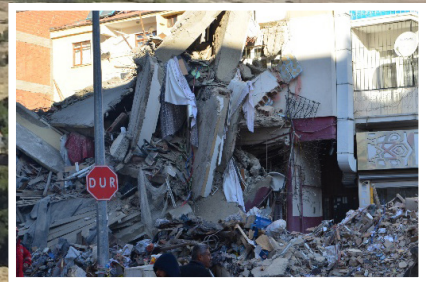
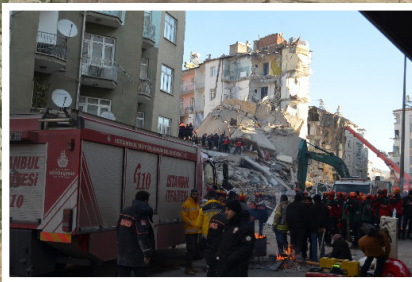


24 OCAK 2020 SIVRICE (ELAZIĞ) - DOĞANYOL (MALATYA) DEPREMİ: ARAZİ GÖZLEMLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI Yayın No: 145

24 OCAK 2020
SIVRICE (ELAZIĞ) - DOĞANYOL
(MALATYA) DEPREMİ: ARAZİ
GÖZLEMLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

HAZIRLAYANLAR

Prof.Dr. Orhan TATAR

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR

Prof.Dr. Erdin BOZKURT

Prof.Dr. Ercan AKSOY

Doç.Dr. Fikret KOÇBULUT

Doç.Dr. Bülent ÖZMEN

Jeol. Müh. Hüseyin ALAN

Jeol. Yük. Müh. Yüksel METİN

Mart 2020



TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

550.4

24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi : Arazi Gözlemleri ve Değerlendirilmesi, Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2020

s.: 24 cm (Jeoloji Mühendisleri Odası yayın No: 145)

Deprem, Depremsellik, Sivrice -Doğanyol Depremi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINLARI NO: 145

ISBN: 978-605-01-1366-2

Baskı: ERS Matbaası

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	5
1. GİRİŞ.....	7
2. SİVRİCE (ELAZIĞ) VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ VE SİSMOTEKTONİĞİ... 15	
2.1. Bölgenin Sismotektonik Yapısı.....	20
2.1.1. Doğu Anadolu Fay Zonu	22
2.1.2. Sivrice İlçesi Civarındaki Fay Geometrisi ve Segment Yapısı	25
2.1.3. Paleosismolojik bulgular	29
2.1.4. Jeodezik araştırma bulguları.....	29
2.1.5. Kayma hızı ve deprem tekrarlanma periyodu	31
2.1.6. Tahmini maksimum deprem büyüklüğü ve yer değiştirme miktarı	32
2.2. Bölgenin Depremselliği.....	32
2.2.1. Tarihsel Dönem	33
2.2.2. Aletsel Dönem	36
3. 24.01.2020 SİVRİCE (ELAZIĞ) - DOĞANYOL (MALATYA) DEPREMİ. 43	
3.1. Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi Sırasında ve Sonrasında Gelişen Yüzey Deformasyonları	44
3.1.1. Sismo-gravitasyonel yüzey şekillleri	47
3.1.2. Sismo-tektonik yüzey şekillleri	53
4. DEPREM SONUCU OLUŞAN HASAR DAĞILIMI, NEDENLERİ VE YAŞANAN SORUNLARA İLİŞKİN TESPİTLER	59
5. SONUÇLAR VE YAŞANAN SORUNLARA İLİŞKİN ÖNERİLERİMİZ	67
KAYNAKÇA	75



ÖNSÖZ

Dünyanın sismik olarak en aktif kuşaklarından biri üzerinde yeralan Türkiye’de doğal afet açısından bir milat olarak kabul edilen 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra, Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD) Başkanlığı tarafından 2011’de yayınlanan “Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP 2012-2023)” kapsamında olası bir depremden en az zararla çıkılabilmesi için 2012-2023 yılları arasında yapılması gereken eylem planları belirtilmiş ve buna göre ilgili kurum ve kuruluşlar görevlendirilmiştir. Fakat, sözkonusu planın yayınlandığı yılda, 650`ye yakın yurttaşımızın hayatını kaybetmesi, yüzlerce yapının yıkılması, binlerce yapının ve konutun ağır hasar görmesiyle sonuçlanan Van depremleri yaşanmış; ülkemizde, 1999-2011 yılları arasında yürütülmüş olan bilim ve mühendislik çalışmaları, olması gereken kalite ve yeterlilikte uygulanamadığı için, ikinci bir doğal afetin yaşanması kaçınılmaz olmuştur.

Gelinen noktada, UDSEP 2012-2023’de belirlenmiş olan strateji planları zamanında eyleme dönüştürülemediğinden ve gerektiği gibi uygulanamadığından; deprem, heyelan, çığ düşmesi, sel gibi doğa olayları; bilinçsizce verilmiş yer seçimi kararları, jeolojik verilerin dikkate alınmadığı imar planları, düşük standartlarda ve mühendislik hizmeti görmemiş yapı üretimi, yanlış kurgulanmış yapı denetim süreçleri sonucu, 2020 yılının başında gerçekleşen Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depreminde de, Afetin sonrasında yapılan olumlu çalışmalara rağmen, geçmiş depremlerde yaşanan benzer sosyal ve ekonomik yıkımların önüne geçilememiştir.

Bu çalışmada, Elazığ il merkezi ve Sivrice ile Malatya ilinin Doğanyol ve Pütürge ilçelerine bağlı bazı köyler başta olmak üzere can kaybı ve ağır hasarlara neden olan 24.01.2020 tarihli Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) depremine kaynaklık eden fay ve fay mekanizmasının incelenmesi, depremin yarattığı hasar ve bu hasarın meydana gelmesine neden olan faktörler, ilkyardım, arama-kurtarma, çadır kent, hasar tespit, müdahale ile sevk ve idarede yapılan çalışmaların yerinde görülmesi amacıyla Odamız ve üniversitelerimizdeki ilgili bilim insanlarımızdan



bir heyet oluşturularak inceleme, tespit ve gözlemlerde bulunulmuştur. Heyetimizde Oda Yönetim Kurulu Başkanımız Hüseyin ALAN, Yönetim Kurulu II. Başkanımız Yüksel METİN, Odamız Bilimsel Teknik Kurul Başkanı ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Erdin BOZKURT, DEÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Orhan TATAR ve Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT, Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ercan AKSOY ve Gazi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezinden Doç. Dr. Bülent ÖZMEN yer almıştır.

İncelemeler sonucunda jeolojik bulgular ve değerlendirmelerimizle birlikte konuyu her boyutuyla ele alan ve çözüm önerilerimizi de içeren ayrıntılı “24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi Değerlendirme Raporu” hazırlanarak kamuoyuna ve camiamıza sunulmuştur.

24 Ocak Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi her yönüyle yerinde inceleyerek; çok titiz bir çalışma ile gözlem, tespit, değerlendirme ve önerilerimizin rapor olarak yayınlanmasına büyük emek veren teknik heyetimizde yer alan meslektaşlarımıza özverili çalışmalarından ötürü şükranlarımızı sunuyoruz.

Afetlerin kader olmadığı bir ülke ve yaşam için, Bilimle, Emekle, İnatla, Umutla...

**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu**

1. GİRİŞ

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana kırığı üzerinde 24 Ocak 2020 Cuma günü yerel saatle 20:55'de merkez üssü Sivrice ilçesi, Çevrimtaş Köyü (Elazığ) olan, Mw=6.8 büyüklük ve 8 km derinlikte bir deprem meydana gelmiştir. Deprem nedeniyle 41 vatandaşımız yaşamını yitirmiştir.

Bu deprem bir kez daha göstermiştir ki; ülkemiz, sahip olduğu jeolojik özelliklerden dolayı tarih boyunca bu tür yıkıcı depremlerin sıkça meydana geldiği bir coğrafyada yer almaktadır. Bu coğrafyanın doğa kaynaklı afetleri; depremden tıbbi jeolojik risklere, kuraklıktan heyelan ve su baskınlarına kadar oldukça geniş bir yelpaze oluşturur. Doğa olaylarının kaçınılmaz bir sonucu olan bu tehlikeler, merkezi ve yerel yönetimlerce risk azaltıcı önlemlerin yeteri kadar uygulanmaması nedeniyle afete dönüşmektedir. Anadolu tarihi, yanlış uygulamalar nedeniyle afete dönüşen doğa olaylarının yarattığı zararların, üzerinde yaşayan bütün uygarlıkları hemen her dönem etkilediğini, hatta kimi zaman bazı uygarlıkların tarih sahnesinden silinmesine neden olabildiğini göstermektedir.

Günümüzde, ülkemiz planlama, kentleşme, yapı üretim ve denetim konularında bilim ve mühendisliğe aykırı uygulamaların varlığı nedeniyle, adeta bir "afet ülkesi" niteliğinden kurtulamamıştır. GSMH'nin her yıl ortalama % 3'ü ile % 7'si afet zararlarını karşılamaya harcanmaktadır. Gerçekte hepsi birer doğa olayı olan deprem, heyelan, çığ, kaya düşmesi, su baskını vb. olaylar; bilinçsizce verilmiş yer seçimi kararları, mühendislik verilerinden yoksun imar planları, mühendislik hizmeti görmemiş düşük standartlardaki yapı üretimi ve denetimi süreci ile uygulanan sosyo-ekonomik politikalar sonucu insani, sosyal ve ekonomik yıkımların önüne geçilememektedir.

Türkiye ölçeğinde doğa kaynaklı afetlerin başında gelen deprem, dar anlamda yer kabuğunda meydana gelen bir jeolojik olayı tanımlarken, geniş anlamda ise birçok etkenin birbiriyle karmaşık ilişkisini kapsayan çok aktörlü sosyal bir olguyu ifade eder. Dolayısıyla, bu çalışmada Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya)'da meydana gelen deprem olgusu değişik boyutlarıyla ele alınmaya çalışılmıştır.



Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm; değişik kamu kurum ve kuruluşları tarafından yayınlanmış olan raporların özetini, ikinci bölüm; bölgenin jeolojik özelliklerinin yanısıra, 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depremine kaynaklık eden fay ile bölgenin sismo-tektonik özelliklerini, üçüncü bölüm; depreme ilişkin sismo-jeomorfolojik arazi verilerini, dördüncü bölüm; depremin şiddeti ve bölgede meydana getirdiği hasar dağılımını, beşinci bölüm ise, ilk yardım, arama, kurtarma, müdahale, barınma, sağlık gibi yönetsel (sevk ve idare) manada yaşanan sorunları ve buna ilişkin çözüm önerilerini kapsamaktadır.

Depremi takiben TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) ve ilgili üniversitelerden oluşturulan heyet, iki farklı dönemde 25-31/01/2020 ve 13-14/03/2020 tarihleri arasında yerinde ayrıntılı inceleme ve gözlemlerde bulunmuş, çalışmalarını 30/03/2020 tarihinde tamamlayarak raporunu JMO Yönetim Kurulu'na sunmuştur.

Bu çalışma süresince lojistik destek sağlayan AFAD Sivas İl Müdürlüğüne, Fırat Üniversitesi Rektörlüğü'ne, konaklama olanağı sunan Elazığ Polis Evi'ne, deprem sonrasında görüşlerimizin kamuoyu ile paylaşılmasına aracılık eden yerel ve ulusal medya kuruluşları ile deprem araştırmaları konusundaki görüş ve önerilerimizi sahada bizimle birlikte olarak, sunma imkanı yaratan TÜBİTAK Başkanı Sayın Prof.Dr. Hasan MANDAL'a teşekkür ederiz.

Bunun yanısıra, deprem sonrasında değişik kamu kurumları, sivil toplum örgütleri ve üniversitelerden araştırmacılar bölgeye gitmiş ve gözlemlerini rapor halinde kamuoyu ile paylaşmışlardır. Bu çalışmaların bir bölümü aşağıda özetlenmiştir.

İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)'na göre, $M_w=6.8$ büyüklüğündeki depremin odak mekanizması çözümleri ile birlikte değerlendirildiğinde, depremin sol yanal doğrultu atımlı bir fay olan Doğu Anadolu Fayı'nın Pütürge segmenti üzerinde 50-55 km uzunluğunda bir yırtılma ile geliştiği düşünülmektedir.

Hacettepe Üniversitesi'nden Gökçeoğlu vd. (2020)'nin hazırlamış olduğu raporda Sivrice'de özellikle Hazar Gölü çevresinde kıyı bölgesin-



deki alıvyonal zemin üzerinde Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca kalıcı deformasyonların izlendiği belirtilmiştir. Bu bölgede gl suyu seviyesinin sismik aktivitenin etkisiyle yükselmiş olduğu ve yaklaşık 8-10 m karaya doğru ilerlediği ve tekrar alçaldığı gözlenmiştir. Ancak gln içerisinde yer alan ağaçlardan, su seviyesinin deprem öncesine göre yaklaşık olarak 1-1,5 m daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Suyun çekildiği, sahilin 8-10 m içerisinde yer alan yosun ve tortul birikintilerinden anlaşılmaktadır. Araştırıcılar, sahilde faya dik ve gl kıyısına paralel yaklaşık 10 m'den 200 m'ye kadar değişen uzunluklarda, yaklaşık 1-20 cm açıklığında ve 10-50 cm derinliğine kadar ulaşan ardışık paralel zemin çatlaklarının varlığı ifade edilmiştir. Ayrıca bölgede yer yer sınılaşma emareleri gözlenmektedir. Suyun çekilmesine rağmen yer yer nemli sınılaşma bantları meydana gelmiş ve bu alanlarda yer alan özellikle ağır ve büyük çakıl danelerinin zeminin içerisine gömüldüğü ve kum seviyelerinin yüzeye çıktığın belirtilmiştir. Araştırıcılara göre, Çevrimtaş ve yakın köylerde yapı kalitesinin oldukça düşük olmasının yanında, yıkımın bu denli yüksek ve şiddetli olmasının diğer önemli sebebi de, fayın muhtemel yüzey kırığının gözlemlendiği tek bölge olmasıdır. Araştırıcılar, söz konusu yıkımın yařandđı bölgenin yaklaşık 250 m doğusunda, uzunluğu 10 m ile 30 m arasında değişen ve sıkışma ve genişlemenin etkisiyle yükselmeler, çöküntüler ve açıklıklar içeren örgülü yapılı bir yüzey kırığının oluştuğunu belirtmişlerdir.

İstanbul Teknik niversitesi tarafından hazırlanan raporda (İT, 2020) depremin odak derinliği 20 km olarak verilmiştir. Araştırıcılar tarafından elde edilen ilk bulgulara göre 24 Ocak 2020 Sivrice-Doğanyol Depremi sonucunda belirgin ve sürekli yüzey kırığına rastlanmamıştır. Bununla birlikte fay zonu boyunca bazı kesimlerde oluşmuş çatlaklar, sarsıntı ve yer çekimi etkisiyle gelişen zemin akmaları ve depreme bağlı oluşmuş çok sayıda heyelan gözlenmiştir. Bu büyüklükte bir depremin belirgin ve süreklilik gösteren bir yüzey kırığı geliştirmemesi yine aynı niversitenin bilim insanları tarafından deprem öncesinde tespit edilmiş olan ve sığ kesimlerde cereyan eden asismik kayma ile açıklanabileceği belirtilmiştir. Tarihsel depremler göz önünde tutulduğunda, bölgede gelecekte deprem olma ihtimalinin kırılan segmentin güneybatısına doğru olan devamı üzerinde daha fazla olduğu sonucu çıkartılmaktadır.



Araştırmacılara göre, artçı deprem dağılımları da fay düzlemi çözümü ile uyumludur ve KD-GB yönünde uzanmaktadır.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan ön değerlendirme raporunda (2020) depremin büyüklüğü $M_w=6.5$ olarak verilmiş ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Pütürge segmenti ile ilişkili olduğu belirtilerek, yırtılma uzunluğu 20 ila 30 km arasında tahmin edilmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi'nden Kürçer vd. (2020)'nin hazırladığı raporda arazi gözlemlerine göre, Hazar Gölü ile Pütürge arasında kalan yaklaşık 48 km uzunluğundaki bölümde yüzey deformasyonları gelişmiştir. Söz konusu yüzey deformasyonları, fay ile ilişkili Riedel makaslama kırıkları, aralı-aşmalı tansiyon çatlakları ve yüzey kırıkları şeklinde izlenmiştir. Aralı-aşmalı geometride devam eden bu kırıkların uzunlukları çoğunlukla birkaç metre ile birkaç yüz metre arasında değişmektedir. Kırıklar üzerinde, belirgin yanallık yer değiştirmeler gözlenmemiştir. Yüzey kırıklarından biri Kösebayır (Sivrice - Elazığ) Köyünün 300 m güneyindeki uzamış sırtın kuzeyinde gelişmiştir. Ayrıca, araştırmacılar tarafından Ilıncak Köyü'nün (Sivrice - Elazığ) 500 m güneyindeki Ilıncakbaşı mevkiinde iki paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. Paleosismoloji çalışmalarına göre 24 Ocak 2020 depremine kaynaklık eden fay üzerinde en az üç paleodeprem tanımlanmıştır. Araştırmacıların saha gözlemleri ve deprem artçı şoklarının dağılımları, 24 Ocak 2020 depreminde Pütürge Segmenti'nin kuzeydoğudaki iki alt segmentinde (section) kırılma meydana geldiğine işaret etmektedir.

Araştırmacılar Pütürge segmentinin kuzeybatısında kalan alanlarda daha fazla hasar meydana geldiğini belirtmiş ve bunun nedeni olarak, artçı şokların çoğunlukla Pütürge Segmenti'ne çok yakın olarak kuzeybatı blokta yoğunlaşmasından kaynaklandığını ve bu nedenle deprem kaynak fayının kuzeybatıya eğimli olabileceğini belirtmişlerdir. Bu görüş, çeşitli ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinden elde edilen moment tensör çözümleriyle de (fay düzleminin eğimi $70-80^\circ$ KB'ya doğrudur) uyumludur.

Araştırmacılar tarafından yapılan saha gözlemlerine göre, 24 Ocak 2020 Sivrice-Doğanyol depreminde, Hazar Gölü ile Pütürge arasında kalan



yaklaşık 48 km uzunluğunda bir alanda yüzey deformasyonu gelişmiştir. Söz konusu yüzey deformasyon zonu MTA tarafından daha önce haritalanmış olan Pütürge Segmenti ile çakışmaktadır. Zon boyunca ana deformasyon zonu ile ilişkili Riedel Makaslama kırıkları, aralı aşmalı gerilme çatlakları ve yüzey kırığı niteliğinde deformasyonların yanı sıra, deformasyon alanı içerisinde de çok sayıda kütle hareketinin (gravite kaymaları, akmalar ve nadiren kaya düşmeleri) depremlerin tetikleme sonucunda geliştiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ilk defa, bir deprem yüzey kırığından çıkan gazlar nedeniyle su yüzeyinde oluşmuş bir aktif fayın izi video ve fotoğraflar ile kayıt altına alınmıştır. K60° D doğrultusunda, 500 m uzunluğunda bir çizgisellik oluşturmuştur. Bu veri, 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi'nde yüzey kırığı geliştiğinin en açık jeolojik kanıtı olarak değerlendirilmiştir.

MTA ekibi tarafından 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Deprem yüzey kırığı üzerinde ve Pütürge Segmenti üzerinde yürütülen paleosismolojik hendek çalışmalarına göre, 2020 depremi dahil olmak üzere en az üç tarihsel deprem tanımlanmış ve bu depremlerin tarihlendirilmesi amacıyla alınan radyokarbon (14C) numunelerinin analiz ettirilmek üzere TÜBİTAK-MAM laboratuvarlarına gönderildiği belirtilmiştir.

Araştırıcılar, köy evlerinde oluşan ağır hasarların ana nedeninin, bu köylerin çoğunun fayın deformasyon alanı içerisinde kalmasından kaynaklandığıny, bunun yanında geleneksel yığıma taş bina veya kerpiç yapı tarzının hasarı artıran etmenler olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuca göre de, diri fay zonları boyunca "Fay Sakınım Bandı" uygulamasının gerekliliğini savunmuşlardır.

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Deprem alışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin hazırladığı raporda (ağlar vd. 2020), 2019 yılında yrrlge giren yeni deprem tehlike haritalarında belirtilen maksimum yer ivmesi değerlerinin (PGA) sırasıyla; 0.622g, 0.383g ve 0.651g arasında olduğu ve bu nedenle, meydana gelen depremin oluşturduğu maksimum ivme değerlerinin, tasarım depremi için verilen ivme değerlerinin yarısından daha az olduğu (Elazığ Depremi esnasında kaydedilen en büyük yer ivmesi değerini 0.298g olarak llmştir) be-



lirtilmiştir. Dolayısıyla, 1998 sonrası yapılan binalar dikkate alındığında Elazığ Depremi, bu binaların tasarımında öngörülen deprem yüklerine göre daha düşük seviyede bir kuvvette etkimiştir. Araştırmacılara göre, yeni yapılan yapıların bu deprem etkisinden dolayı yıkılması veya ağır hasar alması, binaların tasarım projelerine ve yapıım kurallarına uygun olarak yapılmamış olmasıyla açıklanabilir.

Çağlar vd (2020)'nin hasarlı binalarda yaptığı gözlemlere göre, beton dayanımının çok düşük olduğu, malzeme ve işçiliğin oldukça yetersiz olduğu, düz inşaat çeliğinin kullanıldığı, etriye aralıkları ve konfigürasyonlarının uygun olmadığı, kolon-kiriş düğüm noktalarında kolon etriyelerinin genel olarak uygulanmadığı, boyuna donatı bindirme boylarının yetersiz olduğu, kolonların kirişlerden daha zayıf olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla hem tasarım hem de inşaat aşamalarında mühendislik hizmetinin yeterli seviyede alınmadığı ve ayrıca gerekli kontrollerin yeterince yapılmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Araştırmacılara göre, yeni yerleşim bölgesi olarak düşünülen şehir merkezinin güneyindeki alanlar fay hattına yakın yerler olmasına rağmen litolojik farklılık, zemin direnci ve anakaya faktörü gibi nedenlerle az hasar görmüştür. Bu bölge alüvyon zeminlerde ortaya çıkan mevcut deprem ivmesinin daha büyük olarak hissedilmesine neden olan deprem büyütme etkisinden uzak, faya daha yakın ama litolojik olarak direnci yüksek olan bölge olarak değerlendirilmiştir. İncelenen yapılar değerlendirildiğinde mevcut hasarların yapı kalitesinden kaynaklandığı görülmüş olup, bu tip yapıların zayıf zemin veya deprem büyütme etkisine maruz kalmamasının daha büyük kayıpların oluşmasının önüne geçtiği düşünülmektedir.

Türk Tabipler Birliği (TTB)'nin raporunda (2020) kışlık dahi olsa çadırların ağır kış koşullarında en kötü barınma seçeneği olduğu, bir başka ifade ile çadırın barınmayla eşdeğer görülmemesi gerektiği belirtilerek, bölgede barınma sorunu kışlık çadır temin etmenin ötesinde geçici yaşam alanı oluşturma, ısınma ve beslenme ihtiyaçları ile birlikte ele alınmasının önemi vurgulanmıştır. **Özellikle barınma alanlarının ve sağlık hizmetlerinin durumuna ilişkin gözlemleri TTB raporunda aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:**



(a) Valiliğin yakınındaki adırkent hariç diğer çadır yerleşimlerinin uygun olmadığı tespit edilmiştir. adır kurulan zeminlerin belli bir eğime sahip olması ve böylece su basmasını önlemesi gerekmektedir. Sana-yi mahallesindeki adırkent, tamamen çamur ve yer yer su birikintileri içindedir.

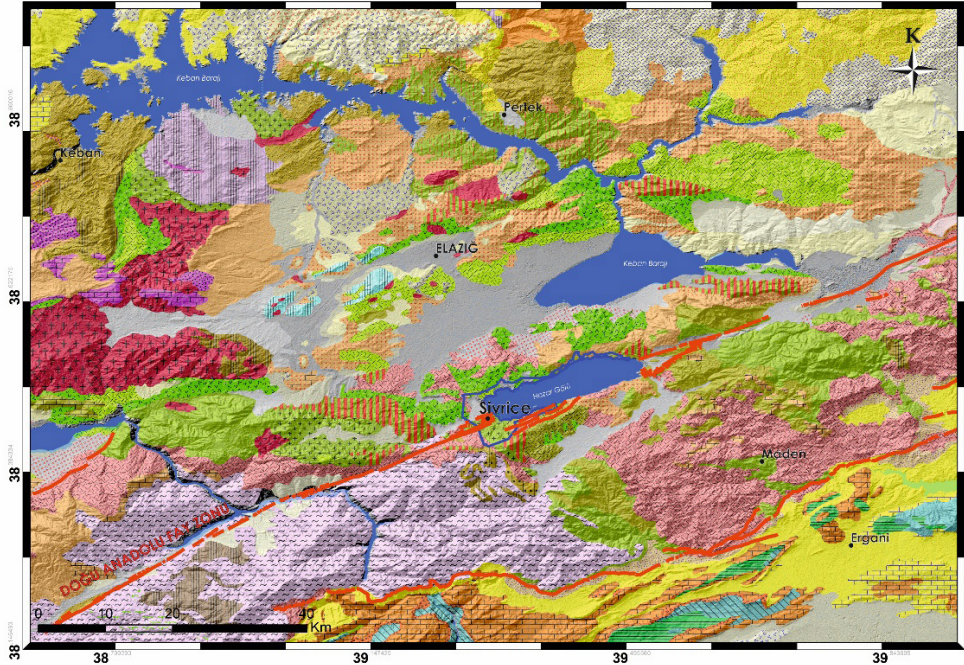
(b) Gelişigüzel kurulan çadır kümeleri ya da çadır kentlerin çoğunun güvenliği yoktur. Çadırlarda ciddi bir ısınma sorunu mevcuttur. Çadırların kurulduğu yerlerde mobil tuvaletler, banyo vb. olanaklar bulunmadığı için, yurttaşların bu ihtiyaçlarını hasarlı evlerde gidermesi gerekmektedir.

(c) ok geniş bir alanı etkileyen deprem nedeniyle yurttaşların travma yaşadıkları, kadın ve çocukların en fazla etkilenen kesimler oldukları gözlemlendiğinden başta barınma olmak üzere temel ihtiyaçlar giderildikten sonra depremedelere yönelik Psikolog, Psikiyatrist ve Sosyal hizmet uzmanların katılımı ile psikososyal çalışmalara bir an önce başlanmalıdır.

(d) Yardım ulaşamayan dezavantajlı kişilerin (yalnız yaşlı çift, yalnız yaşlı, kadın vb) aile sağlık merkezleri, sosyal hizmet vb kamu kurumları aracılığıyla saptanması, ihtiyaçlarının karşılanmasını mümkün kılacaktır, denmiştir.

2. SIVRICE (ELAZIĞ) VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ VE SİSMOTEKTONİĞİ

Sivrice (Elazığ) depreminin meydana geldiği Doğu Anadolu'da Arabistan ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışmanın Orta Miyosen sonlarında gerçekleştiği (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd. 1985, Yılmaz vd. 1993, Westaway ve Arger 2001) ve Geç Miyosen'in bölgede, bu çarpışmanın ortaya çıkardığı sıkışma rejimi ile temsil edildiği kabul edilir. Ketin (1966), Türkiye'yi dört tektonik birliğe ayırmıştır. Bunlar: kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı'dır. Çalışma alanı bu birliklerden Toridler (Toros Orojenik Kuşağı) Tektonik Birliği içerisinde yer almaktadır. Bu kuşak Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı ve Doğu Anadolu Fay Zonu gibi iki önemli tektonik unsurunu içerisinde bulundurur (Gedik 2015). Torid Tektonik Birliği içerisinde yer alan Elazığ ve yakın çevresi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Türkiye'nin birçok önemli maden yatağının yörede veya yakın çevresinde bulunması, bölge jeolojisinin önemini daha da arttırmıştır.



Şekil 1. Sivrice ve çevresinin Jeoloji haritası (Akbaş vd. MTA).



Sivrice İlçesi ve ilçenin doğusunda bulunan Hazar Gölü çevresinde Paleozoyik'den Kuvaterner'e kadar değişen yaşta kayaç grupları yüzeylenmektedir (Şekil 1). Prekambriyen-Eosen yaş aralığındaki kayaçlar temel oluşturmaktadır. Bu birimler başlıca; Prekambriyen-Mezozoyik yaşlı Pütürge Metamorfikleri, Senoniyen yaşlı Guleman-Kömürhan Ofiyolitleri (okyanus içi yitimle ilişkili ofiyolitler) ve Elazığ Magmatikleri, Maastrih-tiyen-Üst Paleosen yaşlı Hazar Grubu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Pliyosen yaşlı çökeller ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır (Hempton, 1985; Sungurlu vd. 1985; Herece ve Akay, 1992; Gürocak, 1993; Aksoy, 1993; Tatar vd. 1995; Aksoy vd. 2007; Beyarslan ve Bingöl, 2018). İnceleme alanı ve yakın civarında gözlenen bu birimler Arslan (2014) tarafından özetlenmiştir.

Pütürge Metamorfikleri - İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan Pütürge Metamorfikleri Hazar Gölü'nün güneybatısında yaygın olarak yüzeylenmektedir. Yazgan vd. (1984), bunların Bitlis Metamorfikleri'nde olduğu gibi gözlü gnayslar, granatlı granitik gnayslar, granatlı amfibolit ve granatlı biyotit mikaşistlerden oluşan bir çekirdek kısmından ve bir makaslama düzleminde sonra mikaşist, mermer, kalkşist, kuvarsit ve Permiyen yaşlı rekristalize kireçtaşlarından oluşan bir örtü seviyesinden meydana geldiğini belirtmektedir. Metamorfikler inceleme alanında Maden Karmaşığı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Hazar Gölü çevresinde araştırma yapan Hempton (1984) ise bölgede Pütürge Metamorfikleri'nin metapelitler, şistler ve kuvarsitlerden oluştuğunu belirtmektedir. En altta bulunan metapelitler yeşilimsi gri ve açık kahve renklidir. İnce tabakalanma gösteren metapelitler tabakalanmaya paralel olarak gelişmiş şistozite sunmaktadır (Gürocak, 1993). Doğu Toros Orojenik Kuşağı'nda yüzeyleyen Bitlis-Pütürge masifleri ve Derik Volkanitleri'nin Kadomiyen (Cadomian) bölgesinin Anadolu'daki parçaları olduğu kabul edilir (Beyarslan vd. 2016). Neoproterozoyik bir temel ve bunu üzerleyen Fanerozoik yaşlı kayaçlardan oluşan Bitlis-Pütürge masifleri Alpin orojenezi sırasında metamorfize olmuş, dilimlenmiş ve Arabistan Levhası üzerine itilmiştir. Masiflerin temelini esas olarak granitik-tonalitik gözlü gnayslar oluşturur. Gözlü gnaysların jeokimyasal verileri, bir yitimle oluştuklarını işaret etmektedir. Pütürge Masifi'ndeki Zr yaşlandırmaları, söz konusu gözlü gnaysların 551 ± 6 ve 544 ± 4 my yaşında



olduklarını göstermiştir (Beyarslan vd. 2016). Bu yaşlar, Bitlis Masifi ve Derik Volkanitleri'nden elde edilen 581-529 my yaşları (Ediacaran-Erken Kambriyen) ile uyumludur. Yaşlandırılan zirkonların Hf değerleri 1,4-1,8 milyar yıl kabuk modellerini işaret eder ki bu durum, Pütürge Masifi'nin muhtemelen Mesoproterozoyik yaşlı kıtasal kabuk bileşiminde olduğunu gösterir. Kadomiyen temelin parçaları olan Bitlis ve Pütürge masifleri bir bütün olarak düşünüldüğünde, Gondwana'nın aktif kuzey kenarını sınırlayan Ediacaran-Erken Kambriyen kıta yaylarının parçaları olarak yorumlanabilir. Pütürge Masifi'ndeki gözlü gnayslardan alınan Zr örneklerinden elde edilen U/Pb radyometrik yaşları 551 ± 6 ve 544 ± 4 my olarak belirlenmiştir. Ana ve iz element kombinasyonları gözlü gnaysların ana kayacının And tipi bir yayla ilişkili olduğunu işaret etmektedir (Beyarslan vd. 2016).

Guleman-Kömürhan-Ofiyoliti - Geç Kretase yaşlı birim en yaygın olarak, Elazığ'ın güneydoğusunda, Guleman ilçesi civarında gözlenmektedir. İnceleme alanı yakın civarında ise, Hazar Gölü'nün güneydoğusunda ve kuzeydoğusunda yüzeylemektedir. Guleman Ofiyolitleri, gölün güneyinde Hazar Grubu'na ait çamurtaşları ve Maden Karmaşığı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir ve yine aynı bölgede Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu'na ait birimler arasındaki ilişki tektoniktir (Kaya, 1993). Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde ve yakın çevresinde ofiyolitlere ait kayaçlar tektonizmadan dolayı serpantinleşmiş ve killeşmiştir. Çalışma alanına yakın bölgelerde yüzeyleyen Guleman-Kömürhan Ofiyoliti; serpantinleşmiş ultramafik kümülat (dunit ve piroksenit) izotropik ve bantlı gabro, levha dayk kompleksi, bazaltik andezitik yastık lavlar, masif lav akışları ve volkano-sedimanter kayaçlar ile tüm bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır (Kaya, 1993; Beyarslan ve Bingöl, 2010; Arslan 2014; Rizeli vd., 2016).

Elazığ Magmatitleri - Birçok blok ve dilimler bulunduran karmaşık bir iç yapıya sahip olan birim, Hakkâri ili Yüksekova ilçesi civarındaki yüzeylemelerinde ilk defa Perinçek (1979) tarafından Yüksekova Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Elazığ ve Malatya çevresinde geniş yüzeylemeler veren birim için de aynı adın kullanıldığı görülür (Yazgan, 1981; Bingöl, 1984; Sungurlu vd., 1985). Aynı birim için Elazığ çevresinde Elazığ



napı (Yazgan, 1983), Elazığ volkanik karmaşığı (Hempton ve Savcı, 1982; Hempton, 1984, 1985) Baskil magmatik kayaçları (Asutay, 1985) gibi isimlerin kullanıldığı da bilinmektedir. Birimin Elazığ çevresinde, doğudaki yüzeylemelerine göre daha düzenli bir içyapıya sahip olduğunu dikkate alan Turan vd. (1985), birim için Elazığ Magmatitleri adını önermişlerdir. Elazığ Magmatitleri inceleme alanında Hazar Gölü'nün kuzeyindeki alanlarda geniş yüzlekler vermektedir. Hazar Grubu ve Maden Karmaşığına ait birimleri tektonik olarak üzerlemektedir. Elazığ Magmatitleri'ne ait kayaçlar topografik olarak düşük kotlu dere yataklarında Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bu alanlar dışında kalan bölgelerde ise tamamen serbest yüzeylemeli bir konuma sahiptir (Gürocak, 1993). Elazığ Magmatitleri, okyanus içi yay sistemi ürünü olup ofiyolitler ile bunların üzerinde gelişmiş olan yay ürünü volkanik ve derinlik kayaçlarından oluşur. Yayın oluşumunun son evresine ait olan granitoidler Keban Metamorfitlerini, Guleman-Kömürhan ofiyolitlerini ve Elazığ Magmatitleri ile Keban Metamorfitleri arasındaki bindirme zonunu keser (Beyarlan ve Bingöl, 2018; Bingöl vd. 2018).

Derinlik kayaçlardan olan granitoidler ve birlikte buldukları volkanik kayaçların petrolojik özellikleri büyük oranda Neotetis'in güney kolunun Anadolu mikrolevhası altına dalmasıyla gelişen yitimle ilişkilidir. Elazığ Magmatitleri'nin volkanik kayaçları bazaltik lav akıntıları ve yastık lavlar, andezitik lav akıntıları, daha az oranlarda dasit ve riylit ile piroklastik kayaçlarla karakterize edilir. Plütonik kayaçlar ise gabro, diyorit, tonalit, granodiyorit, granit ve monzodiyorit bileşimindedir (Beyarlan ve Bingöl 2018). Düşük K'lu toleyitik ve kalkalkalen karakterli volkanik kayaçlardan elde edilen U-Pb yaşları 84-82 milyon yıl aralığındadır. Düşük K'lu toleyitik, kalkalkalen ve şoşonitik karakterli plütonik kayaçlardan elde edilen U-Pb yaşları ise 84-72 milyon yıl aralığında olup Elazığ Magmatitleri'nin yaşının Geç Kretase olduğunu gösterir. Bu yaş verisi Aksoy vd. (1999) tarafından yapılan çalışmadaki paleontolojik verilerle de uyumludur.

Hazar Grubu - Birim ilk kez Rigo de Righi ve Cortesini (1964) tarafından Hazar Gölü çevresinde geniş yüzeylemelere sahip olmasından dolayı "Hazar Birimi" olarak adlandırılmıştır. Özkaya (1978), Ergani-Maden yöresinde yaptığı çalışmada, gri renkli, volkanik katkılardan yoksun



filiş özelliğindeki kumtaşı-şeyl-marn ar dalanmasından oluşan istifi Hazar Formasyonu olarak adlandırmış, Aktaş ve Robertson (1984), ise birimi “Hazar Grubu” olarak isimlendirmişlerdir. Hazar Grubu, Elazığ ilinin yaklaşık 25 km güneydoğusunda Hazar Gölü’nün kuzeyi, kuzeydoğusu, güneyi ve güneydoğusunda geniş yayılım sunmaktadır. Birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerinde tektonik olarak, Guleman Grubu üzerinde ise uyumsuz olarak bulunmaktadır (Kaya, 1993). Hazar Gölü evresinde Hazar Grubu altta kırmızı-kahverenkli konglomeralar ile temsil olunan Ceffan Formasyonu, üste doğru gri, yeşil, açık kahverenkli kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, şeyl, marn ar dalanması ile temsil olunan Sima ki Formasyonu ve en üstteki gri, pembe renkli kireçtaşlarından oluşan Gehroz Formasyonu olarak tanımlamaktadır (Kaya, 1993; Arslan 2014).

Maden Karmaşığı - Maden Karmaşığı adı ilk kez, tipik yüzeyleme verdiği Ergani-Maden yöresinde Perinçek (1979) tarafından kullanılmıştır. Tipik olarak Elazığ’ın Maden ilçesi ve çevresinde yüzeylemeleri bulunan karmaşık bölgesel olarak geniş bir alanda yayılım gösterir. Çalışma alanında Maden Karmaşığı’na ait birimler, Hazar Gölü güneyinde, güneybatısında ve kuzeydoğusunda gözlenmektedir. Tektonizmanın yoğun olduğu inceleme alanında karmaşığa ait birimlerin diğer birimler ile olan taban-tavan ilişkisi genellikle tektoniktir. Hazar Gölü’nün güneyinde karmaşığın tabanı görülmemekle birlikte, karmaşığın üzerine tektonik olarak Hazar Grubu gelmektedir. Karmaşık inceleme alanında Hazar Gölü kuzeydoğusunda Guleman Ofiyoliti zerine uyumsuz olarak gelmektedir (Kaya, 1993). Hazar Gölü’nün güneybatısında Pütürge Metamorfileri zerine uyumsuz olarak gelen birim bu bölgede en altta kırmızı renkli çakıltaşları ile başlamakta ve çamurtaşları ile arasında devamsız olarak tf ve volkanik malzemedenden oluşmuş kumtaşı ve kumlu kireçtaşı seviyeleri yer almaktadır. Birimin daha üst seviyelerinde kırmızı renkli çamurtaşı ara seviyeli andezit ve bazalt türü volkanik kayaçlarla temsil edilmektedir. Gln güney ve güneybatısında birim volkanik ara katkılı çamurtaşları ve kireçtaşları yanında daha yoğun olarak andezit, bazalt ve volkanik breşlerden ibaret bir litoloji sunmaktadır (Gürocak, 1993). Birim Hazar Gölü’nün güneydoğusunda Guleman-Kömürhan Ofiyolitine ait gabrolar üzerinde uyumsuz olarak konglomeralarla başlamaktadır. ste doğru kahverenkli, 5-20 cm kalınlığındaki kumtaşı tabakaları, yer-



yer silişleşmiş kırmızımsı kahverengi ve yeşil çamurtaşı-şeyl, marn ar-dalanması ile ara katkılı andezit, bazalt türü volkanitler gelmekte olup, en üstte ise gri renkli bol fosilli kireçtaşı blokları ile son bulmaktadır. Hazar Gölü güneyinde ise birim altta kırmızımsı, kahverenkli, yeşil, gri renkli şeyl ve çamurtaşlarıyla başlayıp üste doğru volkanitlere geçmektedir (Arslan 2014). Ertürk vd. (2018) Maden Karmaşığı'nın volkanik biriminin esas olarak bazalt ve andezit, az olarak da dasitten oluştuğunu belirtirler. Bu kayaçların bileşimi düşük K'lu toleyitten kalk alkalene, yüksek K'lu kalk alkalenden şoşonitiğe kadar değişir. Jeolojik ve jeokimyasal verileri esas alan yazarlar, Maden magmatizmasının, Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda bir ekstansiyonel çökme sırasında, litosferin konvektif sıyrılmasına bağlı olarak gelişen astenosferik yükselmeye oluşmuş bir çarpışma sonrası ürünü olduğunu kabul etmişlerdir.

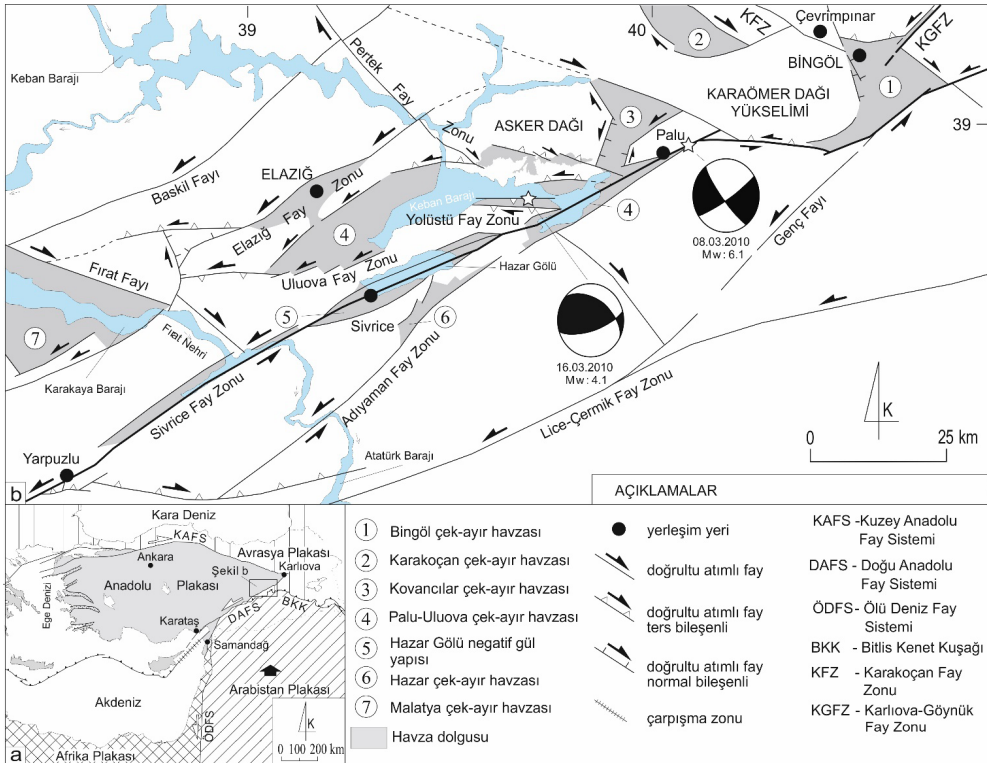
Kuvaterner Yaşlı Çökeller - İnceleme alanında alüvyonlar Pliyo (?) -Kuvaterner yaşlı ve Güncel alüvyonlar şeklinde izlenmektedir. Pliyo (?) -Kuvaterner yaşlı alüvyonlar Hazar Gölü'nün kuzeydoğusu, güneydoğusu ve güneybatısında gözlenmektedir. Birim kötü boylanmalı çakıltası, kumtaşı ve kıltaşı ile temsil edilmektedir. Taneleri genellikle gevşek tutturulmuş olan bu alüvyonlar yatay bir tabakalanma göstermektedir. Hazar Gölü'nün güneydoğusu ve güneybatısında özellikle dere yataklarında (Kürk Çayı) gözlenen güncel alüvyonlar ise tutturulmamış çakıl, kil ve silt boyutundaki tanelerden oluşmuştur. Bunlar Pliyo (?) - Kuvaterner yaşlı alüvyonları uyumsuz olarak örtmektedir.

2.1. Bölgenin Sismotektonik Yapısı

Doğu Anadolu'da, neotektonik rejim başlangıcının günümüzden yaklaşık 10-14 milyon yıl önceki zaman aralığını kapsayan, Serravaliyen (Miyosen) katının son dönemlerinde olduğu rapor edilmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1983; Dewey vd. 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz vd. 1987; Koçyiğit vd. 2001). Bu araştırmalarda, Doğu Anadolu'daki neotektonik rejimin, yaklaşık 12 milyon yıl önce Avrasya ile Arap plakalarının çarpışması sonucu Neotetis okyanus tabanının tamamen yok olması ile başladığı belirtilmektedir. Çarpışmayı takiben gelişen yeni bir tektonik rejim ile eşzamanlı olarak magmatik



aktivite de başlamıştır. Doğu Anadolu’da neotektonik dönem boyunca, bölgesel bir yayılım gösteren B-D doğrultulu kıvrımlar, bindirmeler ve eşlenik doğrultu-atımlı faylar etkin olmaya başlamışlar; ayrıca volkanların çıkışlarını denetleyen K-G yönlü açılma çatlakları da gelişmiştir. Çarpışma sonrası kıta-kıta birleşmesini takip eden bu dönemdeki etkin deformasyon, kabuk kısılması ve kalınlaşması dolayısıyla da bölgenin yükselmesine neden olmuş (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz vd. 1987) ve Doğu Anadolu- İnan Platosu günümüzde 2000 metreye kadar yükselmiştir (Koçyiğit vd. 2001). Çarpışmaya bağlı olarak bölgede etkin olan K-G yönlü kısılma ile kalınlaşan kabuk, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform faylarının oluşumu ile sonuçlanmış ve sonrasında ise, D-B açılmalarla sıkışma tektoniğine uyum sağlamıştır (Yılmaz vd. 1987).



Şekil 2. İnceleme alanının da içinde yer aldığı Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Yarpuzlu ile Bingöl arasında kalan bölümünün haritası (Koçyiğit vd. 2003 ve Çolak vd. 2012’den değiştirilerek alınmıştır).



Erken Pliyosen'in sonlarında sağ yönlü Kuzey Anadolu Fayı, sol yönlü Doğu Anadolu Fayı ve ikisi arasında daha sonra Afrika okyanusal litosferine doğru kaçmaya başlayan Anadolu Plakacığı olmak üzere başlıca 3 ana yapının meydana geldiği bilinmektedir (Hempton, 1987; Koçyiğit ve Beyhan, 1998). İnceleme alanı büyük bir makaslama zonu olan sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde yer almaktadır.

Anadolu levhası Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca yılda 2,5 cm hızla hareket ederken, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki hareket ise yaklaşık 1 cm/yıl civarındadır. Neotektonik rejim içerisinde yanal hareketler en fazla Pliyosen döneminde etkin hale gelmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd. 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987; Koçyiğit vd. 2001; Aksoy vd. 2007). Neotektonik dönemin farklılık sunan yapıları arasında, üzerlenmiş havzalar, Kuvaterner yaşlı çek-ayır havzalar, eş yaşlı doğrultu atımlı faylar ve faylanma kaynaklı sığ odaklı depremler, K-G gidişli kısa normal faylar, açılma çatlakları ile genç volkan ve volkan dizileri bulunmaktadır (Koçyiğit, 2002).

2.1.1. Doğu Anadolu Fay Zonu

Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depreminin sismik kaynağını oluşturan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Karlıova üçlü eklem noktasından başlar ve Bingöl, Palu, Hazar Gölü, Pütürge, Sincik, Narlı, Türkoğlu yörelerinden geçerek İskenderun Körfezine kadar uzanan geniş bir alanda konumlanır. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan bu kuşak yaklaşık 700 km uzunluğunda olup, ortalama 30 km genişliktedir (Arpat ve Şaroğlu 1972; Koçyiğit vd. 2003; Aksoy vd. 2007). Bu kuşak içerisinde çok sayıda paralel veya yarı paralel sol yanal atımlı faylar bulunmaktadır. Bu faylarda sıçrama (stepover), ayrılma, bükülme (bending) ve yön değiştirmelere rastlanmaktadır. Ayrıca bu yapılar arasında dere ötelenmelerini, fay yamaçlarını, dönmüş (rotated) fay vadi ve sırtlarını, asılı vadileri, heyelanları, su kaynaklarını ve doğrultu atımlı havzaları görmek mümkündür (Çetin vd. 2003, Arslan 2014). Bunlardan birisi de, Hazar Gölü (çek-ayır) havzasıdır.

Hempton ve Dunne (1984), Hazar Gölü'ne kuzeydoğudan kavuşan ana fayın, sola sıçrayarak gölü güneybatıdan sınırladığını ve buna bağlı ola-



rak da Hazar Gölü'nün klasik bir step-over tipte gelişen çek-ayır havza olduğunu belirtmişlerdir. Aksoy vd. (2007) bu görüşün aksine, aktif fayların ayrıntılı haritalaması ve fayların geometrisini (dağılım biçimi ve birbirleriyle ilişkisi) esas alarak ana fayın, Hazar Gölü'nün kuzeydoğu köşesinde sola sıçrama yapmadığını belirtmişlerdir. Bunun yerine ana fay gln yaklaşık 10 km kadar kuzeydoğusunda iki alt kola ayrılmakta ve bu iki alt kol Hazar Gölü boyunca güneybatıya doğru devam ederek, birbirinden bir yükselti ile ayrılan, yarı paralel ve mercek biçimli iki çöküntünün oluşumuna yol açmaktadır. Doğrultu atımlı bu yeni geometri araştırmacılar tarafından negatif çiçek yapısı olarak yorumlanmıştır. Moreno vd. (2010), Hazar Gölü'nde yaptıkları ayrıntılı jeofizik ve sedimentolojik çalışmalara dayanarak, Doğu Anadolu Fayı'nın (Master Fay) iki ayrı koldan oluşmadığını, kuzeydoğu bölümdeki derin havzanın tabanında görüldüğü gibi devamlı ve tek bir segmentten oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu veriye dayanarak, gln bu kesimi için birbirini izleyen ilki step-over, ikincisi ise releasing bend olmak üzere iki aşamalı çek-ayır havza modeli önermektedirler. Gerek jeofizik ve gerekse sedimentolojik veriler, Doğu Anadolu Fayı'nın gln kuzeydoğu bölümündeki derin havzanın tabanında tek bir faydan oluştuğunu göstermiştir. Ancak, derin havzayı kuzey ve güneyden sınırlayan kenar faylarının varlığı, günümüzde Hazar Gölü'nün tipik bir negatif çiçek yapısı olarak geliştiğini göstermektedir (Arslan 2014). Aksoy vd. (2007)'de gln doğusunda ikiye ayrılan ana fayın gl boyunca güneybatıya doğru hareket ederek yarı paralel ve mercek biçimli iki çöküntü oluşumuna neden olduğunu aktif fayların ayrıntılı haritalanması sonucu ortaya koymuşlar, doğrultu atımlı bu geometriyi de negatif çiçek yapısı olarak yorumlamışlardır.

Duman ve Emre (2013) Doğu Anadolu Fay Zonu'nun geometrisini ve segmentasyonunu ayrıntılı olarak çalışmıştır. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun tümünü 1:25.000 ölçeğinde yeniden haritalayan yazarlar, fay zonunu ana kol, kuzey kol ve Karasu ukuru şeklinde 3 bölüme ayırmışlardır. Bu üç bölümde, 20 ayrı segment tanımlamışlardır (şekil 3). Ana kol, KD'dan GB'ya doğru Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek ve Pazarcık segmentlerinden oluşmaktadır. Palu ilçesi (Elazığ) ile Hazar Gölü KD'sundaki Gezin (Maden-Elazığ) yerleşim yeri arasında kalan bölüm Palu segmenti, Hazar Gölü GB kenarında Sivrice ile Yarpuzlu (Sincik-Adıyaman) arasında kalan bölüm ise Pütürge segmenti olarak adlandırılmıştır.



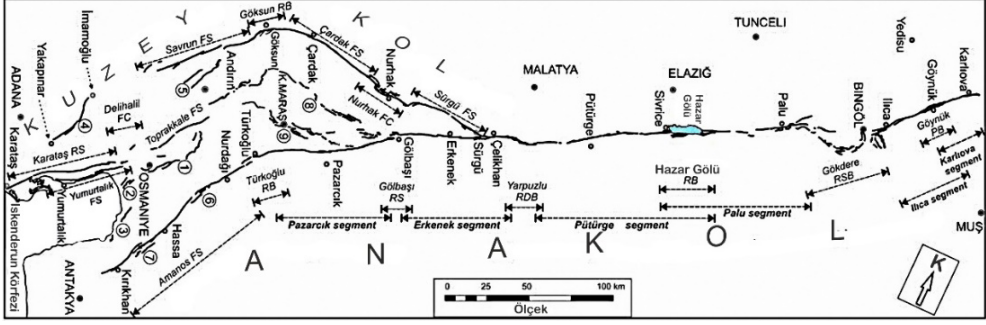
İnceleme alanı içinde yer alan Pütürge segmenti değişik çalışmalar-
da farklı adlar altında incelenmiştir (Koçyiğit 2003; olak vd. 2012).
Hazar Gölü Havzası ve civarında, Doğu Anadolu Fay Sistemi Koçyiğit
(2003) tarafından beş büyük fay zonuna ayrılmıştır (şekil 2). Bunlar ku-
zeyden güneye doğru Elazığ Fay Zonu (EFZ), Uluova Fay Zonu (UFZ),
Sivrice Fay Zonu (SFZ), Adıyaman Fay Zonu (AFZ) ve Lice-ermik Fay
Zonu (LFZ)'dur. Hazar Gölü Havzası orta bölümünde Sivrice Fay Zonu
bulunmaktadır. Sivrice Fay Zonu (SFZ), 2-6 km genişliğinde, 180 km
uzunluğunda ve kuzeydoğudaki Palu İlçesi ile güneybatıda Yarpuzlu köyü
arasında uzanan, KD gidişli sol yanal doğrultu atımlı fay zonu olarak ta-
nımlanmıştır. SFZ, DAFS'nin ana kolunu da içerir ve kendi içinde üç alt
fay setine (Gezin-Sivrice Fay Seti, Kartaldere-Gölardı Fay Seti, Uslu-Ka-
raalı Fay Seti) ayrılmıştır. SFZ, hem ana fayın Palu-Gezin bölümünün
yeniden aktive kazanmasından kaynaklanan, 3 Mayıs 1874 tarihli yüzey
faylanması oluşturmuş tarihsel depremlerle de kanıtlandığı (Ambraseys ve
Jackson 1998; Güneyli 2002) gibi sismik olarak da aktif bir fay zonedir
(Aksoy vd. 2007).

Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde farklı segmentler için değişik atım
değerleri önerilmiştir. elik (2008) Palu segmentinin kuzey ve güney
bloklarındaki Maden Karmaşığı'na ait yüzeylemeler arasındaki yer değiş-
tirmeyi esas alarak Hazar ek-Ayır Havzası civarında yaklaşık 35 km'lik
sol yanal atım önerilmiştir. Bu bölgede fay zonu iki "en-echelon" kola
ayrılmaktadır. Hazar-şiro fayı Hazar ek-Ayır Havzasını GB'dan, Çüngüş
Fayı ise daha GD'dan sınırlamaktadır. Bu bölgenin daha güneybatısında,
Fırat nehrinin yatağı Hazar-şiro fayı tarafından 13 km ötelenmiştir. Doğu
Anadolu Fay Zonu'nun yıllık hareket hızı ile ilgili değişik görüşler bulun-
maktadır. Westaway (2003) bu görüşlerin tümünü değerlendirerek Doğu
Anadolu Fay Zonu için yaklaşık 4.0-4.6 mm/yıl hareket hızı önermiştir.
Bu değerler McClusky vd. (2000) tarafından önerilen GPS hızları ile de
uyumludur.

Tarihsel deprem kayıtları DAFZ'nun büyük depremler üretme potansiye-
line sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Kuzey Anadolu Fay
Zonu'na göre daha düşük kayma hızı ve sismisitesinden dolayı niceliksel
olarak yeterince incelenmemiştir. DAFZ üzerindeki kayma oranlarının



belirlenmesi, Anadolu plakasının kinematikini daha iyi anlamak için de önemlidir.



Şekil 3. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kolları ve bu kollar üzerindeki fay segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den alınmıştır).

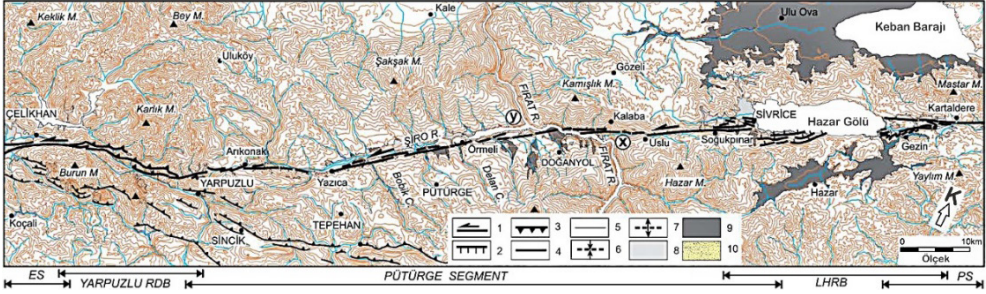
2.1.2. Sivrice İlçesi Civarındaki Fay Geometrisi ve Segment Yapısı

Sivrice ilçesi ve civarında, 1/250.000 ölçekli Yenilenmiş Diri Fay Haritası Serisi Elazığ NJ 37-7 paftasında (Duman vd. 2012) tanımlanmış aktif fay segmentleri bulunmaktadır. Bu faylar Pütürge segmenti içinde değerlendirilmiştir. Hazar Gölü'nün KD ucunda ise Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti yer alır (Şekil 3 ve 4).

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana kolunu oluşturan Pütürge segmenti, Hazar Gölü ile daha güneybatıda Yarpuzlu arasında yer almaktadır (Şekil 4 ve 5). Uzanımı boyunca Prekambriyen-Mezozoyik yaşlı metamorfik kayaları, Geç Kretase yaşlı Kömürhan ofiyolitlerini ve Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'nın volkano sedimanter birimlerini kesen segment üzerinde Fırat nehri vadisi boyunca 9 ile 22 km arasında değişen jeolojik ve jeomorfolojik ötelenmeler saptanmıştır (Arpat ve Şaroğlu 1975, Hemp-ton 1985, Herece ve Akay 1992, Herece 2008). Düzenli sol yanal ötelenmeler Duman ve Emre (2013) tarafından Fırat vadisinin güneyi boyunca Şiro Çayının kolları üzerinde de gözlenmiştir. Bu ötelenmeler birkaç on metreden 1 kilometreye kadar değişmektedir. Holosen'in bozulmamış fay şevleri Pütürge segmenti üzerinde gözlenmekle beraber, bu segmentin üzerinde meydana gelen en son yüzey faylanması ile ilgili net bir veri bulunmamaktadır. Duman ve Emre (2013), 6.7 büyüklüğündeki 1875 ve



6.8 büyüklüğündeki 1905 depremlerinin bu segment üzerinde gelişmiş olabileceğini belirtmişlerdir (Ambraseys (1988)).

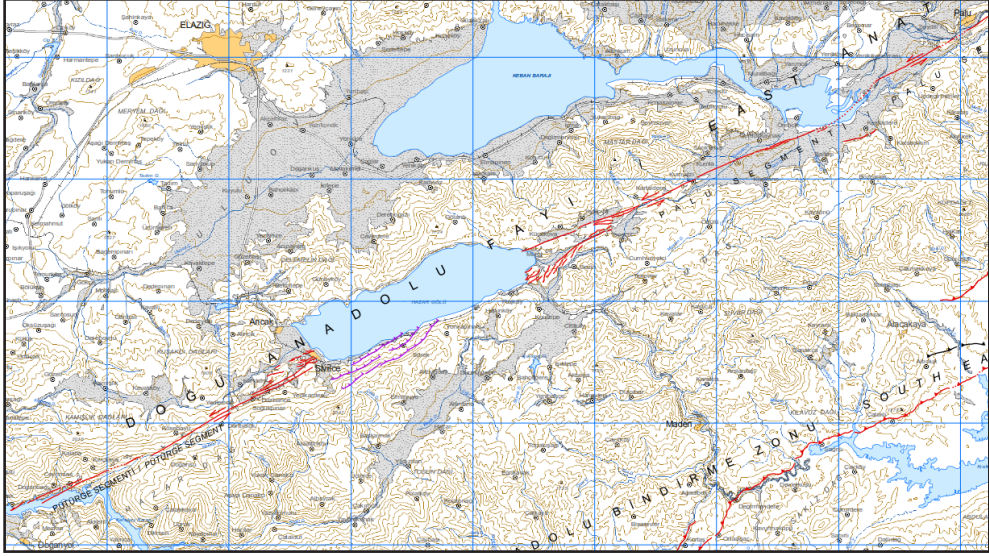


Şekil 4. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana kolu üzerinde yer alan Pütürge segmentinin haritası (Duman ve Emre 2013'den alınmıştır).

Pütürge segmentine ait faylar Hazar Gölü GB kenarındaki Sivrice İlçesi ve daha güneybatısında yaklaşık 1400 metre genişlikteki bir zon içinde birbirine paralel, değişik uzunlukta kollara ayrılmaktadır. Sivrice güneybatısında kalan bu faylar Duman vd. (2012) tarafından aktif Holosen fayı olarak değerlendirilmiştir. Hazar Gölü ve kısmen de Sivrice ilçesini güneyden sınırlayan faylar ise kuzeybatıya eğimli normal bileşeni olan, Kuvaterner fayı olarak tanımlanmıştır.

Palu ve Pütürge segmentleri Koçyiğit (2003) tarafından Sivrice Fay Zonu (SFZ) adı altında incelenmiştir. SFZ, ana fayın Palu-Gezin bölümünün yeniden aktive kazanmasından kaynaklanan, 3 Mayıs 1874 tarihli yüzey faylanması oluşturmuş tarihsel depremle de kanıtlandığı gibi (Ambraseys ve Jackson 1998; Güneşli 2002) sismik olarak da aktif bir fay zonedir (Aksoy vd. 2007).

Palu segmenti Bingöl Havzası'nın güneybatısından başlamakta (Şekil 6) ve Gökdere sıkıştırıcı büklümü ve Hazar Gölü gevşeten büklümü tarafından sınırlandırılmaktadır. 8 Mart 2010 Karakoçan depreminin ana şok ve artçı depremlerinin dağılımının kuzey sınır fayı boyunca yoğunlaştığı gözlenmiştir (Emre vd. 2010, Tan vd. 2011). Bununla birlikte bu depremle ilgili bazı kılcal çatlaklar dışında yüzey faylanması rapor edilmemiştir.



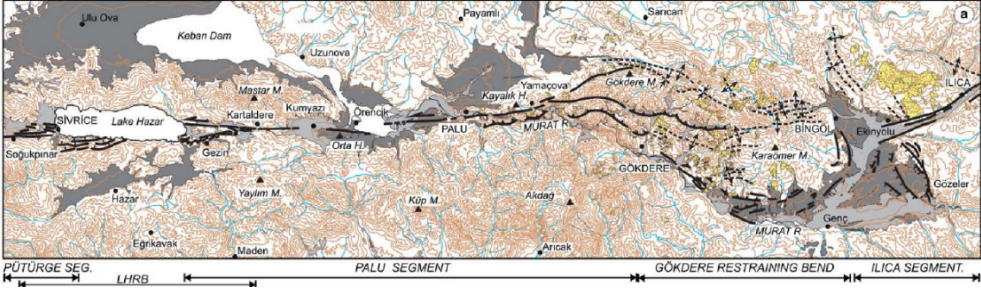
Şekil 5. Sivrice İlçesi ve civarında bulunan aktif fayların 1/250.000 ölçekli Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası Serisi Elazığ NJ 37-7 paftasında gözlenen geometrisi (Duman vd. 2012).

Palu segmenti üzerindeki Ms: 7.1 büyüklüğündeki en son tarihsel deprem 3 Mayıs 1874 yılında meydana gelmiştir (Ambraseys 1988; Ambraseys ve Jackson 1998). Tarihsel kayıtlara göre (Ambraseys 1988) en çok hasar Hazar Gölü ile Palu arasında gelişmiş ve hem tarihsel (Ambraseys ve Jackson 1988) hem de paleosismolojik bulgulara göre (Çetin vd. 2003), bu deprem sonucunda yüzey faylanması meydana gelmiştir. Bu depremle ilişkili olarak, Hazar Gölü doğusunda, segmentin batı bölümü üzerinde 3.6 metrelik sol yanıl ötelenme ölçülmüştür (Herece 2008). Yukarıda belirtildiği gibi Palu doğusunda, segmentin doğu bölümünde 2.5 metrelik ötelenme ile batıda ölçülen ötelenmelerin her ikisi de segmentin uç noktalarına yakın alanlarda yer almaktadır. Bu gözlemlerle uyumlu olarak, 1874 depreminin ortalama atımı segmentin orta bölümünde Duman ve Emre (2013) tarafından 3.5 ± 0.5 m. olarak ölçülmüştür. Palu segmentinin bu bölümünde fayla ilişkili genç yüzey şekillerinin daha belirgin olduğu belirtilmektedir.

Tarihsel dönemde Palu ilçesi yakınında meydana gelen üç ayrı deprem bulunmaktadır. Bu depremler sırasıyla 28.05.1789, 1889 ve 09.09.1897

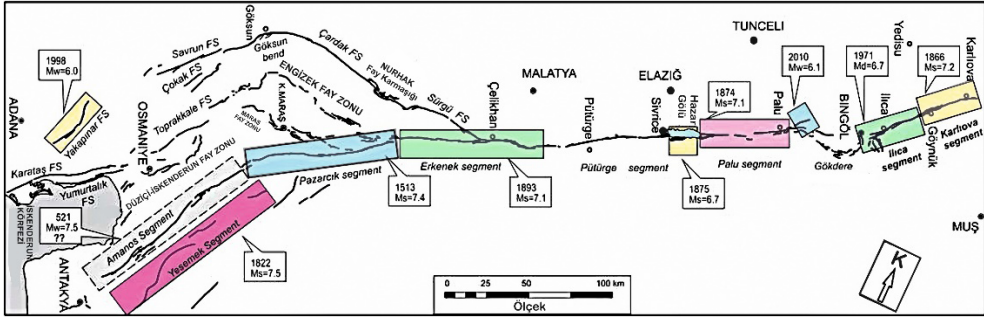


depremleridir. Bunlardan 28.05.1789 depreminin Palu İlçesi ve çevresinde çok ciddi can ve mal kayıplarına neden olduğu, deprem sonucunda 10.000 civarında insanın yaşamını yitirdiği belirtilmişse de (Abich, 1878) Osmanlı arşivlerinde yapılan çalışmalarda bu büyüklükte bir depremin kayıtlarına rastlanmamıştır (Köküm ve Özçelik, 2020). Tarihsel depremlerin yerleri konusunda çekinceler bulunmakla birlikte, Palu segmentinin en güneybatı ucunda Hazar Gölü kuzeydoğusunda sırasıyla MS 995, 03.05.1874 ve 1875 yıllarında meydana gelen üç ayrı tarihsel deprem kayıtlarında yer almıştır.



Şekil 6. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Bingöl güneybatısında kalan Palu ve kuzeydoğusundaki Ilıca segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den düzenlenerek alınmıştır).

Bingöl-Karlıova-Erzincan üçgeni arasında karmaşık bir fay geometrisi bulunmaktadır. 2003 yılında meydana gelen Bingöl ve Pülümür depremleri, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları arasında bulunan çarpaz fay sistemlerinin birbirini tetiklediğini işaret etmektedir. Bingöl-Karlıova-Erzincan üçgeni arasında bulunan faylar son yüzyılda büyük bir deprem üretmemiş olup, bu faylar da bölgede, gelecekte büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir (Emre vd. 2005; Özener vd. 2010). Bölgede Doğu Anadolu Fay Zonu ve bu fay zonuna eşlenik şekilde uzanan diğer aktif fay segmentleri üzerinde de tarihsel ve aletsel dönemlerde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. 1971 Bingöl depremi dikkate alınmazsa, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yaklaşık 150 yıldan bu yana yıkıcı bir deprem olmamıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde 19 ve 20. Yüzyıllarda büyük depremler sonucu oluşmuş yüzey faylanmaları ve sismik boşlukların bulunduğu segmentler (Duman ve Emre 2013’den kısmen değiştirilmiştir).

2.1.3. Paleosismolojik bulgular

İnceleme alanı ve yakınında özellikle Doğu Anadolu Fay Zonu’nun değişik segmentlerinin paleosismik aktivitesi ile ilgili bazı akademik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Fay zonu özellikle 19 ve 20. Yüzyıl boyunca bir seri büyük depremlere kaynaklık etmiştir (Ambraseys 1988). Pazarcık ve Palu segmentleri dışında (Çetin vd. 2003, Karabacak vd. 2011), Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yapılmış paleosismoloji çalışmaları sınırlıdır.

Çetin vd. (2003) Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Palu-Hazar segmenti olarak adlandırılan bölümü üzerinde fay kazısı çalışmaları yapmışlardır. Gezin Fayı ve Hazar Fayı olarak adlandırdıkları iki ayrı fay üzerinde birer tane fay kazısı yapan yazarlar ayrıca doğal yarmalarda da gözlemlerde bulunmuştur. Hendeklerden alınan paleosismolojik örneklerin yaşlandırılması sonucu yüzey faylanması oluşturan en son depremin 7.1 ve 6.7 büyüklüklerdeki 1874 ve 1875 depremleri olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.4. Jeodezik araştırma bulguları

Doğu Anadolu Fay Zonu’nun yıllık hareket hızı ile ilgili değişik görüşler bulunmaktadır. Westaway (2003) bu görüşlerin tümünü değerlendirerek Doğu Anadolu Fay Zonu için yaklaşık 4.0-4.6 mm/yıl hareket hızı önermiştir. Bu değerler McClusky vd. (2000) tarafından nerilen GPS hızları



ile de uyumludur. Bölgedeki bağımsız fay segmentleri ile ilgili ayrıntılı bir jeodezik çalışma bulunmamaktadır.

Türkiye ve çevresindeki GPS hızları ve ana fay sistemleriyle ilişkisi Türkiye Sismotektonik Haritası (Duman vd. 2017) ekinde ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Yazarlara göre, güncel GPS araştırmaları Anadolu Levhası'nın hareketi ve geçirmekte olduğu deformasyonun sadece Bitlis-Zagros kuşağındaki Arap Levhası'nın itmesine bağlı olmadığını, aynı zamanda Helen dalma-batma zonunda meydana gelen olayların etkisinin de olduğunu açıklamaktadır (Reilinger vd. 2006; Aktuğ vd. 2009, 2013; zener vd. 2010; Tatar vd. 2012; Tiryakioğlu vd. 2013). Güncel araştırmalara göre, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca yıllık kayma hızı ~10 mm değerindedir (Reilinger vd. 2006; Ergintav vd. 2014). DAFZ üzerindeki bu değer güneybatıya, Kıbrıs Yay sistemi ve l Deniz Fay Zonu'na doğru kollara ayrılan geniş bir zonda paylaştırılır (Duman vd. 2017).

Bölgede zener vd. (2010) tarafından yapılan GPS alışmaları bazı önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Bu alışma kapsamında Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun keşişim noktası arasında kalan üçgen bölgede farklı noktalarda GPS lmleri gerçekleştirilmiştir. Bu lm noktalarından birisi de Kovancılar ilçesi kuzeydoğusunda Saraybahçe (SRYB) köyünde bulunmaktadır. Bu noktadaki yıllık hareket hızı 11.13 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca SOLH-USVT (Solhan-Uzunsavat) ve ATAP (Adaklı GD'su) noktaları (ayrıntılı nokta yerleri için zener vd. 2010'a bakınız) arasındaki hız farkı Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca 9 mm/yıllık bir hız farkını doğrulamaktadır. KLKY-USVT (Bingöl batısı Kalkankaya-Uzunsavat) ve ATAP-KRPR (Adaklı GD'su-Bingöl kuzeyi Kırkpınar) grupları arasındaki hız farkı Bingöl ve Sancak arasında yer alan faylar boyunca gerilme birikimini işaret etmektedir.

Aktuğ vd. (2016) ise, DAFZ boyunca GPS alışmaları yaparak ve bölgede daha önce yapılmış çalışmaların verilerini derleyerek fay zonu için güncellenmiş bir veri seti oluşturmuştur. Elde ettikleri sonuçlar DAFZ'nun kayma hızının kuzeyde neredeyse sabit (~10 mm/yıl) iken, güneyde ise 4.5 mm/yıla indiğini göstermektedir. l Deniz Fay Sistemi (DFZ)'nin kuzey kısmındaki kayma oranı da önceki çalışmalarla uyumlu olarak



4.2±1.3 mm/yıl olarak bulunmuştur. Yazarlara göre, DAFZ'daki sıkışma (contraction) oranları 5 mm/yılın altındadır, ancak en kuzeyde Karlıova'daki bölümde maksimum 6.3±1.0 mm/yıl değerine ulaşır. Elde edilen sonuçlar, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun en iyi bilinen Palu-Sincik ve elikhan-Türkoğlu segmentleri arasındaki biriken kayma miktarlarınının 1,5 m ve 5,2 m olduğunu ve bunların sırasıyla Mw: 7,4 ve Mw: 7,7 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

2.1.5. Kayma hızı ve deprem tekrarlanma periyodu

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun yıllık hareket hızı ile ilgili değişik görüşler bulunmaktadır. Westaway (2003) bu görüşlerin tümünü değerlendirerek Doğu Anadolu Fay Zonu için yaklaşık 4.0-4.6 mm/yıl hareket hızı önermiştir. Bu değerler McClusky ve diğ. (2000) tarafından nerilen GPS hızları ile de uyumludur. Bununla birlikte Türkiye Sismotektonik Haritası'nda Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Malatya güneydoğusundan geçen Pütürge segmenti üzerinde 7 mm/yıl hareket hızı önerilmiştir (Duman vd. 2017). Özener vd. (2010) ise Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kayma hızınının yaklaşık 10 mm/yıl olduğunu belirtmişlerdir.

Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca tarihsel dönemde meydana gelmiş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremler 1866 (Ms 7.2), 1874 (Ms 7.1), 1893 (Ms 7.1) ve 1971 (Ms 6.8) depremleri olup, bunlar sırasıyla Karlıova, Palu, Erkenek ve Ilıca segmentleri üzerinde meydana gelmiştir (Duman ve Emre 2013). Bazı yazarlar 6.7 büyüklüğündeki 1875 depreminin (Ambraseys ve Jackson 1998) Pütürge segmenti üzerinde meydana geldiğini belirtmektedir (Nalbant vd. 2002, Herece 2008). Bununla birlikte, tarihsel deprem kayıtları (Ambraseys ve Jackson 1998) ve paleosismolojik veriler (etin vd. 2003) 1875 depreminin Hazar Gölü genişleme büklümü üzerinde meydana geldiğini göstermektedir. Palu segmenti üzerinde yapılan paleosismolojik çalışmalarda (etin vd. 2003) bu segment için deprem tekrarlanma aralığı 360 yıl olarak hesaplanmıştır. Duman ve Emre (2013) ise aynı segment üzerindeki tekrarlanma aralığını 350-400 yıl olarak vermişlerdir. Bu durumda en son yüzey kırığı oluşturan 1789 Palu depreminden günümüze kadar geçen süre yaklaşık 230 yıldır.



2.1.6. Tahmini maksimum deprem büyüklüğü ve yer değiştirme miktarı

İnceleme alanı içi ve yakınından aktif fay sistemleri geçmektedir. Bunların en önemlisi Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Pütürge ve Palu segmentidir. Aktif fayların gelecekte üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri ile ilgili değişik ampirik bağıntılar bulunmaktadır. Bunlar içinde en çok kabul gören ve kullanılan bağıntı Wells and Coppersmith (1994) tarafından önerilmiştir. Yazarlar fayların değişik parametrelerine göre farklı bağıntılar ortaya koymuştur. Bunlardan fayların uzunlukları ile yaratacakları deprem büyüklüklerine ilişkin olarak önerilen;

$$M = a + b * \log [SRL]$$

şeklindeki ampirik bağıntı yukarıda tanımlanan bölgedeki aktif faylara uygulanmıştır. Formüldeki M: Moment magnitüd, a ve b sabit sayılar, SRL ise yüzey kırık uzunluğunu ifade etmektedir. Formüldeki a ve b sabit sayıları normal faylar için a: 4.86 ve b: 1.32; doğrultu-atımlı faylar için a: 5.16 ve b: 1.12 alınmıştır. Bölgedeki aktif fayların segment uzunlukları bu formüle göre değerlendirildiğinde, toplam uzunluğu 97 km olan Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Pütürge segmentinin tümünün kırılması durumunda 7.39 büyüklüğüne kadar; toplam uzunluğu 77 km olan Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait olan Palu segmentinin kırılması durumunda ise 7.27 büyüklüğüne kadar bir deprem üretme olasılığı hesaplanmıştır (Başarır Baştürk vd. 2017).

2.2. Bölgenin Depremselliği

Sivrice, Doğanyol ve Pütürge ilçelerinin içinde yer aldığı bölge ülkemizin en önemli sol yanal doğrultu atımlı aktif fay zonu olan Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunmaktadır. İlçelerin sınırları içinden Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Pütürge segmenti geçmektedir. Bu faylar üzerinde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Özellikle Doğu Anadolu Fay Zonu ana koluna ait Pütürge segmentinin yıkıcı deprem üretebilecek sismik bir boşluk olduğu 2013 yılında (Duman ve Emre 2013) tarafından belirtilmiştir.

Sivrice ilçesi doğusunda yer alan Hazar Gölü ve çevresi de sismik yönden son derece aktif bir zondur. Göl ve yakın çevresinde çeşitli araş-



tırmacıların yaptıkları aletsel mikro sismik ölümlerden çıkan sonuca göre, bu yörede günde büyüklüğü 3'ten küçük 5 depremin olduğu ortaya konmuştur (etin vd. 2003). Bunun yanı sıra bölgede yapılan paleosismolojik çalışmalar ve tarihsel kayıtlar, bu yörede 7'den büyük depremlerin olduğunu da açıkça göstermiştir (Ergin vd. 1967; Ambraseys, 1989; Ambrassey ve Finkel, 1995; Ambrassey ve Jackson, 1998). Hazar Gölü, Palu ve Bingöl yörelerinde olan 1874, 1875 ve 1971 depremleri bunların en çok bilinenleridir. 1874 Mayıs ayında büyüklüğü Ms:7.1 olan deprem Hazar Gölü ve yakın çevresini ciddi bir şekilde etkilemiş ve gln güney kenarı 1-2 m yükselmiştir. Bu yükselme sonucunda Hazar Gölü suyunu Dicle nehrine boşaltan kanal askıda kalmış ve gölü suyunun nehre akışı durmuştur. Bu olay gölü seviyesinin yükselerek yakın çevredeki yerleşim alanlarını (Kilise Adası) basmasına neden olmuştur (Arslan 2014).

Büyüklüğü Ms:6.7 olan 1875 depremi sırasında da güney kenar, dolayısıyla Dicle nehrine bağlanan kanal 2 m daha yükselmiş ve bugünkü konumunu almıştır. Bingöl depremi (Ms:6.8), 1971 yılında Bingöl ve yakın çevresini etkilemiş ve büyük oranda can ve mal kaybına neden olmuştur (Ambraseys 1989; Ambraseys ve Jackson, 1998). Öte yandan diğer önemli depremler Elazığ- Sivrice Depremi (Ms:5.3) ve (Ms:5.9), 2007 yılında Elazığ ve yakın çevresini etkilemiş ve bu deprem can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Elazığ- Kovancılar depremi de (Ms:6.0), 2010 yılında Elazığ ve yakın çevresini etkilemiştir.

2.2.1. Tarihsel Dönem

Doğu Anadolu Fay Zonu tarihsel ve aletsel dönemde bir çok yıkıcı deprem üretmiştir (şekil 8, Tablo 1; Ergin vd. 1971, Soysal vd. 1981, Eyidoğan vd. 1991, Tan vd. 2008, Kalafat vd. 2011). Fay zonu özellikle 19 ve 20. yüzyıl boyunca meydana gelmiş bir seri büyük depremlerle karakterize edilmektedir (Ambraseys 1988). Palu ve Pazarcık segmentleri dışında (etin vd. 2003, Karabacak vd. 2011), Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yapılmış paleosismoloji çalışmaları sınırlıdır.

Duman ve Emre (2013) Palu segmenti üzerindeki tekrarlanma aralığını 350-400 yıl olarak vermiştir. Karlıova ve Palu segmentleri zerin-



de tahmin edilen gerilme birikimi 1.46 ve 1.40 metredir. Pütürge segmenti üzerinde meydana gelebilecek büyük depremlerin tekrarlanma aralığı için net veri bulunmamaktadır. 1905 yılında meydana gelen 6.8 büyüklüğündeki depremin (Ambraseys 1988) hasar dağılımı dikkate alındığında, bu depremin Pütürge segmentinin en batı ucunda yer alan Yarpuzlu büklümünde olduğu söylenebilir. Bu nedenle, yaklaşık 100 km uzunluğundaki Pütürge segmenti Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana kolu üzerindeki sismik boşluklardan birisi olarak değerlendirilmektedir. 7.1 büyüklüğündeki 1893 depremi ise elikhan batısında bulunan Erkenek segmenti üzerinde oluşmuştur. Duman ve Emre (2013), 7 mm'lik yıllık kayma miktarını dikkate alarak Erkenek segmenti üzerinde 1893 depreminden bu yana yaklaşık 0.83 metrelik bir gerilme birikiminin olduğunu hesaplamıştır.

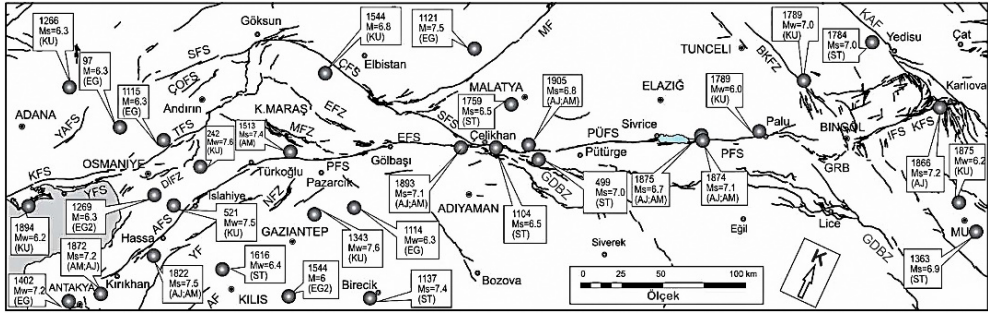
6.4 büyüklüğündeki 1544 depreminin (Tan vd. 2008) olası lokasyonu Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kolu üzerindeki ardak ve Sürgü segmentlerine yakındır. ardak ve Sürgü segmentleri üzerindeki ortalama hareket hızı yaklaşık 3 mm/yıldır. Bu segmentler üzerinde 1544 depremi dışında son 2000 yılda meydana gelmiş büyük deprem bulunmamaktadır. Sürgü ve ardak fay segmentleri ile temsil edilen Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kolu üzerindeki tekrarlanma aralığı 800-1000 yıl olarak önerilmiştir. Maksimum büyüklük ve fay uzunluğu arasındaki ampirik ilişki dikkate alındığında, bu iki fay segmentinin 7.0 ve daha büyük magnitdl deprem üretme potansiyeli bulunmaktadır (Duman ve Emre, 2013).

Karlıova l birleşim bölgesi civarında yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun segmentlerinde, tarihsel dönemde oldukça yıkıcı, büyük depremler meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzeydoğu ucunda, 65 km uzunluktaki Karlıova-Bingöl fay parçasında 1866 yılında $M:7.0$ büyüklüğünde bir deprem olmuştur. Hemen batısında uzanan 50 km uzunluktaki Palu-Hazar ve 85 km uzunluktaki Hazar-Sincik iki alt fay parçalarından oluşan toplam 135 km uzunluktaki Palu-Sincik fay parçasında, 216 yıl önce, 1789 yılında 51 bin kişinin ölümüne neden olan çok büyük bir deprem olduğu belirtilmektedir. Ancak Köküm ve zelik (2020), arşivlerde yaptıkları incelemede bu depreme



ait kayıt bulamamışlardır. Palu-Hazar alt fay parçasında en son 1874 yılında, $M:7.1$, Hazar-Sincik alt fay parçasında ise en son 1875 yılında, $M:6.8$ büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerle ilgili can kaybı hakkında 1789 depremine benzer büyük bir sayı verilmemiş olmakla birlikte 1874 ve 1875 depremlerinin yeryüzünde büyük deformasyonlar meydana getirdiği bilinmektedir.

Yörenin tarihsel deprem etkinliğine bakıldığında, özellikle 1789 Palu (Io:VIII), 1866 Hazar Gölü Güneyi-Elazığ (Io:VIII), 1874 Harput-Elazığ-Diyarbakır (Io:VIII), 1875 Karlıova-Bingöl-Palu-Elazığ (Io:VIII; $M=6.1$) depremleri bölgedeki önemli depremlerdir.



Şekil 8. Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde tarihsel dönemde meydana gelen depremlerin dağılımı (Duman ve Emre 2013).

Büyüklüğü $M_s:6.7$ olan 1875 depremi sırasında da güney kenar, dolayısıyla Dicle nehrine bağlanan kanal 2 m daha yükselmiş ve bugünkü konumunu almıştır. Bingöl depremi ($M_s:6.8$), 1971 yılında Bingöl ve yakın çevresini etkilemiş ve büyük oranda can ve mal kaybına neden olmuştur (Ambrasseys 1989; Ambrasseys ve Jackson, 1998).

Tarihsel deprem verileri kullanılarak Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde Gölbaşı-Türkoğlu ve Palu-Bingöl arasında iki sismik boşluk olduğu belirtilmiştir (Nalbant 2002, Demirtaş 2003). DAFZ boyunca Bingöl, Elazığ, Malatya, Kahramanmaraş, Hatay gibi büyük kentler ve Karakaya, Keban, Atatürk gibi büyük barajların yer alması, bu fay sisteminin yakın gelecekteki deprem davranışının bilinmesinin deprem zararlarının azaltılması açısından ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.



Tablo 1. Elazığ ve yakın civarında tarihsel dönemde meydana gelen yıkıcı depremler. Referanslar: (1) Ambraseys ve Jackson (1998); (2) Ambraseys ve Jackson (1989); (3) Pınar ve Lahn (1952); (4) Ambraseys ve Finkel (1987)

No	Tarih	Episantr (K-D)	Büyükklük (Ms)	Şiddet (Io)	Derinlik (Km)	Yer	Referans
1	995	38.7-40.0	7.0-7.8	-	-	Palu	1
2	03/28/1513	37.5-36.5	7.4+	IX	-	Malatya-Tarsus	2
3	05/29/1789	38.8-39.5	7.0+	-	-	Palu	1, 2
4	06/20/1866	38.5-40.9	6.8-	IX	-	Kulp	2, 3
5	05/03/1874	38.5-39.5	7.1+	X	45	Gölcük (Hazar Gölü 1)	1, 2
6	03/27/1875	38.5-39.5	6.7	VII	20	Gölcük (Hazar Gölü 2)	1, 2
7	03/02/1893	38.0-38.3	7.1+	X	-	Güney Malatya	1, 2
8	12/04/1905	38.1-38.6	6.8	IX	-	Malatya	1, 2, 4

Doğu Anadolu Fay Zonu tarihsel dönemde 1822 Antakya depremi ile başlayan 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve son olarak 1905 Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuştur. Son yüzyılda 1971 Bingöl depremi dışında Doğu Anadolu Fay Zonu daha sakin bir döneme girmiş ve yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir deprem üretmemiştir. 1971 depreminden 32 yıl sonra, 1 Mayıs 2003 yılında Karlıova-Bingöl segmentine dik doğrultuda bulunan Bingöl-Karakoçan fayında 6.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir.

2.2.2. Aletsel Dönem

Bölge için en önemli deprem tehlike kaynağı olan Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca aletsel dönemde meydana gelmiş büyüklüğü 3.4 ve üye-



ri olan yoğun deprem aktivitesi Şekil 9'da gösterilmektedir (Duman ve Emre 2013). Söz konusu depremlerin büyük bir çoğunluğunun sığ odaklı olduğu ve sadece Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana kırığı üzerine düŐmediđi, fay zonunun batı-kuzeybatısında kalan alanlarda da meydana geldiği gözlenmektedir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun batı-kuzeybatısında gözlenen deprem dağılımı bölgede tanımlanmış diğer fay zonları ile uyumludur. 24.01.2020 Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depremine kadar, bölgede son 85 yılda 4 ve üzeri büyüklükte 81 depremin meydana geldiği görülmektedir. 5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin sayısı ise 12'dir. Bu depremlerin 5 ve üzerinde olan üç tanesi Sivrice civarında olmuştur. Özellikle Doğu Anadolu Fay Zonu'nun değişik segmentleri üzerinde yakın zaman dilimi içinde yıkıcı özellikte, büyüklüğü 5'in üzerinde değişik depremler meydana gelmiştir. Bunlardan 11.08.2004, 09.02.2007, 21.02.2007, 08.03.2010 ve 23.06.2011 tarihlerinde Sivrice, Karakoçan ve İçme yakınlarında meydana gelen depremlerde ağır hasar oluşmuştur. 13.07.2003 ve 26.11.2005 tarihlerinde meydana gelen 5.6 ve 5.3 büyüklüklerindeki depremlerde ise can kaybı olmamıŐ ancak hasar meydana gelmiştir. 17.09.2010 tarihinde Pütürge'de meydana gelen 4.8 büyüklüğündeki deprem ile 04.04.2019 ve 27.12.2019 tarihlerinde DAFZ'nun ana kırığı konumundaki Pütürge segmenti üzerinde meydana gelen sırasıyla 5.2 ve 5.0 büyüklüğündeki depremler ise Doğu Anadolu Fay Zonu'nun bu segmentinin deprem aktivitesini bir kez daha ortaya koymuştur. Segment üzerinde 2003 yılından bu yana geçen 17 yıllık sürede, deprem aktivitesinde, önceki dönemlerle kıyaslanmayacak kadar bir artış olduğunu gösterir.

9 Şubat 2007 Sivrice-Elazığ Depremi

9 Şubat 2007 'de yerel saat ile 04:22'de aletsel büyüklüğü $M_l=5.3$ olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremin dış merkezi, Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde kalan Sivrice-Elazığ bölgesidir. Bölgede çok fazla miktarda irili ufaklı diri fay mevcut olup bunlar sık aralıklarla, bu ve benzer büyüklükte depremler üretmektedirler. Depremin dış merkezi Gzeli-Sivrice yakınlarında olup Gzeli'nin yaklaşık olarak 4 km güneybatısındadır. Depremin dış merkezinin Sivrice'ye olan uzaklığı yaklaşık



24 km dir. Depremden sonra geçen yaklaşık 1 saatlik periyotta büyüklüğü $M < 3.0$ olan 26 adet, büyüklüğü $M > 3.0$ olan 8 adet olmak üzere 34 adet artçı deprem meydana gelmiştir. Deprem özellikle Elazığ ve ile bağlı yerleşim birimlerinde, Diyarbakır ve Batman'da hissedilmiştir.

21 Şubat 2007 Sivrice-Elazığ Depremi

21 Şubat 2007'de yerel saat ile 13:05'de aletsel büyüklüğü $M_l = 5.9$ olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem başta Elazığ olmak üzere Malatya, Hatay, Siirt, Diyarbakır, Adıyaman ve Kahramanmaraş'ta hissedilmiştir. Bölgenin son 10 yıldaki deprem etkinliği dikkate alındığında, deprem oluş düzeninin deprem dizileri şeklinde oluştuğu dikkat çekmektedir. Deprem dizileri, bir zon içerisindeki irili ufaklı diri fay parçalarının kısa zaman aralıklarında ard arda kırılması şeklinde meydana gelen deprem etkinliği olarak tanımlanmakta ve bu etkinlik, zonun özelliğine, içindeki diri fay parçalarının miktarı ve uzunluğuna bağlı olarak ortalama olarak 3-6 adet orta büyüklükteki ana depremi ve onların artçılarını içerisinde barındırmaktadır.

21 Şubat 2007 tarihinde meydana gelen $M_w = 5.9$ büyüklüğünde, Sivrice (Elazığ) depreminin kırılma özellikleri ve yüzey deformasyonu Çakır vd. (2007) tarafından 21 Mayıs 2005 ve 4 Ağustos 2007 tarihli iki ayrı Envisat radar görüntüsü kullanılarak çalışılmıştır. Çakır vd. (2007), deprem sonrası (Co-seismic) deformasyonun Hazar havzasını güneyden sınırlayan K30D gidişli ve -60° KB'ya eğimli Hazar normal fayı üzerinde oluştuğunu ve sol yanal doğrultu atımlı DAFZ ile -30° 'lik açı oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Fay yönü ve deprem mekanizması, kinematik bakımdan bir sol yanal makaslama sistemini oluşturan stres rejimi ile tutarlıdır. Yazarlar, yıkıcı depremlerin ana faylara vev konumunda bulunan ikincil faylanmalar üzerinde de gelişebildiğini, bu nedenle, aktif fayları haritalarken ve tektonik olarak aktif bölgelerdeki sismik tehlikeyi değerlendirirken bu tür ikincil faylara daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.



08 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan (Kovancılar-Elazığ) Depremi (M 5.8, 5.6, 5.3)

08 Mart 2010 günü, saat 04:32'de, Başyurt, Kovancılar (Elazığ) merkezli, 6.1 büyüklüğündeki ana şokun ardından, 09:47'de 5.6, 12:14'de 5.1 ve 13:12'de 5.3 büyüklüğünde orta büyüklükte üç deprem daha olmuştur. Deprem, Elazığ ve civarında şiddetli olarak hissedilmiş olup, 08 Mart 2010 tarihi itibarıyla Elazığ'da 51 kişi hayatını kaybetmiş, 137 kişi yaralanmış, Elazığ iline bağlı 82 yerleşimde 1580'ini ağır olmak üzere toplam 2558 konut, Bingöl merkez ilçeye bağlı 4 köyde ise 115 konut ağır hasar görmüştür. Bu depremin merkezine en yakın ivme kayıt istasyonu Palu'da bulunmakta olup (merkezine 12 km. mesafede) ölçülen en büyük ivme 65 cm/sn^2 'dir. Bu ivme düzeyinde yapılarda hasar oluşması beklenmemekte olup, depremin merkezine yaklaştıkça ivme değerinde artış olmaktadır. Bu deprem nedeniyle Karakoçan, Kovancılar ve Palu ilçelerinde gerçekleştirilen tespitlerde çok sayıda binanın hasar gördüğü belirlenmiştir. Yıkılan binaların büyük çoğunluğu mühendislik hizmeti görmemiş çamur harçlı moloz taş duvarlı yığma ve kerpiç binalardır. Bölgenin genel yapı karakteristiği de yine moloz taş duvarlı yığma ve kerpiç binalardan oluşmaktadır. Hasar tespit sonuçları bölgede inşa edilmiş betonarme binalarda ciddi hasar oluşmadığını göstermektedir. Deprem, 50 km uzunluktaki Palu-Hazar segmentinin kuzeydoğu ucuna yakın kesimde, Kovancılar civarında yer alan ikincil fay hatları üzerinde meydana gelmiştir. 8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan depremi ana şokuna ilişkin önerilen dış merkez lokasyonu Karakoçan-Gökdere arasındaki Karasungur köyü doğusuna rastlar. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından önerilen aletsel dış merkez aynı zamanda makrosismik olarak da en fazla hasarın meydana geldiği bölgeye karşılık gelmektedir. Ana şok M_w : 6.1 büyüklüğündedir. Ana şoku çok sayıda artçı deprem izlemiştir. Artçı depremlerden üç tanesinin büyüklüğünün M_L :5.0 dan daha yüksek olduğu dikkati çeker. TÜBİTAK MAM tarafından depremin ikinci günü kayıt almaya başlayan ve 6 istasyondan oluşan mikrodeprem ağından elde edilen episantır dağılımları, Aşağı Demirci Köyü ile Murat nehri arasında KD-GB uzanımında çizgisel bir kümelenme oluşturmuştur (Kalafat vd. 2010).



23 Haziran 2011 İçme-Elazığ Depremi

23 Haziran 2011 günü yerel saat ile 10:34'de büyüklüğü $M_l=5.4$ olan orta Őiddette bir deprem meydana gelmiştir. Depremi dış merkezi, Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde kalan İçme-Elazığ bölgesidir. Bölge önemli bir deformasyon alanının etkisi altındadır. Deprem Elazığ ve çevresi başta olmak üzere, Diyarbakır, Malatya ve Batman illerinde de hissedilmiştir.

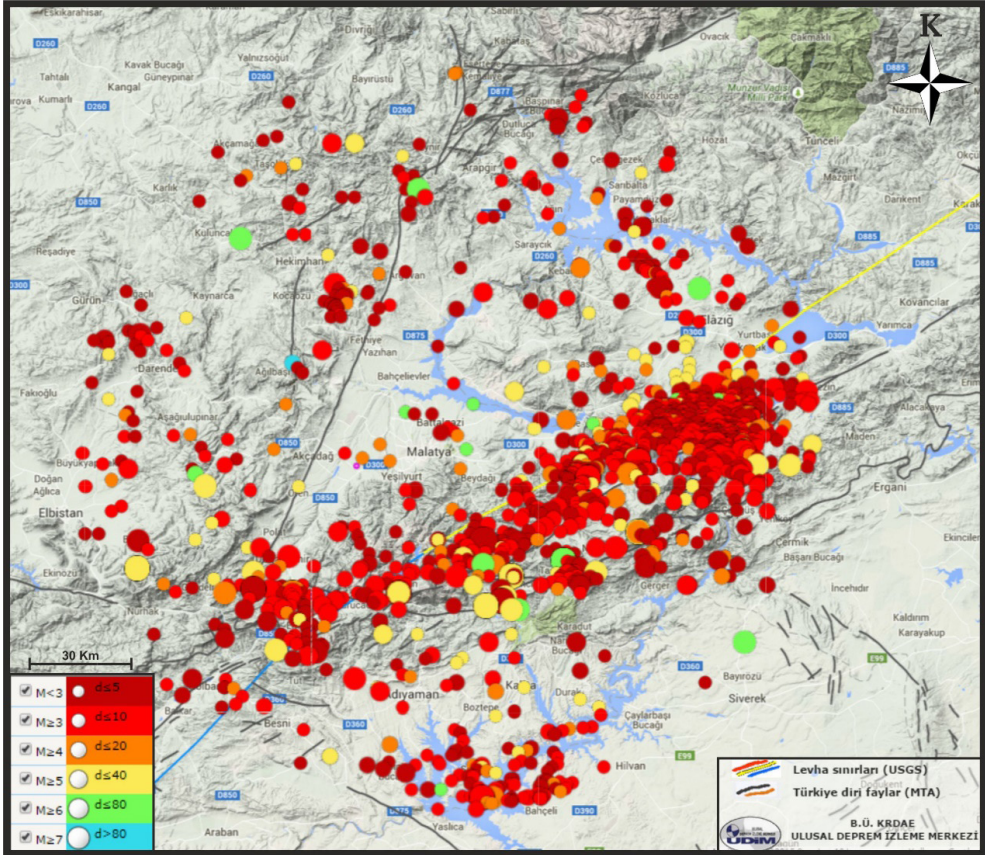
04 Nisan 2019 Kavakköy (Sivrice- Elazığ) Depremi

Yerel saat ile 20:31'de $M_l=5.2$ ($M_w=5.0$) büyüklüğünde meydana gelen depremin odak derinliği yaklaşık 3 km civarında belirlenmiş olup Elazığ ve evre illerde hissedilmiştir.

27 Aralık 2019 Topaluşağı (Sivrice- Elazığ) Depremi

Yerel saat ile 10:02'de büyüklüğü $M_l=5.1$ olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremi odak derinliği yaklaşık 5 km civarında olup sığ odaklı bir depremdir. Deprem Elazığ ili ve iceleri ile Malatya, Adıyaman, Tunceli ve Diyarbakır illerinde hissedilmiştir.

Yukarıdaki tüm veriler dikkate alındığında, DAFZ üzerinde 2003 yılında Doğanyol depremi ile başlayan sismik aktivitedeki artış ile birlikte, ana fay üzerinde ve birbirine çok yakın olan 04.04.2019 ($M_w=5.2$) ve 27.12.2019 ($M_w=5.1$) büyüklüğündeki Sivrice depremlerini, 24 Ocak 2020 tarihindeki 6.8 büyüklüğündeki depremin nc depremleri olarak yorumlamak mümkündür.

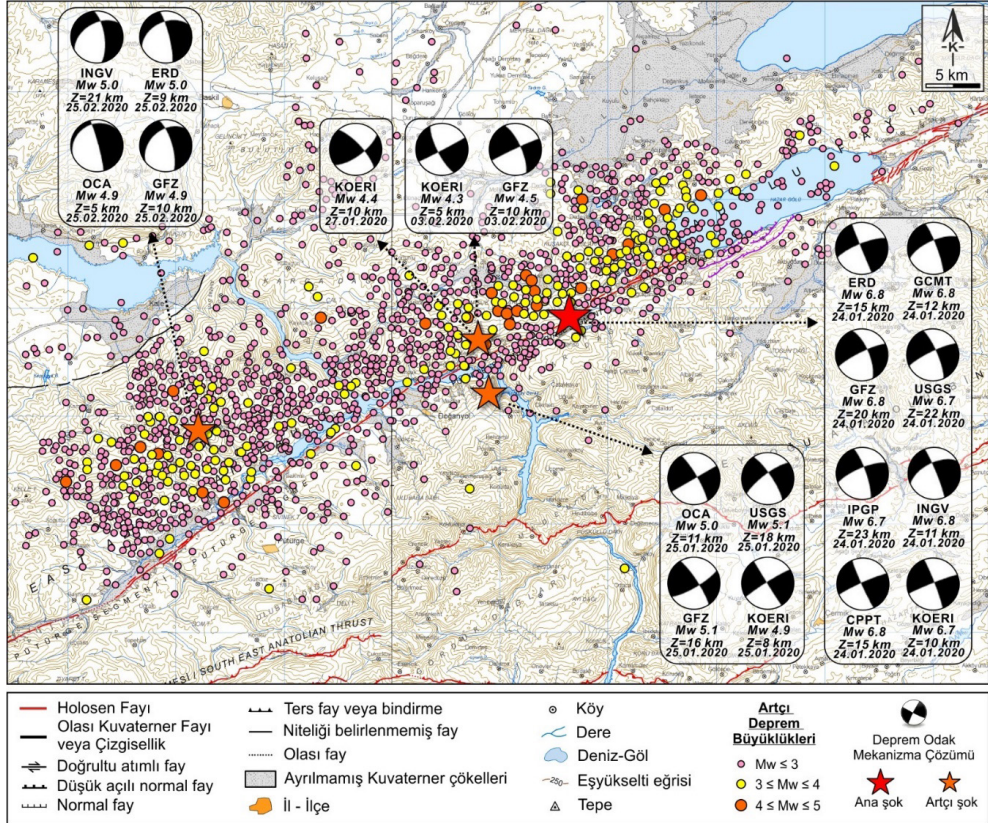


Şekil 9. İnceleme alanını da içine alan bölgenin sismotektonik haritası ve bölgede 1900-2015 yılları arasında Kandilli Rasathanesi tarafından ölçülmüş 3 ve üzeri büyüklükteki depremlerin dağılımı (Deprem verileri B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nden alınmıştır).



3. 24.01.2020 SİVRİCE (ELAZIĞ) - DOĞANYOL (MALATYA) DEPREMİ

24.01.2020 Cuma günü yerel saat ile 20:55'de meydana gelen ve İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığınca büyüklüğü 6.8 (Mw), derinliği 8.06 km, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne göre aletsel büyüklüğü $M_l:6.6$ ($M_w:6.5$), derinliği yaklaşık 5 km ve merkez üssü Sivrice-Çevrimtaş, USGS'e (Amerika Jeolojik Araştırmalar Kurumu) göre büyüklüğü 6.7, derinliği 11 km olarak gösterilen ve merkez üssü Doğanol'un 11 km KKD'sunda Kalaba köyü yakınlarına gelen bir depremin oluştuğu bildirilmiştir (Şekil 10).





Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) depremiyle ilişkili olarak gerek ulusal gerekse uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından yayımlanan veriler ve fay düzlemi çözümleri, heyetimizce sahada gözlemlenen deformasyon yapıları ve bölgede daha önce yapılmış çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, 6.8 (Mw) büyüklüğündeki depremin Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Pütürge segmentinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

3.1. Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) Depremi Sırasında ve Sonrasında Gelişen Yüzey Deformasyonları

Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depreminden bir gün sonra 25 Ocak 2020 ile 03.02.2020 tarihleri arasında yapılan 10 günlük arazi çalışmalarında, Gezin Köyü ile Ormaniçi arasında kalan bölümde deprem sırasında ve hemen sonrasında gelişmiş olan yüzey deformasyonları yerinde incelenmiş ve ayrıntılı olarak haritalanmıştır. Bu rapor içinde ise deprem sonrası gelişen yüzey deformasyonlarının izlendiği alanlar Şekil 11'de gösterilmiştir. Bu deformasyonların büyük bir bölümü deprem sırasında gelişen sismik sarsılma ve yerçekimi kuvveti (gravite) ile ilişkilidir. Bunların yanında bölgedeki stres dağılımına bağlı olarak sıkışma kökenli yüzey deformasyonları da gelişmiştir. Gözlenen yüzey deformasyonları Sivrice (Elazığ) depreminin sismik jeomorfolojik göstergeleri olarak değerlendirilebilir. Sismik jeomorfoloji deprem sırasında veya hemen sonrasında yeryüzünde/yeryüzüne yakın kesimlerde meydana gelen değişimleri/deformasyonları ve bu deformasyonların nedenlerini inceler (Dramis ve Blumetti, 2005). Bu tür oluşumların sismik şok sırasında veya hemen sonrasında geliştiği kabul edilmektedir (Audemard ve De Santis, 1991). Bu çalışmada depremle ilişkili olarak gelişen yüzey şekilleri sismotektonik ve sismo-gravitasyonel olmak üzere iki ana sınıf altında incelenmiştir. Sismotektonik yüzey şekilleri tektonik streslere bağlı olarak gelişen yüzey kırığı ve çatlağı, yükselme-çökme ve uzunlamasına sırtlar şeklindeki yüzey deformasyonlarıdır. Sismo-gravitasyonel yüzey şekilleri ise kütle hareketleri, yanal yayılma, kılcal çatlaklar ve sıvılaşma şeklindeki deformasyonlardır. Bu yapıların tanınması ve haritalanması bir bölgenin sismik risk analizinin ortaya çıkarılmasında çok önemlidir (Dramis ve Blumetti, 2005).



Yapılan arazi gözlemleri Gezin-Sivrice-Doğanbağı hattı boyunca sismo-gravitasyonel yapıların geliştiğini, Doğanbağı-Çevrimtaş-İlincak-Koldere-Ormaniçi hattında ise sismo-gravitasyonel yapıların yanısıra yüzey kırığı ve çatlağı niteliği sunan sismotektonik yapıların da olduğunu göstermektedir.

24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) depremiyle ilişkili olarak gelişmiş olan yüzey şekilleri

SİSMOTEKTONİK YÜZEY şEKİLLERİ

(tektonik streslere bağlı yüzey deformasyonları)

- yükselme-çökme
- yüzey kırığı ve çatlağı
- uzunlamasına basınç sırtları

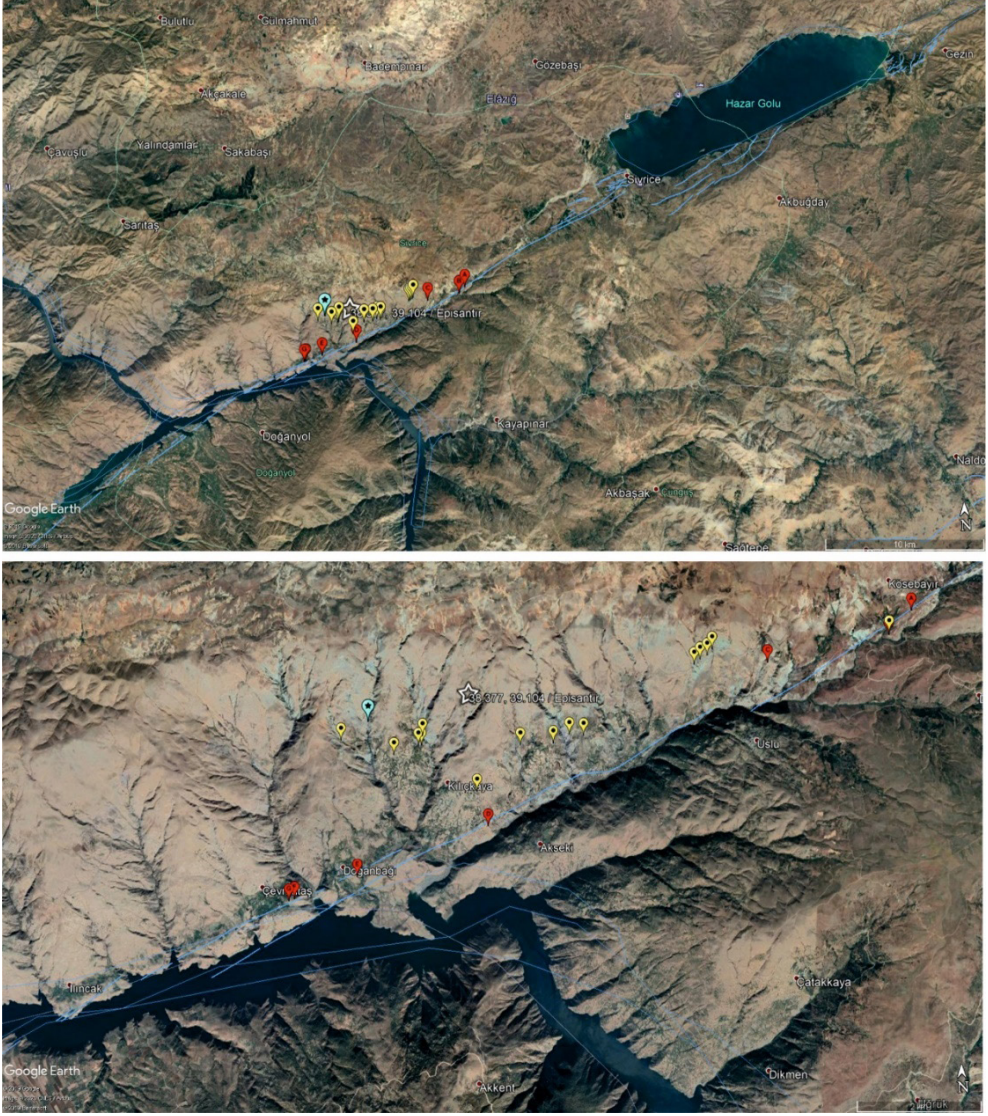
SİSMO-GRAVİTASYONAL YÜZEY şEKİLLERİ

(sismik sarsılma ve yerçekimi kuvvetine bağlı deformasyonlar)

- kütle hareketleri
 - sıvılaşma
 - yanal yayılma
 - kılcal çatlaklar

Söz konusu deformasyonların önemli bir bölümü Holosen yaşlı yamaç molozu, kolüvyal malzemeler ve alüvyon yelpazelerinde gelişmiştir. Bazı kesimlerdeki fay zonu boyunca stabilize ve asfalt yollarda da küçük ölçekli kütle hareketleri ve kılcal çatlaklar gözlenmiştir. Yapılan arazi gözlemleri sırasında bazı kesimlerde eskiden var olan fosil heyelanların sarsıntı nedeniyle yeniden tetiklendiği ve yerçekimi etkisinde yarı dairesel kayma yüzeyleri oluşturacak şekilde eğim aşağı hareket ettikleri saptanmıştır.

Tarafımızdan yapılan arazi gözlemleri, yüzey deformasyonlarının Sivrice ile Ormaniçi Köyü arasında 50 km uzunluğundaki bir zon boyunca geliştiğini ve yer yer 2 km'ye varan genişlikteki bir alana yayıldığını göstermektedir. Söz konusu zon aynı zamanda Pütürge segmentinin ana bölümünü oluşturmaktadır. Fırat Nehri'nin 12 km'lik sol yanal atımı da bu zon içinde kalmaktadır (şekil 11).



Şekil 11. 24.01.2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) depreminde oluşmuş olan yüzey deformasyonlarının yerlerini gösteren Google Earth haritası. Kırmızı noktalar yüzey kırığının, sarı noktalar yüzey deformasyonlarının izlendiği alanları, mavi nokta ise ana şokun dış merkez üssünü (episantr) göstermektedir.



3.1.1. Sismo-gravitasyonel yüzey Şekilleri

Fay zonu boyunca ve fay zonuna yakın kesimlerde gelişen sismo-gravitasyonel yapılardan kütle hareketleri, küçük ölçekli heyelanlar, kaya düŐmeleri ve yollar boyunca gözlenen kılcal çatlaklar, sıvılaşma yapıları ile yanal yönde devamsızlık sunan zemin yenilmeleridir. Bunun yanında özellikle faya dik gelişmiş derelerin baraj glyle birleŐtiđi kesimlerde küçük ölçekli yanal yayılmalar ve sıvılaşma yapıları da olağandır.

Özellikle Sivrice ile Doğanbağı arasındaki yol boyunca bir çok kesimde uzunluğu 300 metreyi bulan zemin yenilmeleri gelişmiştir. Bu tür deformasyonlar yolun serbest yamaç niteliğindeki doğu-güneydoğu yamaında gözlenmektedir. Deformasyon yapısı boyunca bazı kesimlerde 50 cm'ye varan düşey hareketler söz konusudur. Zemin yenilmeleri yolun altındaki yamaç doğrultusuna paralel veya vevv Şekilde gelişmiştir. Bu nedenle yolun birçok noktada kullanılamaz hale gelmesine neden olmuştur (Şekil 12). Arazi çalışmalarının son günlerinde yol boyunca oluşmuş birçok atlağın İl zel İdaresi tarafından doldurulduğu ve iyileŐtirildiđi gözlenmiştir. Fakat olası bir artçı sarsıntıda söz konusu deformasyonlar boyunca yeniden zemin yenilmelerinin geliŐebileceđi düşünülmektedir.

Deprem sırasında gelişen yanal yayılma ve sıvılaşma yapıları Doğanbağı-evrimtaŐ-İlincak hattı boyunca yer alan deformasyon zonuna dik gelişmiş derelerin Karakaya Baraj glne eriŐtikleri alüvyon yelpaze-si-yelpaze deltası üst kesimlerinde gözlenmiştir. Yelpaze eksenine dik ve paralel olacak Şekilde gelişmiş olan yanal yayılmaya ait deformasyonlar baraj glne doğru, eğim atımlı normal faylanma benzeri atım sergilemiŐtir (Şekil 13).

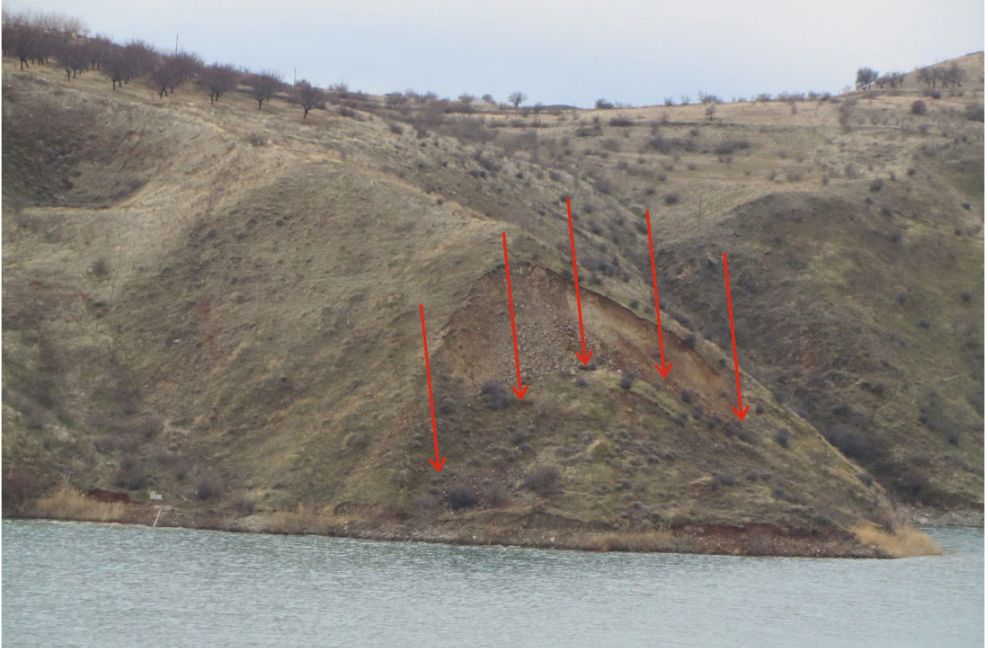
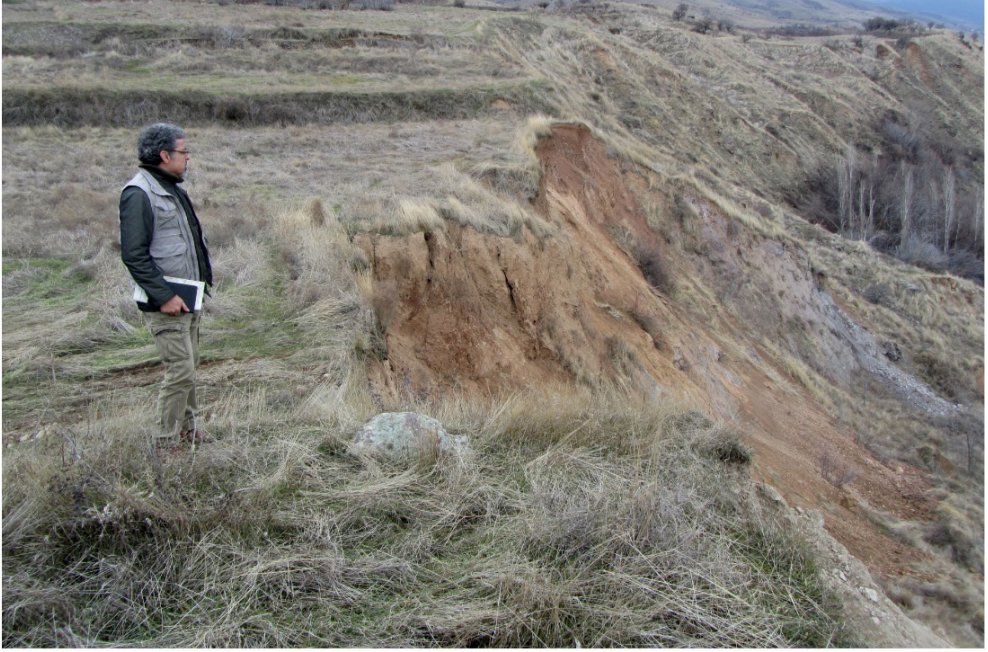
Sismik sarsılma sırasında yüksek eğimli yamaçlar boyunca yer alan yamaç molozu ve kolüvyal kama niteliğindeki malzemeler eğim aşağı akarak-kayarak küçük ölçekli kütle hareketlerine neden olmuştur. Bu tür sismogravitasyonla oluşan yüzey deformasyonları özellikle, Doğu Anadolu Fayı'nın Fırat Nehri'ni 12 km ötelediği Karakaya Baraj Gölü yamaçlarında gelişmiştir. Yüksek eğimli yamaçlar üzerinde kritik dengede duran bu malzemeler, deprem sırasında veya hemen sonrasında aşağı doğru kayarak-akarak baraj glnn belirli oranlarda daralmasına neden olmuştur (Şekil 14).



Şekil 12. Sivrice-Doğanbağı arasındaki yollar boyunca gelişen sismogravitasyonal yüzey deformasyonları



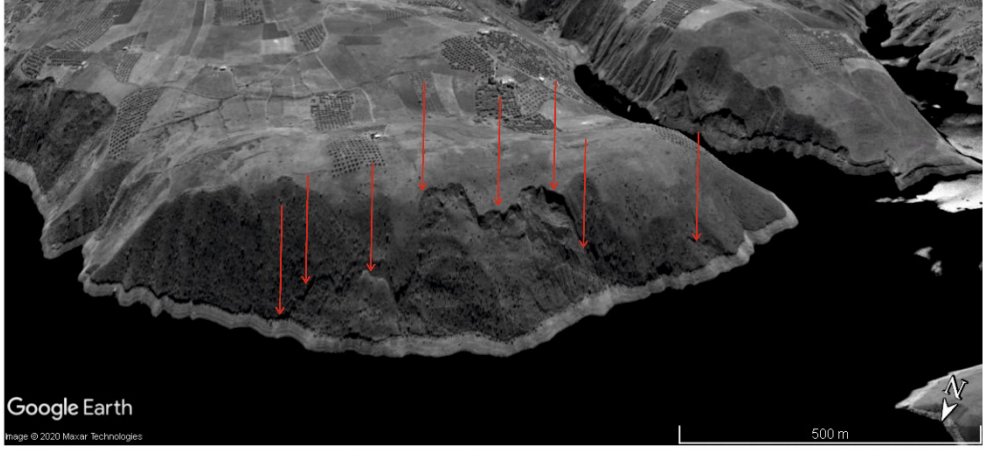
Şekil 13. Doğanbağ ile Çevrimtaş köyleri arasındaki alüvyon yelpazesinde gelişmiş olan yanall yayılma yapıları



Şekil 14. Ilıncak Köyü doğusundaki sismik sarsılma sırasında Karakaya Baraj Gölü'ne doğru eğim aşağı akan-kayan duraysız malzeme.



Google Earth görüntüsü üzerinden yapılan incelemelerde fosil heyelan niteliğindeki bir takım kütle hareketlerinin 2011 veya sonrasındaki 24 Ocak 2020 tarihindeki Sivrice (Elazığ)-Doğanyol (Malatya) depremine ait sismik sarsılma sırasında veya hemen sonrasında yeniden aktif hale geldiği anlaşılmaktadır (Şekil 15, kırmızı oklar). Sözkonusu kütle hareketinin güneyindeki Ziyaret sırtı eksenini boyunca (beyaz oklar) kısa aralıklarla izlenebilen yüzey kırığı-çatlağı saptanmıştır.



Şekil 15. Baraj gölü yamaçlarında depremden önce var olan fosil heyelanların (2006) sonraki depremler sırasında yeniden aktif hale geçtiğini gösteren Google Earth ve HGM'ye ait KÜRE ortofoto görüntüleri (26.02.2020).



Fay zonu güzergahı boyunca yer alan yollarda yapılan gözlemlerde özellikle Sivrice-Doğanlı yolu üzerinde bazı kesimlerde yola verev ve dik olacak şekilde gelişmiş kılcal çatlaklar saptanmıştır. Söz konusu çatlaklar yanal devamsız olup, çatlak boyunca yanal veya düşey yönde herhangi bir hareket gözlenmemektedir. Sadece 1-5 cm ölçeğinde açılmalar söz konusudur (Şekil 16).



Şekil 16. Deprem sırasında gelişmiş olan kılcal çatlaklardan görüntüler



3.1.2. Sismo-tektonik yüzey Şekilleri

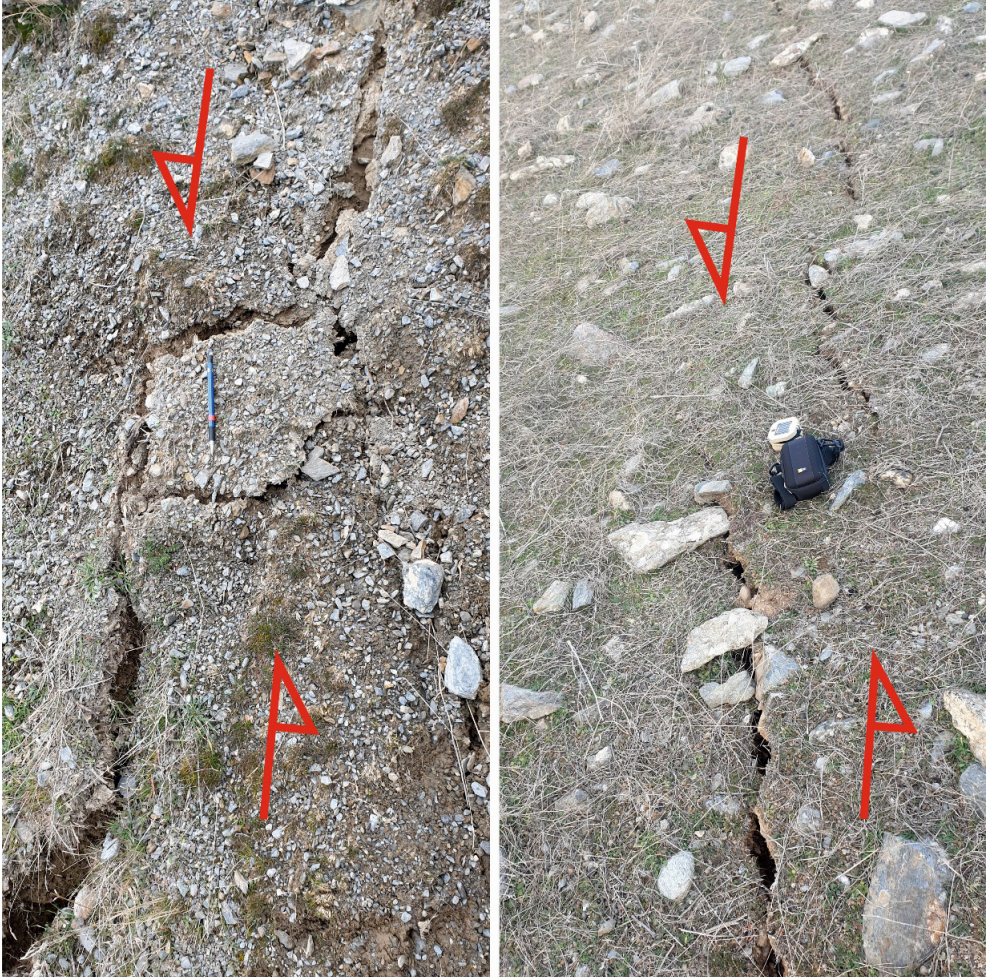
Sismotektonik yüzey Şekilleri tektonik streslere bağlı olarak gelişen yüzey kırığı ve çatlağı, yükselme-çökme ve uzunlamasına basınç sırtları Şeklindeki yüzey deformasyonlarıdır. Deprem sırasında gelişen yüzey kırığı ve çatlakları evrimtaŐ Köyü ile Doğanbağı Köyü arasındaki sırt boyunca, Ilıncak Köyü kuzeybatısında, TopaluŐađı ile Doğanyol arasında uzanım sunan 1.5 km uzunluğundaki basınç sırtı boyunca, Doğanyol kuzeybatısındaki yelpaze üzerindeki basınç sırtı boyunca, Koldere ve Ormaniçi köyleri çevresinde aralı, aşmalı ve kademeli (en-echelon) dizilimli kırık ve çatlaklar Şeklinde gözlenmektedir. Basınç sırtlarının yamaçları boyunca sırtta paralel uzanım sunan yüzey kırık ve çatlakları “pop-up” yapısı oluşturacak Şekilde ters bileŐenlidir. Bu yapılar Pütürge segmenti boyunca izlenen sıkıŐtıran büklüm/atlama (restraining bend/overlap) geometrisi ile uyumludur. evrimtaŐ ile Doğanbağı köyleri arasında gözlenen yüzey çatlağı Çevrimtaş köyü içinden izlenmeye başlar ve kuzeydoğuya doğru uzanan sırtın ekseni boyunca yaklaşık 500 metre izlenebilir. Yüzey atlağı boyunca yanal atımı gösterecek herhangi bir veri bulunmamaktadır. Fakat özellikle sırtın kuzeydoğu ucunda, sırtı her iki taraftan saracak Şekilde uzanan yüzey deformasyonları GB-KD sırt boyunca yükselme oluşturduğunu ve pozitif iek yapısını andıran sıkıŐmalı bir basınç sırtının varlığını göstermektedir (Şekil 17, 18 ve 19).



Şekil 17. Çevrimtaş Köyü doğu-güneydoğusundan geçen yüzey kırığının görüntüsü. Siyah oklar kırığın uzanımını göstermektedir.



Şekil 18. Çevrimtaş Köyü içinden geçen yüzey kırığı-çatlağınının arazideki görünüşü



Şekil 19. Basınç sırtı niteliğindeki Kertik Tepe boyunca gözlenen yüzey kırığı-çatlaklığının arazide görüntüsü

Pütürge ilçesine bağlı Ormaniçi Mahallesi güneybatısında yapılan incelemelerde uzunluğu yaklaşık 500 metre ve genişliği 30 metreye varan yüzey deformasyonları net bir şekilde izlenmiş ve haritalanmıştır. Doğrultusu K40-50D arasında değişen deformasyon zonu boyunca aralı aşmalı ve yer yer düşey atım bileşenin baskın olduğu yer değiştirmeler sözkonusudur (Şekil 20 ve 21).



Şekil 20. Ormaniçi Köyü güneybatısında gelişen yüzey kırığının arazide görüntüsü



Şekil 21. Ormaniçi Köyü güneybatısında geniş bir deformatsiyon zonu Şeklinde gelişen yüzey kırığının arazide görüntüsü



4. DEPREM SONUCU OLUŞAN HASAR DAĞILIMI, NEDENLERİ VE YAŞANAN SORUNLARA İLİŞKİN TESPİTLER

24.01.2020 tarihinde meydana gelen 6.8 (Mw) büyüklüğündeki depremin Elazığ ve Malatya şehir merkezleri ile güney-güneybatısında kalan yerleşim birimlerinde bazı alanlarda yapılarda göçme ve ağır hasarlara neden olduğu, deprem sonucunda toplam 41 vatandaşımızın yaşamını yitirdiği, yaklaşık 1600 vatandaşımızın yaralandığı, Elazığ şehir merkezinde Sürsürü ve Mustafapaşa Mahallelerinde göçen 5 adet binanın enkazı altında kalan vatandaşlarımızdan 24'ünün yaşamını yitirdiği, 25 kişinin enkaz altından yaralı kurtarıldığı; söz konusu yıkımların Sürsürü Mahallesi'nde 12 bloklu Dilek Sitesi'nin 2 bloğu ile Mustafapaşa Mahallesi'nde 3 bina üzerinde yoğunlaştığı (Şekil 22, 23, 24), bunun dışında az, orta ve ağır hasarlı yapıların kent içinde saçılım gösterdiği, saçılım gösteren bu yapılardaki hasarların ise çoğunlukla, Elazığ kent merkezinin kuzeyinde yer alan ve genel olarak kuzeybatıdan güneydoğuya doğru akış gösteren dere yataklarının getirdiği gevşek alüvyal zemin birimleri üzerine inşa edilmiş ve yeterli etüt, proje ve denetim hizmeti almamış yapılarda oluştuğu,



Şekil 22. Elazığ merkez Sürsürü Mahallesi'nde çöken binanın yer aldığı bölge ve arama-kurtarma çalışmaları.



Şekil 23. Elazığ merkez Sürsürü Mahallesinde çöken binadaki enkaz kaldırma çalışmasına ait görüntü.



Şekil 24. Elazığ merkez Mustafapaşa Mahallesi'nde çöken binadaki enkaz kaldırma çalışmasına ait görüntü.



Deprem sonucunda Elazığ Şehir merkezindeki hasarların Şehir merkezinin farklı mahallelerinde yoğunlaştığı, Mustafapaşa ve Sürsürü Mahallelerindeki yıkılan binaların yanısıra, AbdullahpaŐa Mahallesi'nde de yoğun hasarların olduğu tespit edilmiştir. Elazığ kent merkezi dışında, merkeze bağlı Gezin köyü'nde 1 adet bina yıkılmıŐtır (Şekil 25). Güney-güneybatıya doğru gidildikçe özellikle depremin merkez üssüne yakın, Sivrice ile merkezi ile ilçeye bağlı Kösebayır, Doğanbağı, Kalaba, Görgülü, Duygulu, Ilıncak ve Çevrimtaş köylerinde ağır hasarların olduğu (Şekil 26), konutların tamamen göçmesi veya ağır hasara uğraması sonucunda can ve mal kayıplarının yaŐandıđı, bu köylerin harita üzerindeki dağılımına bakıldığında önemli bir bölümünün Karakaya Baraj Göl alanına yakın ve Baraj Gölü'ne boŐalan dere yatakları ile eski alüvyal yelpaze çökelleri üzerinde kuruldukları, köy yerleşim alanlarının fay zonu veya heyelanlı, gevsek ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç çökeller üzerinde yer aldığı (Şekil 27) gözlenmiştir.



Şekil 25. Elazığ Merkeze bağlı Gezin Köyünde yıkılan binanın yerinin enkaz kaldırıldıktan sonraki görünümü.



Sivrice İlçesi güneybatısında yer alan Kösebayır, Kılıçkaya, Kalaba, Doğanböl, Çevrimtaş ve İlıncak köyleri ile yakın çevresindeki arazilerde yapılan ayrıntılı incelemelerde yüzey deformasyonlarına rastlanmış, özellikle Kösebayır ile Kalaba köyleri arasındaki yolda yoğun çatlakların meydana geldiği,

Depremden en ağır hasar gören köylerden birisi olan Çevrimtaş Köyü ve çevresinde yapılan incelemelerde köyün iki ayrı bölümden oluştuğu, Yukarı Çevrimtaş Köyü'nün Pütürge masifine ait yaşlı metamorfik kayalar üzerinde olduğu buna karşın Aşağı Çevrimtaş Köyü'nün ise Pütürge segmentine ait yüzey kırığı-çatlağı üzerinde kurulduğu, deprem sonucunda bu yerleşim yerindeki tüm yapıların yıkıldığı, can ve mal kayıplarının oluştuğu gözlenmiştir. Benzer şekilde daha batıya doğru Fırat Nehri kıyısındaki bir çok köyün alüvyal yelpaze çökelleri veya Şiro Çayı ve buna bağlanan dere yatağında biriken alüvyal malzeme üzerinde yer aldığı (Şekil 27),



Şekil 26. Sivrice İlçesi'ne bağlı Doğanböl Köyü'nde meydana gelen hasarlar. Sağ üst köşedeki betonarme binanın hasar almadığına dikkat ediniz.



evrimtaş Köyünde yapılan saha gözlemlerinde yıkımın olduğu Aşağı evrimtaş Köyünün doğusunda bulunan sırt üzerinde eski köy yerleşim alanının bulunduğu, řu an harabe durumunda olan bu yerleşim alanının da 1875 yılında meydana gelen deprem sonucunda yıkıldığı köylüler tarafından belirtilmiştir. Son depremde oluşan yüzey kırık ve çatlaklarının eski köy yerleşim alanı içinden geçtiği gözlenmiştir (şekil 27).

Deprem sonucunda can kaybının en yüksek olduğu yerleşim alanı Elazığ şehir merkezi olup, 08.02.2020 tarih itibariyle evre ve şehirlik Bakanlığı web sayfasında verilen bilgilere göre Elazığ'da 263 yıkık, 7698 ağır hasarlı, 1540 orta hasarlı bina bulunmakta olup bunların dışında 558 acil yıkılacak bina tespit edildiği belirtilmiştir. Toplamda yıkık, acil yıkılacak, ağır hasarlı bina sayısı 8 bin 519, bağımsız bölüm sayısı 19 bin 821'e ulaştığı, hasar tespit çalışmalarının ise devam ettiği,



şekil 27. Aşağı ve Yukarı evrimtaş köylerin oturduğu bölgenin jeolojik yapısı. Sol-
da eski köy yerleşim alanı gösterilmiştir.



Şekil 28. Aşağı Çevrimtaş köyündeki yıkımlar.

Deprem sonrasında Malatya’da ise Battalgazi’de 10, Kale’de 1, Doğanyol’da 24, Pütürge’de ise 2 olmak üzere, toplam 37 ağır hasarlı bina tespit edilmiş ve tümünün yıkımına karar verilmiş, yine bu bölgede de hasar tespit çalışmalarının devam ettiği,

Köylerde çoğunlukla, çamur harçlı, kerpiç ve taş duvarlar ile yine çamur veya beton harçlı biriket türü yığma tek katlı yapıların bulunduğu, herhangi bir mühendislik hizmeti almamış oldukları, dolayısıyla da göçme ve ağır hasara uğradıkları (Şekil 28, 29),



Şekil 29. Çevrimtaş Köyü'nde göçen ve yukarıda belirtilen özelliklere sahip bir konut.

Yapı hasarlarının çoğunlukla zayıf zemin mukavemet özelliklerine sahip alanlar üzerinde yerleşme, düşük nitelikli malzeme (beton, tuğla, biriket vb), yetersiz ve uygun olmayan donatı ve işçilik hataları ile denetimsizlikten kaynaklandığı,

Kösebayır ve Kalaba köyleri arasında kalan yol ve çevresinde yer yer heyelanların meydana geldiği, dolayısıyla yollarda deformasyonların olduğu, ancak heyelan boyutlarının küçük olması nedeniyle bu yolların İl Özel İdaresi tarafından hızla onarılarak ulaşımın sağlandığı,

Deprem bölgesinde yer alan yerleşim alanlarında alt yapıda ciddi hasarların olmadığı, depremden etkilenmiş bazı bölgelerde elektrik ve doğal gaz kesintilerinin devam ettiği,

Heyetimizin yaptığı incelemeler sırasında Elazığ kent merkezinde iki ayrı mahallede arama-kurtarma ile enkaz kaldırma çalışmalarının



devam ettiği, ağır hasar görmüş binaların ise yıkımına başlandı; köylerde ise ilk müdahale, arama ve kurtarma çalışmalarını vatandaşlarımızın kendi imkan ve çabaları ile gerçekleştirdikleri, daha sonra bütün köylerde Jandarma ekiplerinin arama ve enkaz kaldırma çalışmasında görev aldığı, Elazığ şehir merkezinde ise AFAD, Ulusal Medikal Kurtarma Ekibi (UMKE), Jandarma Arama Kurtarma (JAK) ve değişik sivil toplum örgütleri tarafından yapılan arama ve kurtarma çalışmalarının tamamlandığı, ancak hasarlı binaların yıkım çalışmalarının devam ettiği,

10 gün boyunca deprem bölgesinde halk ile yapılan görüşmelerde gerek şehir merkezlerinde gerekse kırsal alanlardaki yurttaşlarımızın, temel afet bilgi ve bilincinden çok uzak oldukları, afet anı ve sonrasında yapılması gereken ilk yardım ve müdahalelerde neler yapılması gerektiğini bilmedikleri,

Yaşanan kış koşulları ve devam eden artçı sarsıntılara rağmen beslenme, barınma ve yardımlarda önemli bir sorun yaşanmadığı yönünde tespitler yapılmıştır.



5. SONUÇLAR VE YAŞANAN SORUNLARA İLİŞKİN ÖNERİLERİMİZ

Ülkemizde yaşanan 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra 2011’de Van’da meydana gelen depremlerde görülen benzer olaylar, Elazığ depreminde de tekrar yaşanmış, tartışmalar çoğunlukla depreme kaynaklık eden fayların niteliği (bindirme fayı, doğrultu-atımlı fay gibi), büyüklüğü, merkez üstü, konumu, oluşum mekanizması, odak derinliği, şiddeti ve şiddet dağılımı gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Tüm bu tartışmaların yanısıra, 24.02.2020 Sivrice (Elazığ) - Doğanyol (Malatya) depreminden sonra ilk yardım, müdahale, sevk, idare ve koordinasyon konularında, kısacası deprem sonrası kriz yönetimi ve müdahale çalışmalarında önemli mesafelerin alındığı gözlenmiştir.

Bunun yanında, yaşanan her deprem sonucunda halkı korku ve paniğe sevk etmeden bilgilendirmenin çok önemli olduğu hepimizin bildiği ve önem verdiği bir konudur. Depremin yeri, mekanizması, büyüklüğü, derinliği gibi konularda halka doğru bilgi aktarılması beklenen kurumların dünyadaki eşdeğerleriyle karşılaştırıldığında farklı sonuçların alındığı görülmektedir. Özellikle, USGS’in (ABD) açıklamalarından sonra ülkemizdeki kurumların depremin büyüklüğünü değiştirmesi vb. gibi konularda daha dikkatli davranılması gerektiği düşünülmektedir.

Bu kapsamda, Ülkemizde depreme ilişkin veri ve kayıtları tutan kurumlar ile gelişmiş dünya örneklerine bakıldığında:

Gelişmiş dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de üniversitelere bağlı araştırma amacıyla kurulmuş ‘Deprem Araştırma Merkezleri’ bulunmaktadır. Uzun zamandan beri mevcudiyetini koruyan ülkemizin güzide kuruluşlarından Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ile yine 1999 depremlerinden sonra bir çok üniversitelerimizin de (Ankara Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, ODTÜ, DEÜ, Atatürk Üniversitesi gibi) bu yönde girişimleri olmuş, ancak üniversitelerin yetersiz bütçeleri, personel alt yapısı ile merkezlerin kuruluş amaçları dikkate alındığında, bu merkezlerin ülkemiz ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak oldukları görülmektedir. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü dışında kalan mer-



kezlerde çoğunlukla deprem mühendisliği ve diri fay araştırma odaklı çalışmalar yürütülmektedir. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ise, deprem araştırmalarında önem arz eden jeoloji, yapısal jeoloji, tektonik, jeomorfoloji ve paleosismoloji gibi konularda sınırlı çalışmalar yaparken, sismik veri toplanması yoluyla yapılan araştırmalar ile deprem mühendisliğine yönelik ayrıntılı çalışmalar yürütmektedir. Elbette, üniversite araştırma merkezlerinin ülkenin deprem araştırmalarının tamamını yapmasını beklemenin de haksızlık olacağı bir gerçektir. Bu kapsamda, üniversitelerde TÜBİTAK'a bağlı ve Türkiye'de bölgesel ölçekte mükemmeliyet merkezlerinin kurulmasının daha iyi sonuçlar doğuracağı aşikardır. Örneğin TÜBİTAK-MAM (Marmara Araştırma Merkezi) gibi, Ege bölgesinde TÜBİTAK-EGAM (Ege Bölgesi Araştırma Merkezi), Doğu Anadolu bölgesinde TÜBİTAK-DABAM (Doğu Anadolu Bölgesi Araştırma Merkezi), Karadeniz bölgesinde TÜBİTAK KABAM (Karadeniz Bölgesi Araştırma Merkezi), Akdeniz bölgesinde TÜBİTAK AKDAM (Akdeniz Araştırma Merkezi) ve Orta Anadolu bölgesinde TÜBİTAK-ORAM (Orta Anadolu Araştırma Merkezi) gibi bölgesel ölçekte deprem başta olmak üzere doğa kaynaklı afet odaklı mükemmeliyet merkezleri kurulması önerilmektedir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na bağlı olarak görev yapan Deprem Dairesi Başkanlığı ise deprem araştırmalarını bir bütün olarak yapmak yerine, çoğunlukla sismik kayıtları toplama ve yorumlama çalışması yürütmektedir. Ülkemizde deprem konusunda çeşitli çalışmalar yapan diğer bir kamu kurumu ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'dür. MTA, deprem araştırmalarına esas olan jeoloji, yapısal jeoloji, tektonik, jeomorfoloji, paleosismoloji gibi çalışmalarını uzun yıllardır sürdürmesine karşın, sismik veri toplama, yorumlama ve değerlendirme konularında yeterli alt yapıya sahip değildir.

Ülkemizdeki bu dağınık ve yetersiz alt yapıya karşın, dünya örneklerine bakıldığında arazi çalışmaları (jeoloji, yapısal jeoloji, tektonik, jeomorfoloji, paleosismoloji gibi) ile aletsel sismik veri kayıtlarını tutan, değerlendiren ve yorumlayan, hatta kamuoyuna bilgi aktaran kurumların aynı çatı altında örgütlendiği görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde "Amerika Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS)", İngiltere'de



“İngiltere Jeoloji Araştırmaları Kurumu (BGS)”, Japonya’da “Japonya Jeolojik Araştırmalar Kurumu (GSJ)” örneklerinde olduğu gibi çatı kurumlar genellikle ilgili ülkelerin jeoloji araştırma kurumlarıdır. **Bugün için, Ülkemizde bu kurumların tam karşılığı olabilecek bir yapılanma bulunmamaktadır**, ancak kuruluş amacı dikkate alındığında MTA’nın bu organizasyonlara en yakın kamu kurumu olduğu görülür. Bu nedenle, Ülkemizdeki ilgili kurumların “**Türkiye Jeolojik Araştırmalar Kurumu**” adı altında, tek bir çatı altında toplanması önerilmektedir.

Depremle ilgili çalışmalarını yürüten kamu kurumlarının tamamının kendi aralarında eşgüdümü sağlayarak, özellikle de üniversitelerle ortaklaşa çalışmalar yürüterek jeoloji, yapısal jeoloji, tektonik, jeomorfoloji, paleosismik çalışmalar ile sismik veri ve kayıtları bir arada değerlendirip, deprem ve depremlere kaynaklık yapabilecek yapısal unsurları gözden geçirerek (gerekliyse yetersiz araştırmaların olduğu bölgelerde ayrıntılı yeni incelemeler yapılarak) deprem araştırmalarına temel oluşturacak ‘**Türkiye Diri Fay Haritası**’nın 10 yılda bir güncellenmesi gereklidir. Bu haritalar baz alınarak, ‘**Türkiye Deprem Tehlike Haritası**’nın da güncellenmesi daha kolay ve hızlı olacaktır. Tabii ki benzer işbirlikleri, ülkemizin doğa kaynaklı afet tehlikelerinin belirlenmesinde önem arz eden ‘*Heyelan, Kaya Düşmesi, Taşkın ve Çığ Düşmesi*’ gibi konularda da yapılmalı, ‘**Heyelan, Kaya Düşmesi, Taşkın ve Çığ Düşmesi Tehlike Haritaları**’ da en kısa sürede yeniden veya revize edilerek, ülkemiz insanının kullanımına ücretsiz olarak sunulmalıdır.

Ülkemizde kırsal ve kentsel birçok yerleşim birimi aktif fayların üzerinde veya yakınlarında -etki alanlarında- kurulmuş bulunmaktadır. Depremler esnasında bu yerleşim bölgelerinde can kayıpları ve yapı hasarları yoğun bir şekilde meydana gelmektedir. Bu durumun önlenmesi amacıyla ülkemizde yer alan aktif fayların belirlenmesini takiben fayların üreteceği deprem büyüklükleri de dikkate alınarak bu faylar üzerinde yeni yerleşim yerlerinin yapılması ve mevcut yerleşim birimlerinin ise fay zonu boyunca genişlemesi engellenmelidir. Mevcut yerleşim alanları içinde kalan faylar ve yakın alanları ise tampon bölge uygulaması ile ABD Kaliforniya Eyaletinde olduğu gibi yapılaşmaya kapatılması değerlendirilmelidir. Bu konuda hiç zaman kayıp etmeden bir ‘**Fay Yasası**’ çıkarılmalıdır.



Depremde oluşan yapı hasarlarına bakıldığında hasarların uygun olmayan arsa ve araziler üzerine yeteri kadar etüt ve proje hizmeti görmeden, niteliksiz malzeme (beton, donatı vb.), yetersiz ve niteliksiz işçilik ve denetim eksikliğinden kaynaklandığı görülmüştür. Bu tür hataların önlenmesi için '**3194 Sayılı İmar Kanunu, 7269 Sayılı Afet Kanunu ve 4708 Sayılı Yapı Denetimi Kanunu**'nun eşgüdüm içinde birlikte "afet güvenli" bir anlayışla ele alınarak değiştirilmesi gerekmektedir. Bu kanunlar afet duyarlı planlama ve yapılaşmayı esas alacak şekilde yeniden hazırlanmalı, denetimin planlama süreçlerinden başlatılarak arsa ve arazinin yer seçimi, jeolojik ve jeoteknik etütlerinin yapılması, yapı malzemesinin seçimi ile yapı üretimi süreçlerini esas alan bir sistematik çerçevesinde yeniden oluşturulmalıdır.

Deprem bölgesinde kırsal yerleşim alanlarında yapılan incelemelerde yerleşim birimlerinin genellikle suya yakın dere yataklarında veya dere kenarlarına yakın alanlardaki heyelanlı bölgeler üzerinde yer aldıkları, yapıların ise genellikle çamur harçlı taş duvar, kerpiç veya biriketten inşa edildikleri görülmüştür. Yaşanan her deprem sonucunda yoğun can kayıplarına neden olan bu tür yerleşim alanlarına kamusal sorumluluk anlayışı ve sosyal devletin gereği olarak, uygun finansal araçlar yaratılarak, kırsal bölgelerin altyapı ve üst yapısının yenilenmesi önerilmektedir. Yine, yeni yerleşim alanları belirlenirken birinci sınıf tarım arazisi niteliğinde olan alüvyal alanların kullanılmasını engelleyecek yasal mevzuatlar güçlendirilmeli, bu mevzuatların uygulamaları da mutlaka denetlenmelidir. Bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca kırsal yerleşim alanlarının planlama ve yapılaşmalarının sağlanabilmesi için '**5543 Sayılı İskan Kanunu**'nda gerekli değişiklikler yapılarak, çok dağınık olan kırsal yerleşimler bir araya getirilmeli, altyapısı ve üst yapısı yenilenmelidir. Bu dönüşüm, yerel katılımı esas alan bir çerçevede ve kırsal alanda yaşayan vatandaşlara yük getirmeyecek finansal araçlar yaratılarak gerçekleştirilmelidir.

Yaşam çevremizin bir parçası olan jeolojik çevreye farkındalık yaratılması, doğa olaylarının algılanmasının başlangıcını oluşturur. Dolayısıyla afetlere karşı toplumsal bilincin artırılması bir zorunluluk olarak değerlendirilmektedir. Bunun için:



1. İlköğretimden başlamak üzere jeoloji dersinin eğitim programı kapsamına alınması, örgün ve yaygın eğitim sisteminin her aşamasına **afet olgusunun** entegre edilmesi,
2. Afet yönetim hizmetlerinin gerektirdiği nitelikte personel yetiştirilmesine yönelik eğitim programlarının oluşturulması, var olanların geliştirilmesi,
3. Medya kuruluşlarının afetlerle mücadeledeki işlevinin güçlendirilmesi, medya, meslek odası ve üniversite işbirliği ile deprem konusunda eğitici programların hazırlanması ve topluma ulaştırılması,
4. Deprem zarar azaltma temel ilke ve yöntemlerinin kamuoyuna benimsetilmesi amacıyla seminer, konferans vb. etkinliklerin düzenlenmesi ve bunların sürekliliğinin sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

SONUÇ OLARAK,

Öncelikle temelde bir planlama sorunu olduğunu düşünmekteyiz. Bu kapsamda, toplumsal ve yönetsel düzeyde tüm kaynakları zarar azaltma hedefine yönlendirecek, kişi ve kurumlar arasında eşgüdümü sağlayacak, mevzuat, kurumsal yapılanma, eğitim, sağlık vb. alanlarında kısa, orta ve uzun dönem hedef ve ilkeleri denetim süreçleri ile birlikte ortaya koyan, üniversitelerin, kamu kurum ve kuruluşların, meslek örgütlerinin ve sivil toplum kuruluşları ile siyasi partilerin de içinde yer aldığı geniş katılımlı bir grup tarafından hazırlanan ve 2011 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yayınlanmış olan '**Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP)**'nda **2012-2023** yılları arasında yapılması gereken çalışmaların ne ölçüde yerine getirildiğini inceleyen bir yapılanma oluşturulması önerilmektedir.

Bu stratejik plan çerçevesinde:

1. Doğa kaynaklı afetlerle doğrudan veya dolaylı ilişkili tüm mevzuat '**imar, afet, yapı üretim ve denetimi ile kentsel dönüşüm**' kanunları birbirleriyle entegre olacak biçimde yeniden düzenlenmelidir.



2. Büyük emek ve zaman harcanarak kurulan Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı kurulduğu günden bu güne kadar geçen zaman dilimi içinde çoğunlukla acil durumlara müdahale amacıyla 'Kriz Merkezi' gibi çalışmış ve kuruluş sürecinden başlamak üzere kurumlar arasında eşgüdüm merkezi olamayacağını göstermiştir. Bu nedenle Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı yeniden yapılandırılarak, doğa kaynaklı afet çalışmalarının her evresine öncülük edecek, kurumlar arasında yetki karmaşasına neden olmayacak, yetki ve sorumluluğunu diğer kurum, kuruluş ve meslek örgütleri ile paylaşacak ve her düzeyde eş güdümünü sağlayacak yaptırım gücüne sahip bir kurum haline dönüştürülmelidir.
3. UDSEP kapsamında 2023 yılında tamamlanması hedeflenen "Türkiye Paleosismoloji Projesi (TÜRK PAP)" başladığı 2012-2014 yılları arasında MTA koordinatörlüğünde İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ)'den oluşturulan ekiplerle birlikte, Güney Marmara bölgesindeki faylarda hendek tabanlı paleosismoloji çalışmalarını tamamlamış ve aynı ekipler projenin ikinci durağı olan Batı Anadolu'daki faylarda (2015-2017) yılları arasında fay kazı çalışmaları yapmak üzere 2014 yılı sonunda projelerini AFAD Deprem Daire Başkanlığına sunmuşlardır. Fakat MTA ve üniversiteler tarafından AFAD'a sunulan 5 projenin tümü red edilmiş ve TÜRK PAP projesi AFAD tarafından durdurulmuştur. Proje 2017 yılında MTA tarafından yeniden başlatılmış fakat bu sefer de üniversiteler proje dışında bırakılmıştır. Normal koşullarda proje ilk başladığında Türkiye ölçeğindeki 500 civarındaki fayın paleosismolojik açıdan incelenerek 2023 yılında tüm fayların geçmiş dönemdeki aktivitelerinin ortaya çıkartılması ve bu sayede de deprem tehlike haritalarına temel oluşturacak fay/deprem parametrelerine ulaşılması hedefi vardı. Bu hedef çerçevesinde Türkiye ölçeğinde fay kazı çalışmalarını yapabilen lisansüstü düzeyde 50 adet paleosismologun yetiştirilmesi ve böylece Türkiye'de sayıları parmakla gösterilen uzman paleosismologların sayısının arttırılması hedeflenmişti. Ayrıca projenin 2012-2023 programında, 2017-2019 yıllarında Doğu Anadolu Fayı'na ait



segmentlerin çalışılmasının planlandığı düşünüldüğünde, projenin kesintiye uğratılmasının Türkiye deprem araştırmalarına hem ekonomik ve hem de sosyal açıdan çok büyük zararlar verdiği anlaşılmaktadır. Yaşanan söz konusu aksaklıklardan dolayı, şimdiye kadar 100 civarında fayın paleosismolojisi yapılabilmektedir. Kalan 3 yıllık sürede 400 adet fayın sadece MTA elemanlarınca tamamlanması olanaksızdır. Bu nedenle projenin ivedilikle ilk başladığı şekliyle yeniden organize edilmesi ve MTA ile Türkiye’de ilgili üniversitelerin birlikte TÜRKPAAP projesini planlandığı zaman dilimi içinde tamamlaması deprem tehlike kaynaklarının anlaşılması açısından hayati önem taşımaktadır.

4. Depremlerden ve diğer bütün doğal ve toplumsal afetlerden korunma yönündeki istemler; en temel insan hakkı olarak ele alınmalı ve daha güvenli, daha sağlıklı ve yaşanabilir bir çevrenin her yurttaş için temel insan hakkı olduğu ana ilke olarak kabul edilmelidir. Afete dönüşen doğa olaylarında en büyük kaybı yaşayan dar gelirli ile sosyal desteğe ihtiyaç duyan kesimlerin, afet sonrasında sağ kalsalar bile, yaşam dayanaklarını yerine koyamayacakları gerçeğinden hareketle, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nca hızlı bir şekilde **5543 sayılı İskan Kanunu’nda** değişiklik yapılarak kırsal yerleşim birimlerinin altyapısı ve üstyapısı uygun finansal araçlar yaratılarak yenilenmelidir.
5. TOKİ, kuruluş felsefesine uygun olarak yeniden yapılandırılmalı, zaman ve süreç içinde kentsel yerleşim birimleri içinde kalan çözümlü alanları ile yerleşime açılmış jeolojik riskli alanlarda kurulu yapılar bertaraf edilmeli, bu alanlarda yerleşen vatandaşlar ile **kent yoksulları için sosyal konutlar** üreten bir yapıya kavuşturulmalıdır.
6. Ülkesel, bölgesel ve yerel kalkınma planları ile bu planlar çerçevesinde oluşturulmuş kentsel gelişim ve yerleşim stratejileri dikkate alınarak; belediyeler, İl Özel İdareleri ile Milli Emlak Genel Müdürlüğü’ne işbirliği içinde her yıl belirli sayıda arsa üretme zorunluluğu getirilmeli, **arsa ve arazi rantı** engellenmelidir.
7. 1999 yılında yaşanan Marmara depremlerinden sonra afetlerle



mücadele ve yeniden yapılanma amacıyla dönemin siyasi yetkilileri tarafından bazı mal ve hizmetlere getirilen ÖTV (Özel Tüketim Vergisi), zaman ve süreç içinde hem zorunlu hale gelmiş, hem de elde edilen kaynak çoğunlukla kamu maliyesinin finansmanında kullanılmıştır. Afetlerle mücadele ve yeniden yapılanmanın sağlanması için, ÖTV'den elde edilen kaynağın belli bir oranı bu amaçla oluşturulacak bir fona (**Afet Fonu**) aktarılmalı, Maliye Bakanlığı, TÜBİTAK, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın koordinasyonunda yürütülecek olan afetlerle mücadeleye yönelik projelerde kullanılmalıdır.

8. Dünyada zarar azaltma süreçlerinin ilk adımı olarak görülen ve afete duyarlı planlamayı sağlamada önemli bir araç olan **Afet Tehlike Haritaları'nın** (Deprem Tehlike Haritaları, Heyelan Duyarlılık ve Risk Haritaları, Çığ Düşmesi Risk Haritaları, Su Baskını Haritaları, Sismotektonik Haritalar, vb) hazırlanmasına yönelik çalışmalar kamu kurumları ve üniversite işbirliğinde ivedi olarak tamamlanmalı ve 10 yılda bir yeniden revize edilmelidir. Bu konuda ya ülkemizin ilgili kurumları yeniden yapılandırılmalı ya da dünyanın gelişmiş ülkelerinde olduğu gibi, '**Türkiye Jeolojik Araştırmalar Kurumu**' adı altında siyaset üstü bir yapılanmaya gidilmelidir.
9. Afet riski yüksek olan illerden başlamak üzere İl Özel İdaresi Genel Sekreterliği ile Büyükşehir Belediyeleri başta olmak üzere tüm il belediyelerinde '**Jeoloji (Doğal Afetler) Daire Başkanlığı**' ilçe belediyelerinde ise "**Jeoloji Şube Müdürlüğü**" oluşturularak her türlü plan ölçeğinden başlayarak yapılaşmaya kadar tüm evrelerde ölçeğine uygun jeolojik-jeoteknik etüt ve projelere dayalı çalışmaların yürütülmesi sağlanmalı ve bu çalışmalar yukarıda ifade edilen birimler tarafından denetlenmelidir.
10. Yapı üretim süreçleri yeniden tanımlanmalı, etüt ve proje aşamasından başlayarak, yapı üretim ve bakım ve onarımını da kapsayacak biçimde kamusal sorumluluk anlayışı çerçevesinde yapı üretim süreçleri sivil toplum kuruluşlarının da içinde olduğu bir denetim mekanizması kontrolünde gerçekleştirilmelidir.

Saygılarımızla



KAYNAKÇA

- Abich, H. 1878. Geologische Forschungen in den kaukasischen Landern. 3. cilt. Viyana.
- Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı, 2020. 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Mw 6.8 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. 9 s. (<https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=1825>)
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. vd., Türkiye Jeoloji Haritası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını. Ankara Türkiye.
- Aksoy, E., 1993. Elazığ Batı ve Güneyinin Genel Jeolojik Özellikleri. Doğa Türk Yer-bilimleri Derg., 1, 1, 113 - 123.
- Aksoy, E., Inceoz, M. İ. ve Koçyiğit, A. 2007. Lake Hazar basin: a negative flower structure on the East Anatolian fault system (EAFS), SE Türkiye. Turkish Journal of Earth Sciences Vol. 16, ss. 319- 338.
- Aksoy, E., Türkmen, İ., Turan, M., Meriç, E., 1999. Harami Formasyonu'nun (Üst Kampaniyen- Maastrichtiyen) Stratigrafik Konumu ve Çökeltme Ortamıyla İlgili Yeni Bulgular, Elazığ güneyi. TPJD Bülteni, 11, 1, 1-15.
- Aktaş, G ve Robertson, H. F., 1984. The Maden Complex, Se Turkey: Evolution of a Neotethyan Active Margin. Geological Society, London, Special Publications, 17, 375-402, 1 January.
- Aktuğ, B., Nocquet, J.M., A. Cingöz, A., Parsons, B., Erkan, Y., England, P., Lenk, O., Gürdal, M. A., Kılıçoğlu, A., Akdeniz, H. ve Tekgül, A., 2009. Deformation of Western Turkey from a Combination of Permanent and Campaign GPS Data: Limits to Block-Like Behavior. Journal of Geophysical Research, Vol. 114, B10404, doi:10.1029/2008JB006000.
- Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Gürdal, M. A. ve Özdemir, S., 2013. Deformation of Central Anatolia: GPS Implications. Journal of Geodynamics, 67, 78-96
- Aktug, B., Özener, H., Dogru, A., Sabuncu, A., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., Yılmaz, O. and Havazlı, E., 2016. Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field. Journal of Geodynamics, 94-95, 1-12.
- Ambraseys, N., 1988. Engineering seismology, J. Earthq. Eng. Struct. Dyn., 17, 1-106.
- Ambraseys N.N. ve Finkel C.F., 1995. The seismicity of Turkey and adjacent Areas: A historical review, 1500-1800. İstanbul: Eren publishing & booktrade.



- Ambraseys N.N. ve Jackson J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 390-406.
- Ambraseys N.N., 1989. Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal*, 96, 311-331.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C., 1995. Seismicity of Turkey and neighbouring regions 1500-1800, *Geophysical Journal of International*, 133, 390-406 s.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*. Ankara ss: 44-50.
- Arpat, A.E. ve Şaroğlu, F., 1975. Türkiye’de bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18, 29-41.
- Arslan, G., 2014. Çolaklı (Elazığ) Çevresi Plütonik Kayaçların Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 56s. Elazığ.
- Asutay, H. J., 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelemesi. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 156 s.
- Audemard F.A. ve De Santis, F., 1991. Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* 44, 5-16.
- Beyarlan, M., Bingöl, A.F., 2018. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implications of late Cretaceous intra-oceanic arc magmatism in the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SE-Turkey). *Journal of African Earth Sciences* 147, 477-497.
- Başarır Baştürk, N., Özel, N.M., Altınok, Y. ve Duman, T.Y. 2017. Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000 - MS 1900-) deprem katalogu. *Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı* (Ed. T.Y. Duman), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayınlar Serisi 34, 239 s. Ankara-Türkiye.
- Beyarlan, M., Bingöl, A.F., 2010. Ultramafics and mafic bodies in cumulates of Ispendere and Kömürhan ophiolites (SE Anatolian belt, Turkey). *Turkish Journal of Science & Technology* 5 (1), 19-36.
- Beyarlan, M., Lin, Y.C., Bingöl, A. F., Chung, S. L., 2016. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implication of Cadomian (Ediacaran-Early Cambrian) magmatism in SE Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 130, 223-238.
- Bingöl, A.F., 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region. In: Tekeli, O., Göncüoğlu, M.C. (Eds.), *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, pp. 26-29 September, MTA, Ankara, 209-216.
- Bingöl, A.F., Beyarlan, M., Lin, Y. C., Lee, H. Y. 2018. Geochronological and geochemical constraints on the origin of the Southeast Anatolian ophiolites, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11:569 <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3880-0>.



- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 2020. 24 Ocak 2020 (20:55) Elazığ-Sivrice Depremi Sismotektonik Yapı, Kuvvetli Deprem Yer Hareketi Dağılım zellikleri ve Bina Hasar Tahminleri n Rapor, 20 s.
- Çağlar, N., Kırtel, O., Vural, İ., Sümer, Y. Ve Sarıbyık, A. (2020). 24 Ocak 2020 Mw 6.8 Elazığ-Sivrice Depremi İnceleme ve Değerlendirme Raporu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Deprem Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi - DAMER, 38 s.
- Çelik, H., 2008. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nde Sivrice Fay Zonu'nun Palu-Hazar Gölü (Elazığ) Arasındaki Bölümünde Atımla İlgili Yeni Arazi Bulgusu», F.. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (2): 305-314.
- Çetin, H., Güneyli, H. ve Mayer, L., 2003. Paleosismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics, 374, 163-197 s.
- Çolak, S., Aksoy, E., Koçyiğit, A. ve İncez, M. 2012. The Palu-Uluova Strike-Slip Basin in the East Anatolian Fault System, Turkey: Its Transition from the Palaeotectonic to Neotectonic Stage. Turkish Journal of Earth Sciences, 21, 547-570.
- Demirtaş, R. Türkiye Diri Fayları, Deprem Etkinlikleri, Paleosismolojik Çalışmalar ve Gelecek Deprem Potansiyelleri. 303 s.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., şaroğlu, F. and şengr, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia: a young collision zone. In: Coward, M. P. & Ries, A. C. (eds) Collision Tectonics. Geological Society London Special Publications, 19, 3-36.
- Duman, T.Y., Emre, ., zalp, S., Elmacı, H. ve Olgun, ř. 2012. 1:250.000 lçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Elazığ (NJ 37-7) Paftası, Seri No: 45, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Duman, T.Y., Emre, ., zalp, S., Çan, T., Olgun, ř., Elmacı, H. ve şaroğlu, F. 2017. Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve zellikleri. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, (Ed. T.Y. Duman). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü zel Yayınlar Serisi-34, 12 s. Ankara-Türkiye.
- Duman, T.Y. and Emre, ., 2013. The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. In A.H.F. Robertson, O. Parlak, & U.C. Ünlügenç (Eds.), Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region, 372, 495-529. Geological Society, London, Special Publications. doi: 10.1144/sp372.14
- Emre, ., zalp, S., Yıldırım, C., zaksoy, V. ve Doğan, A. 2005. 12 ve 14 Mart 2005 Karlıova Depremleri'nin Değerlendirilmesi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 10 s.
- Emre, ., Duman, T.Y., zalp, S., Elmacı, H., Olgun, ř. ve şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, zel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.



- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. 1967. A catalog of earthquake for Turkey and surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) İTÜ Faculty of Mining Engineering, İstanbul, Turkey.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Aksay, G. 1971. A Catalog of Earthquakes of Turkey and Surrounding Area (1965-1970). İstanbul Technical University, Faculty of Mines, Institute of Physics of the Earth, Technical Report 28.
- Ertürk, M. A., Beyarslan M., Chung S. L. ve Lin T. H., 2018. Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian Orogenic Belt: Magma genesis and tectonic implications. *Geoscience Frontiers* 9 () 1829e1847.
- Eyidoğan, H. Güçlü, U., Utku, Z. ve Değirmenci, E. 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988). İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Gedik, F. 2015. Benthic Foraminiferal Biostratigraphy of Malatya Oligo-Miocene Succession (Eastern Taurids, Eastern Turkey). *Bull. Min. Res. Exp.* 150: 19-50
- Gökçeoğlu, C., Şahmaran, M., Unutmaz, B., Aldemir, A., Koçkar, M.K., Sandıkkaya, A. ve İçen, A. (2020) 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice Depremi (Mw= 6.8) Ön İnceleme Raporu, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 44s.
- Güneyli, H., 2002. Doğu Anadolu Fay Sistemi, Palu-Hazar Gölü Segmentinin Neotektoniği ve Paleosismolojisi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürocak, 1993. Sivrice (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65s. (yayımlanmamış).
- Hempton, M. R., 1984. Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains), in Tekeli O., and Göncüoğlu, M.C., eds., *Geology of the Taurus Belt. International Symposium Proceedings*, Ankara, Turkey, MTA Enst., p. 223 - 228.
- Hempton, M. R., 1985, Structure and deformation history of Bitlis suture near lake Hazar, southeastern Turkey, *Geol. Soc. Ame. Bull.*, 96, 233-243.
- Hempton, M. R. 1987. Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea, *Tectonics*, 6, 687-705 s.
- Hempton, M.R. ve Dunne, L. 1984. Sedimentation in pull-apart basins: Active examples in Eastern Turkey. *Journal of Geology* 92, 513-530.
- Hempton, M.R., Savcı, G., 1982. Elazığ Volkanik Karmaşığı'nın petrolojik ve yapısal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. 25, 143-150.
- Herece, E., 2008. Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi, No: 13, 359 s., Ankara.
- Herece, E. ve Akay, E., 1992. Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı. *Proce-*



- eding of the 9th Petroleum Congress of Turkey. 17-21 February 1992, 361-372, Ankara, Turkey.
- İTÜ'l Akademisyenlerden Elazığ ve Malatya Depremine İlişkin Değerlendirme, 2020. 11 şubat 2020
- Kalafat, D. Zülfikar, C., Vuran, E. ve Kamer, Y. 2010. 8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan (Elazığ) Depremi. Boğazişi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 65 s.
- Kalafat, D. Güneş, Y., Kekovalı, K. ve Yılmaz, M. 2011. A revised and extented earthquake catalogue for Turkey since 1900 ($M \geq 4.0$) (in Turkish). Boğazişi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, İstanbul, 1049, 640 pp.
- KANDİLLİ, <http://www.koeri.boun.edu.tr/>; KANDİLLİ: B.U. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.
- Karabacak, V., nder, Y., Altunel, E., Yalçın, C.C., Akyüz, H.S. ve Kıyak, N.G., 2011. Doğu Anadolu Fay Zonunun güney batı uzanımının paleosismolojisi ve ilk kayma hızı. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Onbeşinci alıştayı (ATAG-15), Çukurova Üniversitesi, 19-22 Ekim 2011, Bildiri zleri Kitabı, 17, Karataş-Adana.
- Kaya, 1993. Gezin-Maden (Elazığ) evresinde Jeolojik Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72s. (yayımlanmamış).
- Ketin, İ., 1966. Anadolunun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66, 20-34.
- Koçyiğit, A., 2002. Doğu Anadolu'nun neotektonik özellikleri ve depremselliği. Doğu Anadolu Jeoloji alıştayı - 2002 (DAJEO-2002), Yüzüncü Yıl niversitesi, bildiri zleri kitabı, Van, 2-4 s.
- Koçyiğit, A. ve Beyhan, A., 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics, 284, 317- 336 s.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvılı, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting, Geodinamica Acta, 14, 177-195 s.
- Koçyiğit, A., Aksoy, E. ve İncez, M. 2003. Basic Neotectonic Characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu Area, East Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. Excursion Guide Book, International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Palaeosismology, 31 August to 12 September 2003, METU (Ankara, Turkey).
- Kkm, M. ve zelik, F. 2020. Tarihsel Depremlerin Yeniden Değerlendirilmesine rnek Bir alışma: 1789 Palu (Elazığ) Depremi, Doğu Anadolu, Türkiye. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 161.
- Kürçer, A., Elmacı, H., Yıldırım, N. ve zalp, S. (2020). 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi (Mw=6,8) Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, 41 s.



- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Şanlı, İ., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N. and Veis, G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.
- Moreno, D.G., Ferrari, A.H., Moernaut, J., Fraser, J.G., Boes, X., Daele, M.V., Avşar, U., Çağatay, N., Batist, M.D., 2010. Structure and recent evolution of the Hazar Basin: strike-slip basin on the East Anatolian Fault, Eastern Turkey. *Basin Research* 10, 1-17.
- Nalbant, S.S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A.A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 195, 291-298.
- Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Doğru, A., Çakmak, R., Turgut, B. ve Doğan, U. 2010. Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. *Journal of Geodynamics*, 49, 141-150.
- Özkaya, İ., 1978. Ergani - Maden yöresinin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 2, 120-139.
- Perinçek, D., 1979. The Geology of Hazro-korudağ, Çüngüs -Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya region. In *Guide Book. Geological Society of Turkey*, pp. 33 Special Publications.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. and Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051
- Rigo de Righi, M. ve Cortesini, A., 1964, Gravity tectonics in feethils structure belt of Southeast Turkey: *A.A.P.G. Bull.*, 48, 1911-1937.
- Rizeli M. E., Beyarslan M., Wang, K. L. Bingöl, A. F. 2016. Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): Evidence of a forearc setting. *Journal of African Earth Sciences* 123 392e402.
- Soysal H., Sipahioğlu S., Kolçak D. ve Altınok Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.-1900 A.D.). TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H., 1985. Elazığ - Hazar - Palu alanının jeolojisi. *Petrol İşl. Gn. Müd. Derg.*, 29, 83 - 191.



- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. 1986. Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1987. Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Dergisi, 107, 73 - 92.
- Şengör, A.M.C. ve Kidd, W.S.F. 1979. Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics 55, 361-376.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: Tectonophysics, v. 75, p. 181-241.
- Şengör, A .M. C. ve Yılmaz, Y., 1983. Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. TJK Yerbilimleri özel dizisi, no: 1, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, 227-264.
- Tan O., Tapırdamaz M.C. ve Yörük A., 2008. The Earthquakes Catalogues for Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 17, 405-418.
- Tan, O., Pabuççu, Z., Tapırdamaz, C., İnan, S., Ergintav, S., Eyidoğan, H., Aksoy, E. and Kuluöztürk, F. 2011. Aftershock study and seismotectonic implications of the 8 March 2010 Kovancılar (Elazığ, Turkey) earthquake (MW = 6.1). Geophysical Research Letters, Vol. 38, DOI: 10.1029/2011GL047702.
- Tatar, Y., Turan, M. ve Aksoy, E. 1995. Hazar Gölü yakın çevresinin jeolojisi ve Gölün oluşumu. Hazar Gölü Sempozyumu, Sivrice, Bildiriler Kitabı, 1-13.
- Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Çakır, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Türk, T., Hastaoğlu, K.Ö., Polat, A., Mesci, B.L., Gürsoy, Ö., Ayazlı, İ.E., Çakmak, R., Belgen, A. ve Yavaşoğlu, H. 2012. Crustal deformation and kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements. Tectonophysics, 518-521, p.55-62.
- Tiryakioğlu, İ., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S. and Reilinger, R. (2013). GPS constraints on active deformation in the Isparta angle region of SW Turkey. Geophys. J. Int. 195, 1455-1463.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F., 1995. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7/2, 177-199.
- Türk Tabipleri Birliği (TTB), 2020. Elazığ Depremi Sonrası Birinci Hafta Gözlem Raporu (31 Ocak 2020) (Hazırlayanlar: Aynur Öğüt, Elif Turan, Fulya Yeğin, Halis Yerlikaya, Nilay Etiler, Recep Oruç, M. Şerif Demir). 3 s.
- Wells, D.L. and Coppersmith, K.J. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No 4, p.974-1002.



- Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean updated. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 5-46.
- Westaway, R. and Arger, J., 2001. Kinematics of the Malatya-Ovacık fault zone. *Geodinamica Acta*, 14, 103-132.
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslar'da Etkin bir Paleokıta kenarı etüdü (Üst Kretase - Orta Eosen), Malatya - Elazığ, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, 7, 83 - 104, Hacettepe Üniversitesi.
- Yazgan, E., 1983. A geotraverse between the Arabian platforme and the Munzur nappes. *Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt.*, Field Guide Book, Excursion, Ankara.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamic evolution of the eastern Taurus region. In: Tekeli, O., Göncüoğlu, C. (Eds.), *Geology of the Taurus Belt. Proceedings of International Tauride Symposium Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications*, pp. 199-208 (in Turkish with English abstract).
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y. 1993. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Maden Grubu'nun Tektonik Konumu ve Jeolojik Önemi. A.Ü. Suat Erk Jeoloji Semp., Tebliğler, 251-264.
- Yılmaz, Y., 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian Orogen. *Geological Society of America Bulletin*, v. 105, 251 - 271.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. ve Güner, Y. 1987. Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, 134, 177-199.



**TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Hatay 2 Sok. No. 21 Kocatepe/ANKARA

Tel: 0312 432 30 85- Faks: 0312 434 23 88

www.jmo.org.tr

e-posta: jmo@jmo.org.tr