünün dizisinde, 17.08.2024–20.07.2025 döneminde, USGS 113, KAGSR 425 olay kaydetmiş, 112 olay eşleşmiş ve eşleşen olaylarda dış merkez farkının ortancası 27,9 km olmuştur; 20.07.2025 M 7,50 öncülünün dizisinde, 20.07.2025–29.07.2025 döneminde, USGS 427, KAGSR 878 olay kaydetmiş, 399 olay eşleşmiş ve eşleşen olaylarda dış merkez farkının ortancası 27 km olmuştur. Sayımlar dış merkezin 118 km çevresini kapsayan dikdörtgen kutuda büyüklük alt sınırı uygulanmadan, iki kataloğun kendi tamlıklarıyla yapılmıştır; iki kataloğun bu bölgedeki tamlık büyüklüğü bu çalışmada ölçülmemiştir.

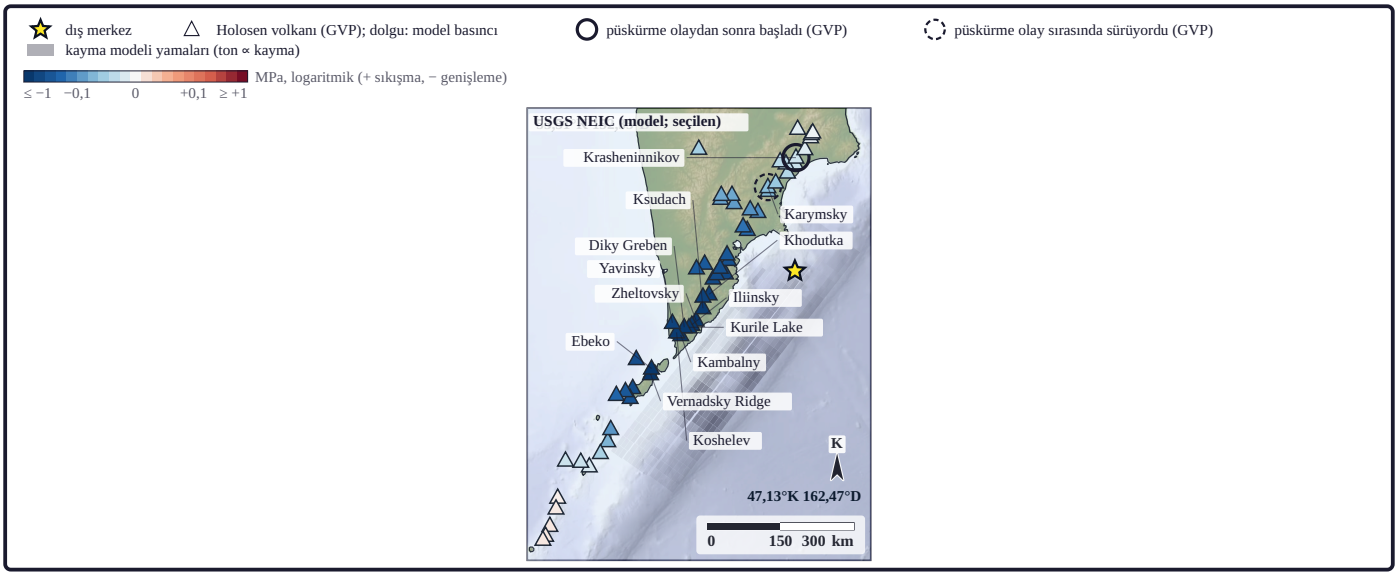
Olay dizisinden, büyüklüğü bağımsız kurum çözümleriyle doğrulanamayan 3 komşu kayıt çıkarılmıştır: 20.07.2025 07:26 UTC Mw 7,00 kaydı, çünkü büyüklüğü 7 ve üstü olduğu hâlde ne GCMT ne USGS moment büyüklüğü çözümü var; 18.09.2025 19:08 UTC Mw 8,20 kaydı, çünkü büyüklüğü 7 ve üstü olduğu hâlde ne GCMT ne USGS moment büyüklüğü çözümü var; 18.09.2025 19:19 UTC Mw 7,30 kaydı, çünkü büyüklüğü 7 ve üstü olduğu hâlde ne GCMT ne USGS moment büyüklüğü çözümü var. Çıkarılan kayıtlar ne çift deprem ne de en büyük artçı olarak değerlendirilmiştir. Ana şoktan sonraki 90 günde, Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresine göre kırılma izine 118 km içindeki artçı bölgesinde kaydedilen M ≥ 5,0 büyüklüğündeki 505 tekil katalog olayının 60 tanesi hendeğin okyanus yanındadır; hendek konumu ETOPO 2022 batimetrisinden (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) bu çalışmada çıkarılan eksenden alınmıştır. Sayım kurumlar arası tekilleştirilmiş katalogdan yapılmıştır: inceleme kutusundaki 10.447 katalog satırından 2.070 kurumlar arası kopya kayıt birleştirilmiş, büyüklüğü doğrulanamayan 2 kayıt çıkarılmış, yerel ya da süre ölçekli (ML, Md) veya türü belirsiz büyüklüklü 2.668 kayıt sayılmamıştır.

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 μ′ = 0,40 ile 15,3 km derinlikte ve 49 × 53 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi USGS sonlu fay modelinden (USGS NEIC) alınmıştır — model başlık düzleminin doğrultu/eğim/kayma 217°/7°/80°; etkin kırık boyutu: 3 segmentin doğrultu boyunca birleşik uzunluğu (eğim yönünde üst üste dizili segmentler toplanmadan) L = 581 km, eşdeğer genişlik (alan / L) W = 102,0 km. Gerilme aktarımı modelin 465 yamasının tümüyle hesaplanmıştır; etkin kırık boyutu kenar kırpmasıyla (Somerville vd., 1999) kurulmuştur.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 22. *58 Holosen volkanı (GVP; min(dış merkez, kırılma izi) ≤ 300 km; aday kümesi USGS NEIC kırılma iziyle kurulmuştur). Üçgen dolgusu volkanın altında 2–10 km derinlikteki eşsismik kaya basıncı değişiminin ortalamasıdır ($P = -(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)/3$; + sıkışma, − genişleme; renk işaretli logaritmik ölçekte (±0,01 MPa'ya dek doğrusala yakın), ±1 MPa'da doygun); basınç MODEL çıktısıdır: USGS NEIC, kamu malı (USGS) kayma modelleriyle (μ = 30 GPa, ν = 0,25). Basınç homojen elastik yarı uzay varsayımıyla Okada (1992) çözümünden hesaplanmıştır; topoğrafya ve katmanlı ortam yoktur. Gri tonlu dörtgenler panel modelinin yamalarının yüzey izdüşümüdür (ton kaymayla orantılı). Halka GVP'ye göre olay penceresindeki püskürme durumudur (Krasheninnikov: olaydan sonra başladı, 3 gün sonra; Karymsky: olay sırasında sürüyordu); gün farkı volkanın nominal yerel takvim günüyledir (GVP tarihleri saat taşımaz; ±1 gün). Öbür imler Şekil 6c'deki gibidir. Zemin ETOPO 2022 gölgeli kabartmasıdır (oleron: mavi tonlar deniz, yeşil–kahve tonlar kara); ince koyu çizgi aynı ızgaranın 0 m eğrisidir (gelgit kıyı çizgisi değildir) (volkanlar ve püskürmeler: Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; basınç: bu çalışma [model; Okada, 1992]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 22: Olaydan sonra püskürmeye başlayan Krasheninnikov altında 2–10 km ortalama model basıncı USGS NEIC ile −0,0086 MPa'dır (Şekil 22).

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI (DEVAM)

Gözlemsel sınama olarak ΔCFS her artçının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 6.062 artçının 2.828 tanesi (%47) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 3.000 tanesi (%49) −0,1 bar altındaki gölge alanında, 234 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 495 artçı bu sayımın dışında tutulmuştur. Yansız bant eşiği 0,1 bar olarak alınmıştır. Bu eşiğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetiklemeyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Karşılaştırma için bir boş model kurulmuştur: boş model, artçıların yerleşiminin gerilme değişimi alanından bağımsız olduğu varsayımını temsil eden uzamsal karşılaştırma modelidir ve burada olay öncesi sismisitenin konumlarından oluşur. Boş modelde yükleme alanına düşen pay %45 olarak ölçülmüştür (85/187); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark 1,2 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı −6,1 ile 8,3 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içerdiğinden artçı yerleşimi bu ölçüyle boş modelden ayırt edilememektedir. Artçı konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; sınıflar katalog hiposantrlarına göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve mertebe betimlemesi olarak okunmalıdır. En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SHmax doğrultusu 129° çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 129°; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 4.112 yükleme, 1.849 gölge ve 101 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 5.770 yükleme, 205 gölge ve 87 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 1699). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır.

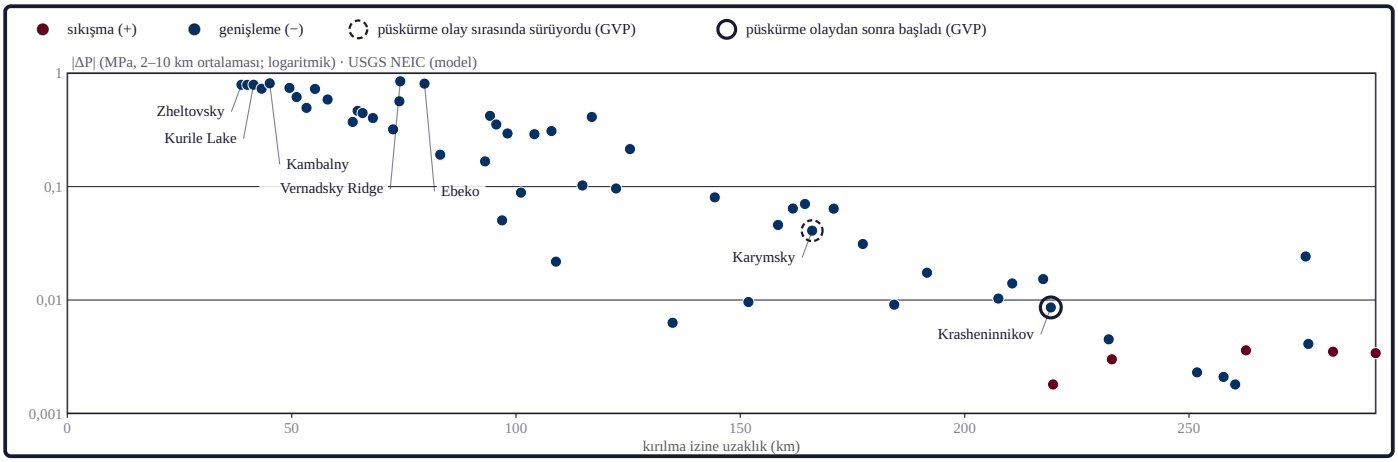
Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlemde yükleme ve gölge alanlarının deseni farklıdır. Izgaranın %50 kadarında |ΔCFS|, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası 0,029 bar, %5–95 aralığı −9,0 ile 6,7 bar arası, %1–99 aralığı −98 ile 28 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 Δτ 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. Gözlemsel karşılık olarak β oran-değişim istatistiği (Matthews ve Reasenberg, 1988) hesaplanmış; 36×36 düğümlü haritada 492 düğümde oran artışı (β > 2), 12 düğümde sismik gölge (β < −2) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı E ≥ 1 olan 562 düğüm değerlendirilmiştir; n = 14.872). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göredir: 562 düğüm birlikte sınandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 13 düğümün eşiği yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yarıçapları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir. ΔCFS alıcı düzlemi kayma modelinin başlık düzlemidir, doğrultu/eğim/kayma açısı 217°/6,5°/80°; 3 parçalı bu modelde başlık düzlemi ilk parçanın düzlemidir, yamaların moment ağırlıklı temsili düzlemi ise 217°/15°/87° olup alıcı geometri seçimi ΔCFS değerlerini etkiler.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel katalogdan, olay öncesi dönem için, Mc = 4,1 tamlık eşiğinin üzerinde b = 1,12 ± 0,06 kestirilmiştir (eşik üstü N = 1.476; toplam 8.236 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 7,77, yıl ve km² başına normalleştirilmiş değeri a′ = 1,41 olarak hesaplanmıştır (5,2 yıl, 439.000 km²).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 23. *58 volkanın kırılma izine uzaklığına göre altındaki eşsismik kaya basıncı değişiminin büyüklüğü (|ΔP|, 2–10 km derinlik ortalaması; logaritmik eksen); basınç MODEL çıktısıdır: USGS NEIC kayma modeliyle. Nokta rengi işareti verir: koyu kırmızı sıkışma (+), koyu mavi genişleme (−). İnce yatay çizgiler logaritmik |ΔP| ekseninin onluk ızgarasıdır; eşik ya da başvuru değeri değildir. Dolu daire olay penceresinde püskürme kaydı olmayan volkandır; halka GVP püskürme durumudur (düz halka olaydan sonra başlayan, kesikli halka olay sırasında süren). Adı yazılanlar |ΔP|'si en büyük 5 volkan ve püskürme kaydı olan 2 volkandır. Öbür imler Şekil 6c ve 22'deki gibidir (volkanlar ve püskürmeler: Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; basınç: bu çalışma [model; Okada, 1992]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]).*

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM (DEVAM)

Katalog büyüklükleri karışık ölçeklerdedir (kayıtların %2'si moment büyüklüğü ölçeğinde, kalanı başka ölçeklerde); b'nin standart sapması yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından b, b = 1 referansıyla ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sınamasına sokulmamıştır. Duyarlılık: azami eğrilik ölçütünün eşiğinde (Mc = 3,8) aynı kestirim b = 0,98 verir (N = 2.672; uyum iyiliği %93,6); b bu katalogda tamlık eşiğinin seçimine duyarlıdır ve benimsenen değer bu eşikle birlikte okunmalıdır. Olay sonrası dönemin b değeri, çalışma kutusundaki kayıtlardan ve kendi tamlık eşiğiyle ayrıca kestirilmiştir: Mc = 4,8 üzerinde b = 1,16 ± 0,07 (N = 886); ana şoku izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (zamana göre 50 olaylık kayan pencerelerle ölçülen tamlık eşiği ana şoku izleyen ilk pencerede 5,2'dir ve olay sonrası dönem için benimsenen eşiğe ana şoktan 1,7 saat sonra inmektedir) tek eşikle kurulan bu değer aşağı yanlı olabilir ve çekinceyle verilmiştir. İlk 1,7 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirim b = 1,27 ± 0,08 vermektedir (Mc = 4,8; N = 803). Tamlık eşiği ve b, büyüklük örnekleminin 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı Mc için 4,0–4,1, b için 1,05–1,15 olarak bulunmuştur. Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta M ≥ 6,0 (148 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca 5,0 ≤ M < 6,0 (134 kayıt); toplam 282 kayıt. Yakın kuşaktaki M ≥ 5,0 kayıtların sayısı 191'dir; bunların 57'si M ≥ 6,0 büyüklüğündedir ve ilk ölçütte sayılmıştır. Sayımlar derlemenin tamamından verilmiştir; aşağıda anılan kayıtlar derlemenin büyüklüğe göre ilk 100 kaydından seçilmiştir. Derlemedeki en büyük olay 1952 yılında, dış merkeze 34 km uzaklıkta gerçekleşen M 9,0 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1959 M 7,9 (91 km); 1904 M 7,7 (30 km); 1904 mB 7,6 (101 km); 1904 M 7,5 (131 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 8 kaydı şunlardır: 15.11.1951 M 6,3 (1,2 km); 15.11.1951 M 6,1 (6,5 km); 13.10.1957 M 6,1 (8,1 km); 15.11.1951 M 6,1 (8,6 km); 27.01.1953 M 6,4 (13 km); 08.10.2001 M 6,4 (14 km); 15.11.1951 M 6,2 (15 km); 28.12.1959 M 6,4 (19 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız M ≥ 8,8 olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 1 kez gözlenmiştir (126 yıllık gözlem süresi). Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının %95 güven aralığı 23–5.000 yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936).

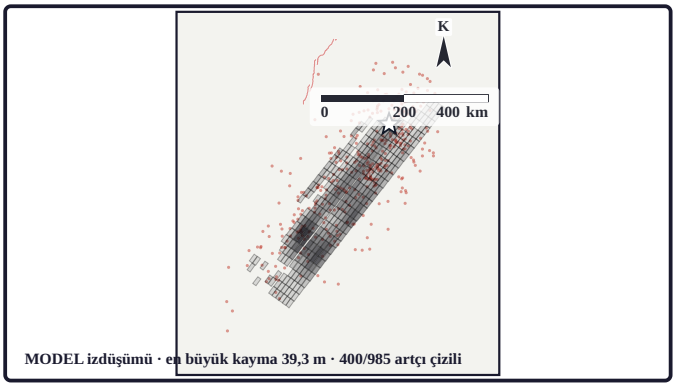
Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca M ≥ 8,8 için tam varsayılmıştır; varsayım sınanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir. Tarihsel derlemede 04.11.1952 Mw 9,0 depreminin, ISS dönemi bülteninde 6 saat kaymış zamanla yer alan kopyası (M 8,30) aynı olay sayılarak birleştirilmiştir; iki kaydın zaman farkı 6 saat 9,7 s, konum farkı 54,4 km ve böyle bir eşleşmenin rastlantıyla oluşma olasılığı 0,016'dır. Başvuru büyüklüğü USGS Mww 8,8 ile olay, 1900'den bu yana kaydedilen depremler arasında 6.–8. sıradadır: daha büyük 5, eşit 2 deprem vardır (1960 Mw 9,5, 1964 Mw 9,2, 2004 Mw 9,1, 2011 Mw 9,1, 1952 Mw 9,0); karşılaştırma bir ondalıkla, ISC-GEM, USGS ve GCMT moment büyüklükleriyle yapılmıştır; GCMT 8,73 ile sıra 8.–9. olur; ISC-GEM kataloğu 1904'te başladığından 1900–1903 depremlerinin moment büyüklükleri sayımda yoktur. Katalogdan türetilen ilk 30 günlük artçı zarfı (M ≥ 5,5 artçılar; çekirdek yoğunluk kestiriminin olasılık kütlesinin %90 kadarını kapsayan en yüksek yoğunluk bölgesi) 04.11.1952 Mw 9,0 depreminin aynı yöntemle kurulan zarfıyla örtüşür: bu olayın zarf alanının %91'i 1952 zarfının içindedir ve 1952 zarfının %70'i bu olayınkiyle kesişir; 1952 zarfı kurulurken konumlar için 25 km belirsizlik varsayılmıştır. Zarflar katalog artçılarından türetilmiştir, yayımlanmış kırılma alanları değildir. PB2002 levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkez PA–OK dalma-batma sınırına 60,6 km uzaklıktadır; GSRM v2.1 kutup modeline göre (Kreemer vd., 2014) Pasifik levhası Ohotsk levhasına göre 82,3 mm/yıl hızla 303° yönünde hareket eder ve sınıra dik bileşen 82,3 mm/yıldır.

Kırılmaya uzaklığa göre volkan altı basınç değişimi Şekil 23'te verilmiştir.

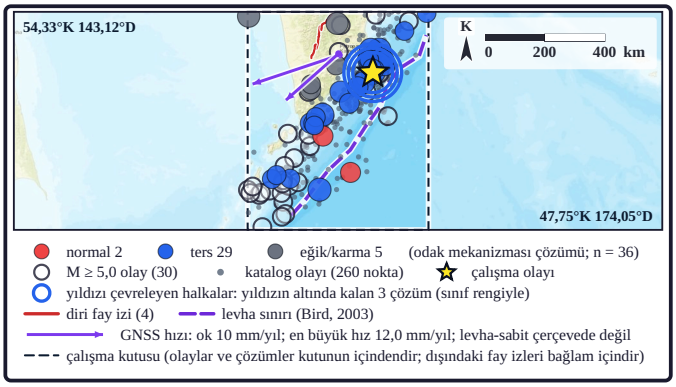
1997 Mw 7,8 depreminin sonlu fay modelindeki (kurum ürünü: USGS FFM usp0008btk) kırılma izi bu depremin seçilen kayma modelindeki (model 30) iziyle kesişmez; iki iz arasındaki en kısa yatay uzaklık 109 km'dir (iz: kayması en büyük kaymanın %10'unu aşan yamaların yüzey izdüşümü; iki iz de kayma modeli çıktısıdır).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

TEKTONİK ÇERÇEVE VE SONLU FAY MODELİ



Şekil 24a. *Koyu çokgenler USGS sonlu fay modelinin yüzeye izdüşürülmüş yamalarıdır, koyuluk kayma büyüklüğüyle artar; en büyük kaymanın %2'sinin altındaki yamalar çizilmez. Model bir ters çözüm ürünüdür. Kırmızı noktalar bu izdüşümün üzerine bindirilen artçı bulutunu, yani çalışma olayından sonraki katalog olaylarını, beyaz yıldız çalışma olayının dış merkezini, ince çizgiler ise haritalanmış diri fayları gösterir. Uyarı: Bu bir Arazide ÖLÇÜLMÜŞ yüzey kırığı haritası değildir — model izdüşümüdür; arazi ölçümüyle aynı sembolle gösterilmesi modeli gözlem gibi sunmak olurdu. Artçılar da yeniden konumlandırılmamış katalog çözümleridir ve saçılımlarının bir bölümü bölgesel ağ konum belirsizliğinden gelir. Artçılar analiz sorgu kutusuyla (47,75–54,33°K, 154,27–162,90°D) sınırlıdır; kırılma izi bu kutunun dışına taştığından kutu dışındaki kesimde artçı gösterilmez (Kayma modeli [kurum ürünü]: USGS sonlu fay modeli sürüm 5 [gözden geçirilmiş ürün; 19.11.2025], U.S. Geological Survey, 2017; yöntem Ji vd., 2002 · faylar: GEM Global Active Faults Database [harmonized] [Styron ve Pagani, 2020]).*



Şekil 24b. *Haritada odak mekanizması çözümleri, diri fay izleri ve GNSS hız vektörleri birlikte gösterilmiştir. Renkli dairelerde renk mekanizma sınıfını, çap büyüklüğü kodlar. Kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir; dış merkeze en yakın adlı faylar harita üzerinde adlandırılmıştır. Mor oklar GNSS istasyonlarının yatay hız vektörleridir (başvuru oku ve en büyük hız lejanttadır). İçi boş halkalar M ≥ 5,0 olayları, küçük gri noktalar katalog sismisitesini, sarı yıldız çalışma olayının dış merkezini gösterir; kesikli mor çizgiler Bird (2003) levha sınırlarıdır (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; hızlar levha-sabit çerçevede değildir, levha-göreli hareket olarak okunamaz; levha sınırları: Bird, 2003; faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0).*

Şekil 24a ve 24b: Model yüzeye ulaşmaz: en sığ yamanın üst kenarı 7,4 km derinliktedir (Şekil 24a). Yamaların koyuluğu kayma büyüklüğüyle arttığı için momentin kırık boyunca nasıl dağıldığı doğrudan okunur ve artçı bulutunun bu bölümlere göre nerede yoğunlaştığı karşılaştırılabilir. Haritadaki artçılar katalog çözümüdür (katalogdaki 985 artçıdan çizilen sayı şeklin alt satırında n/N biçimindedir; ölçek çubuğu doğu–batı uzaklığını verir); yeniden konumlandırılmamıştır ve saçılımının bir bölümü bölgesel ağ konum belirsizliğinden gelir. Uyarı: bu panel arazide ölçülmüş bir yüzey kırığı haritası değildir — USGS sonlu fay kayma modelinin izdüşümüdür ve arazi ölçümüyle aynı sembolle gösterilmesi modeli gözlem gibi sunmak olurdu. Kadraj modelin yama köşelerini ve çalışma olayının dış merkezini her eksende kapsanan aralığın %25'i (en az 0,08°) kadar payla içerir; haritada topoğrafya altlığı yoktur. Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını levha sınırları (Bird, 2003), bölgesel fay sistemleri ve 2 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 24b). Vektörler istasyonların uzun dönemli hızlarıdır; hızlar levha-sabit bir çerçevede verilmediğinden levhaya göreli hareket olarak okunmamalıdır ve pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A5'te verilmiştir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM (DEVAM)

Tarihsel tsunami veri tabanında (National Geophysical Data Center / World Data Service, t.y.) seçilen kayma modelinin (model 30) kırılma izinin 100 km çevresinde 1841'den bu yana tsunami kaydı olası ya da kesin olan, büyüklüğü 7,5 ve üzeri 6 deprem bulunur: 1841 (M 8,4; NCEI, büyüklük türü belirtilmemiş), 1904 (Mw 7,5 ve Mw 7,7, aynı dizide; ISC-GEM), 1952 (Mw 9,0; USGS), 1959 (Mw 7,9; ISC-GEM), 2020 (Mw 7,5; USGS Mww); bunlardan 2020 depremi levhalar arası değil, dalan levha içindedir (Ye vd., 2021). Levhalar arası bindirme olmadığı bilinen 2020 depremi ayıklandığında ve 30 gün içinde art arda gelen depremler tek dizi sayıldığında ardışık diziler arasında 6,5–63,1 yıl geçmiştir; kalan listenin son depremi (1959) bu depremden 66,2 yıl öncedir; ayıklanmadan listedeki son deprem bu depremden 5,3 yıl öncedir. Büyüklüğü eşiğin hemen altında kalan 1993 (Mw 7,47; GCMT) depremi sayılmamıştır.

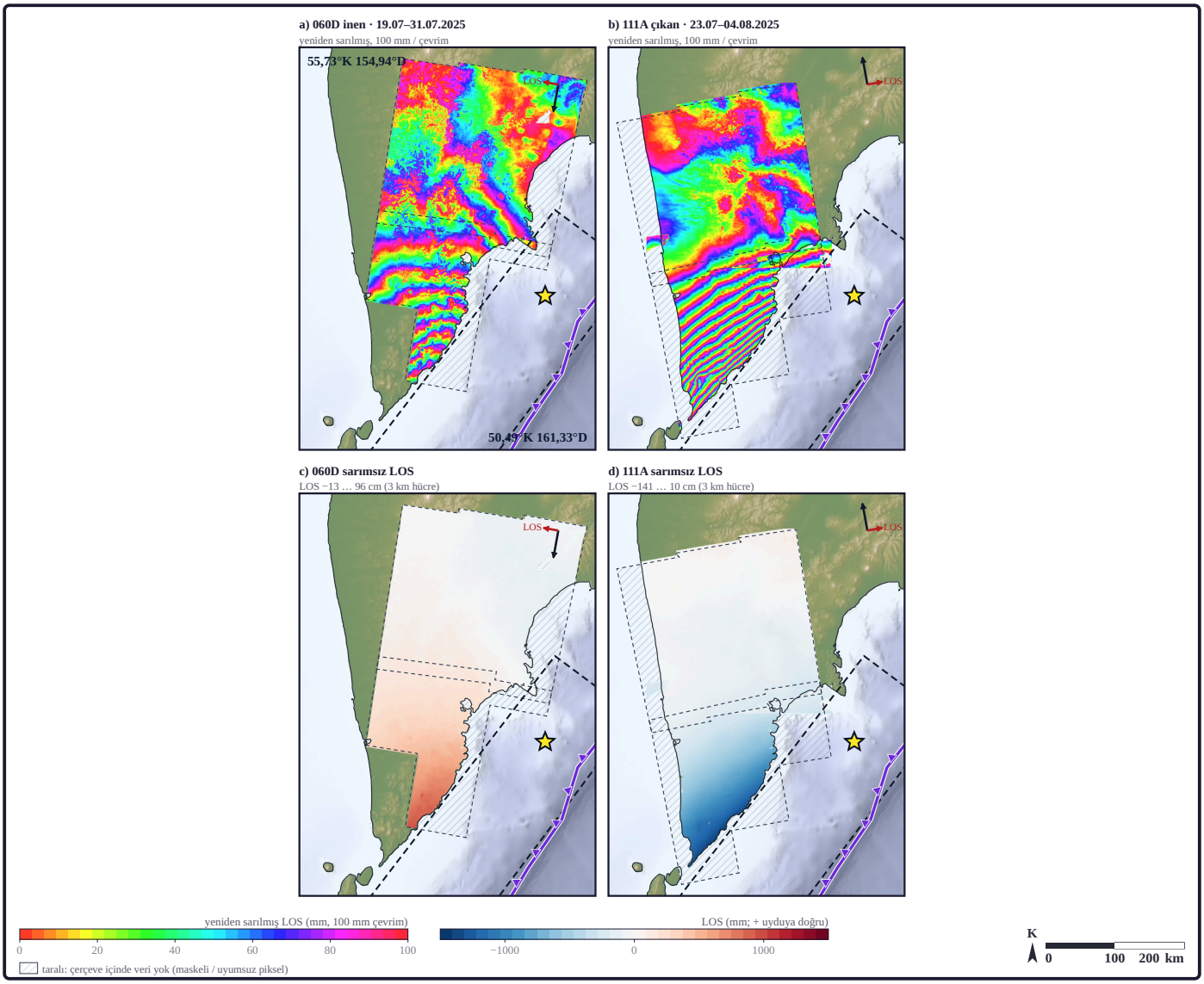
Kırılma izi, bu modelde kayması en büyük kaymanın %10'unu aşan yamaların yüzey izdüşümüdür (model çıktısı); eski depremlerin konumlarına dönemlerine göre 10–50 km işletimsel konum payı eklenmiştir (ölçülmüş konum belirsizliği değildir). Erken dönem kaydı eksik olabileceğinden sayı alt sınırdır; büyüklükler farklı ölçeklerden gelir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Ana şoku izleyen 90 günlük dönemde dış merkez merkezli 118 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 4,8) 469 olay kaydedilmiştir; bu sayı 5,2 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (01.08.2015 – 30.07.2020) aynı dairede ve aynı eşikte 26 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,014 olay/gün (5,2 olay/yıl) düzeyindedir. Oran katı 370'tir (%95 güven aralığı 250–570); 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. Ana şoku izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (ilk pencerede tamlık eşiği 5,2) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı da arka planın üzerindedir (23 kat; %95 güven aralığı 15–37): pencere önceki bir dizinin sönümünü de içerdiğinden oran farkı yalnız bu olayın dizisine bağlanmamıştır. Pencere ve arka plan dönemlerinin b değerleri ortak tamlık eşiğinde (Mc = 4,8) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere b = 1,15 ± 0,06 (N = 1.135; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme), arka plan b = 1,23 ± 0,11 (N = 179; belirsizlik kestiricisi: Shi ve Bolt, 1982). Fark |Δb| = 0,08, birleşik belirsizlik 0,13 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını aşmadığından iki dönem b bakımından ayırt edilememektedir. İki dönem zamanda örtüşmemektedir. Arka plan dönemi çalışma kutusunda 3 büyük depremi ve dizilerini içermektedir (tarihsel derlemeden: 14.04.2016 M 6,2; 22.12.2017 M 6,4; 20.02.2020 M 6,5).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 25. *Sentinel-1 ko-sismik interferogramları (COMET-LiCSAR): 060D inen iz 19.07–31.07.2025; 111A çıkan iz 23.07–04.08.2025; a, b panelleri yeniden sarılmış (100 mm), c, d panelleri sarımsız LOS (+ uyduya doğru); değerler uzak alana göre görelidir; çerçeveler ötelenerek birleştirildi: 060D +280 mm (MAD 0,9), 111A −443 mm (MAD 6,8) (InSAR: LiCSAR contains modified Copernicus Sentinel data 2025 analysed by the Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes, Volcanoes and Tectonics [COMET]. LiCSAR uses JASMIN, the UK's collaborative data analysis environment [http://jasmin.ac.uk]; Copernicus Sentinel-1 verisi [değiştirilmiş] [Lazecký vd., 2020]; model konturu: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 25: Uyduya doğru LOS yer değiştirmesi (gözlem, uzak alan referanslı): 060D inen iz 19.07–31.07.2025: LOS −13 … 96 cm; en büyük +96 cm (51,37°K, 157,47°D, kıyıda); 111A çıkan iz 23.07–04.08.2025: LOS −141 … 10 cm; en büyük −141 cm (51,34°K, 157,44°D, kıyıda; Şekil 25).

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI (DEVAM)

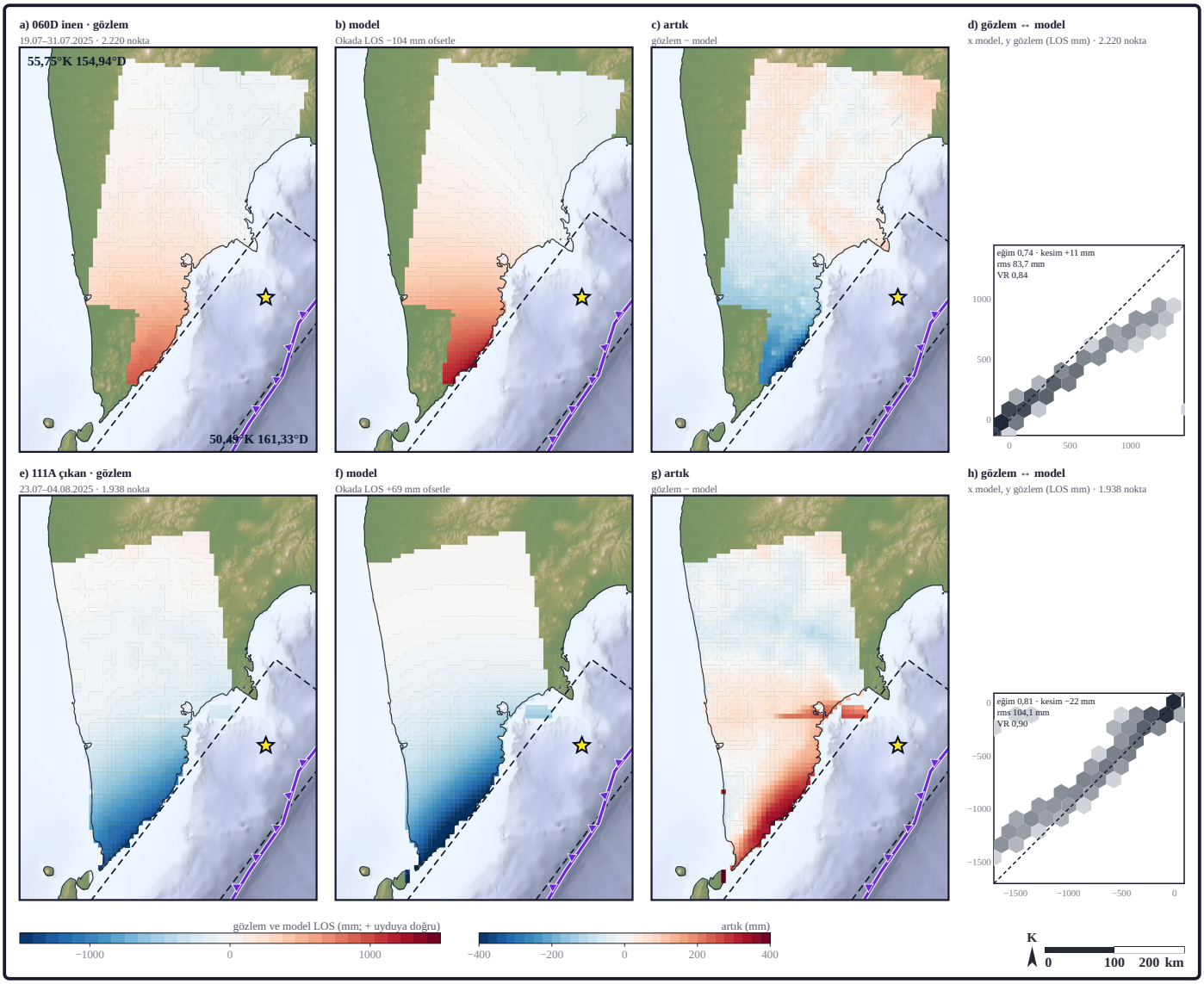
Bu depremlerin Gardner–Knopoff zaman pencereleri (1,8, 2,2 ve 2,4 yıl) arka plan döneminin zamanca %86'sını kapsadığından dönemin olay sayısı ve oranı, ayrıştırılmış (bağımsız) sayım dâhil, bu dizilerden etkilenir; arka plan oranı bu nedenle dizilerden arınmış bir taban değildir. Derinlik ortancası pencere için 31,6 km (sabit derinlikli kayıtlar dışlanınca 40,7 km), arka plan dönemi için 40,7 km'dir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 1.487 olay) arasında 45,8 km yer değiştirmiştir (azimut 68°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.715,3 gün; ortalama 27 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 154° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 85°'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 = −0,10, n_{etkin} = 309 ile |z| = 1,8; doğu–batı bileşeninde r = 0,07, n_{etkin} = 295 ile |z| = 1,2. |z| değerleri 1,96 eşiğinin altında kaldığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayırt edilememektedir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 14.872 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 26. *a, e gözlem: Sentinel-1 LOS (COMET-LiCSAR; düzenli alt örnek): 060D 2.220, 111A 1.938 nokta; b, f model: USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025), Okada (1985) homojen yarı uzay LOS + iz başına sabit ötelenme (060D −104, 111A +69 mm; rampa ve katmanlı ortam yok); c, g artık; rms 060D 83,7, 111A 104,1 mm; gözlem ve model aynı ölçek (±1.500 mm; + uyduya doğru), artık ayrı ±400 mm; d, h gözlem ↔ model saçılımı (kesikli 1:1) (InSAR: LiCSAR contains modified Copernicus Sentinel data 2025 analysed by the Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes, Volcanoes and Tectonics [COMET]. LiCSAR uses JASMIN, the UK's collaborative data analysis environment [http://jasmin.ac.uk]; Copernicus Sentinel-1 verisi [değiştirilmiş] [Lazecký vd., 2020]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; ileri hesap, artık ve saçılım oturtması: bu çalışma; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 26: Gözlenen LOS ile USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) kayma modelinin Okada (homojen yarı uzay) ileri hesabı arasındaki artık (gözlem − model − ötelenme) 060D izinde noktaların %90'ında −172 ile +52 mm arasında kalır, en büyük mutlak değeri −1.375 mm'dir (51,61°K, 157,93°D); 111A izinde noktaların %90'ında −61 ile +233 mm arasında kalır, en büyük mutlak değeri +1.464 mm'dir (50,74°K, 156,49°D; Şekil 26).

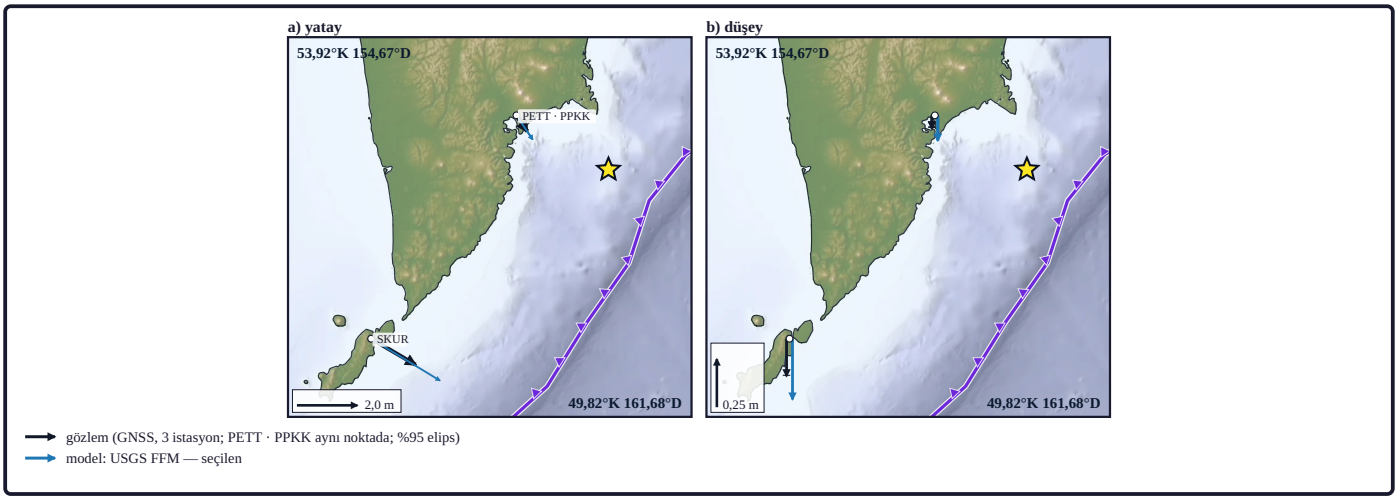
SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ (DEVAM)

Bölütleme 8 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.248 gün, 4,7 olay/gün; 567 gün, 2,5 olay/gün; 1,6 gün, 317,5 olay/gün; 8,1 gün, 55,4 olay/gün; 1,2 gün, 1.039,9 olay/gün; 5,5 gün, 283,5 olay/gün; 49 gün, 61,7 olay/gün; 34 gün, 21,4 olay/gün.

Pencerenin toplam sismik momenti 1,74×10²² N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama Mw 8,73 moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; GCMT çözümü bulunan öbür 376 olay toplama GCMT skaler momentiyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %91'dir. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: M ≥ 7,8) 2 olay toplam nominal momentin %95 kadarını, kalan 14.870 olay %5 kadarını taşımaktadır. Kalan olayların toplam momenti, aynı kataloğun Gutenberg–Richter bağıntısından hesaplanan toplamın 5,5 katıdır; iki değer bağdaşmadığından kalan pay yorumlanmamıştır. Dış merkezin 282,5 km çevresinde, 1900 sonrası aletsel katalogda olaydan önce kaydedilmiş M ≥ 8,3 depremlerin (1923 Mw 8,4 ve 1952 Mw 9,0) toplam sismik momenti, M_0 = 10^(1,5·Mw + 9,1) N·m bağıntısıyla (Bormann ve Dewey, 2014), 4,48×10²² N·m'dir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 27. *Siyah oklar GNSS gözlemidir (3 istasyon): Nevada Geodetic Laboratory günlük konumlarında olay gününü dışlayan iki pencerenin ortanca farkı (2025-07-21 – 2025-07-28 ↔ 2025-07-30 – 2025-08-02); elips ve çentik %95 belirsizliktir; PETT · PPKK aynı noktada (tek işaret); önce-penceresi büyük öncülden sonra başlar; mavi oklar model ileri hesabı: Okada (1985) homojen yarı uzay ileri hesabı; model çıktısı; 3 istasyonda MIDAS seküler hızı bulunmadığından seküler düzeltme yapılmamıştır; PB2002 hendek izi ETOPO 2022 ekseninden ≈ 10 km kara (üst levha) yönündedir (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; GNSS: Blewitt vd., 2018; Blewitt vd., 2016; altlık ve kıyı çizgisi: ETOPO 2022 [30" ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 27: Yatay yer değiştirme (büyüklük / azimut): SKUR gözlem 1,704 m / 120° (USGS FFM 2,674 m / 121°); PETT gözlem 0,634 m / 146° (USGS FFM 0,965 m / 146°); PPKK gözlem 0,633 m / 146° (USGS FFM 0,966 m / 146°; Şekil 27).

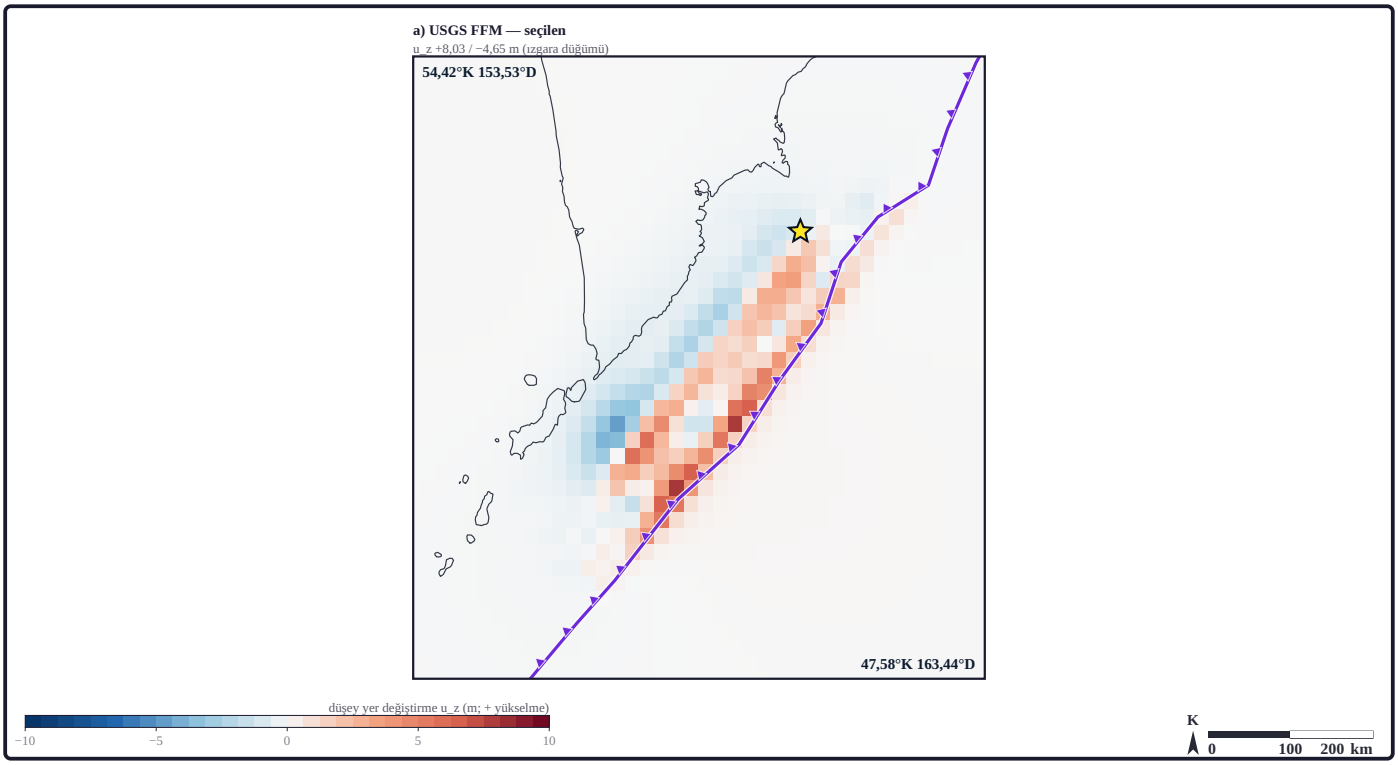
YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

USGS ShakeMap'in (sürüm 18; otomatik ürün; 01.10.2026) model kestirimine göre tepe şiddet MMI 8,7, en büyük yer ivmesi (PGA) 0,404 g ve en büyük yer hızı (PGV) 39,4 cm/s olarak hesaplanmıştır (Wald ve Worden, 2020); bu sürümde 38 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 35'i ve 22 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 19'u yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır (Worden vd., 2018); 3 sismik istasyon kaydı ile 3 şiddet gözlemi ShakeMap tarafından işaretlenmiştir; dış merkezin 69 km içinde ShakeMap'in kullandığı sismik istasyon kaydı yoktur; bu alandaki değerler yer hareketi bağıntılarının kestirimidir. Haritada AbrahamsonEtAl2014, BooreEtAl2014, CampbellBozorgnia2014 ve ChiouYoungs2014 yer hareketi bağıntıları (ShakeMap yapılandırma adları) kullanılmıştır; yer hareketi–şiddet dönüşümü için Worden vd. (2012) bağıntısı uygulanmıştır; gözlemlerden kestirilen olay terimi (yanlılık) MMI için −0,51 birimdir ve haritaya uygulanmıştır; ShakeMap'in kendi belirsizlik derecesi C olarak verilmiştir. ShakeMap istasyon listesinde en yüksek gözlenen PGA 0,449 g ile D0.KDT istasyonundadır (kırığa 44,9 km); en yüksek PGA'lı 10 istasyonun 1 tanesinde gözlem bağıntı kestiriminin üstünde, 9 tanesinde altındadır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 125 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir. USGS ShakeMap model şiddeti MMI 8,7 olup iki değer arasındaki fark 0,4 birimdir; ShakeMap topluluk bildirimlerini gözlem olarak özümsediğinden bu uyum bağımsız bir doğrulama değildir. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin 20.10.2026 09:43:38 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. USGS PAGER (sürüm 14; 17.09.2025) model kestirimine göre MMI VII ve üzeri şiddete maruz kalan nüfus yaklaşık 272 bin kişidir; can kaybı uyarı düzeyi sarı (ölüm sayısının en az 1.000 kişi olma olasılığı %1,4) ve ekonomik kayıp uyarı düzeyi kırmızı (kaybın en az 1 milyar ABD doları olma olasılığı %87); bu kestirim ShakeMap sürüm 14 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 18). PAGER değerleri USGS modeli kestirimidir (can kaybı modeli: Jaiswal ve Wald, 2010; ekonomik kayıp modeli: Jaiswal ve Wald, 2013); sayım ya da gözlenmiş kayıp değildir. USGS PAGER'ın model kestirimine dayanan uyarı yorumu (U.S. Geological Survey, 2017; sürüm 14; 17.09.2025; özgün dilde): “Red alert for economic losses. Extensive damage is probable and the disaster is likely widespread. Estimated economic losses are 0-1% GDP of Russia. Past events with this alert level have required a national or international level response.” “Yellow alert for shaking-related fatalities. Some casualties are possible.” USGS PAGER'ın yapı stoku yorumu (özgün dilde): “Overall, the population in this region resides in structures that are resistant to earthquake shaking, though vulnerable structures exist. The predominant vulnerable building types are adobe block and unreinforced brick with mud construction.” USGS PAGER'ın tarihsel kıyas yorumu (özgün dilde): “A magnitude 7.5 earthquake 310 km southwest of this event struck UK on June 8, 1993 (UTC), with estimated population exposures of 2,000 at intensity VI and 4,000 at intensity VII, with no reported fatalities.” Yorumdaki uzaklık PAGER'ın kendi kayıtlarıyla tutmamaktadır; PAGER'ın girdi kökeni ve tarihsel kaydındaki koordinatlara göre anılan 08.06.1993 depremi PAGER'ın girdi kökeninden 225 km uzakta ve güneybatı yönündedir (azimut 231°). USGS yer yenilmesi ürününe (ground failure; sürüm 17; 06.10.2026) göre heyelan modeli (Nowicki Jessee vd., 2018) turuncu uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı heyelan alanını yaklaşık 27 km² (±14) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 10 kişi (±5) olarak, sıvılaşma modeli (Zhu vd., 2017) turuncu uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı sıvılaşma alanını yaklaşık 270 km² (±9,3) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 610 kişi (±78) olarak kestirmektedir. Yer yenilmesi değerleri USGS modeli kestirimidir; gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir.

Dalga alanı modelinin 3B ortam (CRUST1.0) çözümünde ≤0,25 Hz bandında en büyük model yer hızı (PGV) 121 cm/s'dir; bu değer 50,27°K, 157,64°D noktasındadır. Model ızgarasında PGV ortancası 4,8 cm/s, %95 yüzdeliği 29 cm/s'dir. Model PGV'si 20 cm/s'yi yaklaşık 37.702 km², 50 cm/s'yi 6.393 km² ve 100 cm/s'yi 260 km² alanda aşmaktadır. Model PGV ortancası hiposantrdan doğrultu yönünde (217°) ilerleyen yarı düzlemde, faydan 10–60 km kuşağında 7,6 cm/s ile geri yarı düzlemdekinin (1,7 cm/s) 4,41 katıdır. Yerleşimlerde en yüksek model PGV değerleri: Petropavlovsk-Kamchatsky 3,9 cm/s (faydan 63 km). Model PGV ortancası faydan 0–5 km kuşağında 16 cm/s iken 160–300 km kuşağında 4,2 cm/s'dir; ortanca bu aralıkta 3,7 kat düşmektedir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 28. *Panel kayma modelinden hesaplanan kosismik düşey yer değiştirmedir (u_z, + yükselme): USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) (seçilen); model ileri hesabı yamaların Okada (1985) yüzey çözümüyle toplamıdır: homojen elastik yarı uzay (katmanlı ortam değil); bütün model değerleri model çıktısıdır; renk ölçeği seçilen modelin tepesine göre ±10 m'de doyar; panel kendi uçlarını (kaba ızgara düğümünde) yazar; PB2002 hendek izi, ETOPO 2022 batimetrisindeki hendek ekseninden ortanca ≈ 10 km kara (üst levha) yönündedir (iz boyunca 10 km arayla 84 dik kesitte en derin nokta; %10–90 aralığı 5 ile 30 km); iz yayımlandığı gibi çizilmiştir (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; kıyı çizgisi [0 m eğrisi]: ETOPO 2022 [30″ ızgara, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]).*

Şekil 28: Kosismik düşey yer değiştirmenin ızgara düğümlerindeki uç değerleri (Okada ileri hesabı; model çıktısı): USGS FFM için en büyük yükselme 8,03 m, en büyük çökme 4,65 m (Şekil 28).

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI (DEVAM)

3B ortamda kayma dalgası hızına 2,571 km/s taban uygulandığından bu hızın altındaki tortul katmanlar ve havza büyütmesi hesaba girmemiştir; ortamın çözünürlüğünden ince yapı da temsil edilmez. Yerel zemin koşulu hesapta yoktur; değerler gözlem değil MODEL çıktısıdır ve bant sınırının (≤0,25 Hz) üstündeki frekansları içermez.

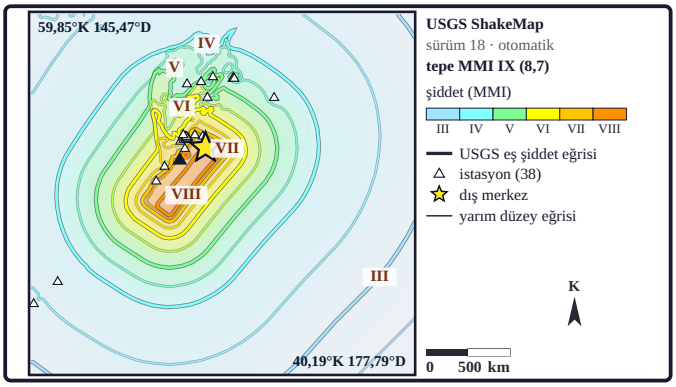
TSUNAMİ GÖZLEMLERİ VE VOLKANİK ETKİNLİK

NOAA NDBC'nin DART kayıtlarında tsunami 15 istasyonda bu çalışmanın algılama ölçütüyle algılanmıştır; dış merkeze en yakın istasyonlarda varış ve en büyük yükselme şöyledir: 21416'da (546 km) varış 29,1 dakika sonra, en büyük yükselme 84,3 cm; 21415'te (850 km) varış 65,1 dakika sonra, en büyük yükselme 32,3 cm; 21419'da (956 km) varış 40,1 dakika sonra, en büyük yükselme 16,3 cm; 21414'te (1.321 km) varış 102,1 dakika sonra, en büyük yükselme 26,8 cm. DART 21419 istasyonunun değeri tek örnekli bir sıçrama içerdiğinden 5 dakikalık kayan medyandan okunmuştur; süzülmemiş seride en büyük değer 21419 için 23,8 cm olarak kalır. NCEI/WDS Küresel Tarihsel Tsunami Veritabanı aynı DART istasyonları için farklı değerler verir: 21415 için 0,2 m; 21419 için 0,09 m; iki kaynak farklı okuma yöntemleri kullandığından değerler birleştirilmemiştir. 46403, 46414, 21420 ve 46415 numaralı DART istasyonlarında genlik bu çalışmanın algılama eşiğinin altında kalmıştır; 46409, 46410 ve 52405 numaralı DART istasyonlarında olay sırasında 15 dakikalık örnekleme nedeniyle ölçüm yapılamamıştır; bu sonuçlar o istasyonlarda tsunami bulunmadığı anlamına gelmez.

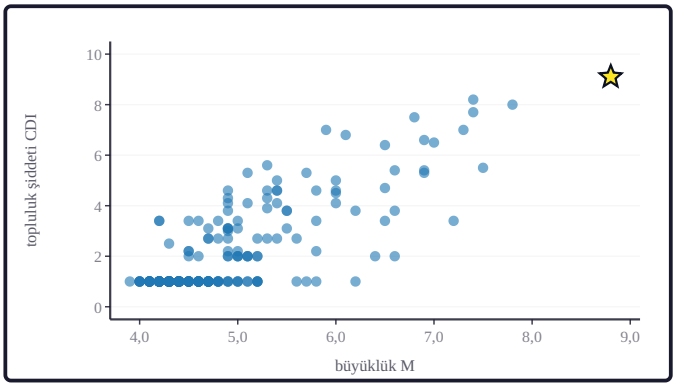
IOC Deniz Düzeyi İstasyonu İzleme Sistemi kıyı ölçerlerinde (Flanders Marine Institute ve Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2021) en büyük yükselmeler şöyledir: HILO istasyonunda 125,1 cm, varış 404 dakika sonra; PORO istasyonunda 33,2 cm, varış 258 dakika sonra; STAR istasyonunda 23,6 cm, varış 212 dakika sonra; kıyı ölçerlerinin genliği liman ve koy rezonansından etkilenebilir. NCEI/WDS Küresel Tarihsel Tsunami Veritabanında olay 6044 kimliğiyle 930 gözlem kaydı taşır; kayıtların 900 tanesi ölçülü, 3 tanesi şüpheli işaretlidir. Şüpheli işaretli olmayan en yüksek su düzeyi 33,1 m'dir, Kamçatka kıyısında; değer NCEI ölçüm türü kodu 9 olan tek bir kayda aittir ve veritabanı kıyı ölçeri ile saha ölçümü gibi farklı ölçüm türlerini birlikte taşıdığından öteki kayıtlarla aynı nicelik olmayabilir; olay kaydının en yüksek su düzeyi alanı ise 17 m'dir ve iki alan farklı tanımlı olduğundan birleştirilmemiştir. Aynı kıyı kesimlerinde 1952 depremiyle, M 9,0, kıyaslandığında NCEI ölçüm türü kodu iki olayda aynı olan ve şüpheli işaretli olmayan kayıtların en yüksek su düzeyi şöyledir: Alaska kıyısında tür kodu 2 olan kayıtlarda bu olayda 0,99 m ve 18 kayıt, 1952 depreminde 1,9 m ve 9 kayıt; Hawaii kıyısında tür kodu 2 olan kayıtlarda bu olayda 1,74 m ve 15 kayıt, 1952 depreminde 2,4 m ve 4 kayıt; Kaliforniya kıyısında tür kodu 2 olan kayıtlarda bu olayda 1,21 m ve 15 kayıt, 1952 depreminde 1,4 m ve 12 kayıt; iki olayın kayıtları farklı noktalardan ve farklı sayıda olduğundan olaylar arasında büyüklük hükmü kurulmamıştır. Ölçüm türü kodu aynı ve iki olayda da en az 3 şüphesiz kaydı bulunan 7 kesimin 4 tanesinde 1952 depreminin, 3 tanesinde bu olayın en yüksek su düzeyi büyüktür; iki yönlü işaret testi p = 1,00. 1952 depreminin moment büyüklüğü 9,0 (USGS resmî kaydı), bu olayınki 8,8 (USGS Mww) olduğundan iki olayın sismik momentleri yaklaşık 2 kat farklıdır; kesimler arasındaki fark moment farkı, ölçüm türü ve dönemi ile kayma dağılımı ayrıştırılmadan tek bir nedene bağlanmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ



Şekil 29a. *Harita USGS ShakeMap model kestiriminin (sürüm 18; otomatik ürün; 01.10.2026) eş şiddet (MMI) eğrilerini gösterir; ince eğriler yarım düzeylerdir; bu sürümde 38 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 35'i ve 22 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 19'u yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır; dış merkezin 69 km içinde ShakeMap'in kullandığı sismik istasyon kaydı yoktur; bu alandaki değerler yer hareketi bağıntılarının kestirimidir (USGS belirsizlik derecesi C); üçgenler ShakeMap istasyon listesindeki sismik istasyonları gösterir (dolu üçgen: en yüksek PGA); yıldız dış merkezdir; renkli zemin orta çözünürlüklü USGS ShakeMap şiddet ızgarasının her 4. hücresidir; zeminin en büyük değeri 8,3'tür (ürünün beyan ettiği tepe 8,7) (kurum ürünü: USGS ShakeMap; yöntem: Wald ve Worden, 2020; Worden vd., 2018).*



Şekil 29b. *Bölgedeki depremlerin topluluk şiddeti (CDI) büyüklüklerine karşı çizilmiştir; yıldız çalışma olayının bildirim kaydıdır (veri: USGS "Did You Feel It?" [DYFI]; yöntem: Atkinson ve Wald, 2007).*

Şekil 29a ve 29b: En yüksek gözlenen yer ivmesi 0,449 g ile D0.KDT istasyonundadır (Şekil 29a). Şekildeki renkli zeminin (ızgaranın her 4. hücresi) en büyük değeri 8,3'tür. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 209 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kaydıdır (Şekil 29b). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerdir. CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. USGS ShakeMap istasyonlarında gözlenen ve bağıntılarla kestirilen yer ivmeleri Tablo 9'da, USGS PAGER modelinin şiddet düzeylerine göre kestirdiği maruz nüfus Tablo 10'da, USGS PAGER modelinin yerleşimler için kestirdiği şiddet Tablo 11'de, USGS yer yenilmesi ürününün heyelan ve sıvılaşma model kestirimleri Tablo 12'de, USGS PAGER'ın kıyas için seçtiği tarihsel depremler Tablo 13'te, DART istasyonlarında ölçülen tsunami varış zamanları ve genlikleri Tablo 14'te verilmiştir.

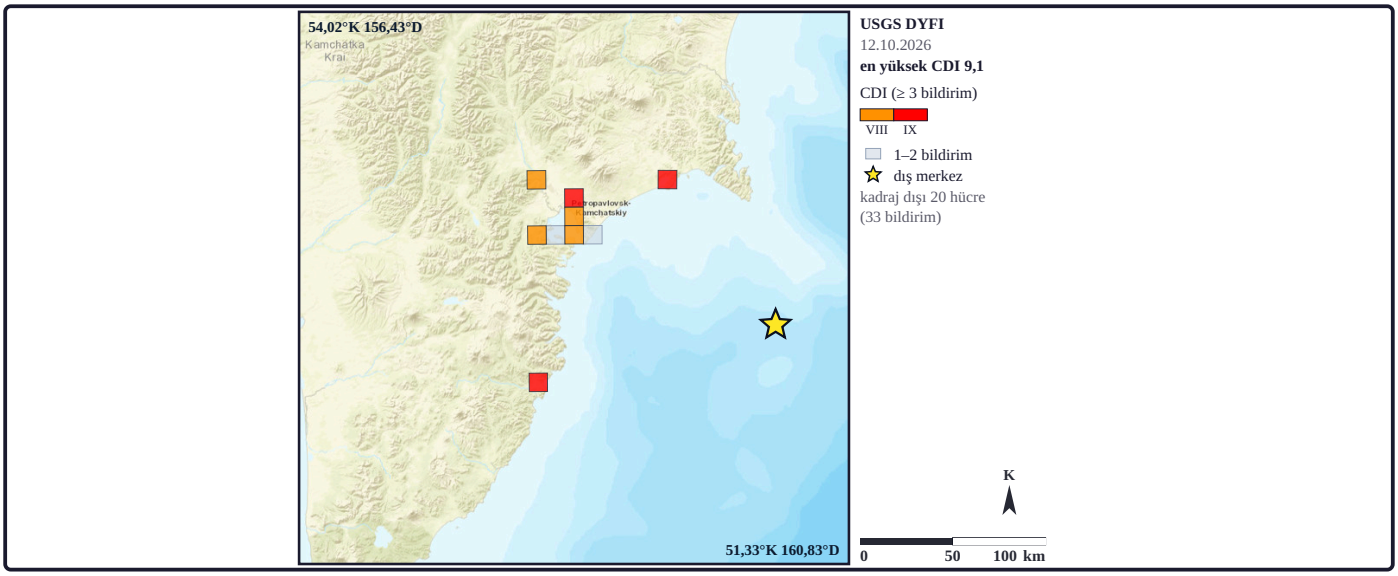
TSUNAMİ GÖZLEMLERİ VE VOLKANİK ETKİNLİK (DEVAM)

Tsunami modeli değerleri şu hesaptandır: Seismo Lab tsunami hesabı (doğrusal, dispersiyonsuz sığ su); kaynak kayma dağılımı: USGS NEIC us6000qw60 (kurum ürünü). Bu hesap, NOAA NDBC kayıtlarında gözlemin algıladığı 15 DART istasyonunda tepe genliklerini ortancada gözlenenden büyük vermiştir: model ile gözlem tepe genliği oranının ortancası 2,33 (iki seri de 10 dakikalık alçak geçiren süzgeçten geçirildiğinde 1,45), varış farkının (model eksi gözlem) ortancası −3,1 dakikadır. Doğrusal, dispersiyonsuz çözüm yaklaşık 10 dakikadan kısa periyotlu bileşenleri dağılmadan taşır ve gerçek dalgaya göre abartabilir; süzgeçsiz tepe oranı bu bileşene duyarlı olduğundan buradaki hüküm süzgeçli orana dayanır. Ham tepe genlikleri ızgara aralığına da bağlıdır: aynı hesap 4 yay dakikalık ızgarada kurulduğunda DART tepeleri 2 yay dakikalık ızgaradakine göre −%28 ile %26 arasında değişmiş, süzgeçli tepelerde değişim −%21 ile %18 arasında kalmıştır. Dış merkeze en yakın istasyonlarda modelin tepe genliği şöyledir: 21416'da 214,6 cm, gözlem 84,3 cm, varış farkı 0,9 dakika; 21415'te 54,3 cm, gözlem 32,3 cm, varış farkı −3,1 dakika; 21419'da 38,4 cm, gözlem 16,3 cm, varış farkı 0,9 dakika. Doğrusal, dispersiyonsuz modelin varışları gözlemden erken olabilir: deniz suyunun sıkışabilirliği ve yerin elastikliği uzak alanda gözlenen varışı birkaç dakika geciktirir (Watada vd., 2014) ve model bu etkileri içermez. Bu karşılaştırma Seismo Lab'in model hesabıdır; resmî tsunami tahmini ya da değerlendirmesi değildir.

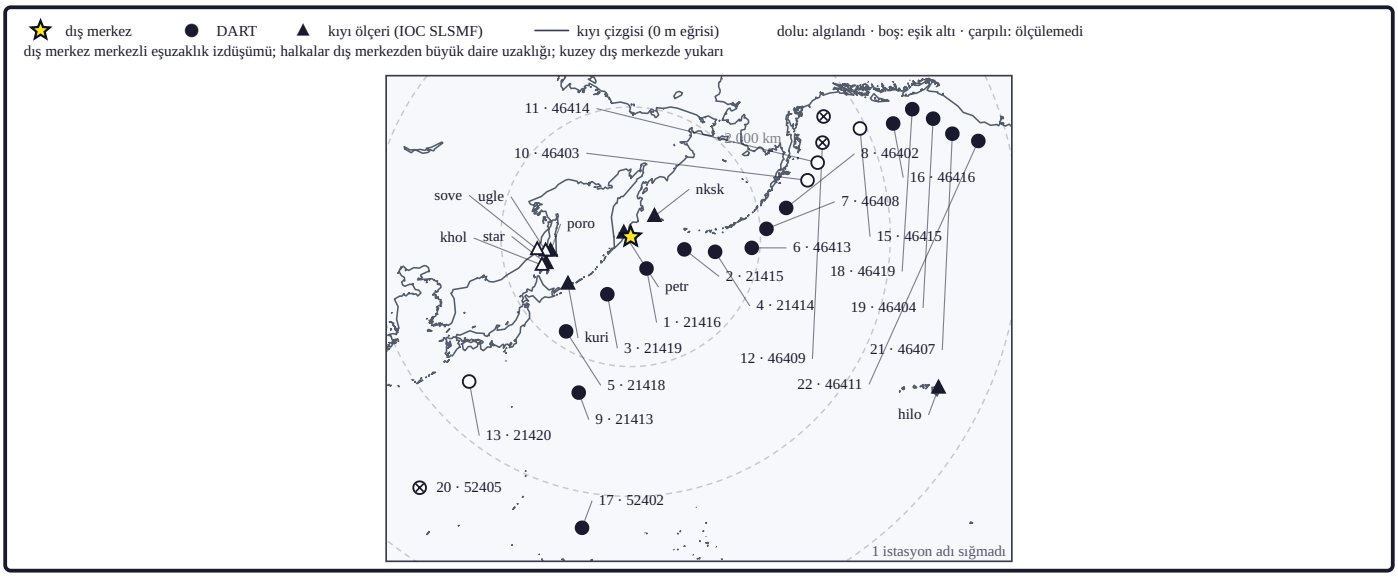
GVP kayıtlarına göre Krasheninnikov volkanı dış merkezin 234 km kuzeyinde, kırılma izine 219 km uzaklıkta depremden 3 gün sonra, 02.08.2025 tarihinde, püskürmeye başlamıştır; gün farkı volkanın nominal yerel saatiyle hesaplanmıştır ve ±1 gün belirsizdir; volkanın bir önceki doğrulanmış püskürmesinin başlangıç yılı 1550 olarak kayıtlıdır ve yıl belirsizdir. Deprem ile püskürme arasındaki zamansal yakınlık tek başına nedensellik kanıtlamaz. Deprem sırasında Karymsky volkanında süren püskürme vardı ve GVP kayıtlarına göre bu püskürmeler depremden önce başlamıştır. Aday volkanlar dış merkeze ya da USGS sonlu fay modeli us6000qw60 kırılma izine 300 km'den yakın 58 Holosen volkanıdır; aday kümesi kırılma izini veren modele bağlıdır. Depremden sonra başlayan püskürmelerin rastlantı olasılığı, aday volkanların son 50 yıllık GVP püskürme sıklığından hesaplanmıştır: Krasheninnikov 3 gün sonra, rastlantı olasılığı $p < 0{,}01$ (58 adayın herhangi birinde aynı süre içinde püskürme başlama olasılığı $p = 0{,}01$). 04.11.1952 Mw 9,0 depreminden sonra 74 aday volkandan GVP kayıtlarına göre başlayan püskürmeler şöyledir: Tao-Rusyr Caldera 7 gün sonra, rastlantı olasılığı $p < 0{,}01$ (74 adayın herhangi birinde aynı süre içinde püskürme başlama olasılığı $p = 0{,}03$); Maly Semyachik 26–34 gün sonra, rastlantı olasılığı $p < 0{,}01$ (aday kümesi için $p = 0{,}16$); Karymsky 57–421 gün sonra, rastlantı olasılığı $p = 0{,}34$, olağan etkinlik düzeyinde (aday kümesi için $p = 0{,}88$); Klyuchevskoy 214 gün sonra, rastlantı olasılığı $p = 0{,}24$, olağan etkinlik düzeyinde (aday kümesi için $p = 0{,}66$). Bu olasılıklar GVP'nin 1902–1952 ve 1975–2025 dönemlerindeki doğrulanmış püskürme kaydının tam olduğu varsayımına dayanır; eksik kayıt püskürme sıklığını ve olasılıkları olduğundan küçük gösterir. KVERT günlük raporlarında ilk kayıtlı havacılık renk kodu şöyledir: Krasheninnikov için 02.08.2025 tarihinde turuncu; KVERT yalnız sarı ve üstü düzeydeki volkanları listelediğinden listede olmamak yeşil düzey anlamına gelmez. Kayma modellerinden homojen elastik yarı uzayda (Okada, 1992) hesaplanan ortalama basınç değişimi Krasheninnikov altında 2–10 km derinlikte şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için −0,0086 MPa, genişleme. Değerler model çıktısıdır ve katmanlı ortam ile topoğrafya hesaba katılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 30a. *Harita USGS "Did You Feel It?" (DYFI) ürününün (12.10.2026) 10 km'lik hücrelerindeki topluluk şiddetini (CDI) gösterir; CDI hücredeki bildirimlerden hesaplanan gözlem değeridir; ürünün 125 bildiriminin 112'si 29 hücrededir; renkli hücreler en az 3 bildirimli 11 hücredir ve rengi CDI değerinin en yakın tam şiddet düzeyidir; bunlarda en yüksek CDI 9,1 (Petropavlovsk-Kamchatsky, 3 bildirim, hücre merkezi dış merkeze 133 km); kadraj dışında 20 hücre (4'ü renkli, 11'i şüpheli; 33 bildirim) kalır; dış merkeze en uzak renkli hücre 2.463 km uzaktadır; gri hücreler 1–2 bildirimlidir ve renklendirilmemiştir; yıldız çalışma olayının dış merkezidir; altlık: Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community (veri: USGS "Did You Feel It?" [DYFI]; yöntem: Wald vd., 2011; eşik: Atkinson ve Wald, 2007; yer adları: GeoNames [geonames.org], CC BY 4.0, erişim 26.10.2026).*



Şekil 30b. *Tsunami gözlem istasyonlarının konumu: 22 DART (15 algıladı, 4 eşik altında kaldı, 3 ölçülemedi) ve 9 IOC kıyı ölçeri (6 algıladı, 3 eşik altında kaldı); en uzak istasyon 5.557 km. Konumlar IOC SLSMF istasyon kaydındaki güncel konuşlandırmadır (olay günündeki konum farklı olabilir); NCEI olay kaydındaki konumu 5 km'den farklı DART'lar: 21416 14 km (dış merkeze NCEI konumuyla 534 km, IOC kaydıyla 546 km); 21419 6 km (dış merkeze NCEI konumuyla 961 km, IOC kaydıyla 956 km); 46413 141 km (dış merkeze NCEI konumuyla 1.741 km, IOC kaydıyla 1.874 km); 52402 84 km (dış merkeze NCEI konumuyla 4.578 km, IOC kaydıyla 4.547 km). Ölçüm durumları bu çalışmanın ölçümüdür; DART kayıt kesiti ve DART çizelgesiyle aynı ölçümden gelir. DART etiketindeki ilk sayı dış merkez uzaklığına göre sıradır; DART kayıt kesitinde, tsunami modeli haritasında ve DART çizelgesinde aynı sıra kullanılır. Harita dış merkez merkezli eşuzaklık izdüşümüdür; halkalar dış merkezden büyük daire uzaklığıdır, yön yalnız dış merkezde gerçektir; ince gri çizgi ETOPO 2022 ızgarasının (≈ 7 km hücre) 0 m eğrisidir (kıyı; gelgit kıyı çizgisi değildir; hücreden küçük adalar çizilemez) (konum: IOC Sea Level Station Monitoring Facility istasyon kaydı; ölçüm: NOAA NDBC DART / IOC SLSMF, işlem bu çalışma; kıyı çizgisi [0 m eğrisi]: ETOPO 2022 [60" ızgara, 4 hücrede bir, NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74]).*

Şekil 30a ve 30b: USGS DYFI ürününde en az 3 bildirimli 11 hücrenin topluluk şiddeti (CDI) 2,0 ile 9,1 arasındadır; en yüksek değer Petropavlovsk-Kamchatsky hücresinde 3 bildirime dayanır ve hücre merkezi dış merkeze 133 km uzaklıktadır (Şekil 30a ve 30b). Birkaç bildirime dayanan CDI değerleri gürültülü olduğundan (Atkinson ve Wald, 2007) 1–2 bildirimli 7 hücre renklendirilmemiştir; bu çalışmanın ölçütüyle şüpheli sayılan 11 hücre de renklendirilmemiştir.

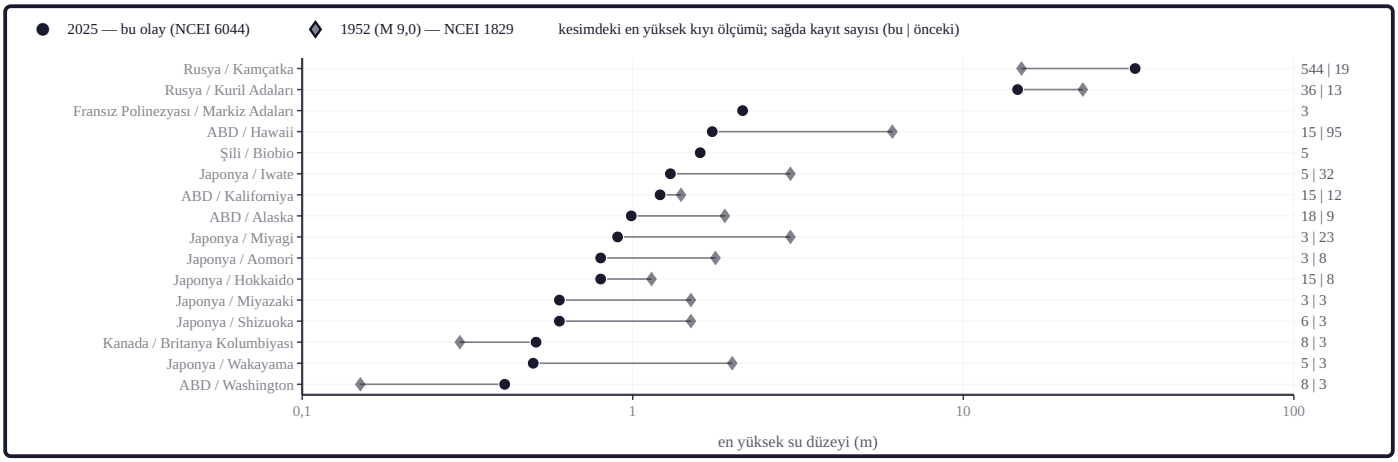
USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE)

USGS'in olay sayfasında yayımladığı metin ürünleri bu bölümde özgün dilinde (İngilizce) tümce sınırında kısaltılarak verilmiştir (U.S. Geological Survey, 2017). Metinler USGS'e aittir; bu çalışmanın bulgusu ya da çevirisi değildir.

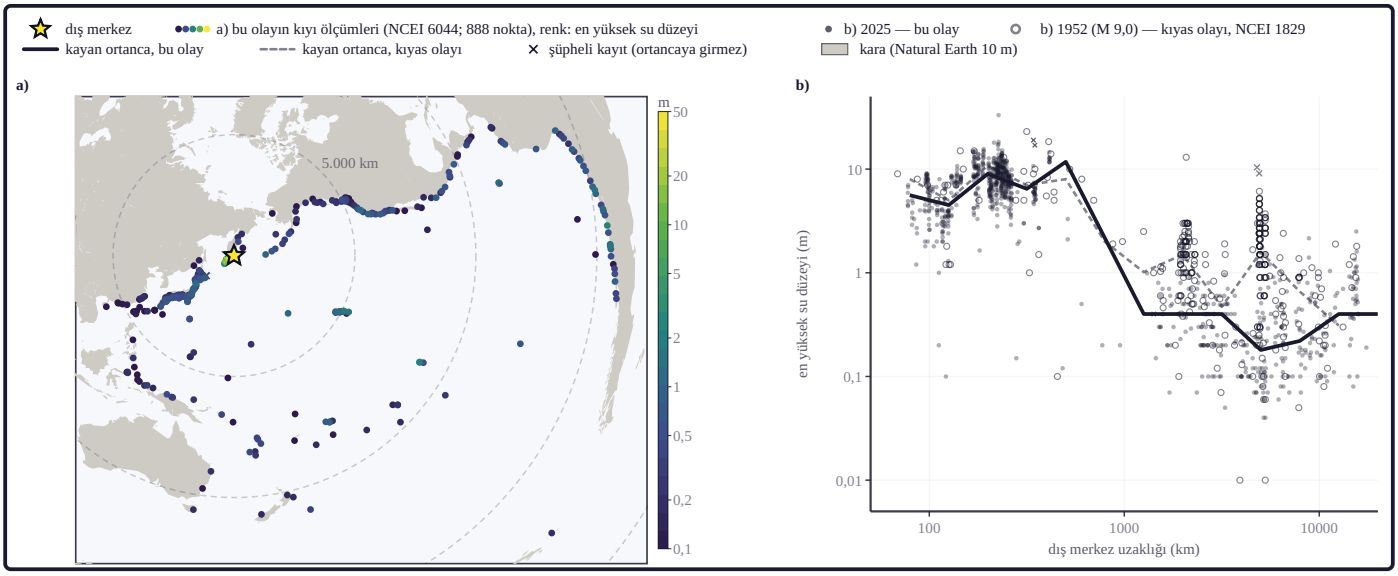
Olay özetinin (general-text; 13.08.2025) tektonik özeti: "The July 29, 2025, M8.8 earthquake east of Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, occurred as the result of shallow reverse faulting.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 31a. *Ülke / bölge kesimlerinde NCEI'nin kıyı ölçümlerinin en yüksek değeri (logaritmik eksen); yalnız en az 3 ölçümü olan kesimler, şüpheli (doubtful) ve DART kayıtları hariç. Gri karo 1952 olayının (NCEI 1829, M 9,0) aynı kesimdeki değeridir ve yalnız iki olayda da en az 3 ölçümü olan 14 kesimde çizilir. Bu olayın en az 3 ölçümlü 28 kesiminden 16'sı gösterilmiştir (yükteki kesim listesi en yüksek değerli kesimlerle sınırlıdır). Sağdaki sayılar kesimdeki ölçüm sayısıdır; değerler gözlemdir, model değildir. Kesim değerleri tek tek kıyı gözlemlerinin en büyüğüdür; NCEI olay kaydının en büyük su yüksekliği alanı 17,0 m'dir (iki alan NCEI'nin ayrı tablolarıdır). Karolar kesimdeki en yüksek ölçümü NCEI ölçüm türü ayrılmadan gösterir; metindeki olaylar arası kesim sayımı ise aynı ölçüm türü kodlu kayıtlarla, iki olayda da en az 3 kaydı olan 7 kesimde yapılır (veri: NCEI/WDS Global Historical Tsunami Database [doi:10.7289/V5PN93H7]).*



Şekil 31b. *Kıyılarda ölçülen tsunami yükseklikleri: haritada (a) NCEI/WDS Küresel Tarihsel Tsunami Veritabanı'nın bu olaya ait 888 kıyı ölçümü, NCEI 6044; DART kayıtları hariç. Renk en yüksek su düzeyidir, logaritmik 0,1–50 m; alt sınır 0,1 m ile verinin %2'lik değerinin büyüğüdür, yüksek değerler üstte çizilir. Uzaklık panosunda (b) aynı ölçümler dış merkez uzaklığına göre log–log eksende koyu noktalarla gösterilir; gri boş daireler 1952 olayının 315 ölçümüdür, NCEI 1829, M 9,0, ve yalnız bu panoda çizilir; kıyas olayı, iki olayda da en az 3 kayıtlı en çok ortak kesimi olan önceki depremli tsunamidir (14 ortak kesim). Koyu kalın çizgi ve gri kesikli çizgi kayan ortancadır: 0,2 $\log_{10}$ km genişlikli kovalar, kovada en az 3 şüphesiz ölçüm, en az 3 kova. NCEI'nin şüpheli (doubtful) işaretli kayıtları × ile çizilir ve ortancaya girmez. Bu olayın en yüksek değeri 33,1 m, tek gözlem; NCEI ölçüm türü kodu 9; NCEI olay kaydının en büyük su yüksekliği alanı 17,0 m'dir, iki alan NCEI'nin ayrı tablolarıdır. NCEI kaydı zamanla büyür; nokta sayıları 28.10.2026 tarihli alıma aittir. Harita dış merkez merkezli eşuzaklık izdüşümüdür; gri dolgu Natural Earth 10 m ülke poligonlarının dış halkalarıdır (kamu malı; iç halkalar çizilmedi; altlık pikseli ≈ 21 km), ETOPO 0 m eğrisi değildir (veri: NCEI/WDS Global Historical Tsunami Database [doi:10.7289/V5PN93H7]; kara: Natural Earth 10 m Admin 0 – Countries [kamu malı; naturalearthdata.com]).*

Şekil 31a ve 31b: Aynı ölçüm türüyle sayıldığında bu olay 3, 1952 depremi 4 kesimde daha yüksek su düzeyi verir (7 kesim; NCEI; Şekil 31a; Şekil 31b).

USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE) (DEVAM)

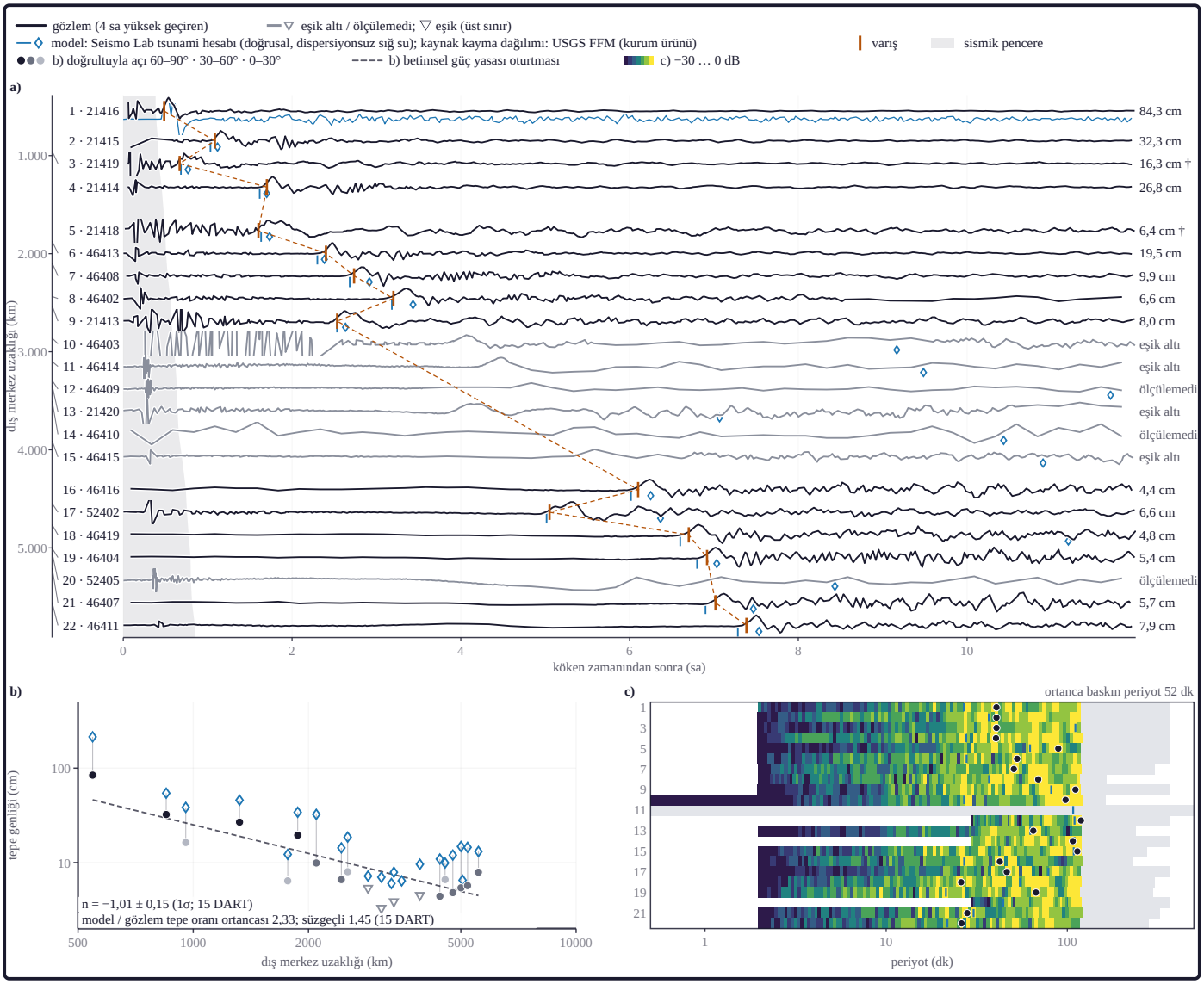
At the location of this earthquake, the Pacific plate is moving west-northwest with respect to the North America plate at about 80 mm/yr. Note, the North American plate extends westward beyond the North American continent." "The earthquake's location and sense of motion is consistent with faulting on the subduction zone plate interface of the Kuril-Kamchatka arc."

"While commonly plotted as points on maps, earthquakes of this size are more appropriately described as slip over a larger fault area. Reverse faulting events of the size of the July 29, 2025, earthquake are typically about 390 km by 140 km in size (length x width)."

"The 29 July 2025, Mw 8.8 Kamchatka earthquake is the largest event to occur globally since the 2011 Mw 9.1 Tohoku, Japan earthquake, and among the top ten largest earthquakes to occur globally since 1900. The 29 July 2025, Mw 8.8 event is the latest in a sequence of earthquakes occurring offshore of the Kamchatka peninsula that began 10 days earlier." "Preceding the Mw 8.8 earthquake were 50 Mw 5.0+ earthquakes, including an Mw 7.4 earthquake on 20 July 2025, and three Mw 6.6 earthquakes. As of 4:00 AM UTC, 30 July 2025, there have been 24 aftershocks greater than Mw 5.0, including Mw 6.9 and 6.3 events."

"These earthquakes occurred in the seismically active Kuril-Kamchatka subduction zone, where the Pacific plate subducts northwest beneath the North America plate.

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 32. *DART kayıt kesiti, tepe genliğinin uzaklıkla değişimi ve spektral kesit: 22 DART istasyonunda gelgiti ayıklanmış, olay öncesi tabanı çıkarılmış ve 4 sa Hann yüksek geçirenden geçirilmiş su sütunu yüksekliği sapmaları; gözlem, veri NOAA NDBC DART. Mavi ince çizgi ve ◇ modeldir, gözlem ya da resmî tahmin değildir; hesap: Seismo Lab tsunami hesabı (doğrusal, dispersiyonsuz sığ su); kaynak kayma dağılımı: USGS NEIC us6000qw60 (kurum ürünü); ilk koşul Okada (1985), Tanioka ve Satake (1996) yatay katkısı ve Kajiura (1963) süzgeci; ızgara 2', batimetri NOAA NCEI ETOPO 2022, 60" yüzey modeli; kıyı taşkını yok; model izi gözlemin altında, aynı ölçekle ve gözlemle aynı 4 sa yüksek geçirenden geçirilmiş; yarı yüksekliği 4 birimden küçük izlerde yalnız model tepesi ◇ ve gözlemin algılandığı istasyonlarda model varışı imlenir. Veri tutarsızlığı: NCEI'nin aynı DART için verdiği değer bu ölçümden farklıdır (21415: NCEI 20 cm ↔ bu çalışma 32,3 cm; 21419: NCEI 9 cm ↔ bu çalışma 16,3 cm); iki değer ayrı kurumların ayrı yöntemleridir. Kayıt kesitinde (a) izler gerçek uzaklık ölçeğinde dizilidir; 7 birimden yakın izler en çok 12 birim aşağı kaydırılıp gerçek uzaklığa ince gri çizgiyle bağlanmıştır; her iz kendi tepe genliğine, eşik altında algılama eşiğine göre ölçeklidir; solda uzaklık sırası ve DART numarası, sağda tepe değeri yazar. Tepe genliği ile uzaklık panosu (b) log–log eksenlidir; kesikli doğru algılanan istasyonların betimsel güç yasası oturtmasıdır, yön etkisi ayıklanmamıştır: n = −1,01 ± 0,15 (1σ, 15 istasyon); eşik altı istasyonlar eşik değerinde ▽ üst sınırdır ve oturtmaya girmez; nokta tonu çıkış azimutunun GCMT çözümünün doğrultusuyla (214°) açısıdır; model / gözlem tepe oranının ortancası 2,33, 10 dk alçak geçirenle 1,45, 15 DART; varış farkının, model eksi gözlem, ortancası −3,1 dk. Spektral kesitte (c) her satır kayıt kesitindeki istasyonun genlik spektrumudur; renk satır içinde −30 ile 0 dB arası, 5 dB basamaklı; açık gri hücreler güvenilir sayılmayan ya da 120 dk'dan uzun periyotlardır; 0 dB düzeyi ve baskın periyot, tepe ve varışın ölçüldüğü yüksek geçiren bantta, 120 dk'ya kadar aranır; ● gözlemin, mavi çentik modelin baskın periyodudur, ortancası 52 dk (veri: NOAA National Data Buoy Center [NDBC] DART su sütunu yüksekliği; işlem: bu çalışma [harmonik gelgit ayıklama, Hann süzgeci, genlik spektrumu, güç yasası oturtması]; model: Seismo Lab hesabı, doğrusal sığ su; kayma modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; batimetri NOAA NCEI ETOPO 2022, 60" yüzey modeli, doi:10.25921/fd45-gt74; doğrultu: kurum ürünü: GCMT moment tensörü çözümü [Ekström vd., 2012]).*

Şekil 32: Çizilen 22 istasyonun 15'inde sapma Seismo Lab algılama eşiğini aştı (Şekil 32).

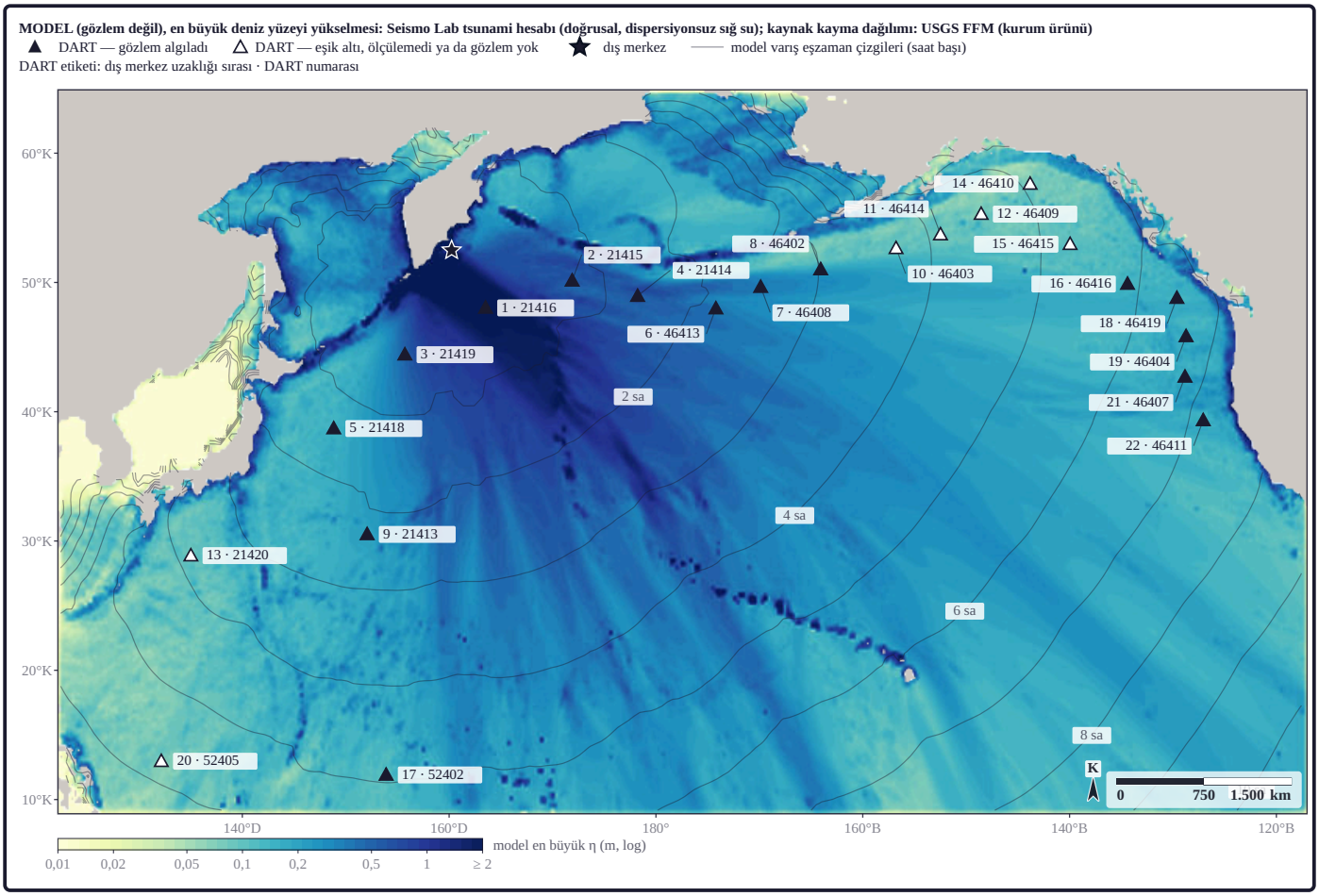
USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE) (DEVAM)

The surface expression on this subduction zone (Kuril-Kamchatka trench) lies to the east of the Kuril Islands and Kamchatka peninsula." "In this region, the Pacific plate moves northwestward at a rate of ~80 mm/yr, making it one of the fastest convergent margins in the world.

This region offshore of the Kamchatka peninsula has had nearly 700 Mw 5.0+ earthquakes since 1990 (not including the 29 July 2025, event and its aftershocks)." "The northern section of this subduction zone has previously hosted two very large earthquakes over the past ~100 years. In 1923, an Mw 8.4 earthquake, assumed to have ruptured the subduction zone interface, occurred 150 km north of the 29 July 2025, epicenter. The largest recorded earthquake in the Kamchatka section of the subduction zone was an Mw 9.0 earthquake in 1952." "The 1952 epicenter is less than 30 km from the 29 July 2025, epicenter, and the 1952 earthquake ruptured 600 km of the subduction zone interface to the southwest (Johnson and Satake, 1991).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 33. *Tsunami modelinin en büyük deniz yüzeyi yükselmesi: 12 saatlik koşu boyunca deniz yüzeyinin ulaştığı en büyük yükselme; MODEL, gözlem ya da resmî tahmin değildir. Hesap: Seismo Lab tsunami hesabı (doğrusal, dispersiyonsuz sığ su); kaynak kayma dağılımı: USGS NEIC us6000qw60 (kurum ürünü). İlk koşul Okada (1985) yama toplamlı deniz tabanı deformasyonudur; buna Tanioka ve Satake (1996) yatay katkısı ile Kajiura (1963) süzgeci eklendi; kaynak, yamaların kırılma zamanlarına göre zaman kutularıyla kademeli kuruldu. Çözüm doğrusal, hidrostatik ve dispersiyonsuzdur; kıyı taşkını ve sürtünme yoktur, 20 m'den sığ hücreler kara sayıldı; batimetri NOAA NCEI ETOPO 2022, 60″ yüzey modeli, 2′ ızgara. Harita, 2′ hesap ızgarasının 8 × 8 hücrelik bloklarına toplanmış gösterimidir (blok içi en büyük η; yaklaşık 16′); sonuç ızgarası önbellek boyut sınırı nedeniyle 2 × 2 bloklarla saklandı; DART serileri ve kıyas değerleri 2′ çözümden alınmıştır. Dispersiyonsuz çözüm yaklaşık 10 dk'dan kısa periyotlu bileşenleri dağılmadan taşır ve abartabilir. Izgara duyarlılığı: 4′ ızgarada DART tepeleri 2′ ızgaradakine göre −%28 ile %26 arasında değişir (süzgeçli tepelerde −%21 ile %18). Doğrusal dispersiyonsuz model katı yer ve sıkışmaz deniz suyu varsayar; uzak alanda model varışı gözlemden birkaç dakika erken olabilir (Watada vd., 2014). Renk ölçeği logaritmiktir: 0,01–2 m; üst sınır, okyanus hücrelerindeki en büyük yükselmelerin %99 yüzdeliğinin 1–2–5 basamağına yukarı yuvarlanmasıdır ve üstü doymuştur; en büyük değerler kaynak bölgesi ve sığ kıyı hücrelerindedir ve kıyı yükselmesi (runup) değildir; eşzaman çizgileri saat başı model varışıdır. DART simgesi dolu: gözlem Seismo Lab algılama eşiğini aştı; boş: eşik altı ya da ölçülemedi; kesikli: bu DART için gözlem satırı yok. DART etiketindeki ilk sayı dış merkez uzaklığına göre sıradır; DART kayıt kesitinde, DART konum haritasında ve DART çizelgesinde aynı sıra kullanılır (model: Seismo Lab hesabı [doğrusal sığ su; Okada, 1985]; kayma modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000qw60 [U.S. Geological Survey, 2017]; batimetri: NOAA National Centers for Environmental Information [2022] ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model, doi:10.25921/fd45-gt74 [60″ sürümü]; DART: NOAA NDBC; ölçek çubuğu yalnız 36,9°K enleminde [kadrajın orta enlemi] geçerlidir).*

Şekil 33: Hesap: Seismo Lab tsunami hesabı (doğrusal, dispersiyonsuz sığ su); kaynak kayma dağılımı: USGS NEIC us6000qw60 (kurum ürünü; Şekil 33).

USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE) (DEVAM)

At 80 mm/yr, this region has accommodated approximately 6 meters of plate motion since 1952.” “The 29 July 2025, Mw 8.8 earthquake appears to have generally filled any small gap between the 1923 and 1952 ruptures, although subsequent analyses will provide more information about the mainshock rupture process and the spatial relationships between these large earthquake ruptures in the region.”

Olay özetinin öteki bölümü: “The 29 July 2025 M8.8 Kamchatka Earthquake - A geonarrative of the seismotectonics of the earthquake and the Kuril-Kamchatka subduction zone.”

Olay özeti 13.08.2025 tarihlidir; USGS bu olayın PAGER (sürüm 14, 17.09.2025), ShakeMap (sürüm 18, 01.10.2026) ve köken (11.10.2025) ürünlerini bu tarihten sonra güncellemiştir; özetteki sayılar bu sürümlerdekilerle aynı olmayabilir.

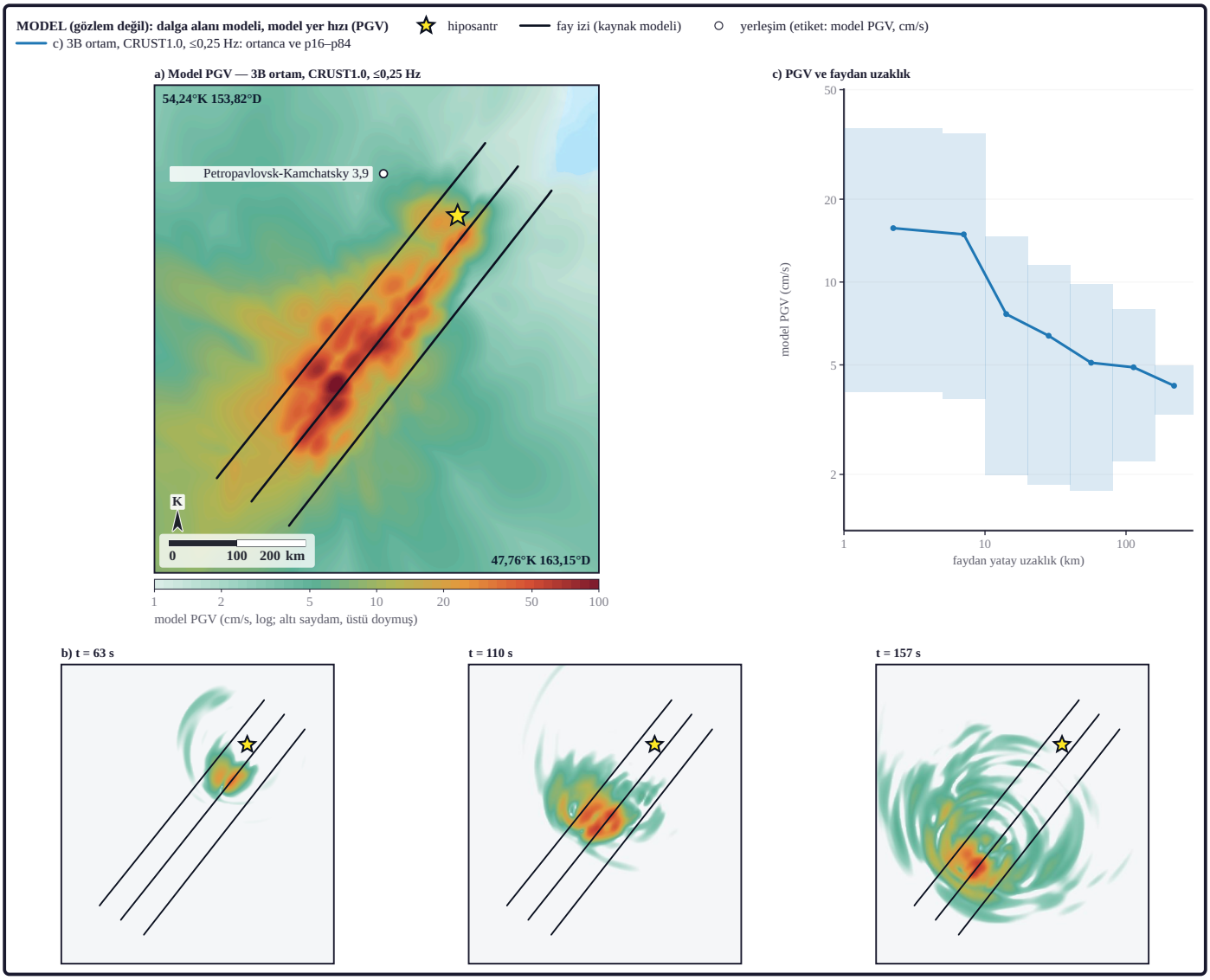
Etki özeti (impact-text; 11.10.2025; bildirilen etkilerin USGS derlemesidir, bu çalışmanın sayımı değildir): “Four people injured in Kamchatskiy Kray. At least 1,400 homes damaged, damage to infrastructure and power outages occurred in the Petropavlovsk-Kamchatskiy area. At least 106 buildings damaged at Severo-Kuril'sk. The tsunami damaged a pier at the nuclear submarine base at Avachinskaya Guba and a port at Severo-Kuril'sk, Russia and the harbor at Crescent City, CA, United States.” “Maximum intensity IX. This event triggered the eruption of seven volcanoes on the Kamchatka Peninsula, including Krasheninnikov.”

Alıntıdaki nedensellik anlatımı ("triggered") USGS derlemesine aittir; bu çalışma alıntıdaki etkiler ile deprem arasında nedensellik sınamamıştır; raporun GVP kayıtlarıyla yaptığı taramada 58 aday volkan içinde depremden sonra püskürmeye başlayan tek volkan vardır: Krasheninnikov (3 gün sonra); zamansal yakınlık tek başına nedensellik kanıtlamaz.

Metnin kalanı alıntı biçimine sığmayan uzun bir tümce nedeniyle bu bölüme alınmamıştır; tam metin USGS olay sayfasındadır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



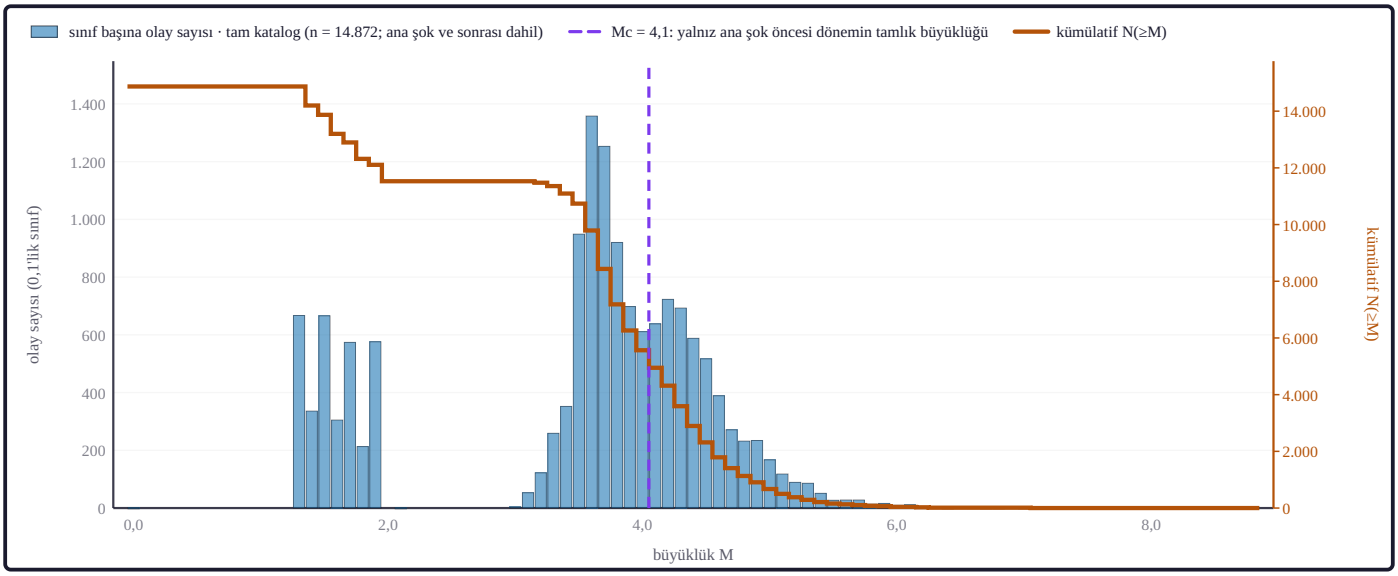
Şekil 34. *Dalga alanı modeli, MODEL — gözlem değil: a) 3B ortam, CRUST1.0 çözümünde ≤0,25 Hz model yer hızı (PGV); renk ölçeği logaritmik, 1–100 cm/s, alt sınırın altı saydam, üst sınırın üstü doymuş; b) aynı çözümün t = 63, 110 ve 157 s anlarındaki hız büyüklüğü |v|, aynı renk ölçeğiyle; c) PGV ile faydan yatay uzaklık, model başına kuşak ortancası (çizgi) ve p16–p84 aralığı (bant), iki eksen logaritmik; kinematik kaynak: us6000qw60; kırılma süresi 271 s; havza büyütmesi ve yerel zemin etkisi hesapta yoktur; 3B ortamda kayma dalgası hızı tabanı 2,571 km/s (model: Seismo Lab dalga alanı hesabı — 3B ortam: Seismo Lab kendi sonlu farklar çözücüsü yz-sf3b/2 [Virieux, 1986; Graves, 1996, Q sönümü: Day, 1998], CRUST1.0, Laske vd., 2013; kaynak: us6000qw60).*

Şekil 34: En büyük model PGV'nin noktası hiposantrın yaklaşık 305 km güneybatısındadır (Şekil 34).

Kinematik kaynakta kırılma 271 s sürer; 3 anlık kareden 3 tanesi kırılma sürerken alınmıştır. Uzaklık kuşakları içinde p16–p84 bandı en geniş 5–10 km kuşağındadır; bu kuşakta p84 / p16 oranı 9,2'dir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 35. *Tamlık büyüklüğü (ana şok öncesi dönem) Mc = 4,1 olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %97,6 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır (Mw 8,8). Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen; ana şok ve sonrası dahil tam katalog); turuncu eğri kümülatif N(≥M) sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi yalnız ana şok öncesi dönemin tamlık büyüklüğüdür (tam katalog, n = 14.872).*

Şekil 35: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 35). Mc altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogda yer almamıştır. Tüm büyüklük–frekans istatistikleri yalnız Mc üstü örneklemle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 15'te, USGS ürün çözümlerinin sürümden sürüme değişimi Tablo 16'da, tarihsel eşik üstü depremler Tablo A6'da verilmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

29.07.2025 tarihli Kamçatka Yarımadası, Rusya depremi (Mw 8,8; odak derinliği 35,0 km, çözümde sabitlenmiş), Kuril–Kamçatka dalma-batma zonunun Kamçatka kesimi bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın iz adsızdır (199 km). GCMT moment tensörü çözümü (M_0 = 1,577×10²² N·m; Mw 8,73) iki düğüm düzlemi üzerinde de ters atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %99 düzeyindedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000qw60, sismik momentin %98,4'ünü hiposantrın güneybatı yanında gösterir (tek yönlü kırılma); modeldeki en büyük kayma 39,3 m'dir. Kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla gerilme düşümü 0,42–1,3 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözetildiğinde 0,74 MPa olarak kestirilmiştir; kayma dağılımından Ripperger ve Mai (2004) yöntemiyle hesaplanan kayma ağırlıklı statik gerilme düşümü, kenar hücreleri dışarıda bırakılarak, USGS sonlu fay modeli us6000qw60 için 12,1 MPa bulunmuştur (her model kendi momentiyle tutarlı kayma modülüyle: USGS sonlu fay modeli us6000qw60 31 GPa); değerler yönteme ve kayma modeline bağlıdır. Artçı bulutunun uzun ekseni 38° doğrultusundadır. Olayın dizisi ana şok–artçı dizisi olarak sınıflanmıştır: çalışma olayı dizinin toplam sismik momentinin %92 kadarını taşımaktadır ve en büyük artçıyla büyüklük farkı ΔM = 0,9 değerindedir (işletimsel ölçüt: ΔM > 0,3 ve moment payı ≥ %50). 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 çözümlemeler şunlardır: USGS'in kendi moment tensörü türleri (Mww, Mwb, Mwr gibi) arasındaki kıyas, ComCat'te bu olay için USGS'in yalnız bir moment tensörü çözümü bulunduğundan (çözüm künyede verilmiştir) kurulamamış; tepki spektrumu, kullanılan veri merkezlerinden uygun uzaklıkta kullanılabilir ivme kaydı alınamadığından kurulamamış; yakın istasyon dalga formu çözümlemesi ve bağımsız konum sınaması, en yakın istasyonların kayıtları doygun olduğundan (ham sayım tepesi sayısallaştırıcının tam ölçeği düzeyinde) ve doygun olmayan bir kayıt bulunmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalogda hiçbir kurum raporunda büyüklüğü bulunmayan 48 kayıt (2'si ana şoktan sonra) büyüklüğe dayanan çözümlemelere girememiştir. Birleşik katalog, eksik depremler için dış kataloglarla taranmamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. Artçı sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlemelerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); aradığı büyüklük ya da geometri koşulunu sağlamayan (ölçek/geçerlilik), örneklemi ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 7 çözümleme raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir; örneklemi, belirsizliği ya da girdi verisi eşiğe yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlemeler şunlardır: kırılma direktivitesi, Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı, yinelenme aralığı (nadirlik), küme boyutu ve artçı dönemi b değeri. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 30.07.2020 – 27.10.2025 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 14.872 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 30.07.2020 – 27.10.2025 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (ISC, GSRAS, USGS, KAGSR, EMSC, GFZ, NOA); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altyazılarındadır. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: ISC (International Seismological Centre, t.y.), USGS (U.S. Geological Survey, 2017), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993) ve NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975); GSRAS, KAGSR kayıtları için doğrulanmış bir ağ/katalog künyesi bulunamadığından yalnız kurum adı verilmiştir. Pencere kataloğunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde INGV ve NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994); tarihsel derlemede GSI kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir (282 kaydın 113 tanesinde ISC-GEM). 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. Harita altlığı karoları için sağlayıcının istediği atıf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 30.10.2026). Konum haritasının (yakın çevre haritasının iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atıf: “Source: US National Park Service” (erişim: 30.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 30.10.2026). Kırık geometrisi USGS NEIC sonlu fay çözümünden (olay kimliği us6000qw60), topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 30.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003). Tarihsel derlemede yer künyesi ülke adından ibaret olan ya da Latin dışı yazılmış kayıtların yer adları ile USGS DYFI ürünündeki yerleşim ve hücre adlarının yazımı GeoNames yerleşim veritabanından (cities1000 yerleşim dosyası ve admin1CodesASCII idari birim çizelgesi; geonames.org) (GeoNames, t.y.) alınmıştır (CC BY 4.0; erişim: 26.10.2026). Harita şekillerinin gölgeli topoğrafya / batimetri altlığı ve kıyı çizgisi (0 m eş yükselti eğrisi; gelgit kıyı çizgisi değildir) ETOPO 2022 Küresel Kabartı Modeli (NOAA NCEI, doi:10.25921/fd45-gt74; ABD hükümeti verisi, kamu malı) verisinden bu çalışmada türetilmiştir.

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (ISC, GSRAS, USGS, KAGSR, EMSC, GFZ, NOA) 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 kataloğunun kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 3.0 (Unported).

Kaynakçadaki veri setlerinin kullanım koşulları: Global Seismograph Network (GSN - IRIS/USGS) (ASL/USGS, 1988) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), EarthScope'un varsayılan veri lisansı (USGS üretimi veri ABD federal kamu malıdır, 17 U.S.C. §105), bu çalışmadaki değişiklik: süzme, pencereleme ve yeniden örnekleme; IOC Sea Level Station Monitoring Facility (Flanders Marine Institute ve Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2021) — CC BY-NC 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), sağlayıcı beyanı; GEOFON Seismic Network (GEOFON Data Centre, 1993) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), sağlayıcı beyanı, bu çalışmadaki değişiklik: süzme, pencereleme ve yeniden örnekleme; GeoNames geographical database (cities1000, countryInfo) (GeoNames, t.y.) — CC BY 4.0, sağlayıcı beyanı; GEOSCOPE, French Global Network of broad band seismic stations (Institut de physique du globe de Paris ve École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg, 1982) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), sağlayıcı beyanı, bu çalışmadaki değişiklik: süzme, pencereleme ve yeniden örnekleme; Data Services Products: Synthetics Engine (syngine) (IRIS DMC, 2015) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), sağlayıcı beyanı, bu çalışmadaki değişiklik: süzme, pencereleme ve yeniden örnekleme; Global Seismograph Network - IRIS/IDA (Scripps Institution of Oceanography, 1986) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), EarthScope'un varsayılan veri lisansı, bu çalışmadaki değişiklik: süzme, pencereleme ve yeniden örnekleme. © 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.

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*	29.07.2025 23:24:52	52,4948°K	160,2395°D	35,0	8,8	Mww	gözden geçirilmiş	20.10.2026 09:43
EMSC	29.07.2025 23:24:51	52,6050°K	160,0725°D	20,0	8,8	Mw	—	22.08.2026 19:35
GFZ	29.07.2025 23:24:52	52,522°K	160,116°D	27,1	8,8	Mw	—	22.08.2026 18:22
KAGSR	29.07.2025 23:24:49	52,3579°K	160,5290°D	43,7	8,9	Mw	—	02.09.2026 02:43
ISC (NEIC)	29.07.2025 23:24:52	52,4948°K	160,2395°D	35,0	8,7	Mw	aktarılmış çözüm; konumu USGS ile özdeş	28.08.2026 16:55
INGV	29.07.2025 23:24:50	52,512°K	160,324°D	35,0	8,6	Mwpd	uzak ağ çözümü	25.08.2026 01:02
NIEP	29.07.2025 23:24:50	52,0523°K	160,2893°D	20,0	6,9	mb	uzak ağ çözümü	24.08.2026 21:02

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği us6000qw60). Benimseme sırası: olağan çözümler aktarılmış ve uzak ağ kayıtlarından önce gelir; sonra derinliği verilmiş çözüm ve genel kurum sırası gözetilir. Birleşik kataloğun temsilci kaydı benimsenen hiposantrla aynıdır. Aktarılmış çözüm: ISC'nin başka bir kurumdan aktardığı çözüm (parantezde üreten kurum); uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü; konumu USGS ile özdeş: enlem, boylam ve derinlik USGS çözümüyle birebir aynıdır (bağımsız konum çözümü sayılmaz). Benimsenen çözümün derinliği kurumca sabitlenmiştir. Değerler kurumun bildirdiği ondalıkladır ("—": alan kayıtta yok). "Arşive alınma", raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 30.10.2026 07:35 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	696,8 × 245,7 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 14.872)
Artçı bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 572,4 × 211,7 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 6.557) · seçim yarıçapıyla (118 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	0,0–142,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana ekseni	38° (%95: 37–38°)	ana bileşen ekseni · artçı bulutu · uzama 2,86 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı; seçim yarıçapıyla sınırlı)
Kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni)	34°	ana bileşen ekseni · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir

Tablo 4. USGS artçı deprem kestirimi (OAF) — pencere ve büyüklük eşiğine göre olasılık ve sayı aralığı.

Pencere	M ≥ 3	M ≥ 4	M ≥ 5	M ≥ 6	M ≥ 7	M ≥ 8
1 Gün	> %99 · 38 (2–160)	%69 · 3 (0–13)	%9,5 · 0 (0–1)	< %1 · 0 (0–0)	< %1 · 0 (0–0)	< %1 · 0 (0–0)
1 Hafta	> %99 · 120 (10–460)	> %99 · 10 (1–37)	%48 · 0 (0–3)	%5,3 · 0 (0–1)	< %1 · 0 (0–0)	< %1 · 0 (0–0)
1 Ay	> %99 · 460 (120–1.400)	> %99 · 37 (10–110)	%93 · 3 (0–10)	%21 · 0 (0–2)	%2,1 · 0 (0–0)	< %1 · 0 (0–0)
1 Yıl	> %99 · 3.900 (2.100–10.000)	> %99 · 320 (170–830)	> %99 · 26 (13–69)	%84 · 2 (0–8)	%15 · 0 (0–2)	%1,4 · 0 (0–0)

Not: Kaynak: USGS artçı deprem kestirimi (OAF), yayın 31.07.2026 16:13 UTC (U.S. Geological Survey, 2017); model: Epidemic-Type aftershock model (Bayesian Combination) (ETAS — epidemik tipte artçı deprem modeli). Pencereler 31.07.2026 17:00 UTC'de başlar. Her hücre: pencere içinde en az bir deprem olasılığı · deprem sayısının ortancası (%95 aralığı). Değerler USGS modeli kestirimidir; herhangi bir depremin zamanını ya da yerini belirtmez ve USGS tarafından yeni verilerle güncellenir.

Tablo 5. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (01.08.2015 – 30.07.2020), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	14.872	10.387
Oran (olay/gün)	7,77	5,69
Mc (dönemin kendi eşiği)	4,8	3,6
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 4,8)	1.135	179
b ± σ_b (ortak Mc = 4,8)	1,15 ± 0,06	1,23 ± 0,11
Derinlik ortancası (km)	31,6	40,7
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	2.973 (%20)	3.571 (%34)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	1,55	1,96

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 4,8 ↔ 3,6); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Arka plan döneminde kutuda M ≥ 5 üç deprem vardır (14.04.2016 M 6,2; 22.12.2017 M 6,4; 20.02.2020 M 6,5); Gardner–Knopoff pencereleri (641 gün / 56 km, 822 gün / 60 km ve 885 gün / 61 km) dönemin %86'sını kapsadığından bağımsız olay satırlarındaki fark ayrıştırmanın etkisini de taşır ve tek başına sismisite değişimi değildir. Pencere sütunu pencerenin tamamını (olay sonrası dönem dâhil) kapsar.

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	217°/7°/80°	düzlem: USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma uzunluğu L	580,7 km	USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma genişliği W	102,0 km	üst kenar 7,4 km, alt kenar 41,7 km derinlikte
Ortalama kayma ū	7,79 m	USGS sonlu fay modelinin bütün yamalarının alan ağırlıklı ortalaması (kenar kırpması uygulanmadan)
Sürtünme katsayısı μ′	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	15,3 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	49 × 53	771 × 836 km
Ortanca ΔCFS	0,029 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)

devamı izleyen sayfada

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Ortanca |ΔCFS|	0,10 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	−9,0 ile 6,7 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	−98 ile 28 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
|ΔCFS| > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%50	hesap ızgarasında |ΔCFS| yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren artçı	6.557	nokta hesabı · 495 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	2.828 / 3.000 / 234	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 6.062 · yük %47, gölge %49
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	4.112 / 1.849 / 101	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 6.062 · yük %68, gölge %31
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 129° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	rejim belirtilmemiş; SHmax yönü ana şok mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	5.770 / 205 / 87	duyarlılık · 1.699 artçının sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	4.233 / 1.714 / 115	duyarlılık · SHmax 125°, şekil oranı 0,69: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 467) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (167 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 300); birincil alandan farkı 3,5° (128,8° ↔ 125,3°) · 170 artçının sınıfı değişir; birincil alan ana şok mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	85 / 90 / 12	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 187 · yük %45, gölge %48
— yalnız serbest derinlikli artçılar	1.220 / 1.763 / 64	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 3.047 · yük %40, gölge %58

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. ΔCFS = Δτ + μ′·Δσ$_n$. Kaynak, USGS sonlu fay modelinin yamalarından kurulmuştur. Artçı sınaması nokta hesabıdır: ΔCFS her artçının kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant |ΔCFS| < 0,1 bar; kaynak dikdörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

Tablo 7. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 213 çözümden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 660 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Ana şoka göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)
29.07.2025	8,73	214/18/84	ters	ana şok	0,0
20.07.2025	7,47	219/14/87	ters	ana şoktan önce	47,6
30.07.2025	7,24	191/25/89	ters	ana şoktan sonra	44,9
03.08.2025	6,78	219/33/−96	normal	ana şoktan sonra	266,2
20.07.2025	6,69	211/26/86	ters	ana şoktan önce	54,5
20.07.2025	6,66	210/25/87	ters	ana şoktan önce	46,0
20.07.2025	6,60	208/22/87	ters	ana şoktan önce	55,6
30.07.2025	6,26	218/30/90	ters	ana şoktan sonra	488,5
31.07.2025	6,24	215/41/−92	normal	ana şoktan sonra	349,4
04.08.2025	6,20	219/22/97	ters	ana şoktan sonra	486,1

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: ters 148, normal 42, eğik/karma 19, doğrultu atımlı 4; ana şoka göre zaman dağılımı: ana şoktan önce 40, ana şok 1, ana şoktan sonra 172 ("ana şoktan önce" yalnız oluş zamanının sırasını gösterir, çözümün dizideki rolünü nitelemez). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: 105 çözümün dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay dairesi içindedir (116 km; artçı dizisi 118 km yarıçapla sayılmıştır); 108 çözüm dairenin dışındadır (03.08.2025, 266,2 km; 30.07.2025, 488,5 km; 31.07.2025, 349,4 km; 04.08.2025, 486,1 km). Faya dik uzaklık sütunu basılmamıştır: seçilen fay izi ana şoka 198,9 km uzaktadır ve ana şokun fayı sayılamaz.

Tablo 8. Kaynak parametreleri: kayma modelleri (model çıktısı).

Parametre	Tanım (bu çalışmanın ölçüsü)	USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) (seçilen)	Benzer olaylar (n = 3): ortanca [en küçük–en büyük]
M_0 (N·m)	modelin toplam momenti	$2{,}25\times10^{22}$	$2{,}43\times10^{22}$ [$1{,}01\times10^{22}$–$4{,}94\times10^{22}$]
Mw	$(2/3)(\log_{10}M_0 - 9{,}1)$	8,83	8,86 [8,60–9,06]
uzunluk, etkin (km)	Somerville vd. (1999) kenar kırpması	581	576 [374–613]
uzunluk, kuşak (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe kuşağı	587	577 [374–597]
derinlik aralığı (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe yamalarının üst / alt kenarı	7–42	—
tepe kayma (m)	en büyük yama kayması	39,3	17,0 [9,3–55,0]
tepe kayma derinliği (km)	o yamanın merkez derinliği	21,8	15,5 [10,2–30,2]
büyük kaymalı bölge ort. (m)	kayma ≥ 0,3 × tepe yamalarının alan ağırlıklı ortalaması	20,36	9,56 [4,29–30,50]
kırılma hızı (km/s)	model başlığı avVr; yoksa kırılmış alan uzanımının büyüme hızı, o da yoksa ilk → son dilim	1,92	2,11 [2,02–2,12]

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 8 (devam). Kaynak parametreleri: kayma modelleri (model çıktısı).

Parametre	Tanım (bu çalışmanın ölçüsü)	USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025) (seçilen)	Benzer olaylar (n = 3): ortanca [en küçük–en büyük]
süre (s)	birikimli moment %5–%95	153	104 [88–128]
süre, zarf (s)	moment hızı ≥ %10 tepe	213	108 [104–160]
Δσ (MPa)	Eshelby (1957), etkin alan	3,80	2,19 [0,89–3,32]

Not: Model sütunları kayma modelinin yamalarından bu çalışmada ölçülmüştür (model çıktısı): USGS NEIC us6000qw60 (ürün tarihi 19.11.2025); benzer olaylar sütunu, bu depremle aynı mekanizma sınıfındaki (bindirme) 3 olayın kayma modellerinden (kurum ürünü: USGS sonlu fay modelleri: 27.02.2010 Maule, Şili M 8,8 depremi (USGS NEIC official20100227063411530_30; model Mw 8,85); 11.03.2011 Tohoku, Japonya M 9,1 depremi (USGS NEIC official20110311054624120_30; model Mw 9,04); 28.03.2005 Singkil, Endonezya M 8,6 depremi (USGS NEIC official20050328160936530_30; model Mw 8,59)) satır başına ortanca ve köşeli ayraç içinde en küçük–en büyük değerdir; derinlik aralığı satırı iki uçlu olduğundan özetlenmez; moment tensörü çözümleri: USGS NEIC Mw 8,83 (M_0 2,22×10²² N·m), kaynak süresi 225 s (ürünün kaynak zaman işlevi (triangle) süresi); Global CMT Mw 8,73 (M_0 1,58×10²² N·m), kaynak süresi 113 s (2 × yarı süre (half_dur)); Yayılan enerji (Er) satırı yoktur: ölçülmüş Er ürünü bu çalışmada bulunmuyor.

Tablo 9. USGS ShakeMap istasyon kayıtları — en yüksek yer ivmeli sismik istasyonlarda gözlem ve bağıntı kestirimi.

İstasyon	Kırığa uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	PGA gözlem (g)	PGA bağıntı (g)	ln(gözlem/bağıntı)	PGV (cm/s)
D0.KDT	44,9	570	0,449	0,644	−0,36	20,4
D0.MSN	72,8	532	0,241	0,290	−0,18	—
D0.KRM	82,8	748	0,234	0,224	+0,05	12,5
D0.RUS	51,7	713	0,226	0,439	−0,66	12,5
D0.GK004	71,5	532	0,186	0,295	−0,46	9,12
D0.RIB	70,6	567	0,163	0,296	−0,60	13,6
D0.SPZ	72,3	532	0,152	0,292	−0,65	16,0
D0.NIC	85,7	255	0,149	0,267	−0,59	16,9
D0.SPN	35,3	642	0,140	0,638	−1,52	—
D0.NLC	53,0	696	0,138	0,394	−1,05	15,4

Not: Kaynak: USGS ShakeMap sürüm 18 (otomatik ürün; 01.10.2026) istasyon listesi (Wald ve Worden, 2020). Listedeki 38 sismik istasyondan PGA'sı bildirilmiş ve USGS tarafından işaretlenmemiş olanların en yüksek PGA'lı 10 tanesi verilmiştir; işaretli ya da PGA'sı bildirilmemiş 3 kayıt dışarıdadır. Gözlem kaydın en büyük yer ivmesidir; bağıntı değeri ShakeMap'in yer hareketi bağıntılarının istasyon konumundaki kestirimidir; ln(gözlem/bağıntı) bu çalışmada hesaplanmıştır. Kırığa uzaklık ShakeMap'in kırık modeline en kısa uzaklıktır; Vs30 ShakeMap'in istasyona atadığı zemin değeridir.

Tablo 10. USGS PAGER maruz nüfus kestirimi — şiddet düzeylerine göre kestirilen nüfus (bin kişi).

Şiddet (MMI)	Kestirilen nüfus (bin)
IX	1,8
VIII	56
VII	214
VI	6,0
V	14
IV	≥ 9,8
III	≥ 1,8

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 14 (17.09.2025) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler PAGER'ın ShakeMap şiddet alanı ve nüfus verisiyle hesapladığı model kestirimidir, sayım ya da gözlem değildir; bin kişi biriminde, 10.000 kişinin altında bir ondalıkla yuvarlanmıştır. PAGER genel uyarı düzeyi kırmızı. ShakeMap alanının kenarında şiddet MMI 4,1'e ulaştığından IV ve altındaki dilimler yalnız harita alanındaki nüfusu kapsar (alt sınır, ≥ ile gösterilmiştir). Bu kestirim ShakeMap sürüm 14 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 18).

Tablo 11. USGS PAGER yerleşim listesi — kestirilen şiddete göre ilk yerleşimler.

Yerleşim	Kestirilen şiddet (MMI)	Nüfus	Dış merkeze uzaklık (km)
Severo-Kuril'sk	8,7	2.422	349
Vilyuchinsk	7,7	25.204	133
Paratunka	7,5	1.767	143
Petropavlovsk-Kamchatsky	7,5	187.282	123
Ozernovskiy	7,2	2.615	279
Yelizovo	6,6	40.692	147
Atlasovo	5,7	5.000	348
Ust'-Kamchatsk Staryy	5,0	4.939	440
Klyuchi	4,9	10.000	427
Tigil'	4,2	1.993	594

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 14 (17.09.2025) şehir listesi (U.S. Geological Survey, 2017); şiddet PAGER'ın kullandığı ShakeMap alanından okunan model değeridir. Uzaklık, PAGER şehir listesindeki yerleşim koordinatından çalışma olayının dış merkezine ölçülmüştür. Bu kestirim ShakeMap sürüm 14 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 18).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 12. USGS yer yenilmesi kestirimi — heyelan ve sıvılaşma modellerinin kestirdiği alan ve maruz nüfus.

Tür	Model	Uyarı (alan / nüfus)	Kestirilen alan (km²)	Maruz nüfus (kişi)	Girdi ShakeMap sürümü
Heyelan	Nowicki Jessee vd. (2018)*	turuncu / yeşil	27 ± 14	10 ± 5	18
Heyelan	nowicki_2014_global	—	708	850	18
Heyelan	godt_2008	—	564	10	18
Sıvılaşma	Zhu vd. (2017)*	turuncu / yeşil	270 ± 9,3	610 ± 78	18
Sıvılaşma	zhu_2015	—	349	568	18

Not: Kaynak: USGS yer yenilmesi ürünü (ground failure) sürüm 17 (06.10.2026) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler olasılık ağırlıklı model kestirimidir, gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir. * USGS'in tercih ettiği model; uyarı düzeyi alan ve nüfus kestirimleri için ayrı verilir; ± ürünün bildirdiği bir standart sapmadır. Öteki modeller ürünün model kimliğiyle verilmiştir; USGS bu modeller için uyarı düzeyi ve belirsizlik vermez, alan ve nüfus ürünün aynı modelle hesapladığı olasılık toplamlarıdır (hagg0.1g, popexp0.1g). Ürünün girdi ShakeMap'i sonlu fay modeli olmadan nokta kaynakla kurulmuştur; USGS kaydında ürün için kırılma uyarısı işaretlidir.

Tablo 13. USGS PAGER tarihsel kıyas depremleri — PAGER'ın bu olay için seçtiği geçmiş depremler ve bu çalışmanın kataloğuyla eşleşme.

Tarih (UTC)	M (PAGER)	Derinlik (km)	Dış merkeze uzaklık (km)	MMI ≥ VI kestirilen nüfus (bin)	Bildirilen ölü (sarsıntı / toplam)	İkincil etkiler	Bu çalışmanın kataloğunda M
17.08.1983	7,0	92,7	373	16	— / —	tsunami	kapsam dışı
08.06.1993	7,5	60,5	224	6,8	— / —	tsunami	kapsam dışı
21.06.1996	6,7	13,2	125	0	— / —	yok	6,7 (Mw)

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 14 (17.09.2025) tarihsel kıyas listesi (U.S. Geological Survey, 2017); PAGER'ın bu olay için seçtiği tarihsel depremler PAGER kataloğundaki değerleriyle verilmiştir. MMI VI ve üzeri nüfus PAGER'ın o deprem için kestirdiği maruziyettir (model kestirimi, bin kişi); ölü sayıları PAGER kataloğunda bildirilen değerlerdir ve toplam, ikincil etkilere bağlanan ölümleri de içerir; ikincil etkiler PAGER kataloğunda işaretli olanlardır. Dış merkeze uzaklık bu çalışmada çalışma olayının dış merkezinden hesaplanmıştır. Son sütun bu çalışmanın tarihsel kataloğunda ±1 gün ve 100 km içinde eşleşen kaydın büyüklüğüdür; katalog dış merkezin 150 km çevresinde M ≥ 6, 60 km içinde M ≥ 5 ve 188 km içinde M ≥ 7 kayıtları kapsar; — eşleşen kayıt olmadığını, kapsam dışı ibaresi depremin bu ölçütlerin dışında kaldığını gösterir.

Tablo 14. DART istasyonlarında ölçülen tsunami (gözlem).

Sıra	DART	Kaynak	Uzaklık (km)	Varış (dk)	Tepe (cm)	Çukur (cm)	NCEI (m)	Durum
1	21416	NDBC	546 ‡	29	84,3	−48,2	0,85	algılandı
2	21415	NDBC	850	65	32,3	−26,6	0,20	algılandı
3	21419	NDBC	956 ‡	40	16,3 †	−10,8	0,09	algılandı
4	21414	NDBC	1.321	102	26,8	−17,8	0,28	algılandı
5	21418	NDBC	1.765	96	6,4 †	−5,1	—	algılandı
6	46413	NDBC	1.874 ‡	144	19,5	−13,3	0,19	algılandı
7	46408	NDBC	2.096	164	9,9	−11,6	—	algılandı
8	46402	NDBC	2.437	192	6,6	−4,7	—	algılandı
9	21413	NDBC	2.531	152	8,0	−5,5	—	algılandı
10	46403	NDBC	2.861	—	—	—	—	eşik altı (en büyük 4,5 cm < eşik 5,27 cm)
11	46414	NDBC	3.100	—	—	—	—	eşik altı (en büyük 2,8 cm < eşik 3,24 cm)
12	46409	NDBC	3.293	—	—	—	—	ölçülemedi (15 dk örnekleme)
13	21420	NDBC	3.342	—	—	—	—	eşik altı (en büyük 3,4 cm < eşik 3,80 cm)
14	46410	NDBC	3.503	—	—	—	—	ölçülemedi (15 dk örnekleme)
15	46415	NDBC	3.908	—	—	—	—	eşik altı (en büyük 3,2 cm < eşik 4,43 cm)
16	46416	NDBC	4.406	366	4,4	−3,1 †	—	algılandı
17	52402	NDBC	4.547 ‡	303	6,6	−5,4	0,06	algılandı
18	46419	NDBC	4.764	402	4,8	−4,0	—	algılandı
19	46404	NDBC	5.004	415	5,4	−5,1	—	algılandı
20	52405	NDBC	5.052	—	—	—	—	ölçülemedi (15 dk örnekleme)
21	46407	NDBC	5.206	421	5,7	−5,0	—	algılandı
22	46411	NDBC	5.557	443	7,9	−5,7	—	algılandı

Not: Gözlem: NOAA National Data Buoy Center (NDBC), DART su sütunu yüksekliği (yıllık kalite denetimli + realtime2); Sıra: dış merkez uzaklığına göre sıra numarası, DART kayıt kesitinde, tsunami modeli haritasında ve DART konum haritasında aynı sıra kullanılır; değerler bu çalışmanın ölçümüdür: harmonik gelgit ayıklama, olay öncesi taban çıkarma ve 4 sa Hann yüksek geçiren süzgeçten sonra destekli tepe / çukur (cm); varış, 5 dk kayan ortanca serisinin mutlak değerinin max(5σ, 0,25 × en büyük sapma) varış eşiğini ilk aştığı andır (köken zamanından dakika); † tek örnek sıçramasında değer 5 dk kayan ortanca serisinin ucudur; algılama ölçütü: en büyük destekli sapma max(5σ, 1 cm) algılama eşiğine ulaşır ve 5 dk kayan ortanca serisi de bu eşiği aşar (σ: olay öncesi gürültü); "eşik altı" bu ölçütün sağlanmadığı istasyondur (parantezde sunucunun ölçtüğü en büyük sapma ve eşik); "ölçülemedi": istasyon için hüküm kurulmadı; NCEI sütunu aynı DART için NCEI/WDS Global Historical Tsunami Database, doi:10.7289/V5PN93H7 değeridir (ayrı kaynak; iki kurumun değeri farklı olabilir); istasyon konumu ve uzaklık IOC SLSMF istasyon kaydıdır (güncel konuşlandırma; olay günündeki konum farklı olabilir); ‡ NCEI olay kaydındaki konumu 5 km'den farklı: 21416 14 km (dış merkeze NCEI konumuyla 534 km, IOC kaydıyla 546 km); 21419 6 km (dış merkeze NCEI konumuyla 961 km, IOC kaydıyla 956 km); 46413 141 km (dış merkeze NCEI konumuyla 1.741 km, IOC kaydıyla 1.874 km); 52402 84 km (dış merkeze NCEI konumuyla 4.578 km, IOC kaydıyla 4.547 km); "15 dk örnekleme": arama penceresinde yalnız 15 dk örnekleme vardır; tepe genliği eksik ölçülür, varış 15 dk çözünürlüklüdür; 11 istasyonda yinelenen satırlar ayıklanmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 15. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
NIEP	6,9	mb
KAGSR	8,9	Mw
INGV	8,6	Mwpd
USGS	8,8	Mww
ISC	8,7	Mw
EMSC	8,8	Mw
GFZ	8,8	Mw
GCMT (moment)	8,73	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 4 kurum değeri 8,8–8,9 aralığındadır (en büyük fark 0,1). Aktarılmış çözüm (ISC Mw 8,7; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: NIEP mb 6,9 (cisim dalgası büyüklüğü; uzak ağ çözümü); INGV Mwpd 8,6 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir. Değerler birleşik arşivin 30.10.2026 07:35 UTC kayıtlarıdır; sonraki kurum güncellemeleri çizelgede yoktur.

Tablo 16. USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER, sonlu fay modeli ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişi).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
Köken	us	29.07.2025 23:43	gözden geçirilmiş	52,47°K 160,40°D · 19,3 km · Mww 8,0	yatay 10,9 km; Δz −15,7 km; ΔM −0,8
Köken	us	30.07.2025 00:22	gözden geçirilmiş	52,51°K 160,26°D · 18,2 km · Mww 8,7	yatay 2,2 km; Δz −16,8 km; ΔM −0,1
Köken	us	31.07.2025 02:58	gözden geçirilmiş	52,51°K 160,32°D · 35,0 km · Mww 8,8	yatay 6,0 km; Δz 0,0 km
Köken	us	11.10.2025 20:57	gözden geçirilmiş	52,49°K 160,24°D · 35,0 km · Mww 8,8	güncel çözüm
ShakeMap	sürüm 1	29.07.2025 23:48	otomatik	en büyük MMI 7,1	ΔMMI −1,6
ShakeMap	sürüm 2	30.07.2025 00:30	otomatik	en büyük MMI 7,9	ΔMMI −0,8
ShakeMap	sürüm 10	05.08.2025 20:06	otomatik	en büyük MMI 8,9	ΔMMI +0,2
ShakeMap	sürüm 14†	16.09.2025 18:34	otomatik	en büyük MMI 8,5	ΔMMI −0,2
ShakeMap	sürüm 18†	01.10.2026 20:30	otomatik	en büyük MMI 8,7	son sürüm
PAGER	—	30.07.2025 00:22	otomatik	uyarı düzeyi verilmemiş ('pending')	—
PAGER	—	30.07.2025 00:38	gözden geçirilmiş	uyarı kırmızı	—
PAGER	sürüm 14	17.09.2025 13:07	otomatik	uyarı kırmızı	raporda kullanılan
Sonlu fay	16 sürüm	30.07.2025 – 19.11.2025	—	Mw 8,83 (model; ürün başlığı)	—
Moment tensörü	Mww · 10 sürüm	30.07.2025 – 11.10.2025	—	Mw 8,7 → 8,8	—

Not: Kaynak: USGS ComCat sürüm geçmişi (FDSN olay hizmeti, includesuperseded=true; sorgu 21.10.2026 06:47 UTC) (U.S. Geological Survey, 2017); geçmiş sorgu anındaki kayıttır. Ara sürümlerden yalnız bir öncekine (köken için aynı ağın bir önceki çözümüne) göre paketteki değişim eşiklerini (yatay 10 km, derinlik 10 km, büyüklük 0,2, en büyük MMI 0,5) aşanlar ve PAGER uyarı düzeyinin değiştiği sürümler gösterilmiştir; ilk ve son sürüm her zaman satır alır. Geçmişteki sürüm sayısı: köken 13 (pt 1, at 1, us 11), ShakeMap 18, PAGER 14. Köken satırları ComCat'in tercih ettiği us ağının çözümleridir; öteki ağların ComCat'e katkı ettiği kökenler (pt 1, at 1) çizelgeye alınmamış, yalnız sayılmıştır. Köken farkları us ağının güncel çözümüne (11.10.2025 20:57 UTC) göredir; Δz o sürümün derinliği eksi güncel derinliktir, eksi değer daha sığ çözüm demektir. ShakeMap en büyük MMI ve PAGER uyarı düzeyi USGS model kestirimidir. † Raporda kullanılan PAGER ve yer yenilmesi ürünlerinin girdi ShakeMap sürümü. PAGER sürüm numarası ComCat sürüm geçmişinde yer almaz, yayın işareti (release) ise yer alır; çizelge sürüm numarasını yalnız raporda kullanılan sürüm için, paketteki değeriyle verir. Sonlu fay ve moment tensörü satırları sürüm sayısını, ilk ve son güncellemeyi ve büyüklüğü verir; sonlu fay büyüklüğü model çıktısıdır.

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	14.872	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	31,6 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 14.872)
Ortanca derinlik (serbest)	40,7 km	0/5/10/33 km atamaları dışlandı · n = 10.763 (4.109 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	0,0–110,5 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	0,0–142,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 626,5 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	251 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 50 km'de 157, 100 km'de 61, 150 km'de 17, 200 km'de 5, 250 km'de 2, 300 km'de 1, 400 km'de 4, 450 km'de 2, 500 km'de 1, 550 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	0–15 km	4.597 olay · 15 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	0,0 km · %18	2.666/14.872 olay
Varsayılan sabit derinlikler	1.443 olay	5/10/33 km (0 km yığını üstteki satırda) · n = 14.872

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A2. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Modellenmiş makrosismik şiddet alanı (MMI)	ölçek/geçerlilik	—	Allen vd. (2012) şiddet-azalım bağıntısının katsayıları kalibrasyon veri kümesinin büyüklük aralığından kestirilmiştir; aralığın üstünde kullanım ekstrapolasyondur. Şiddet-azalım bağıntısının geçerliliği kalibrasyon veri kümesinin tektonik ortamı ve odak derinliğiyle sınırlıdır (Allen vd., 2012); bu kapsamın dışındaki odakta modellenmiş şiddet alanı ekstrapolasyondur. Bu olayda: Mw 8,8 > 7,9 — bağıntının büyüklük aralığının (Mw 5,0–7,9) üstündedir; ayrıca olay dalma-batma bağlamındadır; kullanılan şiddet-azalım bağıntısı (Allen, Wald ve Worden, 2012) aktif kabuk bölgeleri için kalibre edilmiştir.
PGA azalımı (istasyon kayıtları)	istatistiksel güç	n ≥ 25 · 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).
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	istatistiksel güç	n ≥ 3 · mevcut 0	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 = 0 < 3).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	n ≥ 6 · mevcut 2	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağın kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği (n = 2 < 6).
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Ana bileşen çözümlemesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayılanı (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: hiposantr bulutu düzlemsel değil çizgiseldir (Westin vd., 2002 çizgisellik ölçüsü cl = 0,82; düzlemsellik ölçüsü cp = 0,15); çizgisel bir buluta oturtulan düzlem, çizgi etrafında serbestçe döner.
Artçı zonu genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf < seçim yarıçapının %90 düzeyi · mevcut %86	Artçı zonu genişlemesi, artçı alanının logaritmik zamanla değişimi olarak ölçülür (Tajima ve Kanamori, 1985). Zarfın zaman kutularında yeterli örneklemle (n ≥ 50) kurulması ve artçı seçiminin zarfı sınırlamaması bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür: bulut seçim yarıçapına dayanıyorsa zarf o yarıçapın ötesine çıkamaz ve genişleme sınanamaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim sınırına dayanması (artçılar dış merkeze ya da kırılma izine 118 km'den yakın olanlardır; seçim uzaklıklarının %90 yüzdeliği 102 km) — dış merkezden ölçülen zarf seçim alanının biçimiyle sınırlı olduğundan genişleme bu seçimle sınanamaz.
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	|ΔAICc| ≥ 2 · mevcut < 2	ΔAICc < 2 iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi (|ΔAICc| < 2).

Not: Eleme elle değil, önceden tanımlı kapılarla yapılmıştır: ölçek/geçerlilik (çözümlemenin aradığı büyüklük, genlik ya da geometri koşulu sağlanmamıştır), istatistiksel güç (örneklem ya da gözlem süresi bu çalışmanın raporlama eşiğinin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı (yöntemin kendi ölçütü sonucu güvenilir bulmamıştır). Örneklemi ya da belirsizliği sınırda kalan çözümlemeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A3. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Kırılma direktivitesi	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçıların USGS sonlu fay modelinin kırılma izi boyunca seçilmesi — artçı sentroidinin ötelenmesi seçim alanının biçimini (kayma modelini) yansıttığından kırılmanın tek ya da çift taraflılığı için bağımsız hüküm vermez.
Omori–Utsu artçı sönümü	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlıyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değerin bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü n ≥ 50, p'nin standart sapması ≤ 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: uydurmanın ana şoktan başlaması ve ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (ilk pencerede Mc 5,2 > 4,8; eşik benimsenen değere ana şoktan 1,7 saat sonra inmektedir) — ilk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir.
Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı	Dizi oranı modeli (Reasenberg 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; b değerinin de ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle aşağı yanlı olabilmesi.
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve kataloğun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; n ≥ 5 iken nokta değer %95 aralığıyla, 1 ≤ n < 5 iken yalnız aralık, n = 0 iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değer çekinceyle raporlanır. Bu olayda: eşik üstü bağımsız olay azlığı (n = 1 < 5; yalnız %95 aralığı verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
Küme boyutu (artçı kümesinin L × W yayılımı)	Küme boyutu yalnız artçı kümesinden (n ≥ 20; işletimsel ölçüt) raporlanır; çalışma kutusundaki bütün olayların yayılımı kadrajı ölçer ve küme boyutu sayılmaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (artçı uzaklıklarının %90 yüzdeliği 102 km; seçim yarıçapı 118 km) — boyut ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınırdır.
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlık eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü N ≥ 50 ve göreli belirsizlik ≤ 0,15, çekinceli raporlama için N ≥ 30 ve göreli belirsizlik ≤ 0,25 aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Ana şoku izleyen ilk saatlerde küçük olaylar kataloğa 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: ana şoku izleyen ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (zamana göre 50 olaylık kayan pencerede ilk pencerenin eşiği Mc 5,2 > 4,8; eşik benimsenen değere ana şoktan 1,7 saat sonra inmektedir) — tek eşikle kurulan b aşağı yanlı olabilir; ilk 1,7 saat dışlandığında b = 1,27 ± 0,08 (Mc 4,8; N = 803).

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

Tablo A4. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	05.08.2020 21:10:35	USGS	49,395°K	154,328°D	mb 4,1
	05.08.2020 21:10:33	ISC	49,138°K	154,732°D	mb 3,9
2	07.08.2020 03:41:13	ISC	52,314°K	159,009°D	mb 4,8
	07.08.2020 03:41:09	KAGSR	52,205°K	159,273°D	ML 5,3
3	08.08.2020 04:24:18	USGS	50,781°K	156,973°D	mb 4,4
	08.08.2020 04:24:12	KAGSR	50,366°K	157,763°D	ML 4,6
	08.08.2020 04:24:12	ISC	50,334°K	157,358°D	mb 4,2

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A4 (devam). Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
4	09.08.2020 22:40:07	USGS	51,045°K	156,493°D	mb 4,5
	09.08.2020 22:40:01	KAGSR	50,486°K	157,269°D	ML 4,7
	09.08.2020 22:40:04	ISC	50,731°K	156,777°D	mb 4,4
5	10.08.2020 20:26:58	ISC	48,935°K	158,022°D	mb 4,2
	10.08.2020 20:26:58	KAGSR	49,109°K	158,255°D	ML 4,9
6	12.08.2020 17:30:01	USGS	48,801°K	154,827°D	mb 5,0
	12.08.2020 17:30:02	ISC	48,758°K	155,040°D	Mw 5,1
7	17.08.2020 10:26:29	EMSC (OBN)	50,65°K	157,70°D	mb 3,9
	17.08.2020 10:26:26	ISC	50,355°K	157,914°D	mb 3,6
8	18.08.2020 08:59:32	ISC	49,378°K	156,584°D	mb 3,7
	18.08.2020 08:59:36	KAGSR	49,666°K	156,973°D	ML 4,1
9	22.08.2020 20:57:41	USGS	53,155°K	160,179°D	mb 4,3
	22.08.2020 20:57:37	KAGSR	52,876°K	160,463°D	ML 4,7
	22.08.2020 20:57:40	ISC	52,941°K	160,287°D	MS 3,1
	22.08.2020 20:57:41	GFZ	52,796°K	160,055°D	mb 4,7
10	23.08.2020 09:50:47	EMSC (OBN)	52,40°K	158,59°D	mb 3,7
	23.08.2020 09:50:45	KAGSR	52,110°K	158,906°D	ML 4,5
	23.08.2020 09:50:46	ISC	52,150°K	158,793°D	mb 3,6
11	23.08.2020 14:46:45	USGS	49,627°K	156,486°D	mb 4,3
	23.08.2020 14:46:47	KAGSR	49,743°K	157,329°D	ML 4,4
	23.08.2020 14:46:48	ISC	49,652°K	156,971°D	mb 4,1
12	25.08.2020 21:53:48	USGS	53,032°K	159,844°D	mb 4,7
	25.08.2020 21:53:43	KAGSR	52,859°K	160,242°D	ML 5,0
	25.08.2020 21:53:46	ISC	52,927°K	160,067°D	mb 4,7
Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 2529 · 20 km → 3216 · 40 km → 4756 · 70 km → 5520					
Uzak ağ kayıtları (M ≥ 2,0) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 395; eşi bulunamayan kayıt: 2.310; eşi katalogda bulunamayan 8 uzak ağ kaydı USGS ComCat'te aynı ölçütle ve gözden geçirilmiş çözümle bulundu, katalogda USGS çözümüyle tutuldu (20.07.2025 NIEP mb 6,13 → us7000qdye Mww 6,6, Δt 4,5 s, 77,4 km · 31.07.2025 NIEP mb 5,68 → us6000qwwk mb 4,9, Δt 4,1 s, 80,2 km · 30.07.2025 NIEP mb 5,32 → us6000r16d mb 5,0, Δt 8,3 s, 146,9 km). Eşleme ölçütü: Δt ≤ 35 s, Δkonum ≤ 300 km, ΔM −0,5 ile +1,5 arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması. İlk 6 kayıt listelenmiştir.					
eşi bulunamayan	31.07.2020 08:44:51	GSRAS	53,403°K	162,073°D	M 2,1
eşi bulunamayan	31.07.2020 09:31:04	GSRAS	49,494°K	156,411°D	M 2,4
eşi bulunamayan	01.08.2020 23:50:07	GSRAS	50,544°K	157,487°D	M 2,5
eşi bulunamayan	02.08.2020 00:19:18	GSRAS	50,042°K	156,937°D	M 2,2
eşi bulunamayan	02.08.2020 20:19:40	GSRAS	49,321°K	156,514°D	M 2,3
eşi bulunamayan	02.08.2020 20:49:29	GSRAS	50,251°K	157,271°D	M 2,2

Not: İki kayıt (1) Δt ≤ 20 s, Δkonum ≤ 70 km ve ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ve Δkonum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ya da (4) Δt ≤ 3 s, ΔM ≤ 0,3, Δkonum ≤ 100 km ve temsilci kurumu farklı iki kayıt (bu çalışmanın işletimsel ölçütü; kutu boyutundan bağımsız) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (70 km); (2)'nin toleransı ölçeklenen değerle bu ölçütün 60 km'lik sabit tavanının küçüğüdür (60 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 5.520 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

Tablo A5. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 300 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	29.07.2025	52,50	160,26	35	214	18	84	8,73	ters
2	18.09.2025	53,18	160,54	30	212	16	83	7,86	ters
3	25.03.2020	48,96	157,70	58	32	43	103	7,48	ters
4	08.06.1993	51,22	157,84	81	207	29	79	7,47	ters
5	20.07.2025	52,83	160,68	34	219	14	87	7,47	ters
6	13.09.2025	53,19	160,14	59	211	24	86	7,35	ters
7	24.11.2008	54,20	154,32	492	276	19	−29	7,30	eğik/karma
8	30.07.2025	52,19	159,80	37	191	25	89	7,24	ters
9	30.01.2016	53,98	158,54	177	324	39	−29	7,22	eğik/karma
10	17.08.2024	52,93	160,13	29	216	27	89	7,02	ters
11	13.11.1993	51,92	158,70	34	206	31	83	7,00	ters
12	16.10.2026	51,99	157,27	135	126	11	−168	6,88	eğik/karma
13	08.03.1999	52,06	159,52	57	242	28	101	6,87	ters
14	02.03.1992	52,88	160,00	44	213	28	84	6,84	ters
15	28.02.2013	50,97	157,27	41	212	32	86	6,82	ters
16	03.08.2025	50,58	157,86	30	219	33	−96	6,78	normal
17	11.04.1989	49,48	159,18	33	52	35	−95	6,72	normal

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5 (devam). Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 300 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
18	21.06.1996	51,57	159,12	20	211	25	83	6,71	ters
19	20.07.2025	52,93	160,62	23	211	26	86	6,69	ters
20	20.07.2025	52,70	160,83	10	210	25	87	6,66	ters

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflarıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbiri sağlanmazsa eğik/karma. Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: 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 kaynaktandır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 22,6 km ayrışır (17.08.2024); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 155 bağımsız küme (en büyük küme 45 çözüm).

Tablo A6. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

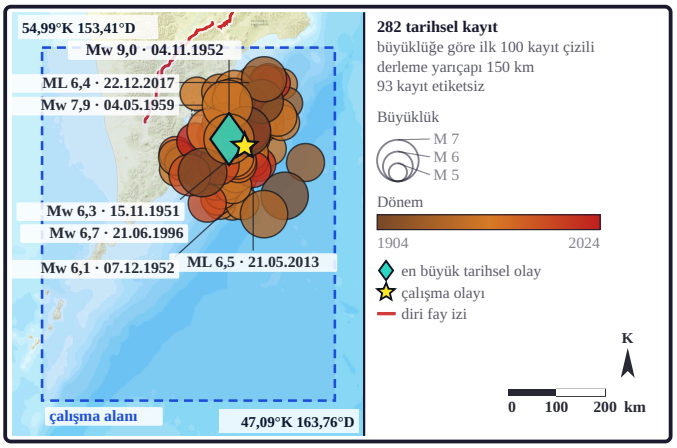
Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Yer	E/E_0
04.11.1952◆	9,0	Mw	22	34	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×2,0
04.05.1959	7,9	Mw	55	91	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları	×0,045
25.06.1904	7,7	Mw	30	30	Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 115 km DGD	×0,022
24.07.1904	7,6	mB	0	101	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları	×0,016
25.06.1904	7,5	Mw	15	131	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,011
30.06.1936	7,5	Mw	15	147	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,011
02.02.1923	7,3	Mw	35	144	Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 163 km DKD	×0,0056
24.11.1971	7,3	Mw	113	76	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,0056
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)						
15.11.1951	6,3	Mw	30	1,2	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,00018
15.11.1951	6,1	Mw	30	6,5	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
13.10.1957	6,1	Mw	25	8,1	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
15.11.1951	6,1	Mw	30	8,6	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
27.01.1953	6,4	Mw	33	13	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,00025

Not: Büyüklükler, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir; 282 kaydın 113 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 104 kayıtta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki M ≥ 5 ve 150 km içindeki M ≥ 6 depremlerden oluşur (kutudaki 150 km'den uzak olaylar girmez); listelenen kayıtların tümü M ≥ 6, 150 km içinde ölçütüyle girmiştir. 282 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); yük derlemenin büyüklüğe göre ilk 100 kaydını taşır, yakın kuşak kayıtları bunlardan seçilmiştir; 73 kopya kayıt tekilleştirilmiştir (Δt ≤ 60 s ve ≤ 100 km); tek kuruma dayanan ve yer künyesi taşımayan 2 M ≥ 6 kaydı doğrulanamadığından derleme dışıdır; konumu dış kataloglarla (USGS ComCat, ISC) doğrulanamayan 1 tek kurumlu kayıt (> 50 km konum farkı) derleme dışıdır. Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 118 km içinde) kapsadığı 30 eşik üstü kayıt ve olay anından sonraki 7 dizi dışı eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 12 kayıttan 9 tanesinin büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirmesi, 2 tanesininki kurum Mw raporu, 1 tanesininki kataloğun bülten değeridir; bu dönemin büyüklükleri kaynağa göre ≈ 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E_0: ışınan enerjinin bu olayınkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. Dış komşu notundaki yer adları GeoNames yerleşim veritabanından (GeoNames, t.y.) kurulmuştur: Latin dışı yazılmış kurum adı yerine aynı yerleşimin Latin adı; uzaklık ve yön yerleşimden kayda ölçülmüştür (GeoNames (geonames.org), CC BY 4.0, erişim 26.10.2026). Alanın hemen dışındaki M ≥ 7 depremler (150–188 km): 25.06.1904 M 7,5 (153 km GD, Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 274 km GD); 25.07.1960 mB 7,2 (162 km KB, Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları); 28.10.1960 M 7,0 (183 km BGB, Kamçatka Yarımadası); 30.01.2016 ML 7,1 (171 km KKB, Petropavlovsk-Kamchatsky — 92 km KKD).

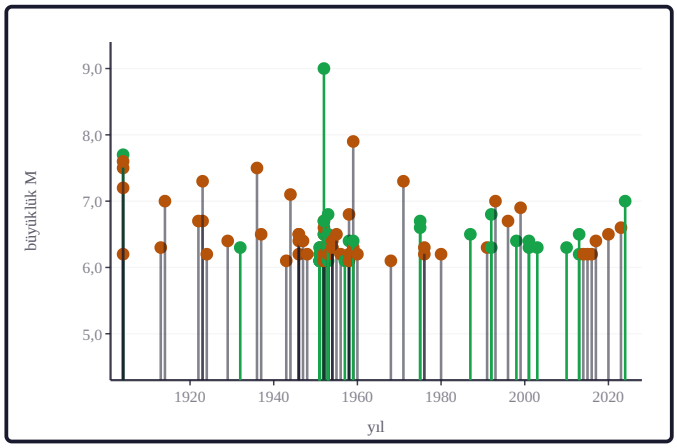
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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

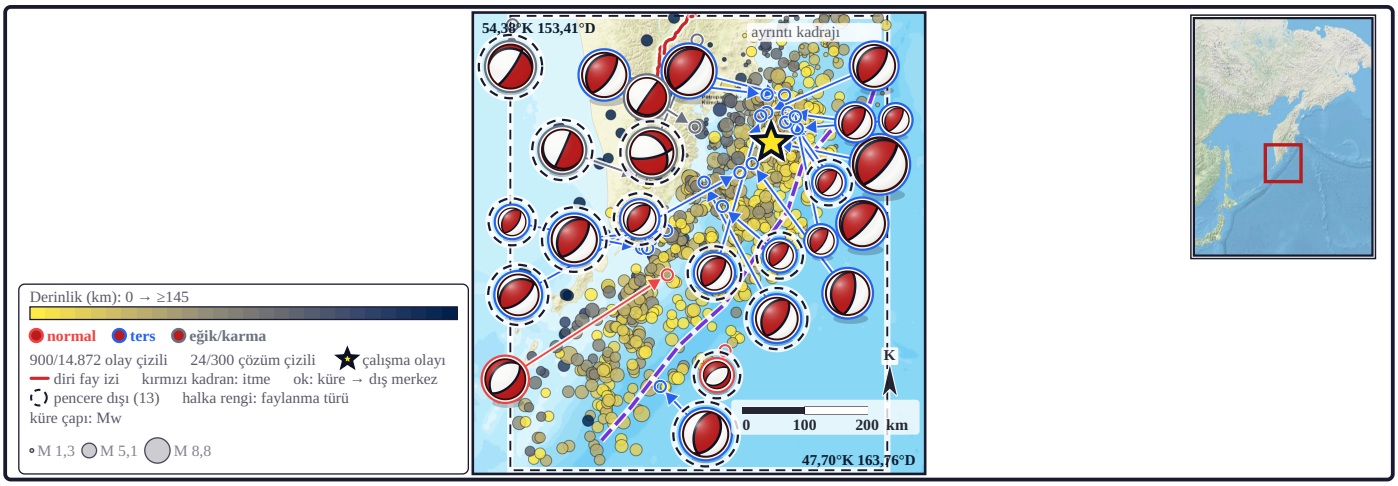
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 36a ve 36b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 36c'de verilmiştir.



Şekil 36a. *Çalışma olayından önceki eşik üstü kayıtlarda daire çapı büyüklüğü, dolgu rengi oluş dönemini gösterir. Turkuaz elmas derlemenin en büyük kaydı, sarı yıldız çalışma olayıdır. Kayıt eşiği yakın kuşakta M ≥ 5, bölge kuşağında M ≥ 6 olarak alınmıştır. Mavi kesikli dikdörtgen çalışma alanıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; derleme yarıçapı 150 km, yakın kuşak 60 km).*



Şekil 36b. *Tarihsel eşik üstü depremlerin büyüklükleri yıllara göre çizilmiştir; yeşil yakın kuşak, turuncu bölge kuşağıdır; sap rengi aynı ayrımı verir (yeşil sap yakın kuşak, gri sap bölge kuşağı) (birleşik katalog, 1900 sonrası; büyüklükler, varsa ISC-GEM Mw: International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018).*



Şekil 36c. *Bölgesel odak mekanizması çerçevesi: harita, çevrede yayımlanmış çözümlerin Mw sırasıyla en büyüklerini gösterir; ötelenen küreler okla konumlarına bağlıdır. Küreler alt yarıküre izdüşümünde odak mekanizmalarıdır; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Küreler künyesizdir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrajıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [n = 300]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 467]; faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0).*

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

KAYNAKÇA

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

Albuquerque Seismological Laboratory (ASL)/USGS (1988) Global Seismograph Network (GSN - IRIS/USGS). International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/IU

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

Bormann, P. ve Dewey, J. W. (2014) The new IASPEI standards for determining magnitudes from digital data and their relation to classical magnitudes. New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2), IS 3.3, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/GFZ.NMSOP-2_IS_3.3

Bott, M. H. P. (1959) The mechanics of oblique slip faulting. Geol. Mag. 96(2), 109–117. doi:10.1017/S0016756800059987

Bürgmann, R., Kogan, M. G., Steblov, G. M., Hilley, G., Levin, V. E. ve Apel, E. (2005) Interseismic coupling and asperity distribution along the Kamchatka subduction zone. J. Geophys. Res. Solid Earth 110(B7). doi:10.1029/2005JB003648

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

Copernicus / ESA (t.y.) Copernicus Sentinel-1 verisi (C bandı SAR; ESA tarafından işlenmiş, COMET-LiCSAR ürünleri üzerinden). https://gws-access.jasmin.ac.uk/public/nceo_geohazards/LiCSAR_products/ (erişim: 30.10.2026)

Crameri, F. (2018a) Geodynamic diagnostics, scientific visualisation and StagLab 3.0. Geosci. Model Dev. 11(6), 2541–2562. doi:10.5194/gmd-11-2541-2018

Crameri, F. (2018b) Scientific colour maps. doi:10.5281/zenodo.1243862

Day, S. M. (1998) Efficient simulation of constant Q using coarse-grained memory variables. Bull. Seismol. Soc. Am. 88(4), 1051–1062. doi:10.1785/BSSA0880041051

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

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

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

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

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

European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). https://www.emsc-csem.org (erişim: 30.10.2026)

Flanders Marine Institute ve Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (2021) Sea level station monitoring facility. VLIZ. doi:10.14284/482

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

GeoNames (t.y.) GeoNames geographical database (cities1000, countryInfo). https://www.geonames.org/ (erişim: 26.10.2026)

Global Volcanism Program, Smithsonian Institution (t.y.) Volcanoes of the World (Holosen volkan ve püskürme veritabanı). https://volcano.si.edu (erişim: 30.10.2026)

Graves, R. W. (1996) Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences. Bull. Seismol. Soc. Am. 86(4), 1091–1106. doi:10.1785/BSSA0860041091

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

Hayes, G. P. (2018) Slab2 - A Comprehensive Subduction Zone Geometry Model. U.S. Geological Survey data release. doi:10.5066/F7PV6JNV

Hayes, G. P., Moore, G. L., Portner, D. E., Hearne, M., Flamme, H., Furtney, M. ve Smoczyk, G. M. (2018) Slab2, a comprehensive subduction zone geometry model. Science 362(6410), 58–61. doi:10.1126/science.aat4723

Institut de physique du globe de Paris ve École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (1982) GEOSCOPE, French Global Network of broad band seismic stations. IPGP Data Center. doi:10.18715/GEOSCOPE.G

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

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 30.10.2026)

IRIS DMC (2015) Data Services Products: Synthetics Engine (syngine). IRIS DMC (bugün EarthScope Consortium veri hizmetleri). doi:10.17611/DP/SYNGINE.1

Jaiswal, K. ve Wald, D. (2010) An empirical model for global earthquake fatality estimation. Earthq. Spectra 26(4), 1017–1037. doi:10.1193/1.3480331

Jaiswal, K. ve Wald, D. J. (2013) Estimating economic losses from earthquakes using an empirical approach. Earthq. Spectra 29(1), 309–324. doi:10.1193/1.4000104

Ji, C., Wald, D. J. ve Helmberger, D. V. (2002) Source description of the 1999 Hector Mine, California, earthquake, part I: Wavelet domain inversion theory and resolution analysis. Bull. Seismol. Soc. Am. 92(4), 1192–1207. doi:10.1785/0120000916

Johnson, J. M. ve Satake, K. (1999) Asperity distribution of the 1952 great Kamchatka earthquake and its relation to future earthquake potential in Kamchatka. Pure Appl. Geophys. 154(3–4), 541–553. doi:10.1007/s000240050243

Kagan, Y. Y. (1991) 3-D rotation of double-couple earthquake sources. Geophys. J. Int. 106(3), 709–716. doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06343.x

Kajiura, K. (1963) The leading wave of a tsunami. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 41(3), 535–571. doi:10.15083/0000033711

Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, IVS FEB RAS (t.y.) KVERT günlük volkan etkinliği raporları (havacılık renk kodu). http://kvert.febras.net (erişim: 30.10.2026)

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

Kennett, B. L. N. ve Engdahl, E. R. (1991) Traveltimes for global earthquake location and phase identification. Geophys. J. Int. 105(2), 429–465. doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06724.x

Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R. ve Buland, R. (1995) Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. Geophys. J. Int. 122(1), 108–124. doi:10.1111/j.1365-246X.1995.tb03540.x

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

Kreemer, C., Blewitt, G. ve Klein, E. C. (2014) A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. Geochem. Geophys. Geosyst. 15(10), 3849–3889. doi:10.1002/2014GC005407

Krischer, L., Hutko, A. R., van Driel, M., Stähler, S., Bahavar, M., Trabant, C. ve Nissen-Meyer, T. (2017) On-demand custom broadband synthetic seismograms. Seismol. Res. Lett. 88(4), 1127–1140. doi:10.1785/0220160210

Laske, G., Masters, G., Ma, Z. ve Pasyanos, M. (2013) Update on CRUST1.0 – A 1-degree Global Model of Earth's Crust. Geophys. Res. Abstr. 15, EGU2013-2658.

Lazecký, M., Spaans, K., González, P. J., Maghsoudi, Y., Morishita, Y., Albino, F., Elliott, J., Greenall, N., Hatton, E., Hooper, A., Juncu, D., McDougall, A., Walters, R. J., Watson, C. S., Weiss, J. R. ve Wright, T. J. (2020) LiCSAR: An Automatic InSAR Tool for Measuring and Monitoring Tectonic and Volcanic Activity. Remote Sensing 12(15), 2430. doi:10.3390/rs12152430

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

MacInnes, B. T., Weiss, R., Bourgeois, J. ve Pinegina, T. K. (2010) Slip distribution of the 1952 Kamchatka great earthquake based on near-field tsunami deposits and historical records. Bull. Seismol. Soc. Am. 100(4), 1695–1709. doi:10.1785/0120090376

Matthews, M. V. ve Reasenberg, P. A. (1988) Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns. Pure Appl. Geophys. 126(2–4), 357–372. doi:10.1007/BF00879003

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

Montagner, J.-P. ve Kennett, B. L. N. (1996) How to reconcile body-wave and normal-mode reference earth models. Geophys. J. Int. 125(1), 229–248. doi:10.1111/j.1365-246X.1996.tb06548.x

National Geophysical Data Center / World Data Service (t.y.) NCEI/WDS Global Historical Tsunami Database. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.7289/V5PN93H7 (erişim: 30.10.2026)

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

National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens (1975) Hellenic Unified Seismological Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/HL

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

Nissen-Meyer, T., van Driel, M., Stähler, S. C., Hosseini, K., Hempel, S., Auer, L., Colombi, A. ve Fournier, A. (2014) AxiSEM: broadband 3-D seismic wavefields in axisymmetric media. Solid Earth 5(1), 425–445. doi:10.5194/se-5-425-2014

NOAA National Centers for Environmental Information (2022) ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.25921/fd45-gt74

NOAA National Data Buoy Center (t.y.) Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART) su sütunu yüksekliği kayıtları (yıllık kalite denetimli ve realtime2 dosyaları). https://www.ndbc.noaa.gov (erişim: 30.10.2026)

Nowicki Jessee, M. A., Hamburger, M. W., Allstadt, K., Wald, D. J., Robeson, S. M., Tanyas, H., Hearne, M. ve Thompson, E. M. (2018) A global empirical model for near-real-time assessment of seismically induced landslides. Journal of Geophysical Research: Earth Surface 123(8), 1835–1859. doi:10.1029/2017JF004494

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

Okada, Y. (1985) Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bull. Seismol. Soc. Am. 75(4), 1135–1154. doi:10.1785/BSSA0750041135

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

Ozerov, A. Yu., Girina, O. A., Zharinov, N. A., Belousov, A. B. ve Demyanchuk, Yu. V. (2020) Eruptions in the Northern Group of Volcanoes, in Kamchatka, during the early 21st century. J. Volcanol. Seismol. 14(1), 1–17. doi:10.1134/S0742046320010054

Reasenberg, 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

Ripperger, J. ve Mai, P. M. (2004) Fast computation of static stress changes on 2D faults from final slip distributions. Geophys. Res. Lett. 31(18). doi:10.1029/2004GL020594

Scripps Institution of Oceanography (1986) Global Seismograph Network - IRIS/IDA. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/II

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

Somerville, P., Irikura, K., Graves, R., Sawada, S., Wald, D., Abrahamson, N., Iwasaki, Y., Kagawa, T., Smith, N. ve Kowada, A. (1999) Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion. Seismol. Res. Lett. 70(1), 59–80. doi:10.1785/gssrl.70.1.59

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

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

Tanioka, Y. ve Satake, K. (1996) Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom. Geophys. Res. Lett. 23(8), 861–864. doi:10.1029/96GL00736

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

KAYNAKÇA (devam)

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

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

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

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

van Driel, M., Krischer, L., Stähler, S. C., Hosseini, K. ve Nissen-Meyer, T. (2015) Instaseis: instant global seismograms based on a broadband waveform database. Solid Earth 6(2), 701–717. doi:10.5194/se-6-701-2015

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

Virieux, J. (1986) P-SV wave propagation in heterogeneous media: Velocity-stress finite-difference method. Geophysics 51(4), 889–901. doi:10.1190/1.1442147

Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2020) ShakeMap Manual. U.S. Geological Survey. doi:10.5066/F7D21VPQ

Wald, D. J., Quitoriano, V., Worden, C. B., Hopper, M. ve Dewey, J. W. (2011) USGS "Did You Feel It?" Internet-based macroseismic intensity maps. Annals of Geophysics 54(6), 688–707. doi:10.4401/ag-5354

Wallace, R. E. (1951) Geometry of shearing stress and relation to faulting. J. Geol. 59(2), 118–130. doi:10.1086/625831

Watada, S., Kusumoto, S. ve Satake, K. (2014) Traveltime delay and initial phase reversal of distant tsunamis coupled with the self-gravitating elastic Earth. J. Geophys. Res. Solid Earth 119(5), 4287–4310. doi:10.1002/2013JB010841

Westin, C.-F., Maier, S. E., Mamata, H., Nabavi, A., Jolesz, F. A. ve Kikinis, R. (2002) Processing and visualization for diffusion tensor MRI. Med. Image Anal. 6(2), 93–108. doi:10.1016/S1361-8415(02)00053-1

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

Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A. ve Wald, D. J. (2012) Probabilistic relationships between ground-motion parameters and Modified Mercalli intensity in California. Bull. Seismol. Soc. Am. 102(1), 204–221. doi:10.1785/0120110156

Worden, C. B., Thompson, E. M., Baker, J. W., Bradley, B. A., Luco, N. ve Wald, D. J. (2018) Spatial and spectral interpolation of ground-motion intensity measure observations. Bull. Seismol. Soc. Am. 108(2), 866–875. doi:10.1785/0120170201

Ye, L., Lay, T. ve Kanamori, H. (2021) The 25 March 2020 Mw 7.5 Paramushir, northern Kuril Islands earthquake and major (Mw ≥ 7.0) near-trench intraplate compressional faulting. Earth Planet. Sci. Lett. 556, 116728. doi:10.1016/j.epsl.2020.116728

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

Zhu, J., Baise, L. G. ve Thompson, E. M. (2017) An updated geospatial liquefaction model for global application. Bull. Seismol. Soc. Am. 107(3), 1365–1385. doi:10.1785/0120160198

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

T. Batuhan BULGURLULAR – 2026 · Veri: birleşik çok-kaynaklı deprem kataloğu (ISC · GSRAS · USGS · KAGSR · EMSC · GFZ · NOA; moment tensörleri: GCMT).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır