PAZARCIK (KAHRAMANMARAŞ) DEPREMİ — Mw 7,7 · 06.02.2023

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

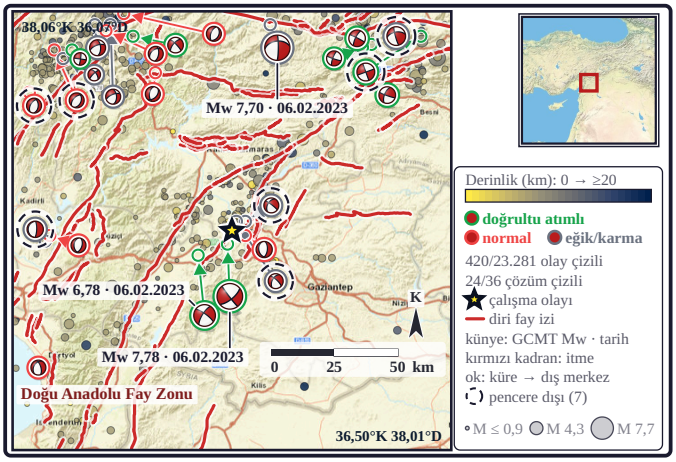
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 06.02.2023

ÖZET — 06.02.2023 tarihinde Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde Mw 7,7 büyüklüğünde, 8,6 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (37,2773°K, 37,0400°D). Çalışma olayından 9,1 saat sonra, 83 km uzakta kaydedilen Mw 7,7 deprem, aynı kurumun moment tensörü büyüklükleriyle (GCMT 7,78 ve 7,70) çalışma olayından 0,08 birim küçüktür; iki olay bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle (ΔM ≤ 0,3) çift deprem niteliği taşır. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü (M_0 = 5,799×10²⁰ N·m; Mw 7,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz, sismik momentin %65,9'unu hiposantrın kuzeydoğu yanında gösterir (iki yönlü, kuzeydoğu baskın kırılma); modeldeki en büyük kayma 11,2 m'dir. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde, Mc = 1,8 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,92 ± 0,03 vermektedir (N = 1.303). Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 86 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 3,9), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 270 katıdır (%95 güven aralığı 170–450). Kayıtların %45'inin (10.534/23.281) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 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: Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi, Doğu Anadolu Fay Zonu, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu, Coulomb gerilme aktarımı.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 7.7 occurred near Pazarcik (Kahramanmaras) on 6 February 2023 at a focal depth of 8.6 km (37.2773°N, 37.0400°E). An earthquake of Mw 7.7 was recorded 9.1 hours after the study event, 83 km away; by the moment-tensor magnitudes of the same agency (GCMT 7.78 and 7.70) it is 0.08 units smaller, so the two events form an earthquake doublet under the operational criterion of this study (ΔM ≤ 0.3). The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution (M_0 = 5.799×10²⁰ N·m; Mw 7.78) corresponds to left-lateral strike slip on nodal plane NP1 and to right-lateral strike slip with a normal component on NP2. The preferred slip model, USGS finite-fault model us6000jllz, places 65.9% of the seismic moment on the northeast side of the hypocentre (bilateral, NE-dominant rupture); its peak slip is 11.2 m. Above the completeness magnitude Mc = 1.8, the frequency–magnitude distribution of the pre-event period gives b = 0.92 ± 0.03 (N = 1,303). Within 86 km and at M ≥ 3.9, the 90-day post-event rate is about 270 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 170–450). Of the records, 45% (10,534/23,281) have a depth of 7.0 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: Pazarcik (Kahramanmaras) earthquake, East Anatolian Fault Zone, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion, Coulomb stress transfer.



Şekil 1. *Harita 23.281 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 36 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır (n = 57). 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. Mw sırasıyla en büyük 3 çözüm künyelidir (öbür 21 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki moment büyüklüğünü (Mw) ve tarihini verir; bu büyüklük gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. İnce çizgi künyeyi küresine, ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kesikli halkalı kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: AFAD · KOERI · ISC · EMSC · GFZ · USGS; altlık: Esri, HERE, Garmin, OSM katkıcıları).*

GİRİŞ

Bu çalışma, 06.02.2023 tarihinde Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde meydana gelen Mw 7,7 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 23.281 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)	06.02.2023 01:17:32	AFAD hiposantrı
Dış merkez	37,2773°K · 37,0400°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	8,6 km	AFAD
Büyüklük	Mw 7,7	AFAD (hiposantrı veren kurum)[a]
Sismik moment M_0	5,799×10²⁰ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 7,78
Nominal ışınan enerji E	2,9×10¹⁶ J	M_0'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	1,92 s	AFAD bildirimi
b değeri	0,92 ± 0,03	Aki (1965), en büyük olabilirlik[b]
Kutu yayılımı (%95)	183,6 × 130,1 km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az 178,5 × 125,5 km	uzun × kısa eksen · artçı bulutu · seçim yarıçapıyla (86 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	51°/70°/−4°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

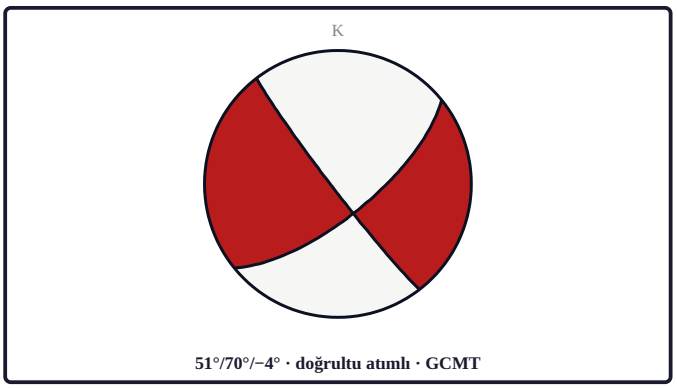
Not: a) Büyüklük türü Mw: moment büyüklüğü; kurum hesap yöntemini bildirmemiştir. b) b değeri: ana şok öncesi dönem; Mc = 1,8 (azami eğrilik), N(≥ Mc) = 1.303.

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

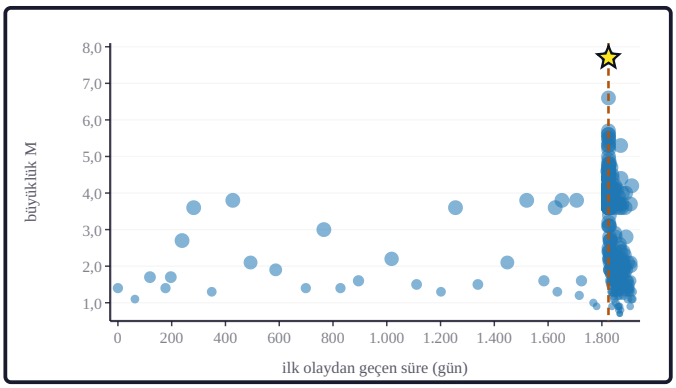
TEKTONİK ÇERÇEVE

Çalışma alanı, Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindedir; fayın geometrisi, segmentasyonu ve sıçrama yapıları jeolojik haritalama ile tanımlanmış (Duman ve Emre, 2013), güncel sismotektoniği ve segment kayma hızları aletsel sismolojik ve jeodezik verilerle belgelenmiştir (Güvercin vd., 2022). 6 Şubat 2023 tarihinde bu zonda dokuz saat arayla Pazarcık ve Elbistan depremleri meydana gelmiştir.

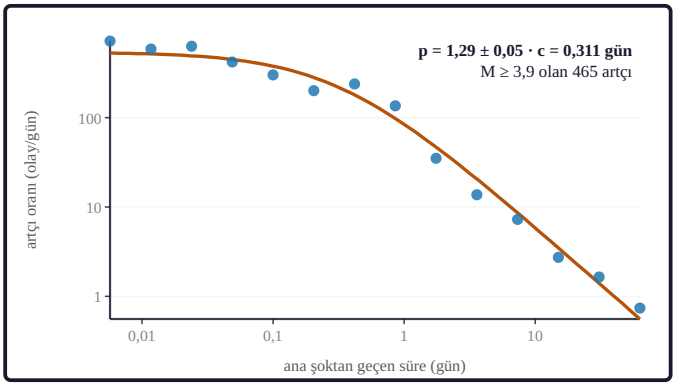
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır



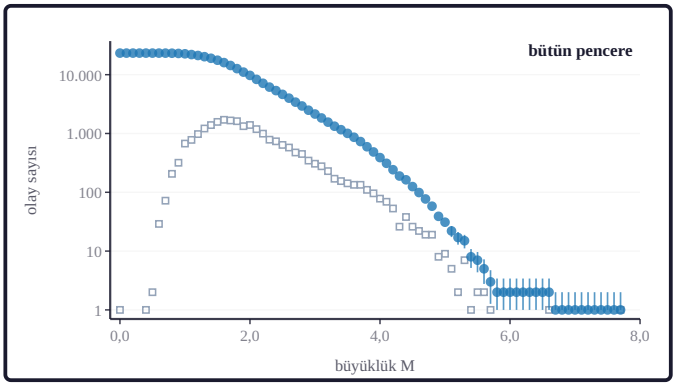
Şekil 2a. *Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir; sıkışma (P) ekseni beyaz kadranların, gerilme (T) ekseni kırmızı kadranların ortasındadır.*



Şekil 2b. *Pencere kataloğu 23.281 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 7,7); ana şok öncesi dönemde Mc = 1,8 üstünde 1.303 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. *Omori üsteli p = 1,29 ± 0,05, c = 0,31 gün (n = 465). Artçı oranı ana şoktan geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olabilirlik uydurmasıdır (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).*



Şekil 2d. *Ana şok öncesi dönemde Mc = 1,8 (azami eğrilik + 0,2) üstündeki 1.303 olaydan b = 0,92 ± 0,03 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 %96'dır. 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. Ortalama büyüklük M 1,95, ortanca M 1,8'dir (tam katalog; Şekil 2b). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,5 altında, dörtte biri M 2,3 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,8 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşiğinin altında kalır; bu olayların zaman içinde seyrekleşmesi yalnız gerçek bir sakinleşmeden değil, ağ duyarlılığındaki değişimden de kaynaklanabilir; bu nedenle serim, eşik üstü alt kümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez. Üstel, p = 1 başvuru değerinden 5,8 standart sapma uzaktadır; sönüm p = 1 biçimine göre daha hızlıdır (Şekil 2c). Buradaki standart sapma yalnız örnekleme belirsizliğidir; pencere ve eşik seçimine duyarlılık bu paya girmez. 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 %95,8 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği).

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

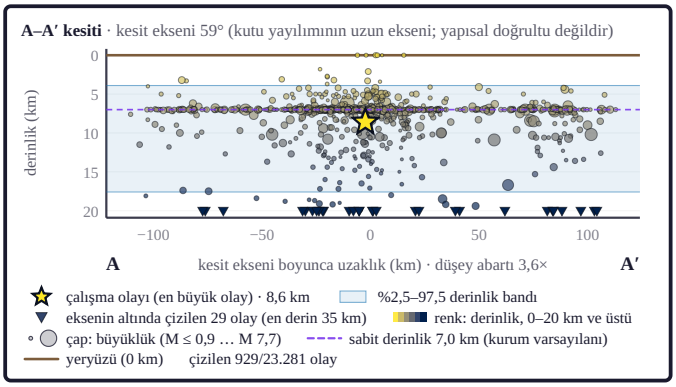
Bölgenin aletsel dönem öncesi büyük depremleri ve dönemsel suskunluk davranışı tarihsel katalog çalışmalarında değerlendirilmiştir (Ambraseys, 1989).

Kullanılan diri fay veri tabanında (Türkiye Diri Fay Haritası, MTA TDFH-2026) dış merkeze en yakın adlı fay izleri şunlardır: Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Tetirlik Fayı parçası (2-12) (3,5 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Ölü Deniz Fay Zonu'nun Sakçagöz Fayı parçası (373-2) (5,4 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Bağbaşı Fayı (18 km). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Anadolu–Arabistan levha sınırıdır ve 22 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı (h < 70 km) bir depremdir (odak derinliği 8,6 km).

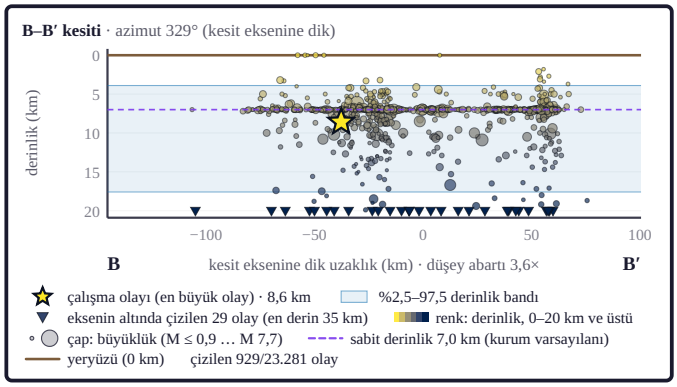
Kurum ürünü USGS STREC tektonik sınıflaması (ShakeMap sürüm 19, 03.09.2025) olayı aktif kabuk bölgesinde saymaktadır (olasılık %100).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

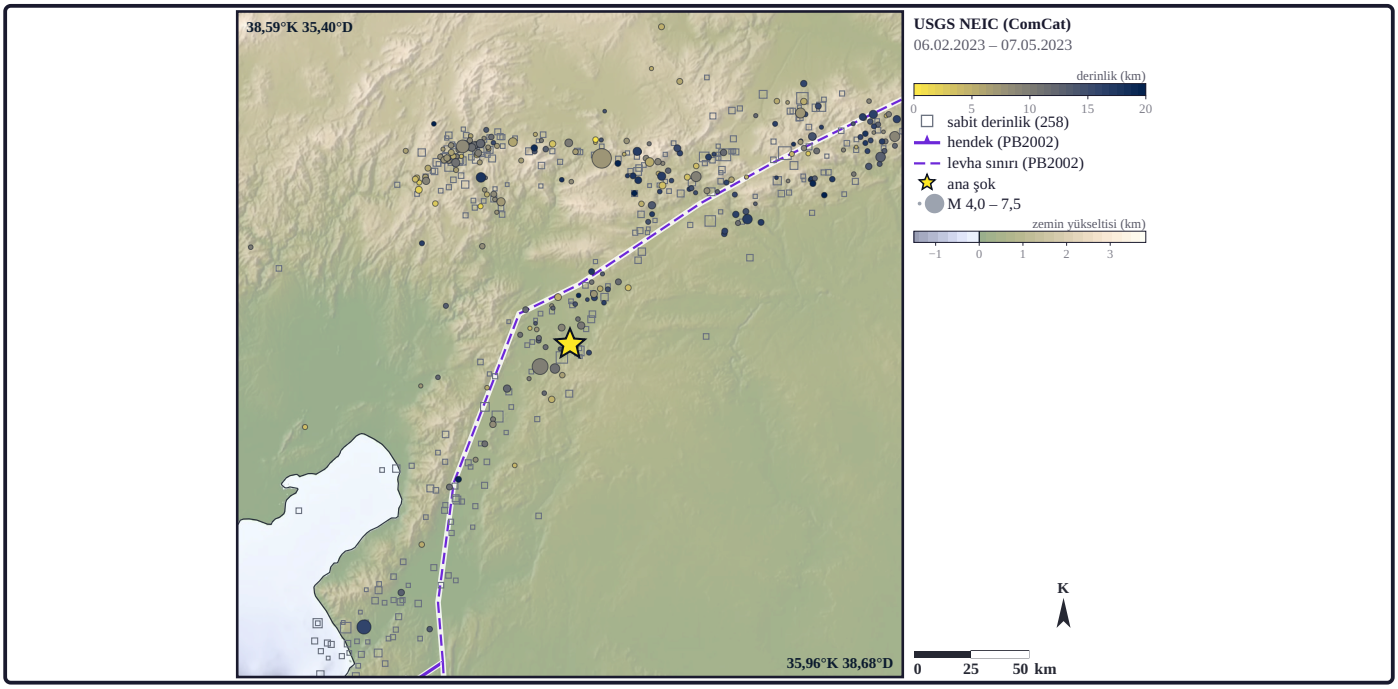
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



Şekil 3a. *Olayların %95'i 3,9–17,6 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,3 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; kataloğun en derin kaydı (300 km) kurumun bildirdiği yuvarlak bir değerdir. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A′ ve B–B′ kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik ekseniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemi; derinlikler katalog hiposantrlarıdır).*



Şekil 3b. *B–B′ kesiti olayları kesit eksenine dik düşey düzleme izdüşürür. İmler, renk ölçeği ve iki eksenin ölçeği A–A′ kesitiyle aynıdır; düşey abartı iki kesitte eşittir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemi).*



Şekil 3c. *Noktalar USGS NEIC (ComCat) kataloğunun kendi raporlarıdır: ana şoktan sonraki 90 gün (06.02.2023 – 07.05.2023), dış merkezin artçı yarıçapı kutusu, n = 496; boyut büyüklüğe göre; renk derinliktir (0–20 km; 3 olay daha derin, en koyu renkte); içi boş gri kareler kurumun sabit derinlik değerlerindeki raporlardır (10 / 35 km; 258 olay, %52) — bu derinlikler ölçülmüş değildir; sarı yıldız ana şokun dış merkezidir; sabit olmayan derinliklerin ortancası 11,0 km (çeyrekler 7,4–15,2 km) (katalog: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

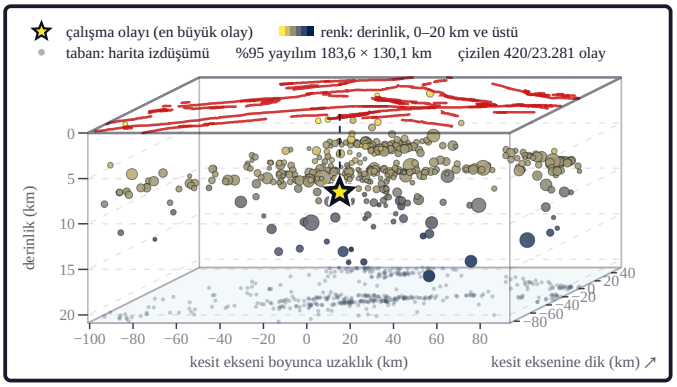
Şekil 3a–3c: A–A′ kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 183,6 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 3,9–17,6 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3a). Derinlik ekseni katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,41, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dır; bulutun uzama oranı kadrajınkini belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,41) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3b). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. USGS NEIC (ComCat) kataloğunda ana şoktan sonraki dönemde kutuda 496 olay vardır; bunların 258 tanesi kurumun sabit derinlik değerlerindedir (Şekil 3c). Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM

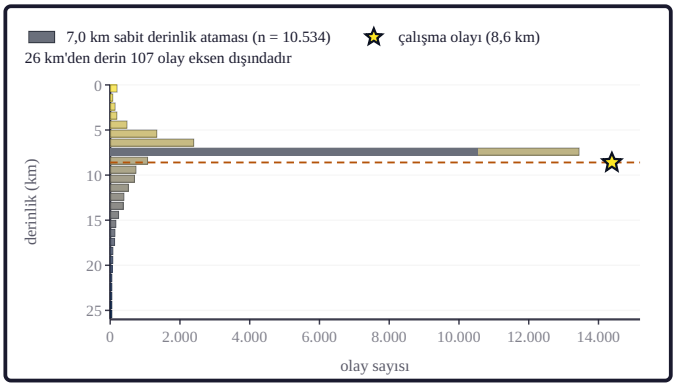
Katalog, olay merkezli kutuda 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde kaydedilmiş 23.281 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 19.755, KOERI 3.124, ISC 317, EMSC 51, GFZ 16, USGS 12, GSI 5, NOA 1. Büyüklük türü dağılımı: ML 22.686, Mw 535, mb 43, türü belirtilmemiş 16, MS 1. Çalışma alanı 172,7 × 172,7 km (≈ 29.800 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = 111,32·cos φ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 36,496°K–38,058°K ve 36,065°D–38,015°D koordinatlarındadır. Bu rapor, olaydan 1.362 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 günle sınırlıdır. Katalog sorgusu 29.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

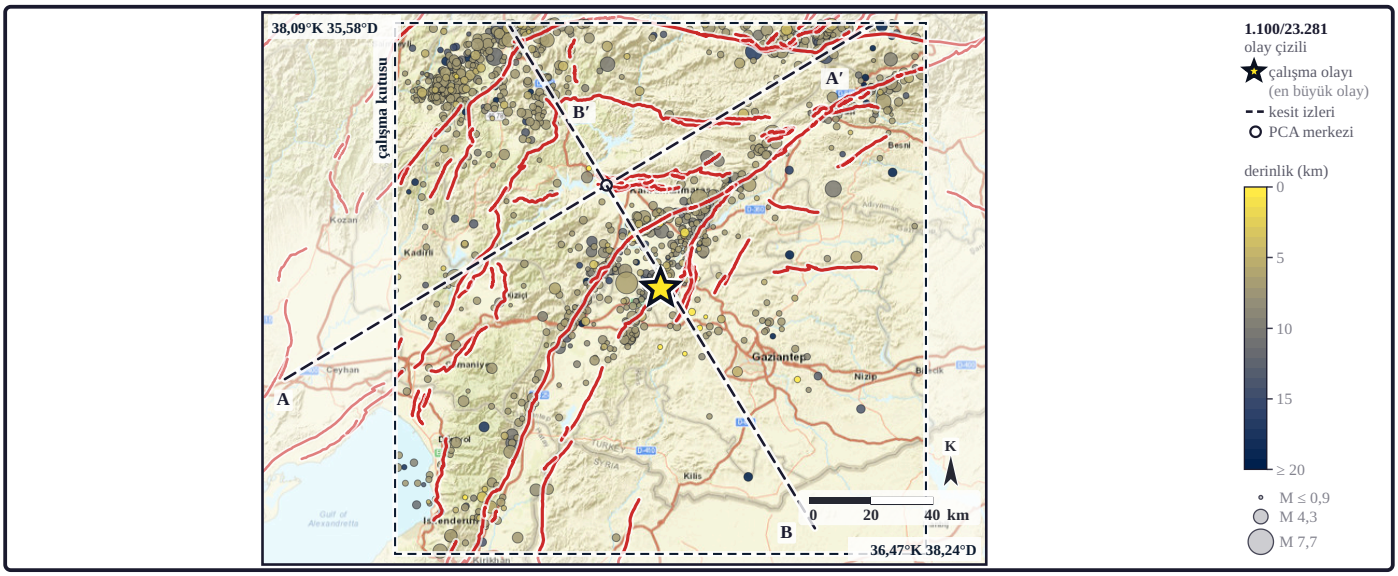
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM)



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. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; 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 23.281 olayın %87'si ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 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. *Derinlik renkli harita 23.281 olaylık katalogdan 1.100 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 4a–4c: Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,07'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). Derinliği bilinen 23.281 kaydın 20.165 tanesi (%87) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 13.444 olayla 7–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 10.534 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 23.281 kaydın 20.165 tanesi 10 km ve daha sığ, 3.116 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 4c). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır.

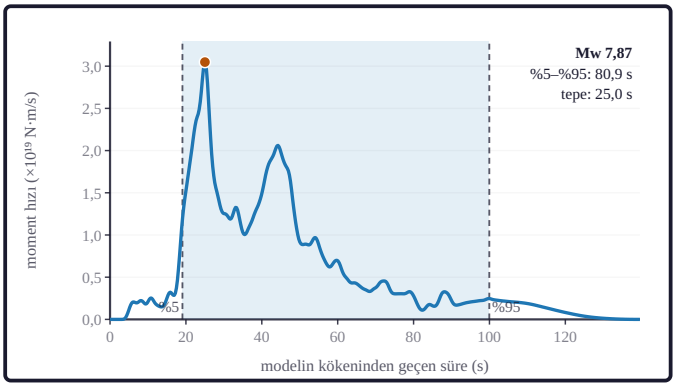
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden bir onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür. Bu onarım pencereye 298 olay eklemiştir; bunların 263'ü ana şoktan sonradır ve en büyüğü 06.02.2023 16:43:27 UTC'de gerçekleşen Mw 5,1 büyüklüğündeki olaydır (AFAD raporu).

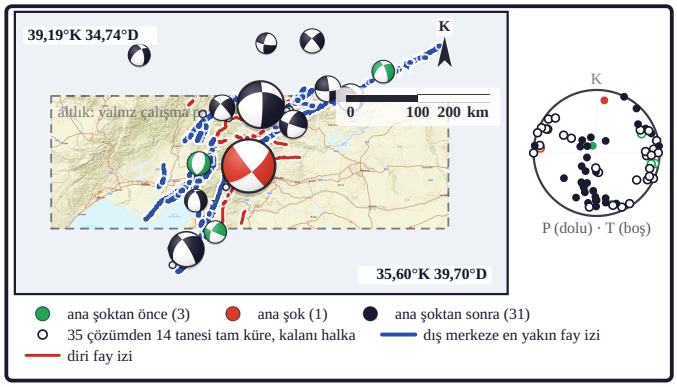
Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \le 20$ s, Δkonum ≤ 70 km ve $\Delta M \le 0{,}5$ ya da (2) $\Delta t \le 5$ s ve Δkonum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ya da (4) $\Delta t \le 3$ s, $\Delta M \le 0{,}3$, Δkonum ≤ 100 km ve temsilci kurumu farklı iki kayıt (bu çalışmanın işletimsel ölçütü; kutu boyutundan bağımsız) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 1.810 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \ge 2{,}0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla $\Delta t \le 35$ s, Δkonum ≤ 300 km ve büyüklük farkı −0,5 ile +1,5 arasında eşleşen 79 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 3 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanamadığından istatistiklere alınmamıştır. Eşi bu ölçütlerle katalogda bulunamayan 1 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 29.10.2026). Böylece sorgudan dönen 25.173 kayıttan 1.892'si ayıklanmış ve çözümleme 23.281 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: Mw 7,7 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamlarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 537 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 22.744 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamlar bu etiketle verilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

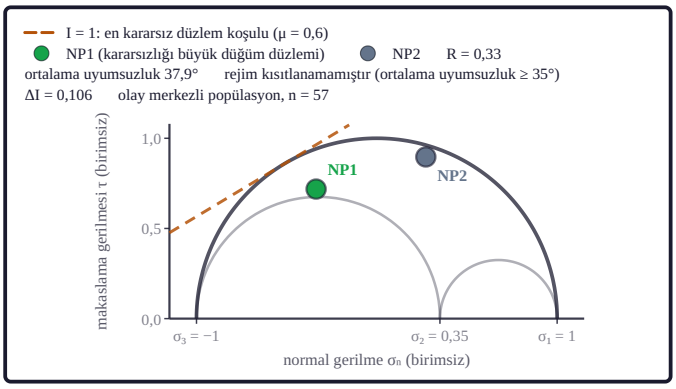
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



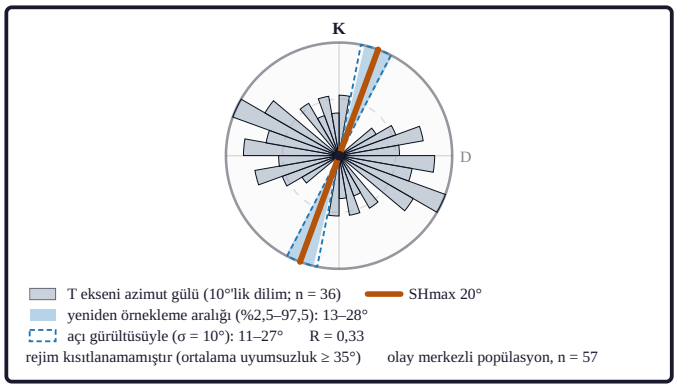
Şekil 5a. *Eğri USGS sonlu fay modelinin (sürüm 4; gözden geçirilmiş ürün; 21.02.2023) moment hızı fonksiyonudur; zaman modelin kendi kökenine göredir; modelin toplam sismik momenti M_0 = 7,92×10²⁰ N·m, Mw 7,87; gölgeli bant birikimli momentin %5'ine (19,1 s) ve %95'ine (100,0 s) ulaşılan anlar arasıdır; aradaki süre (moment salınımının %90'ının gerçekleştiği süre) 80,9 s'dir; dolu daire en büyük moment hızıdır: 3,0×10¹⁹ N·m/s, 25,0 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 5b. *Arama penceresinin (ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 269 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 5c. *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).*



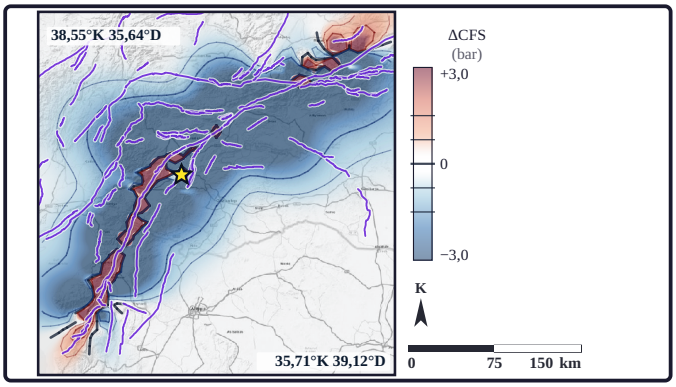
Şekil 5d. *Çekinceli çözüm: SHmax = 20°; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır (uyumsuzluk 35° tek tensör sınırının üstünde; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SHmax azimutunu, mavi yelpaze 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 T ekseni (uzama) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı); kümede salt çoğunlukta bir sınıf bulunmadığından P ekseni gülü çizilmemiştir. 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 5a–5d: Modelde ortalama kırılma hızı 1,51 km/s, ortalama yükselme süresi 17,5 s'dir (Şekil 5a). 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 5b). Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir; değerler çekinceli çözümlemeler çizelgesindeki gerekçeyle birlikte okunmalıdır (Şekil 5c). 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 (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 4'te, mekanizma dizisi Tablo 5'te, USGS moment tensörü çözümlerinin karşılaştırması Tablo 6'da, kayma modellerinin kaynak parametreleri Tablo 7'de verilmiştir.

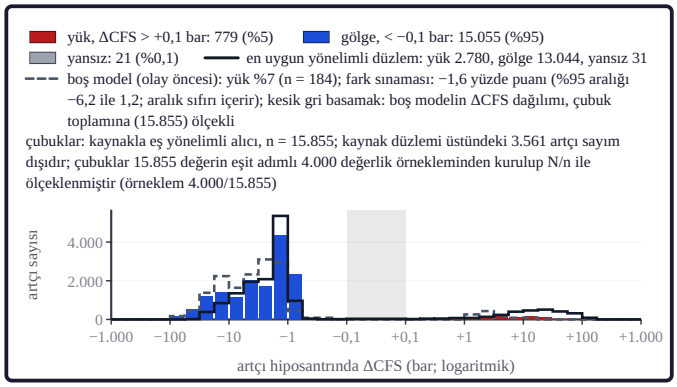
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış 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 %45'inin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (10.534/23.281); bu değer, derinlik çözülemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %48'ini oluşturmaktadır (11.147/23.281); 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.

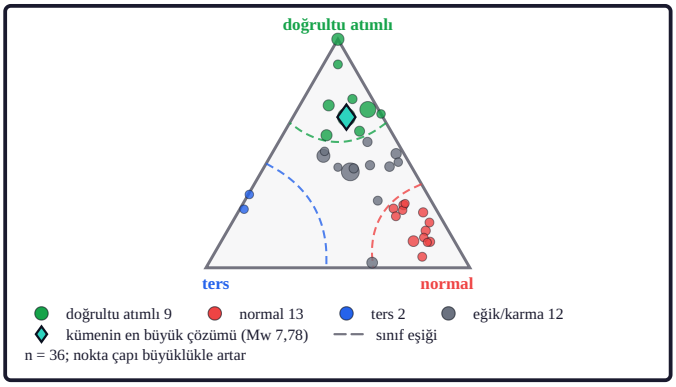
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



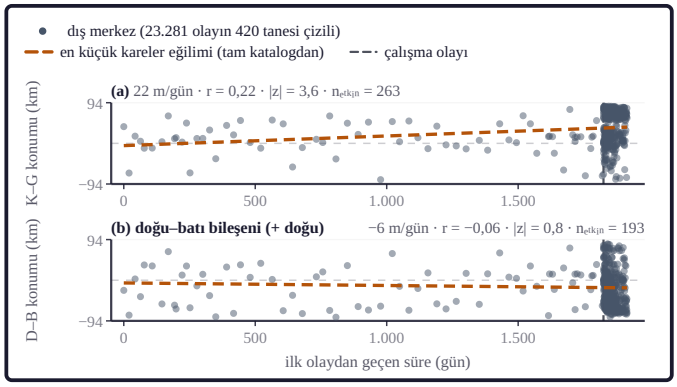
Şekil 6a. *Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; ±3,0 bar). ΔCFS USGS NEIC kaynağının 647 yamasından kaynakla eş yönelimli alıcıda (s/d/r = 28°/85°/−1°), 9,7 km derinlikte, μ′ = 0,40 ile hesaplanmıştır. Yıldız dış merkezdir; çizgiler ΔCFS konturlarıdır. 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: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 6b. *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 us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 6c. *Çekinceli sayım: 36 çözümün %36'sı normal sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %17–61; 15 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşiğinin altında kaldığından tek sınıflı niteleme yapılmamıştır. 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 6d. *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.*

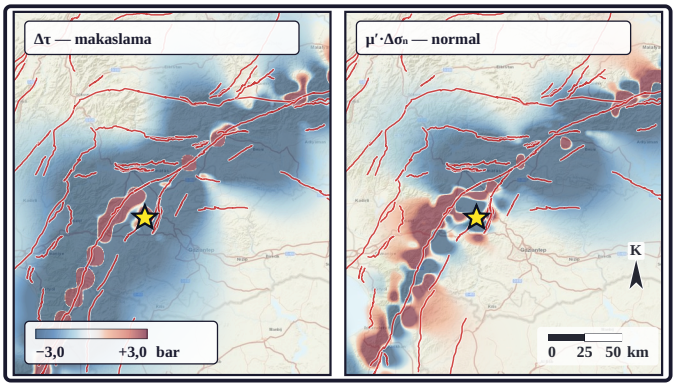
Şekil 6a–6d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 6a). Nokta sınamasının histogramı, artçıları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 6b). Hiçbir eşiği aşmayan 12 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 6c). Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 6d). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı ölçekte verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Olaylar zaman ekseninde dengesiz dağılmıştır (katalogda pencerenin ilk yarısında 1.829, ikinci yarısında 21.452 olay; yarılar ay sınırından ayrılmıştır); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldıracıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Reasenberg–Jones artçı aşım olasılıkları Tablo 8'de, pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 9'da, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A3'te, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A4'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

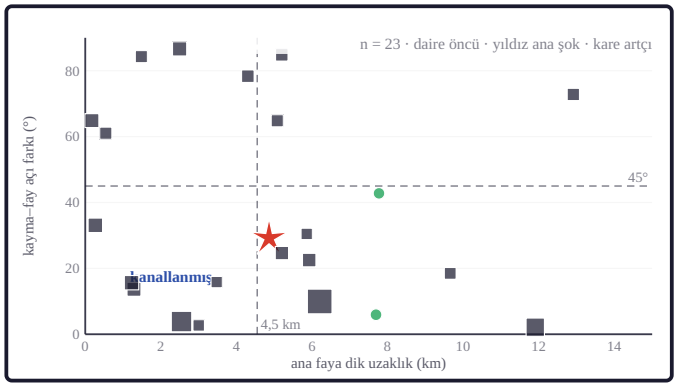
Tamlık büyüklüğü Mc, üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Pencere kataloğunun tamamında eşiği b-kararlılığı ölçütü belirlemiştir: Mc = 2,0. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşiği azami eğrilik ölçütü belirlemiştir: Mc = 1,8. b-değeri bu eşiğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik Mc − ΔM/2 kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,027; Aki, 1965: 0,026; yeniden örnekleme: 0,032) 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

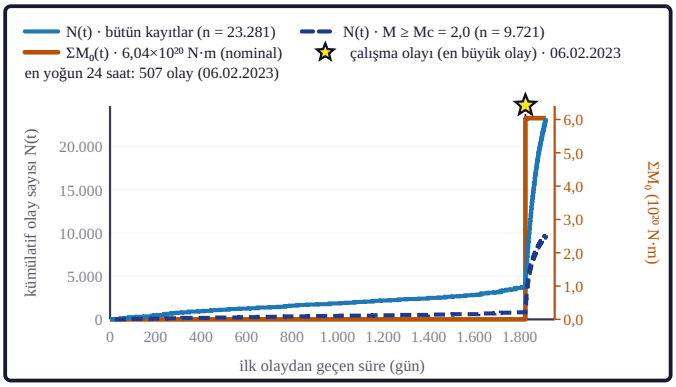
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



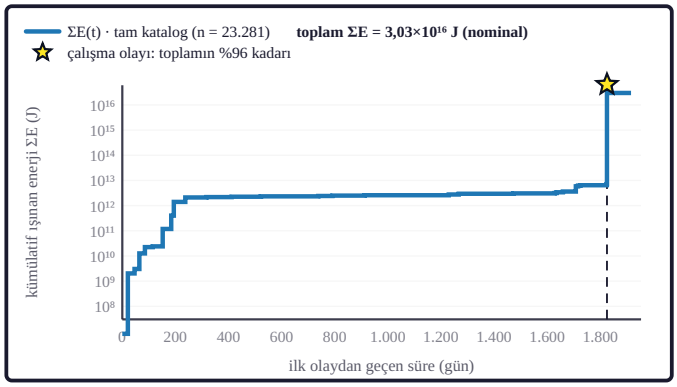
Şekil 7a. *ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi Δτ, sağda fay düzlemine dik normal gerilme katkısı μ′·Δσn (ΔCFS = Δτ + μ′·Δσn; Δσn çekme artı, artı değer fayın kenetlenmesinin azalmasıdır). Kadraj kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdir (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).*



Şekil 7b. *Yatay eksen dış merkezin ana faya dik uzaklığını, düşey eksen kayma–fay açı farkını gösterir. Her nokta bir odak mekanizmasıdır. Şekil sismik kayma kanallanmasını gösterir. Düşey eksendeki açı yerel fay doğrultusu ile sismik kayma vektörü azimutu arasındaki dar açıdır, yatay eksen dış merkezin ana fay yüzeyine dik uzaklığını taşır. Kesikli çizgiler dört bölgeyi ayırır — sol alt "kanallanmış" (kayma ana fay yüzeyine yakın ve onunla eş-eksenli), sağ alt "paralel ama kanallanmamış", sol üst "yakın ama paralel olmayan", sağ üst "dağınık". Simge biçimi olayın zamanını (daire öncü, yıldız ana şok, kare artçı), rengi zaman sınıfını, boyutu büyüklüğü taşır. Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fizik iddiası değildir; ayrıca dik uzaklık dış merkez konum hatasını ve fay izinin çizim hassasiyetini de taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmamalıdır (Mekanizmalar: Global CMT · fay izleri: MTA Türkiye Diri Fay Haritası [Elmacı vd., 2026] · kayma vektörü: Aki ve Richards [2002] sözleşmesi).*



Şekil 7c. *Mavi eğri kümülatif olay sayısı N(t), turuncu eğri kümülatif sismik moment ΣM₀(t) değeridir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; penceredeki en büyük olay da odur (M₀ = 10^[1,5·M + 9,1] N·m; 9,1 sabiti Kanamori, 1977).*



Şekil 7d. *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 7a–7d: Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 7a). Dikey sınır dik uzaklık ortancasına en yakın kutu kenarı (4,5 km), yatay sınır 0–90° aralığının ortasına oturan kutu kenarıdır (45°; Şekil 7b). Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fiziksel bir iddia taşımaz ve sınırlar figürde yazılıdır. İki kısıt korunmalıdır: dik uzaklık dış merkez konum hatasını ve fay izinin haritalama hassasiyetini birlikte taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanamaz; kayma azimutu ise iki düğüm düzleminden birine aittir ve diğer düzlem seçilseydi noktaların önemli bölümü bölge değiştirirdi. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 7c). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 12,2 olay/gün düzeyindedir; M ≥ Mc eğrisindeki dikleşmeler, tamlık eşiği üstündeki olayların kendi ortalama hızının belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ışınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 7d). Pencerede ışınan toplam enerji 3,03×10¹⁶ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Büyüklüğü M ≥ 6,7 olan 2 olay bu toplamın %99,1 kadarını üretmektedir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

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).

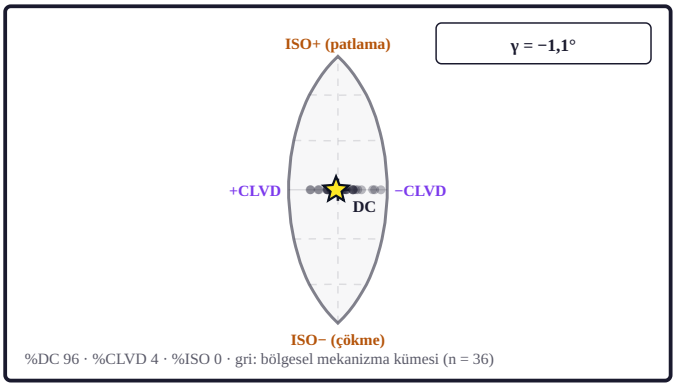
Olayın moment tensörü kurum çözümüdür (kurum ürünü: Global CMT; Ekström vd., 2012); bölgesel mekanizma popülasyonu GCMT kataloğundandır (bu depremin dizisine ait çözümler kurum ürünü: Global CMT kataloğu; geçmiş olayların çözümleri veri). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür (μ = 0,6; 2 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.

Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (08.02.2013 – 07.02.2018) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (5.128 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

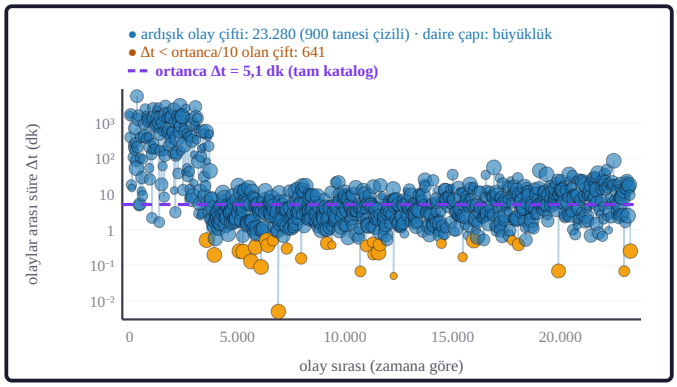
Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 542 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında bunların en uzun 89'u ile dış merkeze en yakın iz, tektonik haritada en uzun 60'ı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 552 izin (11 farklı ad) en uzun 8'i 3 ad altında çizelgede listelenmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

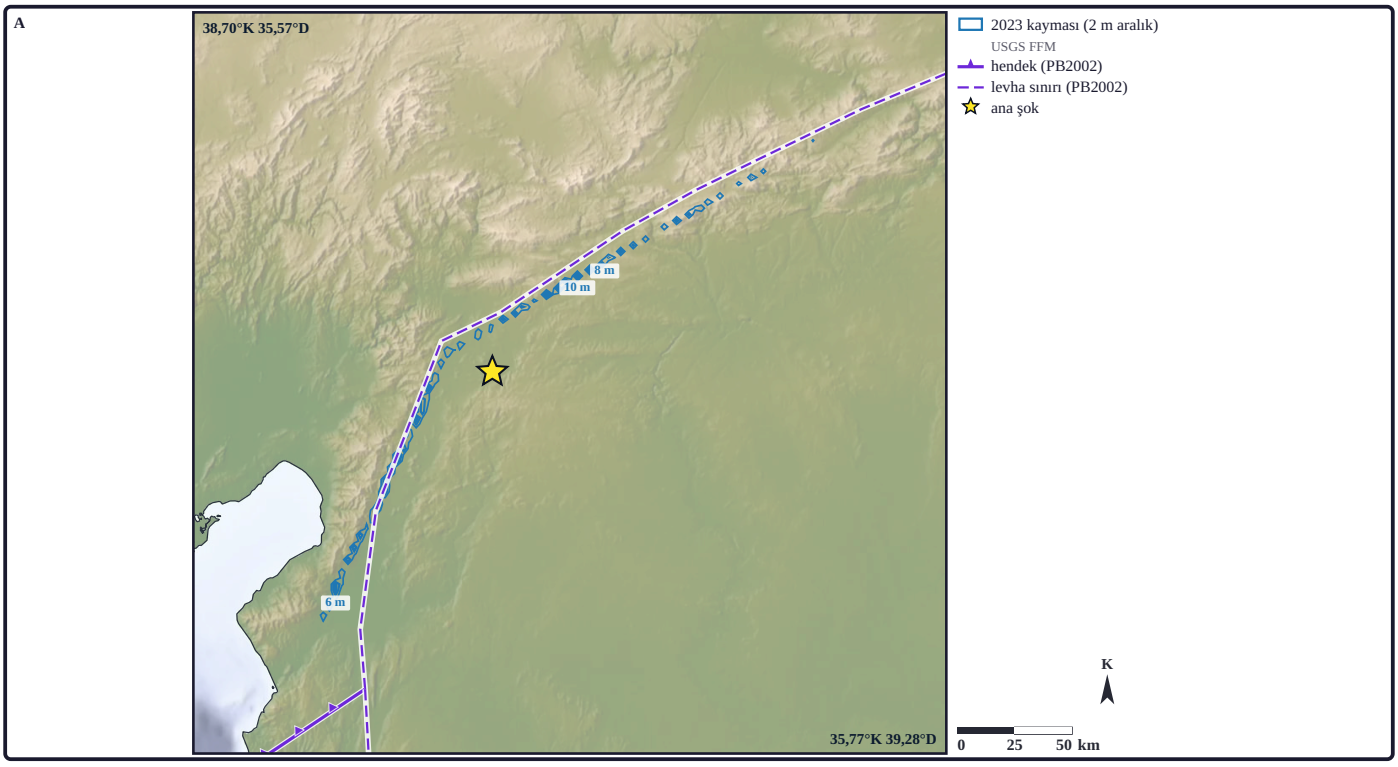
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 8a. *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 8b. *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 8c. *Tarihsel büyük depremler: (A) mavi eğriler 2023 depreminin USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) kayma dağılımının 2 m aralıklı eş değer eğrileridir (model çıktısı; eğriler yama ayrıklaştırmasını izler, yumuşatılmamıştır); bölgedeki 3 olay çerçeve dışındadır; dik yazılar dış merkez yılları, italik yazılar alanın (iz / tanım / zarf) yılıdır ve alanın çizgi rengindedir; yer bulunamayan adlar lejantta "adsız" satırında listelenir (kayma modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 8a–8c: Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 8a ve 8c). Çift kuvvet payı %90'ın üzerindedir; kaynak, düzlemsel bir fay üzerindeki makaslama kırılmasıyla uyumludur. Ayrışım kaynağın türünü betimler; büyüklük, hasar ya da izleyen etkinlik hakkında bilgi taşımaz. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 8b). Ortanca bekleme süresi 5,1 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 641 aralık ölçülmüştür (23.280 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 (yoğun dönemdeki kısa aralık açığı büyük olayların kodasından ve katalogdaki algılama ölü zamanından da kaynaklanabilir).

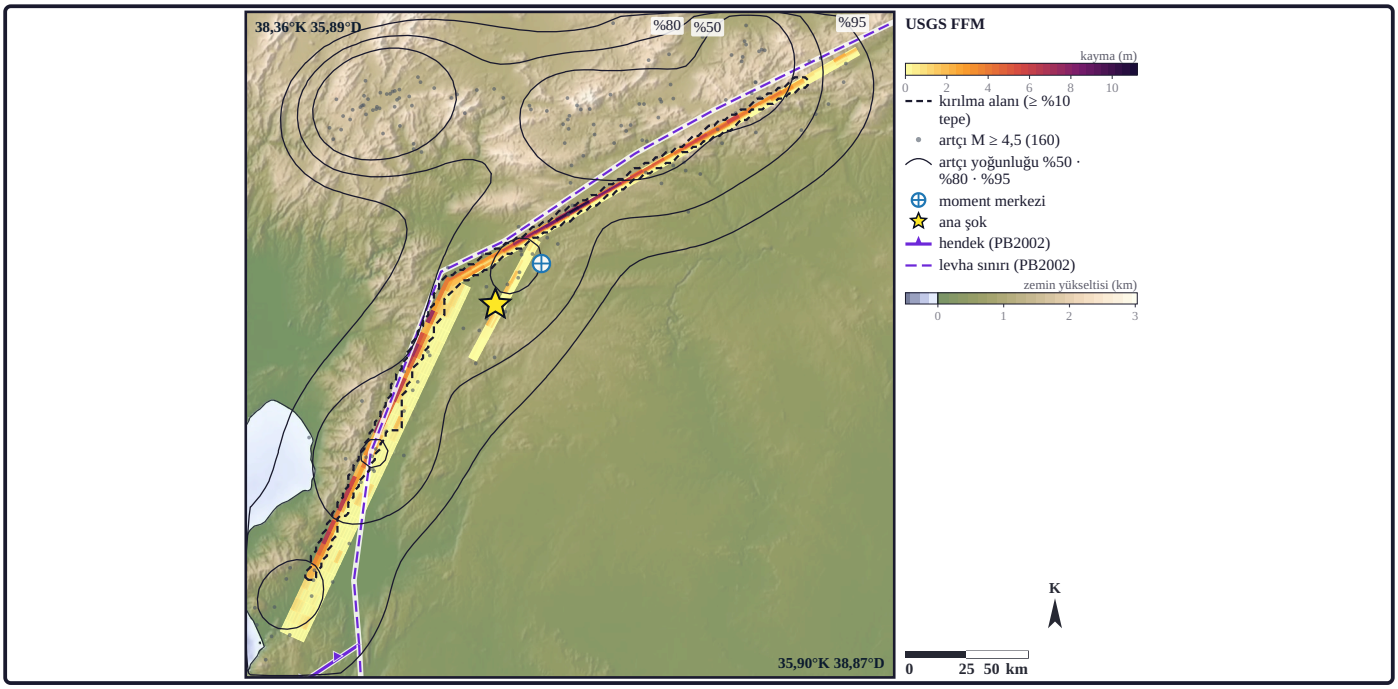
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Şekillerdeki harita kadrajları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 37,28°K'dir ve harita ölçeği iki eksende eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok %1,0'dır. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

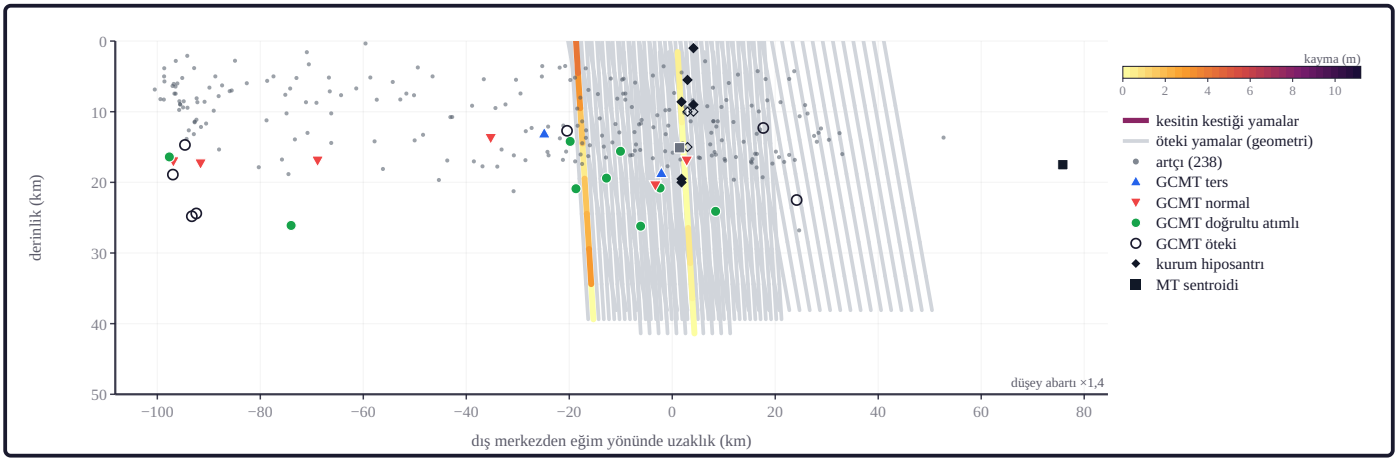
Raporda USGS ComCat'te bu olay için yayımlanmış ShakeMap, “Did You Feel It?” topluluk şiddeti (DYFI), PAGER, yer yenilmesi, moment tensörü, sonlu fay modeli, olay özeti ve etki özeti ürünleri kullanılmıştır (U.S.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 9a. *Renkli dörtgenler USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) yamaları (kayma 0–11,2 m; model çıktısı); kesikli siyah çizgi kırılma alanı (kayma ≥ 1,1 m); gri noktalar M ≥ 4,5 artçılar (n = 160); ince siyah eğriler yoğunluğun %50, %80 ve %95 kütle sınırları; mavi artılı daire moment merkezi; sarı yıldız ana şok; kesikli mor çizgi PB2002 levha sınırıdır (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [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; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*



Şekil 9b. *Kesit dış merkezden geçen ve USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) modelinin temsili doğrultusuna (49°) dik düşey düzlemdir; yatay eksen eğim yönünde (139°) uzaklıktır, eksi değerler eğim yukarıdır; şerit modelin doğrultu boyunca kapladığı 333 km'dir; renkli parçalar USGS FFM modelinin kesitin kestiği 16 yaması (kayma 0–11,2 m; model), açık gri öteki yamalar (geometri); noktalar artçılar (238; sabit derinlikli 241 çizilmedi); imler GCMT artçıları, sentroid derinliği; sabit 6 çizilmedi; elmaslar kurum hiposantr derinlikleri (içi boş: sabit / bağımlı) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; artçılar: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; GCMT: Dziewonski vd., 1981).*

Şekil 9a ve 9b: Şekilde 160 adet M ≥ 4,5 artçı gösterilmiştir (Şekil 9a). USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) yamaları kesitte −1–41 km derinlikleri arasında uzanır (Şekil 9b).

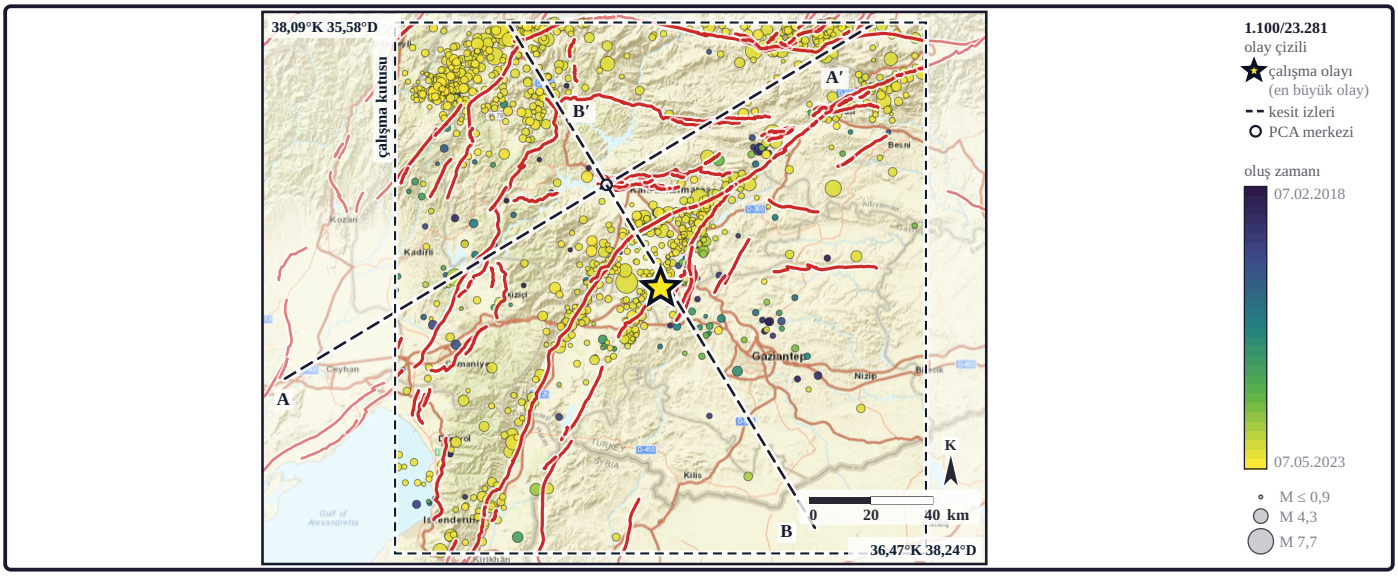
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Geological Survey, 2017); her ürünün yayım tarihi ve biliniyorsa sürümü ilgili tümcede verilmiştir. USGS ürünleri arasında girdi uyumsuzluğu vardır: PAGER ve yer yenilmesi kestirimleri 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 us6000jllz kullanılmıştır.

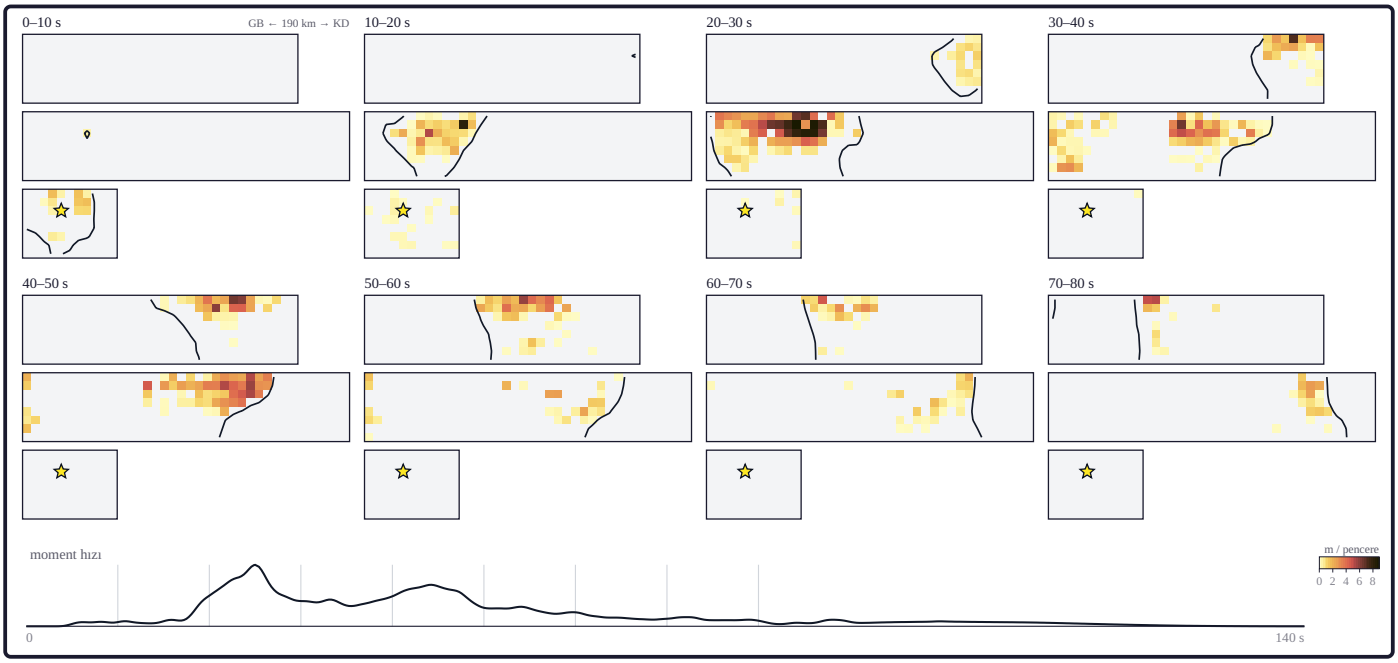
Yer hızının uzay ve zaman içindeki dağılımı, raporun kırılma çözümlemesinde benimsenen kinematik kaynakla (kaynak: us6000jllz) kendi dalga alanı hesabımızla 3B ortamda kurulmuştur; kayma, kırılma zamanları ve yükselim süreleri bu kaynaktan alınmış, kırılma kendiliğinden hesaplanmamıştır. 3B ortamda hesap, 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 ≤0,5 Hz bandını temsil eder. Yüzey ızgarası 168 × 172 düğüm ve 2,0 km aralıklıdır; PGV her düğümde hız vektörünün büyüklüğünün zaman içindeki en büyük değeridir. Hesabın bütün çıktıları MODEL çıktısıdır, gözlem değildir; ivme-ölçer ya da hız-ölçer kayıtlarının yerine geçmez.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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



Şekil 10a. *Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 4c'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).*



Şekil 10b. *Kırılma anlık görüntüleri: USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) kayma modelinin açılmış fay düzleminde (yatay doğrultu boyunca, düşey eğim aşağı) 8 ardışık 10 s'lik pencerede açığa çıkan kayma; renk pencere içindeki kaymadır (ortak ölçek 0–8,9 m; model çıktısı); 80 s'den sonra toplam kaymanın %10,0'u (momentin %10,0'u) 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 sonundaki kırılma zamanı eş eğrisidir (yama kırılma zamanlarının sürekli enterpolasyonu) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: bu çalışma [açılmış düzlem, pencere integrali]; renk: lajolla [Crameri, 2018]).*

Şekil 10a ve 10b: Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzif ayrımına gidilmemiştir (Şekil 10a). Toplam kaymanın yarısı 40 s'de açığa çıkmıştır (model çıktısı; Şekil 10b).

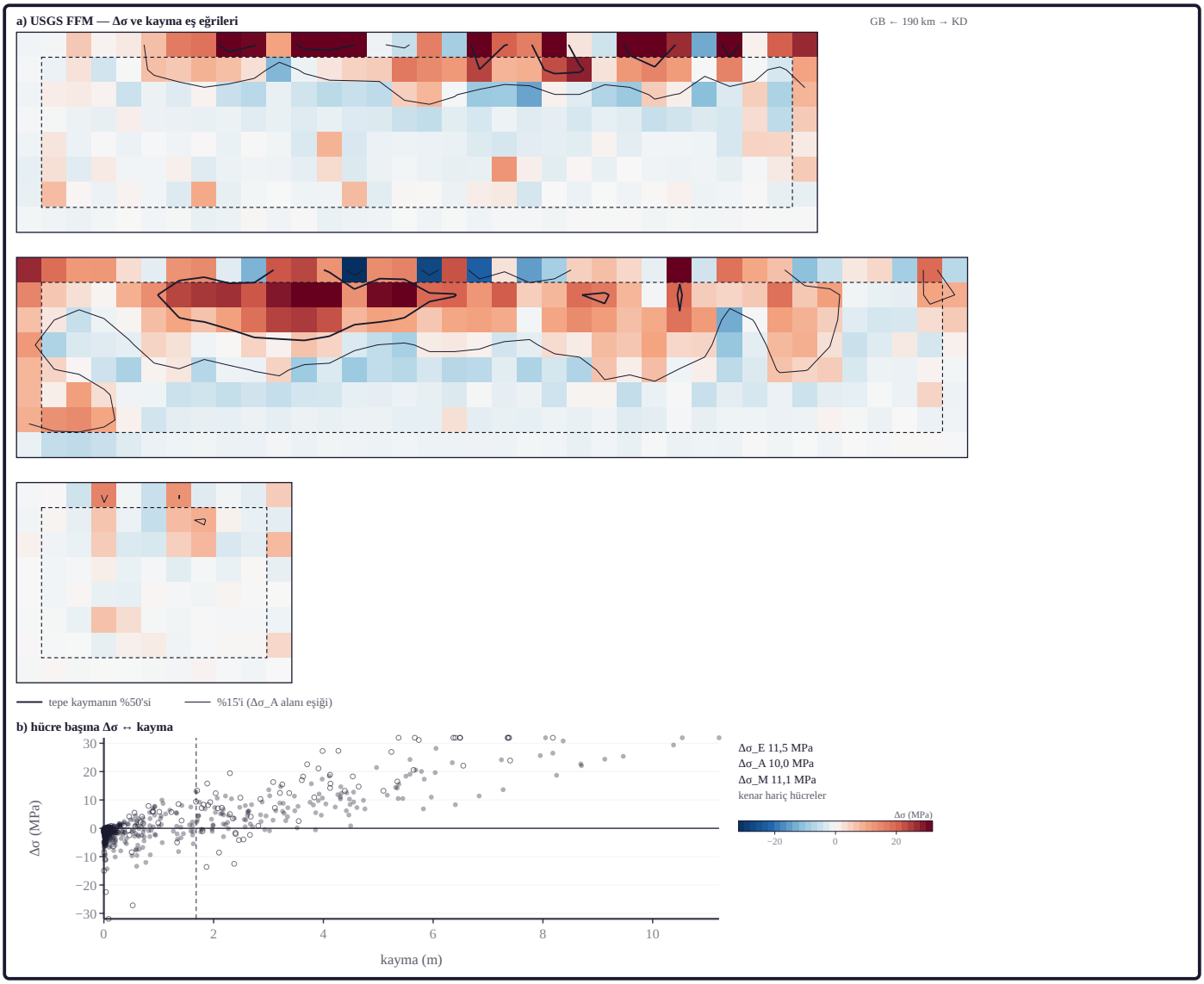
OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

06.02.2023 tarihinde 01:17:32 UTC'de Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde, 37,2773°K, 37,0400°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 8,6 km olan Mw 7,7 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için USGS çözümü (Global CMT kaydının başvurduğu hiposantr) 37,2256°K–37,0143°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 6,2 km'dir. Bu değer kurumlar arası dış merkez farkıdır, bir konum hatası kestirimi değildir; konuma dayanan uzaklık ölçüleri bu farktan daha ince yorumlanmamıştır.

Pencere kataloğunda, M ≥ 3,0 büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 275 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 4,2 km, yüzde doksanlık değeri 11,6 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 70 km); bu ölçü de kurumlar arası farktır ve eşleştirme toleransına koşuludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 5,5 ile 20,0 km arasında değişmektedir; olayın moment tensörü sentroid derinliği 15,1 km'dir; bu değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer (h < 70 km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 19,5 km · GSI; derinlik 1,0 km · NIEP; derinlik 10,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı AFAD, GFZ, EMSC, USGS, NIEP, INGV, GSI, ISC ve KOERI çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür. Moment ölçeğindeki 4 kurum kaydı Mw 7,7–7,8 aralığındadır (en büyük fark 0,1 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 7,78 olarak verilmektedir. Öteki ölçeklerdeki kayıtlar (KOERI ML 7,6) aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden bu karşılaştırmaya katılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 11. *Fay düzleminde kayma ve statik gerilme düşümü: a) Ripperger ve Mai (2004) Δσ (±31,9 MPa; μ_eff 36 GPa; model) ve kayma eş eğrileri; b) hücre başına Δσ ↔ kayma; USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023): Δσ_E 11,5 MPa (bütün hücreler 13,8), Δσ_A 10,0, Δσ_M 11,1 MPa; sığ kenar yüzeye (serbest yüzey) bir hücreden yakındır ve tepe kaymanın USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) modelinde %73,0 kadar kayma taşır: yüzeye ulaşan kayma (yüzey kırığı); sonsuz ortam varsayımı bu hücrelerde geçersiz olduğundan kenar hariç değerler esas alınır; açılmış düzlemde yatay eksen doğrultu boyuncadır (sol uç GB, sağ uç KD; 190 km); çok istifli model: iç sınırda Δσ güvenilmez (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Ripperger ve Mai, 2004; Okada [1992] denetimi).*

Şekil 11: Seçilen modelde gerilme artışı gösteren hücrelerin %95,0'i büyük kaymalı hücrelerin (kayma ≥ tepe kaymanın %15'i; $\Delta\sigma_A$ alanı) dışındadır (model çıktısı; Şekil 11).

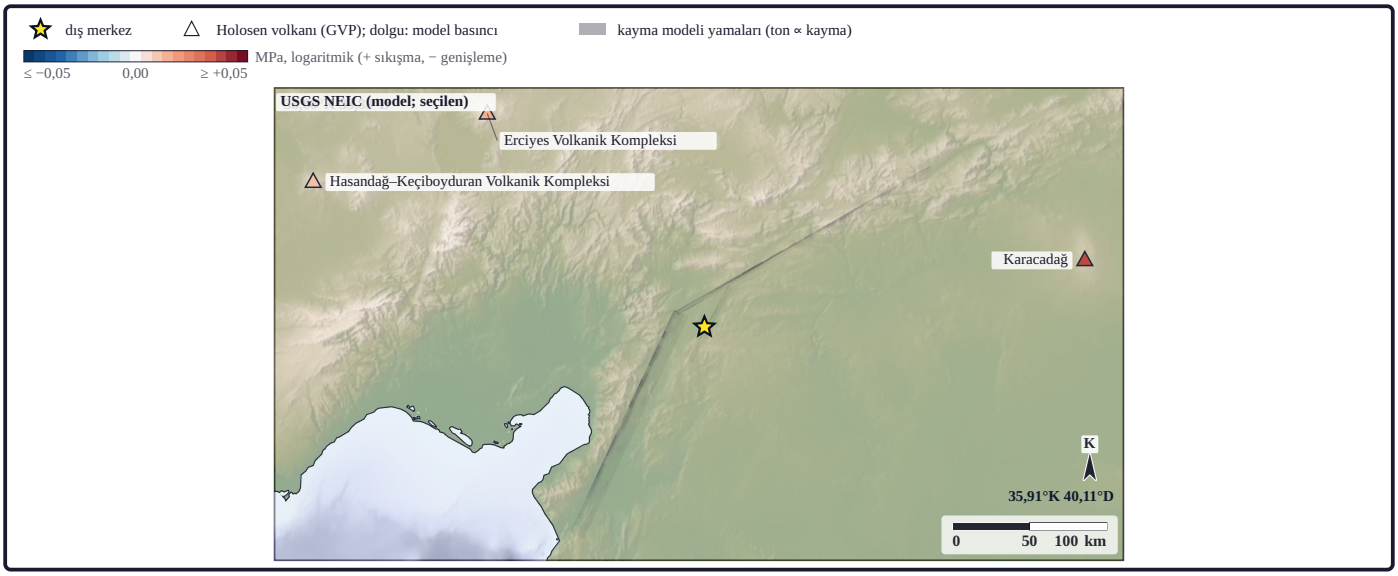
OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Aktarılmış çözüm (ISC Mw 7,8; GCMT çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümleri (GSI Mws 7,7; INGV Mwpd 7,9) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 1,92 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogda yayımlanmamıştır. USGS geoserve yer hizmetine göre (sorgu 22.10.2026) olayın Flinn–Engdahl bölgesi Orta Türkiye olarak verilmektedir; USGS'in güncel köken çözümüne göre dış merkez Türkiye'deki Nurdağı'nın yaklaşık 25 km doğu-kuzeydoğusunda, Gaziantep'in yaklaşık 38 km batı-kuzeybatısında ve Pazarcık'ın yaklaşık 38 km güneybatısında yer almaktadır; uzaklık ve yönler bu çalışmada hesaplanmıştır. USGS ComCat'te bu olay için 2 moment tensörü çözümü yayımlanmıştır (U.S. Geological Survey, 2017): Mww çözümü Mw 7,8 (merkez derinliği 17,5 km, çift kuvvet payı %81) ve Mwc çözümü Mw 7,9 (merkez derinliği 32,6 km, çift kuvvet payı %76); ComCat'in tercih ettiği çözüm Mww çözümüdür; çözümlerin moment büyüklükleri Mw 7,8–7,9 aralığında ve merkez derinlikleri 17,5–32,6 km aralığında kalır; çözümlerin en son güncellemesi 15.04.2023 tarihlidir.

USGS'in köken çözümü ilk yayımından bu yana 9 kez güncellenmiştir; son çözümde ilk çözüme göre dış merkez 3,0 km kaymış ve derinlik 14,1 km azalmıştır; ShakeMap'in tepe şiddeti ilk sürümde MMI 8,3, son sürümde MMI 9,5 olarak verilmiştir (ComCat sürüm geçmişi, sorgu 22.10.2026). Olay için 4 kurumun moment tensörü çözümü karşılaştırılmıştır: USGS NEIC W-fazı Mww 7,8 (skaler momentten Mw 7,75; çift kuvvet dışı bileşen %19; düğüm düzlemi 318°/89°/−179°); Global CMT Mw 7,78 (çift kuvvet dışı bileşen %5; düğüm düzlemi 51°/70°/−4°); IPGP, EMSC akışı Mw 8 (çift kuvvet dışı bileşen %0; düğüm düzlemi 323°/72°/−171°); CPPT, EMSC akışı Mw 7,8 (skaler momentten Mw 7,78; çift kuvvet dışı bileşen %12; düğüm düzlemi 56°/67°/11°). USGS NEIC çözümü başvuru alındığında işletimsel eşikleri (Kagan açısında 30° ve büyüklükte 0,1 birim) aşan farklar şöyledir: IPGP, EMSC akışı için Mw farkı +0,20; GFZ için Mw farkı −0,10; INGV için Mw farkı −0,10; KOERI için Kagan açısı 35,4° ve Mw farkı −0,10; Kagan açısı iki çift kuvvet çözümü arasındaki en küçük dönmedir (Kagan, 1991). Kurumların yayımladığı hiposantr derinlikleri 5,5–20 km arasındadır (AFAD 8,6 km, KOERI 5,5 km, USGS 10 km, EMSC 20 km, GFZ 15 km, ISC 9 km); sabit derinlik adayı olmayan ve kökeni başka kurumdan alınmamış çözümler, AFAD, KOERI, EMSC ve ISC, 5,5–20 km aralığını verir. USGS 10 km ve GFZ 15 km değerleri sabit ya da yuvarlanmış derinlik adayı sayılmıştır (USGS: kurumun bilinen varsayılan derinliklerinden biri; GFZ: kurumun bölgedeki raporlarının çoğunda 5 km katı değer, pay %95).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 12. *3 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 = −(σ₁+σ₂+σ₃)/3; + sıkışma, − genişleme; renk işaretli logaritmik ölçekte (±0,01 MPa'ya dek doğrusala yakın), ±0,05 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). Zemin GMRT 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 us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz ters çözüm hiposantrını 14 km derinliğe yerleştirir. Moment tensörü sentroid derinlikleri (GCMT 15,1 km, CPPT 14 km, OCA 11 km, INGV 23 km, IPGP 13 km, KOERI 10 km, AFAD 18 km, USGS 17,5 km, GFZ 10 km) moment merkezini gösterir ve hiposantr derinliğinin yerine kullanılmamıştır.

Volkanların altında modelden hesaplanan kaya basıncı değişimi Şekil 12'de verilmiştir.

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

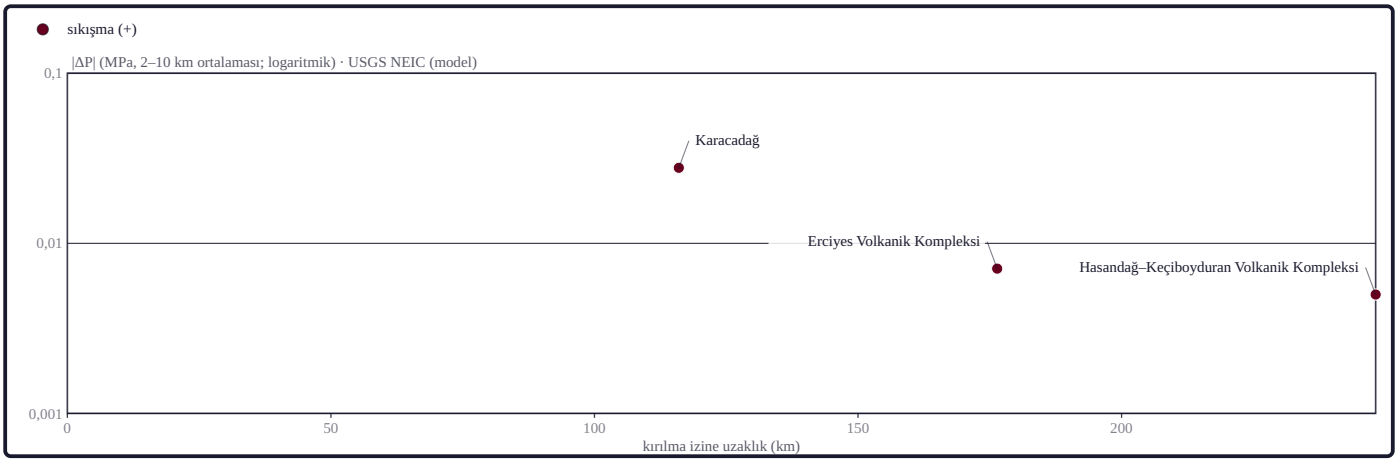
Sismik moment M_0 = 5,799×10²⁰ N·m'dir (Mw 7,78; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10}E$ = 1,5·Mw + 4,8 bağıntısıyla türetilen nominal ışınan enerji E ≈ 2,9×10¹⁶ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5\times10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ışınan enerji değildir. USGS sonlu fay modelinin (sürüm 4; gözden geçirilmiş ürün; 21.02.2023) moment hızı fonksiyonunda birikimli momentin %5'ine modelin kökeninden 19,1 s, %95'ine 100,0 s sonra ulaşılmıştır; aradaki süre (moment salınımının %90'ının gerçekleştiği süre) 80,9 s'dir ve moment hızı en büyük değerine (3,0×10¹⁹ N·m/s) 25,0 s'de ulaşmıştır. USGS sonlu fay modelinde toplam sismik moment M_0 = 7,92×10²⁰ N·m'dir (Mw 7,87) ve yamaların ortalama yükselme süresi 17,5 s'dir; model sonlu fay ters çözüm algoritmasıyla (Ji vd., 2002) kurulmuştur ve değerleri ölçüm değil model çıktısıdır. USGS sonlu fay modelinde (sürüm 4, 21.02.2023) kırık 3 düzlem parçasında, toplam 648 yamada çözülmüştür; modelde en büyük kayma 11,2 m, ortalama kırılma hızı 1,51 km/s'dir. Gerilme düşümü, kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla ve dikdörtgen fay bağıntısıyla Δσ ≈ 0,28–0,68 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan, üst sınır derine gömülü kırığa karşılık gelir. Kırığın üst kenar derinliği gözetildiğinde nokta değer Δσ ≈ 0,43 MPa'dır. Duyarlılık sınamasında eşdeğer alanlı dairesel çatlak (R = 52,2 km; GCMT M_0 = 5,80×10²⁰ N·m) 1,8 MPa ve aynı dörtgenin, kayma modeli başlık düzleminin eğimini (85°) taşıyan fay olarak yarı uzayda sınır eleman çözümü (C = 0,64) 1,9 MPa vermektedir. Duyarlılık olarak erken artçı zonu (ana şoka uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan R = 98,4 km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) Δσ ≈ 0,27 MPa (n = 938 olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

Sonlu fay modellerinde kırılmanın geometrisi şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için düşük kaymalı kenarlar atılarak kurulan etkin kırık 380 × 22,5 km. Kenar kırpma ölçütü Somerville vd. (1999) yöntemidir. 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 us6000jllz için 310 km, derinlik aralığı 0–34,4 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 56 s, yarı süresi 28 s; GCMT çözümünün iki kat yarı süresi 37,2 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 us6000jllz için 2,44 MPa, çatlak yarıçapı 52,2 km, modelin kendi momentiyle (M_0 = 7,92×10²⁰ N·m); aynı yarıçaplı eşdeğer daire GCMT momentiyle (M_0 = 5,80×10²⁰ N·m) 1,79 MPa verir; iki değer arasındaki fark yöntemden değil M_0 farkından gelir (Δσ M_0 ile doğrusal ölçeklenir), öteki gerilme düşümü kestirimleriyle aynı nicelik değildir. USGS sonlu fay modeli us6000jllz ters çözümüne 72 telesismik cisim dalgası kaydı, 72 telesismik yüzey dalgası kaydı, 13 kuvvetli yer hareketi kaydı ve 53 GNSS istasyonu 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 us6000jllz için %65,9, baskın yan kuzeydoğu, moment ağırlık merkezinin eksene izdüşümü hiposantrdan 25,8 km; bu ölçüyle kırılma baskın yönlü sınıfındadır, işletimsel eşikler tek yönlü için %80 ve üstü, baskın yönlü için %60–80 aralığıdır. Moment tensörü sentroidi dış merkezin GCMT çözümünde 47,2 km kuzeydoğusunda ve USGS W-fazı çözümünde 159 km doğusunda yer alır; USGS W-fazı sentroidinin ötelenme yönü birincil modelin baskın kırılma yönüyle uyumludur, açı farkı 27° ve uyum ölçütü 45°'dir. USGS sonlu fay modeli us6000jllz için kırılma hiposantrın iki yanına ilerlemiştir (iki yandaki moment payları %66 ve %34); modelin kırılma zamanlarından ölçülen kırılmış alanın %90 yüzdelik uzanımı kuzeydoğu yönünde ilk yaklaşık 48 saniyede yaklaşık 2,4 km/s, ardından yaklaşık 0,6 km/s hızla büyümüş ve büyümesi kırılmanın başlangıcından 90 saniye sonra hiposantrdan yaklaşık 141 km'de durmuştur; öteki yanda uzanım güneybatı yönünde yaklaşık 1,3 km/s hızla büyümüş ve büyümesi kırılmanın başlangıcından 100 saniye sonra hiposantrdan yaklaşık 118 km'de durmuştur.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 13. *3 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. Adı yazılanlar |ΔP|'si en büyük 3 volkandır. Öbür imler Şekil 12'deki gibidir (volkanlar ve püskürmeler: Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; basınç: bu çalışma [model; Okada, 1992]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).*

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

%90 yama yeniden örnekleme aralıkları kuzeydoğu yönündeki uzanımda ilk evre hızı için 2,31–2,57 km/s, ikinci evre hızı için 0,33–0,84 km/s ve hız değişim anı için 42,5–50 s; güneybatı yönündeki uzanımda hız için 1,18–1,34 km/s'dir; uzanım, kayması en büyük kaymanın %10'unu aşan ve o ana dek kırılmış (enterpole edilmiş kırılma zamanına göre) bölgenin her iki 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 5 km, örnekleme adımı 5 s, tek adımın hız çözünürlüğü ≈ hücre / adım = 1 km/s). Modellerde en büyük kayma ve yeri şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 11,2 m, modelin hiposantrının 50,8 km kuzeydoğusunda, yaklaşık 7 km derinlikte. Kayması olayın ortalama kaymasını aşan yamaların doğrultu boyunca uzanımı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için ortalama kayma 2,57 m, bu eşiği aşan momentin %10–90 aralığı 197 km, uç uca uzanım 276 km, derinlik 0–34,4 km, momentin %73 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 us6000jllz 36 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 us6000jllz için 0 m, en büyük kaymanın %0 kadarı, en büyük kaymanın hiposantra uzaklığı 50,8 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 us6000jllz için 15 km'den sığda %78,4, 15–30 km'de %18,3, 30 km'den derinde %3,3.

Kırılmaya uzaklığa göre volkan altı basınç değişimi Şekil 13'te verilmiştir.

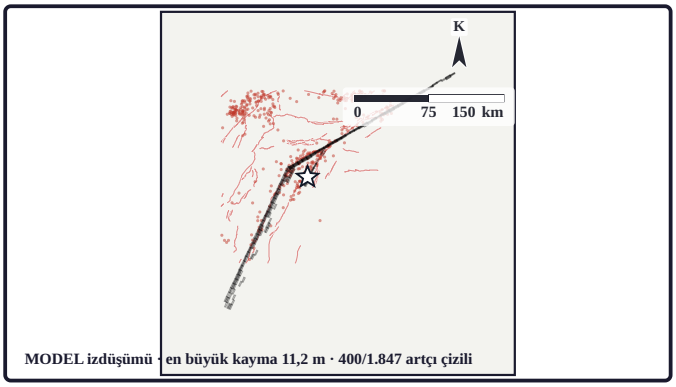
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla 51°/70°/−4° (NP1) ve 143°/86°/−160° (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 7,78'dir. Mekanizma doğrultu atımlı faylanma sınıfındadır. İki blok birbirine göre yatay yönde kaymıştır. GCMT deviatorik moment tensörünün özdeğer ayrışımı %DC = 95,5, %CLVD = 4,5 vermektedir (lune boylamı γ = −1,1°; %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.

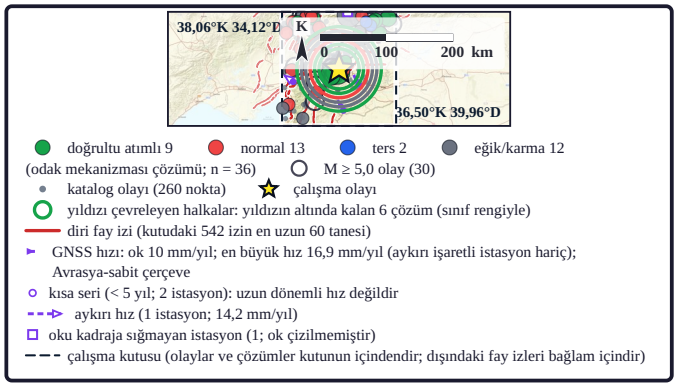
Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden ±1,2°; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1986–2026; n = 57; ortalama uyumsuzluk 37,9°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 20° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 13–28°) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı R = 0,33 (0,14–0,61). SHmax değeri bir yön sonucudur; ortalama uyumsuzluk tek-tensör varsayımının sınırını (35°) aştığından Anderson rejimi kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Ortalama uyumsuzluk (37,9°), inversiyonun tek-tensör varsayımının kırıldığı 35° düzeyini aşmaktadır (heterojen gerilme alanı, karışık popülasyon ya da çözülmemiş fay düzlemi ikilemi); bu nedenle yön yalnız bir ölçüm olarak raporlanmış, üzerinden rejim ya da yüklenme çıkarımı yapılmamıştır. Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; n = 36) 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: 9 doğrultu atımlı, 13 normal, 2 ters ve 12 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf normal faylanmadır: 36 çözümün 13'ü (%36) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %17–61'dir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 15 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralık bu çalışmanın işletimsel sınıf eşiğini (%45) içerdiğinden küme için sözel bir kinematik niteleme yapılmamıştır. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 17 doğrultu atımlı, 17 normal ve 2 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, 269 km yarıçapta ve Mw ≥ 4,0 eşiğinde 35 çözüm bulunmuştur; 3 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 31 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 9'u, çalışma olayının GCMT moment büyüklüğüyle (Mw 7,78) kurulan 88 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay dairesi içindedir (artçı dizisi 86 km yarıçapla sayılmıştır); dairenin dışında kalan 26 çözümün 3'ü çalışma olayından önceki döneme, 23'ü olaydan sonraki döneme aittir (Mw 4,67–7,70; dış merkeze 89–226 km). Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 13 doğrultu atımlı, 10 normal, 9 eğik/karma, 3 ters çözüm biçimindedir. Mekanizmaların haritalı ana faya dik uzaklığı 0,2–12,9 km aralığında olup ortancası 4,9 km'dir; bu dağılım, dizinin tek bir fay düzlemine mi yoksa daha geniş bir hasar zonuna mı dağıldığını gösterir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 57) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 19 doğrultu atımlı, 16 normal, 4 ters ve 18 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

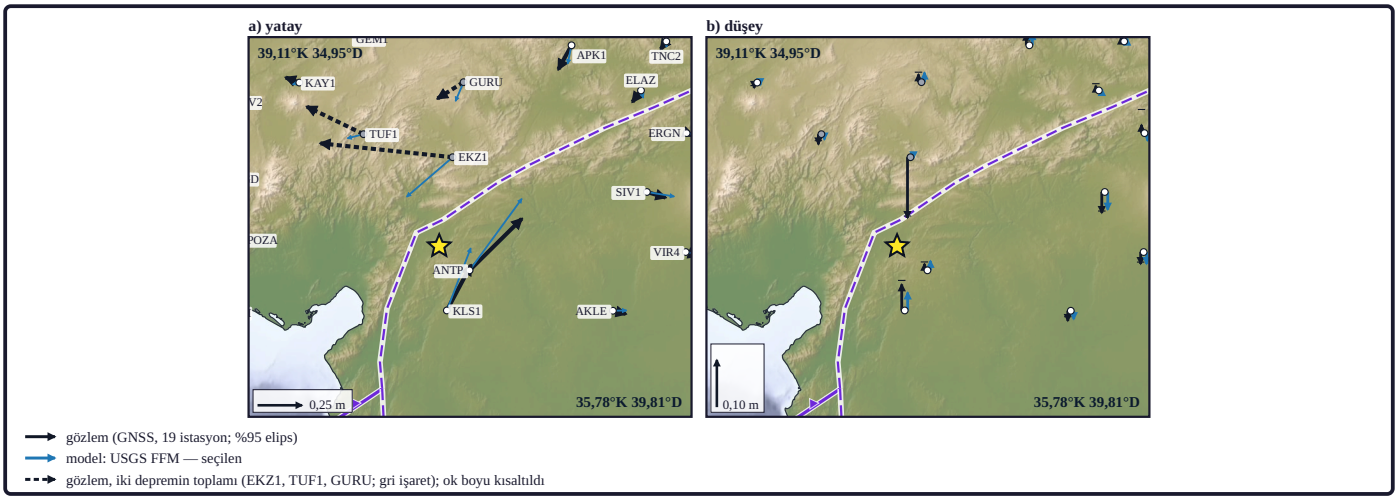
JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU



Şekil 14a. *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 (36,50–38,06°K, 36,07–38,01°D) sınırlıdır; kırılma izi bu kutunun dışına taştığından kutu dışındaki kesimde artçı gösterilmez (Kayma modeli [kurum ürünü]: USGS sonlu fay modeli sürüm 4 [gözden geçirilmiş ürün; 21.02.2023], U.S. Geological Survey, 2017; yöntem Ji vd., 2002 · faylar: MTA Türkiye Diri Fay Haritası [Elmacı vd., 2026]).*



Şekil 14b. *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 (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; Avrasya-sabit çerçeve: GSRM v2.1, Kreemer vd., 2014; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).*



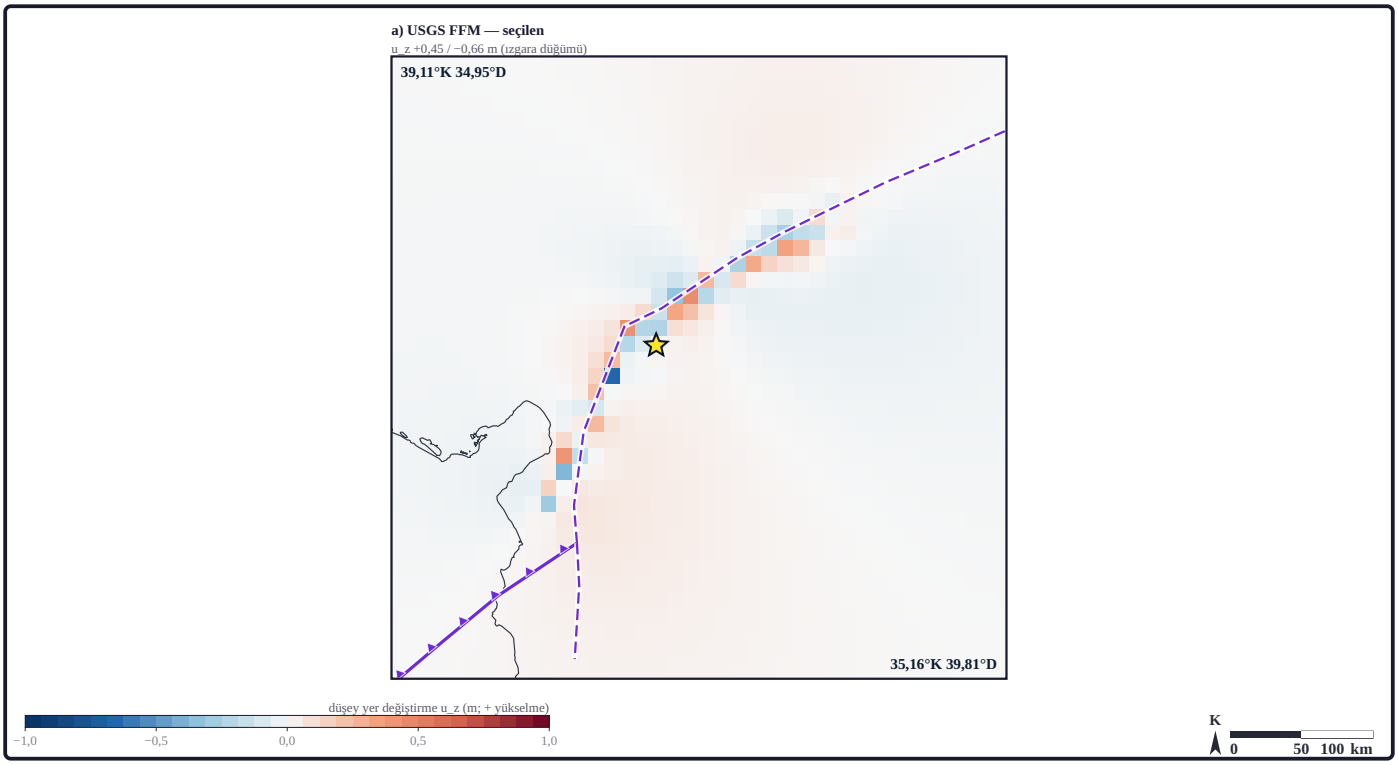
Şekil 14c. *siyah oklar GNSS gözlemi (19 istasyon; NGL günlük konumlarında iki pencerenin ortanca farkı, 2023-01-06 – 2023-02-05 ↔ 2023-02-07 – 2023-02-10; %95 elips); EKZ1, TUF1, GURU: gözlem iki depremin toplamı (06.02.2023 10:24 UTC Mw 7,7 Elbistan (Kahramanmaraş) depremi ve 06.02.2023 01:28 UTC M 6,8 BELPINAR-NURDAGI (GAZIANTEP) [South East 1.3 km] depremi; kesikli ok); mavi oklar model ileri hesabı: Okada (1985) homojen yarı uzay ileri hesabı; model çıktısı (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; GNSS: Blewitt vd., 2018; Blewitt vd., 2016; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018a, 2018b]).*

Şekil 14a–14c: Yamaların koyuluğu kayma büyüklüğüyle arttığı için momentin kırık boyunca nasıl dağıldığı doğrudan okunur ve artçı bulutunun bu bölümlere göre nerede yoğunlaştığı karşılaştırılabilir (Şekil 14a). Haritadaki artçılar katalog çözümüdür (katalogdaki 1.847 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 bölgesel fay sistemleri ve 5 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 14b). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez.

Bu vektörlerden 1 tanesi (ONIY: 100 km içindeki en yakın uzun serili (≥ 5 yıl) KLIS, ANTP istasyonlarının ortancasından 7,0 mm/yıl sapma > 3σ + 5) aykırı işaretlidir ve şekilde kesikli gövde ile içi boş uçla çizilmiştir: ölçüt, seri süresinin 2,5 yıldan kısa olması ya da hızın 60 km içindeki komşu istasyonların (en az 3) ortancasından 3σ + 5 mm/yıl'dan fazla sapmasıdır (komşu sayısı yetersizse 100 km içindeki en yakın 2 uzun serili, ≥ 5 yıl, istasyonla aynı ölçüt; bu çalışmanın işletimsel ölçütü). Aykırı vektörler bu haritada uzun dönemli hız olarak okunmamalıdır. Seri süresi 5 yıldan kısa EKZ1, KAHR istasyonlarının hızı kısa seriden kestirilmiştir; uzun dönemli hız olarak okunmamalıdır ve şekilde içi boş istasyon imiyle gösterilmiştir. Yatay yer değiştirme (büyüklük / azimut): EKZ1 gözlem 4,672 m / 276° (iki depremin toplamı) (USGS FFM 0,340 m / 229°); ANTP gözlem 0,411 m / 45° (USGS FFM 0,497 m / 36°); TUF1 gözlem 0,353 m / 296° (iki depremin toplamı) (USGS FFM 0,093 m / 256°); KLS1 gözlem 0,287 m / 28° (USGS FFM 0,375 m / 21°); GURU gözlem 0,172 m / 238° (iki depremin toplamı) (USGS FFM 0,115 m / 203°); APK1 gözlem 0,153 m / 209° (USGS FFM 0,106 m / 192°; Şekil 14c). Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 15. *Panel kayma modelinden hesaplanan kosismik düşey yer değiştirmedir (u_z, + yükselme): USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) (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 ±1 m'de doyar; panel kendi uçlarını (kaba ızgara düğümünde) yazar (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; kıyı çizgisi [0 m eğrisi]: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]).*

Şekil 15: Kosismik düşey yer değiştirmenin ızgara düğümlerindeki uç değerleri (Okada ileri hesabı; model çıktısı): USGS FFM için en büyük yükselme 0,45 m, en büyük çökme 0,66 m (Şekil 15).

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

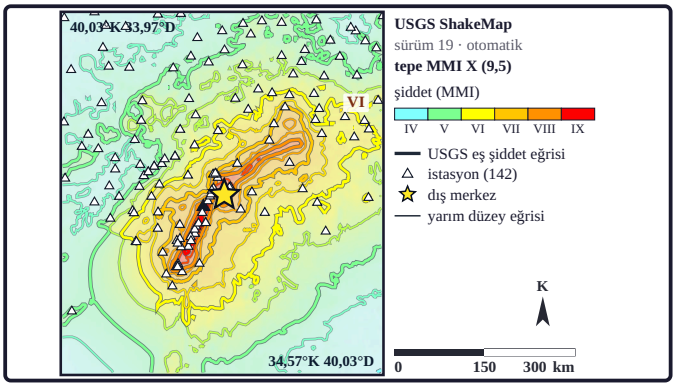
Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 183,6 × 130,1 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 3,9–17,6 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). Artçı kümesinin yatay boyutu en az 178,5 × 125,5 km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). Artçılar dış merkeze ya da USGS sonlu fay modelinin kırılma izine 86 km'den yakın olanlar arasından seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze ya da ize olan en kısa uzaklıkların %90 yüzdeliği 80 km, en uzak artçı 86 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. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri I(NP1) = 0,861 ve I(NP2) = 0,755 olup aradaki fark 0,106 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. Ancak Wallace–Bott kayma uyumsuzluğu iki düğüm düzleminde de (NP1 25,2°, NP2 42,7°) 25° eşiğinin üstündedir: gözlenen kayma bu gerilme alanının öngördüğü kaymayla uyuşmadığından kararsızlık ölçütü bu olayda düzlem seçimine uygulanamaz ve kırık düzlemi adayı belirtilmemiştir. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 44) I(NP1) = 0,891 ve I(NP2) = 0,724 bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır. USGS sonlu fay modelinin (USGS NEIC) başlık düzlemi NP1 düğüm düzlemine 27°, NP2 düzlemine 66° 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.

KOSEİSMİK YÜZEY DEFORMASYONU: GNSS GÖZLEMLERİ VE ELASTİK MODEL

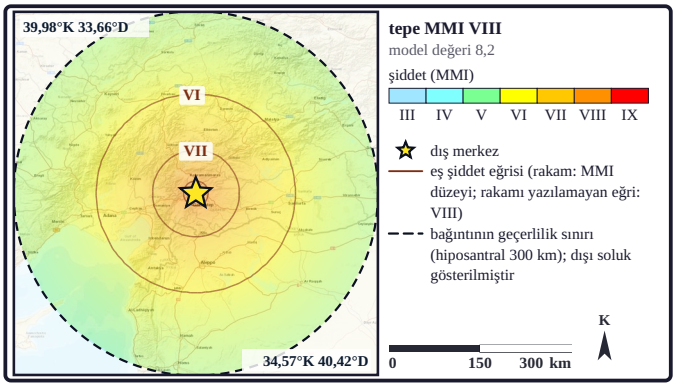
Kosismik yüzey yer değiştirmesi USGS sonlu fay modeli us6000jllz kayma modelinin yamalarından, homojen elastik yarı uzayda Okada (1985) yüzey çözümüyle ızgarada ve GNSS istasyonlarında ileri hesaplanmıştır; bu çalışmada jeodezik ters çözüm yapılmamıştır, hesaplanan alanlar model çıktısıdır ve modellerin 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 us6000jllz için 0,45 m, 0,66 m ve 3,07 m; değerler düğüm değerleridir ve gerçek uç değerler düğümler arasında olabilir. NGL günlük GNSS konumlarının 06.01.2023–05.02.2023 ve 07.02.2023–10.02.2023 pencereleri arasındaki ortanca farkı olarak ölçülen yatay yer değiştirme şöyledir (Blewitt vd., 2018): ANTP istasyonunda 0,41 m, 45° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı ekseni 6,1 mm. EKZ1 (4,67 m, 276°) ve TUF1 (0,35 m, 296°) istasyonlarında ölçülen yatay yer değiştirme, iki pencere arasında 06.02.2023 10:24 UTC Mw 7,7 Elbistan (Kahramanmaraş) depremi de meydana geldiğinden iki depremin toplamıdır: bu istasyonlar o depremin dış merkezine çalışma olayınınkinden daha yakın ve onun ölçekleme bağıntısından (Wells ve Coppersmith, 1994) kestirilen kırılma uzunluğu (≈ 127 km) içindedir (bu çalışmanın işletimsel ölçütü). Bu istasyonlar çalışma olayının modeliyle kıyaslanmamıştır. Aynı istasyonlarda modellerin verdiği yatay yer değiştirme şöyledir: ANTP istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000jllz 0,5 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. Sonraki pencerenin ortancası depremden sonraki ilk günlerin ardıl hareketini de içerebilir; iki pencere arasında 06.02.2023 10:24 UTC Mw 7,7 Elbistan (Kahramanmaraş) depremi ve 06.02.2023 01:28 UTC M 6,8 BELPINAR-NURDAGI (GAZIANTEP) [South East 1.3 km] depremi de meydana geldiğinden gözlem farkı bu depremlerin kalıcı yer değiştirmesini de içerir; seküler hız MIDAS hızlarıyla (Blewitt vd., 2016) çıkarılmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ



Şekil 16a. *Harita USGS ShakeMap model kestiriminin (sürüm 19; otomatik ürün; 03.09.2025) eş şiddet (MMI) eğrilerini gösterir; ince eğriler yarım düzeylerdir; bu sürümde 262 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 258'i ve 1.459 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 200'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır; USGS belirsizlik derecesi A; üçgenler ShakeMap listesindeki 262 sismik istasyondan kadraj içinde kalan 142'sini gösterir (dolu üçgen: en yüksek PGA); yıldız çalışma olayının dış merkezidir; ShakeMap'in girdi kökeni yıldızdan 6,2 km uzaktadır; renkli zemin orta çözünürlüklü USGS ShakeMap şiddet ızgarasının her 4. hücresidir; zeminin en büyük değeri 9,4'tür (ürünün beyan ettiği tepe 9,5) (kurum ürünü: USGS ShakeMap; yöntem: Wald ve Worden, 2020; Worden vd., 2018).*



Şekil 16b. *Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir; kesikli çember bağıntının geçerlilik sınırıdır (şiddet-azalım bağıntısı: Allen vd., 2012).*

Şekil 16a ve 16b: Şekildeki renkli zeminin (ızgaranın her 4. hücresi) en büyük değeri 9,4'tür (Şekil 16a). Gözlenen yer hareketi azalımı (tek olay regresyonu) Tablo 10'da, dalga formu kaydının künyesi Tablo 11'de, USGS ShakeMap istasyonlarında gözlenen ve bağıntılarla kestirilen yer ivmeleri Tablo 12'de, USGS PAGER modelinin şiddet düzeylerine göre kestirdiği maruz nüfus Tablo 13'te, USGS PAGER modelinin yerleşimler için kestirdiği şiddet Tablo 14'te, USGS yer yenilmesi ürününün heyelan ve sıvılaşma model kestirimleri Tablo 15'te, USGS PAGER'ın kıyas için seçtiği tarihsel depremler Tablo 16'da verilmiştir.

Model şiddet alanı, şiddet-azalım bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 8,2) düzeyindedir (Şekil 16b). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, dış merkez merkezli 86 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 11.376 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 6,6 büyüklüğündedir. Çalışma olayından 9,1 saat sonra, dış merkezine 83 km uzaklıkta kaydedilen 06.02.2023 tarihli Mw 7,7 deprem, aynı kurumun moment tensörü büyüklükleriyle (GCMT 7,78 ve 7,70; kurum çiftlerinde fark 0,08–0,30) çalışma olayından 0,08 birim küçüktür; çalışma olayı bu ölçütle dizinin gözlenen en büyük olayıdır, fark ise bu çalışmanın çift deprem ölçütünün (ΔM ≤ 0,3) içinde kaldığından iki olay çift deprem niteliği taşır. Bu deprem izleyen olay sayımında yer almadığından dizi sınıflaması ve sayım alanındaki moment payı onu içermez; bu raporda dizi sınıfı bu nedenle verilmemiştir (deprem pencere kataloğunda da bulunmamaktadır). İzleyen olayların (M ≥ 3,9) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (6–12 dakika) günde 700 olaydan (%95 güven aralığı 140–2.200) son ölçüm aralığında (44–90 gün) günde 0,7 olaya (%95 güven aralığı 0,51–1,1) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 970 katıdır (%95 güven aralığı 190–3.100) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir. Artçı oranının zamansal sönümü Omori–Utsu yasasına n(t) = K/(t+c)^p biçiminde en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) oturtulmuş; p = 1,29 ± 0,05, c = 0,31 gün, K = 120 (n = 465 olay, dış merkezden ya da kırılma izinden 86 km'ye kadar uzanan seçimde, 90,0 günlük pencere) elde edilmiştir. Görece yüksek p ortalamadan hızlı sönümü gösterir. Duyarlılık (gözlem penceresi sonu yerine T = son olay): p = 1,29 ± 0,05, c = 0,311 gün. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı ΔM = 1,1 olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 7,7 ve M 6,6); değer Båth yasasının (Båth, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla bağdaşmaktadır (bu çalışmanın işletimsel bandı ±0,4). Aynı fark moment tensörü büyüklükleriyle ΔM = 1,00 değerindedir; iki ölçek ayrı ayrı verilmiş, birbirine karıştırılmamıştır.

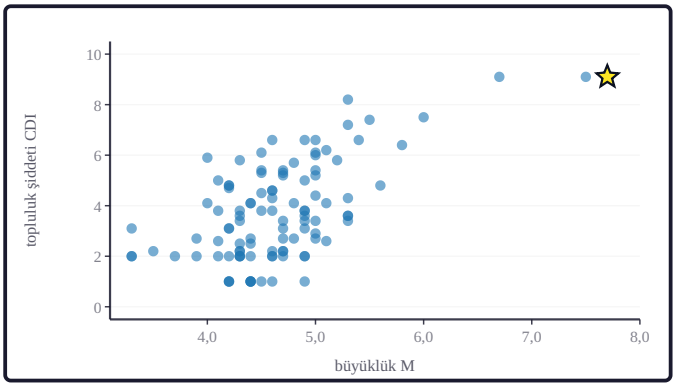
Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi M* ≈ 6,5'tir (kestirimde kullanılan b = 1,04; dış merkezden ya da kırılma izinden 86 km'ye kadar uzanan dizi penceresinde M ≥ 3,9 olan 465 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Dizide gözlenen en büyük izleyen olay (M 6,6) bu kestirimi 0,1 birim aşmaktadır. Buradaki b, yalnız artçı alt kümesinden kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümündeki katalog b-değerinden farklı bir popülasyona aittir. Reasenberg–Jones dizi modeli (parametreler: a = −1,862; b = 1,04; p ve c Omori–Utsu uydurmasının değerleri; dizi penceresinde Mc = 3,9 üstü 465 olayla), izleyen 7 günde en az bir M ≥ 5 artçı olasılığını >%99, 30 günde >%99; M ≥ 4 için 7 günde >%99 olarak vermektedir; aynı model bir haftalık Mc üstü olay sayısını 323 olarak ölçeklendirir. Olasılıklar ana şoktan 0,05 gün sonra başlayan ilk 7 ve 30 günü kapsar; model parametreleri bu dönemi de içeren gözlem penceresindeki aynı diziden kestirildiği için değerler önceden verilmiş bir öngörü değil, geriye dönük bir betimlemedir. Bu olasılıklar dizi modelinin istatistiksel uzantısıdır; deterministik bir öngörü değildir.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

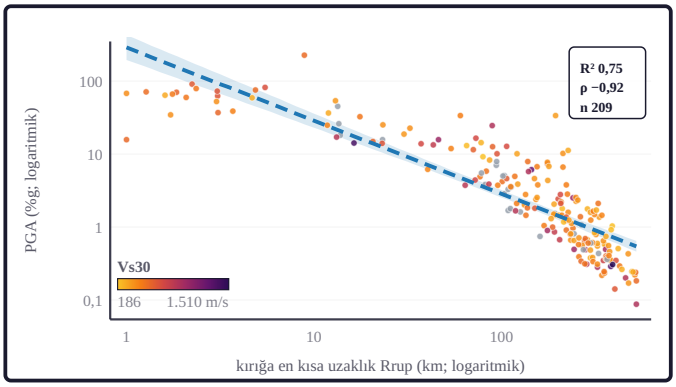
ΔCFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki dikdörtgen dislokasyon çözümüyle (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı μ′ = 0,40 ile 9,7 km derinlikte ve 43 × 44 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi USGS sonlu fay modelinden (USGS NEIC) alınmıştır (model başlık düzleminin doğrultu/eğim/kayma 28°/85°/−1°; etkin kırık boyutu: 3 segmentin toplam uzunluğu L = 380 km, W = 22,5 km). Gerilme aktarımı modelin 647 yamasının tümüyle hesaplanmıştır; etkin kırık boyutu kenar kırpmasıyla (Somerville vd., 1999) kurulmuştur. Gözlemsel sınama olarak ΔCFS her artçının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 15.855 artçının 779 tanesi (%5) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 15.055 tanesi (%95) −0,1 bar altındaki gölge alanında, 21 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 3.561 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 %7 olarak ölçülmüştür (12/184); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark −1,6 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı −6,2 ile 1,2 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içerdiğinden artçı yerleşimi bu ölçüyle boş modelden ayırt edilememektedir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 17a. *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 17b. *Her iki eksen de logaritmiktir, yatay eksen istasyonun yayımlanmış kırık geometrisine (sonlu fay kayma modeli (bütün yamalar)) en kısa uzaklığı Rrup (km), düşey eksen PGA gösterir; kırığa 1 km'den yakın kayıtlar o değere kelepçelenmiştir ve topluluk (hissedilirlik) noktalarının kırık uzaklığı olmadığından bu eksende çizilmemiştir. Doğru ve bant Rrup ile kurulan regresyondandır. Figür, kayıt istasyonlarında ölçülen en büyük yatay yer ivmesinin (PGA) kırığa en kısa uzaklıkla (Rrup) azalımını verir ve PGA birimi eksen başlığında yazılıdır. Küçük daireler gözlemdir: her biri bir kuvvetli yer hareketi kaydıdır ve dolgu rengi o istasyonun Vs30 değerini kodlar — açık kehribar yumuşak zemin (düşük Vs30), koyu mor sağlam kaya (yüksek Vs30), gri ise Vs30 ölçümü olmayan istasyondur ve rampanın hiçbir ucuna atanmaz; renk ölçeği sol alttaki şeritte, uçlarındaki sayılar veri aralığının gerçek Vs30 sınırlarıdır. Kesikli mavi doğru modeldir: log PGA = a + b·log Rrup biçiminde en küçük karelerle oturtulan azalım bağıntısı (Azalım regresyonu: log-log en küçük kareler + t-kuantili %95 güven bandı [Joyner ve Boore, 1981 geleneği] · sıra korelasyonu: Spearman, 1904 · Vs30/zemin sınıfı: TADAS–AFAD istasyon tablosu).*

Şekil 17a ve 17b: Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 104 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kaydıdır (Şekil 17a). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerlerden biridir (2 olayla eşit). CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. Yatay eksen istasyonun yayımlanmış kırık geometrisine (sonlu fay kayma modeli (bütün yamalar)) en kısa uzaklığıdır (Rrup); uydurmaya 209 aletsel kayıt girmiştir, topluluk (hissedilirlik) noktalarının kırık uzaklığı olmadığından bu eksende çizilmemiştir (Şekil 17b). Belirtme katsayısı R^2 = 0,75, artık karekök ortalaması 0,37 logaritmik birimdir. Sıralamaya dayalı Spearman korelasyonu ρ = −0,92; bu ölçüt aykırı değerlere dayanıklıdır ve doğrusallıktan bağımsız olarak azalma eğiliminin tekdüzeliğini sınar. İstasyonların %88,5'inde kayma dalgası hızı eşleştirilebilmiştir; renk kodlaması bu alt kümeye dayanır ve aynı uzaklıkta yumuşak zeminli istasyonların üstte yer alması zemin büyütmesinin doğrudan görüntüsüdür. Bu doğru yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi değildir: tek bir olayın kendi istasyon kümesine uydurulmuş ampirik bir doğrudur ve başka olaylara genellenemez.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI (DEVAM)

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 5° ve doğrultu atımlı rejim çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 5°; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 2.780 yükleme, 13.044 gölge ve 31 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 7.741 yükleme, 8.065 gölge ve 49 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 5008). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak (n = 44) elde edilen alandan (SHmax = 21°, şekil oranı 0,25) farklıdır; birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sınanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 3.422 yükleme, 12.317 gölge ve 116 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 371). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır.

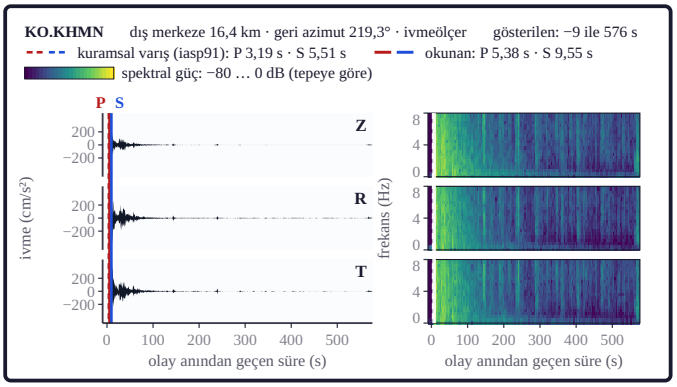
Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlemde yükleme ve gölge alanlarının deseni farklıdır. Izgaranın %78 kadarında |ΔCFS|, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası −0,54 bar, %5–95 aralığı −9,9 ile 0,44 bar arası, %1–99 aralığı −32 ile 11 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 1.181 düğümde oran artışı (β > 2), 0 düğümde sismik gölge (β < −2) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı E ≥ 1 olan 1.259 düğüm değerlendirilmiştir; n = 23.281). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göredir: 1.259 düğüm birlikte sınandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 29 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 28°/85°/−1°; 3 parçalı bu modelde başlık düzlemi ilk parçanın düzlemidir, yamaların moment ağırlıklı temsili düzlemi ise 49°/81,9°/0° olup alıcı geometri seçimi ΔCFS değerlerini etkiler.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

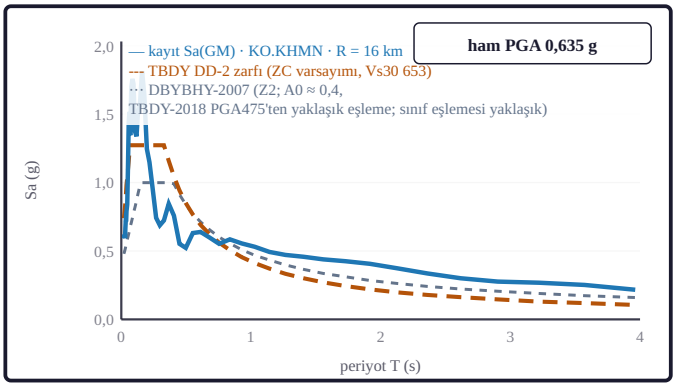
Olay merkezli bölgesel katalogdan, olay öncesi dönem için, Mc = 1,8 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,92 ± 0,03 kestirilmiştir (eşik üstü N = 1.303; toplam 3.756 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 4,78, yıl ve km² başına normalleştirilmiş değeri a′ = −0,41 olarak hesaplanmıştır (5,2 yıl, 29.800 km²). Katalog büyüklüklerinin %97 kadarı ML türündedir; moment büyüklüğü ölçeğindeki kayıtların payı %2 düzeyindedir. b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve b'nin standart sapması yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından b, b = 1 referansıyla ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sınamasına sokulmamıştır. Olay sonrası dönemin b değeri, çalışma kutusundaki kayıtlardan ve kendi tamlık eşiğiyle ayrıca kestirilmiştir: Mc = 3,9 üzerinde b = 1,04 ± 0,19 (N = 467); bu değer çekinceyle verilmiştir. Tamlık eşiği ve b, büyüklük örnekleminin 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı Mc için 1,7–1,8, b için 0,90–0,95 olarak bulunmuştur.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 18a. *Solda dalga formu, sağda Hann pencereli kısa zamanlı Fourier spektrogramı (pencere 2,56 s, %50 örtüşme) verilir; P ve S varışları işaretlidir. Şekil kaydın sinyal taşıyan bölümünü gösterir; aralık lejanttadır. Dalga formunda yatay eksen olay anından geçen süre (s), düşey eksen cm/s² birimindedir ve bileşenler ortak ölçektedir; spektrogramda düşey eksen frekans (Hz), renk tepeye göre dB'dir ve üç bileşen ortak renk ölçeğindedir. Yatay bileşenler geri azimuta göre ışınsal (R) ve teğetsel (T) bileşene döndürülmüştür. Genlikler cihaz yanıtı giderilerek fiziksel birime çevrilmiştir. Kesikli düşey çizgiler kuramsal P ve S varışlarını, dolu çizgiler kayıttan okunan varışları gösterir. Kuramsal P, okunan P'den yalnız 2,19 s ayrıldığından bu ölçekte dolu çizginin altında kalır (kayıt: KO ağı, KOERI veri merkezi, FDSN dataselect; süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı, 0,025–8,0 Hz).*



Şekil 18b. *Yatay eksen periyot T (s), düşey eksen %5 sönümlü spektral ivme Sa (g), mavi eğri kayıt, turuncu kesikli eğri tasarım zarfıdır. Şekil kaydedilen yer hareketinin tepki spektrumunu tasarım zarfıyla karşılaştırır, mavi eğri en yakın ivme-ölçer istasyonunun iki yatay bileşeninin geometrik ortalaması Sa(T), turuncu kesikli eğri aynı sahanın zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarıyla kurulan TBDY DD-2 tasarım spektrumu, gri noktalı eğri varsa 2007 deprem yönetmeliğinin (DBYBHY-2007) karşılığıdır; mavi eğrinin turuncu zarfı aştığı periyot bandı, o periyoda denk yapı stoğu için tasarım düzeyinin aşıldığı banttır (Sa: Newmark-β SDOF çözümü, Newmark, 1959; TBDY 2018 tasarım spektrumu; gri eğri: DBYBHY-2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı; kayıt: FDSN ham ivme).*

Şekil 18a ve 18b: Kayıtta en büyük tepe genlik teğetsel bileşendedir; tepe genliğin düşey bileşendeki değere oranı ışınsal bileşende 1,6, teğetsel bileşende 1,8 olarak ölçülmüştür (Şekil 18a ve 18b).

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM (DEVAM)

Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta M ≥ 6,0 (2 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca 5,0 ≤ M < 6,0 (10 kayıt); toplam 12 kayıt. Derlemedeki en büyük olay 1945 yılında, dış merkeze 105 km uzaklıkta gerçekleşen M 6,1 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1908 M 6,0 (111 km); 1971 M 5,8 (21 km); 1953 M 5,4 (47 km); 1971 M 5,4 (25 km). Derlemenin dış merkeze en yakın kaydı 11.07.1971 tarihli M 5,8 depremidir (21 km). M ≥ 7,7 olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce hiç gözlenmemiştir (123 yıllık gözlem süresi); bu nedenle ortalama yinelenme aralığı için yalnız bir alt sınır verilebilmektedir: en az 41 yıl (tek taraflı %95 güven düzeyi; kesin Poisson sınırı: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca M ≥ 7,7 için tam varsayılmıştır; varsayım sınanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

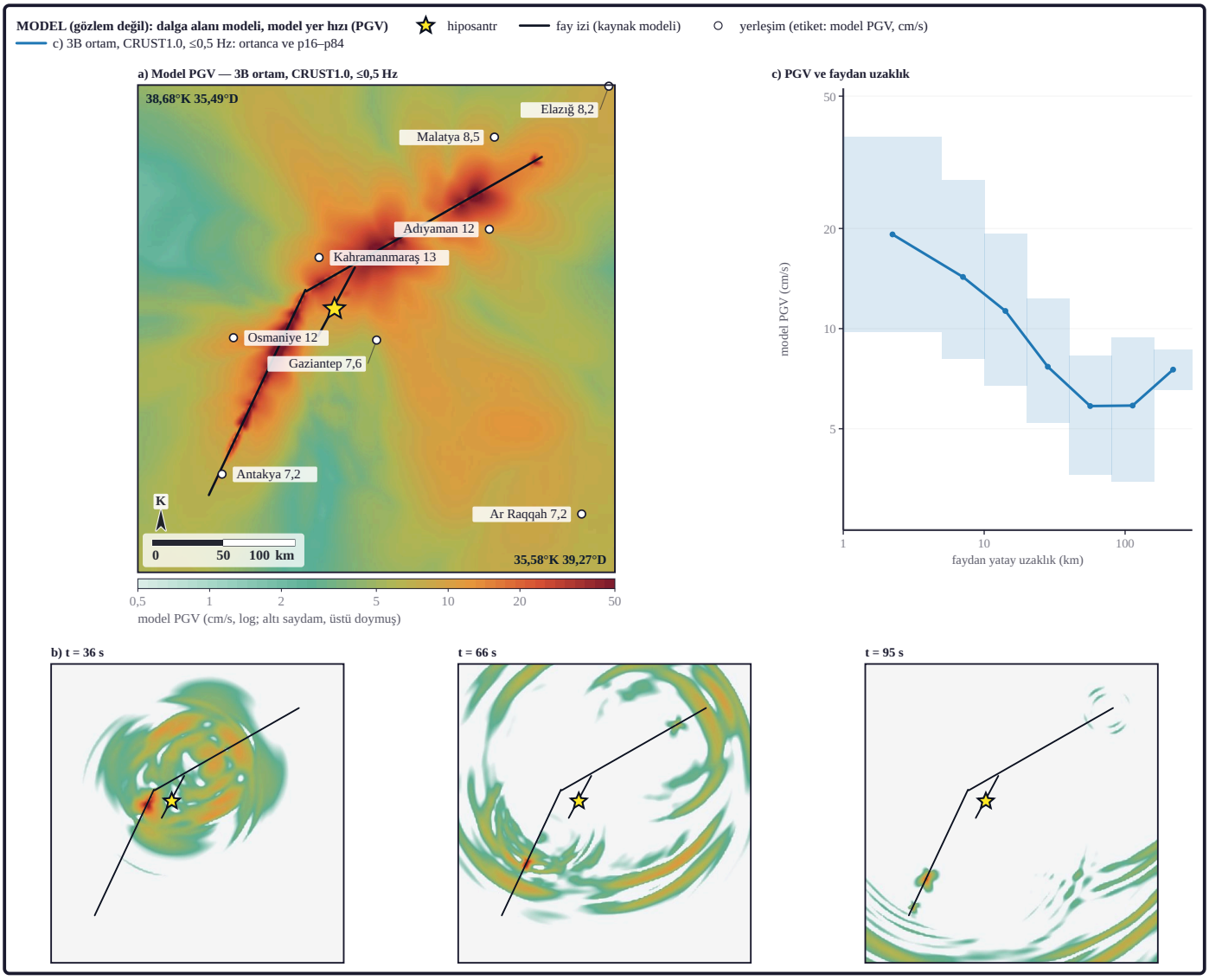
Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde dış merkez merkezli 86 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 3,9) 264 olay kaydedilmiştir; bu sayı 2,9 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (08.02.2013 – 07.02.2018) aynı dairede ve aynı eşikte 20 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,011 olay/gün (4,0 olay/yıl) düzeyindedir. Oran katı 270'tir (%95 güven aralığı 170–450); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralıktır (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha geniştir. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı arka plan oranından ayırt edilememektedir (2,0 kat; %95 güven aralığı 0,76–4,7); bu sınama yalnız anılan daireyi kapsar, çalışma kutusunun tamamı için yapılan dönem bölütlemesi başka bir alanı ölçer. Pencere ve arka plan dönemlerinin b değerleri ortak tamlık eşiğinde (Mc = 2,6) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere b = 0,71 ± 0,01 (N = 3.988; belirsizlik kestiricisi: Aki, 1965), arka plan b = 1,04 ± 0,10 (N = 549; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme). Fark |Δb| = 0,33, birleşik belirsizlik 0,10 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını (0,20) aştığından iki dönem b bakımından ayrışmaktadır (fark, birleşik belirsizliğin 3,3 katıdır). Birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu ayrışma, b değerinde fiziksel bir değişimin kanıtı olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 2.328 olay) arasında 41,2 km yer değiştirmiştir (azimut 336°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.334,8 gün; ortalama 31 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 345° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 9°'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 = 0,22, n_{etkin} = 263 ile |z| = 3,6; doğu–batı bileşeninde r = −0,06, n_{etkin} = 193 ile |z| = 0,8. En büyük |z| değeri 1,96 eşiğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrışmaktadır; bu ayrışma da pencerenin sonundaki dizinin katkısını içerir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 23.281 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 5 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.699 gün, 1,8 olay/gün; 125 gün, 5,6 olay/gün; 15 gün, 393,1 olay/gün; 28 gün, 250,9 olay/gün; 47 gün, 140,4 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti 6,04×10²⁰ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama Mw 7,78 moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; GCMT çözümü bulunan öbür 22 olay toplama GCMT skaler momentiyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %96'dır. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: M ≥ 6,7) 2 olay toplam nominal momentin %99 kadarını, kalan 23.279 olay %0,9 kadarını taşımaktadır. Kalan olayların toplam momenti, aynı kataloğun Gutenberg–Richter bağıntısından hesaplanan toplamın 7,4 katıdır; iki değer bağdaşmadığından kalan pay yorumlanmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 19. *Dalga alanı modeli, MODEL — gözlem değil: a) 3B ortam, CRUST1.0 çözümünde ≤0,5 Hz model yer hızı (PGV); renk ölçeği logaritmik, 0,5–50 cm/s, alt sınırın altı saydam, üst sınırın üstü doymuş; b) aynı çözümün t = 36, 66 ve 95 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: us6000jllz; kırılma süresi 139 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: us6000jllz).*

Şekil 19: En büyük model PGV'nin noktası hiposantrın yaklaşık 38 km güneybatısındadır (Şekil 19). Kinematik kaynakta kırılma 139 s sürer; 3 anlık kareden 3 tanesi kırılma sürerken alınmıştır. Uzaklık kuşakları içinde p16–p84 bandı en geniş 0–5 km kuşağındadır; bu kuşakta p84 / p16 oranı 3,9'dur.

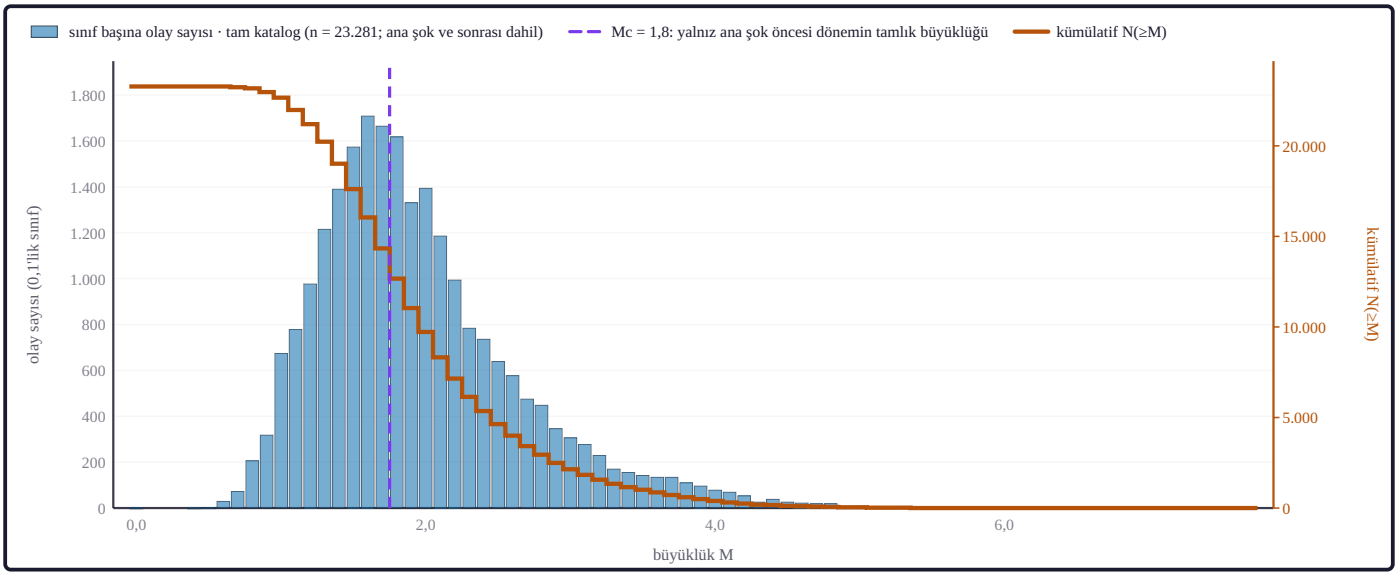
YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

USGS ShakeMap'in (sürüm 19; otomatik ürün; 03.09.2025) model kestirimine göre tepe şiddet MMI 9,5, en büyük yer ivmesi (PGA) 1,31 g ve en büyük yer hızı (PGV) 190 cm/s olarak hesaplanmıştır (Wald ve Worden, 2020); bu sürümde 262 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 258'i ve 1.459 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 200'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır (Worden vd., 2018); 4 sismik istasyon kaydı ile 1.259 şiddet gözlemi ShakeMap tarafından işaretlenmiştir. Haritada KothaEtAl2020ESHM20 yer hareketi bağıntıları (ShakeMap yapılandırma adları) kullanılmıştır; yer hareketi–şiddet dönüşümü için Worden vd. (2012) bağıntısı uygulanmıştır; ShakeMap'in kendi belirsizlik derecesi A olarak verilmiştir. ShakeMap istasyon listesinde en yüksek gözlenen PGA 1,62 g ile TK.2708 istasyonundadır (kırığa 1,2 km); en yüksek PGA'lı 10 istasyonun 10 tanesinde gözlem bağıntı kestiriminin üstünde, 0 tanesinde altındadır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 3.182 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir. USGS ShakeMap model şiddeti MMI 9,5 olarak yayımlanmıştır; topluluk değerinin en yüksek ucu en az 3 bildirim eşiğini karşılamadığından iki değer arasında kıyas kurulmamıştır.

Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin 23.08.2026 16:50:00 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. USGS DYFI ürününde (13.04.2026) en yüksek topluluk şiddeti CDI 9,1, yalnız Çüngüş (1 bildirim) ve Ekinözü (1 bildirim) yerleşimlerinden gelir; en az 3 bildirimli yerleşimlerde en yüksek değer Antakya'da (15 bildirim) CDI 9,0 olarak hesaplanmıştır (Wald vd., 2011). Birkaç bildirime dayanan değerler gürültülüdür (Atkinson ve Wald, 2007). USGS PAGER (sürüm 17; 14.04.2023) model kestirimine göre MMI VII ve üzeri şiddete maruz kalan nüfus yaklaşık 9,0 milyon kişidir; can kaybı uyarı düzeyi kırmızı (ölüm sayısının en az 1.000 kişi olma olasılığı %90) ve ekonomik kayıp uyarı düzeyi kırmızı (kaybın en az 1 milyar ABD doları olma olasılığı %93); bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19). 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 17; 14.04.2023; özgün dilde): “Red alert for shaking-related fatalities and economic losses. High casualties and extensive damage are probable and the disaster is likely widespread. Past red alerts have required a national or international response.” “Estimated economic losses are 1-20% GDP of Turkey.” USGS PAGER'ın yapı stoku yorumu (özgün dilde): “Overall, the population in this region resides in structures that are extremely vulnerable to earthquake shaking, though some resistant structures exist.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 20. *Tamlık büyüklüğü (ana şok öncesi dönem) Mc = 1,8 olarak benimsenmiştir (azami eğrilik + 0,2 ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %95,8 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır (Mw 7,7). 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 = 23.281).*

Şekil 20: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 20). 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 17'de, USGS ürün çözümlerinin sürümden sürüme değişimi Tablo 18'de verilmiştir.

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI (DEVAM)

The predominant vulnerable building types are unreinforced brick masonry and low-rise nonductile concrete frame with infill construction.” USGS PAGER'ın tarihsel kıyas yorumu (özgün dilde): “A magnitude 6.7 earthquake 432 km northeast of this event struck Lice, Turkey on September 6, 1975 (UTC), with estimated population exposures of 15,000 at intensity VII and 1,000 at intensity VIII, resulting in a reported 2,370 fatalities.” Yorumdaki uzaklık PAGER'ın kendi kayıtlarıyla tutmamaktadır; PAGER'ın girdi kökeni ve tarihsel kaydındaki koordinatlara göre anılan 06.09.1975 depremi PAGER'ın girdi kökeninden 359 km uzakta ve kuzeydoğu yönündedir (azimut 65°). USGS yer yenilmesi ürününe (ground failure; sürüm 14; 14.04.2023) göre heyelan modeli (Nowicki Jessee vd., 2018) kırmızı uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı heyelan alanını yaklaşık 370 km² (±19) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 28.000 kişi (±3.300) olarak, sıvılaşma modeli (Zhu vd., 2017) kırmızı uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı sıvılaşma alanını yaklaşık 570 km² (±33) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 110.000 kişi (±8.400) olarak kestirmektedir; bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19). Yer yenilmesi değerleri USGS modeli kestirimidir; gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir.

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 8,6 km); MMI IV eşiği bağıntının geçerlilik uzaklığına (300 km, hiposantral) kadar aşıldığından hissedilme yarıçapı yalnız alt sınırla verilmiştir: dış merkez uzaklığı olarak en az 299 km. Alanın %21'i bağıntının geçerlilik uzaklığının dışındadır ve yorumlanmamıştır. Alan nokta kaynak varsayımıyla, uzaklık hiposantra göre alınarak kurulmuştur; kaynak kırık geometrisinin boyu (L = 380 km) hesaba katılmadığından eş şiddet eğrileri dairedir ve model, kırığın dış merkezden uzak kesimlerinde şiddeti düşük kestirir. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 8,2), topluluk gözleminin en yüksek değeri en az 3 bildirim eşiğini karşılamadığından bu değerle kıyaslanmamıştır; tek tek az bildirimli hücrelerle kurulan uyum bir doğrulama sayılmaz.

KO.KHMN istasyonunun (R = 16,4 km, Kahramanmaraş) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek %5 sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonuyla (Newmark-β yöntemi; Newmark, 1959) hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması T = 0,16 s periyodunda Sa = 1,81 g tepe değerine ulaşmakta, süzgeçsiz ham kayıtta zemin ivmesi PGA = 0,63 g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KO ağı, Seismo Lab dalga formu arşivi). KO.KHMN istasyonunun tepe yer ivmesi işlem türüne göre farklıdır: süzgeçsiz ham kayıtta 0,635 g, 0,025–8,0 Hz süzgeç sonrası yatay tepe değeri 0,427 g ve USGS ShakeMap'in işlenmiş istasyon değeri 0,630 g; değerler aynı kaydın farklı işlemlerinden gelir. İstasyonun Vs30 değeri 653 m/s'dir (TADAS istasyonu NAR, 0,0 km uzaklıkta); kayıtta zemin sınıfı bulunmadığından tasarım spektrumu ZC sınıfı varsayımıyla kurulmuştur; harita parametreleri Ss = 1,060, S_1 = 0,282, 475 yıllık PGA = 0,443g (en yakın TADAS noktası NAR, 0,0 km). TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 1,272g, SD1 = 0,423g, TA = 0,067 s, TB = 0,333 s) ile kıyaslandığında KO.KHMN kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 2,13 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıtta bazı periyot bantlarında aşılmıştır — yer hareketi bu bantta tasarım talebinin üzerine çıkmıştır. Kayıt ağının tamamı kullanıldığında yer hareketinin uzaklıkla azalımı doğrudan ölçülebilmektedir: 209 kuvvetli yer hareketi kaydına oturtulan $\log_{10}\mathrm{PGA} = a + b\cdot\log_{10}R$ doğrusu a = 4,74 ± 0,22, b = −1,84 ± 0,09 vermekte, açıklanan değişkenlik R^2 = 0,66 olmaktadır (uzaklık aralığı 20–545 km, 1,4 onlu). Uzaklık R dış merkez uzaklığıdır; M ≥ 7 olan bu olayda kırık onlarca ile yüzlerce kilometre uzandığından dış merkez uzaklığı istasyonun kırığa uzaklığını temsil etmez, b eğimi ve R^2 kaynak geometrisini de taşır ve fiziksel azalım olarak okunmamalıdır (bu çalışmanın işletimsel ölçütü). Aynı 209 kayıt istasyonun sonlu fay kayma modelinin bütün yamalarına en kısa uzaklığıyla (Rrup) kullanıldığında doğru b = −1,00 ± 0,04 ve R^2 = 0,75 vermektedir — kırık uzaklığı aralığı 1–522 km, 2,7 onlu; yüzey izdüşümüne yatay uzaklık (Rjb) 0–522 km; kırığa 1 km'den yakın 2 kayıt logaritmik eksende 1 km'ye kelepçelenmiştir (bu çalışmanın işletimsel ölçütü). Uzaklık–genlik ilişkisinin sıra korelasyonu Spearman ρ = −0,81'dir (n = 209, p < 0,001); negatif işaret uzaklık arttıkça ivmenin düştüğünü doğrular. Bu doğru bu olaya özgü gözlenen azalımdır; yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi (GMPE) değildir ve başka olaylara uygulanamaz. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

Dalga alanı modelinin 3B ortam (CRUST1.0) çözümünde ≤0,5 Hz bandında en büyük model yer hızı (PGV) 142 cm/s'dir; bu değer 37,10°K, 36,67°D noktasındadır ve Osmaniye yerleşimine 38 km uzaklıktadır. Model ızgarasında PGV ortancası 6,9 cm/s, %95 yüzdeliği 19 cm/s'dir. Model PGV'si 20 cm/s'yi yaklaşık 5.404 km², 50 cm/s'yi 424 km² ve 100 cm/s'yi 16 km² alanda aşmaktadır. Yerleşimlerde en yüksek model PGV değerleri: Kahramanmaraş 13 cm/s (faydan 17 km); Adıyaman 12 cm/s (faydan 23 km); Osmaniye 12 cm/s (faydan 32 km). Model PGV ortancası faydan 0–5 km kuşağında 19 cm/s iken 160–300 km kuşağında 7,5 cm/s'dir; ortanca bu aralıkta 2,5 kat düşmektedir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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 (≤0,5 Hz) üstündeki frekansları içermez.

DALGA FORMU KAYDI

Olayın dalga formu KO.KHMN istasyonunda kaydedilmiştir (dış merkez uzaklığı 16,4 km, geri azimut 219°; algılayıcı: ivmeölçer) ve 3 bileşen (Z, R, T) 100 Hz örnekleme sıklığıyla incelenmiştir. Kayıt KOERI veri merkezinin FDSN dataselect servisinden alınmıştır; istasyon KO ağına aittir ve ağın künyesi Veri Erişilebilirliği bölümünde verilmiştir. Veri merkezinden istenen pencere oluş anından 60 s önce başlayıp 600 s sonra bitmektedir; süzgecin kenar etkisini taşıyan uçlar atıldığından (her iki uçtan 34 s) çözümlenen kayıt oluş anından 30 s önce başlar ve 607 s sürer. Kayıtlara Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri–geri) süzgeç uygulanmıştır (0,025–8,0 Hz, mertebe 2, ileri–geri geçişle etkin mertebe 4); sıfır fazlı geçiş faz gecikmesi üretmez, ancak nedensel olmadığından keskin varışların önünde düşük genlikli yapay salınım oluşturabilir. Işınsal (R) ve teğetsel (T) bileşenler, yatay kanalların geri azimut açısıyla döndürülmesinden elde edilmiştir; kanal yönelimi istasyon üstverisinden alınmıştır. Cihaz yanıtı giderilmiştir (kutup–sıfır aktarım işleviyle); genlikler cm/s² biriminde verilmiştir. Kuramsal P ve S varışları oluş anından 3,19 s ve 5,51 s sonradır (iasp91 hız modeli; Kennett ve Engdahl, 1991). Varışlar, tek yönlü (nedensel) süzgeçten geçirilmiş izde, 1–10 Hz bandında, STA/LTA (kısa/uzun dönem ortalama oranı; Allen, 1978) ve AIC (Akaike bilgi ölçütü; Maeda, 1985) algoritmalarıyla okunmuştur; düşey bileşende okunan P varışı 5,38 s'dedir (kuramsal değerden farkı +2,19 s; sinyal/gürültü oranı 3.900). S varışı 9,55 s'de okunmuştur (sinyal/gürültü oranı 9,6); S−P süresi 4,17 s'dir (kuramsal değeri 2,32 s; fark +1,85 s). S okuması benimsenen konuma göre kurulan pencerede arandığından bu süre bağımsız bir konum ölçüsü sayılmamıştır. P dalgasının parçacık hareketinden, kovaryans matrisinin özvektörleriyle (Jurkevics, 1988), ölçülen geri azimut 191°, benimsenen konumdan hesaplanan 219°'dir (fark 28°; ölçümün kendi saçılımı ±1,1°; doğrusallık 0,97). Fark, bu çalışmanın işletimsel eşiğine (30°) ölçümün kendi saçılımının iki katından daha yakındır; bu nedenle ölçümden benimsenen konumun lehine ya da aleyhine hüküm çıkarılmamıştır. Bağımsız konum sınaması, dış merkeze en yakın istasyonların kayıtlarında konumdan bağımsız okunan P varışlarının kuramsal varış zamanından farkıyla (P artığı) yapılmıştır. Sınama çekinceyle verilmiştir: aday istasyonların tümü, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenemediğinden ölçü kısmidir. P artıkları istasyon ve dış merkez uzaklığıyla şöyledir: KO.KHMN (16,4 km) +2,19 s; KO.GAZ (19,0 km) +0,96 s. P artığı benimsenen oluş zamanına, odak derinliğine ve kullanılan tek boyutlu hız modeline de bağlıdır; bu nedenle ölçü yalnız konum hatasına bağlanmamıştır.

USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE)

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

Olay özetinin (general-text; 05.05.2023) tektonik özeti: “On February 6, 2023, a magnitude 7.8 earthquake occurred in southern Turkey near the northern border of Syria. The earthquake was followed 11 minutes later by a magnitude 6.7 aftershock. The magnitude 7.8 earthquake resulted from strike-slip faulting at shallow depth.” “The event ruptured either a near-vertical left-lateral fault striking northeast-southwest, or a right-lateral fault striking southeast-northwest. The preliminary location of the earthquake places it within the vicinity of a triple-junction between the Anatolia, Arabia, and Africa plates.” “The mechanism and location of the earthquake are consistent with the earthquake having occurred on either the East Anatolia fault zone or the Dead Sea transform fault zone. The East Anatolia fault accommodates the westward extrusion of Turkey into the Aegean Sea, while the Dead Sea Transform accommodates the northward motion of the Arabia peninsula relative to the Africa and Eurasia plates.”

“Although earthquakes are commonly plotted as single points on a map, they rupture planes that have dimensions. A magnitude 7.8 strike slip earthquake typically ruptures a fault ~190 km long and ~25 km wide.”

“The region where the February 6 earthquake occurred is seismically active. Only three earthquakes of magnitude 6 or larger have occurred within 250 km of the February 6 earthquake since 1970. The largest of these, a magnitude 6.7, occurred northeast of the February 6 earthquake on January 24, 2020. All of these earthquakes occurred along or in the vicinity of the East Anatolia fault.” “Despite the relative seismic quiescence of the epicentral area of the February 6, southern Turkey and northern Syria have experienced significant and damaging earthquakes in the past. Aleppo, in Syria, was devastated several times historically by large earthquakes, though the precise locations and magnitudes of these earthquakes can only be estimated.” “Aleppo was struck by an estimated magnitude 7.1 earthquake in 1138 and an estimated magnitude 7.0 earthquake in 1822. Fatality estimates of the 1822 earthquake were 20,000-60,000.”

Olay özeti 05.05.2023 tarihlidir; USGS bu olayın ShakeMap (sürüm 19, 03.09.2025) ürününü bu tarihten sonra güncellemiştir; özetteki sayılar bu sürümlerdekilerle aynı olmayabilir.

Etki özeti (impact-text; 15.04.2023; bildirilen etkilerin USGS derlemesidir, bu çalışmanın sayımı değildir): “At least 50,399 people killed, 115,000 injured and 1.5 million homeless; 325,522 buildings severely damaged or destroyed, 4 million others damaged and 150,000 commercial infrastructure moderately damaged in 16 provinces across southern Turkey. Ground fissures formed on a highway near Antakya. A large fire destroyed 3,600 containers of industrial oil at a port at Iskenderun.” “Liquefaction and land subsidence occurred at Golbasi and in Hatay. Damage estimated at $100 billion U.S. dollars. At least 8,476 people killed, 14,500 injured and estimated 5.37 million homeless; 490 buildings destroyed and thousands damaged in northwestern Syria. A dam sustained cracks near Afrin. Damage estimated at $5.1 billion U.S. dollars. At least 10,460 buildings damaged in Lebanon.” “Some buildings damaged at Nicosia, Cyprus, at Erbil, Iraq and at Ashdod, Israel. A 20 m crack occurred in the Corniche at Alexandria, Egypt. A small tsunami was generated with wave heights of 17 cm at Famagusta, Cyprus and 13 cm at Erdemli and 12 cm at Iskenderun, Turkey. Maximum intensity XII.”

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

06.02.2023 tarihli Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi (Mw 7,7; odak derinliği 8,6 km), Doğu Anadolu Fay Zonu bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı fay parçaları Doğu Anadolu Fay Zonu'na (3,5 km) ve Ölü Deniz Fay Zonu'na (5,4 km) bağlıdır. Çalışma olayından 9,1 saat sonra, 83 km uzakta kaydedilen Mw 7,7 deprem, aynı kurumun moment tensörü büyüklükleriyle (GCMT 7,78 ve 7,70) çalışma olayından 0,08 birim küçüktür; iki olay bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle (ΔM ≤ 0,3) çift deprem niteliği taşır. GCMT moment tensörü çözümü (M_0 = 5,799×10²⁰ N·m; Mw 7,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %96 düzeyindedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz, sismik momentin %65,9'unu hiposantrın kuzeydoğu yanında gösterir (iki yönlü, kuzeydoğu baskın kırılma); modeldeki en büyük kayma 11,2 m'dir. Kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla gerilme düşümü 0,28–0,68 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözetildiğinde 0,43 MPa olarak kestirilmiştir; kayma dağılımından Ripperger ve Mai (2004) yöntemiyle hesaplanan kayma ağırlıklı statik gerilme düşümü, kenar hücreleri dışarıda bırakılarak, USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 11,5 MPa bulunmuştur (her model kendi momentiyle tutarlı kayma modülüyle: USGS sonlu fay modeli us6000jllz 36 GPa); değerler yönteme ve kayma modeline bağlıdır. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde Mc = 1,8 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,92 ± 0,03 vermiştir (N = 1.303). 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 DYFI hissedilme bildirimlerinin coğrafi dağılımı, eldeki veri bu çözümleme için bu çalışmanın en az ölçütünü karşılamadığından kurulamamış; USGS artçı deprem kestirimi, bu olay için gerekli veri kullanılan kaynaklarda bulunmadığından kurulamamıştır. 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

Çözümlemelerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); örneklemi ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 8 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: yinelenme aralığı (nadirlik), en yakın komşu kümelenme, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu, mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni), küme boyutu, artçı dönemi b değeri ve bağımsız konum sınaması. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 23.281 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.

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 07.02.2018 – 07.05.2023 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, KOERI, ISC, EMSC, GFZ, USGS, GSI, 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: AFAD (Disaster and Emergency Management Authority, 1990), KOERI (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971), ISC (International Seismological Centre, t.y.), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993), USGS (U.S. Geological Survey, 2017) ve NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975); GSI 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) 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 (12 kaydın 7 tanesinde ISC-GEM). Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.KHMN istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (NAR, 0,0 km uzakta) alınmıştır (AFAD, t.y.); bu istasyon Türkiye ulusal kuvvetli yer hareketi ağına aittir (Disaster and Emergency Management Authority, 1973). 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: 29.10.2026). Konum haritasının (Şekil 1'in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atıf: “Source: US National Park Service” (erişim: 29.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 29.10.2026). Dalga formu kaydı (KO.KHMN) KOERI veri merkezinin FDSN dataselect servisinden alınmıştır; istasyon, Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir (erişim: 29.10.2026). Kırık geometrisi USGS NEIC sonlu fay çözümünden (olay kimliği us6000jllz), topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 29.10.2026). 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) GMRT çok çözünürlüklü topoğrafya sentezi (Ryan vd., 2009; CC BY 4.0) ve AWS Terrain Tiles kara yükseltisi verisinden bu çalışmada türetilmiştir.

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, KOERI, ISC, EMSC, GFZ, USGS, GSI, 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): MTA resmî yayını — kaynak gösterilerek kullanım. 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 setinin kullanım koşulu: GeoNames geographical database (cities1000, countryInfo) (GeoNames, t.y.) — CC BY 4.0, sağlayıcı beyanı. Şekillerde kullanılan veri setinin kullanım koşulu: GMRT (Global Multi-Resolution Topography) sentezi (Ryan vd., 2009) — CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), sağlayıcı beyanı, bu çalışmadaki değişiklik: kadraja yeniden örnekleme, gölgeli kabartma, renk ölçeği ve 0 m eş yükselti eğrisi türetme. © 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: 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)
AFAD*	06.02.2023 01:17:32	37,2773°K	37,0400°D	8,6	7,7	Mw	—	23.08.2026 16:08
KOERI	06.02.2023 01:17:32	37,1757°K	37,0850°D	5,5	7,6	ML	—	27.10.2026 19:31
USGS	06.02.2023 01:17:34	37,2256°K	37,0143°D	10,0	7,8	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:50
EMSC	06.02.2023 01:17:36	37,17°K	37,08°D	20,0	7,8	Mw	—	22.08.2026 18:58
GFZ	06.02.2023 01:17:35	37,206°K	37,028°D	15,0	7,7	Mw	—	22.08.2026 17:59
ISC	06.02.2023 01:17:35	37,2186°K	37,0726°D	9,0	7,8	Mw	gözden geçirilmiş	28.08.2026 10:34
INGV	06.02.2023 01:17:36	37,2023°K	37,0635°D	19,5	7,9	Mwpd	uzak ağ çözümü	25.08.2026 00:32
GSI	06.02.2023 01:17:33	37,20°K	37,10°D	1,0	7,7	Mws	uzak ağ çözümü	25.08.2026 02:34
NIEP	06.02.2023 01:17:36	37,2166°K	37,1999°D	10,0	—	—	uzak ağ çözümü	24.08.2026 20:31

*Not: ** benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 543428). Benimseme sırası: olağan çözümler uzak ağ kayıtlarından önce gelir; sonra derinliği verilmiş çözüm ve Türkiye için ulusal ağları öne alan kurum sırası gözetilir. Birleşik kataloğun temsilci kaydı benimsenen hiposantrla aynıdır. Uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü. Kısaltma: GSI Geological Survey of Israel. Değerler kurumun bildirdiği ondalıkladır ("—": alan kayıtta yok). "Arşive alınma", raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 29.10.2026 18:12 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	183,6 × 130,1 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 23.281)
Artçı bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 178,5 × 125,5 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 19.416) · seçim yarıçapıyla (86 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	3,9–17,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana ekseni	—	raporlanmadı; gerekçesi raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde
Kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni)	59°	ana bileşen ekseni · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir

Tablo 4. Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve artçı sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	28°/85°/−1°	düzlem: USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma uzunluğu L	380,0 km	USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma genişliği W	22,5 km	üst kenar 0,0 km, alt kenar 29,4 km derinlikte
Ortalama kayma ū	1,36 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	9,7 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	43 × 44	309 × 314 km
Ortanca ΔCFS	−0,54 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca |ΔCFS|	0,66 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	−9,9 ile 0,44 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	−32 ile 11 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
|ΔCFS| > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%78	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	19.416	nokta hesabı · 3.561 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	779 / 15.055 / 21	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 15.855 · yük %5, gölge %95
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	2.780 / 13.044 / 31	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 15.855 · yük %18, gölge %82
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 5° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	doğrultu atımlı rejim; SHmax yönü ana şok mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	7.741 / 8.065 / 49	duyarlılık · 5.008 artçının sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	3.422 / 12.317 / 116	duyarlılık · SHmax 21°, şekil oranı 0,25: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 57) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 44); birincil alandan farkı 16,3° (5,0° ↔ 21,3°) · 371 artçının sınıfı değişir; birincil alan ana şok mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	12 / 172 / 0	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 184 · yük %7, gölge %93
— yalnız serbest derinlikli artçılar	647 / 7.384 / 15	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 8.046 · yük %8, gölge %92

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. $\Delta CFS = \Delta\tau + \mu'\cdot\Delta\sigma_n$. 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 35 çözümden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 269 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Ana şoka göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)	Faya dik (km)
06.02.2023	7,78	51/70/−4	doğrultu atımlı	ana şok	0,0	4,9
06.02.2023	7,70	264/46/−9	eğik/karma	ana şoktan sonra	82,8	6,2
06.02.2023	6,78	212/73/−13	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	24,4	2,5
20.02.2023	6,34	226/42/−16	eğik/karma	ana şoktan sonra	158,4	11,9
07.02.2023	5,49	202/63/6	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)	ana şoktan sonra	79,0	0,3
08.02.2023	5,47	206/74/176	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	88,3	1,2
07.02.2023	5,43	326/45/163	eğik/karma	ana şoktan sonra	170,2	2,5
06.02.2023	5,37	167/34/−106	normal	ana şoktan sonra	24,9	0,2
07.02.2023	5,37	247/73/−16	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	162,6	1,3
27.02.2023	5,27	87/75/7	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	157,7	5,9

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: doğrultu atımlı 13, normal 10, eğik/karma 9, ters 3; ana şoka göre zaman dağılımı: ana şoktan önce 3, ana şok 1, ana şoktan sonra 31 ("ana şoktan önce" yalnız oluş zamanının sırasını gösterir, çözümün dizideki rolünü nitelemez). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür; birleşik katalogdaki büyüklük bundan 0,15 birimden fazla ayrılan çözümler: 06.02.2023 01:28 UTC olayı için ML 6,6; 07.02.2023 10:18 UTC olayı için ML 5,1 (gövdedeki dizi istatistikleri katalog büyüklüklerini kullanır). Arama penceresi dizinin kendisi değildir: 9 çözümün dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay dairesi içindedir (88 km; artçı dizisi 86 km yarıçapla sayılmıştır); 26 çözüm dairenin dışındadır (06.02.2023, 90,1 km; 20.02.2023, 158,4 km; 07.02.2023, 170,2 km; 07.02.2023, 162,6 km; 27.02.2023, 157,7 km). "eşiğe yakın": sınıfı belirleyen eksenin dalımı Frohlich ve Apperson (1992) sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır; bu atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır. 06.02.2023 satırının uzaklığı gövdedeki dizi rolüyle (eş büyüklükte olay) aynı kayıttandır.

Tablo 6. USGS moment tensörü çözümleri — ComCat'te yayımlanan çözümlerin karşılaştırması.

Çözüm	Mw	M_0 (N·m)	Düğüm düzlemi 1 (°)	Düğüm düzlemi 2 (°)	Merkez derinliği (km)	Çift kuvvet payı	Durum
Mww*	7,8	$5{,}39\times10^{20}$	318/89/−179	228/89/−1	17,5	%81	gözden geçirilmiş
Mwc	7,9	$6{,}74\times10^{20}$	142/76/169	235/79/14	32,6	%76	gözden geçirilmiş

Not: Kaynak: USGS ComCat moment tensörü ürünleri, son güncelleme 15.04.2023 (U.S. Geological Survey, 2017); * ComCat'in tercih ettiği çözüm. Çözümlerin hepsi merkez (centroid) moment tensörüdür; merkez derinliği tensör çözümünün kendi merkez derinliğidir ve hiposantr derinliğinden ayrışabilir. Düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açısı (°) olarak verilmiştir; karşılaştırma için her çözümde 1. düzlem, tercih edilen çözümün 1. düzlemine en yakın düzlemdir. Türler: Mww W-fazı moment tensörü, Mwc merkez moment tensörü (uzun periyot cisim ve yüzey dalgaları birlikte).

Tablo 7. Kaynak parametreleri: kayma modelleri (model çıktısı).

Parametre	Tanım (bu çalışmanın ölçüsü)	USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023) (seçilen)	Benzer olaylar (n = 3): ortanca [en küçük–en büyük]
M_0 (N·m)	modelin toplam momenti	$7{,}92\times10^{20}$	$8{,}71\times10^{20}$ [$8{,}33\times10^{20}$–$9{,}09\times10^{20}$]
Mw	$(2/3)(\log_{10}M_0 - 9{,}1)$	7,87	7,89 [7,88–7,91]
uzunluk, etkin (km)	Somerville vd. (1999) kenar kırpması	380	368 [231–392]
uzunluk, kuşak (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe kuşağı	310	273 [239–392]
derinlik aralığı (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe yamalarının üst / alt kenarı	0–34	—
tepe kayma (m)	en büyük yama kayması	11,2	5,3 [4,4–15,7]
tepe kayma derinliği (km)	o yamanın merkez derinliği	7,0	10,2 [8,2–28,7]
büyük kaymalı bölge ort. (m)	kayma ≥ 0,3 × tepe yamalarının alan ağırlıklı ortalaması	5,48	2,53 [2,37–8,04]
kırılma hızı (km/s)	model başlığı avVr; yoksa kırılmış alan uzanımının büyüme hızı, o da yoksa ilk → son dilim	1,51	2,13 [1,85–2,25]
süre (s)	birikimli moment %5–%95	81	80 [52–121]
süre, zarf (s)	moment hızı ≥ %10 tepe	74	68 [56–108]
Δσ (MPa)	Eshelby (1957), etkin alan	2,44	0,77 [0,36–2,09]

Not: Model sütunları kayma modelinin yamalarından bu çalışmada ölçülmüştür (model çıktısı): USGS NEIC us6000jllz (ürün tarihi 21.02.2023); benzer olaylar sütunu, bu depremle aynı mekanizma sınıfındaki (doğrultu atımlı ya da eğik) 3 olayın kayma modellerinden (kurum ürünü: USGS sonlu fay modelleri: 13.11.2016 Amberley, Yeni Zelanda M 7,8 depremi (USGS NEIC us1000778i; model Mw 7,89); 17.11.2013 Scotia Denizi M 7,7 depremi (USGS NEIC usb000l0gq; model Mw 7,89); 23.01.2018 Chiniak, Alaska M 7,9 depremi (USGS NEIC us2000cmy3; model Mw 7,88)) 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 7,75 (M_0 $5{,}39\times10^{20}$ N·m), kaynak süresi 56 s (ürünün kaynak zaman işlevi (triangle) süresi); Global CMT Mw 7,78 (M_0 $5{,}80\times10^{20}$ N·m), kaynak süresi 37 s (2 × yarı süre (half_dur)); Yayılan enerji (Er) satırı yoktur: ölçülmüş Er ürünü bu çalışmada bulunmuyor.

Tablo 8. Reasenberg–Jones artçı aşım olasılıkları (ana şoktan 0,05 gün sonra başlayan ilk 7/30 gün; parametreler aynı diziden kestirildiği için geriye dönük).

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 9. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (08.02.2013 – 07.02.2018), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	23.281	5.128
Oran (olay/gün)	12,16	2,81
Mc (dönemin kendi eşiği)	2,0	2,6
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 2,6)	3.988	549
b ± σ_b (ortak Mc = 2,6)	0,71 ± 0,01	1,04 ± 0,10
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	2.138 (%9)	2.557 (%50)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	1,12	1,40

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 2,0 ↔ 2,6); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Pencere sütunu pencerenin tamamını (olay sonrası dönem dâhil) kapsar.

Tablo 10. Gözlenen yer hareketi azalımı: $\log_{10}PGA = a + b\cdot\log_{10}R$ (tek olay, en küçük kareler).

Nicelik	Değer	Belirsizlik / not
Kesişim a	4,74	± 0,22
Eğim b	−1,84	± 0,09
Açıklanan değişkenlik R^2	0,66	RMSE 0,43
Spearman ρ	−0,81	p < 0,001
Kayıt sayısı	209	
Uzaklık aralığı	20–545 km	1,4 onlu
PGA aralığı	0,09–225,28 %g	
Vs30 eşleşen istasyon	185	renk kodlaması bu alt kümede
Kırık geometrisi	sonlu fay kayma modeli (bütün yamalar)	uzaklık Rrup (şekildeki doğru)
Eğim b (Rrup)	−1,00	± 0,04
R^2 (Rrup)	0,75	Spearman ρ −0,92
Rrup aralığı	1–522 km	2,7 onlu
Rjb aralığı	0–522 km	yüzey izdüşümüne yatay uzaklık
Güven bandı	%95	t = 1,97

Not: Bu bir yer hareketi kestirim denklemi (GMPE) değildir; bu olayın gözlenen azalım eğimidir. Uzaklık R dış merkez uzaklığıdır; M ≥ 7 olan bu olayda kırık onlarca ile yüzlerce kilometre uzandığından dış merkez uzaklığı istasyonun kırığa uzaklığını temsil etmez, b eğimi ve R^2 kaynak geometrisini de taşır ve fiziksel azalım olarak okunmamalıdır (bu çalışmanın işletimsel ölçütü).

Tablo 11. Dalga formu kaydının künyesi — 06.02.2023 Mw 7,7 çalışma olayı, KO.KHMN istasyonu, algılayıcı ivmeölçer (Güralp CMG-5T), dış merkez uzaklığı 16,4 km, geri azimut 219,3°; istenen pencere oluş anından 60 s önce – 600 s sonra; süzgeç öncesinde konik pencereyle yumuşatılan iki ucun her birinden 34 s kırpılmıştır; çözümlenen kayıt oluş anından 30 s önce başlar ve 576 s sonra biter (607 s); süzgeç Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri–geri) 0,025–8,0 Hz (mertebe 2, etkin 4); spektrogram Hann pencereli kısa zamanlı Fourier dönüşümüyle (pencere 2,56 s) hesaplanmıştır; kayıt Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir ve KOERI veri merkezinin FDSN dataselect servisinden alınmıştır.

Bileşen	Kanal	Örnekleme (Hz)	Süre (s)	Örnek sayısı	Süzgeç sonrası tepe |genlik| (cm/s²)
Z	HNZ	100	607	60.661	237,9
R	HNN/HNE → R	100	607	60.661	392,1
T	HNN/HNE → T	100	607	60.661	418,9

Not: Genlikler, cihaz yanıtı (kutup–sıfır aktarım işlevi) giderilerek cm/s² birimine çevrilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 12. 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)
TK.2708	1,2	582	1,62	0,557	+1,06	144
TK.3135	35,3	266	1,38	0,163	+2,14	64,6
TK.3129	23,4	370	1,38	0,201	+1,93	172
TK.3138	1,3	602	0,908	0,549	+0,50	215
TK.3137	2,5	441	0,850	0,557	+0,42	80,1
TK.3144	1,3	527	0,780	0,571	+0,31	136
TU.NAR	1,0	272	0,760	0,705	+0,08	105
TK.3142	1,2	451	0,754	0,600	+0,23	83,5
TK.2718	1,4	492	0,715	0,579	+0,21	119
TK.3145	1,0	764	0,710	0,518	+0,32	156

Not: Kaynak: USGS ShakeMap sürüm 19 (otomatik ürün; 03.09.2025) istasyon listesi (Wald ve Worden, 2020). Listedeki 262 sismik istasyondan PGA'sı bildirilmiş ve USGS tarafından işaretlenmemiş olanların en yüksek PGA'lı 10 tanesi verilmiştir; işaretli ya da PGA'sı bildirilmemiş 4 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 13. USGS PAGER maruz nüfus kestirimi — şiddet düzeylerine göre kestirilen nüfus (bin kişi).

Şiddet (MMI)	Kestirilen nüfus (bin)	Türkiye	Suriye	Lübnan	Öteki ülkeler
IX	746	746	0	0	0
VIII	1.928	1.910	17	0	0
VII	6.354	5.001	1.353	0	0
VI	13.482	8.549	4.769	164	0
V	22.835	10.504	7.179	4.500	652
IV	239.202	49.563	3.074	3.594	182.971
III	≥ 10.852	≥ 1.393	≥ 0	≥ 0	≥ 9.459

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) 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. Ülke sütunları MMI VI ve üzeri şiddete maruz kestirilen nüfusa göre sıralanmıştır. ShakeMap alanının kenarında şiddet MMI 3,9'a ulaştığından III ve altındaki dilimler yalnız harita alanındaki nüfusu kapsar (alt sınır, ≥ ile gösterilmiştir). Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

Tablo 14. USGS PAGER yerleşim listesi — kestirilen şiddete göre ilk yerleşimler.

Yerleşim	Kestirilen şiddet (MMI)	Nüfus	Dış merkeze uzaklık (km)
Aşağıkarafakılı	9,3	1.138	70,0
Hassa	9,2	9.719	70,5
İslahiye	9,1	—	45,9
Narlı	9,0	—	15,3
Aktepe	9,0	—	80,8
Gölbaşı	8,8	28.078	77,1
Büyükdalyan	8,8	1.901	133
Gyuvench	8,8	—	85,6
Nurdağı	8,8	12.827	29,5
Kırıkhan	8,7	60.916	106

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) şehir listesi (U.S. Geological Survey, 2017); şiddet PAGER'ın kullandığı ShakeMap alanından okunan model değeridir. Nüfusu — ile gösterilen yerleşimler için kaynak listede nüfus bilgisi yoktur (PAGER'da 0). Türkçe yazımı pakette bulunmayan yerleşim adları PAGER şehir listesindeki ASCII yazımla verilmiştir. Uzaklık, PAGER şehir listesindeki yerleşim koordinatından çalışma olayının dış merkezine ölçülmüştür. Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

Tablo 15. 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)*	kırmızı / kırmızı	370 ± 19	28.000 ± 3.300	17 (güncel 19)
Heyelan	nowicki_2014_global	—	2.214	188.380	17 (güncel 19)
Heyelan	godt_2008	—	1.105	20.024	17 (güncel 19)
Sıvılaşma	Zhu vd. (2017)*	turuncu / kırmızı	570 ± 33	110.000 ± 8.400	17 (güncel 19)
Sıvılaşma	zhu_2015	—	968	200.822	17 (güncel 19)

Not: Kaynak: USGS yer yenilmesi ürünü (ground failure) sürüm 14 (14.04.2023) 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. Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 16. 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
06.09.1975	6,7	39,1	354	83	2.370 / 2.370	yok	kapsam dışı
13.03.1992	6,6	25,9	352	280	498 / 652	heyelan	kapsam dışı
25.06.2001	5,4	14,4	74,3	0	0 / 0	yok	5,4 (Mw)

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) 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 17. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
GSI	7,7	Mws
AFAD	7,7	Mw
KOERI	7,6	ML
INGV	7,9	Mwpd
USGS	7,8	Mww
ISC	7,8	Mw
EMSC	7,8	Mw
GFZ	7,7	Mw
GCMT (moment)	7,78	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 4 kurum değeri 7,7–7,8 aralığındadır (en büyük fark 0,1). Aktarılmış çözüm (ISC Mw 7,8; GCMT çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: GSI Mws 7,7 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü); KOERI ML 7,6 (yerel büyüklük); INGV Mwpd 7,9 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir. Değerler birleşik arşivin 29.10.2026 18:12 UTC kayıtlarıdır; sonraki kurum güncellemeleri çizelgede yoktur.

Tablo 18. 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	06.02.2023 01:28	gözden geçirilmiş	37,20°K 37,00°D · 24,1 km · Mww 7,8	yatay 3,0 km; Δz +14,1 km
Köken	us	15.04.2023 21:39	gözden geçirilmiş	37,23°K 37,01°D · 10,0 km · Mww 7,8	güncel çözüm
ShakeMap	sürüm 1	06.02.2023 01:33	otomatik	en büyük MMI 8,3	ΔMMI −1,2
ShakeMap	sürüm 17†	14.04.2023 18:07	otomatik	en büyük MMI 9,4	ΔMMI −0,1
ShakeMap	sürüm 1	31.08.2025 16:21	otomatik	en büyük MMI 8,5	ΔMMI −1,0
ShakeMap	sürüm 18	03.09.2025 17:21	otomatik	en büyük MMI 9,5	ΔMMI 0,0
ShakeMap	sürüm 19	03.09.2025 17:52	otomatik	en büyük MMI 9,5	son sürüm
PAGER	—	06.02.2023 01:38	otomatik	uyarı düzeyi verilmemiş ('pending')	—
PAGER	—	06.02.2023 01:41	gözden geçirilmiş	uyarı kırmızı	—
PAGER	sürüm 17	14.04.2023 18:13	otomatik	uyarı kırmızı	raporda kullanılan
Sonlu fay	8 sürüm	06.02.2023 – 21.02.2023	—	Mw 7,79 → 7,90 (model; ürün başlığı)	—
Moment tensörü	Mww · 8 sürüm	06.02.2023 – 15.04.2023	—	Mw 7,8	—
Moment tensörü	Mwc · 9 sürüm	06.02.2023 – 15.04.2023	—	Mw 7,9	—

Not: Kaynak: USGS ComCat sürüm geçmişi (FDSN olay hizmeti, includesuperseded=true; sorgu 22.10.2026 13:28 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; satır sınırı aşıldığında en büyük değişimler seçilmiştir. Geçmişteki sürüm sayısı: köken 10, ShakeMap 21, PAGER 21. Köken farkları us ağının güncel çözümüne (15.04.2023 21:39 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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	23.281	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 23.281)
Ortanca derinlik (serbest)	7,3 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 12.134 (11.147 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	5,0–14,2 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	3,9–17,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 300,0 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	1 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 300 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	7–8 km	13.444 olay · 1 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %45	10.534/23.281 olay
Varsayılan sabit derinlikler	613 olay	0/5/10/33 km · n = 23.281

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 552 izden (11 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 3 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 542 iz, bölge haritalarında en uzun 89 tanesi ile dış merkeze en yakın iz çizilmiştir); kaynak: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026).

Fay / fay sistemi	Dış merkeze uzaklık (km)	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü	Eğim (°) ve yönü
Doğu Anadolu Fay Zonu	3,5	353,8	6	SoD	—
Engizek Fay Zonu	53,8	59,2	1	T	40–50 K
Ölü Deniz Fay Zonu	5,4	39,5	1	SoD	80–85 KB

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu adlar tek bir fayın değil, izlerin bağlı olduğu fay sisteminin adıdır; satır o sisteme bağlı listelenen parçaları verir (aynı adı taşıyan izlerin kutudaki toplam uzunluğu ayraç içinde): Doğu Anadolu Fay Zonu (982,5 km), Ölü Deniz Fay Zonu (162,4 km). Kayma türü kodları: SoD sol yönlü doğrultu atımlı; T ters. Eğim sütunu, listelenen izlerin veri tabanındaki ham değeridir (eğim açısı aralığı ve eğim yönü); aynı adlı öteki parçalarda değer farklı olabilir; —: veri tabanında sayısal eğim yoktur (yalnız kategorik “düşey” etiketi ya da boş).

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	n ≥ 6 · mevcut 5	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 = 5 < 6).
Kırılma direktivitesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçı bulutu neredeyse izotrop (uzama 1,11 < 1,3) — azimut zayıf kısıtlı; raporlanmayan yalnız artçı bulutu vekilidir, kırılmanın yönlülüğü kayma modelinden ayrıca ölçülmüş ve kaynak fiziği bölümünde verilmiştir.
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: düzlem yataya yakın (eğim 0,2°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır.
Artçı zonu genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf < seçim yarıçapının %90 düzeyi · mevcut %92	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 86 km'den yakın olanlardır; seçim uzaklıklarının %90 yüzdeliği 80 km) — dış merkezden ölçülen zarf seçim alanının biçimiyle sınırlı olduğundan genişleme bu seçimle sınanamaz.
Geriye dönük öncü çözümlemesi (ters Omori)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Öncüler ancak ana şok bilindikten sonra tanımlanabilir (öncü etkinliğinin özellikleri için Jones ve Molnar, 1979); arka plandan ayrışmayan etkinliğin öncü dizisi sayılmaması bu çalışmanın ölçütüdür. Bu olayda: etkinliğin arka plandan ayrışması doğrulanmadı (negatif binom p = 0,015; ampirik sıra muhafızı p = 0,100 ≥ 0,05; taban 19 kutu).
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).
Hiposantr konum kalite notu	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Konum kalite notu, kalite ölçüleri benimsenen hiposantrı veren kurumun çözümüne aitse ve çözüm türüne (yerel, bölgesel, telesismik) uygun eşiklerle kurulur; yerel ağ eşikleri en yakın istasyonu 100 km'den uzak çözümlere uygulanmaz (işletimsel ölçüt; ölçütlerin tartışması için Husen ve Hardebeck, 2010). Bu olayda: çözüm türünün (yerel, bölgesel, telesismik) belirlenememesi — yerel ağ eşikleri bu çözüme doğrudan uygulanamaz.
Küme doğrultusu (artçı bulutunun ana ekseni)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Doğrultu, artçı bulutunun ana bileşeninden okunur ve yalnız uzanım belirginse (işletimsel ölçüt: uzama ≥ 1,5, yeniden örnekleme yarı aralığı ≤ 20°, n ≥ 30) raporlanır; kutu bulutunun yönü pencere biçimine duyarlıdır. Bu olayda: artçı bulutunun belirgin bir uzanım göstermemesi (uzama 1,11; yön yarı aralığı ±3,6°; n = 19416; ölçüt uzama ≥ 1,5, yarı aralık ≤ 20°, n ≥ 30).

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A4. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
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: gözlem süresinde eşik üstü bağımsız olay bulunmaması (n = 0; yalnız %95 alt sınır verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
En yakın komşu kümelenme (Zaliapin)	Bu raporun işletimsel eşiği Mc üstü n ≥ 200 ister; iki-kipli ayrım bu örneklem altında çözülmez. Kutuda kurulamadığında eşik kapsayan bölgesel katalogdan kalibre edilir (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a). Bu olayda: η dağılımında iki mod ayrışmadı (Ashman D < 2); eşik kanonik sabitten ($\log_{10}\eta^* = -5$) alındı — kümelenme oranı bu koşulda ölçüm değil sınıflama varsayımıdır.
Gerilme tensörü inversiyonu	Doğrusal gerilme inversiyonunda (Michael, 1984) kararlı bir çözüm için bu çalışmada en az 15 mekanizma aranır (işletimsel ölçüt); güven aralığı olmadan tensör raporlanmaz. Bu olayda: ortalama uyumsuzluğun tek tensör varsayımının sınırını aşması (37,9° ≥ 35°).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (normal; 13/36, %36) %95 Wilson (1927) aralığının (%17–61; 15 bağımsız küme) işletimsel %45 eşiğini içermesi.
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 80 km; seçim yarıçapı 86 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: b değerinin zayıf kısıtlanması (göreli belirsizlik 0,19 > 0,15; N = 467).
Bağımsız konum sınaması (istasyon kaydı)	Konumun bağımsız sınaması varış zamanlarından (P artığı, S−P) ve birden çok istasyondan yapılır; tek istasyon ölçüsü yalnız beyan edilir. P artığı en az 3 istasyonda okunmamışsa ya da aday istasyonların tümü denenememişse ölçü çekinceyle verilir (işletimsel ölçüt). P polarizasyonu, doğrusallık ve 180° belirsizliği ölçütlerini sağlamadıkça kullanılmaz. Bu olayda: aday istasyonların tümünün, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenememesi — P artığı ortancası okunabilen istasyonlara aittir ve ölçü kısmidir.

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 A5. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	14.02.2018 07:14:56	AFAD	37,851°K	37,797°D	ML 1,9
	14.02.2018 07:14:55	KOERI	37,950°K	37,926°D	ML 1,8
2	19.02.2018 09:56:46	AFAD	37,274°K	36,166°D	ML 1,9
	19.02.2018 09:56:47	KOERI	37,347°K	36,300°D	ML 1,9
3	22.02.2018 10:36:45	AFAD	37,439°K	37,100°D	ML 1,2
	22.02.2018 10:36:42	ISC (ISK)	37,265°K	37,045°D	ML 1,6
4	24.02.2018 08:16:01	AFAD	37,468°K	37,383°D	ML 2,6
	24.02.2018 08:16:03	KOERI	37,451°K	37,252°D	ML 2,7
5	27.02.2018 06:19:51	AFAD	37,543°K	36,236°D	ML 1,4
	27.02.2018 06:19:50	KOERI	37,707°K	36,225°D	ML 1,9
6	04.03.2018 09:35:03	AFAD	37,365°K	37,653°D	ML 1,8
	04.03.2018 09:34:59	KOERI	37,251°K	37,895°D	ML 1,9
7	08.03.2018 09:07:20	AFAD	37,184°K	37,481°D	ML 1,6
	08.03.2018 09:07:20	KOERI	37,112°K	37,002°D	ML 1,5
8	10.03.2018 13:20:12	AFAD	37,681°K	36,751°D	ML 1,5
	10.03.2018 13:20:11	KOERI	37,500°K	36,654°D	ML 1,7
9	15.03.2018 15:20:25	AFAD	37,626°K	36,690°D	ML 1,0
	15.03.2018 15:20:25	ISC (ISK)	37,604°K	36,818°D	ML 1,5
10	26.03.2018 14:52:45	AFAD	37,664°K	36,689°D	ML 1,1
	26.03.2018 14:52:45	ISC (ISK)	37,615°K	36,832°D	ML 1,4
11	05.04.2018 11:26:26	AFAD	37,621°K	36,665°D	ML 1,3
	05.04.2018 11:26:25	ISC (ISK)	37,572°K	36,842°D	ML 1,8
12	11.04.2018 22:09:48	AFAD	37,359°K	36,474°D	ML 1,7
	11.04.2018 22:09:48	KOERI	37,356°K	36,443°D	ML 1,8
Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 1092 · 20 km → 1303 · 40 km → 1592 · 70 km → 1810					
Uzak ağ kayıtları (M ≥ 2,0) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 79; eşi bulunamayan kayıt: 3; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır; eşi katalogda bulunamayan 1 uzak ağ kaydı USGS ComCat'te aynı ölçütle ve gözden geçirilmiş çözümle bulundu, katalogda USGS çözümüyle tutuldu (06.02.2023 INGV mb 4,60 → us6000jls0 mb 4,9, Δt 10,2 s, 33,3 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. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 25.173 kayıttan çıkarılan 1.892 (çapraz-kaynak kopyası 1.810, uzak ağ kopyası 79, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 3); tekilleştirilmiş katalogda kalan 23.281 kayıt. İlk 6 kayıt listelenmiştir.					
kopya	28.07.2018 03:00:46	GSI	37,60°K	37,97°D	MLv 3,5
kopya	31.07.2018 14:36:14	GSI	36,54°K	36,99°D	ML 4,1
kopya	04.08.2018 07:09:30	GSI	37,57°K	36,54°D	MLv 4,2
kopya	10.10.2018 08:53:31	GSI	37,6006°K	36,3728°D	Mws 3,3
eşi bulunamayan	22.03.2019 10:04:19	GSI	36,6686°K	36,4871°D	Mws 3,2
kopya	25.03.2019 11:29:42	GSI	37,8743°K	37,3144°D	Mws 4,6

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 1.810 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 36 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

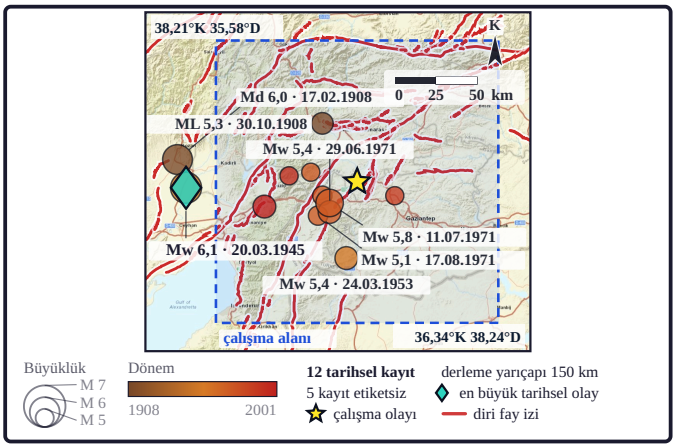
#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	06.02.2023	37,23	37,02	10	51	70	−4	7,78	doğrultu atımlı
2	06.02.2023	38,01	37,21	13	264	46	−9	7,70	eğik/karma
3	06.02.2023	37,19	36,89	10	212	73	−13	6,78	doğrultu atımlı
4	05.05.1986	37,97	37,77	10	260	54	9	6,03	eğik/karma
5	06.06.1986	37,97	37,88	10	160	90	180	5,80	doğrultu atımlı
6	07.02.2023	37,76	37,73	10	202	63	6	5,49	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
7	08.02.2023	37,94	37,66	10	206	74	176	5,47	doğrultu atımlı
8	25.06.2001	37,24	36,21	5	189	15	−83	5,42	eğik/karma (eşiğe yakın)
9	06.02.2023	37,26	37,10	10	167	34	−106	5,37	normal
10	23.03.2023	38,01	36,43	10	358	59	−148	5,32	eğik/karma
11	07.02.2023	37,97	36,60	19	221	65	−11	5,23	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
12	08.02.2023	38,01	36,50	10	358	53	−148	5,08	eğik/karma
13	21.05.2023	37,92	36,25	6	20	40	−109	5,04	normal
14	19.09.2012	37,31	37,10	7	210	48	−11	5,04	eğik/karma
15	07.09.2024	37,31	37,06	4	209	51	−21	5,02	eğik/karma
16	11.10.2022	37,26	36,23	10	181	39	−103	5,01	normal
17	03.03.2023	37,84	36,70	7	44	44	−62	5,01	normal
18	07.02.2023	37,93	37,62	10	200	76	−174	4,99	doğrultu atımlı
19	07.02.2023	37,99	36,48	11	234	41	−52	4,98	normal (eşiğe yakın)
20	10.02.2023	37,89	36,29	2	324	61	−164	4,97	eğik/karma (eşiğe yakın)

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; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). 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 20,2 km ayrışır (25.06.2001); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 15 bağımsız küme (en büyük küme 13 çözüm).

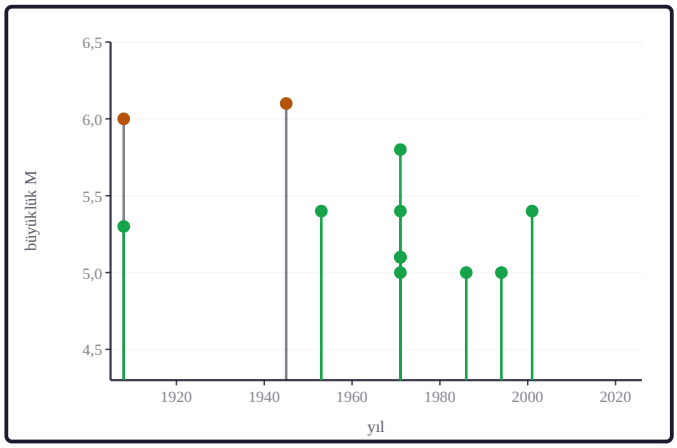
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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

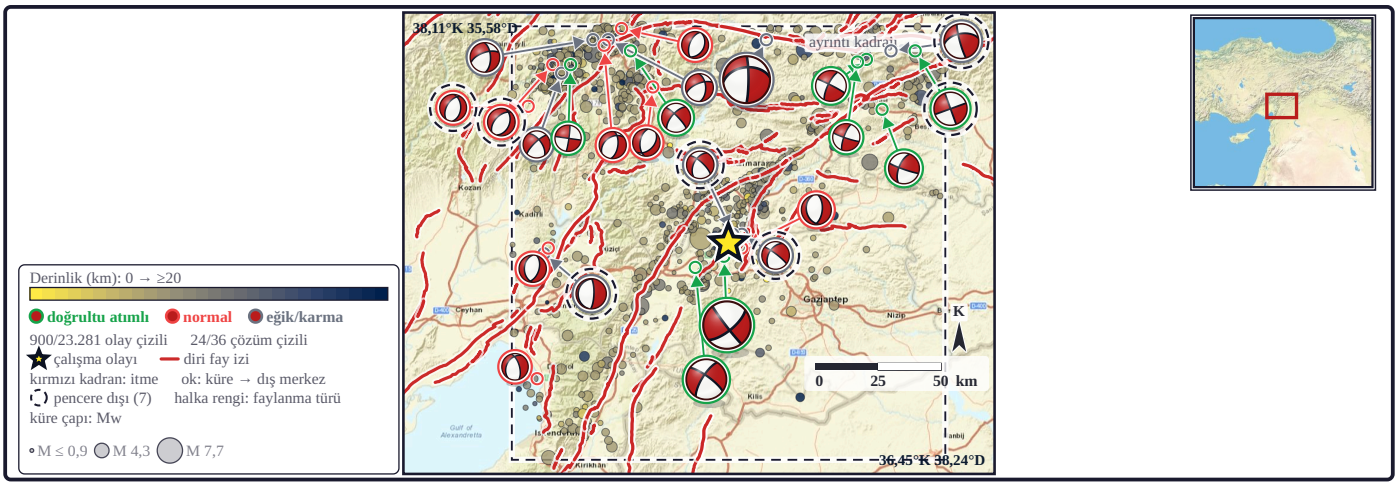
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 21a ve 21b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 21c'de verilmiştir. Tarihsel eşik üstü depremler Tablo B1'de verilmiştir.



Şekil 21a. *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 21b. *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 21c. *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 = 36]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 57]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).*

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

Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E_0
20.03.1945◆	6,1	Mw	15	105	M ≥ 6, 150 km içinde	İmamoğlu — 18 km D	×0,0040
17.02.1908	6,0	Md	5	111	M ≥ 6, 150 km içinde	B	×0,0028
11.07.1971	5,8	Mw	19	21	M ≥ 5, 60 km içinde	GB	×0,0014
24.03.1953	5,4	Mw	15	47	M ≥ 5, 60 km içinde	Ürdün–Suriye bölgesi	×0,00036
29.06.1971	5,4	Mw	35	25	M ≥ 5, 60 km içinde	GB	×0,00036
25.06.2001	5,4	Mw	11	59	M ≥ 5, 60 km içinde	Merkez (Osmaniye)	×0,00036
30.10.1908	5,3	ML	30	42	M ≥ 5, 60 km içinde	KB	×0,00025
15.07.1971	5,1	Mw	34	23	M ≥ 5, 60 km içinde	B	×0,00013
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)							
03.08.1986	5,0	mb	12	25	M ≥ 5, 60 km içinde	Gaziantep — 17 km KKB	×0,000089
29.06.1971	5,0	Mw	12	29	M ≥ 5, 60 km içinde	B	×0,000089

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; 12 kaydın 7 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 7 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); her kaydın ölçütü "Ölçüt" sütunundadır. 12 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 1 kopya kayıt tekilleştirilmiştir (Δt ≤ 60 s ve ≤ 100 km). Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 86 km içinde) kapsadığı 13 eşik üstü kayıt ve olay anından sonraki 1 eşik üstü kayıt (06.02.2023 Mw 7,7, dış merkeze 82,8 km: gövdedeki dizi rolünde eş büyüklükte olay) tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 4 kayıttan 2 tanesinin büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirmesi, 2 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. Yer adının Türkçe karşılığı bulunmayan kayıtta Yer sütunu kaydın dış merkeze göre yönünü ve ülkesini verir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

KAYNAKÇA

AFAD (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmî Gazete, 18 Mart 2018, Sayı 30364 (Mükerrer). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm

AFAD (t.y.) TADAS (çevrimiçi kuvvetli yer hareketi veri tabanı). https://tadas.afad.gov.tr (erişim: 29.10.2026)

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

Aki, K. ve Richards, P. G. (2002) Quantitative Seismology. 2. bs., University Science Books, Sausalito.

Allen, R. V. (1978) Automatic earthquake recognition and timing from single traces. Bull. Seismol. Soc. Am. 68(5), 1521–1532. doi:10.1785/BSSA0680051521

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

Ambraseys, N. N. (1989) Temporary seismic quiescence: SE Turkey. Geophys. J. Int. 96(2), 311–331. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x

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

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T.C. Resmî Gazete, 6 Mart 2007, Sayı 26454. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm

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

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

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

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

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

Danielson, J. J. ve Gesch, D. B. (2011) Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010). U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1073. doi:10.3133/ofr20111073

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

Disaster and Emergency Management Authority (1973) Turkish National Strong Motion Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/TK

Disaster and Emergency Management Authority (1990) Turkish National Seismic Network. Department of Earthquake, Disaster and Emergency Management Authority. doi:10.7914/SN/TU

Duman, T. Y. ve Emre, Ö. (2013) The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 372(1), 495–529. doi:10.1144/SP372.14

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

Elmacı, H., Kürçer, A., Özalp, S., Altuntaş, G., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Öztürker, A. R., Karayazı, O., Bayrak, A., Özdemir, E., Çal, Ç., Güven, C. ve Yalvaç, O. (2026) Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-60, Ankara. ISBN 978-625-8107-74-6.

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 Environment Agency (t.y.) Copernicus EU-DEM sayısal yükselti modeli. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem (erişim: 29.10.2026)

European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). https://www.emsc-csem.org (erişim: 29.10.2026)

Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D. ve Alsdorf, D. (2007) The Shuttle Radar Topography Mission. Rev. Geophys. 45(2), RG2004. doi:10.1029/2005RG000183

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

General Bathymetric Chart of the Oceans (t.y.) GEBCO küresel batimetri ızgarası. https://www.gebco.net (erişim: 29.10.2026)

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: 29.10.2026)

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

Güvercin, S. E., Karabulut, H., Konca, A. Ö., Doğan, U. ve Ergintav, S. (2022) Active seismotectonics of the East Anatolian Fault. Geophys. J. Int. 230(1), 50–69. doi:10.1093/gji/ggac045

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

Husen, S. ve Hardebeck, J. L. (2010) Earthquake location accuracy. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis (CORSSA). doi:10.5078/corssa-55815573

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

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 29.10.2026)

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

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

Joyner, W. B. ve Boore, D. M. (1981) Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. Bull. Seismol. Soc. Am. 71(6), 2011–2038. doi:10.1785/BSSA0710062011

Jurkevics, A. (1988) Polarization analysis of three-component array data. Bull. Seismol. Soc. Am. 78(5), 1725–1743.

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

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

Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute (KOERI). International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/KO

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

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

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.

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

Maeda, N. (1985) A method for reading and checking phase time in auto-processing system of seismic wave data (Japonca, İngilizce özetli). Zisin (J. Seismol. Soc. Japan, 2nd ser.) 38(3), 365–379. doi:10.4294/zisin1948.38.3_365

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

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

Newmark, N. M. (1959) A Method of Computation for Structural Dynamics. J. Eng. Mech. Div. ASCE 85(3), 67–94. doi:10.1061/JMCEA3.0000098

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

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

Registry of Open Data on AWS (t.y.) Terrain Tiles (terrarium; SRTM, GMTED2010). https://registry.opendata.aws/terrain-tiles/ (erişim: 29.10.2026)

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

Ryan, W. B. F., Carbotte, S. M., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R. A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J. ve Zemsky, R. (2009) Global Multi-Resolution Topography synthesis. Geochem. Geophys. Geosyst. 10(3), Q03014. doi:10.1029/2008GC002332

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

Spearman, C. (1904) The proof and measurement of association between two things. Am. J. Psychol. 15(1), 72–101. doi:10.2307/1412159

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

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

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

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

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

KAYNAKÇA (devam)

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

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

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

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 (AFAD · KOERI · ISC · EMSC · GFZ · USGS · GSI; moment tensörleri: GCMT).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır