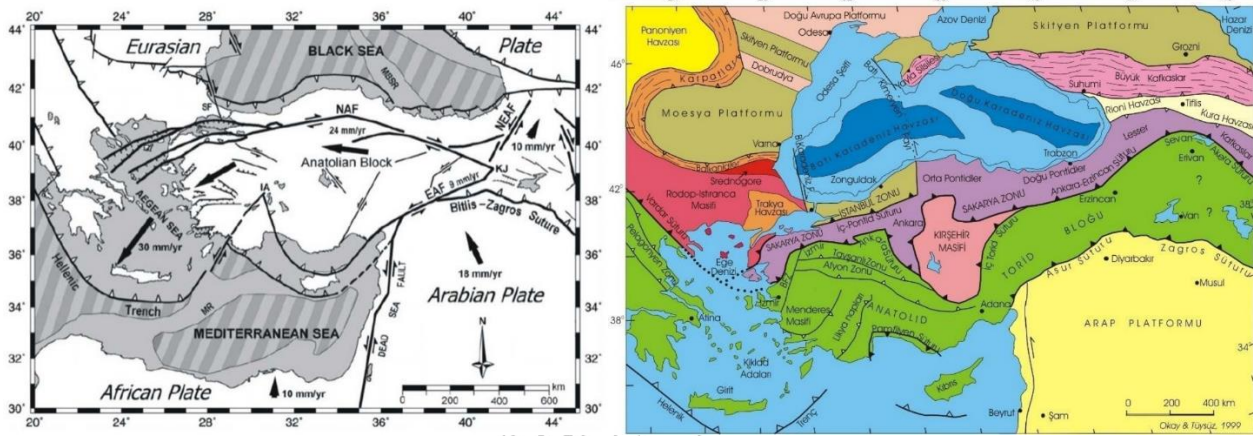


GAZİANTEP VE KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ

* 14.03.2023 10:00 itibari ile yayımlanan teknik rapordur. Güncel bilgiler/gelişmeler ışığında yinlenecektir.

Türkiye'nin Tektonik Durumu

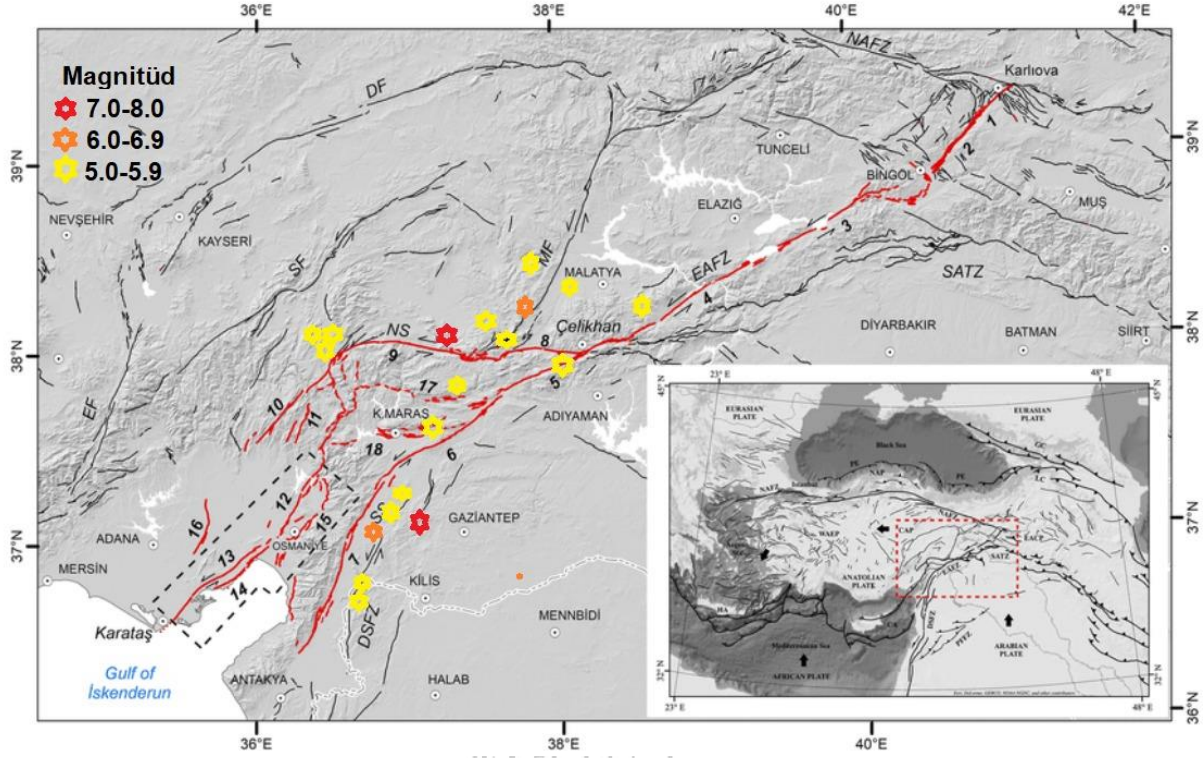
Ülkemiz, Avrasya Levhası sabit kabul edildiğinde, Anadolu Levhasının 30 mm/yıla varan batıya doğru kaçışı ile birlikte Afrika ve Arap Levhalarının sırasıyla 10 mm/yıl ve 18 mm/yıl kuzeye doğru hareketleri etkileşiminde kalmaktadır. Söz konusu levhaların göreceli olarak yıllık ortalama kayma hızlarının farklı olması ise ülkemizin tektonik karmaşıklığını kolaylıkla açıklayan en önemli parametredir. Bu kapsamda, Anadolu ve Avrasya Levhaları arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu (24 mm/yıl), Anadolu ve Arap Levhaları arasında Doğu Anadolu Fay Zonu (9 mm/yıl) ve Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı, Afrika ve Arap Levhalarının arasında ise Ölü Deniz Fayı (5 mm/yıl) tektonik oluşumları bulunmaktadır (Şekil 1).



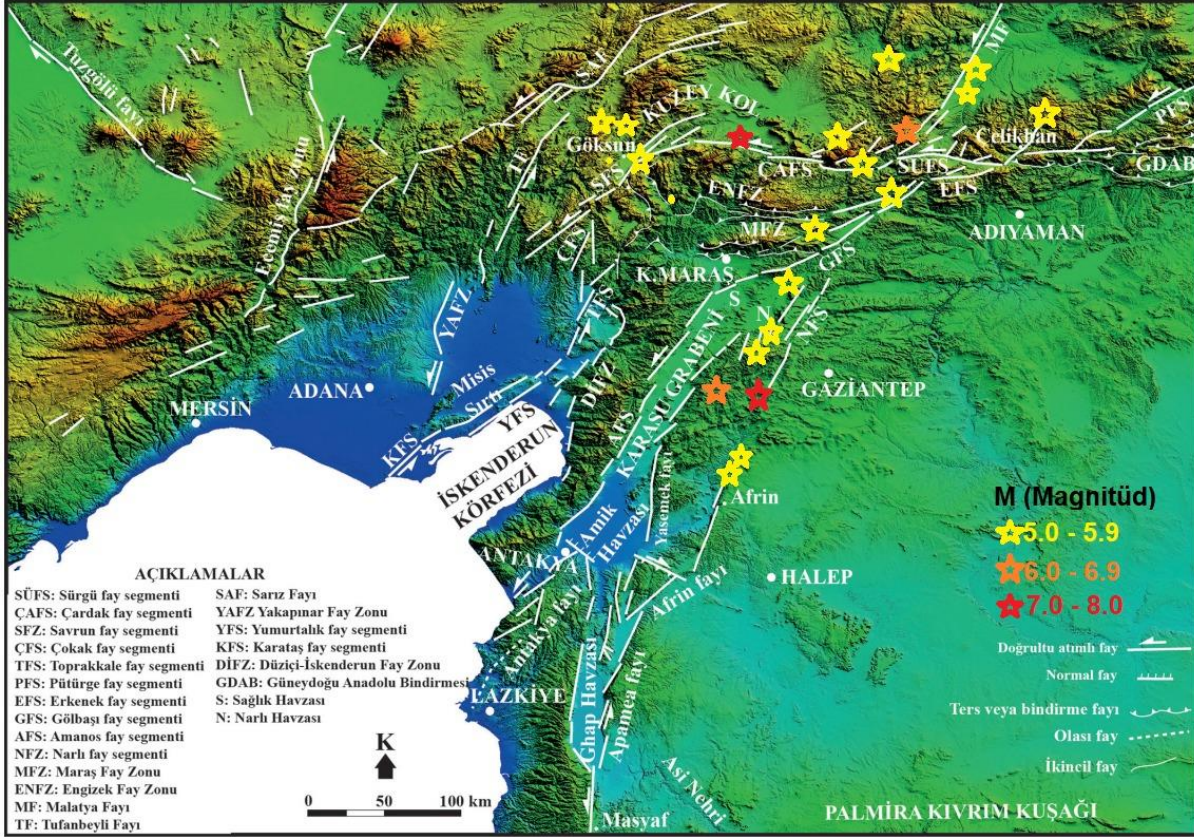
Şekil 1. Türkiye ve civarının levha tektoniği (Gülen ve diğ., 2002; Okay ve Tüysüz, 1999)

Bölgenin Tektonik Durumu

06.02.2023 tarihinde meydana gelen M_w=7.7 Gaziantep-Şehitkamil ve M_w=7.5 Kahramanmaraş-Ekinözü Depremleri; Bingöl-Karlıova'dan başlayıp Hatay'a kadar uzanan ve burada da güneyden gelen Ölü Deniz Fay Zonu ile kesişen Doğu Anadolu Fay Zonu'nda ve Ölü Deniz Fayı'nın uç kısmında meydana gelmişlerdir. Gün içerisinde meydana gelen depremlerin, birincisinin (M_w=7.7) Ölü Deniz Fayı ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kesiştiği Yasemek, Sakçagöz ve Narlı Segmentleri'ne çok yakın bir konumda, ikincisinin (M_w=7.5) ise Doğu Anadolu Fayı civarında kollanan Çardak Fayı üzerinde kırılmaya başladığı (merkez üssü) gözlenmiştir (MTA) (Şekil 2-3). Ayrıca ana şokların ve artçı sarsıntuların dağılımı bölgedeki süreksizlikler üzerinde gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. Bölgede meydana gelen depremlerin dağılımı-ilk 3 gün. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ve Ölü Deniz Fayı'nın tektonik elemanları. NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, NS:Kuzey kol, SS:Güney kol, PE: Pontit Dikliği, LC: Küçük Kafkaslar, GC: Büyük Kafkaslar, WAEP: Batı Anadolu Açılma Rejimi, CAP Orta Anadolu, WAEP: Doğu Anadolu Sıkışma Rejim, DSFZ: Ölü Deniz Fayı, HA: Helen Yayı, SMFS: Sürgü-Misis Fay Sistemi, MF: Malatya Fayı, SF: Sarız Fayı, EF: Ecemiş Fayı, DF: Deliler Fayı, 1: Karlıova segmenti, 2: Ilıca segmenti, 3: Palu segmenti; 4: Pütürge segmenti, 5: Erkenek segmenti, 6: Pazarcık segmenti, 7: Amanos segmenti, 8: Sürgü segmenti, 9: Çardak segmenti, 10: Savrun segmenti, 11: Çökak segmenti, 12: Toprakkale segmenti, 13: Karataş segmenti, 14: Yumurталık segmenti, 15: Düziçi-Osmaniye Fay Zonu, 16: Misis segmenti, 17: Engizek Fay Zonu, 18: Maraş Fay Zonu (Emre ve diğ., 2018)



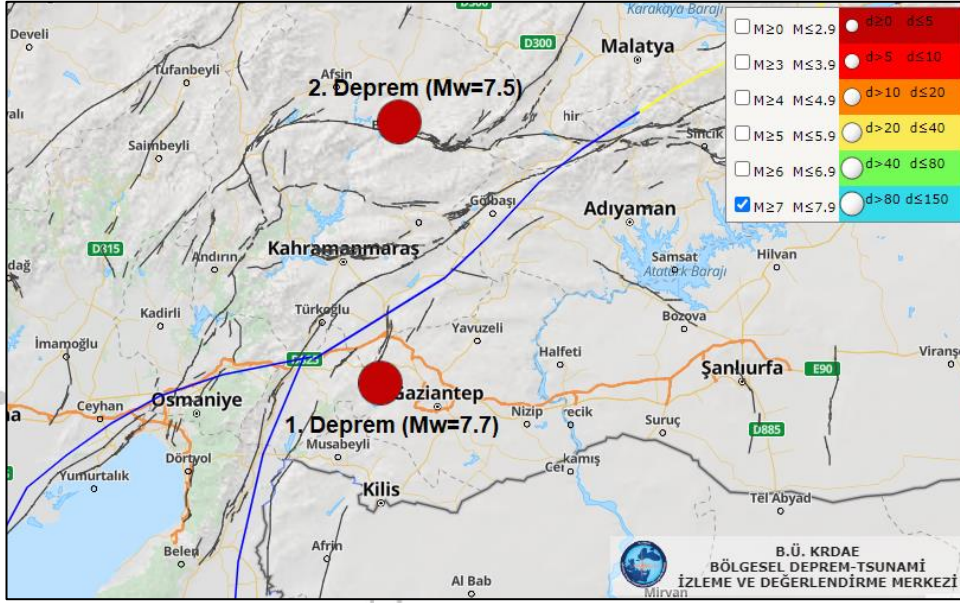
Şekil 3. Kahramanmaraş çevresinin tektonik haritası ve büyüklüğü $M_w > 5.0$ olan depremlerin dağılımı-ilk 3 gün (Palutoğlu ve Şaşmaz, 2017; Kandilli Rast. BDTİM)

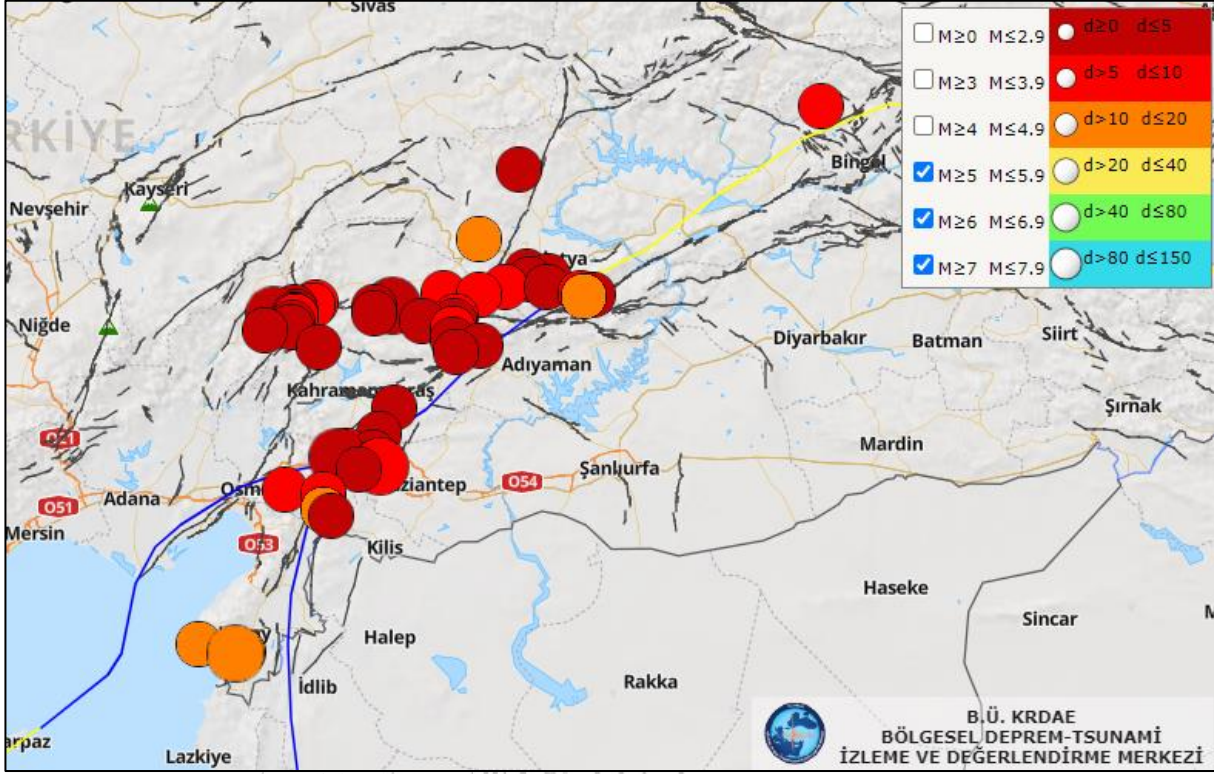
Bölgenin Güncel Deprem Aktivitesi

06.02.2023 tarihinde, Türkiye saati ile 04:17:31'de Gaziantep Şehitkamil'de büyüklüğü moment $M_w=7.7$ ve 13:24:46'da Kahramanmaraş Ekinözü'nde moment büyüklüğü $M_w=7.5$ olan iki adet deprem meydana gelmiştir (Tablo 1). Söz konusu iki deprem de, 1900'dan günümüze aletsel dönem içerisinde kayıtlara geçmiş, 1939 Erzincan Depremi'nden ($M_s=7.9$) sonra ikinci ve üçüncü büyük deprem unvanlarını kazanmışlardır. İlk depremin olduğu saatten bu yana 17.000'den fazla artçı sarsıntı kayıtlara geçmiştir. Özellikle $M_w=6.6$, $M_w=6.0$ ve $M_w=6.4$ büyüklüğünde 3 adet büyük ölçekte, $5.0 < M_w < 6.0$ büyüklükleri arasında ise 40'tan fazla orta büyüklükte artçı sarsıntı bölgede yer yer yeni hasarlara yol açmıştır (Şekil 4).

Tablo 1. Ana depremlere ilişkin hasar ve kayıp bilgileri.

	1. Deprem	2. Deprem
Lokasyon	Şehitkamil- Gaziantep	Ekinözü- Kahramanmaraş
Tarih - Zaman	06.02.2023 04:17:31	06.02.2023 13:24:49
Büyükklük	Mw=7.7	Mw=7.5
Derinlik	5.0	5.0
Vefat sayısı	48.478	
Yaralı sayısı	100.000 üzerinde	
Yıkılan/ağır hasarlı bina sayısı	230.000	
Yıkılan/ağır hasarlı hane sayısı	645.000	

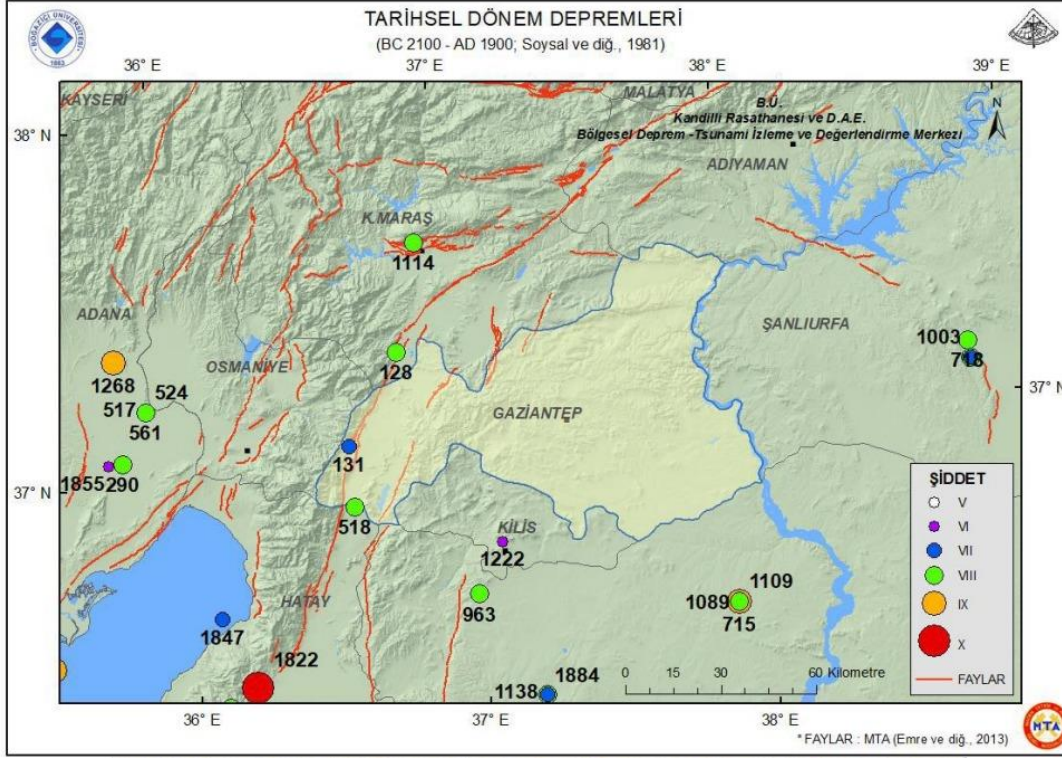




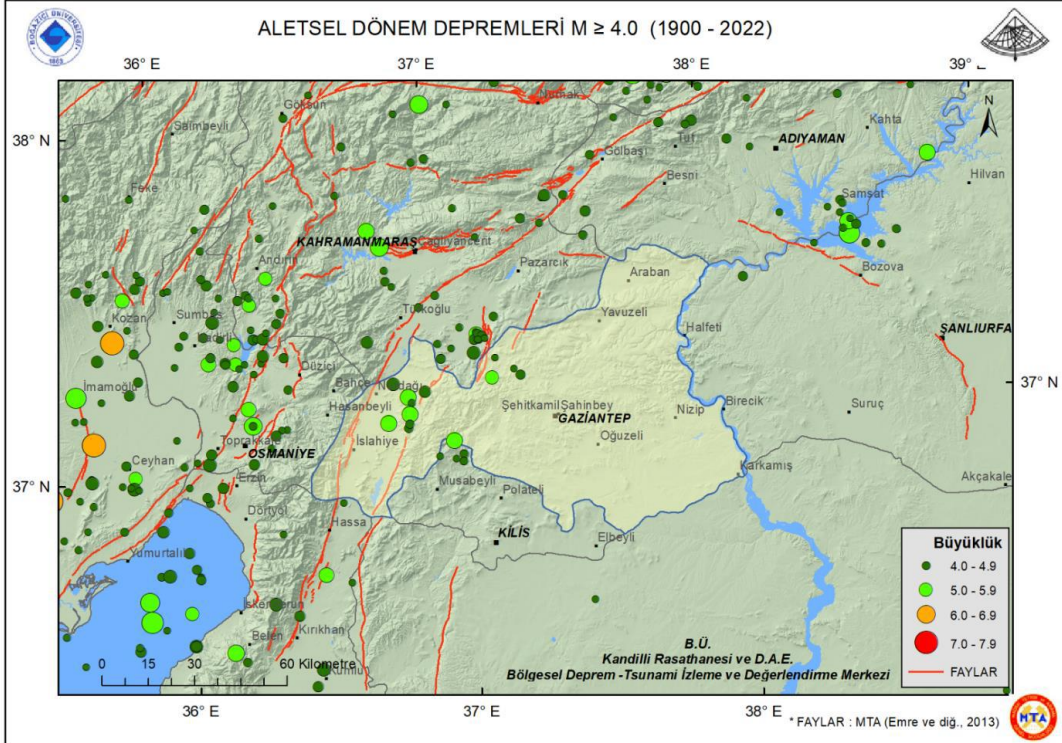
Şekil 4. Büyüklüğü $M_w > 5.0$ olan depremlerin dağılımı (Kandilli Rast. BDTİM)

Bölgenin Geçmiş Depremselliği

Doğu Anadolu Fay Zonu, tarihsel dönemde birçok $M > 7$ büyüklüğünde depremlere maruz kalmış olup, depremlerin ardından Amanos, Yesenek, Gölbaşı ve Erkenek Segmentleri'nin kırıldığı kayıtlara geçmiştir. Bölgenin tarihsel depremselliğine bakıldığında, 131, 128, 518 ve 1114 yıllarında şiddeti VII-VIII arasında değişen depremlerin olduğu gözlenmektedir (Kandilli Rast. BDTİM) (Şekil 5). Literatür çalışmalarına göre ise 859, 1513, 1822 ve 1872 yıllarında ise civar fayların kırıldığı da belirtilmektedir (R. Demirtaş, AFAD). Son 120 yıllık aletsel dönem aktivitesine bakıldığında ise, bölge ve yakın civarında büyüklüğü $M < 6$ 'ya varan depremlerin varlığı gözlenmektedir (Kandilli Rast. BDTİM) (Şekil 6). Bu da bölgenin sismik olarak aktif, özellikle de bugüne kadar büyük deprem üretmesi açısından potansiyeli yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Bölgenin tarihsel depremselliği (Kandilli Rast. BDTİM)



Şekil 6. Bölgenin aletsel dönem depremselliği (Kandilli Rast. BDTİM)

Bölgedeki Nüfus ve Bina Envanteri

İl	Nüfus (2022)	Yüzölçümü (km ²)	Nüfus Yoğunluğu (kişi/km ²)
Adana	2.263.373	1.945	139,8
Adıyaman	632.148	1.679	463,1
Gaziantep	2.130.434	5.403	202,9
Diyarbakır	1.799.000	15.058	114,9
Hatay	1.685.331	5.403	249,7
Şanlıurfa	2.180.523	19.451	103,8
Osmaniye	557.160	3.767	401,6
Kahramanmaraş	1.178.619	3.017	72,9
Kilis	147.831	1.521	725,5
Malatya	810.714	12.313	63,5
Toplam (10 il)	13.385.133	69.557	

* Bina sayısı ile ilgili resmi bilgiye ulaşılamamıştır (Nüfus yoğunluğu, Endeksa'dan alınmıştır.)
* Nüfusa kayıtlı olmayan vatandaşlar dahil edilmemiştir.

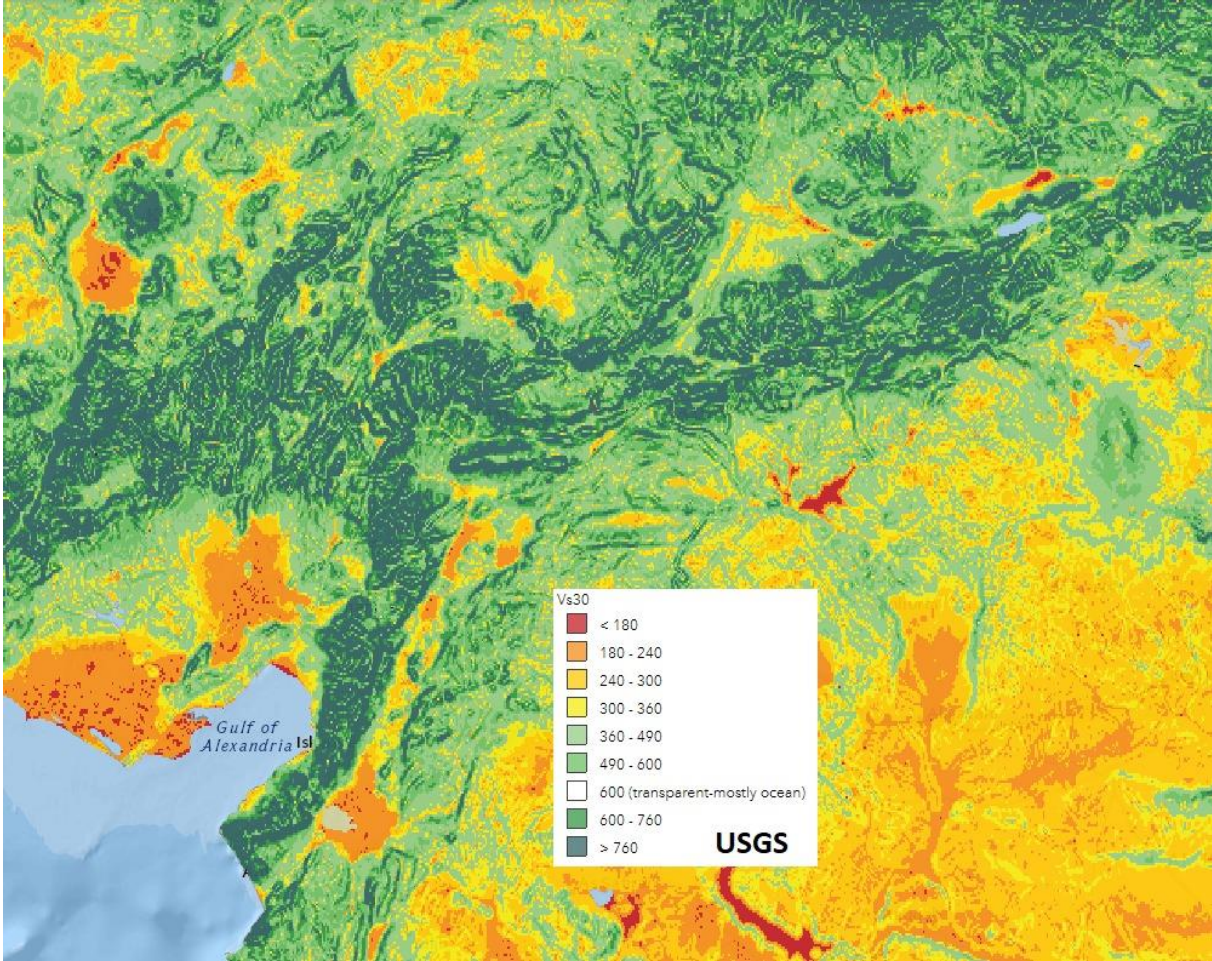
6 Şubat 2023'teki büyük depremlerden ve artçılarından etkilenen bina sayıları ve depremden etkilenen 11 ildeki toplam bina sayıları ile ilgili ilişki kurabilmek adına bu 11 ildeki toplam bina sayıları hakkında hiçbir resmi kurumdan bilgi alınmamıştır. Ancak depremden etkilenen 11 ilin tamamında, birkaç milyon civarında bina olduğu düşünülebilir. Örneğin, Hatay ili için 60.000 civarında bina 300.000'in üzerinde de hane sayısı verilmektedir (TAMP, 2019). Depremden en çok etkilenen şehirlerdeki binaların inşa yılına göre oranları Şekil 7'de verilmiştir. 10 ildeki kayıtlı nüfus verisi 2012 TÜİK rakamlarına göre 13.3 milyon, kayıtdışı yani mülteci vb. nüfus verisi ise resmi bir rakam olmamakla beraber, 1.94 milyon kişi civarındadır (mülteciler.org.tr). Yani, toplamda 15.5 milyondan fazla bir nüfusun olduğu düşünülmektedir. 10 ilin toplam yüzölçümü 69.557 km² olarak hesaplanmıştır. Ancak, deprem 10 ilin tamamında aynı şiddette (etkilenme oranı) hissedilmemiştir.



Şekil 7. Deprem'in yıkıma yol açtığı iller ve illere göre bina inşa yılları (TÜİK)

Bölgenin Zemin Yapısı

Depremden etkilenen bölgenin morfoloji tabanlı olarak elde edilmiş zemin modeli (USGS) yaklaşımı irdelendiğinde; depremi oluşturan fay ve civarındaki kesme dalgasının ortalama hızlarının (Vs30) 760 m/s civarlarında olduğu ve görece kaya sınıflamasına daha yakın bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Özellikle İskenderun, Antakya vb. yerleşimlerin (ova, eski göl yatağı vb.) bölgelerde ise zemine ait Vs30'un, 300 m/s, hatta bu değerlerden daha düşük yumuşak zemin özellikleri ile örtüştüğü gözükmemektedir (Şekil 8).

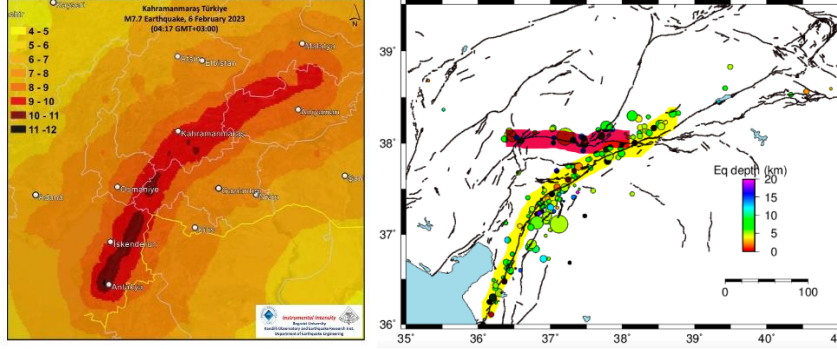


Şekil 8. USGS tarafından üretilmiş bölgeye ait Vs30 haritası (USGS)

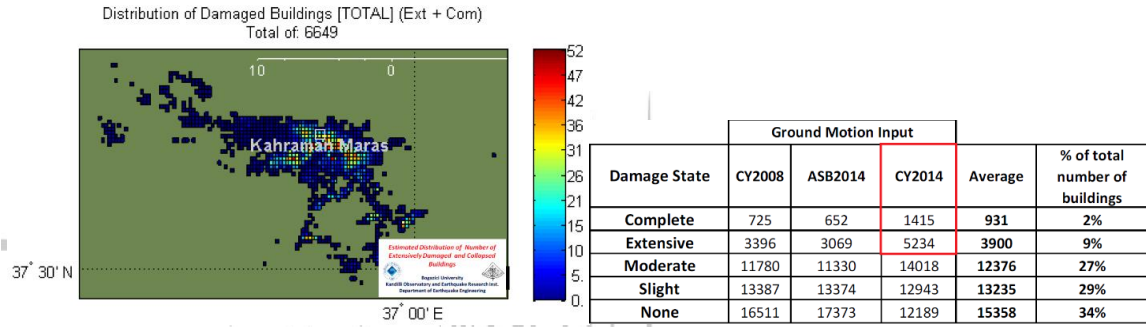
Bölgedeki Deprem Hasarı ve Kayıplar

Bölgede 11 ilimizi etkileyen deprem sonrasında, yetkili kurum AFAD tarafından, 48.478 can kaybı, ve 100.000'den fazla yaralının olduğu kamuoyu ile paylaşılmıştır. Hali hazırda, bölgenin tamamında 230.000 binanın (645.000 bağımsız birimin) yıkıldığı veya ağır hasar gördüğü resmi makamlarca açıklanmıştır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Müh. ABD'nin yapmış olduğu çalışmaya göre, bölgenin 2014 yılındaki bina envanteri verileri üzerinden yapılan hasar tahmin öngörülerinde, bölge için ağır hasarlı ve yıkılan bina sayısının 3.385 olduğu, Kahramanmaraş ilçesinde ise ağır hasarlı ve yıkılan bina sayısının

6.649 olduğu depremin şiddet haritası üzerinden hesaplanmıştır (Şekil 9-10). Suriye Sağlık Bakanlığı; Halep, Hama, Lazkiye ve Tartus'ta deprem nedeniyle en az 5.800'den fazla kişinin yaşamını yitirdiğini, 6.000'den fazla kişinin de yaralandığını açıkladı (NTV).



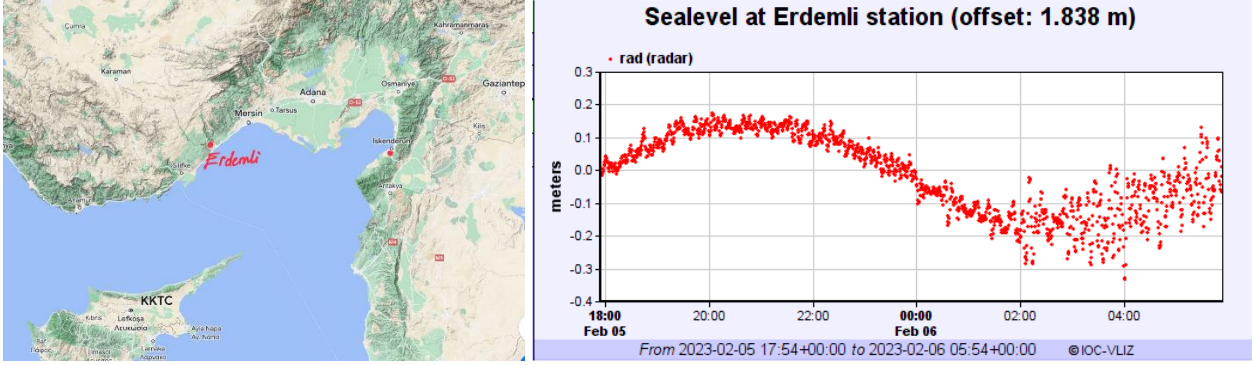
Şekil 9. Mw=7.7 Depreminin (ilk deprem) şiddet ve yırtılma tahmin haritaları (Kandilli Rast. Deprem Müh. Jeofizik Müh. ABD)



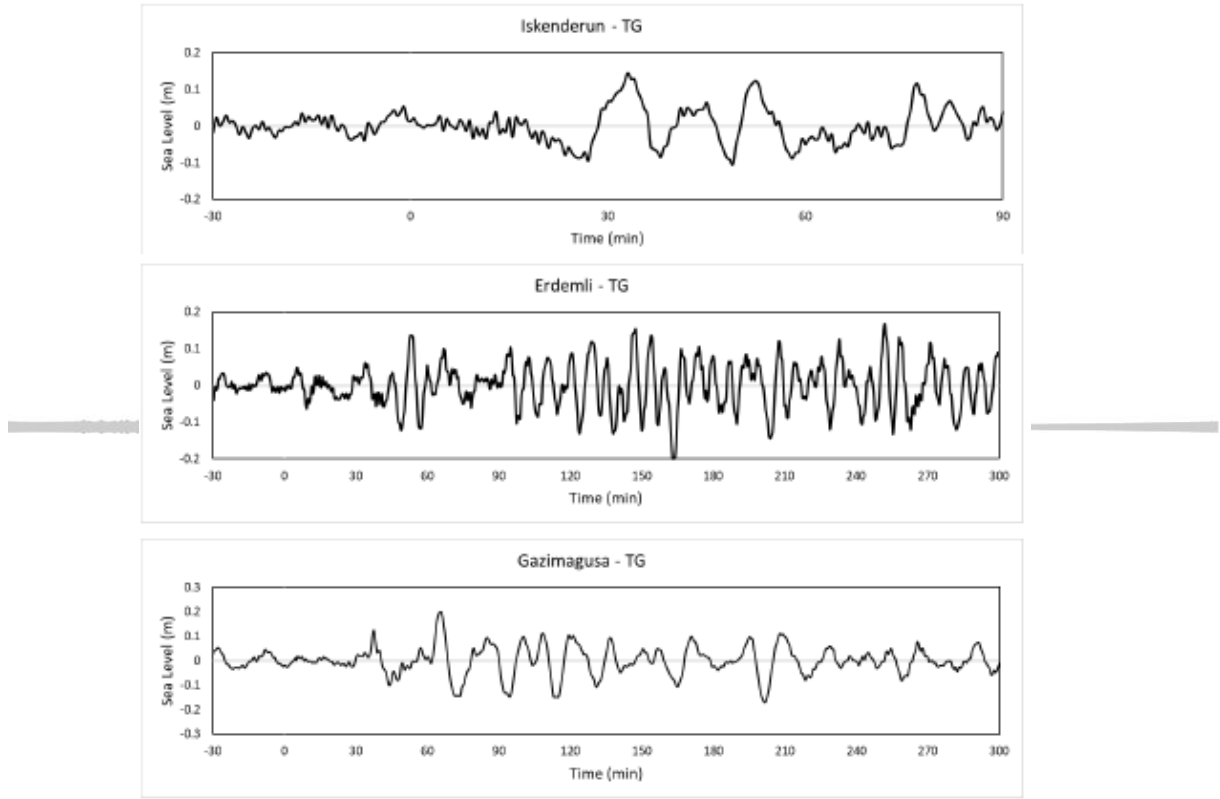
Şekil 10. Deprem sonrası 2014 bina envanterine göre hasar tahmin öngörülerini haritası (Kandilli Rast. Deprem Müh. ABD).

Tsunami / Su Baskını

Mw=7.7 depreminin hemen ardından, akredite kurum olan Kandilli Rast. DAE BDTİM tarafından tsunami olasılığı bilgisi kurumumuz ile paylaşılmıştır. Mersin, İskenderun ve Gazimağusa'da 11-17 cm arasında değişen tsunami dalga yüksekliklerinin, deniz seviyesi ölçerler tarafından kayıtlara geçtiği bildirilmiştir (Şekil 11-12). İskenderun Körfezi'nin muhtelif yerlerinde gerçekleşen su baskını hadisesinin, mini bir tsunami olma olasılığı yüksektir. Fakat kıyıya yakın yerlerdeki zemin deformasyonlarının da etkisi göz ardı edilemez.



Şekil 11. Mersin-Erdemli deniz suyu seviyesi ölçer istasyon verisi (IOC)



Şekil 12. İskenderun, Erdemli ve Gazimağusa'da ölçülen deniz suyu seviyeleri (Yalçınar ve diğ., 2023)

Geleceğe Dair Sismik Aktivite Olasılığı

Bölgede, $M_w=7.7$, 7.5 depremlerinden sonra en büyüğü $M_w=6.6$ olmak üzere 17.000'den fazla artçı sarsıntı meydana gelmiştir. Bu veriler dahi çok geniş bir alana yayılmış olan Doğu Anadolu Fay Zonu ve segmentlerindeki sismik hareketliliğin ne kadar kaotik olduğunu göstermektedir (Şekil 13).

Temblor Grubu'nun, 2020 Elazığ Depremi ($M_w=6.8$) ile $M_w=7.7$ ve 7.5 depremlerinin hemen ardından yapmış olduğu Coulomb gerilme analizine (deprem sonrası gerilme aktarımı analizi) göre ilk deprem sonrası, bölgedeki gerilmenin, birçok yöne aktarıldığı öngörülmektedir (Şekil 14).

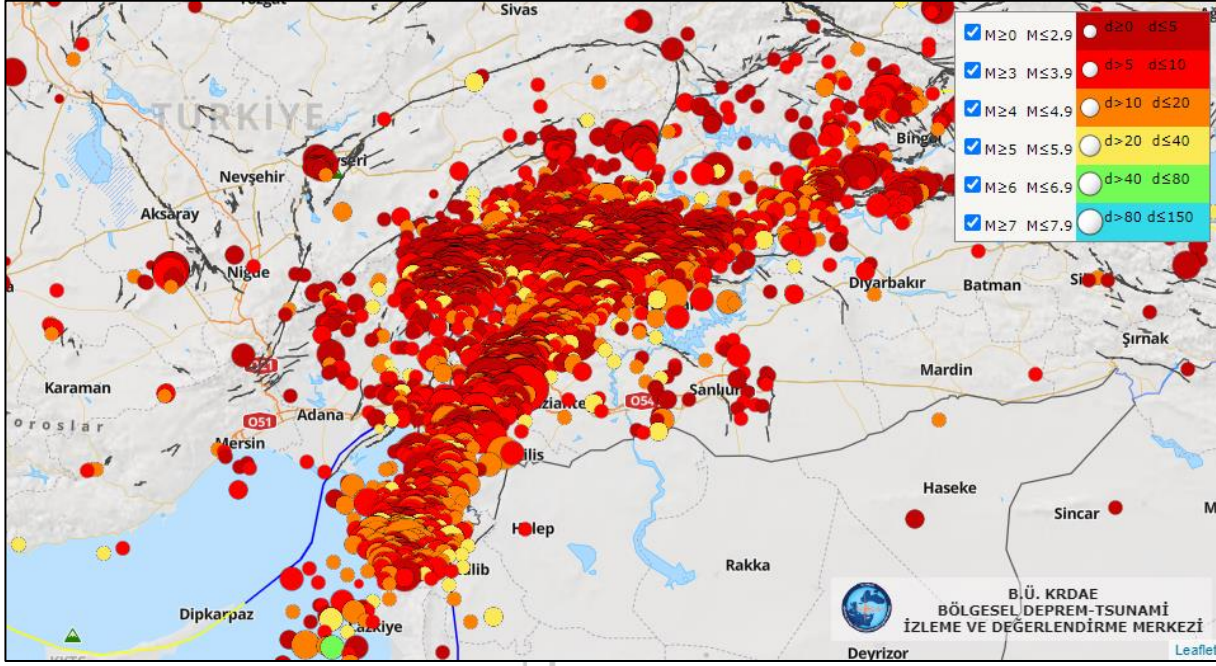
Özellikle $M_w=7.7$ depremi ile $M_w=6.8$ 2020 Elazığ depremi arasında yaklaşık 50 km'lik bir sismik boşluk olduğunu, bu kısmın dikkate alınması gerektiğini de ifade etmişlerdir. Özellikle kuzeybatı yönünde, $M_w=7.5$ Ekinözü Kahramanmaraş Depremi meydana gelmiş olup, gelecek sismik aktiviteye dair diğer öngörüler ile ilgili belirsizliğin sürdüğü söylenebilir. Ancak, kaydedilen sismik hareketliliğin bir süre daha devam edeceği düşünülmektedir. Ayrıca, Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı'nın kesişimi ile Malatya Ovası arasında kalan bölgede 4-5 bar; kesişimin hemen güneybatısında DAF'ın Çelikhane-Erkenek segmenti üzerinde 4-5 bar; Göksun(Kahramanmaraş)'da 5 bar ile başlayan gerilimin batıya doğru 1 bar seviyesine kadar azalarak devam ettiği; İskenderun Körfezi'nde de yine 1-4 bar aralığında gerilim birikimi olduğu gözlemlenmiştir (AFAD) (Şekil 14).

Depremi ardından elde edilen uydu görüntülerinden, Hatay ve Osmaniye civarında fay ötelenmesinin 4 metreye kadar vardığı elde edilmiştir. Arazi gözlemlerinden elde edilen sonuçların da bu bilgiyi doğruladığı düşünülmektedir. Depremi oluşturan fayın üzerinde ise yer yer 5 metreye varan yer değiştirmelerin olduğu hesaplanmıştır (Şekil 15-16).

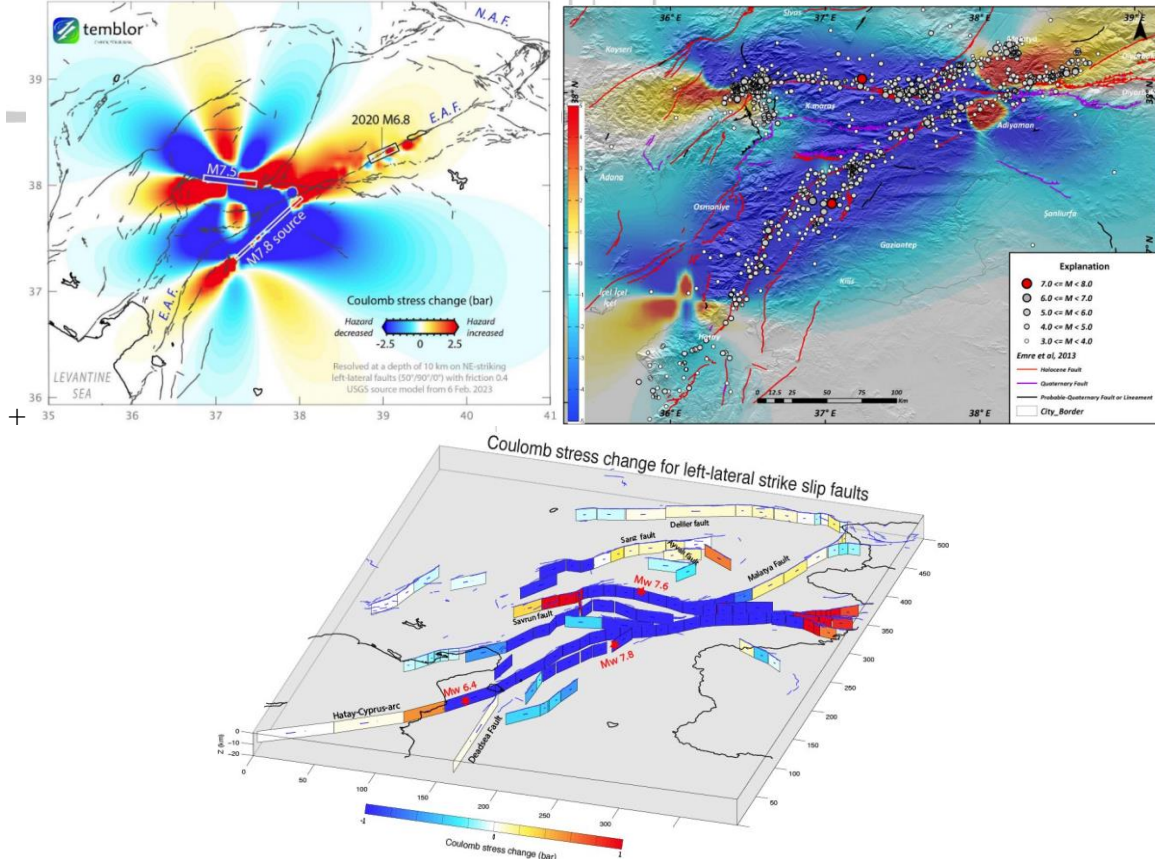
Her iki depremin kendi içerisinde barındırdığı alt evre (segment kırılmaları) ait harita Şekil 17'de gösterilmektedir. Buna göre iki depremin de kırılma anında dört ayrı alt evre ile ana şokları meydana getirdiği görülmektedir. Ayrıca Şekil 18'deki geri-projeeksiyon çözümlemesine göre, $M_w=7.7$ depremi kuzeydoğu yönünde kırılmaya devam ederken, kısa bir zaman sonra (saniyeler içerisinde) güneybatı yönlü olarak Hatay'da aslında ikinci bir kırılma ile ayrı olabilecek potansiyelde bir ana şoku içerisinde barındırdığı düşünülmektedir.

Depremlerin etkilediği bölgede yapılan uydu analizlerine göre, ortaya çıkan yıkım miktarı, Şekil 19'da paylaşılmıştır. Ayrıca, iki deprem sonrasında, bölgedeki ivmeölçerler tarafından ölçülen en yüksek ivme değerleri, Şekil 20-21'deki haritalarda gösterilmektedir (AFAD, USGS).

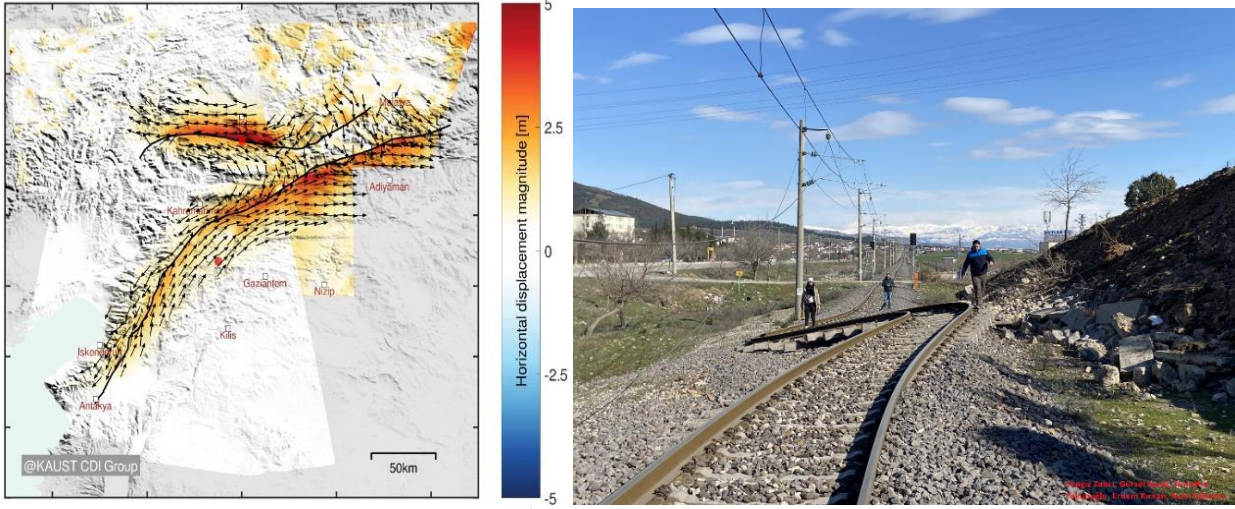
20.02.2023 tarihinde ise Hatay ili Defne ilçesinde $M_w=6.4$ büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem, 06.02.2023 tarihinde meydana gelen $M_w=7.7$ deprem kırığının kuzeybatı ucunda yer almaktadır. Coulomb gerilme analizine göre, bölgeye aktarılan gerilmenin arttığı ve bu kapsamda da söz konusu depremin meydana geldiği görülmektedir. Depremi hemen ardından AFAD tarafından tsunami uyarısı verilmiştir. Akredite kurum Kandilli Rast. BDTİM tarafından yapılan gözlemlerden sonra ise tsunami tehlikesinin ortadan kalktığı kamuoyu ile AFAD üzerinden paylaşılmıştır. Civar illerde şiddetli şekilde hissedilen bu depremlerin ardından bazı hasarlı binaların yıkıldığı, çadırlarda sobaların devrildiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda bölgede olası deprem aktivitesinin devam edebileceği öngörülerek, olası yangın ihtimalinden dolayı itfaiye ekiplerinin hazır bulunması, yeni yıkımların ardından olası enkaz altında kalınması nedeni olarak arama-kurtarma ekiplerinin teyakkuzda olması gerekmektedir. Tsunami kaynaklı kayıpların önüne geçmek amacıyla, geçici barınma alanlarının ise sahil kesimlerinden uzak yerlere konumlandırılması gerekmektedir. Ayrıca vatandaşların, yetkili kurumlar tarafından yapılacak ikinci bir uyarıya kadar hasarlı binalara kesinlikle girmemeleri gerekmektedir. Söz konusu deprem sonrasında, 6 kişinin hayatını kaybettiği, 18'i ağır 294 kişinin ise yaralandığı açıklanmıştır (AFAD).



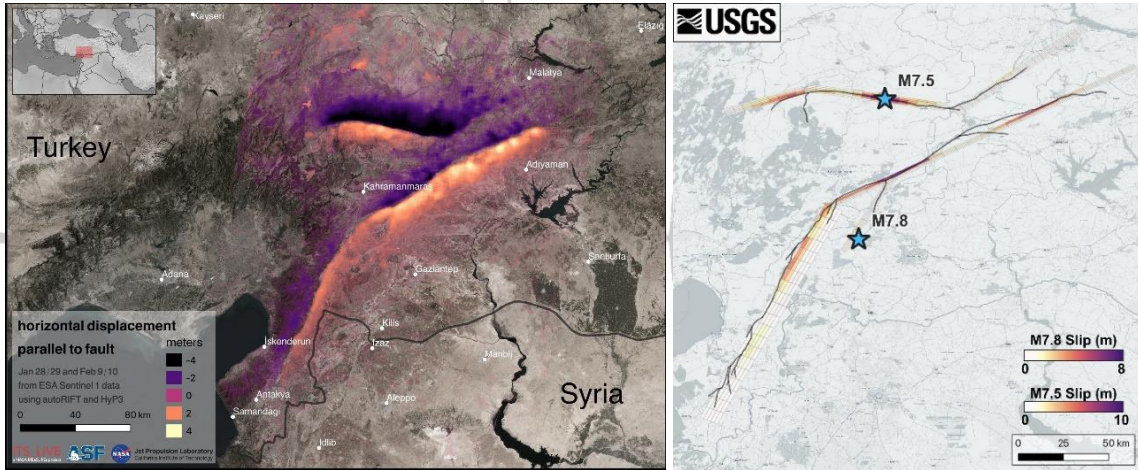
Şekil 13. Bölgenin son 37 günlük deprem aktivitesi (Kandilli Rast. BDTİM)



Şekil 14. 2020 Elazığ (Mw=6.8), Mw=7.7, 7.5, 6.4 depremlerine ait Coulomb gerilme analizi (Temblor, AFAD, Prof. Dr. Z. Çakır)

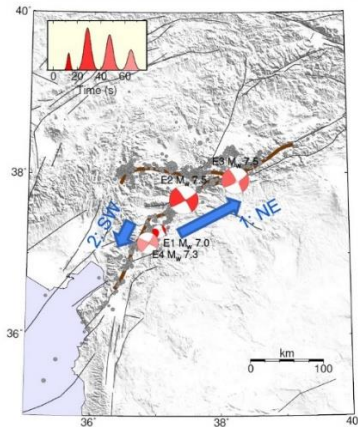


Şekil 15. Deprem sonrası uydu verilerinden gözlemlenen kayma miktarı (S. Jonsson, Prof. Dr. Cengiz Zabcı ve ekibi).

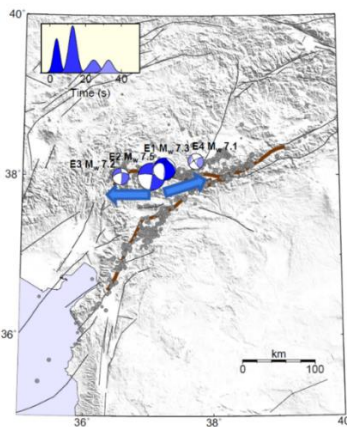


Şekil 16. Mw=7.7 ve Mw=7.5 depremlerinin yüzey yer değiştirmeleri (J. Kennedy, USGS)

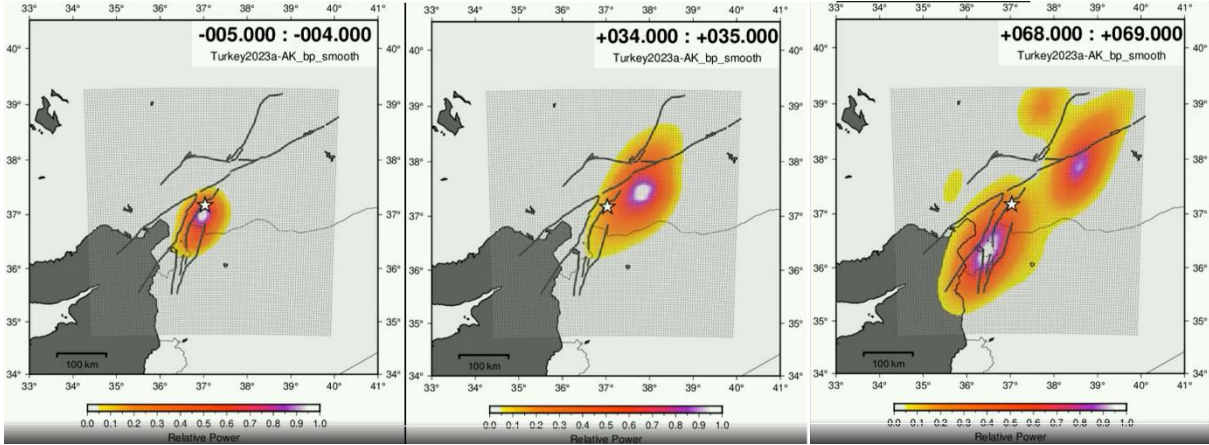
Mw 7.8 mainshock subevent model



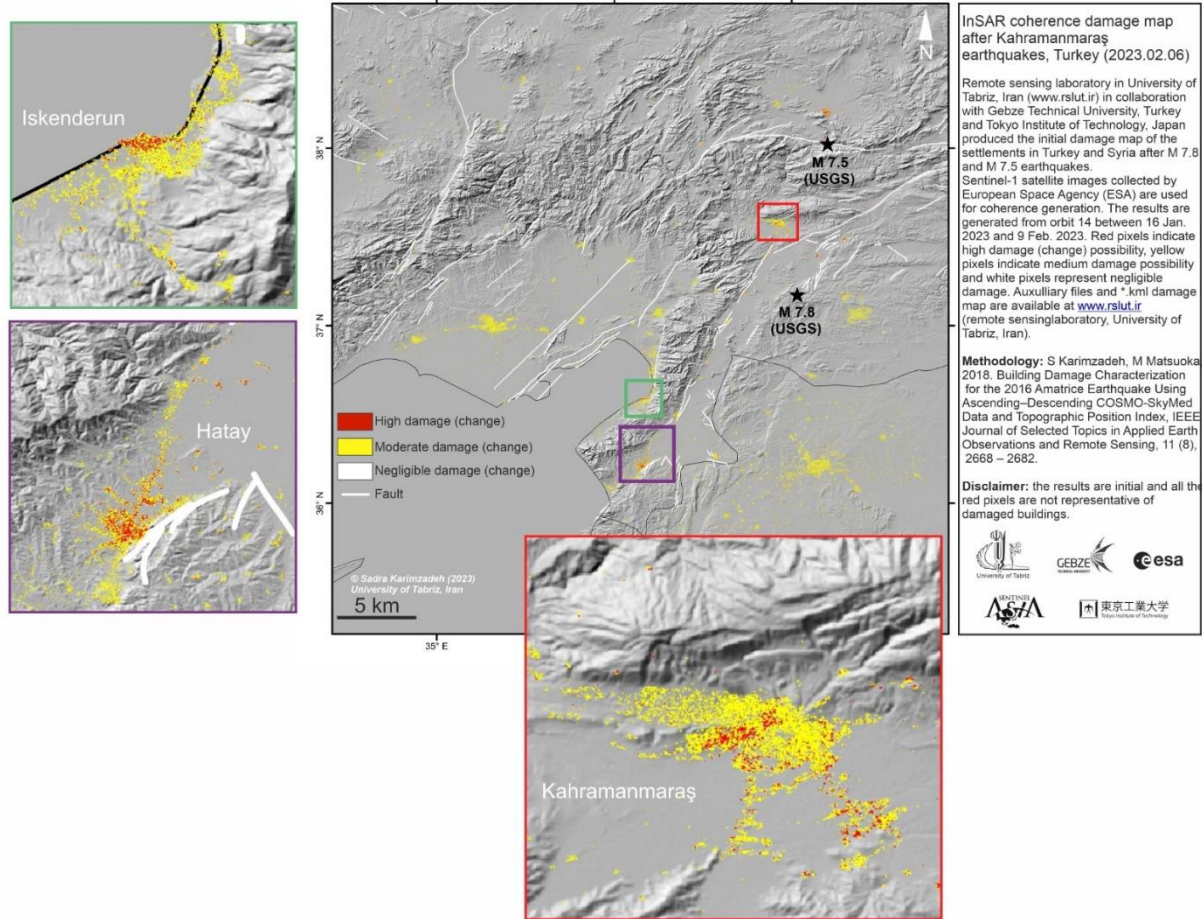
Mw 7.6 event subevent model



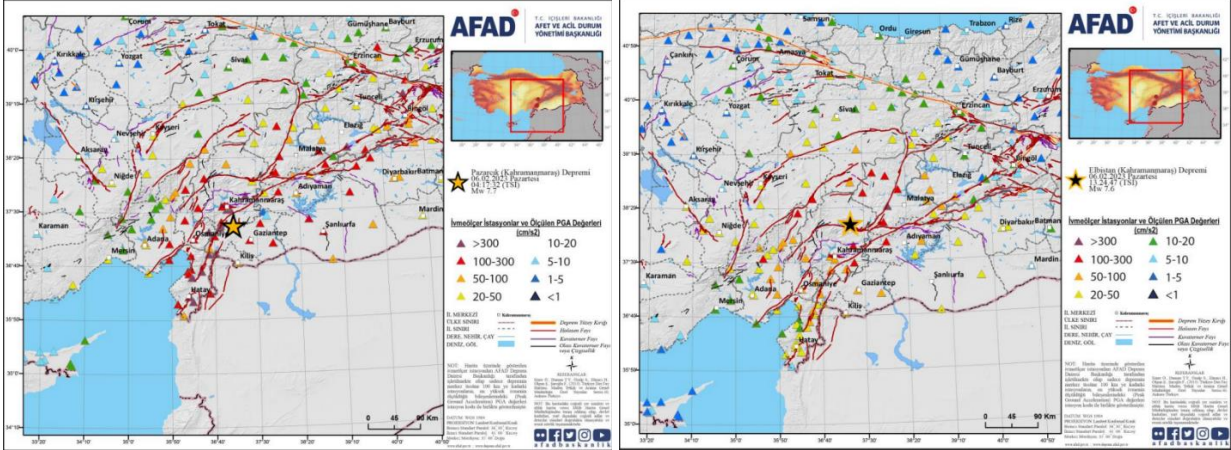
Şekil 17. İki ana şokun kendi içinde üretmiş olduğu alt olayların modellenmesi (Z. Jia)



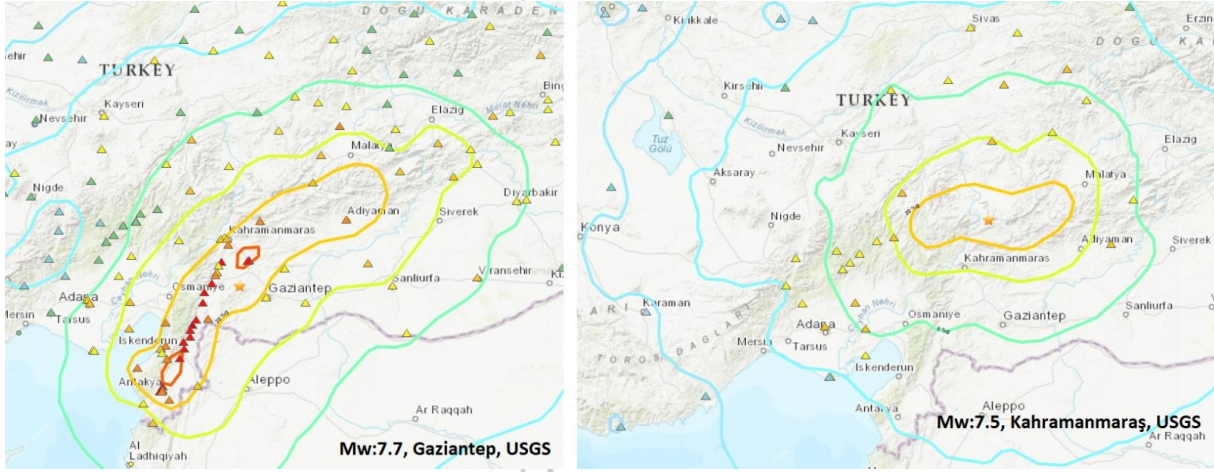
Şekil 18. Mw=7.7 depreminin geri-projeeksiyon modeli (C. Satriano)



Şekil 19. InSAR ile üretilmiş bölgeye ait hasar dağılım haritası (GTÜ)



Şekil 20. Solda Mw=7.7, sağda Mw=7.5 büyüklüklerindeki depremlere ait en yüksek ivme dağılım haritası (AFAD)



Şekil 21. Solda Mw=7.7, sağda Mw=7.5 büyüklüklerindeki depremlere ait en yüksek ivme dağılım haritası (USGS)

Hazırlayanlar

Yasin Yaşar YILDIRIM (Jeofizik Yüksek Mühendisi)

Erdost ARZUMAN (Jeofizik Mühendisi)

Esra KALKAN ERTAN (Jeofizik Yüksek Mühendisi)

Dr. Evrim YAVUZ (Jeofizik Yüksek Mühendisi / Koordinatör)

Hakan MEHMETOĞLU (Jeofizik Yüksek Mühendisi / Müdür Yardımcısı)

Kemal DURAN (Jeofizik&Geoteknik Yüksek Mühendisi / Müdür)

Özlem TUT (Mimar / Daire Başkanı)

Katkı Belirtme

Depremler meydana geldiğinden bu yana gece ve gündüz bilimsel desteğini bizlerden esirgemeyen;

- Prof. Dr. Haluk ÖZENER'e
- Prof. Dr. Semih ERGİNTAV'a

Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Dairesi Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Şube Müdürlüğü
Sismoloji Grubu

- Prof. Dr. Ahmet Cevdet YALÇINER'e
 - Prof. Dr. Hayrullah KARABULUT'a
 - Prof. Dr. Ziyadin ÇAKIR'a
 - Prof. Dr. Cengiz ZABCI ve ekibine
 - Prof. Dr. Eser ÇAKTI'ya
 - Doç. Dr. Ali Özgün KONCA'ya
 - Doç. Dr. Ufuk HANCILAR'a
 - Doç. Dr. Onur TAN'a
 - Doç. Dr. Doğan KALAFAT'a
 - Dr. Emin Yahya MENTEŞE'ye
 - Kandili Rast. DAE BDTİM'e
 - Kandilli Rast. DAE Deprem-Jeofizik-Jeodezi Müh. ABD'ye
 - yurtdışından araştırmacılara,
- değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.**

