MARMARA DENİZİ, SİLİVRİ (İSTANBUL) AÇIĞI DEPREMİ — Mw 6,2 · 23.04.2025

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 23.04.2025

ÖZET — 23.04.2025 tarihinde Marmara Denizi, Silivri (İstanbul) açığında Mw 6,2 büyüklüğünde, 4,9 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (40,8437°K, 28,2154°D). Olay merkezli pencerede 2.708 olay kataloglanmıştır ve çapraz-kaynak kopyaları (196 kayıt) her istatistikten önce düşürülmüştür. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü (M_0 = 2,987×10¹⁸ N·m; Mw 6,25) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sağ yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde sol yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 15) SHmax = 117° (yön gevşek kısıtlı) ve doğrultu atımlı gerilme rejimi elde edilmiştir. Büyüklük–frekans dağılımı, Mc = 1,7 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,81 ± 0,02 vermektedir (N = 1.437). Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 56 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 1,8), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 14 katıdır (%95 güven aralığı 12–15; ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle alt sınır). Kayıtların %35'inin (949/2.708) 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: Silivri (İstanbul) depremi, Marmara Denizi ve Kuzey Anadolu Fayı kuzey kolu, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu, Coulomb gerilme aktarımı.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 6.2 occurred in the Sea of Marmara, off Silivri (Istanbul), on 23 April 2025 at a focal depth of 4.9 km (40.8437°N, 28.2154°E). A total of 2,708 events were analysed within an event-centred window; cross-source duplicates were removed (196 records) before any statistic was computed. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution (M_0 = 2.987×10¹⁸ N·m; Mw 6.25) corresponds to right-lateral strike slip on nodal plane NP1 and to left-lateral strike slip on NP2. Stress inversion of the event-centred focal-mechanism population (n = 15) yields SHmax = 117° (loosely constrained) and a strike-slip stress regime. Above the completeness magnitude Mc = 1.7, the frequency–magnitude distribution gives b = 0.81 ± 0.02 (N = 1,437). Within 56 km and at M ≥ 1.8, the 90-day post-event rate is about 14 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 12–15; a lower bound given early incompleteness). Of the records, 35% (949/2,708) 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: Silivri (Istanbul) earthquake, Sea of Marmara and the northern strand of the North Anatolian Fault, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion, Coulomb stress transfer.



Şekil 1. *Marmara Denizi, Silivri (İstanbul) açığı ve çevresinin sismotektonik haritası. Harita, 1925–2025 döneminde kaydedilmiş M ≥ 5,0 büyüklüğündeki 1.412 depremi büyüklükle orantılı, odak derinliğine göre renklendirilmiş dairelerle gösterir. Levha sınırları türlerine göre ayrı çizgilerle (dalma-batma, ıraksak, dönüşüm ve yakınsak), aktif fay izleri MTA Türkiye Diri Fay Haritası'ndan ve dalan levhanın üst yüzey eş derinlik eğrileri (Slab2) çizilmiştir. Yıldız çalışma olayını gösterir (Deprem kaydı: birleşik katalog [USGS, ISC, ISC-GEM, KOERI, EMSC, GSI, AFAD, GFZ ve 3 kurum daha]; Faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026] — yalnız Türkiye kapsamı; en uzun 500 iz çizildi; Levha sınırları: Bird [2003] PB2002; sınır türleri: Bird [2003] PB2002_steps; Dalan levha eş derinlik eğrileri [20 km aralık]: Slab2 [Hayes, 2018; doi:10.5066/F7PV6JNV]; Deniz adları: Natural Earth [kamu malı]).*

GİRİŞ

Bu çalışma, 23.04.2025 tarihinde Marmara Denizi, Silivri (İstanbul) açığında meydana gelen Mw 6,2 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 2.708 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.

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

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

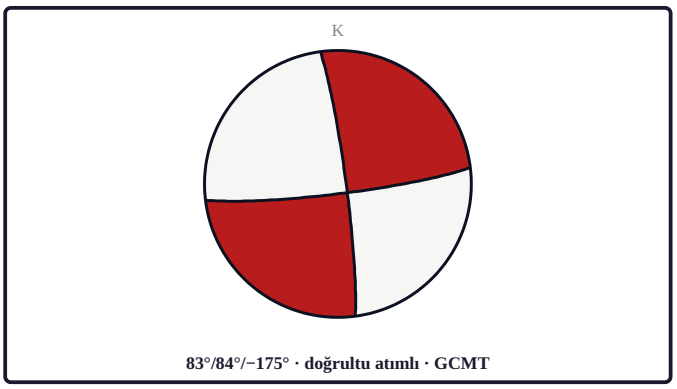
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	23.04.2025 09:49:10	AFAD hiposantrı
Dış merkez	40,8437°K · 28,2154°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	4,9 km	AFAD
Büyüklük	Mw 6,2	AFAD (hiposantrı veren kurum) [a]
Sismik moment M_0	2,987×10¹⁸ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 6,25
Nominal ışınan enerji E	1,5×10¹⁴ J	M_0'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	0,64 s	AFAD bildirimi
b değeri	0,81 ± 0,02	Aki (1965), en büyük olabilirlik [b]
Kutu yayılımı (%95)	109,7 × 101,8 km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu yayılımı (%95)	62,3 × 22,4 km	uzun × kısa eksen · artçı bulutu
Mekanizma (NP1)	83°/84°/−175°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mw: moment büyüklüğü; kurum hesap yöntemini bildirmemiştir. b) b değeri: Mc = 1,7 (b-kararlılığı), N(≥ Mc) = 1.437.

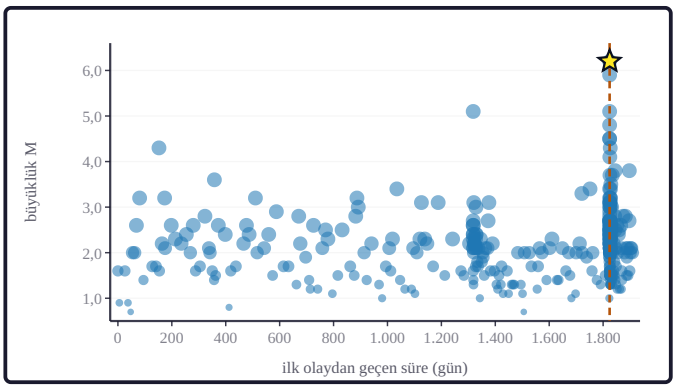
TEKTONİK ÇERÇEVE

Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolunun Marmara Denizi içinde sürdüğü kesimdedir; fay zonunun bu kolunun deniz tabanında tek ve sürekli bir sağ yönlü sistem olduğu (Le Pichon vd., 2001; Şengör vd., 2005) ile segmentli bir çek-ayır sistemi oluşturduğu (Armijo vd., 2002) görüşleri tartışmalıdır. Denizin kuzey çukurlukları, fayın ilerleme süreciyle ilişkilendirilen asimetrik bir çek-ayır geometrisi sergiler (Armijo vd., 2002); kayma hızının segmentler arasında değiştiği ve deformasyonun bir bölümünün yayılı olduğu jeodezik-mekanik modellerle gösterilmiştir (Hergert ve Heidbach, 2010). İstanbul'un güneyindeki segmentte 1766'dan bu yana büyük kırılma kaydedilmemiştir; bu kesim literatürde sismik boşluk olarak tanımlanmakta ve kilitli bir yama içerdiği bildirilmektedir (Bohnhoff vd., 2013). Bölge için M ≥ 7 olasılığı olasılıksal tehlike çalışmalarında ayrıca değerlendirilmiştir (Parsons, 2004).

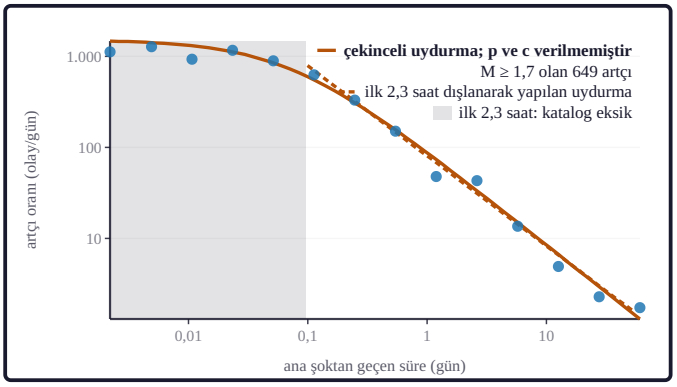
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır



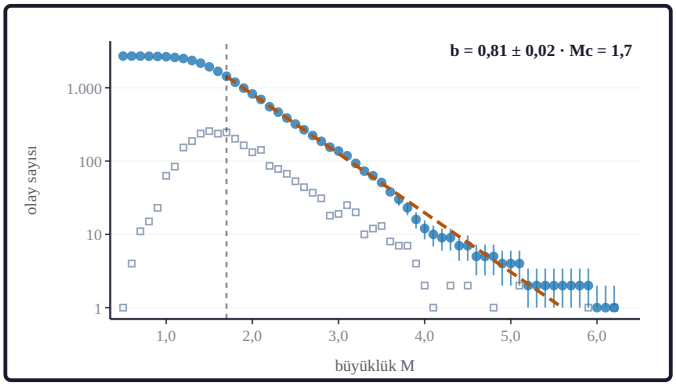
Şekil 2a. *Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir; sıkışma (P) ekseni beyaz kadranların, gerilme (T) ekseni kırmızı kadranların ortasındadır.*



Şekil 2b. *Pencere kataloğu 2.708 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 6,2); Mc = 1,7 üstünde 1.437 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), düşey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; turuncu kesikli düşey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).*



Şekil 2c. *Çekinceli kestirim: Omori–Utsu üsteli çekinceyle verilmiştir ve ilk saatlerdeki katalog eksikliğinden etkilenir; p ve c değerleri verilmemiştir. Kayan pencerelerle izlenen zamanla değişen tamlıkta çalışma olayını izleyen ilk pencerenin tamlık eşiği Mc = 2,9'dur (uydurmanın dayandığı artçı alt kümesinin eşiği Mc = 1,7). Artçı oranı ana şoktan geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olabilirlik uydurmasıdır ve değerleri çekinceli olduğundan şekilde verilmemiştir (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).*



Şekil 2d. *Mc = 1,7 (b-kararlılığı) üstündeki 1.437 olaydan b = 0,81 ± 0,02 kestirilmiştir. Gutenberg–Richter büyüklük–frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayımı N(≥M), açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayımı verir; kesikli turuncu doğru, benimsenen eşiğin üstünde $\log_{10}N = a - b{\cdot}M$ ile çizilen uyum doğrusudur; gri kesikli düşey çizgi tamlık büyüklüğü Mc'dir; ince düşey çubuklar N ≤ 30 olan aralıklarda √N Poisson belirsizliğidir (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 %61'dir. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında iki düzlem dalga alanında özdeştir; büyük depremlerde sonlu fay çözümleri ve bağımsız geometri kanıtları (artçı uzanımı, oturtulan düzlem) düzlemi kısıtlar; gerilme kararsızlığı ise gerilme alanına dayanan ayrı türden bir ölçüttür. Büyüklük–zaman serimi pencere kataloğunun zaman içindeki gelişimini betimler: 2.708 olay, ilk–son olay arası 1.913 gün, en büyüğü M 6,2 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 1,80, ortanca M 1,7'dir (tam katalog). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,4 altında, dörtte biri M 2,1 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,7 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşiğinin altında kalır; bu olayların zaman içinde seyrekleşmesi yalnız gerçek bir sakinleşmeden değil, ağ duyarlılığındaki değişimden de kaynaklanabilir; bu nedenle serim, eşik üstü alt kümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez. Omori–Utsu üsteli bu gözlem süresinde çekinceyle verilmiştir; p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiş, sönüm bulgu olarak yorumlanmamıştır (Şekil 2c). Omori üsteli p, sönümün istatistiksel tanımıdır; tek tek artçıların zamanını ya da yeni bir ana şoku öngörmez.

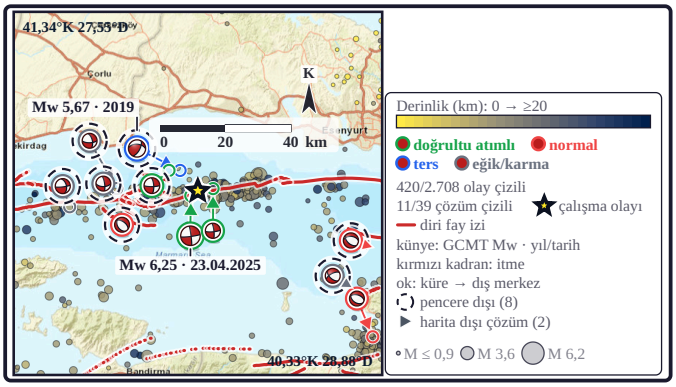
Benimsenen tamlık eşiğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %98,4 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği; Şekil 2d). Tamlık eşiği ile en büyük olay arasındaki açıklık 4,5 büyüklük birimidir; eğimin güvenilir sayılması için bu çalışmada aranan en az bir birimlik açıklık (işletimsel ölçüt) karşılanmaktadır. En kalabalık basamak M 1,5 olup 256 olay taşımaktadır; b-kararlılığı ölçütüyle benimsenen tamlık eşiği bu tepenin 0,2 birim üzerindedir. Uydurulan doğrunun uzantısından beklenen en büyük olay M 5,6 büyüklüğündedir ve gözlenen en büyük olay (Mw 6,2) bu değerden 0,6 birim büyüktür; tek bir en büyük olayın örnekleme yayılımı geniş olduğundan fark yorumlanmamıştır.

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

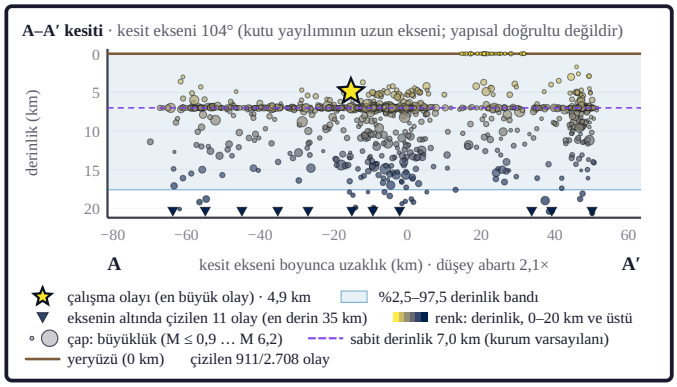
Kullanılan diri fay veri tabanında (Türkiye Diri Fay Haritası, MTA TDFH-2026) dış merkeze en yakın adlı fay izleri şunlardır: Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kumburgaz Fayı parçası (1-35) (0,8 km; sağ yönlü doğrultu atımlı), Mecidiye Fayı (59 km; sağ yönlü doğrultu atımlı), Karacabey Fayı (63 km). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Anadolu–Avrasya levha sınırıdır ve 23 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan kestirilen gerilme rejimi doğrultu atımlı faylanmadır (n = 15 mekanizma).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

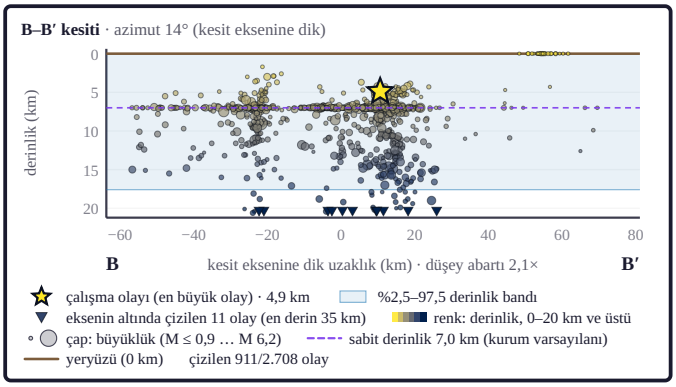
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



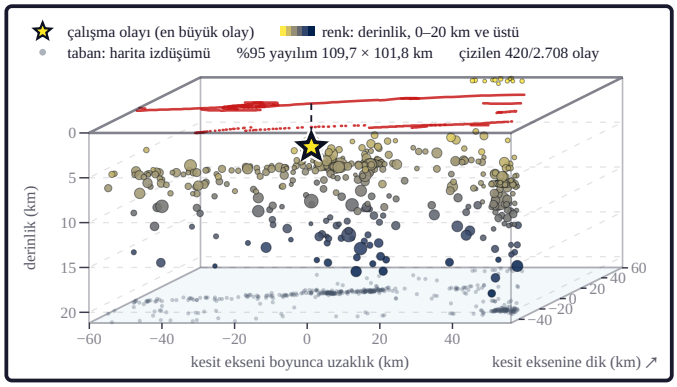
Şekil 3a. *Harita 2.708 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 39 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır (n = 15). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 2 çözüm künyelidir (öbür 9 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki moment büyüklüğünü (Mw) ve yılını (çalışma penceresi içindeki çözümlerde tarihini) verir; bu büyüklük gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. İnce çizgi künyeyi küresine, ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kenardaki küreler harita dışında kalan çözümlerdir; üçgen çözümün yönünü verir. Kesikli halkalı kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: AFAD · KOERI · ISC · EMSC; altlık: Esri, HERE, Garmin, OSM katkıcıları).*



Şekil 3b. *Olayların %95'i 0,0–17,6 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 8,2 km). A–A′ kesiti olayları kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A′ ve B–B′ kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik ekseniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemi; derinlikler katalog hiposantrlarıdır).*



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



Şekil 3d. *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 3a–3d: Çalışma kutusunda 2.708 olay yer almaktadır ve katalog 1.913 güne yayılmaktadır (Şekil 3a). Kadrajdaki haritalı diri fay izi sayısı 8; dış merkez bulutunun bu izlere göre konumu, etkinliğin bilinen bir yapıyla ilişkilendirilip ilişkilendirilemeyeceğinin ilk göstergesidir. Kadraj içinde 9 yayımlanmış odak mekanizması çözümü bulunmaktadır; mekanizma çözümleri etkinliğin kayma türünü doğrudan sınayan tek gözlemdir. A–A′ kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 109,7 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 0,0–17,6 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3b). Derinlik ekseni katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,078, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,015'tir; bulutun uzama oranı kadrajınkini belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,06) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3c). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,16'dır; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 3d). 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. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Olay sığ odaklı (h < 70 km) bir kabuk depremidir (odak derinliği 4,9 km).

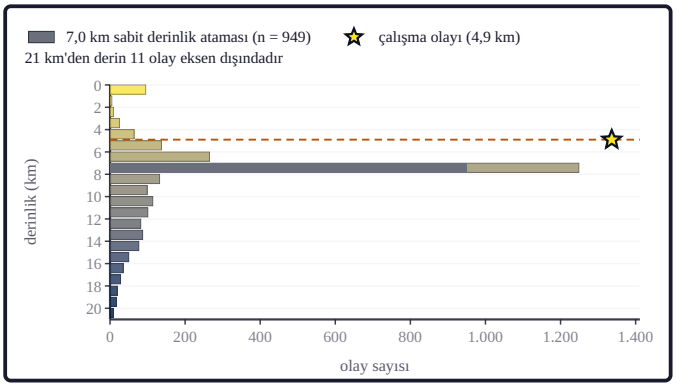
Kurum ürünü USGS STREC tektonik sınıflaması (ShakeMap sürüm 8, 20.06.2025) olayı aktif kabuk bölgesinde saymaktadır (olasılık %100).

VERİ VE YÖNTEM

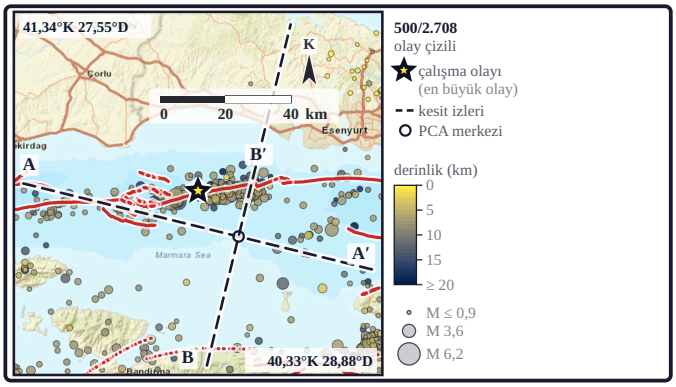
Katalog, olay merkezli kutuda 24.04.2020 – 22.07.2025 döneminde kaydedilmiş 2.708 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 2.052, KOERI 552, ISC 102, EMSC 2. Büyüklük türü dağılımı: ML 2.681, Mw 27. Çalışma alanı 112,6 × 111,0 km (≈ 12.500 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = 111,32·cos φ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 40,335°K–41,339°K ve 27,547°D–28,884°D koordinatlarındadır. Katalog kayıtlarının %4'ü ISC kaynağından gelmektedir. ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (International Seismological Centre, t.y.); buna göre pencerenin yaklaşık son 9 ayında (pencere sonu sorgu anından öncedir; bültenin ufku pencerenin yalnız bu bölümünü dışarıda bırakır) bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş kurum bildirimlerinden oluşmaktadır. Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Bu rapor, olaydan 554 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 günle sınırlıdır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

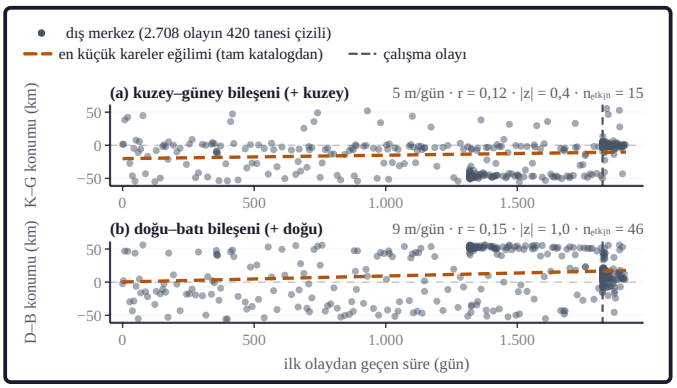
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



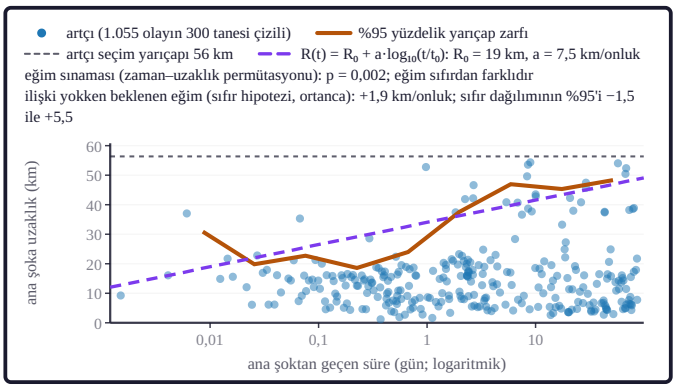
Şekil 4a. *Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 2.708 olayın %77'si ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sığ sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.*



Şekil 4b. *Derinlik renkli harita 2.708 olaylık katalogdan 500 olayı gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; kesikli A–A′ ve B–B′ doğruları kesitlerin harita izleridir.*



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

Şekil 4a–4d: Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4a). Derinliği bilinen 2.708 kaydın 2.087 tanesi (%77) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 1.249 olayla 7–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 949 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 2.708 kaydın 2.087 tanesi 10 km ve daha sığ, 621 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 4b). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 4c). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı ölçekte verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Artçı bulutunun yarıçap zarfı logaritmik zamanla genişlemektedir; zarfın eğimi sıfırdan anlamlı biçimde büyüktür (Şekil 4d).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Katalog sorgusu 29.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

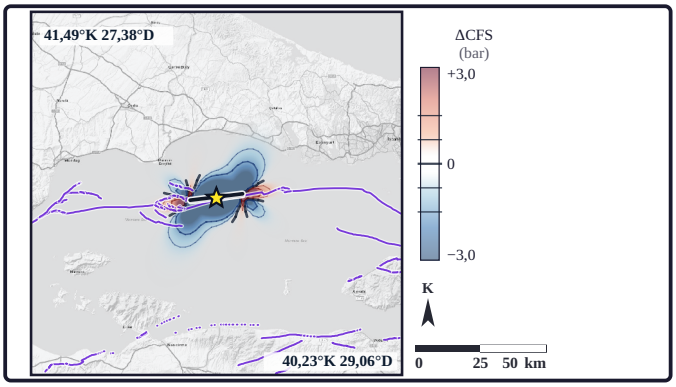
Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden bir onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür. Bu onarım pencereye 105 olay eklemiştir; bunların 85'i ana şoktan sonradır ve en büyüğü 23.04.2025 10:01:02 UTC'de gerçekleşen Mw 4,3 büyüklüğündeki olaydır (ISC raporu).

Çapraz-kaynak kopyaları (1) Δt ≤ 20 s, Δkonum ≤ 56 km ve ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ve Δkonum ≤ 56 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 196 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. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: Mw 6,2 (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 28 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 2.680 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamlar bu etiketle verilmiştir.

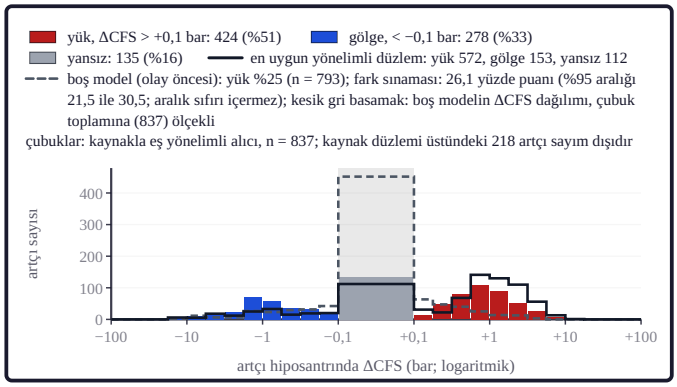
Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogda taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %35'inin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (949/2.708); bu değer, derinlik çözülemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %40'ını oluşturmaktadır (1.074/2.708); 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

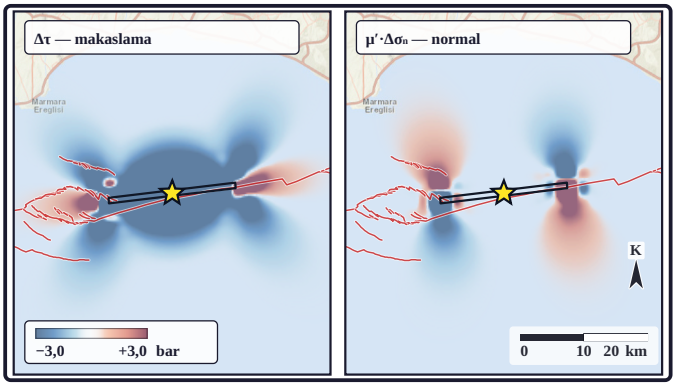
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



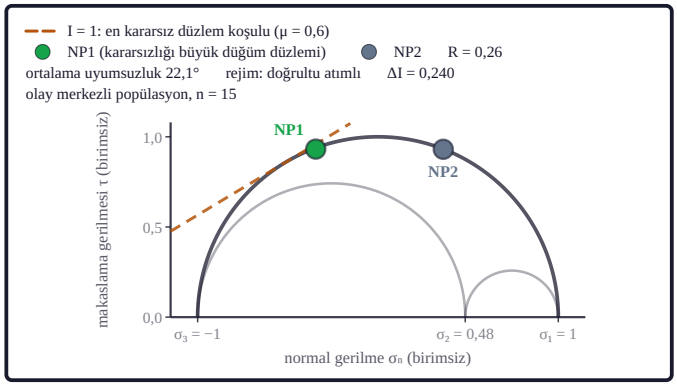
Şekil 5a. *Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; ±3,0 bar). ΔCFS Wells ve Coppersmith (1994) kaynağının kaynakla eş yönelimli alıcıda (s/d/r = 83°/84°/−175°), 12,0 km derinlikte, μ′ = 0,40 ile hesaplanmıştır. Yıldız dış merkezdir; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); 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]).*



Şekil 5b. *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).*



Şekil 5c. *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; ince dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü).*



Şekil 5d. *Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σn, 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 (σn, 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 5a–5d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5a). Nokta sınamasının histogramı, artçıları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5b). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5c). Mohr diyagramında NP1 düzlemi sürtünme doğrusuna daha yakındır; kararsızlık ölçütüne göre gerilme alanında kaymaya daha elverişli düzlem odur, ancak bu ölçüt düzlemi tek başına seçmez (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 4'te, USGS moment tensörü çözümlerinin karşılaştırması Tablo 5'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). Bu katalogda eşiği b-kararlılığı ölçütü belirlemiştir: Mc = 1,7. 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: 0,021; Aki, 1965: 0,021; yeniden örnekleme: 0,024) ve en büyüğü olan yeniden örnekleme (bootstrap) değeri verilmiştir; yeniden örneklemede Mc ve b birlikte yeniden kestirilmiştir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir.

b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogda gözlenen olay sayısıyla binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

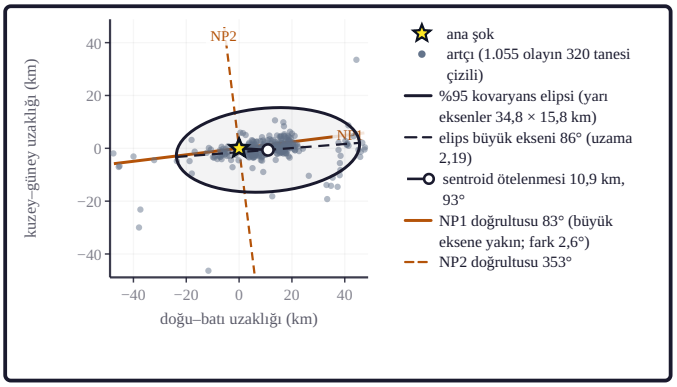
Olayın moment tensörü kurum çözümüdür (kurum ürünü: Global CMT; Ekström vd., 2012); bölgesel mekanizma popülasyonu GCMT kataloğundandır (bu depremin dizisine ait çözümler kurum ürünü: Global CMT kataloğu; geçmiş olayların çözümleri veri). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür (μ = 0,6; 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 (26.04.2015 – 24.04.2020) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (3.509 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

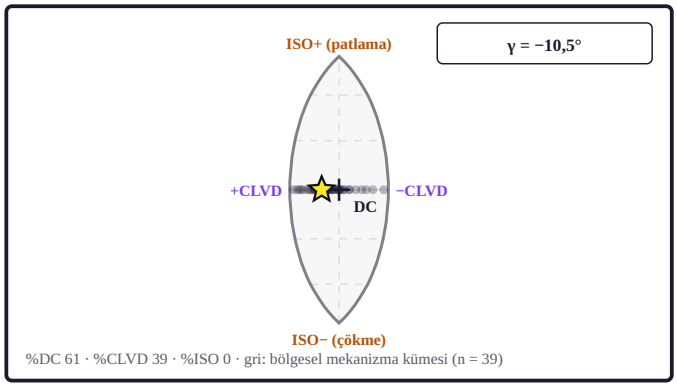
Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

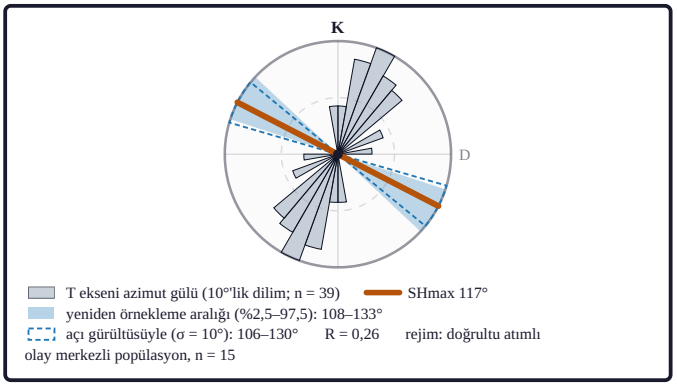
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



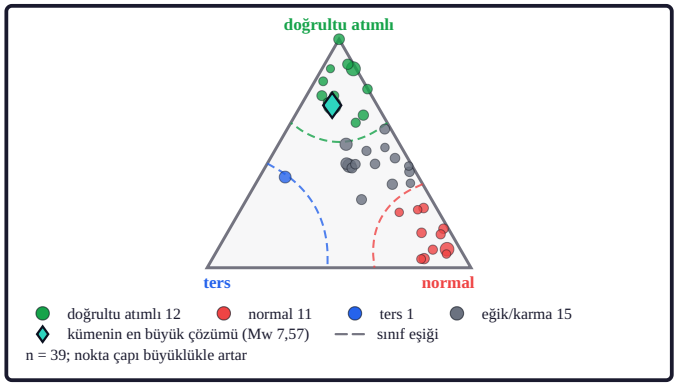
Şekil 6a. *Ana şoka göre yerel yatay düzlemde (doğu ve kuzey artı, km; iki eksen aynı ölçekte) artçı bulutu gri noktalarla, %95 kovaryans elipsi koyu çizgiyle gösterilmiştir; elips bulutun ağırlık merkezine oturur ve yıldız ana şoktur. Kesikli koyu doğru elipsin büyük eksenidir; ana şoktan çıkan ince çizgi ve içi boş daire artçı sentroidinin ötelenmesidir. Turuncu doğrular ana şokun düğüm düzlemlerinin doğrultularıdır; büyük eksene doğrultuca yakın olan düz, öteki kesikli çizilmiştir. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri lejanttadır (telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).*



Şekil 6b. *Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30°, +30°]$ ve $\delta \in [-90°, +90°]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30°$ ve $\pm 60°$ 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 6c. *SHmax = 117° (yön gevşek kısıtlı); rejim doğrultu atımlı faylanmadır (olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SHmax azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına σ = 10°'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin 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 6d. *Çekinceli sayım: 39 çözümün %31'i doğrultu atımlı sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %17–50; 27 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 6a–6d: Artçı bulutu kovaryans elipsinin uzun ekseni boyunca uzamıştır; ana şok artçı sentroidinden bulutun bir ucuna doğru ötelenmiştir (Şekil 6a). Elips ve sentroid ölçüleri artçı bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 6b). Asal gerilme eksenlerinden en dik olanı σ_2 eksenidir (dalım 88°); Anderson sınıflamasında rejim sınıfı bu dik eksenden belirlenir (Şekil 6c). Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayıma bağlıdır. Gül (bölgesel mekanizma kümesi) ile inversiyon (olay merkezli mekanizma popülasyonu) örtüşen mekanizma örneklemlerine dayandığından karşılaştırma bağımsız bir doğrulama değildir. Hiçbir eşiği aşmayan 15 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 6d). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,67–7,57 aralığındadır; en büyük çözüm doğrultu atımlı sınıfındadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir.

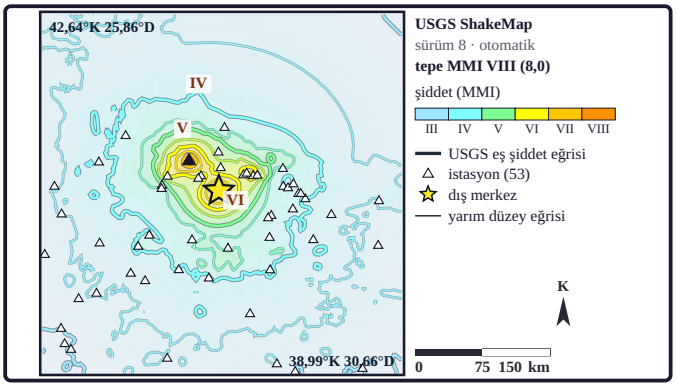
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 95 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında bunların en uzun 90'ı, tektonik haritada en uzun 60'ı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 95 izin (4 farklı ad) en uzun 8'i 1 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrajları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 40,84°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 %0,8'dir. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

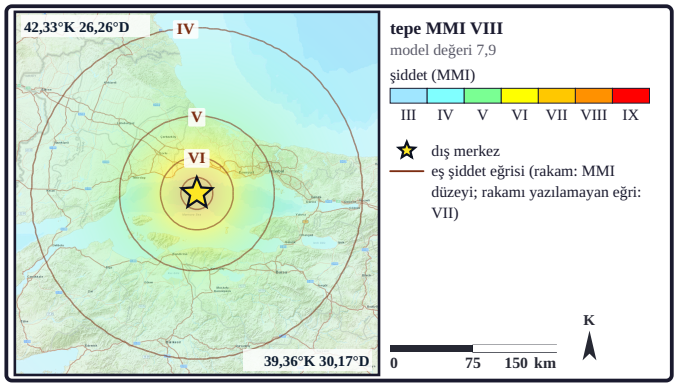
Raporda USGS ComCat'te bu olay için yayımlanmış ShakeMap, “Did You Feel It?” topluluk şiddeti (DYFI), PAGER, yer yenilmesi, moment tensörü ve etki özeti ürünleri kullanılmıştır (U.S. Geological Survey, 2017); her ürünün yayım tarihi ve biliniyorsa sürümü ilgili tümcede verilmiştir. USGS ürünleri arasında girdi uyumsuzluğu vardır: PAGER ve yer yenilmesi kestirimleri güncel köken çözümünden ya da güncel ShakeMap sürümünden önceki girdilerle hesaplanmıştır; bu durum ilgili tümcelerde ürünün kendi beyanıyla belirtilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

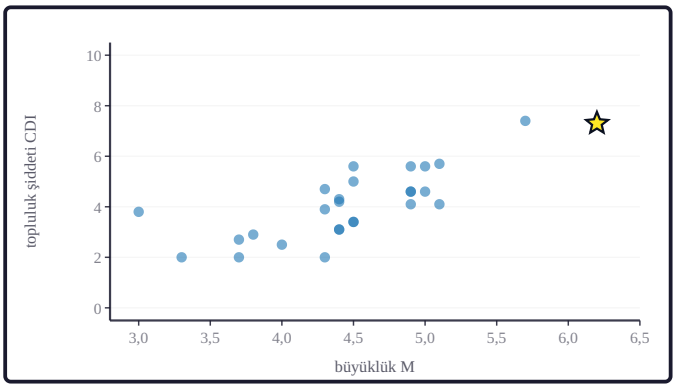
YER HAREKETİ VE ETKİ



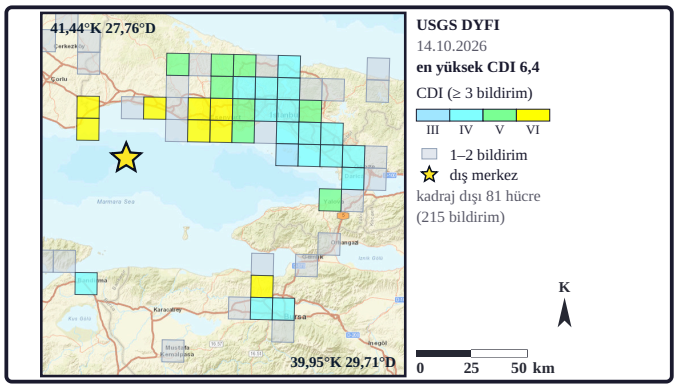
Şekil 7a. *Harita USGS ShakeMap model kestiriminin (sürüm 8; otomatik ürün; 20.06.2025) eş şiddet (MMI) eğrilerini gösterir; ince eğriler yarım düzeylerdir; bu sürümde 81 sismik istasyon kaydı ve 516 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 73'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır; USGS belirsizlik derecesi A; üçgenler ShakeMap listesindeki 81 sismik istasyondan kadraj içinde kalan 53'ünü gösterir (dolu üçgen: en yüksek PGA); yıldız çalışma olayının dış merkezidir; ShakeMap'in girdi kökeni yıldızdan 2,4 km uzaktadır; renkli zemin orta çözünürlüklü USGS ShakeMap şiddet ızgarasının her 3. hücresidir; zeminin en büyük değeri 7,7'dir (ürünün beyan ettiği tepe 8,0) (kurum ürünü: USGS ShakeMap; yöntem: Wald ve Worden, 2020; Worden vd., 2018).*



Şekil 7b. *Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir (şiddet-azalım bağıntısı: Allen vd., 2012).*



Şekil 7c. *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 7d. *Harita USGS "Did You Feel It?" (DYFI) ürününün (14.10.2026) 10 km'lik hücrelerindeki topluluk şiddetini (CDI) gösterir; CDI hücredeki bildirimlerden hesaplanan gözlem değeridir; ürünün 938 bildiriminin 874'ü 140 hücrededir; renkli hücreler en az 3 bildirimli 54 hücredir ve rengi CDI değerinin en yakın tam şiddet düzeyidir; bunlarda en yüksek CDI 6,4 (Gürpınar, 39 bildirim, hücre merkezi dış merkeze 39,7 km); kadraj dışında 81 hücre (21'i renkli, 10'u şüpheli; 215 bildirim) kalır; dış merkeze en uzak renkli hücre 441 km uzaktadır; gri hücreler 1–2 bildirimlidir ve renklendirilmemiştir; yıldız çalışma olayının dış merkezidir; altlık: Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community (veri: USGS "Did You Feel It?" [DYFI]; yöntem: Wald vd., 2011; eşik: Atkinson ve Wald, 2007; yer adları: GeoNames [geonames.org], CC BY 4.0, erişim 26.10.2026).*

Şekil 7a–7d: En yüksek gözlenen yer ivmesi 0,115 g ile KO.SINB istasyonundadır (Şekil 7a). Şekildeki renkli zeminin (ızgaranın her 3. hücresi) en büyük değeri 7,7'dir. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 26 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kaydıdır (Şekil 7c). CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. USGS DYFI ürününde en az 3 bildirimli 54 hücrenin topluluk şiddeti (CDI) 2,0 ile 6,4 arasındadır; en yüksek değer Gürpınar hücresinde 39 bildirime dayanır ve hücre merkezi dış merkeze 39,7 km uzaklıktadır (Şekil 7d). Dış merkeze en yakın renkli hücre 21,7 km uzaklıktadır (CDI 5,7, 6 bildirim). Birkaç bildirime dayanan CDI değerleri gürültülü olduğundan (Atkinson ve Wald, 2007) 1–2 bildirimli 76 hücre renklendirilmemiştir; bu çalışmanın ölçütüyle şüpheli sayılan 10 hücre de renklendirilmemiştir. Gözlenen yer hareketi azalımı (tek olay regresyonu) Tablo 6'da, dalga formu kaydının künyesi Tablo 7'de, USGS ShakeMap istasyonlarında gözlenen ve bağıntılarla kestirilen yer ivmeleri Tablo 8'de, USGS PAGER modelinin şiddet düzeylerine göre kestirdiği maruz nüfus Tablo 9'da, USGS PAGER modelinin yerleşimler için kestirdiği şiddet Tablo 10'da, USGS yer yenilmesi ürününün heyelan ve sıvılaşma model kestirimleri Tablo 11'de, USGS PAGER'ın kıyas için seçtiği tarihsel depremler Tablo 12'de verilmiştir.

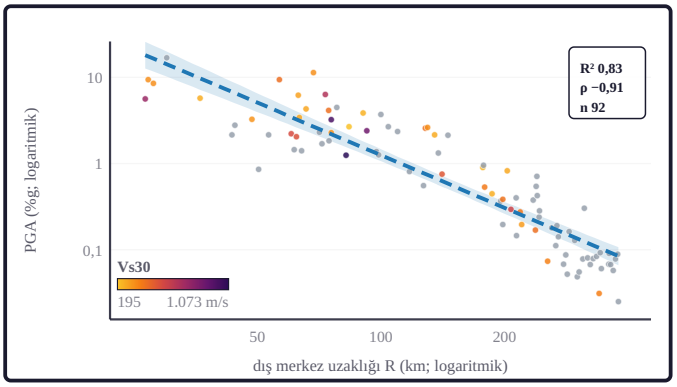
Model şiddet alanı, şiddet-azalım bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 7,9) düzeyindedir (Şekil 7b). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

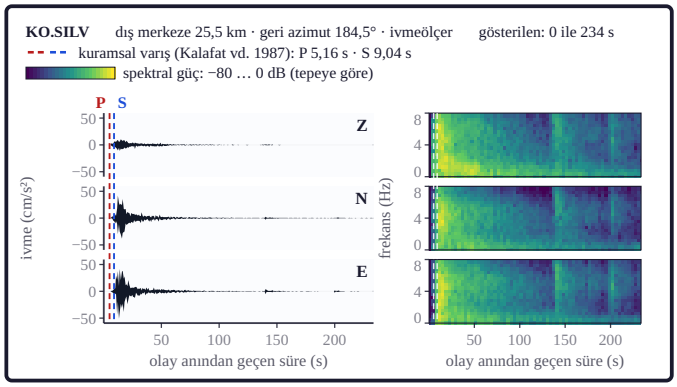
23.04.2025 tarihinde 09:49:10 UTC'de Marmara Denizi, Silivri (İstanbul) açığında, 40,8437°K, 28,2154°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 4,9 km olan Mw 6,2 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Pencere kataloğunda, M ≥ 3,0 büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 139 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 2,1 km, yüzde doksanlık değeri 4,6 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 56 km); bu ölçü kurumlar arası farktır, bir konum hatası kestirimi değildir ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 4,9 ile 15,2 km arasında değişmektedir; olayın moment tensörü sentroid derinliği 12,0 km'dir (GCMT, çözülemeyen sentroid derinliğini sığ olaylarda 12 km'de sabit tutar; bu değer çözülmüş bir derinlik olmayabilir); bu değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer (h < 70 km).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

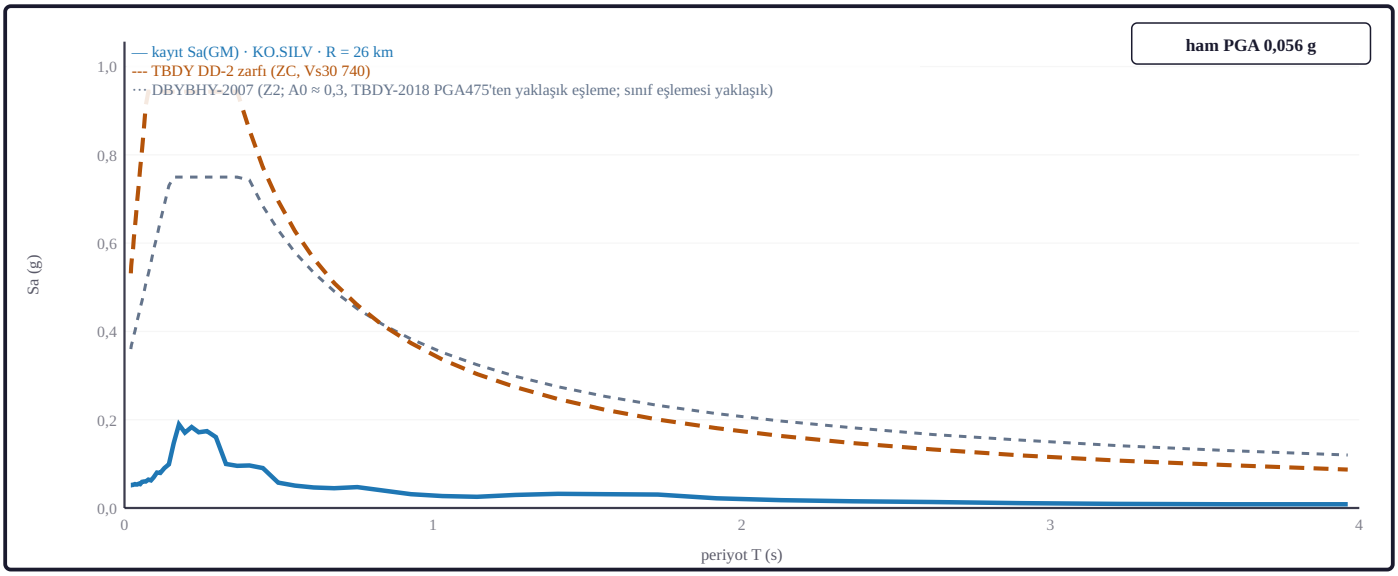
YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 8a. *Her iki eksen de logaritmiktir, yatay eksen dış merkez uzaklığı R (km), düşey eksen PGA gösterir. Figür, kayıt istasyonlarında ölçülen en büyük yatay yer ivmesinin (PGA) dış merkez uzaklığıyla 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 R biçiminde en küçük karelerle oturtulan azalım bağıntısı; çevresindeki soluk mavi kuşak bu doğrunun %95 güven bandıdır ve çözümün döndürdüğü band dizisinden olduğu gibi çizilir, yeniden hesaplanmaz (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 8b. *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 bileşenlerin yönelimi bilinmediğinden döndürme yapılmamış, bileşenler kanal adlarıyla verilmiştir. Genlikler cihaz yanıtı giderilerek fiziksel birime çevrilmiştir. Kesikli düşey çizgiler kuramsal P ve S varışlarını gösterir (kayıt: KO ağı, KOERI veri merkezi, FDSN dataselect; süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı, 0,025–8,0 Hz).*



Şekil 8c. *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 8a–8c: Uydurmaya 92 aletsel kayıt girmiştir; topluluk (hissedilirlik) noktaları ayrı simgeyle çizilmiş, uydurmaya dâhil edilmemiştir (Şekil 8a ve 8c). Belirtme katsayısı R^2 = 0,83, artık karekök ortalaması 0,30 logaritmik birimdir. Sıralamaya dayalı Spearman korelasyonu ρ = −0,91; bu ölçüt aykırı değerlere dayanıklıdır ve doğrusallıktan bağımsız olarak azalma eğiliminin tekdüzeliğini sınar. İstasyonların %38,0'ında 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. Kayıtta en büyük tepe genlik doğu–batı bileşendedir; tepe genliğin düşey bileşendeki değere oranı kuzey–güney bileşende 3,8, doğu–batı bileşende 4,6 olarak ölçülmüştür (Şekil 8b).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 8,6 km · NIEP; derinlik 10,0 km · GSI; derinlik 7,6 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı GFZ, AFAD, EMSC, USGS, NIEP, INGV, GSI, ISC ve KOERI çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür. Moment ölçeğindeki 4 kurum kaydı Mw 6,2 değerinde birleşmektedir; GCMT moment büyüklüğü Mw 6,25 olarak verilmektedir. Öteki ölçeklerdeki kayıtlar (KOERI ML 6,2) aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Aktarılmış çözümler (ISC Mw 6,2; ISK çözümünün aktarımı; ISC Mw 6,3; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümleri (GSI MLv 6,2; NIEP ML 6,2; INGV Mwp 6,2) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 0,64 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogda yayımlanmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

BÖLGESEL TEKTONİK ÇERÇEVE



Şekil 9. *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 9: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 3 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 9). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Bu vektörlerden 1 tanesi (SLVR: 100 km içindeki en yakın uzun serili (≥ 5 yıl) ISTN, BNDR istasyonlarının ortancasından 18,8 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. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A3'te verilmiştir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

USGS geoserve yer hizmetine göre (sorgu 20.10.2026) olayın Flinn–Engdahl bölgesi Batı Türkiye olarak verilmektedir; USGS'in güncel köken çözümüne göre dış merkez Türkiye'deki Marmara Ereğlisi'nin yaklaşık 25 km güneydoğusunda, Silivri'nin yaklaşık 27 km güneyinde ve Selimpaşa'nın yaklaşık 29 km güney-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 6,2 (merkez derinliği 11,5 km, çift kuvvet payı %57) ve Mwb çözümü Mw 6,2 (merkez derinliği 9,0 km, çift kuvvet payı %94); ComCat'in tercih ettiği çözüm Mww çözümüdür; çözümlerin en son güncellemesi 11.07.2025 tarihlidir. USGS'in köken çözümü ilk yayımından bu yana 4 kez güncellenmiştir; son çözümde ilk çözüme göre dış merkez 4,1 km kaymış ve derinlik 2,7 km artmıştır; ShakeMap'in tepe şiddeti ilk sürümde MMI 6,3, son sürümde MMI 8,0 olarak verilmiştir; PAGER genel uyarı düzeyi ilk verilen uyarıda yeşil, son sürümde turuncu olarak verilmiştir (ComCat sürüm geçmişi, sorgu 22.10.2026).

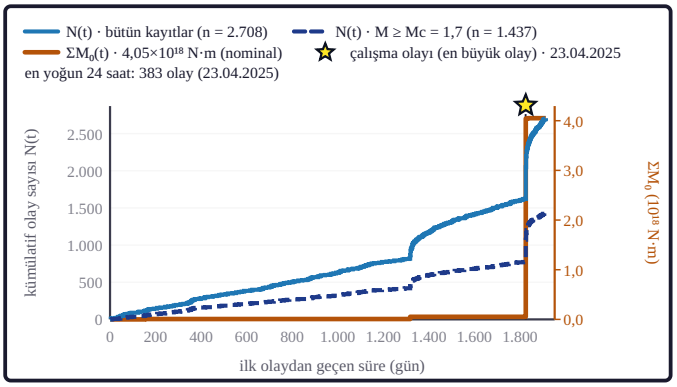
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

Sismik moment M_0 = 2,987×10¹⁸ N·m'dir (Mw 6,25; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10}E = 1{,}5 \cdot Mw + 4{,}8$ bağıntısıyla türetilen nominal ışınan enerji E ≈ 1,5×10¹⁴ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5\times10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ışınan enerji değildir. Gerilme düşümü, kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla ve dikdörtgen fay bağıntısıyla Δσ ≈ 0,17–1,5 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan, üst sınır derine gömülü kırığa karşılık gelir. Kırığın üst kenar derinliği gözetildiğinde nokta değer Δσ ≈ 0,36 MPa'dır. Duyarlılık sınamasında ampirik ölçekleme dikdörtgeniyle eşit alanlı dairesel çatlak (R = 7,4 km; GCMT M_0 = 2,99×10¹⁸ N·m) 3,3 MPa vermektedir. Birincil kestirimle birlikte incelenen 2 seçeneğin tümünde nokta değer 3,3 MPa, aralığın sınırları 1,3–3,3 MPa arasında kalmaktadır; artçı zonundan türetilen yarıçap kaynak boyutu olmadığından bu aralığa alınmamıştır. Bu aralık yalnız incelenen seçeneklerin yayılımıdır: yayımlanmış öbür boyut seçenekleri (ör. sonlu fay modelinin kendi düzleminin boyutları) yerel arşivde bulunmadığından aralığa girmemiştir; aralık bu nedenle kırık boyutu belirsizliğinin tamamını göstermez. Duyarlılık olarak erken artçı zonu (ana şoka uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan R = 19,6 km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) Δσ ≈ 0,17 MPa (n = 459 olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir. Ampirik ölçekleme (Wells ve Coppersmith, 1994; doğrultu atımlı kolu) Mw 6,25 için 20,2 km yer altı kırık uzunluğu vermektedir.

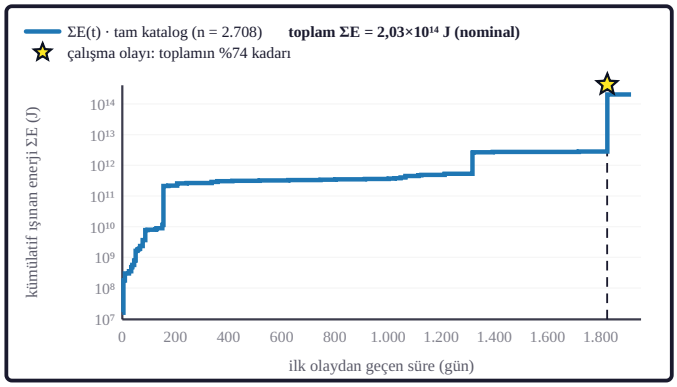
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla 83°/84°/−175° (NP1) ve 353°/85°/−6° (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde sağ yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde sol yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 6,25'tir. Mekanizma doğrultu atımlı faylanma sınıfındadır. İki blok birbirine göre yatay yönde kaymıştır — Kuzey Anadolu Fayı tipi hareket. GCMT deviatorik moment tensörünün özdeğer ayrışımı %DC = 61,2, %CLVD = 38,8 vermektedir (lune boylamı γ = −10,5°; %ISO = 0 ve δ = 0 değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Olayın |%CLVD| değeri bölgesel mekanizma kümesindeki 39 çözümün %62 yüzdeliğinde olup bölgesel dağılımın tipik aralığındadır (kümenin ortanca %DC değeri 67,9); tensör bileşenlerinin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından CLVD payı kaynak karmaşıklığı olarak yorumlanmamıştır. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (±180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden ±1,2°; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1979–2025; n = 15; ortalama uyumsuzluk 22,1°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 117° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 108–133°) ve rejimi doğrultu atımlı faylanma olarak vermektedir; gerilme şekil oranı R = 0,26 (0,06–0,63) olarak kestirilmiştir. Odak mekanizması açılarına 10° standart sapmalı gürültü eklenerek yinelenen yeniden örneklemede aralık 106–130° olmaktadır; aralığın genişliği bu çalışmanın işletimsel eşiğinin (15°) üzerinde olduğundan yön gevşek kısıtlı sayılmıştır. Şekil oranı $R = (\sigma_1 - \sigma_2)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ biçiminde tanımlıdır (asal gerilmeler basınç pozitif, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$); 0'a yakın değer σ_2'nin σ_1'e, 1'e yakın değer σ_3'e yakın olduğunu gösterir. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (çalışma kutusu her yönde 120 km genişletilerek; aynı dönem; n = 39) 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: 12 doğrultu atımlı, 11 normal, 1 ters ve 15 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf doğrultu atımlı faylanmadır: 39 çözümün 12'si (%31) bu sınıftadır.

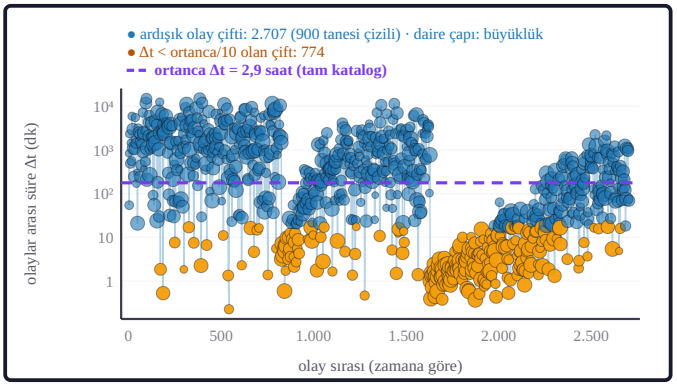
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



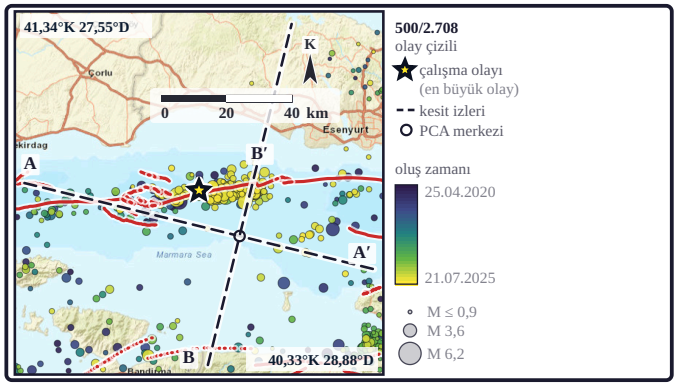
Şekil 10a. *Mavi eğri kümülatif olay sayısı N(t), turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; penceredeki en büyük olay da odur (M_0 = 10^[1,5·M + 9,1] N·m; 9,1 sabiti Kanamori, 1977).*



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

Şekil 10a–10d: Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 10a). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 1,4 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 10b). Pencerede ışınan toplam enerji 2,03×10¹⁴ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 10c). Ortanca bekleme süresi 2,9 saat düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 774 aralık ölçülmüştür (2.707 aralıkta); pencere, çalışma olayını izleyen yoğun dizi dönemini arka plan dönemiyle birlikte içerdiğinden seri durağan değildir; tek bir üstel (Poisson) bekleme dağılımıyla kıyas bu karışımda kümelenmeyi ölçmediğinden kurulmamıştır. Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (2.708 olay; ilk–son olay arası 1.913 gün; Şekil 10d). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzif ayrımına gidilmemiştir. Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 13'te, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A4'te, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A5'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A6'da verilmiştir.

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

Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %17–50'dir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 27 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 22 doğrultu atımlı, 16 normal ve 1 ters çözümdür; bu sınıflama eğik/karma çözümleri de en dik eksenlerine göre üç sınıftan birine atar. Bu tip sayımı ile gerilme tensöründen türetilen Anderson rejimi ayrı ölçütlerdir: sayım tek tek mekanizmaların eksen dalımlarını sınıflar, rejim ise popülasyona ortak tek bir gerilme alanı uydurulmasından çıkar; biri diğerinin doğrulaması değildir.

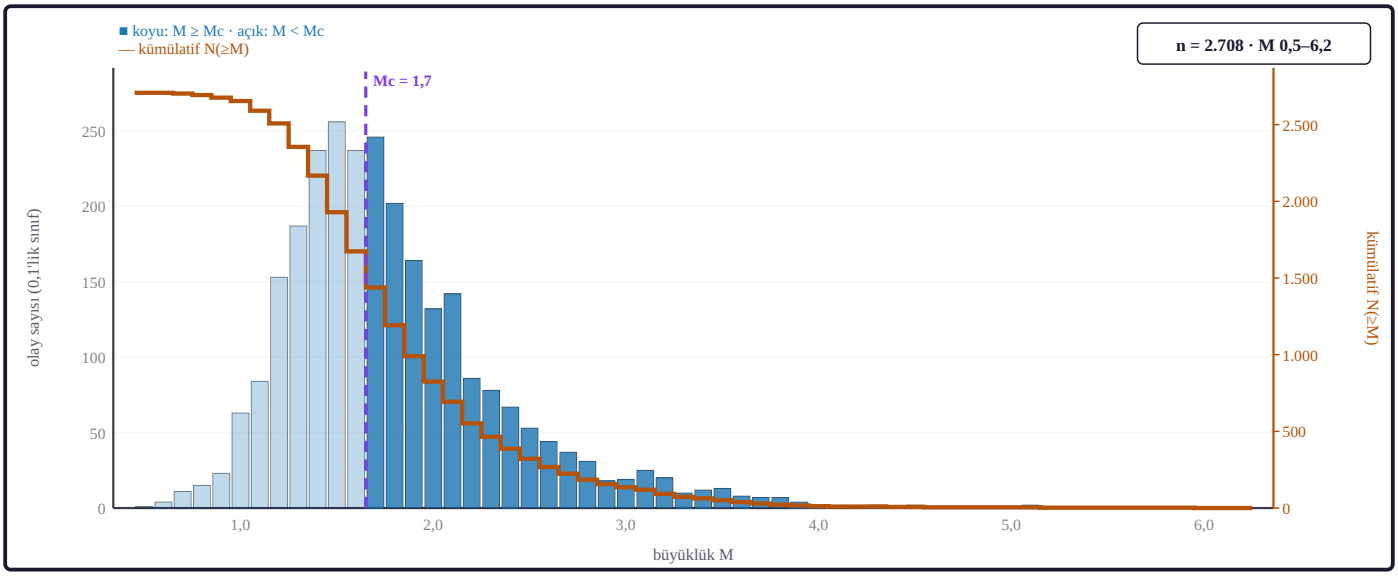
Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 15) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 4 doğrultu atımlı, 4 normal, 1 ters ve 6 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 109,7 × 101,8 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 0,0–17,6 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 bulutunun uzun ekseni 86° doğrultusundadır (%95 güven aralığı 82–89°); uzama oranı 2,19'dur (n = 1.055). Artçı kümesinin yatay boyutu 62,3 × 22,4 km olarak ölçülmüştür. Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri 34,8 ve 15,8 km'dir; yön ve uzama ölçüleri, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekilidir. Ana şok ile artçı sentroidi arasındaki ötelenme 10,9 km (oran 0,32, azimut 93°) olup kısmi tek taraflılığa işaret eder (tek/çift taraflılık eşikleri 0,2/0,5: bu çalışmanın işletimsel eşikleridir). Artçı uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP1 olup doğrultu farkı 2,6°'dir. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri I(NP1) = 0,984 ve I(NP2) = 0,744 olup aradaki fark 0,240 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt ΔI > 0,15 olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşiğin üzerindedir; bu ölçüte göre kırık düzlemi adayı NP1'dir. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (3 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 12) I(NP1) = 0,995 ve I(NP2) = 0,666 bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır. Aynı gerilme tensörü altında Wallace–Bott kayma uyumsuzluğu (gözlenen kayma vektörü ile düzlem üzerinde gerilme tensöründen çözülen makaslama gerilmesi arasındaki açı; Wallace, 1951; Bott, 1959) NP1 için 3,2°, NP2 için 6,9° ölçülmüştür; fark 10° düzeyinin altında olduğundan bu ölçüt iki düzlemi ayırt etmez. Toplamda 2 bağımsız yöntemin 2'si NP1 düzlemini desteklemektedir; düzlem ikizliği bu ölçüde kırılmış sayılabilir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 11. *Tamlık büyüklüğü Mc = 1,7 olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %98,4 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır (Mw 6,2). Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif N(≥M) sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi tamlık büyüklüğüdür; altındaki sınıflar açık dolguludur ve b değeri kestirimine girmez (tam katalog, n = 2.708).*

Şekil 11: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 11). 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 14'te, USGS ürün çözümlerinin sürümden sürüme değişimi Tablo 15'te, tarihsel eşik üstü depremler Tablo A7'de verilmiştir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 56 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 1.056 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 5,9 büyüklüğündedir. İzleyen olayların (M ≥ 1,7) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (4,0–8,8 saat) günde 330 olaydan (%95 güven aralığı 250–430) son ölçüm aralığında (41–90 gün) günde 1,7 olaya (%95 güven aralığı 1,3–2,2) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 190 katıdır (%95 güven aralığı 130–270) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ilk 2 saatin kaydı eksik olduğundan ilk ölçüm aralığı kaydın tamlaştığı andan sonraki ilk aralıktır. Omori–Utsu sönüm yasası n(t) = K/(t + c)^{p} bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur (n = 649 olay, 90 günlük pencere); p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Değerlerin verilmemesinin gerekçesi ilk saatlerdeki katalog eksikliğidir. Uydurma ana şoktan başlamaktadır; tamlık eşiği ana şoku izleyen ilk pencerede 2,9'dur ve 1,8 değerine ana şoktan 2,3 saat sonra inmektedir. İlk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir, p de bu eksiklikten etkilenebilir. Sönüm bu nedenle yalnız yukarıda verilen gözlenen günlük oranlarla betimlenmiştir. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı ΔM = 0,3 olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,2 ve M 5,9); değer Båth yasasının (Båth, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla kıyaslandığında küçüktür. Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi M* ≈ 5,7'dir (kestirimde kullanılan b = 0,71; M ≥ 1,7 olan 649 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Dizide gözlenen en büyük izleyen olay (M 5,9) bu kestirimi 0,2 birim aşmaktadır. Buradaki b, dizi penceresindeki izleyen olaylardan kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümünde verilen olay sonrası b ile aynı çekinceyi taşır: ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle b aşağı yanlı olabilir; b küçüldükçe M* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk 2,3 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde (b = 0,79, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; M ≥ 1,7 olan 559 izleyen olay) M* ≈ 5,2'dir ve aynı alt listede gözlenen en büyük izleyen olay M 5,1'dir. Reasenberg–Jones dizi modelinin olasılıkları bu raporda verilmemiştir: model, Omori–Utsu uydurmasının p ve c değerlerini kullanır ve bu değerler bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Artçı zonunun mekânsal evrimi R(t) = R_0 + a·log$_{10}$(t/t_0) biçiminde modellenmiş (Tajima ve Kanamori, 1985); R_0 = 19 km, a = 7,5 km/onluk (zamanın her on katına karşılık yarıçap artışı; boyutsuz oran 0,398, n = 1.055) bulunmuştur. Ölçülebilir log-zaman genişlemesi vardır (zaman–uzaklık permütasyonu p = 0,002; eğimin %95 yeniden örnekleme aralığı 5,3–9,9 km/onluk). Zarf kestiricisi yanlıdır: zaman ile uzaklık arasında ilişki yokken de eğimin ortancası 1,9 km/onluk çıkar; yanlılık düzeltilmiş eğim ise 5,7 km/onluk olarak bulunur. Bu genişleme literatürde deprem sonrası kayma (afterslip) cephesi ya da gözenek-basıncı difüzyonuyla ilişkilendirilir. Seçim yarıçapı sabit (56 km) olduğundan ve dizi oranı zamanla azalırken aynı alandaki arka plan etkinliği sabit kaldığından uzak olayların payı zamanla büyür; zarfın genişlemesinin bir bölümü bu seçim etkisinden kaynaklanabilir ve genişleme fiziksel bir cephe olarak yorumlanmamıştır. R(t) modeli artçı bulutunun istatistiksel sınır evrimini betimler; kırığın fiziksel ilerlemesinin doğrudan ölçümü değildir.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

ΔCFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki dikdörtgen dislokasyon çözümüyle (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı μ′ = 0,40 ile 12,0 km derinlikte ve 71 × 70 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, hiposantr merkezli dikdörtgenden alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma 83°/84°/−175°; L = 20,2 km, W = 8,5 km). Bu geometri ölçülmüş bir kırık değil, bir çalışma varsayımıdır. Gözlemsel sınama olarak ΔCFS her artçının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 837 artçının 424 tanesi (%51) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 278 tanesi (%33) −0,1 bar altındaki gölge alanında, 135 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 218 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 %25 olarak ölçülmüştür (195/793); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark 26,1 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı 21,5 ile 30,5 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içermediğinden artçıların yükleme alanındaki payı boş modelin üzerindedir. Artçı konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; işletimsel bir konum senaryosunda (yatay 2 km, derinlik 3 km standart sapma) artçıların %91 kadarının sınıfı değişmektedir. Senaryonun yatay sapması pencerede ölçülen kurumlar arası dış merkez farkının ortancasından (2,1 km) küçük olduğundan bu pay alt sınır olarak okunmalıdır; daha geniş bir senaryoda (yatay 5 km, derinlik 5 km standart sapma; sabit derinlikli kayıtlarda derinlik 2–25 km arasında düzgün dağılımlı) bu pay %97 düzeyine çıkmaktadır. Sınıflar katalog hiposantrlarına göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve mertebe betimlemesi olarak okunmalıdır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SHmax doğrultusu 128° 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 128°; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 572 yükleme, 153 gölge ve 112 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 704 yükleme, 41 gölge ve 92 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 136). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (3 çözüm) dışlanarak (n = 12) elde edilen alandan (SHmax = 113°, şekil oranı 0,36) ayırt edilememektedir (128° doğrultusu olay merkezli inversiyonun açı gürültülü yeniden örnekleme aralığı olan 106–130° içindedir); birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sınanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 467 yükleme, 235 gölge ve 135 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 195). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Sayımların kaynak derinliği seçimine duyarlılığı da ölçülmüştür: kaynak dikdörtgeni benimsenen hiposantr derinliğine (4,9 km) ortalandığında artçıların 502 tanesi yükleme, 212 tanesi gölge alanına, 110 tanesi yansız banda düşmektedir (benimsenen 12,0 km merkez derinliğinde 424, 278 ve 135); kaynak üstünde kaldığı için sayım dışı tutulan artçı sayısı 218 yerine 231 olur. Bu karşılaştırma bu çalışmanın işletimsel duyarlılık sınamasıdır; iki derinlik arasındaki fark, sayımların kaynak geometrisi varsayımına ne ölçüde bağlı olduğunu gösterir. Sonlu kaynak dikdörtgeni 83°/84°/−175° geometrisinde kurulmuştur (NP1; seçim ölçütü: haritalanmış diri fay izi doğrultusu). Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlem için lob–gölge deseni farklı çıkar. Alanın büyük bölümü küçük genliklidir: ızgaranın yalnız %20 kadarında |ΔCFS|, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası −0,015 bar, %5–95 aralığı −0,45 ile 0,11 bar arası, %1–99 aralığı −4,9 ile 0,36 bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında ıraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmamıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta\tau + \mu' \cdot \Delta\sigma_n$). İki panel aynı kadraj ve aynı kaynak geometrisiyle çizildiğinden, birleşik alandaki desenin hangi bileşenden doğduğu doğrudan okunabilir. Gözlemsel karşılık olarak β oran-değişim istatistiği (Matthews ve Reasenberg, 1988) hesaplanmış; 36×36 düğümlü haritada 839 düğümde oran artışı (β > 2), 46 düğümde sismik gölge (β < −2) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı E ≥ 1 olan 1.143 düğüm değerlendirilmiştir; n = 2.708). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göredir: 1.143 düğüm birlikte sınandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 26 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.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel katalogdan Mc = 1,7 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,81 ± 0,02 kestirilmiştir (eşik üstü N = 1.437; toplam 2.708 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 4,53, yıl ve km² başına normalleştirilmiş değeri a′ = −0,29 olarak hesaplanmıştır (5,2 yıl, 12.500 km²). Katalog büyüklüklerinin %99 kadarı ML türündedir; moment büyüklüğü ölçeğindeki kayıtların payı %1 düzeyindedir. b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve b'nin standart sapması yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından b, b = 1 referansıyla ya da başka kataloglarn b değerleriyle anlamlılık sınamasına sokulmamıştır. Tamlık eşiği ve b, büyüklük örnekleminin 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı Mc için 1,7–1,9, b için 0,79–0,83 olarak bulunmuştur. Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta M ≥ 6,0 (9 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca 5,0 ≤ M < 6,0 (11 kayıt); toplam 20 kayıt. Derlemedeki en büyük olay 1999 yılında, dış merkeze 144 km uzaklıkta gerçekleşen M 7,6 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1953 M 7,3 (89 km); 1912 M 7,2 (90 km); 1964 M 6,8 (61 km); 1912 M 6,7 (87 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 3 kaydı şunlardır: 26.09.2019 M 5,7 (4,2 km); 22.10.1905 M 5,8 (9,6 km); 13.03.1952 M 5,4 (14 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız M ≥ 6,2 olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 2 kez gözlenmiştir (125 yıllık gözlem süresi). Ayrıştırma öncesinde aynı alanda çalışma olayından önce eşik üstü 4 kayıt bulunmaktadır; bunların 2'si bağımsız olaydır. Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının %95 güven aralığı 17–520 yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936).

Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca M ≥ 6,2 için tam varsayılmıştır; varsayım sınanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 56 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 1,8) 560 olay kaydedilmiştir; bu sayı 6,2 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (26.04.2015 – 24.04.2020) aynı dairede ve aynı eşikte 819 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,45 olay/gün düzeyindedir. Oran katı 14'tür (%95 güven aralığı 12–15); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralıktır (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha geniştir. Ana şoku izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (ilk pencerede tamlık eşiği 2,9) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı arka plan oranının altındadır (0,40 kat; %95 güven aralığı 0,31–0,52); arka plan dönemi kendi içinde dizi sönümlerini de taşıdığından ve ağ duyarlılığı dönemler arasında değişebildiğinden bu düşüklük olay öncesi bir sakinleşme kanıtı olarak yorumlanmamıştır; sınama yalnız anılan daireyi kapsar, çalışma kutusunun tamamı için yapılan dönem bölütlemesi başka bir alanı ölçer. Arka plan döneminin b değeri, çalışma kutusunun tamamında ve pencereyle aynı tamlık eşiğinde (Mc = 1,7) kestirilmiştir: b = 1,04 ± 0,03 (N = 1.362; belirsizlik kestiricisi: Shi ve Bolt, 1982). Pencere değeriyle farkı |Δb| = 0,23, birleşik belirsizlik 0,04 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını (0,08) aştığından iki dönem b bakımından ayrışmaktadır (fark, birleşik belirsizliğin 5,9 katıdır). Birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu ayrışma, b değerinde fiziksel bir değişimin kanıtı olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir. Arka plan dönemi çalışma kutusunda büyük bir depremi ve dizisini içermektedir (tarihsel derlemeden: 26.09.2019 M 5,7). Bu depremin Gardner–Knopoff zaman penceresi (0,9 yıl) arka plan döneminin zamanca %12'sini kapsadığından dönemin olay sayısı ve oranı, ayrıştırılmış (bağımsız) sayım dâhil, bu diziden etkilenir; arka plan oranı bu nedenle diziden arınmış bir taban değildir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 271 olay) arasında 8,4 km yer değiştirmiştir (azimut 33°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.689,3 gün; ortalama 5,0 m/gün). Bu ölçü iki ortalamanın farkıdır; bir göç modeli uydurması değildir. Duyarlılık olarak dış merkez koordinatlarının zamana göre doğrusal eğilimi 60° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 27°'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 = 0,12, n_{etkin} = 15 ile |z| = 0,4; doğu–batı bileşeninde r = 0,15, n_{etkin} = 46 ile |z| = 1,0. |z| değerleri 1,96 eşiğinin altında kaldığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayırt edilememektedir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 2.708 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 9 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.318 gün, 0,63 olay/gün; 0,8 gün, 98,0 olay/gün; 11 gün, 9,7 olay/gün; 96 gün, 2,3 olay/gün; 398 gün, 1,0 olay/gün; 0,6 gün, 534,7 olay/gün; 2,9 gün, 92,9 olay/gün; 18 gün, 12,0 olay/gün; 68 gün, 4,0 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $4{,}05\times10^{18}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama Mw 6,25 moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; GCMT çözümü bulunan öbür 2 olay toplama GCMT skaler momentiyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %74'tür. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: M ≥ 5,2) 2 olay toplam nominal momentin %96 kadarını, kalan 2.706 olay %4 kadarını taşımaktadır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

USGS ShakeMap'in (sürüm 8; otomatik ürün; 20.06.2025) model kestirimine göre tepe şiddet MMI 8,0, en büyük yer ivmesi (PGA) 0,351 g ve en büyük yer hızı (PGV) 35,3 cm/s olarak hesaplanmıştır (Wald ve Worden, 2020); bu sürümde 81 sismik istasyon kaydı ve 516 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 73'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır (Worden vd., 2018); 443 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 0,115 g ile KO.SINB istasyonundadır (hiposantra 36,9 km); en yüksek PGA'lı 10 istasyonun 6 tanesinde gözlem bağıntı kestiriminin üstünde, 4 tanesinde altındadır. ShakeMap istasyon listesindeki KO.CRLU (ShakeMap 0,319 g, ESM 0,0326 g; oran 9,8) ve KO.TEKI (ShakeMap 0,217 g, ESM 0,0221 g; oran 9,8) PGA değerleri aynı istasyonun bağımsız kaydından belirgin biçimde yaklaşık 10 kat büyüktür (birim ya da kazanç kuşkusu); bu satırlar en yüksek gözlenen değer ve bağıntı kıyası sayımlarına alınmamıştır — bu çalışmanın makullük ölçütü: oran 10 kat ± %30 ya da |ln(gözlem/bağıntı)| > 1,5 ile en az 2 kat fark. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 938 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 7,3 değerini vermektedir. USGS ShakeMap model şiddeti MMI 8,0 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 20.10.2026 13:57:02 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. USGS DYFI ürününde (14.10.2026) en yüksek topluluk şiddeti CDI 7,3, yalnız Silivri (2 bildirim) yerleşiminden gelir; en az 3 bildirimli yerleşimlerde en yüksek değer Değirmen'de (3 bildirim) CDI 7,2 olarak hesaplanmıştır (Wald vd., 2011). Birkaç bildirime dayanan değerler gürültülüdür (Atkinson ve Wald, 2007). USGS PAGER (sürüm 7; 16.05.2025) model kestirimine göre MMI VII ve üzeri şiddete maruz kalan nüfus yaklaşık 849 bin kişidir; can kaybı uyarı düzeyi sarı (ölüm sayısının en az 1.000 kişi olma olasılığı %7,7) ve ekonomik kayıp uyarı düzeyi turuncu (kaybın en az 1 milyar ABD doları olma olasılığı %36); bu kestirim ShakeMap sürüm 7 ve önceki köken çözümüyle hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 8). 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 7; 16.05.2025; özgün dilde): “Orange alert for economic losses. Significant damage is likely and the disaster is potentially widespread. Estimated economic losses are less than 1% of GDP of Turkey. Past events with this alert level have required a regional or national level response.” “Yellow alert for shaking-related fatalities. Some casualties are possible.” USGS PAGER'ın yapı stoku yorumu (özgün dilde): “Overall, the population in this region resides in structures that are a mix of vulnerable and earthquake resistant construction. The predominant vulnerable building types are adobe block and dressed stone/block masonry construction.” USGS PAGER'ın tarihsel kıyas yorumu (özgün dilde): “A magnitude 7.6 earthquake 199 km east of this event struck Kocaeli, Turkey on August 17, 1999 (UTC), with estimated population exposures of 1,263,000 at intensity VIII and 396,000 at intensity IX or greater, resulting in a reported 17,439 fatalities.” Yorumdaki uzaklık PAGER'ın kendi kayıtlarıyla tutmamaktadır; PAGER'ın girdi kökeni ve tarihsel kaydındaki koordinatlara göre anılan 17.08.1999 depremi PAGER'ın girdi kökeninden 151 km uzakta ve doğu yönündedir (azimut 92°). USGS yer yenilmesi ürününe (ground failure; sürüm 7; 16.05.2025) göre heyelan modeli (Nowicki Jessee vd., 2018) yeşil uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı heyelan alanını yaklaşık 0,01 km² ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 20 kişi (±11) olarak, sıvılaşma modeli (Zhu vd., 2017) yeşil uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı sıvılaşma alanını yaklaşık 0,89 km² (±0,1) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 600 kişi (±140) olarak kestirmektedir; bu kestirim ShakeMap sürüm 7 ve önceki köken çözümüyle hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 8). 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 4,9 km); MMI IV eşiği dış merkezden yaklaşık 150 km uzaklığa kadar aşılmaktadır. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 7,9), 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.SILV istasyonunun (R = 25,5 km, İstanbul) 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 = 0,18 s periyodunda Sa = 0,19 g tepe değerine ulaşmakta, süzgeçsiz ham kayıtta zemin ivmesi PGA = 0,056 g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KOERI). KO.SILV istasyonunun tepe yer ivmesi işlem türüne göre farklıdır: süzgeçsiz ham kayıtta 0,0562 g, 0,025–8,0 Hz süzgeç sonrası yatay tepe değeri 0,0520 g ve USGS ShakeMap'in işlenmiş istasyon değeri 0,0480 g; değerler aynı kaydın farklı işlemlerinden gelir. İstasyon zemin koşulu Vs30 = 740 m/s olup TBDY-2018'e göre ZC sınıfındadır (TADAS istasyonu 3404, 1,4 km uzaklıkta); harita parametreleri Ss = 0,786, S_1 = 0,231, 475 yıllık PGA = 0,323g (en yakın TADAS noktası 3404, 1,4 km). TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 0,943g, SD1 = 0,347g, TA = 0,073 s, TB = 0,367 s) ile kıyaslandığında KO.SILV kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 0,20 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıtta hiçbir periyot bandında aşılmamıştır. Fiziksel tutarlılık denetiminden geçen 5 istasyonun her biri kendi zemin sınıfının tasarım spektrumuyla kıyaslandığında en büyük gözlenen/tasarım oranı 0,45'tir (KO.GUZE, R = 30,1 km, T = 0,33 s, ZC sınıfı); zarf hiçbir istasyonda aşılmamıştır. Çevredeki 4 ivme-ölçer istasyonu ana istasyonla birlikte 26–32 km gibi dar bir uzaklık aralığındadır (0,10 onlu); bu aralıkta PGA'nın uzaklıkla azalımı gözlenmemektedir (Spearman ρ = 0,80, p = 0,13, n = 5). Kayıt ağının tamamı kullanıldığında yer hareketinin uzaklıkla azalımı doğrudan ölçülebilmektedir: 92 kuvvetli yer hareketi kaydına oturtulan $\log_{10}\mathrm{PGA} = a + b\cdot\log_{10}R$ doğrusu a = 4,14 ± 0,21, b = −2,02 ± 0,10 vermekte, açıklanan değişkenlik R^2 = 0,83 olmaktadır (uzaklık aralığı 27–379 km, 1,2 onlu). Uzaklık–genlik ilişkisinin sıra korelasyonu Spearman ρ = −0,91'dir (n = 92, 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 FORMU KAYDI

Olayın dalga formu KO.SILV istasyonunda kaydedilmiştir (dış merkez uzaklığı 25,5 km, geri azimut 185°; algılayıcı: ivmeölçer) ve 3 bileşen (Z, N, E) 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 33 s) çözümlenen kayıt oluş anından 28 s önce başlar ve 596 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. Cihaz yanıtı giderilmiştir (kutup–sıfır aktarım işleviyle); genlikler cm/s² biriminde verilmiştir. Kuramsal P ve S varışları oluş anından 5,16 s ve 9,04 s sonradır (Kalafat vd., 1987 hız modeli).

USGS ETKİ ÖZETİ (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.

Etki özeti (impact-text; 11.07.2025; bildirilen etkilerin USGS derlemesidir, bu çalışmanın sayımı değildir): “One person died from a heart attack, at least 359 people injured and 4,295 buildings damaged across the Marmara Region. Maximum intensity VIII. A local tsunami generated with maximum wave heights of 6 cm at Erdek, 5 cm at Marmara Ereglisi and Sarkoy, 4 cm at Esenkoy and 3 cm at Silivri.”

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

23.04.2025 tarihli Silivri (İstanbul) depremi (Mw 6,2; odak derinliği 4,9 km), Marmara Denizi ve Kuzey Anadolu Fayı kuzey kolu bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı faylar Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kumburgaz Fayı parçası (1-35) (0,8 km) ve Mecidiye Fayı (59 km) olarak belirlenmiştir. GCMT moment tensörü çözümü (M_0 = 2,987×10¹⁸ N·m; Mw 6,25) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sağ yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde sol yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %61 düzeyindedir. Kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla gerilme düşümü 0,17–1,5 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözetildiğinde 0,36 MPa olarak kestirilmiştir. Artçı bulutunun uzun ekseni 86° doğrultusundadır ve NP1 düğüm düzlemine yakındır (doğrultu farkı 3°); gerçek kırık düzlemi NP1 olarak kısıtlanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 117° (odak mekanizması açılarının belirsizliğini de içeren yeniden örnekleme aralığı 106–130°; yön gevşek kısıtlı) ve rejimi doğrultu atımlı faylanma olarak vermektedir; olayın mekanizması bu gerilme alanıyla uyumludur. Büyüklük–frekans dağılımı Mc = 1,7 tamlık eşiğinin üzerinde b = 0,81 ± 0,02 vermiştir (N = 1.437).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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 sonlu fay modelinin moment hızı fonksiyonu ve USGS artçı deprem kestirimi, bu olay için gerekli veri kullanılan kaynaklarda bulunmadığından kurulamamış; kosismik yatay yer değiştirme karşılaştırması, kosismik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından kurulamamış; bağımsız konum sınaması, yakın istasyon kayıtlarında P artığı hesaplanamadığından 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. 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: Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı, yinelenme aralığı (nadirlik), mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni) ve artçı dönemi b değeri. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 24.04.2020 – 22.07.2025 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 2.708 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, 24.04.2020 – 22.07.2025 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, KOERI, ISC, EMSC); 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.) ve EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.). Pencere kataloğunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde GFZ (GEOFON Data Centre, 1993), GSI, INGV, NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) ve USGS (U.S. Geological Survey, 2017); arka plan döneminin sorgusunda NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975) 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 (20 kaydın 13 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.SILV istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (3404, 1,4 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). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 29.10.2026). Dalga formu kaydı (KO.SILV) 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).

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).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, KOERI, ISC, EMSC) 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. © 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*	23.04.2025 09:49:10	40,8437°K	28,2154°D	4,9	6,2	Mw	—	22.08.2026 18:28
KOERI	23.04.2025 09:49:09	40,8355°K	28,2307°D	12,1	6,2	ML	—	27.10.2026 20:41
USGS	23.04.2025 09:49:11	40,8342°K	28,1897°D	12,7	6,2	Mww	gözden geçirilmiş	20.10.2026 13:57
EMSC	23.04.2025 09:49:11	40,8327°K	28,2267°D	15,2	6,2	Mw	—	22.08.2026 19:34
GFZ	23.04.2025 09:49:11	40,921°K	28,104°D	10,0	6,2	Mw	—	23.08.2026 16:17
ISC (ISK)	23.04.2025 09:49:09	40,8355°K	28,2307°D	12,1	6,2	Mw	aktarılmış çözüm; konumu KOERI ile özdeş	28.08.2026 16:40
ISC (NEIC)	23.04.2025 09:49:11	40,8342°K	28,1897°D	12,7	6,3	Mw	aktarılmış çözüm; konumu USGS ile özdeş	28.08.2026 16:40
INGV	23.04.2025 09:49:11	40,9148°K	28,2156°D	8,6	6,2	Mwp	uzak ağ çözümü	25.08.2026 01:02
NIEP	23.04.2025 09:49:10	40,8197°K	28,1708°D	10,0	6,2	ML	uzak ağ çözümü	24.08.2026 21:02
GSI	23.04.2025 09:49:10	40,8348°K	28,1729°D	7,6	6,2	MLv	uzak ağ çözümü	25.08.2026 02:49

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 658148). Benimseme sırası: olağan çözümler aktarılmış ve 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. Aktarılmış çözüm: ISC'nin başka bir kurumdan aktardığı çözüm (parantezde üreten kurum); uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü; konumu (kurum) ile özdeş: enlem, boylam ve derinlik adı verilen kurumun çözümüyle birebir aynıdır (bağımsız konum çözümü sayılmaz). 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 14:13 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	109,7 × 101,8 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 2.708)
Artçı bulutu (uzun × kısa)	62,3 × 22,4 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 1.055)
Derinlik bandı	0,0–17,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana ekseni	86° (%95: 82–89°)	ana bileşen ekseni · artçı bulutu · uzama 2,19 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı)
Kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni)	104°	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	83°/84°/−175°	GCMT odak mekanizması · NP1 düzlemi: diri fay izi doğrultusuna açı farkı 4°, öteki düzlem 86°
Kırılma uzunluğu L	20,2 km	Wells ve Coppersmith (1994) — doğrultu atımlı kol
Kırılma genişliği W	8,5 km	üst kenar 7,8 km, alt kenar 16,2 km derinlikte
Ortalama kayma ū	0,58 m	$M_0 = \mu \cdot L \cdot W \cdot \bar{u}$ denkliğinden; rijitlik μ = 30 GPa
Sürtünme katsayısı μ′	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	12,0 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli; kaynak merkezi GCMT moment tensörü sentroid derinliğine bağlanmıştır: benimsenen hiposantr derinliği (4,9 km) öbür bağımsız kurumların 10,0–15,2 km aralığının dışındadır (bu çalışmanın işletimsel ölçütü)
Izgara	71 × 70	141 × 138 km
Ortanca ΔCFS	−0,015 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca |ΔCFS|	0,034 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	−0,45 ile 0,11 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	−4,9 ile 0,36 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
|ΔCFS| > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%20	hesap ızgarasında |ΔCFS| yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren artçı	1.055	nokta hesabı · 218 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	424 / 278 / 135	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 837 · yük %51, gölge %33
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	572 / 153 / 112	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 837 · yük %68, gölge %18
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 128° · 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	704 / 41 / 92	duyarlılık · 136 artçının sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	467 / 235 / 135	duyarlılık · SHmax 113°, şekil oranı 0,36: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 15) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (3 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 12); birincil alandan farkı 14,6° (127,8° ↔ 113,2°) · 195 artçının sınıfı değişir; birincil alan ana şok mekanizmasından alınmıştır

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Yük / gölge / yansız — düğüm düzlemleri	4 / 0 / 1	alıcı: artçının kendi düğüm düzlemi · n = 5 · yük %80, gölge %0
Yük / gölge / yansız — boş model	195 / 170 / 428	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 793 · yük %25, gölge %21
— yalnız serbest derinlikli artçılar	291 / 145 / 91	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 527 · yük %55, gölge %28

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

Tablo 5. 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*	6,2	$2{,}89\times10^{18}$	83/77/178	173/88/13	11,5	%57	gözden geçirilmiş
Mwb	6,2	$2{,}44\times10^{18}$	83/85/179	174/89/5	9,0	%94	gözden geçirilmiş

Not: Kaynak: USGS ComCat moment tensörü ürünleri, son güncelleme 11.07.2025 (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, Mwb cisim dalgası moment tensörü.

Tablo 6. Gözlenen yer hareketi azalımı: $\log_{10}PGA = a + b\cdot\log_{10}R$ (tek olay, en küçük kareler).

Nicelik	Değer	Belirsizlik / not
Kesişim a	4,14	± 0,21
Eğim b	−2,02	± 0,10
Açıklanan değişkenlik R^2	0,83	RMSE 0,30
Spearman ρ	−0,91	p < 0,001
Kayıt sayısı	92	
Uzaklık aralığı	27–379 km	1,2 onlu
PGA aralığı	0,03–16,81 %g	
Vs30 eşleşen istasyon	35	renk kodlaması bu alt kümede
Güven bandı	%95	t = 1,99

Not: Bu bir yer hareketi kestirim denklemi (GMPE) değildir; bu olayın gözlenen azalım eğimidir.

Tablo 7. Dalga formu kaydının künyesi — 23.04.2025 Mw 6,2 çalışma olayı, KO.SILV istasyonu, algılayıcı ivmeölçer (SARA SA10, 2G 100Hz / SL06), dış merkez uzaklığı 25,5 km, geri azimut 184,5°; istenen pencere oluş anından 60 s önce – 600 s sonra; süzgeç öncesinde konik pencereyle yumuşatılan iki ucun her birinden 33 s kırpılmıştır; çözümlenen kayıt oluş anından 28 s önce başlar ve 568 s sonra biter (596 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	596	59.588	11,0
N	HNN	100	596	59.588	41,8
E	HNE	100	596	59.588	51,0

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

Tablo 8. USGS ShakeMap istasyon kayıtları — en yüksek yer ivmeli sismik istasyonlarda gözlem ve bağıntı kestirimi.

İstasyon	Hiposantral uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	PGA gözlem (g)	PGA bağıntı (g)	ln(gözlem/bağıntı)	PGV (cm/s)
KO.SINB	36,9	466	0,115	0,0776	+0,39	10,5
KO.YKBL	45,6	477	0,104	0,0564	+0,62	10,7
KO.BOTS	27,7	600	0,0923	0,112	−0,19	6,75
KO.MAEG	28,2	255	0,0859	0,141	−0,49	2,98
KO.AVCI	49,9	517	0,0814	0,0482	+0,52	13,7
KO.BUYK	40,8	245	0,0567	0,0810	−0,36	14,3
KO.SILV	29,6	324	0,0480	0,119	−0,91	5,40

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 8 (devam). USGS ShakeMap istasyon kayıtları — en yüksek yer ivmeli sismik istasyonlarda gözlem ve bağıntı kestirimi.

İstasyon	Hiposantral uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	PGA gözlem (g)	PGA bağıntı (g)	ln(gözlem/bağıntı)	PGV (cm/s)
KO.KAVV	78,5	583	0,0420	0,0232	+0,59	2,05
KO.ESKY	67,4	642	0,0341	0,0288	+0,17	2,11
KO.ASYA	62,6	600	0,0333	0,0332	0,00	2,47

Not: Kaynak: USGS ShakeMap sürüm 8 (otomatik ürün; 20.06.2025) istasyon listesi (Wald ve Worden, 2020). Listedeki 81 sismik istasyondan PGA'sı bildirilmiş ve USGS tarafından işaretlenmemiş olanların en yüksek PGA'lı 10 tanesi verilmiştir. Gözlem kaydın en büyük yer ivmesidir; bağıntı değeri ShakeMap'in yer hareketi bağıntılarının istasyon konumundaki kestirimidir; ln(gözlem/bağıntı) bu çalışmada hesaplanmıştır. ShakeMap istasyon listesindeki KO.CRLU (ShakeMap 0,319 g, ESM 0,0326 g; oran 9,8) ve KO.TEKI (ShakeMap 0,217 g, ESM 0,0221 g; oran 9,8) PGA değerleri aynı istasyonun bağımsız kaydından belirgin biçimde yaklaşık 10 kat büyüktür (birim ya da kazanç kuşkusu); bu satırlar en yüksek gözlenen değer ve bağıntı kıyası sayımlarına alınmamıştır (bu çalışmanın makullük ölçütü: oran 10 kat ± %30 ya da |ln(gözlem/bağıntı)| > 1,5 ile en az 2 kat fark). KO.SILV istasyonunun tepe yer ivmesi işlem türüne göre farklıdır: süzgeçsiz ham kayıtta 0,0562 g, 0,025–8,0 Hz süzgeç sonrası yatay tepe değeri 0,0520 g ve USGS ShakeMap'in işlenmiş istasyon değeri 0,0480 g; değerler aynı kaydın farklı işlemlerinden gelir. ShakeMap bu sürümde kırık modeli kullanmamıştır (nokta kaynak); uzaklık hiposantra göredir; Vs30 ShakeMap'in istasyona atadığı zemin değeridir.

Tablo 9. USGS PAGER maruz nüfus kestirimi — şiddet düzeylerine göre kestirilen nüfus (bin kişi).

Şiddet (MMI)	Kestirilen nüfus (bin)	Türkiye	Bulgaristan	Yunanistan
VIII	60	60	0	0
VII	789	789	0	0
VI	3.290	3.290	0	0
V	6.929	6.929	0	0
IV	15.990	15.526	360	104
III	≥ 1.710	≥ 1.496	≥ 126	≥ 89

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 7 (16.05.2025) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler PAGER'ın ShakeMap şiddet alanı ve nüfus verisiyle hesapladığı model kestirimidir, sayım ya da gözlem değildir; bin kişi biriminde, 10.000 kişinin altında bir ondalıkla yuvarlanmıştır. PAGER genel uyarı düzeyi turuncu. 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 7 ve önceki köken çözümüyle hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 8).

Tablo 10. USGS PAGER yerleşim listesi — kestirilen şiddete göre ilk yerleşimler.

Yerleşim	Kestirilen şiddet (MMI)	Nüfus	Dış merkeze uzaklık (km)
Çorlu	7,5	202.578	49,5
Esenyurt	6,7	211.330	43,8
Bueyuekcekmece	6,6	163.140	36,8
Marmaracık	6,6	6.182	55,9
Gürpınar	6,4	29.411	37,4
Beylikduezue	6,3	122.452	38,8
Velimeşe	6,3	7.893	53,6
Yakuplu	6,3	28.811	41,9
Sultanköy	6,2	2.708	27,4
Çanta	6,2	5.470	28,4

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 7 (16.05.2025) şehir listesi (U.S. Geological Survey, 2017); şiddet PAGER'ın kullandığı ShakeMap alanından okunan model değeridir. 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 7 ve önceki köken çözümüyle hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 8).

Tablo 11. 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)*	yeşil / yeşil	0,01	20 ± 11	7 (güncel 8)
Heyelan	nowicki_2014_global	—	8	2.827	7 (güncel 8)
Heyelan	godt_2008	—	0	0	7 (güncel 8)
Sıvılaşma	Zhu vd. (2017)*	yeşil / yeşil	0,89 ± 0,1	600 ± 140	7 (güncel 8)
Sıvılaşma	zhu_2015	—	1	525	7 (güncel 8)

Not: Kaynak: USGS yer yenilmesi ürünü (ground failure) sürüm 7 (16.05.2025) 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). Bu kestirim ShakeMap sürüm 7 ve önceki köken çözümüyle hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 8).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 12. 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
01.10.1995	6,4	31,2	349	1.215	101 / 101	yok	kapsam dışı
17.08.1999	7,6	17,0	145	10.748	17.439 / 17.439	tsunami	7,6 (Mw)
12.11.1999	7,2	10,0	252	451	894 / 894	heyelan	kapsam dışı

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 7 (16.05.2025) tarihsel kıyas listesi (U.S. Geological Survey, 2017); PAGER'ın bu olay için seçtiği tarihsel depremler PAGER kataloğundaki değerleriyle verilmiştir. MMI VI ve üzeri nüfus PAGER'ın o deprem için kestirdiği maruziyettir (model kestirimi, bin kişi); ölü sayıları PAGER kataloğunda bildirilen değerlerdir ve toplam, ikincil etkilere bağlanan ölümleri de içerir; ikincil etkiler PAGER kataloğunda işaretli olanlardır. Dış merkeze uzaklık bu çalışmada çalışma olayının dış merkezinden hesaplanmıştır. Son sütun bu çalışmanın tarihsel kataloğunda ±1 gün ve 100 km içinde eşleşen kaydın büyüklüğüdür; katalog dış merkezin 150 km çevresinde M ≥ 6, 60 km içinde M ≥ 5 ve 188 km içinde M ≥ 7 kayıtları kapsar; — eşleşen kayıt olmadığını, kapsam dışı ibaresi depremin bu ölçütlerin dışında kaldığını gösterir.

Tablo 13. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (26.04.2015 – 24.04.2020), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	2.708	3.509
Oran (olay/gün)	1,41	1,92
Mc (dönemin kendi eşiği)	1,7	1,6
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 1,7)	1.437	1.362
b ± σ_b (ortak Mc = 1,7)	0,81 ± 0,02	1,04 ± 0,03
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	883 (%33)	1.601 (%46)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,46	0,88

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Arka plan döneminde kutuda M ≥ 5 bir deprem vardır (26.09.2019 M 5,7); Gardner–Knopoff penceresi (344 gün / 49 km) dönemin %12'sini kapsadığından bağımsız olay satırlarındaki fark ayrıştırmanın etkisini de taşır ve tek başına sismisite değişimi değildir.

Tablo 14. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
GSI	6,2	MLv
NIEP	6,2	ML
AFAD	6,2	Mw
KOERI	6,2	ML
INGV	6,2	Mwp
USGS	6,2	Mww
ISC	6,2	Mw
ISC	6,3	Mw
EMSC	6,2	Mw
GFZ	6,2	Mw
GCMT (moment)	6,25	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 4 kurum değeri aynıdır (6,2). Aktarılmış çözümler (ISC Mw 6,2; ISK çözümünün aktarımı; ISC Mw 6,3; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: GSI MLv 6,2 (yerel büyüklük; uzak ağ çözümü); NIEP ML 6,2 (yerel büyüklük; uzak ağ çözümü); KOERI ML 6,2 (yerel büyüklük); INGV Mwp 6,2 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir. Değerler birleşik arşivin 29.10.2026 14:13 UTC kayıtlarıdır; sonraki kurum güncellemeleri çizelgede yoktur.

Tablo 15. USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişi).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
Köken	us	23.04.2025 10:01	gözden geçirilmiş	40,84°K 28,14°D · 10,0 km · Mww 6,2	yatay 4,1 km; Δz −2,7 km
Köken	us	11.07.2025 15:46	gözden geçirilmiş	40,83°K 28,19°D · 12,7 km · Mww 6,2	güncel çözüm
ShakeMap	sürüm 1	23.04.2025 10:06	otomatik	en büyük MMI 6,3	ΔMMI −1,7
ShakeMap	sürüm 4	23.04.2025 12:06	otomatik	en büyük MMI 7,3	ΔMMI −0,7
ShakeMap	sürüm 5	24.04.2025 10:08	otomatik	en büyük MMI 8,1	ΔMMI 0,0
ShakeMap	sürüm 7†	16.05.2025 08:00	otomatik	en büyük MMI 8,0	ΔMMI 0,0
ShakeMap	sürüm 8	20.06.2025 04:37	otomatik	en büyük MMI 8,0	son sürüm
PAGER	—	23.04.2025 10:09	otomatik	uyarı yeşil	—
PAGER	—	23.04.2025 10:27	otomatik	uyarı sarı	—
PAGER	—	23.04.2025 10:41	otomatik	uyarı yeşil	—
PAGER	sürüm 7	16.05.2025 08:03	otomatik	uyarı turuncu	raporda kullanılan

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 15 (devam). USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişi).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
Moment tensörü	Mww · 6 sürüm	23.04.2025 – 11.07.2025	—	Mw 6,2	—
Moment tensörü	Mwr · 1 sürüm	23.04.2025 10:01	—	Mw 6,2	—
Moment tensörü	Mwb · 6 sürüm	23.04.2025 – 11.07.2025	—	Mw 6,2	—

Not: Kaynak: USGS ComCat sürüm geçmişi (FDSN olay hizmeti, includesuperseded=true; sorgu 22.10.2026 13:24 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 5, ShakeMap 8, PAGER 7. Köken farkları us ağının güncel çözümüne (11.07.2025 15:46 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. moment tensörü satırları sürüm sayısını, ilk ve son güncellemeyi ve büyüklüğü verir.

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	2.708	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 2.708)
Ortanca derinlik (serbest)	8,2 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 1.634 (1.074 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	4,1–15,5 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	0,0–17,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 35,2 km arası	en sığ / en derin kayıt
Histogram tepesi	7–8 km	1.249 olay · 1 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %35	949/2.708 olay
Varsayılan sabit derinlikler	125 olay	0/5/10/33 km · n = 2.708

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 95 izden (4 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 1 ad altında; kaynak: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026).

Fay / fay sistemi	Dış merkeze uzaklık (km)	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü
Kuzey Anadolu Fay Zonu	0,8	207,5	8	SaD

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu ad 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): Kuzey Anadolu Fay Zonu (274,6 km). Kayma türü kodu: SaD sağ yönlü doğrultu atımlı.

Tablo A3. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 39 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ±120 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	17.08.1999	40,75	29,86	17	182	74	3	7,57	doğrultu atımlı
2	23.04.2025	40,83	28,19	13	83	84	−175	6,25	doğrultu atımlı
3	10.08.2025	39,37	28,02	10	305	42	−82	6,18	normal
4	05.07.1983	40,33	27,23	10	254	49	−173	6,08	eğik/karma
5	13.09.1999	40,71	30,05	13	268	59	−176	5,78	eğik/karma (eşiğe yakın)
6	26.09.2019	40,90	28,15	8	273	49	144	5,67	ters (eşiğe yakın)
7	11.11.1999	40,74	30,27	22	301	50	−175	5,63	eğik/karma
8	21.10.1983	40,13	29,38	14	217	90	180	5,41	doğrultu atımlı
9	28.09.2025	39,28	28,91	10	73	46	−142	5,34	eğik/karma
10	03.11.2010	40,42	26,33	15	254	85	−177	5,33	doğrultu atımlı
11	18.07.1979	39,67	28,66	10	111	34	−85	5,31	normal
12	24.04.1988	40,90	28,11	19	356	71	−11	5,28	doğrultu atımlı
13	06.07.2003	40,42	26,13	17	73	77	173	5,24	doğrultu atımlı
14	25.07.1999	39,31	28,00	10	250	67	−158	5,21	eğik/karma (eşiğe yakın)
15	29.09.1999	40,74	29,35	10	66	48	−171	5,16	eğik/karma
16	31.08.1999	40,71	29,95	10	329	33	−22	5,15	eğik/karma
17	19.08.1999	40,62	29,14	10	273	45	−120	5,13	normal

devamı izleyen sayfada

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3 (devam). Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 39 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ±120 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
18	10.01.2023	39,47	26,25	10	330	52	−23	5,12	eğik/karma
19	23.04.2025	40,85	28,27	10	353	79	−11	5,12	doğrultu atımlı
20	20.02.2019	39,69	26,40	10	331	54	−42	5,11	eğik/karma

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 7,0 km ayrışır (17.08.1999); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 27 bağımsız küme (en büyük küme 6 çözüm).

Tablo A4. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Mekanizma arama penceresindeki çözümler	istatistiksel güç	n ≥ 3 · mevcut 2	Çalışma olayı çevresindeki mekanizmalar, kırılan fay sisteminin kinematiğini tek tek çözümlerden daha güvenilir gösterir; arama penceresi dizinin kendisi değildir ve zaman sınıfları (ana şoktan önce, ana şok, ana şoktan sonra) pencere kuralından gelir, öncü ya da artçı nitelemesi taşımaz. Bu olayda: kullanılan arşivde (GCMT) arama penceresinde bulunan mekanizma sayısının yetersizliği (n = 2 < 3).
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	istatistiksel güç	n ≥ 3 · mevcut 2	Kanallanma, kaymanın ana fay yüzeyine ne kadar bağlı kaldığını ölçer; dik uzaklık dış merkez konum hatasını taşıdığı için birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmaz. Bu olayda: ana faya uzaklığı ve kayma azimutu birlikte çözülen mekanizma sayısının yetersizliği (n = 2 < 3).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	n ≥ 6 · mevcut 3	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 = 3 < 6).
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Ana bileşen çözümlemesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayılanı (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: düzlem yataya yakın (eğim 2,5°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır.
Geriye dönük öncü çözümlemesi (ters Omori)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	p ≤ 0,05 · mevcut 0,140	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 ayrışmaması (negatif binom p = 0,140 > 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.
Dizi sınıflaması (çalışma olayının kendi dizisi)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Sınıflar bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir: çift deprem (en büyük iki olayda ΔM ≤ 0,3), ana şok–artçı (ΔM > 0,3 ve ilk olayın moment payı ≥ %50), sürü (en yakın komşu kümelenmiş bağ oranı > 0,5); hiçbiri sağlanmıyorsa dizi sınıflanmaz. Bu olayda: dizinin beyan edilen işletimsel ölçütlerle sınıflanamaması.

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.

Tablo A5. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Omori–Utsu artçı sönümü	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlıyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değerin bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü n ≥ 50, p'nin standart sapması ≤ 0,20 ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olabilirlik kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: uydurmanın ana şoktan başlaması ve ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (ilk pencerede Mc 2,9 > 1,8; eşik benimsenen değere ana şoktan 2,3 saat sonra inmektedir) — ilk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir.
Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı	Dizi oranı modeli (Reasenberg ve Jones, 1989) dizinin a, b, p ve c parametreleriyle kurulur; bu değerler dizinin kendisinden kestirilemediğinde oranın bu diziyi betimlemediği bu çalışmanın değerlendirmesidir. Bu olayda: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p, c) çekinceyle raporlanması; b değerinin de ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle aşağı yanlı olabilmesi.
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve kataloğun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; n ≥ 5 iken nokta değer %95 aralığıyla, 1 ≤ n < 5 iken yalnız aralık, n = 0 iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değer çekinceyle raporlanır. Bu olayda: eşik üstü bağımsız olay azlığı (n = 2 < 5; yalnız %95 aralığı verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (doğrultu atımlı; 12/39, %31) %95 Wilson (1927) aralığının (%17–50; 27 bağımsız küme) işletimsel %45 eşiğini içermesi.
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlık eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü N ≥ 50 ve göreli belirsizlik ≤ 0,15, çekinceli raporlama için N ≥ 30 ve göreli belirsizlik ≤ 0,25 aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Ana şoku izleyen ilk saatlerde küçük olaylar kataloğa eksik girdiğinden tamlık eşiği zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşiği benimsenen eşiği aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: ana şoku izleyen ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (zamana göre 50 olaylık kayan pencerede ilk pencerenin eşiği Mc 2,9 > 1,8; eşik benimsenen değere ana şoktan 2,3 saat sonra inmektedir) — tek eşikle kurulan b aşağı yanlı olabilir; ilk 2,3 saat dışlandığında b = 0,79 ± 0,04 (Mc 1,7; N = 568).

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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A6. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	29.04.2020 14:34:36	AFAD	40,904°K	28,429°D	ML 1,8
	29.04.2020 14:34:34	KOERI	40,853°K	28,290°D	ML 2,1
2	04.01.2021 04:16:59	KOERI	40,73°K	27,85°D	ML 2,4
	04.01.2021 04:16:57	EMSC	40,83°K	28,00°D	ML 2,8
3	21.03.2021 21:33:56	KOERI	40,516°K	28,153°D	ML 3,6
	21.03.2021 21:34:02	NIEP	40,771°K	27,712°D	ML 3,5
4	19.04.2021 06:48:30	AFAD	40,803°K	28,597°D	ML 1,8
	19.04.2021 06:48:29	KOERI	40,749°K	28,837°D	ML 1,5
5	01.05.2021 22:35:31	AFAD	40,766°K	28,550°D	ML 1,3
	01.05.2021 22:35:29	KOERI	40,839°K	28,717°D	ML 1,6
6	11.06.2021 14:49:42	AFAD	41,184°K	28,384°D	ML 0,8
	11.06.2021 14:49:37	ISC (ISK)	41,183°K	28,792°D	ML 1,1
7	13.06.2021 07:35:07	AFAD	40,868°K	28,279°D	ML 1,5
	13.06.2021 07:35:04	KOERI	40,920°K	28,023°D	ML 1,8
8	04.10.2021 03:12:10	AFAD	40,792°K	27,598°D	ML 1,5
	04.10.2021 03:12:10	KOERI	40,806°K	27,740°D	ML 1,5
9	21.12.2021 05:42:56	AFAD	40,854°K	27,988°D	ML 1,6
	21.12.2021 05:42:55	KOERI	40,830°K	28,126°D	ML 1,8
10	01.01.2022 17:57:36	AFAD	40,382°K	28,341°D	ML 1,9
	01.01.2022 17:57:36	KOERI	40,386°K	28,398°D	ML 2,1
11	24.03.2022 17:18:16	AFAD	40,687°K	28,088°D	ML 1,5
	24.03.2022 17:18:15	KOERI	40,722°K	28,128°D	ML 1,8
12	26.03.2022 19:11:56	AFAD	40,829°K	27,653°D	ML 1,1
	26.03.2022 19:11:53	KOERI	40,907°K	27,835°D	ML 1,4
Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 174 · 20 km → 186 · 40 km → 195 · 70 km → 196					

Not: İki kayıt (1) Δt ≤ 20 s, Δkonum ≤ 56 km ve ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ve Δkonum ≤ 56 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (56 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 196 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

Tablo A7. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

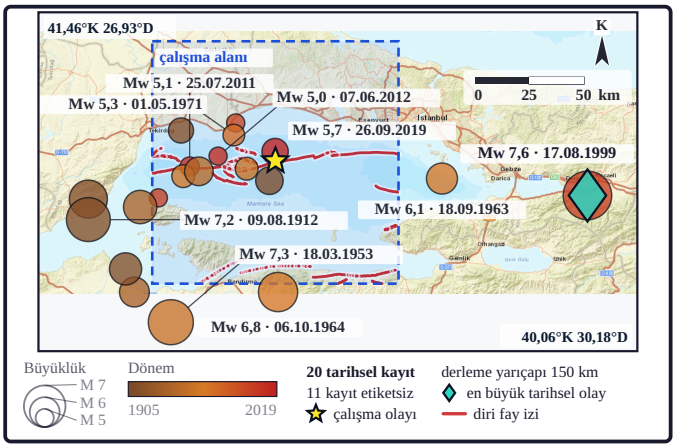
Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E_0
17.08.1999◆	7,6	Mw	16	144	M ≥ 6, 150 km içinde	Başiskele (Kocaeli)	×130
18.03.1953	7,3	Mw	10	89	M ≥ 6, 150 km içinde	Gönen — 8 km K (Balıkesir)	×45
09.08.1912	7,2	Mw	16	90	M ≥ 6, 150 km içinde	ERIKLICE-SARKOY (TEKIRDAG)	×32
06.10.1964	6,8	Mw	34	61	M ≥ 6, 150 km içinde	OKCULAR-KARACABEY (BURSA)	×7,9
13.09.1912	6,7	Mw	15	87	M ≥ 6, 150 km içinde	Kumbağ — 30 km GB	×5,6
04.01.1935	6,3	Mw	15	65	M ≥ 6, 150 km içinde	Marmara — 10 km KB (Balıkesir)	×1,4
10.08.1912	6,2	Mw	10	85	M ≥ 6, 150 km içinde	Biga — 23 km KD	×1,0
18.09.1963	6,1	Mw	40	77	M ≥ 6, 150 km içinde	ADALAR (ISTANBUL)	×0,71
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)							
26.09.2019	5,7	Mw	8	4,2	M ≥ 5, 60 km içinde	Silivri (İstanbul)	×0,18
22.10.1905	5,8	Mw	15	9,6	M ≥ 5, 60 km içinde	Marmara Ereğlisi — 30 km GD	×0,25
13.03.1952	5,4	Mw	15	14	M ≥ 5, 60 km içinde	Marmara Ereğlisi — 20 km GGD (Tekirdağ)	×0,063
01.05.1971	5,3	Mw	13	22	M ≥ 5, 60 km içinde	MARMARAEREGLISI (TEKIRDAG)	×0,045
13.04.1995	5,0	Md	11	25	M ≥ 5, 60 km içinde	Marmaraereğlisi (Tekirdağ)	×0,016

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; 20 kaydın 13 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 13 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. 20 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 5 kopya kayıt tekilleştirilmiştir (Δt ≤ 60 s ve ≤ 100 km). Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 56 km içinde) kapsadığı 3 eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 8 kaydın büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirmesidir; bu dönemin büyüklükleri kaynağa göre ≈ 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E_0: ışınan enerjinin bu olayınkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. 3 kaydın Yer hücresi GeoNames yerleşim veritabanından (GeoNames, t.y.) kurulmuştur: kurum adı ülke ya da bölge adından ibaretse ya da eşlenemezse kayda en yakın idari merkez (Türkiye'de ilçe merkezi, ayraç içinde il); uzaklık ve yön yerleşimden kayda ölçülmüştür (GeoNames (geonames.org), CC BY 4.0, erişim 26.10.2026).

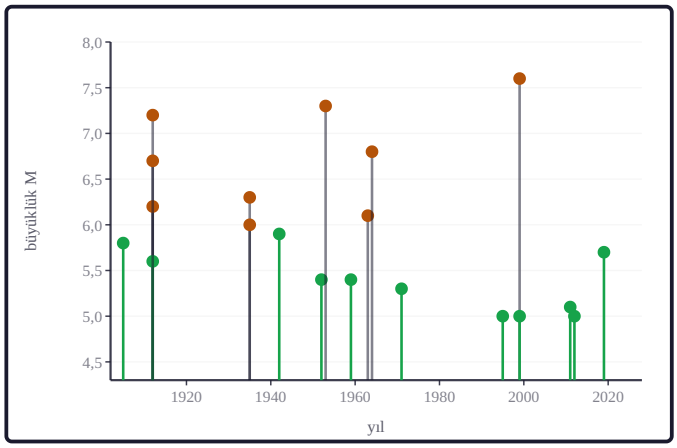
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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

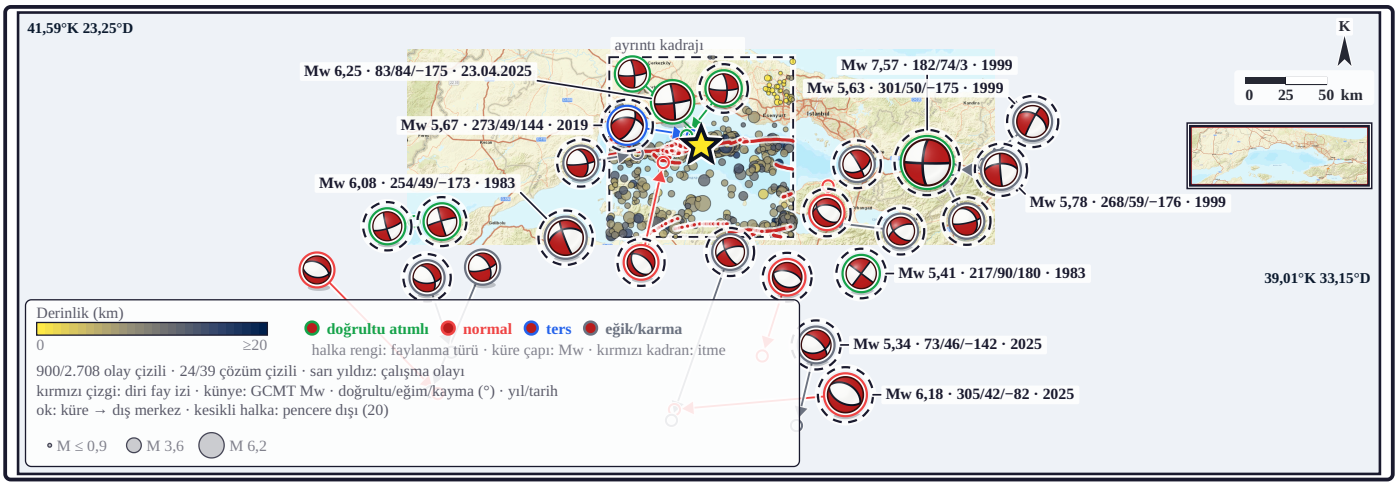
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 12a ve 12b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 12c'de verilmiştir.



Şekil 12a. *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 12b. *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 12c. *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. Mw sırasıyla en büyük 9 çözüm künyelidir (öbür 15 küre künyesizdir); künye çözümün moment büyüklüğünü (GCMT Mw), bir düğüm düzleminin doğrultu, eğim ve kayma açısını ve yılını (çalışma penceresi içindeki çözümlerde tarihini) verir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrajıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [n = 39]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 15]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).*

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

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

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

Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G. ve Barka, A. (2002) Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault? Terra Nova 14(2), 80–86. doi:10.1046/j.1365-3121.2002.00397.x

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

Bohnhoff, M., Bulut, F., Dresen, G., Malin, P. E., Eken, T. ve Aktar, M. (2013) An earthquake gap south of Istanbul. Nat. Commun. 4(1), 1999. doi:10.1038/ncomms2999

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hergert, T. ve Heidbach, O. (2010) Slip-rate variability and distributed deformation in the Marmara Sea fault system. Nat. Geosci. 3(2), 132–135. doi:10.1038/ngeo739

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

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

Kalafat, D., Gürbüz, C. ve Üçer, S. B. (1987) Batı Türkiye'de kabuk ve üst manto yapısının araştırılması. Deprem Araştırma Bülteni 59, 43–64.

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

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

Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. ve Tok, B. (2001) The active Main Marmara Fault. Earth Planet. Sci. Lett. 192(4), 595–616. doi:10.1016/S0012-821X(01)00449-6

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

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. (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

Parsons, T. (2004) Recalculated probability of M ≥ 7 earthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey. J. Geophys. Res. 109(B5), B05304. doi:10.1029/2003JB002667

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

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

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

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C. (2005) The North Anatolian Fault: a new look. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 33(1), 37–112. doi:10.1146/annurev.earth.32.101802.120415

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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; moment tensörleri: GCMT).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır