

06 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ

DEPREMLERİ (M_w 7,8- M_w 7,6)

DEĞERLENDİRME

VE

SAHA GÖZLEM RAPORU

Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ

Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN

Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ

Doç. Dr. Nusret NURLU

Dr. Ahmet Can AKINCI

(Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

6 NİSAN 2023

ADANA

ÖNSÖZ

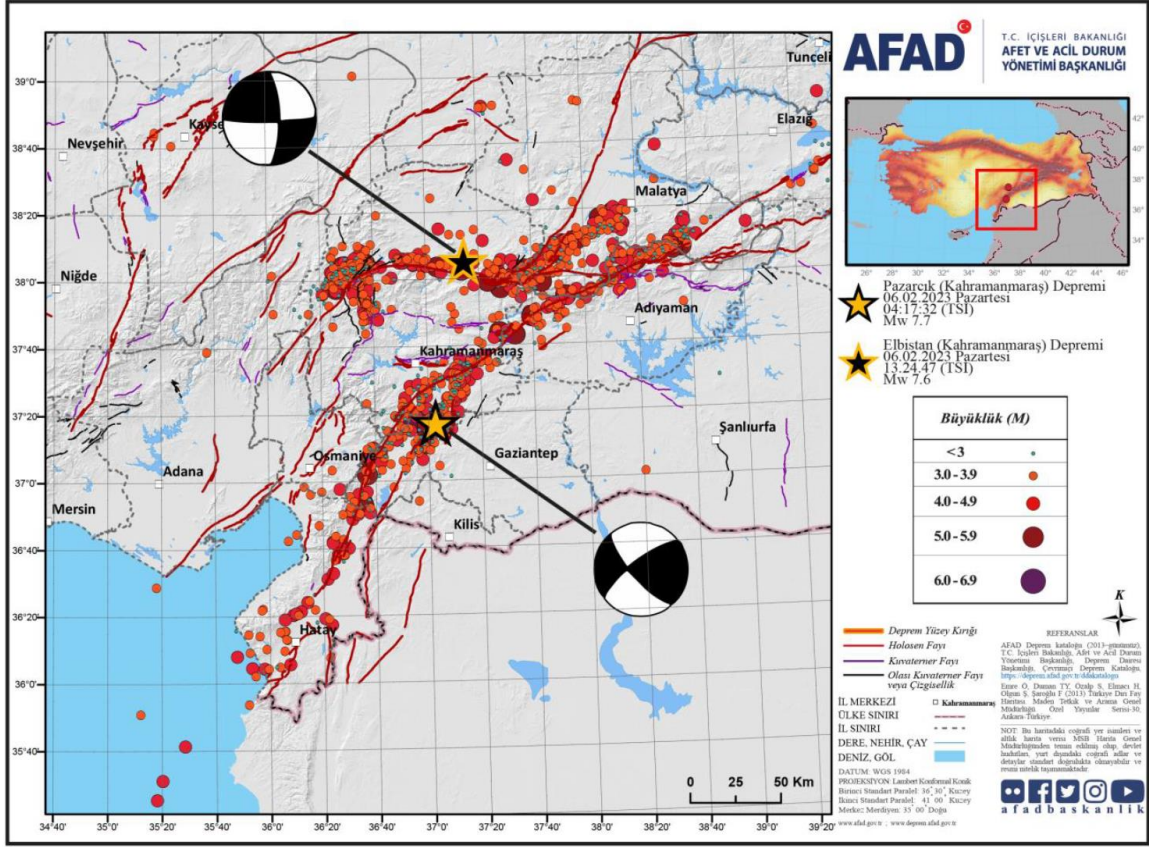
6 Şubat 2023 tarihinde saat 04.17'de merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık (Mw 7,8) ve saat 13.24'te merkez üssü Elbistan ilçelerinde meydana gelen (Mw 7,6) iki sığ odaklı deprem (5-7 km derinlikte) Sol Yanal Doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca 11 şehri (Adana, Hatay, Osmaniye, Kahramanmaraş, Kilis, Gaziantep, Adıyaman, Malatya, Elazığ, Şanlıurfa, Diyarbakır) kapsayan oldukça geniş bir alanda can kayıplarına ve önemli hasarlara neden olmuştur. İlk deprem sırasında Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Erkenek segmenti ile Karasu Graben'inin batı kesimindeki Pazarcık ve Amanos segmentleri ile bunların güneydoğu kenarını oluşturan Narlı, Sakçagöz ve Yesemek segmentlerinin kırıldığı anlaşılmaktadır. Bu deprem sonrasında saat 13.24'te, Elbistan ilçesi güneyinde bulunan ve Doğu Anadolu Fay Zonunun uzantısı ile yapısal ilişkili olan Sürgü ve Çardak fayları kırılarak ikinci depremin meydana gelmesine neden olmuştur. Meydana gelen depremlerden sonra Jeoloji Mühendisliği Bölümümüzün öğretim elemanlarından Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ, Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN, Prof. Dr. Hasan ÇETİN, Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ, Doç. Dr. Nusret NURLU, Dr. Ahmet Can AKINCI Çukurova Üniversitesi Rektörlüğünce sağlanan ulaşım olanaklarıyla ivedi bir şekilde farklı gruplar ve günlerde deprem bölgelerinde depremler sırasında meydana gelen yüzey kırıkları ve hasar dağılımını incelenmek üzere araziye çıkmışlardır. Saha incelemelerimiz devam etmekte olup, yeni bilgiler edinildikçe rapor güncellenecektir. Raporun hazırlanmasına katkı koyan Çukurova üniversitesi Rektörlüğüne, birer gün saha çalışmasına katılan Dr. Emre PINARCI, Arş. Gör., Jeo. Yük. Müh. Süleyman KARAHAN ve ulaşımı sağlayan Üniversitemiz ulaşım müdürü Muzaffer YILMAZ, Ahmet DURAN ve Müslüm KARATAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız. Deprem fırtınaları sırasında yaşamlarını yitiren canlarımıza Allah'tan rahmet, yakınlarına başsağlığı ve sabırlar, yaralananlara da acil şifalar dilerim.

İÇİNDEKİLER

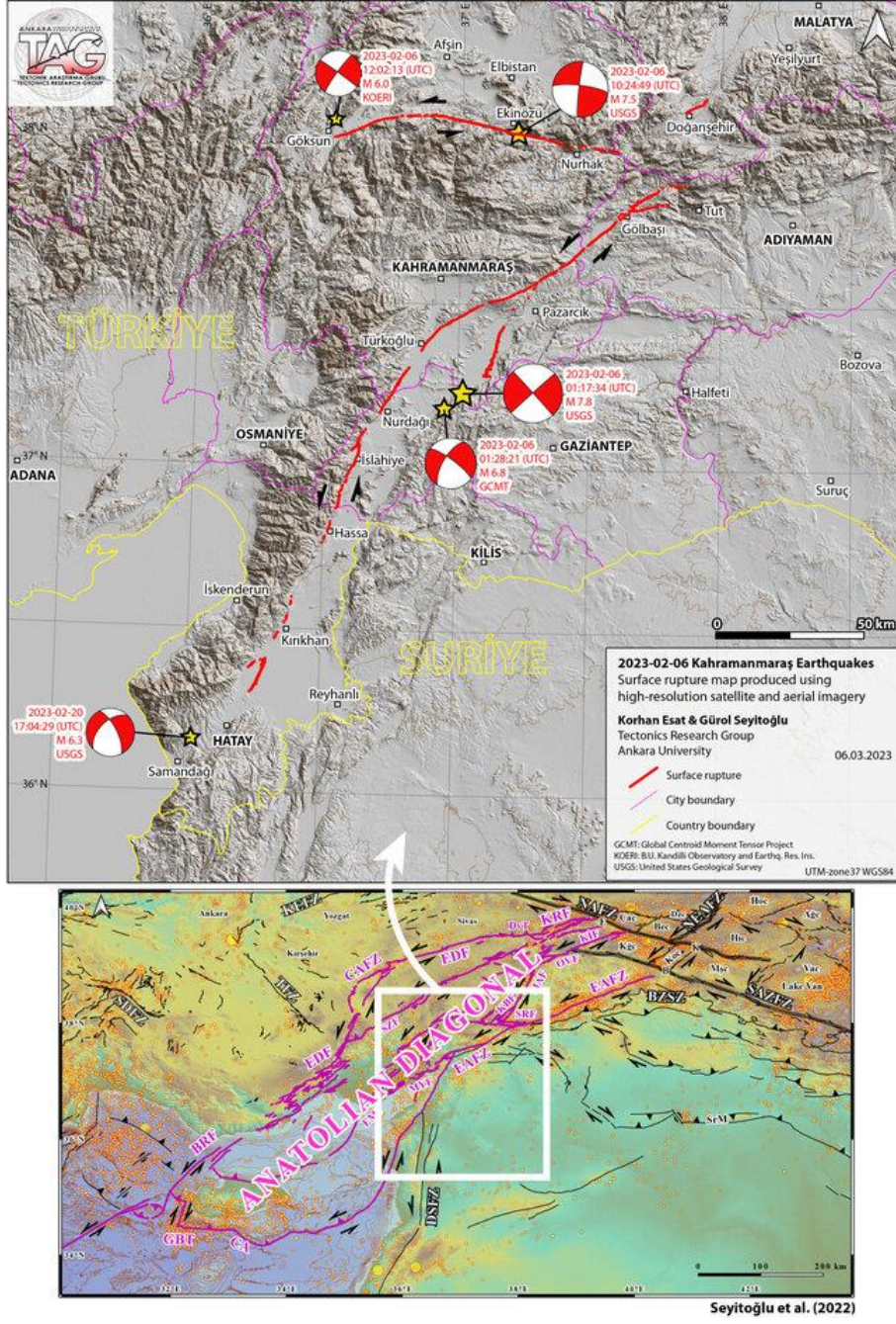
Önsöz	2
İçindekiler	3
1. Giriş	4
2. Jeolojik Değerlendirme	7
3. Adana Bölgesi Civarındaki Faylar	15
3.1. İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı	17
3.2. Ceyhan-Karataş Fayı	19
3.3. Yumurtalık Fayı	19
3.4. Toprakkale Fayı	20
3.5. Ecemiş Fay Zonu	21
3.6. Savrun ve Kozan fayları	22
4. Adana Bölgesinin Deprem Geçmişi	25
5. Deprem Bölgelerindeki Yüzey Deformasyonları	31
5.1. Hatay Bölgesi Deformasyonları	31
5.2. Kahramanmaraş Bölgesi Deformasyonları	35
5.3. Gaziantep Bölgesi Deformasyonları	47
5.4. Adıyaman Bölgesi Deformasyonları	49
5.5. Adana Bölgesi Deformasyonları	50
6. Tartışma Ve Sonuçlar	61
7. Kaynaklar	65

1. GİRİŞ

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) kayıtlarına göre; 06.02.2023 Pazartesi günü sabah saat 04:17'de Doğu Anadolu Fay Zonu'nun uzantısı konumunda bulunan ve merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ilçesinde aletsel büyüklüğü (Mw) 7,8 ve odak derinliği 8,6 km olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremin merkezi, Karasu grabeninin kuzeydoğu uzantısının uç kesiminde bulunmakta olup, buradan uzanan Ölü Deniz Fay Zonu'nun kuzeydoğu uzantısı üzerinde Gaziantep'in yaklaşık 20 km batı-kuzeybatısında bulunan Sofalaca mahallesi civarlarında yer almaktadır. Bölgede ilk oluşan bu deprem yaklaşık 86 saniye Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan 10 şehrimizi çok şiddetli bir şekilde sarsmış ve birçok şehrimizde büyük yıkımlar ile binlerce can kayıplarına, yaralanmalara ve maddi hasarlara neden olmuştur. Bu depremin artçıları devam ederken aynı günün 9 saat sonrasında yine Doğu Anadolu Fay Zonu'nun bir diğer segmenti üzerindeki Sürgü-Çardak fayı üzerinde saat 13:24'te yaklaşık bir dakika süre boyunca Elbistan (Kahramanmaraş) ilçesinde aletsel büyüklüğü (Mw) 7,6 ve odak derinliği 7.0 km olan ikinci bir deprem daha meydana gelmiş olup, önceki depremde büyük hasarlar alan bölge üzerinde daha da yıkıcı hasarlar oluşmuş, önceden ayakta zor duran yapılar yıkılmış ve bölgede depremlerin etkileri ile yeryüzü kırıkları ve ötelenmeler-atımlar meydana gelmiştir. Depremlerin olduğu günden bugüne kadar kırılan bölgede 9000'in üzerinde artçı sarsıntılar meydana gelmiştir. Bu dönemde Doğu Anadolu Fayı üzerinde 5 fay segmenti kırılmıştır. Ancak, Antakya fayı 20.02.2023 Pazartesi günü akşamına kadar kırılmaksızın kalmış ve saat 20:04'te 6.4 büyüklüğünde bir artçı deprem ile kırılmıştır.



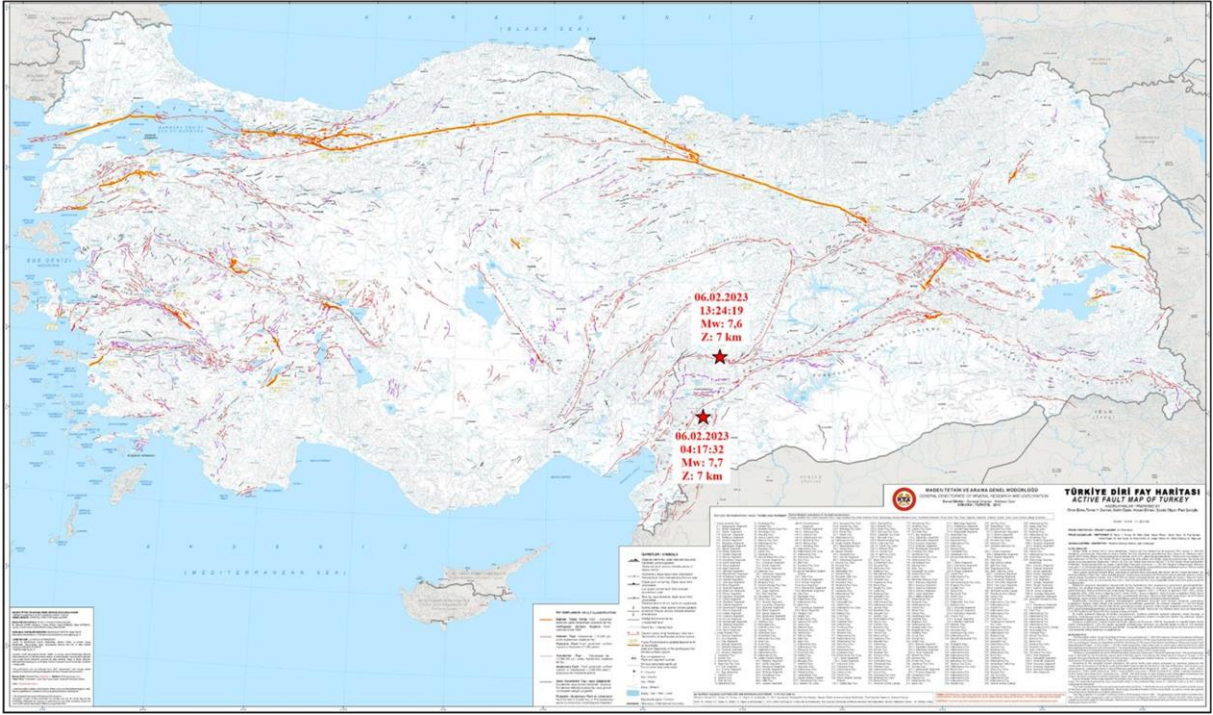
Şekil 1. Oluşan depremlerin Focal Analizi ve aktif fay zonları üzerindeki ana şok episantır lokasyonları (06-20.02.2023 arası) ve artçı deprem dağılımı (AFAD, 2023).



Şekil 2. 6.2.2023 Kahramanmaraş depremlerinin yüzey kırık haritası (Esat ve Seyitoğlu, 2023).

2. JEOLJİK DEĞERLENDİRME

Ülkemiz aktif fay zonları ile çevrelenmiş bir coğrafya üzerinde yer almaktadır. Yaklaşık 1550 km uzunluğundaki Sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve 580 km uzunluğundaki Sol Yanal Doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonları (DAFZ) boyunca Türkiye’de büyüklü-küçüklü birçok depremler meydana gelmiştir (Şekil 3). Türkiye Levhacığı (Anadolu Levhacığı) kuzeyde Avrasya, güneyde Afrika ve Arap levhaları arasında jeolojik süreçler nedeniyle sürekli sıkıştırıldığından Alp-Himalaya dağ silsilesi üzerinde bir deprem ülkesi konumundadır.

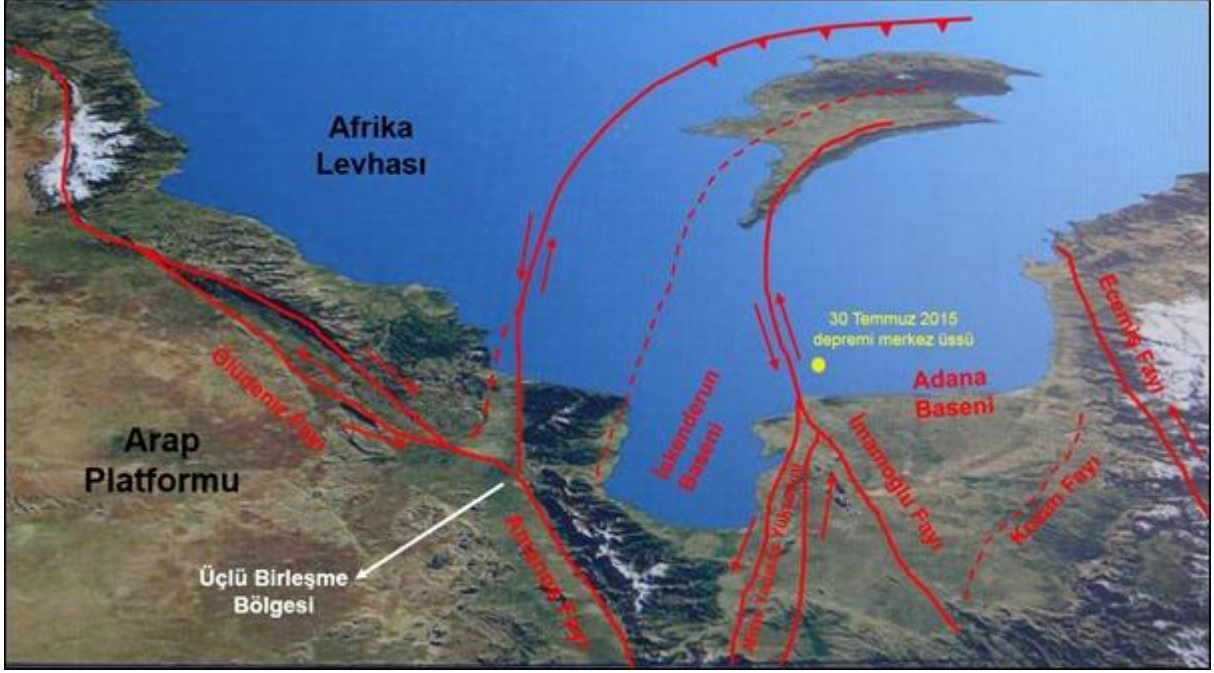


Şekil 3. Türkiye’nin Aktif Fay haritası (Kırmızı çizgi ile gösterilenler) ve üzerinde 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan Deprem Lokasyonları.

Türkiye’nin Güneydoğu kesimlerinde yer alan depremlerin oluştuğu fay hatları uzun yıllardır yerli ve yabancı yerbilimciler tarafından ilgi duyularak çalışılan 580 km uzunlukta Sol yanal Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) olup, bu bölgede Fay Zonu farklı segmentler halinde isimlendirilmekte ve çalışılmaktadır. Yaklaşık 2 milyon yıl öncesinden günümüze değin hareket ettiği bilinen Doğu Anadolu Fay Zonu; Karlıva (Bingöl)’dan başlayarak, Elazığ, Malatya, Adıyaman, Kahramanmaraş illeri üzerinden Hatay Bölgesine kadar 5-25 km genişlikte aktif bir deformasyon kuşağı şeklinde uzanım göstermektedir.

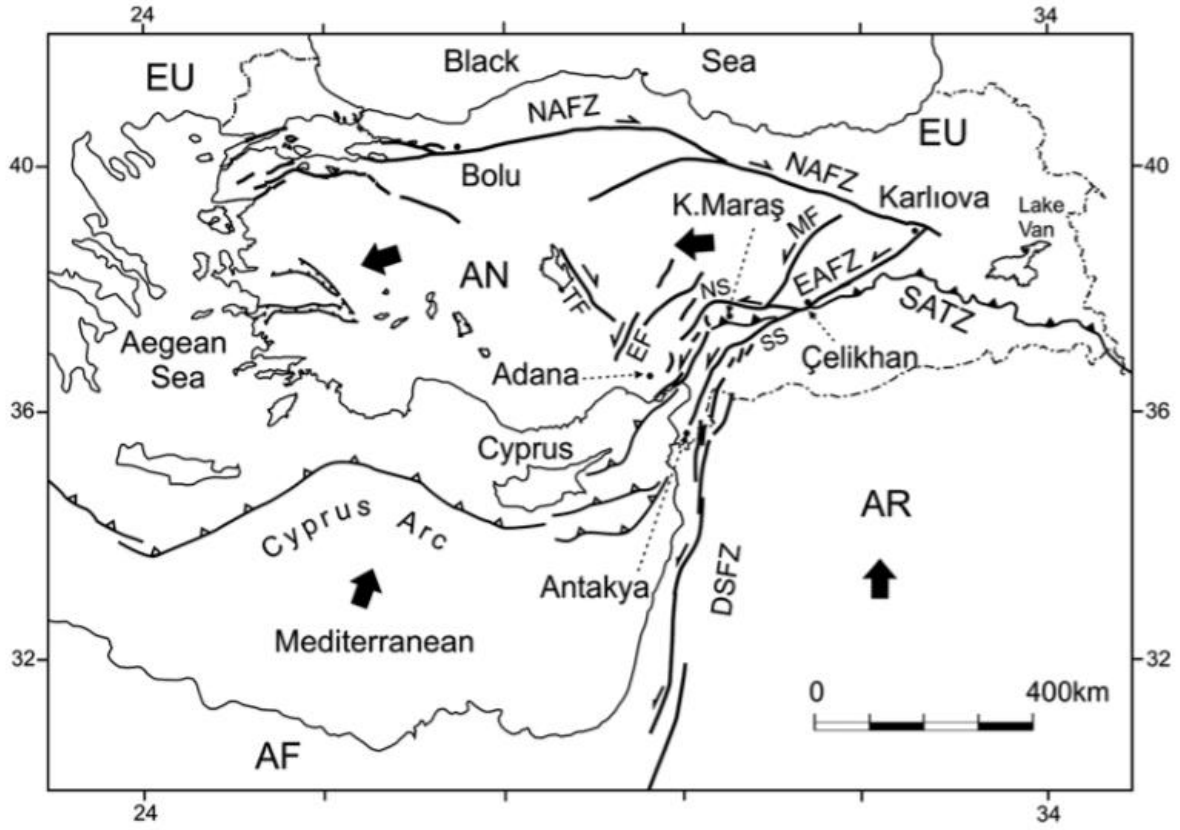
Bölgede deprem üretebilecek diğer bir önemli fay sistemi, Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) olup, Kızıldeniz'den kuzeye doğru uzanan ve ülkemizde Hatay bölgesinin kuzey kesimine, bir başka kol ile Karasu vadisi güneyinden kuzeydoğu istikametinde Gaziantep'e kadar uzanan Arap-Afrika levhalarının sınırını oluşturan **transform** nitelikli bir fay sistemidir. 6.2.2023 tarihinde saat 04:17'de 7.8 büyüklüğünde meydana gelen 1. Depremin merkezi Gaziantep'in yaklaşık 22 km BKB'sında Sofalaca mahallesi olarak belirtilmekte olup, Ölüdeniz Fay Zonu üzerindeki Narlı-Sakçagöz Segmenti üzerinde meydana geldiği belirtilmektedir. Amanos Fayı, Amanos Dağlarının GD kesiminde Türkoğlu'ndan Kırıkhan'ın GD'suna kadar uzanmaktadır. İlk depremde Doğu Anadolu Fayının Amanos, Pazarcık ve Erkenek Segmentlerinin kırıldığı düşünülmektedir. 7.6 büyüklüğündeki 2. deprem aynı gün saat 13:24'te birinci depremin yaklaşık 100 km kuzey kesiminde birinci depremde Doğu Anadolu Fay Sisteminin birkaç segmentinin birden kırılması nedeniyle tetiklenerek, Elbistan (Kahramanmaraş)'daki Sürgü-Çardak Fayı üzerinde ikinci büyük deprem (Mw 7.6) meydana gelmiştir. Çevre illerdeki ikinci depremin daha yıkıcı olduğunu beyan etmektedirler. 2. Depremin artçısı da bu segmentin yaklaşık 65 km batı kesiminde Göksun İlçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde 6 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Göksun'da yaşayan insanlar, birinci depremde yüzey kırığının oluşmadığını belirttikler. 7.6 lık deprem ile bölgede yüzey deformasyonlarının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Bu depremler sonrasında 7000'in üzerinde artçı sarsıntılar meydana gelmesi sonrasında da 20.2.2023 tarihinde Amanos Fayının uzantısında bulunan, ancak o tarihe kadar kırılmamış bulunan Antakya Fayını (Hatay) saat 20:04'te kırarak 6.4 büyüklüğünde bir diğer depremin meydana gelmesine neden olmuştur. Bu zonda karada kırılan son parça güneybatısında Akdeniz'in içinden bir transform faylı sınır (aktif fay zonu) ile Kıbrıs'ın güney kesimlerine ulaşmakta olup, bu sınır Afrika plakası-Anadolu levhacığının sınırını oluşturmaktadır.



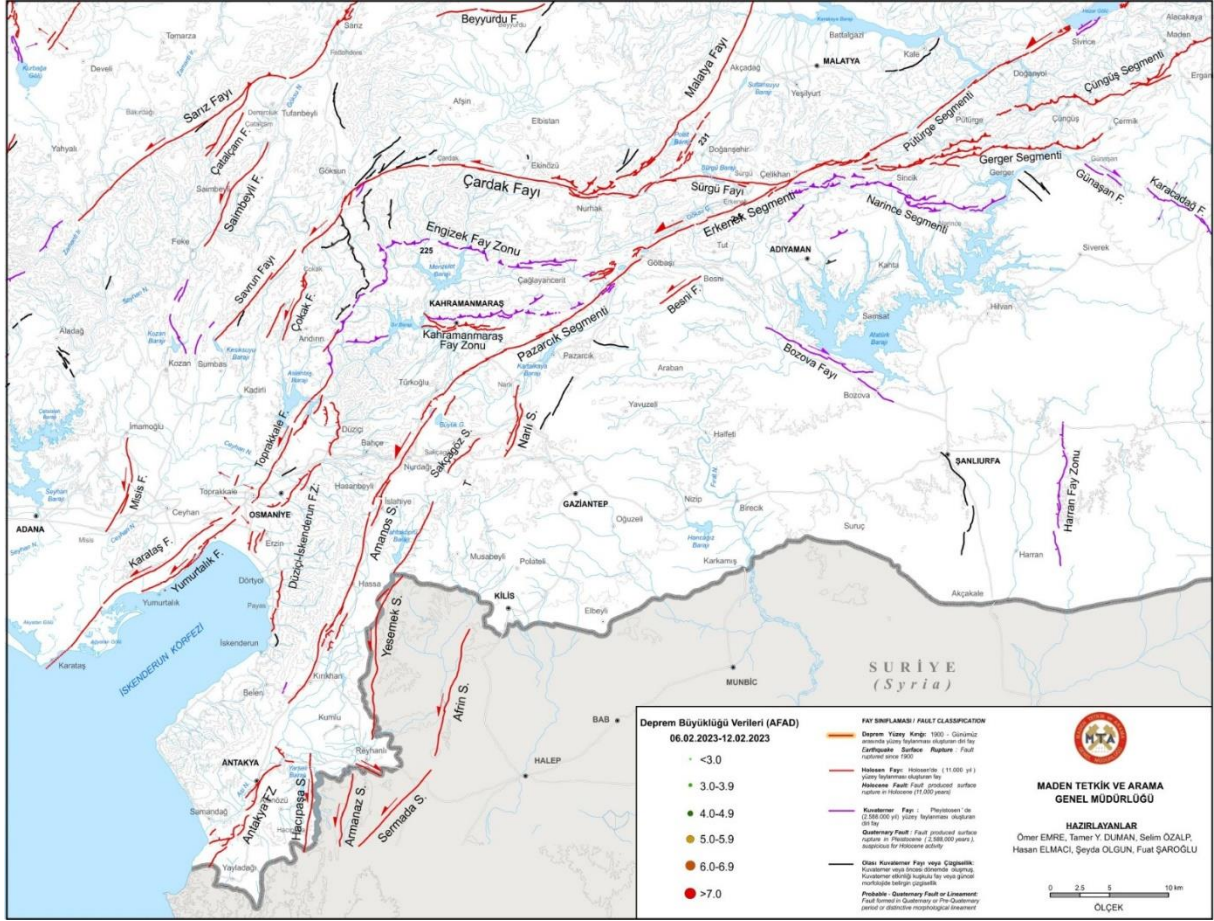
Şekil 4. Çukurova Bölgesi ve yakın civarının levha sınırlarını gösterir major tektonik hatları (Ünlügenç vd., 2011, Ünlügenç ve Akıncı, 2017, 2018, Ünlügenç vd.,2021, 2022).

Bu depremlerin oluşmasına neden olan jeolojik faktör yer kabuğu üzerinde yer alan levha ve levhacıkların kabuk üzerindeki bağıl hareketleridir. Bu levhalar bazen birbirine doğru yaklaşır (konverjan levha sınırı), bazen birbirinden uzaklaşırlar (Kızıldeniz'in açılması gibi; Diverjan levha sınırı), bazen de levhalar birbirlerinden transform faylı sınırlar (Ölü Deniz Fayı gibi) boyunca hareket ederler. Anadolu (Türkiye) levhacığının güneyinde yer alan ve sürekli olarak kuzeye doğru hareket edip, Anadolu levhacığını sıkıştıran Arap ve Afrika levhalarıdır. Arap ve Afrika levhaları da Kızıldeniz rifti ve kuzeyinde yaklaşık olarak Kuzey-Güney uzanımlı Ölü Deniz Fay Zonu ile sınırlandırılmaktadır. Belirtilen bu fay zonu “**transform fay**” olarak tanımlanmakta olup, bu iki levhanın sınırını oluşturmaktadır. Afrika levhasının kuzey sınırı Akdeniz'in içinde Kıbrıs'ın güneybatı kesimlerinde okyanusal kabuk yapısı ile Kıbrıs'ın altına dalmaktadır.



Şekil 5. Türkiye'nin aktif fay hatları haritası (Duman ve Emre 2013).

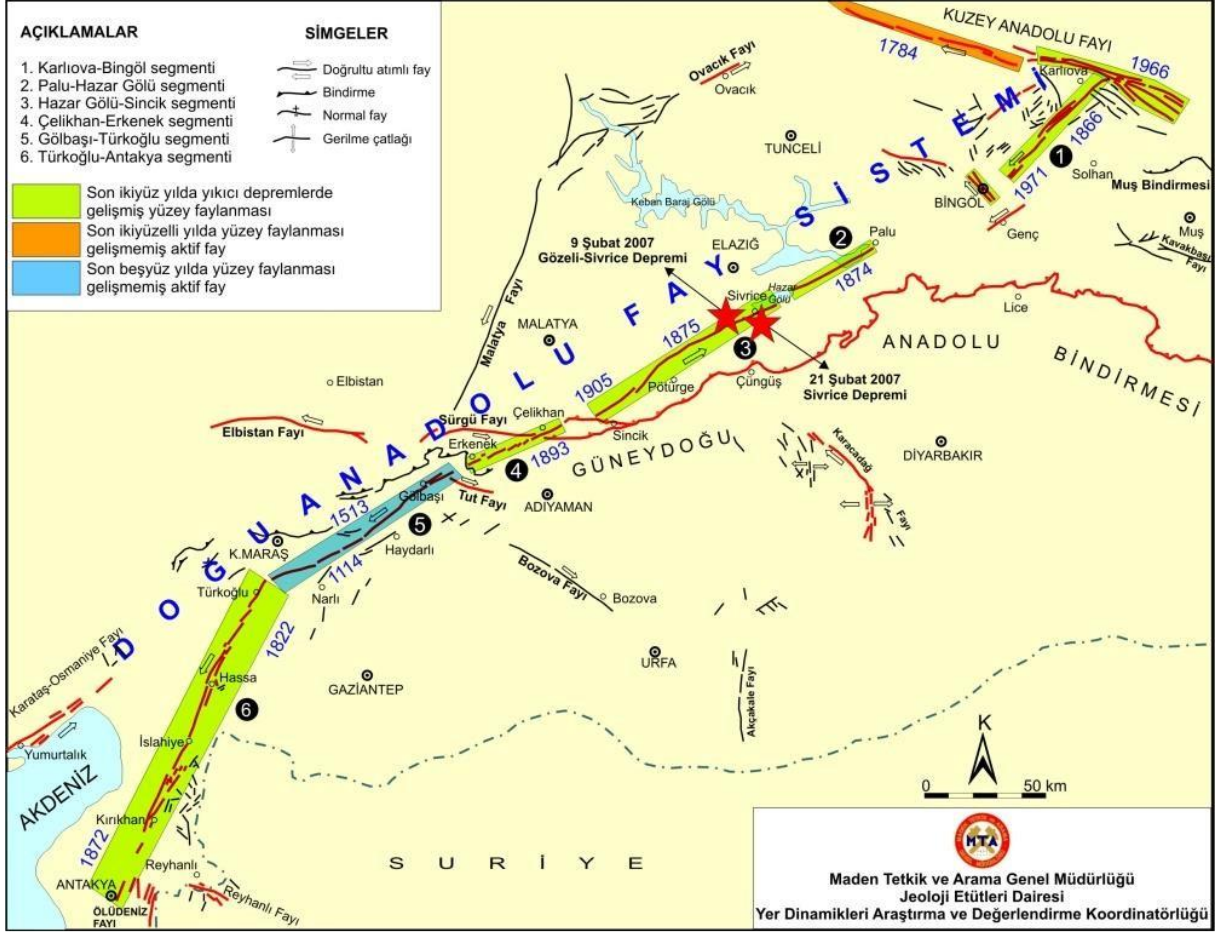
Kıbrıs'ın GD kesimlerinde ise bu tektonik hat transform faylı sınır ile Lazkiye ve Samandağ üzerinden Hatay'ın kuzey kesimlerinde yer alan Serinyol civarlarına kadar uzanmaktadır. Ölü Deniz Fay Zonu'nun doğu kesiminde yer alan Arap levhası da yılda yaklaşık 2 cm/yıl hızla kuzey kesiminde yer alan Anadolu levhacığı ile kıta-kıta çarpışması konumunda bulunmaktadır. Serinyol civarında üçlü birleşme bölgesi oluşturan bölgede Arap levhası Amanos Fay Segmenti ile sınır oluşturmaktadır. Bu sınır boyunca Arap levhasının Anadolu levhacığını çok uzun yıllar boyunca sıkıştırması nedeniyle levha/levhacık arasında Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca potansiyel enerji birikimi söz konusudur. Bu fay zonu boyunca zaman zaman meydana gelen depremler bu levhaların birbirlerini sıkıştırmaları nedeniyle olup, zaman zaman bu fay zonunun birçok segmentlerinde kırılmalar nedeniyle depremler oluşmaktadır.



Şekil 6. Türkiye'nin Aktif Fay Zonlarını gösterir harita (Emre ve diğ., 2013).

Sol Yanal Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) farklı araştırmacılarca incelenmiş olup, kırık zonu farklı şekilde segmentler halinde tanımlanmıştır. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun segmentasyonu ile ilgili çalışmalarda;

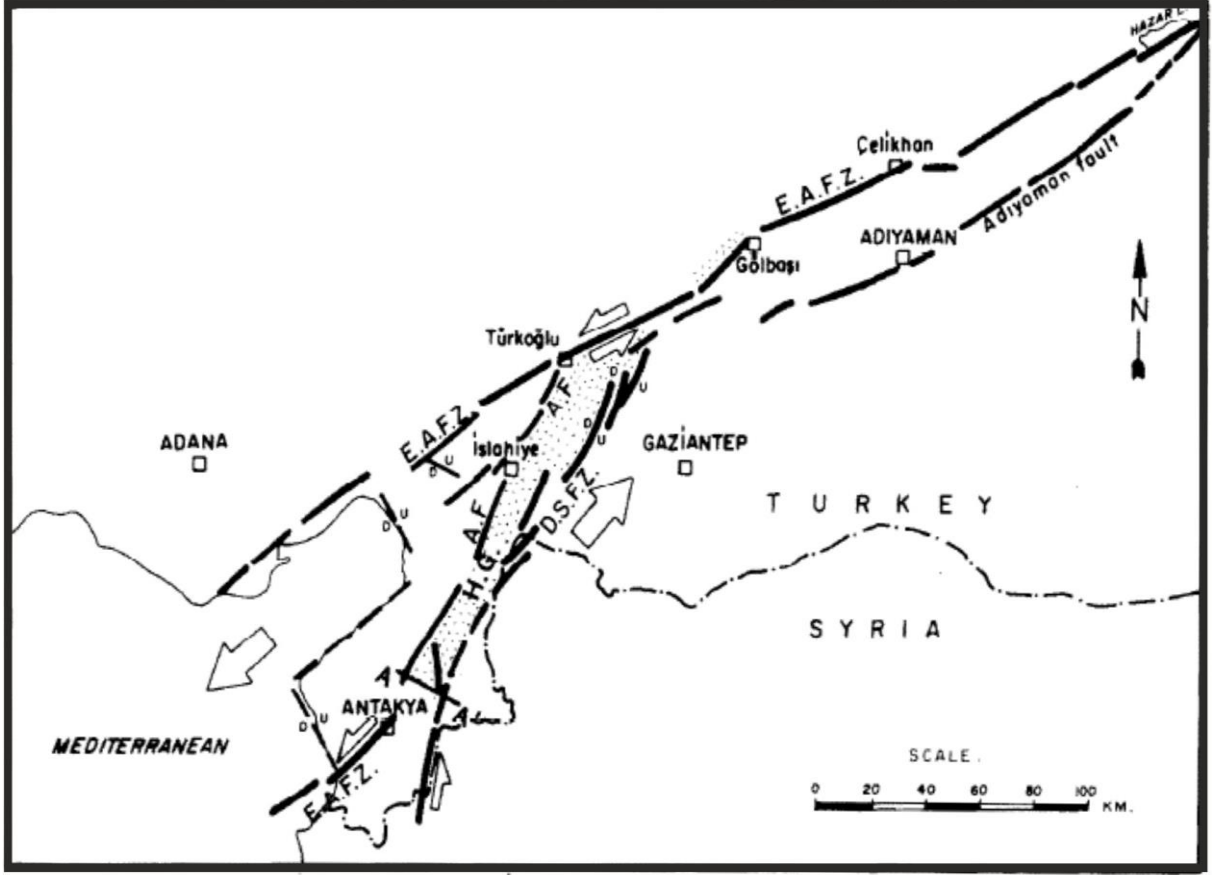
Muehlberger ve Gordon (1987), Westaway (1994) ve Hempton ve ark., (1981), uzanımı ve geometrisini baz alarak Doğu Anadolu Fay Zonunu 5 segmente ayırmıştır. Barka ve Kadinsky-Cade (1988) geometrik süreksizliklere dayanarak 14 segmente ayırırken; Şaroğlu ve ark., (1992a) Karlıova ve Antakya arasında 6 segmente, Herece (2008) ise 11 segmente, ayırmıştır. Perinçek ve Çemen (1990)'e göre ise 3 segmentten oluştuğu belirtilmektedir. Bu değerlendirmelerde; Şaroğlu ve ark. (1992)'na göre ise Doğu Anadolu Fay Zonu, Karlıova'dan başlayarak Antakya'nın kuzeyinde Kırıkhan'a kadar devam etmektedir.



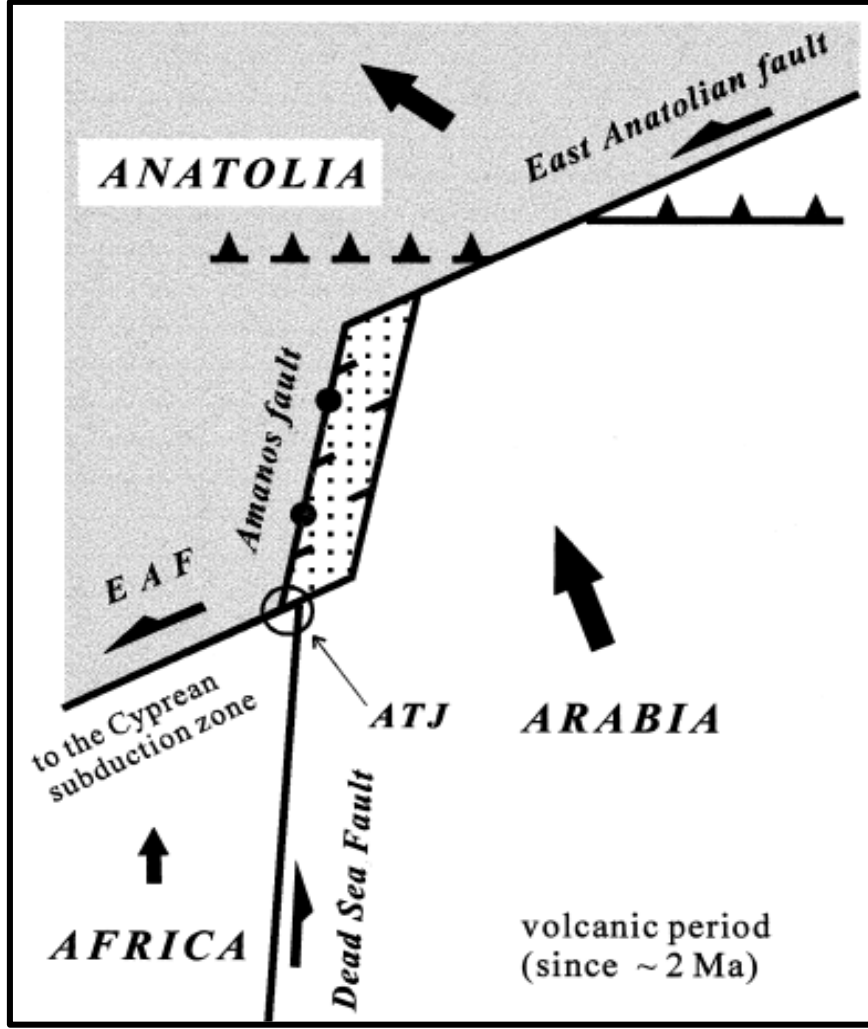
Şekil 7. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana segmentleri ve 1822-1971 tarihleri arasında büyük depremlerde gelişmiş yüzey kırıkları ile 9 ve 21 Şubat 2007 depremlerini gösterir harita (Şaroğlu vd., 1992b'den değiştirilerek alınmıştır).

Westaway (1994) DAFZ'nun Karlıova'dan başlayarak İskenderun Körfezi'nin kuzey batı kıyısına kadar uzandığını ileri sürmektedir.

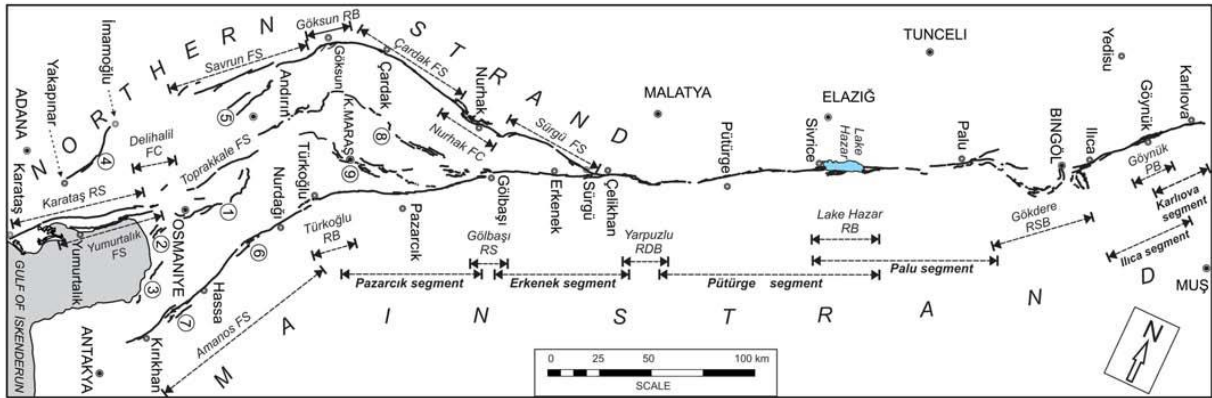
Perinçek ve Çemen (1990)'e göre Türkoğlu'ndan Akdeniz'e kadar uzanan kısım güney kol olarak adlandırılmakta ve Amanos Fayı ve ana kol (Karlıova-Türkoğlu arası) ile birlikte üçlü birleşme oluşturduğunu açıklamaktadır.



Şekil 8. Över ve Ünlügenç, 1998 ve Yürür ve Chorowicz, 1998'e göre; Antakya'nın kuzey kesiminde, Ölü Deniz Fay Zonu, Amanos Fayı ile birleşerek bu bölgede Antakya üçlü birleşme noktasını oluşturduğunu ve buradan güneybatıya doğru devam ederek Kıbrıs dalma batma zonuna doğru bağlandığını açıklamaktadır.



Şekil 9. Duman ve Emre, (2013) DAF'ın Karlıova ve Çelikhan arasında dar bir deformasyon zonunda ilerlerken, Çelikhan'ın batısında geniş bir zonda devam ettiğini belirtmişler ve fayı güney kol ve kuzey kol olarak iki ana kola ayırmışlardır.

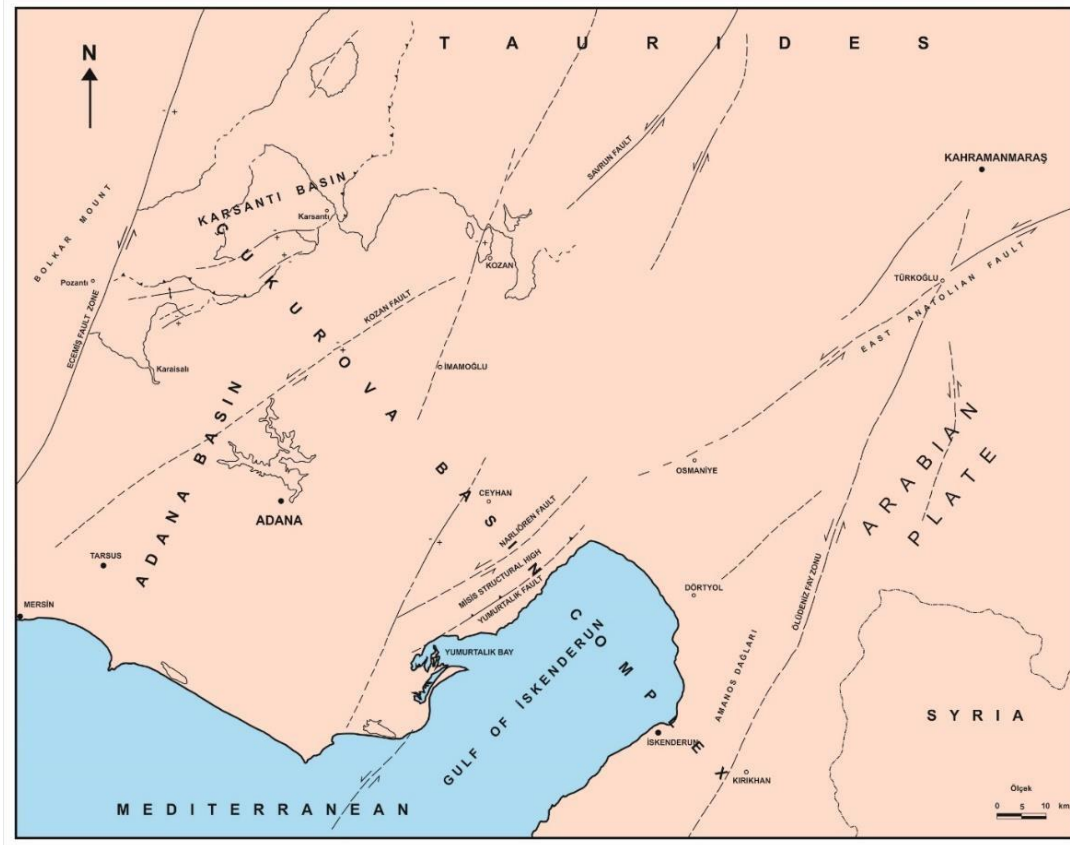


Şekil 10. Doğu Anadolu Fay Zonu segmentlerini gösterir harita (Emre ve diğ., 2013).

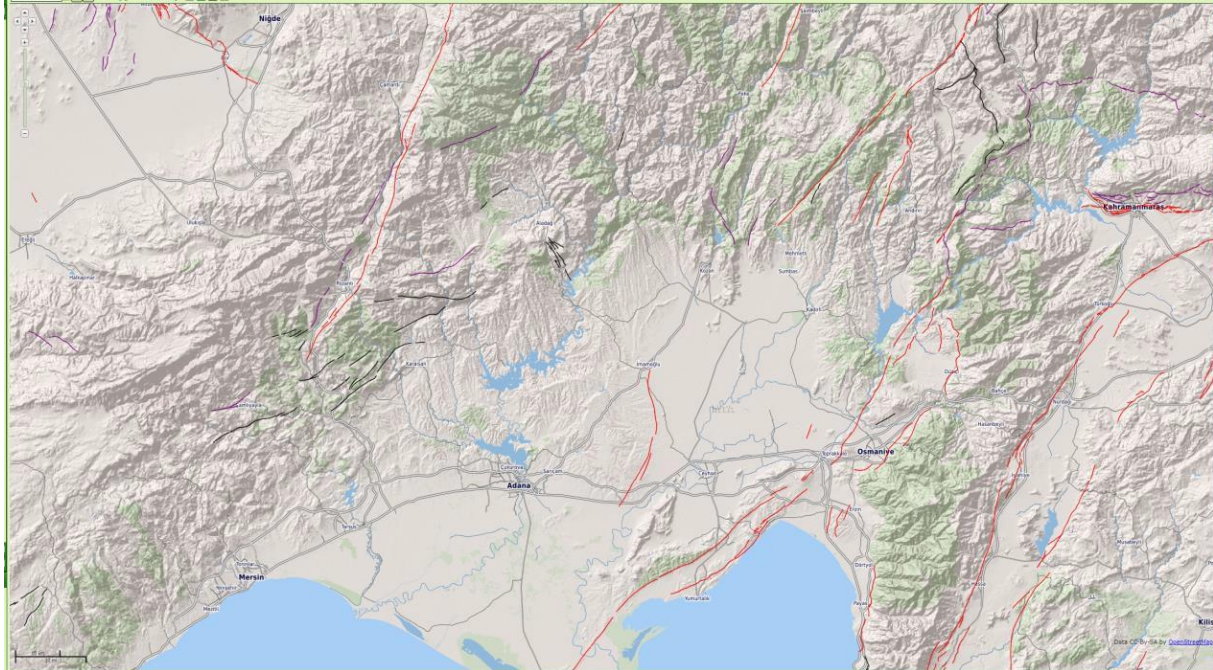
3. ADANA BÖLGESİ CİVARINDAKİ FAYLAR

Ülkemiz tektonik konumu nedeniyle yerküre üzerinde levha hareketlerinin aktif olduğu bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle; jeolojik kökenli doğal afetlerin başında gelen deprem, Türkiye'nin birçok kesimlerinde sıklıkla yaşanmaktadır. Tarihsel ve aletsel dönemlerden edinilen bilgiler ışığında, jeolojik yönden aktif tektonik hatları barındıran ülkemizde depremlerin olması kaçınılmazdır. Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Çukurova ve çevresi, depremler üretebilecek Türkiye'nin en önemli fay hatlarına yakın bir konumda bulunmakta olup, 1. ve 2. derece deprem bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bölge, major olarak, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) Ecemiş Fay Zonu (EFZ) ve Helen-Kıbrıs (HKY) yayı gibi önemli aktif tektonik yapılar arasında sismik açıdan etkin bir alanın sınırlarının içerisinde yer almaktadır. Dolayısı ile belirtilen bölgenin sismik aktivitesi son günlerde yaşadığımız büyük depremleri doğurmuştur.

Adana ili ve yakınında ise deprem üretebilecek nitelikte bulunan aktif faylarımız bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; Adana şehir merkezinin D- GD'sunda bulunan Yumurtalık Fayı, Ceyhan-Karataş fayı, Misis-Yakapınar bölgesinden kuzey yönünde İmamoğlu ilçe merkezine doğru uzanan İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı, Kozan bölgesinden Adana Baseninin içerisinde Çatalan Barajının kuzeyinden KD-GB uzanımlı Kozan Fayı'dır. Bunların dışında biraz daha uzak kesimde olmak üzere Osmaniye yakınlarında Toprakkale ve daha kuzey kesimlerde ise Savrun fayları bulunmaktadır. Bu faylar bölgenin depremselliği ve tektonik konumu açısından büyük önem arz etmektedir (Şekil 11, 57).



Şekil 11. Çukurova Bölgesinde gözlenen önemli fay hatlarını gösterir yapısal harita (Ünlüenç, 1993).



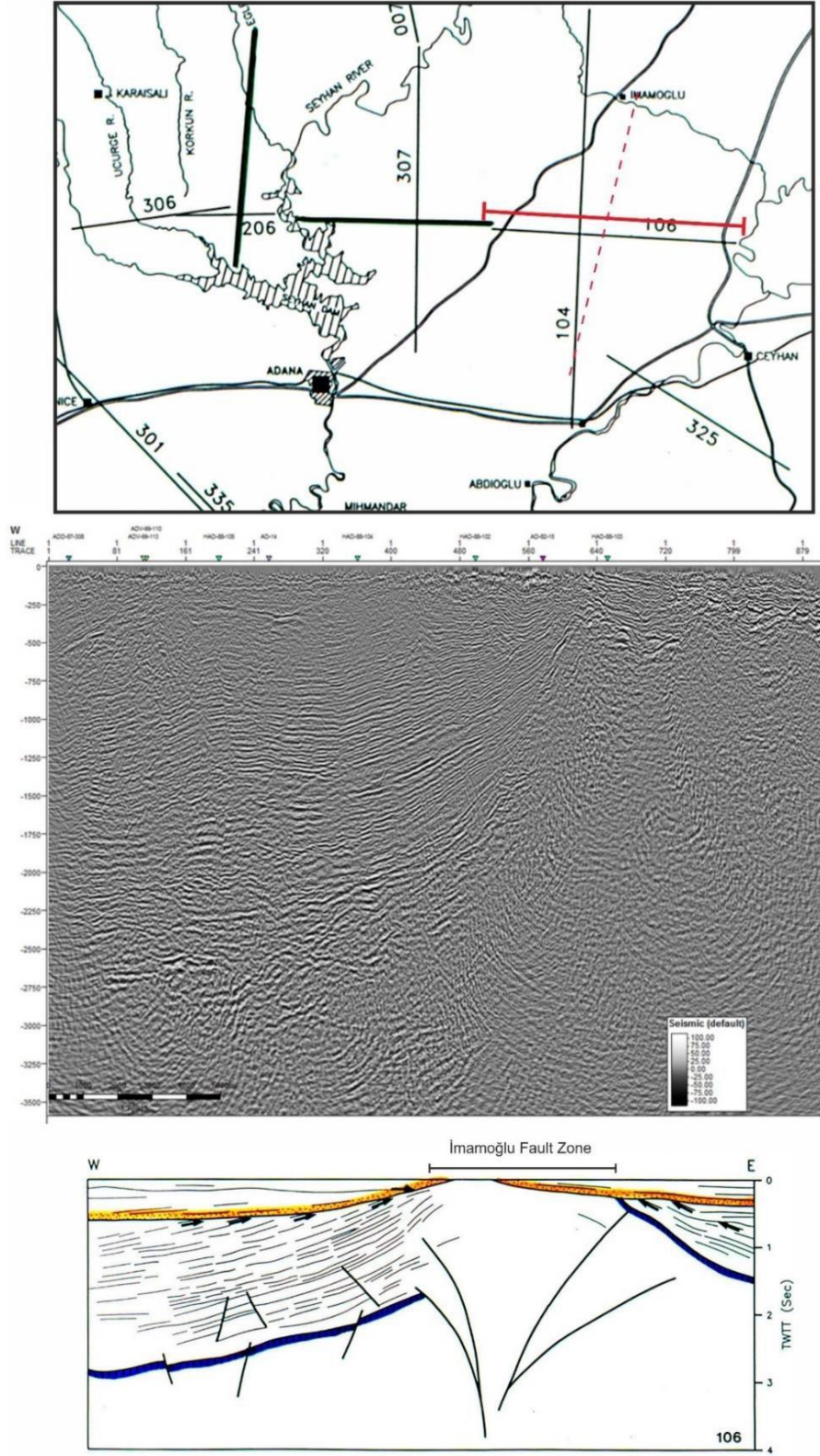
Şekil 12. Çukurova Bölgesindeki önemli Aktif fay hatlarının kabartma uydu fotoğrafı üzerindeki konumları.

3.1. İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı

İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı Adana Şehir merkezinin yaklaşık olarak 20 km doğu kesiminden başlayarak kuzey yönünde Adana'nın İmamoğlu ilçe merkezine kadar yay Şeklinde uzanan bir fay hattıdır. Bu fay hattı genellikle Çukurova'nın düzlük tarımsal kesimlerinden geçmekte ve fay sarplığı gibi önemli bir morfolojik yapı sunmamaktadır. Misis Fayı ile ilgili elde edilen veriler genellikle bölgeden alınmıŐ olan sismik yansıma profillerin yorumu ile elde edilebilmektedir.

İmamoğlu (Misis-Yakapınar) fayının ters bileşenli sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğu görülmektedir (nlgen, 1993). 2 Şubat 2019 tarihinde İmamoğlu (Misis) fay hattının yaklaşık 10 km doğusunda, merkez ss Ayşehoca köyü dolaylarında olan $M=4,5$ byklgnde ve bölgeye yaklaşık 35 km uzaklıkta bulunan Adana Şehir merkezinden de hissedilen ve paniğe yol açan bir deprem gerçekleşmiştir. Ayrıca 1998 yılında yaşanan ölümlere ve yıkımlara da neden olan 6.3 byklgndeki Adana depremi de bu fay hattı üzerinde meydana gelmiştir.

Şekil 13'de İmamoğlu fay hattını kesen bir sismik profilin konumu ile beraber yapısal olarak yorumlanmış kesiti verilmiştir. Profilin doğu kesimindeki reflektörler pozitif iek yapısına benzer bir Şekilde fay hattının geçtiği alanı göstermektedir. Profilde izlenen örüntüde sismik temel batı kesimdeki havza çökellerinden belirgin olarak ayrılmıŐtır.



Şekil 13. İmamoğlu fay zonu boyunca yorumlanmış sismik yansıma profili (Adana şehir merkezinin yaklaşık 15 km kuzeydoğusu) (Ünlügenç, 1993; Williams et al., 1995).

3.2. Ceyhan-Karataş Fayı

Ceyhan-Karataş Fayı, yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritasına göre İskenderun Körfezi kuzeyinde K40°D genel doğrultusunda uzanmaktadır. Doğuda Osmaniye ile batıda Karataş ilçesi arasında 64 km boyunca izlenebilen fay, ters atım bileşenli sol yanal doğrultu atım karakterindedir. Fayın kuzey bloğu morfolojik olarak daha yukarda bulunmaktadır. Karataş fayının doğudaki 16 km'lik kısmı Erken-Orta Miyosen yaşlı Karataş formasyonu içerisinde, 38 km uzunluktaki orta kısmı Karataş formasyonu ile Kuvaterner çökelleri arasındaki dokanakta ve kıyı çizgisine karşılık gelen 10 km'lik batı kesimi ise Kuvaterner çökelleri içerisinde yer almaktadır. Karataş yöresinde Akdeniz'e ulaşan fay deniz tabanından güneybatı yönünde Kıbrıs'a doğru devam etmektedir. 3 Ocak 1994'te Kurtkulağı Mb= 5.0 ile 30 Temmuz 2015'te Tuzla Açıkları-Adana (Akdeniz) merkez üssünde yerel saat ile 01:00'de aletsel büyüklüğü Kandilli rasathanesi tarafından Ml=5.2 olarak bildirilen depremler Karataş Fayı'nın güncel aktivitesini göstermektedir. Yapısal saha gözlemlerinde fay boyunca dere ötelenmeleri, uzamış sırtlar, kapatan sırtlar gibi güncel aktiviteyi ve doğrultu atımlı fay zonunu karakterize eden morfolojik yapılar gözlenmiştir. Fayın, Geç Holosen dönemi çökellerinde izlenen faylanma ve deformasyonlara bağlı olarak 2 büyük depremin meydana geldiği belirtilmiştir (Yavuzoğlu vd. 2016 konf. Paper). Ceyhan-Karataş fayı Akdeniz kıyı çizgisine ve güneyindeki Yumurtalık fayına yaklaşık paralel bir uzanım boyunca devam etmekte olup, sadece 2-3 metrelik düşük eğimli bir fay sarplığı sunmaktadır.

3.3. Yumurtalık Fayı

Yumurtalık-Karagedik arasında, 62 km uzunlukta, birbirine paralel çok sayıda paraçalardan oluşan KD-GB gidişli faylar, Yumurtalık Fayı olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu vd. 1987). Yumurtalık-İmraniye arasında, 24,5 km'lik bölümünde çok belirgin olan fay, morfolojik olarak çok belirgin olup kıyıya paralel olarak uzanır (Şekil ...). Bu bölümde, K50D gidişli olan fay, Orta-Üst Miyosen yaşlı sedimanter birimleri keser. Fay, Yumurtalık-Kocatepe arasındaki düzlükleri morfolojik olarak sınırlar. Kocatepe-İncirli çiftliği arasında kıyıyı denetleyen fay, İncirli çiftliği-İmraniye arasında, Kuvaterner yaşlı bazaltlar ile Miyosen yaşlı çökelleri keser. İncirli-İmraniye arasında, morfolojide sola ötelenmeler ve doğu blokta düşmeler izlenmektedir. İmraniye-Delihalil Mahallesi arasında, 4 km'lik bölümde, fay bir

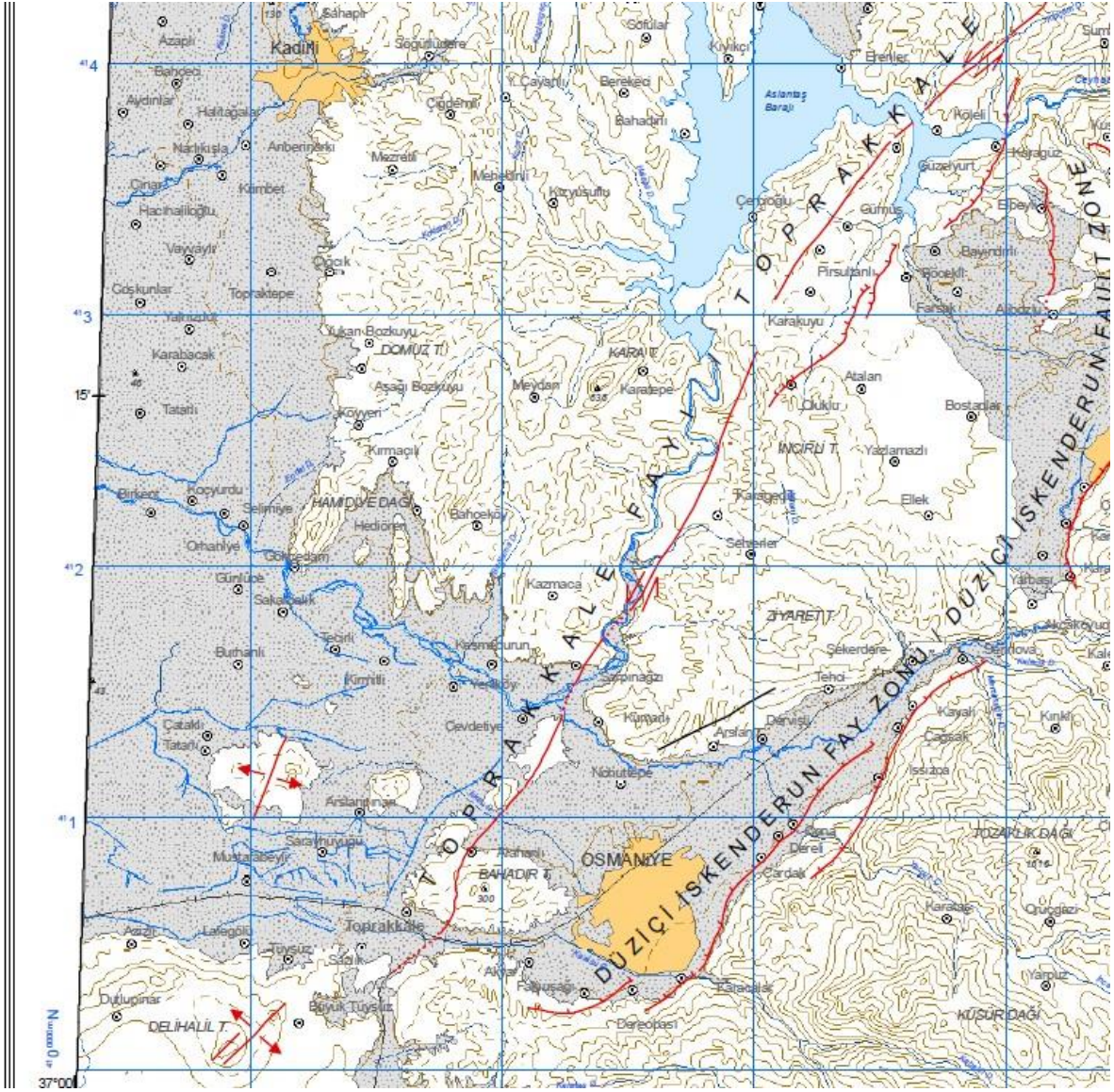
volkan konisini kesmektedir. Üçtepe volkan konisi boyunca 2.5 km izlenen fayın gidişi yaklaşık K30B uzanımındadır (Demirtaş, 2019).



Şekil 14. Ceyhan-Karataş (kuzeyde) ve Yumurtalık fay hatlarının (güneyde) İskenderun Körfezi kuzeyinden geçtikleri bölgenin uydu fotoğrafı üzerinden görünümü.

3.4. Toprakkale Fayı

Doğu Anadolu Fayı'nın kuzey kolunu temsil eden Sürgü-Misis Fay Sistemi'nin güney-güneybatıya doğru yönelen bir segmenti olarak değerlendirilen Toprakkale Fayı, yenilenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda Holosen yaşlı fay olarak değerlendirilmiştir (Kara vd., 2020). Toprakkale Fayı, yaklaşık K33°D doğrultulu olarak uzanan ve yaklaşık 52 km uzunlukta normal bileşenli sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Toprakkale Fayı, birbirlerinden bir sekme yapısı ile ayrılan, kuzey ve güney olarak isimlendirilen iki fay segmentinden oluşmaktadır. Yaklaşık 20 km uzunluktaki kuzey bölüm çoğunlukla Geç Miyosen yaşlı kırıntılı çökelleri kesmekte olup, yer yer de bu çökellerle Erken Maestrihtiyen-Geç Kampaniyen yaşlı ofiyolitlerin dokanağını belirler. Fayın güney segmenti üzerinde ise aktif faylanma verileri daha belirgindir. Yaklaşık 30 km uzunluktaki Güney bölüm, Ceyhan Nehri ve kolları üzerindeki taşkın ovası çökellerini ve Kuvaterner yaşlı Delihalil volkanizmasının ürünlerini kesmektedir.



Şekil 15. Sol yönlü doğrultu atımlı Toprakkale fayının ve daha doğudaki İskenderun-Düziçi Fay hattının uzanımını gösterir eşyüksekti haritası (MTA harita arşivinden).

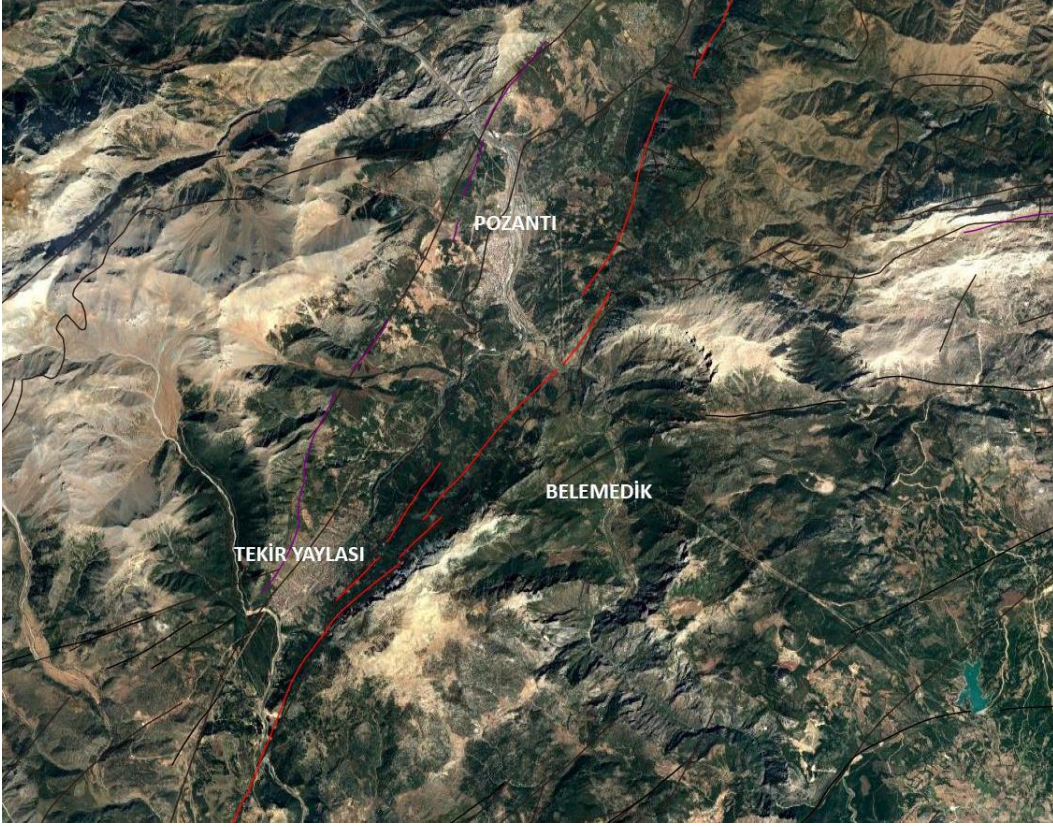
3.5. Ecemiş Fay Zonu

Orta Toroslar ile Doğu Toroslar arasında sınır oluşturan Sol Yanal Doğrultu Atımlı Ecemiş Fay Zonu Adana havzasının kuzeybatı-batı sınırını da oluşturmakta, Adana ile Mersin il sınırları boyunca güneyde Akdeniz'e, ve bazı kolları da Mersin'in Kuzey kesimlerinden güneybatıya doğru uzanmaktadır. Son dönemlerde sismik açıdan aktif görülmeyen ve Orta Anadolu'nun neotektonik unsurlarından biri olan Ecemiş Fayı Pozantı'dan kuzey kesimlere doğru Kamışlı, Burç, Çamardı üzerinden Sultansazlığı bölgesi ve daha kuzey kesimlerine kadar uzunlu-kısalı fay segmentleri ile temsil edilmektedir. Erdağ, D.Ş., (2007) fayın Sultansazlığı

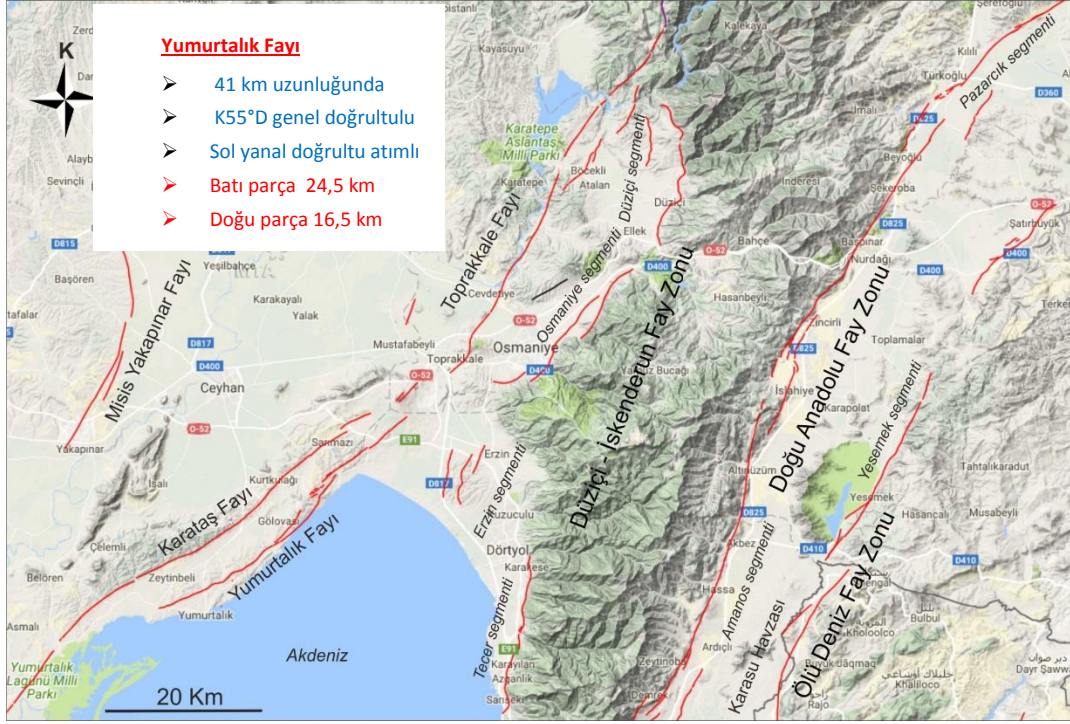
çek-ayır havzasının güneyinden başlayarak yaklaşık K25°D doğrultusunda uzandığını ve Pozantı'nın GB'sına kadar fayın uzunluğunun yaklaşık 120 km olduğunu belirtmektedir. Çizgiselliği hem uydu görüntülerinde hem de arazide net olarak gözlenebilen Ecemiş Fay Zonu'nun geometrik özelliklerini belirlemek üzere fay kuşağı boyunca morfolojik ve morfo-tektonik özellikleri Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 16. Ecemiş Fayı'nın uzanımının izohips yükselti haritası üzerinde görünümü. Fay boyunca morfolojik yapıların kesilmesi ve ani değişimi dikkat çekmektedir (Ünlügenç ve Akıncı, 2019).



Şekil 17. Ecemiş fayının Pozantı, Belemelik ve Tekir civarındaki uzanımının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü (Ünlüenç ve Akıncı, 2019).



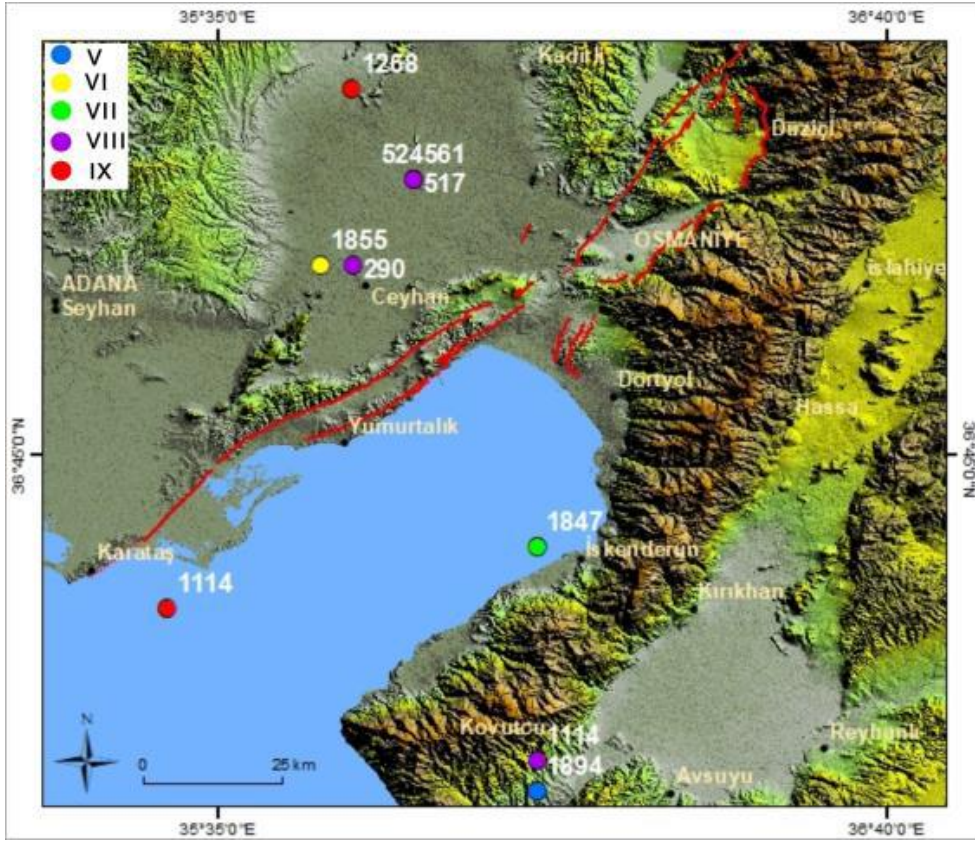
Şekil 18. Adana-Osmaniye illeri ve yakın çevresinin Deprem Tehlike Kaynakları (Kara vd., 2020).

3.6. Savrun ve Kozan fayları

Savrun ve Kozan Fayları Perinçek vd. (1987) tarafından KD-GB gidişli normal faylar olarak tanımlanmaktadır. Doyuran vd. (1989) hem Savrun hem de Kozan faylarının toplam uzunluğunun 200 km olduğu ileri sürmektedir. Kozan fayının Savrun Fay Zonu'nun güneybatı uzantısı olduğu ve Savrun bölgesinin Arap levhasının kuzey kenarındaki bir kenet zonu boyunca oluşan ve neotektonik dönemde yeniden aktifleşen eski bir zayıflık zonu olduğu belirtilmektedir (Perinçek vd., 1987). Kozan Fayı, Kozan bölgesinden Adana havzasının orta kesimlerinden yaklaşık Kuzeydoğu-Güneybatı uzanımlı olarak havzayı kesen normal bileşeni bulunan sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğu belirtilmektedir (Ünlügenç, 1993).

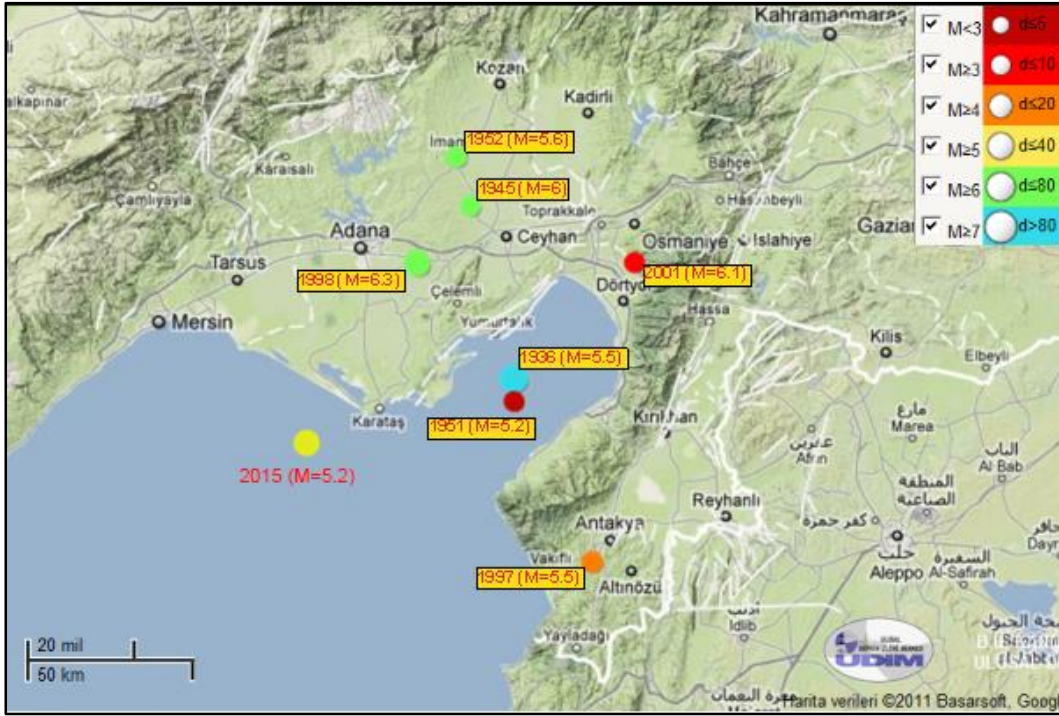
4. ADANA BÖLGESİNİN DEPREM GEÇMİŞİ

Bölgedeki tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtlarına bakıldığında M.Ö. 69 yılından dönemimize kadar bölgede orta ve büyük ölçekli birçok depremin olduğu görülmektedir (Şekil 3). 1114 ve 1268 yıllarında meydana gelen IX şiddetindeki depremler Çukurova bölgesindeki ilk önemli deprem kayıtlarındandır. 1500-1800 yılları arasındaki dönemde Tarsus-Antakya-Halep ekseninde sıklıkla meydana gelen, hasar yapıcı depremler dikkat çekicidir. Özellikle 1600'lı yılların başlarından 1800'lü yılların ortalarına kadar olan dönemde Halep ve Antakya kayıtlarına giren birçok depremin olduğu görülmektedir. Büyük olasılıkla Doğu Anadolu Fay Zonu tarafından üretilmiş olan 1513 depremi Tarsus-Adana-Malatya ekseninde yıkıcı etki yaratmış ve tüm Doğu Akdeniz bölgesinde hissedilmiştir. Daha sonra bölgede etkili olan en büyük depremler 1822 yılında Antakya ve 1872 yılında Amik Gölü'nde meydana gelmiş ve Çukurova bölgesini de içine alan bir coğrafyada önemli bir hasara neden olmuştur (Şekil 19). 19. yüzyılda, özellikle 1822 ve 1872 depremlerinden sonra bölgede büyük depremler açısından bir etkinliğin olmadığı gözlenmektedir.



Şekil 19. Çukurova bölgesinde meydana gelen tarihsel depremleri gösterir harita.

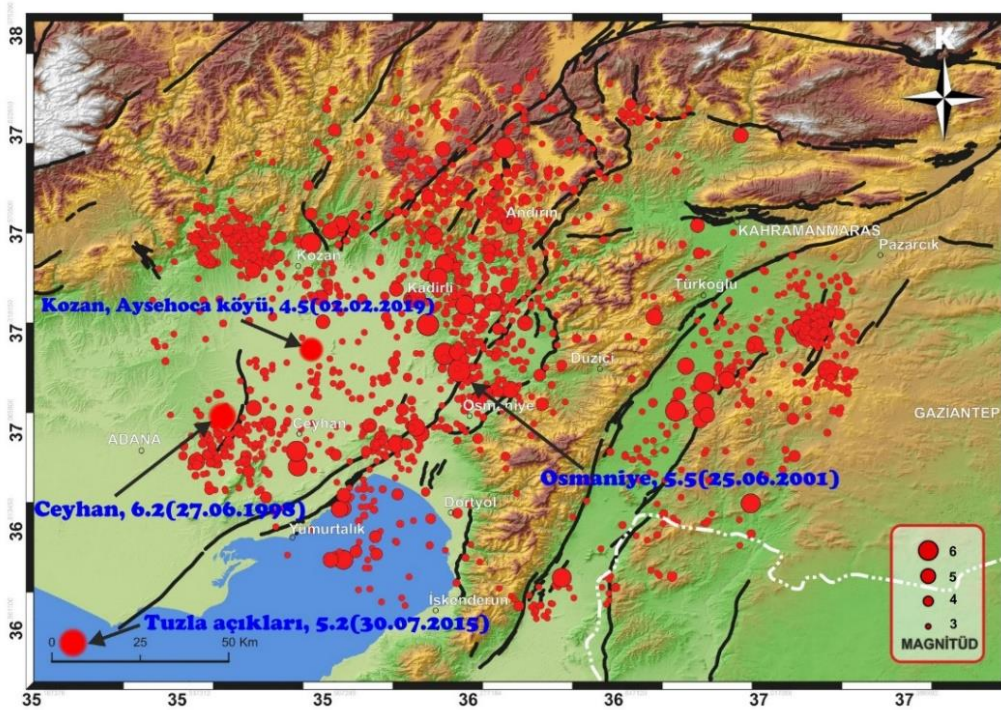
Bölgemize yakın durumda bulunan ve aktif durumda bulunan Ceyhan-Karataş Fayı, Yumurtalık Fayı, İmamoğlu Fayı, Kozan Fayı, Toprakkale Fayı, Savrun Fayı, Doğu Anadolu Fay Sisteminin uzantıları ve/veya onun etkisinde oluşmuş bir yapı olarak değerlendirilebilecek yer kırıklarıdır. 20 yüzyılda bölgede orta ve küçük ölçekte birçok deprem meydana gelmiştir. 1945 yılından günümüze kadar olan dönemde Çukurova ve yakın çevresinde 5.2-6.3 (M) büyüklüğünde dikkat çekici altı adet deprem meydana gelmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Çukurova bölgesi ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelmiş önemli depremler (B.Ü., Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Merkezi (2011)).

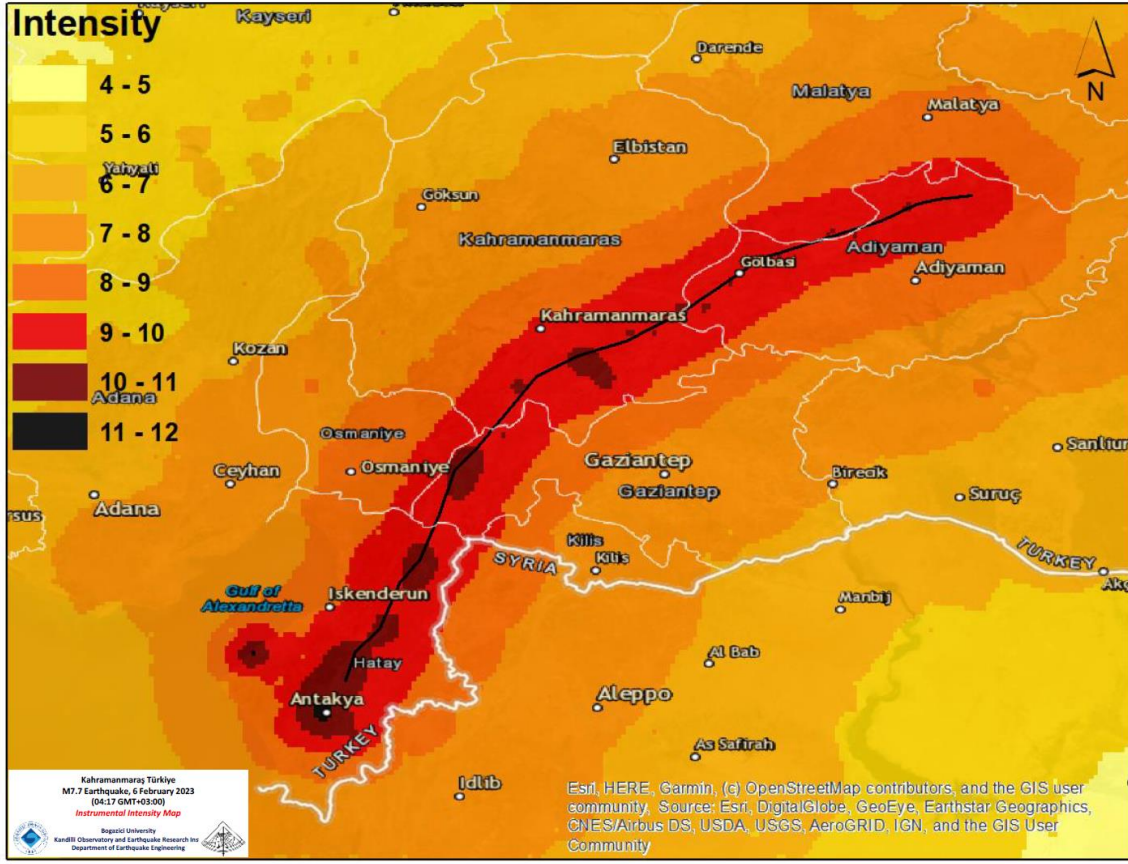
Andırın kuzeydoğusundan başlayıp Ceyhan'a, oradan da Yumurtalık ilçesine uzanan İmamoğlu (Misis Fayı) olarak adlandırılan fay, Çukurova bölgesini kuzeydoğu-güneybatı yönünde boydan boya kat eden bir fay olup, bölgenin sismisitesini denetleyen en etkin yapılardan bir tanesi sayılabilir. Doğu Anadolu Fay Sisteminin etkisi ile oluşmuş bir yapı olarak değerlendirilebilecek ve aktif olan bu fay 1945 yılında 6.0 büyüklüğünde bir deprem üretmiş; daha sonra 1998 yılında 6.3 büyüklüğündeki Adana-Ceyhan depremi de yine bu kırık üzerinde meydana gelmiştir. Bu iki deprem de büyük olasılıkla aynı fay tarafından üretilmiş ve Çukurova bölgesinde yıkıcı hasara neden olmuştur. 1997 yılında Hatay'da meydana gelen 5.7 büyüklüğündeki deprem ve 2001 yılında Dörtyol (Hatay)'da meydana gelen 5.4

büyükluğindeki deprem, 2001 yılında Osmaniye’de meydana gelen 6.1 büyüklüğindeki deprem, 30 Temmuz 2015 yılında Adana-Karataş-Tuzla açıklarında 5.2 büyüklüğindeki deprem Ceyhan–Karataş fay hattını Kuzey Kıbrıs tektonik uzanımına bağlayan segmente sadece 20 km uzaklıkta geręekleşmiştir. 2 Şubat 2019’da İmamoğlu Fay Zonuna (yaklaşık 10 km) çok yakın bir bölgede, Adana ilinin sadece 35 km KD’sunda Ayşehoca-Kozan köyü yakınlarında 4,5 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. 2020 yılında Osmaniye-Sumbas civarında 4.0 büyüklüğünde; Kadirli civarında 4.0 büyüklüğünde; Andırın civarında 4.0 büyüklüğünde; Ceyhan-Körkuyu civarında 4.0 büyüklüğünde, 2021 yılında Adana-Karaisalı Nergizlik civarında 3.9-4.0 büyüklüğünde; Adana Karaisalı-Çevlik civarında 3.8 büyüklüğünde; Osmaniye-Kadirli-Kösepinarı civarında 4.3; Osmaniye-Düziçi-Ellek civarında 4.3 büyüklüğünde, 2022 yılında Adana-Ceyhan-Ceyhanbekirli civarında 3.9; Adana Karaisalı-Gildirli civarında 3.9; Adana Ceyhan-Tatarlı civarında 3.8; Osmaniye Düziçi-Çerçioğlu civarında 5.0 büyüklüğünde meydana gelen ve en son 18.12.2022 tarihinde Hatay-Kırıkhan-Kangallar civarında meydana gelen 4.8 büyüklüğündeki depremler, bölgede meydana gelen önemli sismik olaylar olarak kayıtlara geçmiştir.



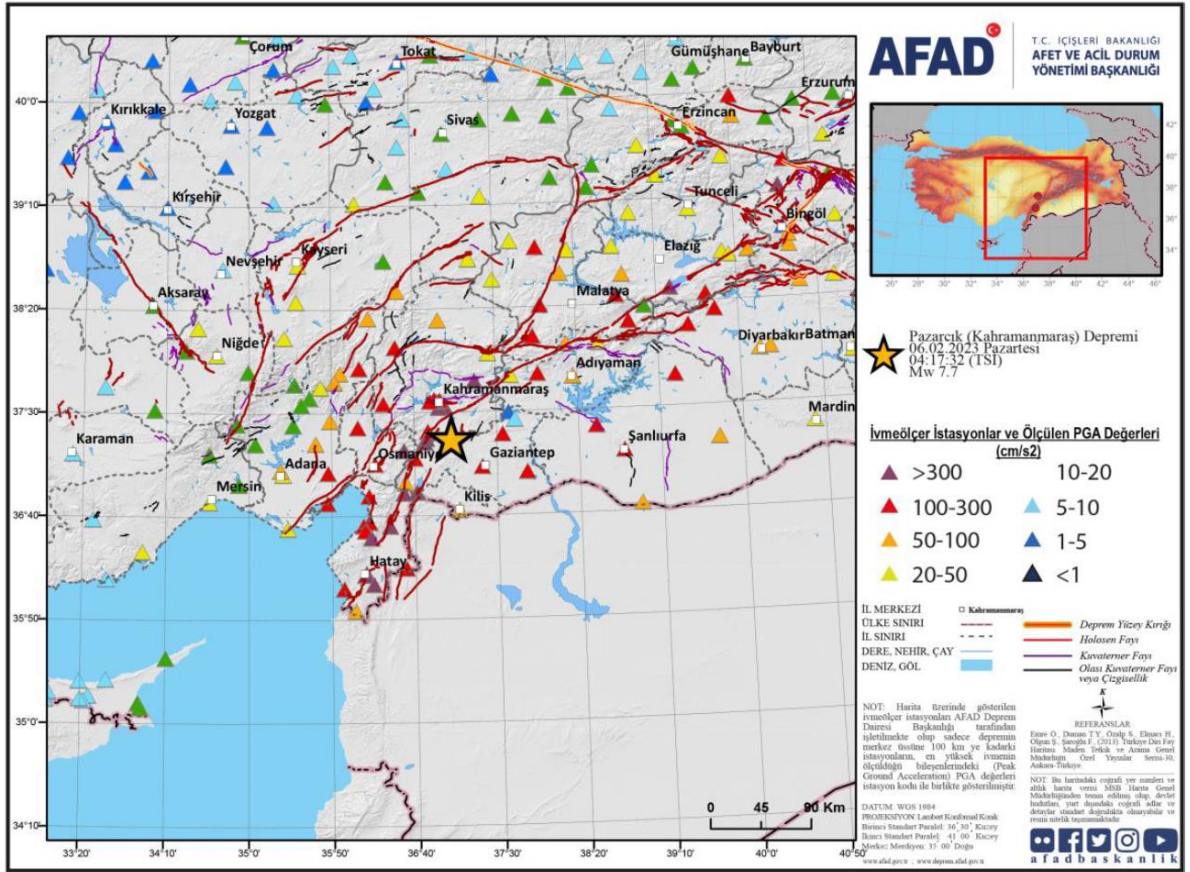
Şekil 21. Bölgede 1998-2019 yılları arasında 4 büyüklüğünün üzerinde meydana gelen deprem episantırlarının işaretlendiği harita.

Intensity Map



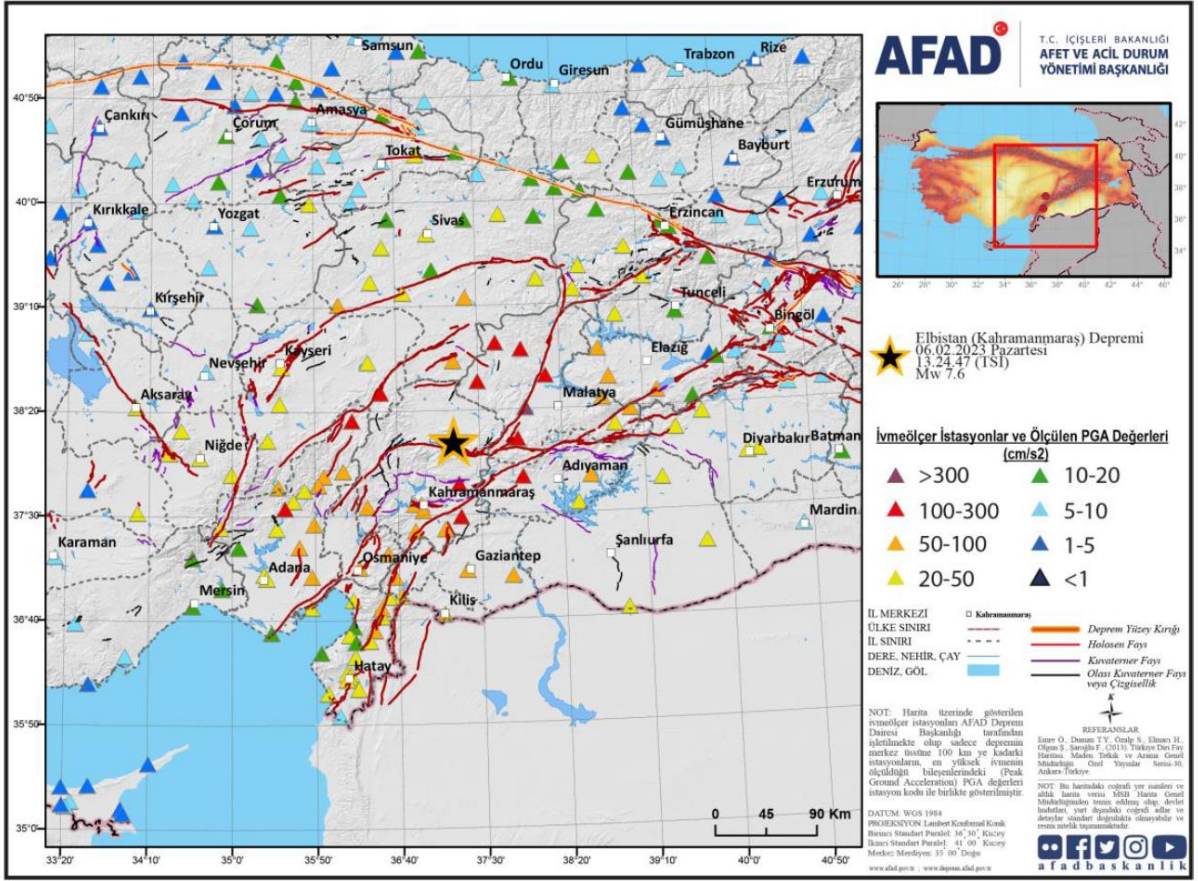
Şekil 22. 6 Şubat depremlerinde oluşan eş şiddet haritası (KOERI, 12.02.2023 Preliminary Report (v6))

Bölgeyi etkileyen bu fay sistemlerinin geometrik özelliklerinin belirlenmesi, gelecekte meydana gelebilecek depremleri tahmin etmek ve bunlara karşı önlem almak için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada özetlediğimiz bölgedeki ana fay hatları şunlardır: yaklaşık K-G uzanımlı sol yönlü İmamoğlu (Misis) Fayı, yaklaşık KD-GB gidişli ve birbirine paralel bir uzanım sunan sol yönlü Ceyhan-Karataş ve Yumurtalık Fayı. Bu fay zonlarının temel özellikleri ve bunların bölgenin sismisitesi üzerindeki etkileri incelendiğinde bölgedeki aktif fayların az miktarda bir düşey atımla beraber genellikle oblik bileşenli sol yönlü doğrultu atım bileşenine sahip olduğu gözlenmektedir.



Şekil 23. 6 Şubat Mw 7.7 büyüklüğündeki depremde kaydedilen en yakın ivme ölçer istasyon dağılımı (AFAD)

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen iki büyük depremde oluşan hasar durumunu gösteren eş şiddet haritası (KOERI) şekil 22'de AFAD tarafından yayımlanan ön raporda en yakın ivme ölçer istasyonlarının dağılımı ve oluşan yer ivmelerini gösteren haritalar Şekil 23 ve 24'te verilmiştir.



Şekil 24. 6 Şubat Mw 7.6 büyüklüğündeki depremde kaydedilen en yakın ivme ölçer istasyon dağılımı (AFAD)

5. DEPREM BÖLGELERİNDEKİ YÜZEY DEFORMASYONLARI

6.2.2023 tarihinde sol yanal doğrultulu Doğu Anadolu Fay Zonu segmentleri üzerinde meydana gelen 7.8, 7.6 ile 20.2.2023 tarihinde meydana gelen 6.4 büyüklüğündeki depremler sonrasında Hatay, Kahramanmaraş, Gaziantep, Kilis, Osmaniye, Adana, Adıyaman, Malatya, Şanlıurfa, Diyarbakır illerimizde oldukça fazla can kayıpları ve önemli boyutlarda yıkımlar ile yüzey deformasyonları gelişmiştir. Deprem bölgelerinin bazı bölgelerinde yapılan jeolojik incelemeler ve gözlemler sırasında meydana gelen deformasyonlar değerlendirilmiş olup, sahada incelenen bölgeler olarak aşağıda ayrı ayrı sunulmaktadır. Sahada gözlenen bina-yapı yıkıntılarının konumları dışında yeryüzünde meydana gelen deformasyonlar belirtilecektir.

5.1. Hatay Bölgesi Deformasyonları

Hatay bölgesindeki esas yıkım hasarları bölgedeki Amanos ve Ölüdeniz fayları boyunca kuzeydoğu-güneybatı uzantısında Karasu grabeni boyunca Hassa, Kırıkhan ve Antakya şehir merkezine doğru ciddi yıkımlar oluşmuştur. Hatay'ın güney kesimlerinde de ciddi yıkımlar gözlenmekle beraber, şehir içi ve kıyısal alanlarda deprem kökenli sıvılaşmalar ile ilgili deformasyonlar gelişmiştir. Tepehan (Altınözü) bölgesinde deprem sonrasında gelişen çok büyük ölçekli düzlemsel kütle hareketleri-heyelan meydana gelmiştir.





Şekil 25 a-b-c: Tepehan (Altınözü-Hatay) bölgesindeki Zeytin bahçesi üzerinde meydana gelen düzlemsel kayma ile arazide genel olarak kiltası-marn ardalı birimlerin yer aldığı alanda suya doymuş bir zeminde depremin oluşturduğu sarsıntının tetiklediği yerde meydana gelen heyelan yaklaşık 40 metre derinlikte bir çökme-çukurluk meydana getirmiş ve heyelanın geliştiği alan kullanılamaz hale gelmiştir.



Şekil 26. Hatay il merkezi 3-4 km güneyi Tepehan yolu üzerinde sıvılaşma nedeniyle meydana gelen deformasyonlar.

Birinci ve ikinci depremler sonrasında Kırıkhan-Hassa karayolu üzerinde yaklaşık 46 cm sol yanal ötelenmelerin olduğu gözlenmiştir.



Şekil 27. Beyazıdi Bestami Türbesi karayolu üzerinde (Kırıkhan/Hatay) 45 cm sol yanıl doğrultu atımın oluştuğu alan.



Şekil 28. Beyazıdi Bestami Türbesi karayolu üzerinde (Kırıkhan/Hatay) 45 cm sol yanıl doğrultu atımın oluştuğu alan.

5.2. Kahramanmaraş Bölgesi Deformasyonları

Kahramanmaraş bölgesi de oldukça yoğun yıkımlar ve 3.7 metreye ulaşan ötelenmelerin olduğu yüzey kırıkların oluşumu ve sivilaşmaların geliştiği iller arasında yer almaktadır. Türkoğlu bölgesinde Sol Yanal Doğrultu Atımlı Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu segmentinin oluşturduğu yüzey kırığı arazide onlarca km izlenebilmektedir. Burada yüzey kırığı üzerinde yapılan incelemelerde yaklaşık 3 metre sol yanall ötelenme ölçülmüş olup, bu alanda DAFZ'ın güney bloğunu yaklaşık 1.5 metreye varan boyutta düşüren normal bileşenli ötelenmeler gözlenmiştir.



Şekil 29. Türkoğlu civarında gelişen yüzey kırığı üzerinde yapılan incelemelerde DAFZ'ın güney bloğunun yaklaşık 1.5 metreye varan boyutta düşüren normal bileşenli ötelenmeler gözlenmiştir.



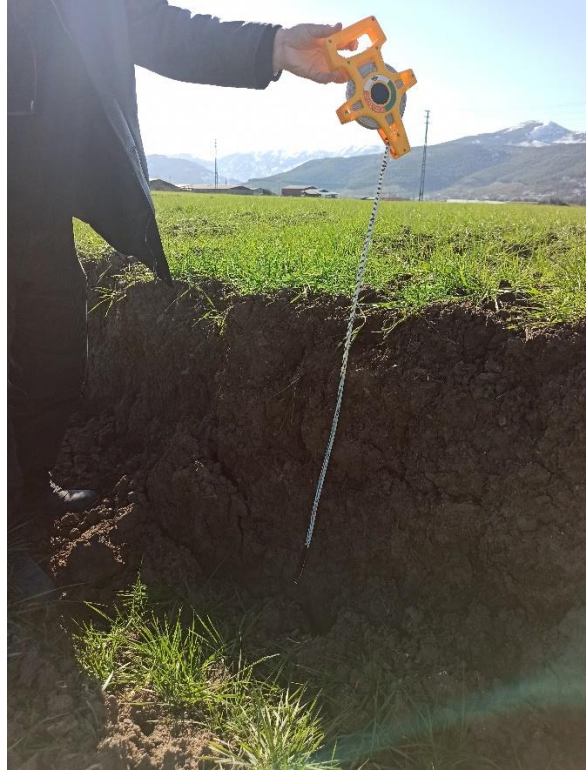
Şekil 30. Türkoğlu civarında gelişen yüzey kırığı üzerinde yapılan incelemelerde DAFZ'ın güney bloğunun yaklaşık 1.5 metreye varan boyutta düşüren normal bileşenli ötelenmeler gözlenmiştir.



Şekil 31. Türkoğlu civarında gelişen yüzey kırığı üzerinde yapılan incelemelerde yaklaşık 3 metre sol yanal ötelenme ölçülmüştür.



Şekil 32. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde çit-duvar üzerinde 3.30 metrelik sol yanal atamın gerçekleştirildiği alan.



Şekil 33. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde yaklaşık 60 cm düşey atım oluşturan yüzey kırığı.



Şekil 34. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde yaklaşık 150 cm düşey atım oluşturan yüzey kırığı.



Şekil 35. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde yaklaşık Dere üzerindeki köprü kenarında köprü'nün bentleşmesi nedeniyle güney kenarında 50 cm lik açılma.



Şekil 36. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde yaklaşık Dere üzerindeki köprü kenarında köprünün bentleşmesi nedeniyle güneydoğu kesimde meydana gelen kırılma.



Şekil 37. Beyoğlu, Yeni Mahalle civarında (Kahramanmaraş) DAF zonu üzerinde yaklaşık Dere kenarında yolun bentleşmesi (Su borusu bükülmüş) ve hemen yolun yan tarafında da meydana gelen 77 cm lik kırık oluşumu.



Şekil 38. Nurhak Karayolu üzerinde deprem sırasında meydana gelen zemin sıvılaşması ile gelişen yanal yayılma ve dairesel kayma türünde yenilmeler karayolu boyunca mevcut şevlik kesimlerdeki mühendislik yapılarına önemli ölçüde zarar vermiştir.



Şekil 39. Nurhak Karayolu üzerinde deprem sırasında meydana gelen zemin sıvılaşması ile gelişen yanal yayılma ve dairesel kayma türünde yenilmeler karayolu boyunca mevcut şevlik kesimlerdeki mühendislik yapılarına önemli ölçüde zarar vermiştir.



Şekil 40. Nurhak Karayolu üzerinde deprem sırasında yukarılardan kaya kopmaları ve yuvarlanmaları türünde yenilmeler meydana gelmiştir.

5.3. Gaziantep Bölgesi Deformasyonları

Gaziantep ilinin özellikle deprem merkezine yakın olan kesimlerindeki alüvyal zemin üzerinde yer alan bölgelerde yıkım ve yüzeyel deformasyonlar meydana gelmiştir. Bu bölgedeki kaya zemin üzerinde inşa edilen binaların daha belirgin bir şekilde sağlam kalarak hasar görmedikleri gözlenmiştir.

İslahiye ilçesinde meydana gelen yapısal hasar yıkıcı bir şekilde oluşmuştur. Bu bölgede birçok yapı ciddi hasar görünürken, yıkılan binaların büyük bir kesiminin alüvyal zemin üzerinde yer aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 41. İslahiye (Gaziantep) ilçesinde yıkımların özellikle alüvyon zemin üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 42. Nurdağı civarında yüzey kırığı üzerinde oluşan 3,7 m'lik atım.



Şekil 43. Islahiye İdilli arasında deprem nedeni ile meydana gelen heyelan ve dere yatağının kapanması sonucu oluşan gölet.

5.4. Adıyaman Bölgesi Deformasyonları

Depremler sırasında Adıyaman bölgesi de oldukça hasar alan illerimizden birisidir. Bu bölgede de ciddi yapısal hasarlar meydana gelmiştir. Ötelenmelerin olduğu yüzeyel hasarlarla birlikte zeminlerde sıvılaşmalar da bu bölgede yaygın olarak oluşmuştur.

Adıyaman'ın Balkar yerleşkesi ile Gölbaşı ilçesi arasında kalan bir alanda, Sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Türkoğlu segmentinin oluşturduğu yüzey kırığı arazide onlarca kilometre izlenebilmektedir. Bu bölgede yapılan incelemelerde depremler sonrasında yaklaşık 3 metrelik sol yönlü bir ötelenmenin olduğu ve yer yer de güney blok üzerinde de 1 metrelik normal bileşenli ötelenmeler gözlenmiştir.



Şekil 44. Balkar-Gölbaşı arası yaklaşık 3 metrelik sol yanal ötelenmenin geliştiği deformasyon.



Şekil 45. Balkar-Gölbaşı arası yaklaşık 3,5 metrelik sol yanal ötelenmenin geliştiği deformasyon.

5.5. Adana Bölgesi Deformasyonları

Adana ili depremlerde diğer illere göre daha az yüzey deformasyonları oluşturmuş illerimizden biridir. Depremler sırasında Çukurova ilçesinde toplamda 13 bina yıkılmış ve 480 vatandaşımız yaşamını kaybetmiş olup, meydana gelen yüzeysel deformasyonlar daha çok Adana havzasının kenar kısımlarında gerçekleşmiştir.

Adana Havzasının kuzey kesimlerinde havza kenarlarında Miyosen yaşlı çökellerin içerisinde Aladağ ilçesinin Meydan Yaylası güneyi, Tereliyaylası evlerinin bulunduğu bölgede havza kenarında yer alan normal fay geometrilerine yaklaşık paralel yönde olmak üzere K20-40D uzanımında kırıklar meydana gelmiştir (Şekil 47). Depremler sonrasında meydana gelen bu kırıkların bulunduğu bölgelerde de yüksek kesimlerde yer alan karbonatlı birimlerin parçalanması-kırılması sonrasında değişik boyutlarda kaya blokları aşağıya doğru yuvarlanmıştır. Bu kaya düşmeleri Meydan Yayla güney kesimleri, Tereliyaylası evleri, Çöreği Dağı güney kesimleri, Hasandede gediği, İnniklik Dağı, Başpınar Yayla yolu ve Aladağ ilçesi doğu kesimlerinde gelişmiştir. Başpınar yolu üzerine düşen bloklar yol üzerinde bulunan çelik korkulukları ciddi şekilde eğip, büküştür.



Şekil 46. Aladağ-Meydan Yayla güneyinde Miyosen yaşlı sedimanları kesen normal faylar.



Şekil 47. Tereli Yaylası Evleri (Aladağ) kuzey kesimlerinde havza kenarındaki normal faylara yaklaşık paralel uzanımda depremler sonrası gelişen yüzey kırıkları.



Şekil 48. Tereli Yaylası Evleri (Aladağ) kuzey kesimlerinde havza kenarındaki normal faylara yaklaşık paralel uzanımda depremler sonrası gelişen yüzey kırıkları.



Şekil 49 a-b-c: Tereli Yaylası Evleri (Aladağ) kuzey kesimlerinde Meydan Yayla güneyi-Çöreği Dağı güney kesimlerinde depremler sonrası gelişen blok düşmeleri.



Şekil 50. Başpınar Yaylası Yolu (Aladağ-Adana) üzerinde İnniklik Tepe'den depremler sonrası yamaç aşağı düşen bloklar.



Şekil 51. Adana ilinin kuzeydoğu kesimlerinde Çığşar bölgesinde deprem sonrasında gelişen kaya devrilmesi.

Adana Havzasının güneydoğu kesimlerinde Yumurtalık ilçesinin batı taraflarında Haylazlı mahallesinin güney kesimlerinde Akdeniz kıyısı kenarında Yumurtalık Fayı üzerinde K40-55D uzanımında kırıklar ve bu kırıklar boyunca da sıvılaşmalar gözlenmiştir.



Şekil 52 a-b: Haylazlı (Yumurtalık-Adana) sahil kenarında Yumurtalık Fayı üzerinde gelişen deprem kırığı.



Şekil 53 a-b: Haylazlı (Yumurtalık-Adana) sahil kenarında Yumurtalık Fayı üzerindeki deprem kırığı boyunca gelişen sıvılaşmalar.

Deprem sırası ve hemen sonrasında Adana'nın Karataş ilçesinin doğusunda yer alan Adalı ve Bebeli Mahalleleri civarlarında Ceyhan Nehri'nin Akdeniz'e ulaştığı delta yakınlarında Ceyhan Nehrinin akış eksenine yaklaşık paralel olmak üzere tarla-bahçe içlerindeki alüvyal zeminler üzerinde yarılmalar meydana gelmiştir. Bu yarıklar içerisinde de sıvılaşmalar oluşmuştur.



Şekil 54 a-b: Adalı (Karataş-Adana) mahallesi doğu kesimlerinde Ceyhan Nehri kenarında alüvyon zemin üzerinde Narenciye bahçesi üzerinde Ceyhan Nehrinin akış yönüne paralel (K20-30 B yönlü) şekilde gelişen yarılmalar



Şekil 54 a-b: Adalı (Karataş-Adana) mahallesi doğu kesimlerinde Ceyhan Nehri kenarında alüvyon zemin üzerinde Narenciye bahçesi üzerinde Ceyhan Nehrinin akış yönüne paralel şekilde (K25B yönlü) gelişen yarılmalar



Şekil 55 a-b: Adalı (Karataş-Adana) mahallesi doğu kesimlerinde Ceyhan Nehri kenarında alüvyon zemin üzerinde gelişen yarılmalar yakın alanda karayolu üzerinde de kırılmalar oluşturmuştur.



Şekil 56 a-b-c-d: Bebeli (Karataş-Adana) mahallesi doğu kesimlerinde Ceyhan Nehri kenarında alüvyon zemin üzerinde Narenciye bahçesi üzerinde Ceyhan Nehrinin akış yönüne paralel şekilde gelişen yarılmalar.

Adana ilinin yaklaşık 11 km güneydoğusunda depremler sonrasında Köklüce mahallesinin Cumhuriyet Caddesi üzerinde tarlalık alanlar üzerinde yol güzergahını da etkileyen K30-45D uzanımlı kırıklar meydana gelmiştir. Köklüce'nin bulunduğu bölge ova içerisinde diğer kesimlere göre KD-GB uzanımında bir yükselim alanı arz etmekte olup, bu alanların bazı kesimlerinden Çimento fabrikası Tortoniyen yaşlı resif ve çevresi kayalarından malzeme tedarik etmektedir. Burada yükselim alanının güney kesimlerindeki tarlalık alanlar üzerinde meydana gelen kırıklar Köklüce mahallesi yakınlarında K40-45D istikametinde değişim gösterirken daha güneybatı kesimlere doğru bu kırıkların uzanımı K8-12D değerleri arasında değişim göstermektedir. Bu durum, Tortoniyen yaşlı yükselim birimleri üzerinde yer alan alüvyon örtü ve tarlalık alanlar üzerindeki güneye eğimli yamaçlar üzerinde bir heyelan oluşumu olarak değerlendirilmektedir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çukurova bölgesi, çevresi büyük depremler üretebilecek önemli aktif tektonik levha sınırlarını barındırmaktadır. Ülkemizin güneyinde yer alan Afrika ve Arap levhaları milyonlarca yıldır arasında sınır teşkil eden Ölü Deniz Fay Zonu boyunca güneyden kuzeye doğru hareket ederek Anadolu levhacığımızı sıkıştırmaktadır. Bu sıkıştırmalar sonucunda Akdeniz'in içerisinde Kıbrıs'ın güney-güneybatı kesimlerinde Afrika Levhası Kıbrıs'ın altına dalmaya devam etmekte, ancak Kıbrıs'ın güneydoğu kesimlerinde ise bu tektonik suture kuzeydoğuya doğru Lazkiye ve Samandağ (Hatay) üzerinden ülke sınırlarımıza transform faylı bir hatla uzanmaktadır. Afrika ve Arap levhaları arasındaki sınır olan yaklaşık kuzey-güney uzanımlı Ölü Deniz Fay Zonu'nun bir kolu Hatay bölgesinin kuzey kesimlerinde Kıbrıs tarafından gelen suture ile birleşirken Ölü Deniz Fay Zonunun diğer bir segmenti Suriye üzerinden Karasu grabeninin güney sınırı boyunca Gaziantep ilimizin güneybatısına doğru uzanmaktadır. Güney kesimlerimizde yer alan bu aktif tektonik suture da bölgemizi sismik açıdan etkilemektedir. Çukurova bölgesinin sismisitesi, belirtilen bu suture ile birlikte Doğu Anadolu Fay Sistemi, Ecemiş Fay Zonu, Hellenic-Kıbrıs yayı ve dalları gibi ana aktif yapılar tarafından kontrol edilmektedir.

İlimize yakın olanlardan bazıları: Adana il merkezinin D-GD kesimindeki Yumurtalık ve Ceyhan-Karataş fayları, Misis bölgesinden İmamoğlu ilçe merkezine kadar uzanan İmamoğlu (Misis-Yakapınar) fayı, Adana doğusunda Toprakkale civarından

geçen ve yaklaşık kuzey-güney uzanım sahip Toprakkale Fayı ve Adana batısında yaklaşık K15-20D uzanımına sahip sol yönlü doğrultu atımlı Ecemiş Fayıdır (Orta Anadolu Fayı).

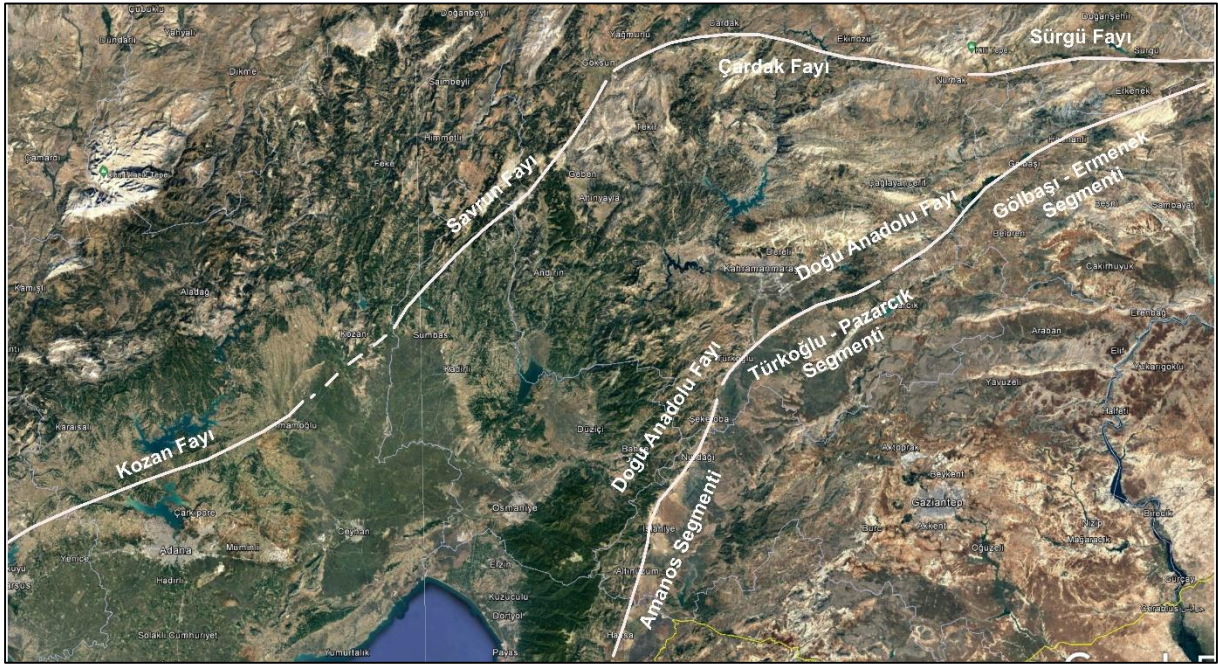
Burada, bu 5 ana aktif fay sistemi bazı bölgelerde ters bileşenli sol yönlü atıma sahip oldukları dikkat çekmektedir. Özellikle Adana kentine çok yakın bir konumda yer alan İmamoğlu fayı, birkaç on yılda önemli depremler yaratmıştır. Güneydeki Karataş ve Yumurtalık fayları Doğu Anadolu fayının en GD uzanımı niteliğinde ve Akdeniz kıyı şeridine paralele yakın bir uzanıma sahiptir. Bu faylar muhtemelen deniz altından GD yönünde devam etmektedir. Ecemiş fayı ise Gülek-Pozantı-Elekgözü koridoru boyunca dar bir koridorda izlenebilmekte ve geçtiği hat boyunca (K10-20D) özellikle Elekgözü-Çukurbağ ve Demirkazık yöreleri civarında karakteristik geniş alüvyon konileri oluşturmaktadır. Bu fayın güneyde Gülek ve daha güney kesimlerindeki uzanımı halen soru işaretlidir. Bu noktadan sonra muhtemelen Adana baseninin güney batı kenarını sınırlandıran normal faylar tarafından kesilmiş veya Miyosen yaşlı örtü birimler tarafından örtülmüştür. Bu durumda bu fayın güney kesimindeki Miyosen sonrası aktivitesi sorgulanabilir durumdadır.

Toprakkale fayı Osmaniye'nin Toprakkale ilçesinin hemen kuzeydoğu kesiminden geçmekte ve K-G yakın bir uzanıma sahip olup bazı önemli morfolojik oluşumlar sunmakta ancak inceleme alanında ana fay ile ilişkisi kesin olarak belirlenebilen karakteristik düzlemleri sunmamaktadır.

Deprem potansiyeli yüksek olan ülkemizde, incelememize konu olan Çukurova bölgesinde yukarıda belirtilen çok sayıdaki aktif faylar deprem gibi doğal afetlerin yaşanmasına maalesef zemin oluşturabilmektedir. Aktif fay zonları boyunca hemen her yerde sismik aktiviteler gerçekleşebilir. Bu nedenle, depremle yaşamaya her an hazırlıklı olmalıyız ve yöresel olarak belirli büyüklükte deprem olacakmış gibi yaşayacağımız yapı tasarımlarının deprem yönetmeliğinde belirtilen standartlara uygun tarzda ve özellikle fay zonlarından mümkün ölçüde uzakta inşa edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, gelecek zamanlarda yine birtakım büyük depremler yaşayacağımız gerçeğinden hareketle afet yönetimine yönelik mevzuat, toplumsal bilinçlendirme, kurumsallaşma politikaları, teknolojik uygulamalar vb gibi çalışmalar ülkemizde depremi yaşamadan yaşam alanlarımızı afetlere karşı daha hazır ve dayanıklı hale getirecektir.

Depremlerden etkilenen 11 ilden biri olan Adana'da, can kaybı diğer illere göre daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiş olup, daha fazla hasar ise ilin güneyinde yer alan Seyhan ilçesinde olmuştur. Depremler sonucunda 13 adet çok katlı bina yıkılmış ve 480 can kaybı yaşanmıştır. 33 bina ise, hasar tespit ekipleri tarafından ağır hasarlı olarak belirlenmiş olup

yıkılacaktır. Depremlerde yıkılan ve ağır hasarlı olarak belirlenen binaların lokasyonları incelendiğinde genelde Çukurova bölgesinin güneyinde Barışmanço Bulvarı, kuzeyde Süleymandemirel Bulvarı, doğuda Turgutözal-Kenanevren bulvarı kavşağı ile batıda Öğretmenler Bulvarı arasında dağılım göstermektedir. Bu bölgenin doğu kesiminde Jeolojik olarak, iyi-çok iyi çimentolu çakıltaşlarından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Seyhan nehrinin eski nehir taraçaları bulunmakta olup, birim batıya doğru incelmekte ve üst seviyeleri yer yer kaliçileşmiş (ikincil kireçtaşı) ve daha çok kiltaşlarından oluşan Tersiyer yaşlı Handere Formasyonu'na geçmektedir. Bölgede yapılan zemin etüd çalışmalarında söz konusu birimlerde taşıma gücü ve oturma sorunu ile karşılaşılmamıştır. Sadece, Handere Formasyonu'nun Seyhan Baraj gölüne bakan eğimli yamaçlarının bazı yerlerinde stabilite sorunları yaşanabilmektedir.



Şekil 57. Raporda değinilen Doğu Anadolu Fayı boyunca farklı fay ve ilişkili segmentlerin uydu fotoğrafı üzerindeki uzanımları.

Ülkemizde daha önceden meydana gelmiş olan depremlerle kaybedilen yaşamlar ve ciddi boyuttaki maddi hasarlar maalesef kısa bir zaman süresi içinde unutulmaktadır. Son yıllarda yaşadığımız depremlerin ciddi kayıpları ve acıları da daha öncekiler gibi unutmamalıdır. Şunu da tekrar hatırlatmakta yarar var; “**depremler öldürmez, binalar ve yanlış yer seçimi öldürür**”. Bu nedenle, yerkaşu üzerinde bulunan yerleşim yerlerinin tespiti ve uygun-sağlam zeminlerin belirlenebilmesi için, üzerine bina inşa edilecek zeminin

jeolojik özelliğinin belirlenmesi hayati öneme sahiptir. Bu açıdan bölgemizde özellikle kalın bir alüvyon çökelinin olduğu ve yeraltı su seviyesi ile ilgili olarak sıvılaşma riskinin yüksek olduğu bölgelerde yapılaşmanın çok daha dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yapılacak planlamada alınacak önlemler ve yapıların taşıma hesapları ve tasarımları belirlenirken yakındaki aktif fay hatlarının türleri, deprem potansiyelleri, geometrik karakteristikleri ve uzanımları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda, belediyelerimizde deprem, heyelan, sel, taşkın vb. gibi doğal afetler ile ilgili çalışmalar yapmak üzere Jeoloji Mühendislerinin aktif görev aldığı özel birimlerin kurulması önem arz etmektedir. Depremlerde kaybettiğimiz insanlarımızı rahmetle anıyor, yaralananlara da acil şifalar diliyoruz.

7. KAYNAKLAR

- Barka, A.A. ve Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity. *Tectonics*, (7), 3, 663-684.
- Demirtaş, R., 2019. Türkiye diri fayları, deprem etkinlikleri, paleosismolojik çalışmalar ve gelecek deprem potansiyelleri, 303 s.
- Doyuran, V., Gülkan, P. and Koçyiğit, A., 1989. Seismotectonic evaluation of the Akkuyu Nuclear Power plant site. Geology Geophysics research center, Middle East Technical University, Ankara, 69.
- Duman, T. Y., Emre, Ö., 2013. The East Anatolian Fault: Geometry, Segmentation and Jog Characteristics, Geological Society, Special Publication, 372:495-529, London.
- Erdağ, D.Ş., 2007. Ecemiş Fay Zonu'nun Yahyalı (kayseri)-pozantı (Adana) Arasında Kalan Kesimin Morfotektoniği Ve Paleosismik Aktivitesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 186 s.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.
- Esat, K., Seyitoğlu, G., 2023. 6.2.2023 Kahramanmaraş depremleri ön inceleme raporu. Ankara.
- Hempton, M. R., Dewey, J. F., Şaroğlu, F., 1981, The East Anatolian Transform Fault: along strike variations in geometry and behaviour, *EOS Transac, American Geophysical Union*, EOS 62, 393.
- Kara, M., Ünlügenç, U.C., Elmacı, H., Duman, T.Y., 2020. Yumurtalık Fayı'nın Holosen Aktivitesinin Araştırılması (Ceyhan-Adana). *Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35 (1), ss. 183-193, Adana.
- Muehlberger, R. W. ve Gordon, M. B., 1987, Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey. *Journal of Structural Geol.*, vol. 9, no. 7, pp. 899-903.

- Över S, Ünlügenç UC (1998) Seismotectonic Evidence of the Antioch Triple Junction and Resent Temporal Change in Quaternary to Present-day Stress State Along Hatay Region (SE-Turkey), Third International Geology Symposium, Proceeding Book, p. 98, Ankara.
- Perinçek, D. and Çemen, İ., 1990, The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. *Tectonophysics*, 172, 331-340.
- Perinçek, D., Günay, Y. and Kozlu, H., 1987. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri*, 89-103.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A. 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, Institute of Mineral Research and Exploration Report, 8174.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. The East Anatolian Fault Zone of Turkey, *Annales Tectonicae*, 6:99-125.
- Ünlügenç, U.C., 1993. Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey (Ph.D. Thesis), Keele University, UK. Two Volumes, Volume 2, figures, logs and maps. pp. 229.
- Ünlügenç, U.C., Akıncı, A.C., Güneyli, H., 2011. Çukurova Basen Kompleksinin Tektonik Elementleri, ATAG 15, 19-22 Ekim 2011, s 6., Adana.
- Ünlügenç, U. C., Akıncı, A. C., 2017. Kızıldere- Güveloğlu (Ceyhan- Adana) Civarının Tektono-Stratigrafisi, *Çukurova Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 32(2):85-99, Adana.
- Ünlügenç, U.C., and Akıncı, A.C., 2018. Geodynamical Evolution of the Misis Structural High, Ceyhan (Adana), Southern Turkey. 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Antalya/Turkey. 7–11 May 2018, Cilt 1, ss. 374-379, Antalya, Turkey.
- Ünlügenç, U.C., Akıncı, A.C., 2019. Çukurova Bölgesinde Deprem Üreten (Aktif) Fayların Geometrilerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Bireysel Araştırma Projesi Proje No: FBA-2017-8064.

- Ünlügenç, U.C., Akyıldız, M., ve Akıncı, A.C., 2021. Anavarza Antik Kenti (Adana-Osmaniye) Civarının Jeolojisi ve Depremselliği Hakkında Genel Bilgiler. Anazarbos ve Anavarza Kitap bölümü, Cilt 1, 31-48 Aralık, 2021, ISBN:978-625-8430-28-8.
- Westaway, R., 1994, Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, vol. 99, no. B6, p. 12,071-12,090.
- Williams, G. D., Ünlügenç, U. C., Kelling, G., Demirkol, C., 1995. Tectonic Controls on Stratigraphic Evolution of The Adana Basin, Turkey, *Journal of the Geological Society*, 152:873-882, London.
- Yavuzoğlu, A., Özalp, S., Elmacı, H., Kara, M., Yurtseven, E., Duman, T.Y., 2016. Karataş fault: a paleoseismological glance to the Neotectonics of İskenderun bay. Abstracts Geological Congress of Turkey 69, April 11-15, p 469.
- Yürür, M.T., Chorowicz, J., 1998. Recent Volcanism, Tectonics and Plate Kinematics Near The Junction of The African, Arabian and Anatolian Plates in The Eastern Mediterranean, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85:1-15.
- AFAD**, T.C., Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, İnternet sitesi, <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>.
- EMSC**, The European-Mediterranean Seismological Centre İnternet sitesi, <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.