



Atatürk Üniversitesi

DEPREM ARAŞTIRMA MERKEZİ

24 OCAK 2020 (20:55 TS) Mw=6.8
ELAZIĞ-SİVRİCE DEPREMİ
DEĞERLENDİRME RAPORU



26.01.2020
ERZURUM



1. JEOFİZİK (SİSMOLOJİK-SİSMOTEKTONİK) GÖZLEMLER

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum (AFAD) Yönetimi, Deprem Dairesi Başkanlığından alınan verilere göre 24 Ocak 2020 günü saat 20:55'de, merkez üssü (episantr) Elazığ'ın Sivrice ilçesi olan $M_w=6.8$ büyüklüğünde (magnitüdünde), yerkabuğunun yaklaşık 8 km odak derinliğinde bir deprem (ana şok) meydana gelmiştir.

AFAD tarafından yayımlanan ilk bilgilere göre; 26.01.2020 saat 18:00 itibariyle Elazığ, Malatya ve Diyarbakır'da 38 vatandaşımız yaşamını yitirmiş, 1.607 kişi yaralanmıştır. Deprem enkazından ise 45 kişi kurtarılmıştır. İyi mühendislik hizmeti görmemiş toplamda 76 binanın yıkıldığı, yaklaşık 800'ü ağır, 10'u orta, 430'u az olmak üzere toplam binanın hasarlı olduğunu bilgisi AFAD tarafından kamuoyu ile paylaşılmıştır. 12 binanın ise acil yıkılacağı bilgisi ise yine AFAD tarafından kamuoyu ile paylaşılmıştır.

Bölgede tarihsel dönemde (1900 yılından önce) meydana gelen depremler; 1544 Elbistan, 1568 Lazkiye, 21 Ocak 1626 Halep, 15 Nisan 1726, Harim, 25 Eylül 1738 Amik Gölü, 28 Mayıs / 2 Haziran 1789 Elazığ, 26 Nisan 1796 Latakya (Lazkiye), 3 Nisan 1872 Hatay, 1873 – 1874 – 1875 Elazığ, 1875 Palu depremleridir (Kaynak: AFAD).

Sivrice-Elazığ merkezli episantr bölgesinde aletsel dönemde (1900 yılından sonra), oluşan depremler ise 11.08.2004'de $M_w=5.6$, 09.02.2007'de $M_w=5.5$ ve 21.02.2007 $M_w=5.7$ büyüklüklerinde orta-şiddetli depremlerdir. Bunun dışında oluşan diğer depremler ise; 4 Aralık 1905 Pütürge (Malatya) $M_s=6.8$, 20 Mart 1945 Ceyhan (Adana) $M_s=6.0$, 22 Ekim 1952 Misis (Adana) $M_s=5.6$, 14 Haziran 1964 Sincik (Adıyaman) $M_s=6.0$, 22 Mayıs 1971 Bingöl $M_s=6.8$, 5 Mayıs 1986 Sürgü (Malatya) $M_w=6.0$, 22 Ocak 1997 Samandağ (Hatay) $M_w=5.7$, 27 Haziran 1998 Yüreğir (Adana) $M_w=6.2$, 1 Mayıs 2003 Bingöl $M_w=6.3$, 08 Mart 2010 Kovancılar (Elazığ) $M_w=6.1$ depremleridir (Kaynak: AFAD).

Deprem, yaklaşık 500 km uzunluğu ile Türkiye'nin en büyük ikinci fay sistemi olan, sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde meydana gelmiştir. Bu fay 6 segmentten oluşmaktadır (Ozer vd. 2019):

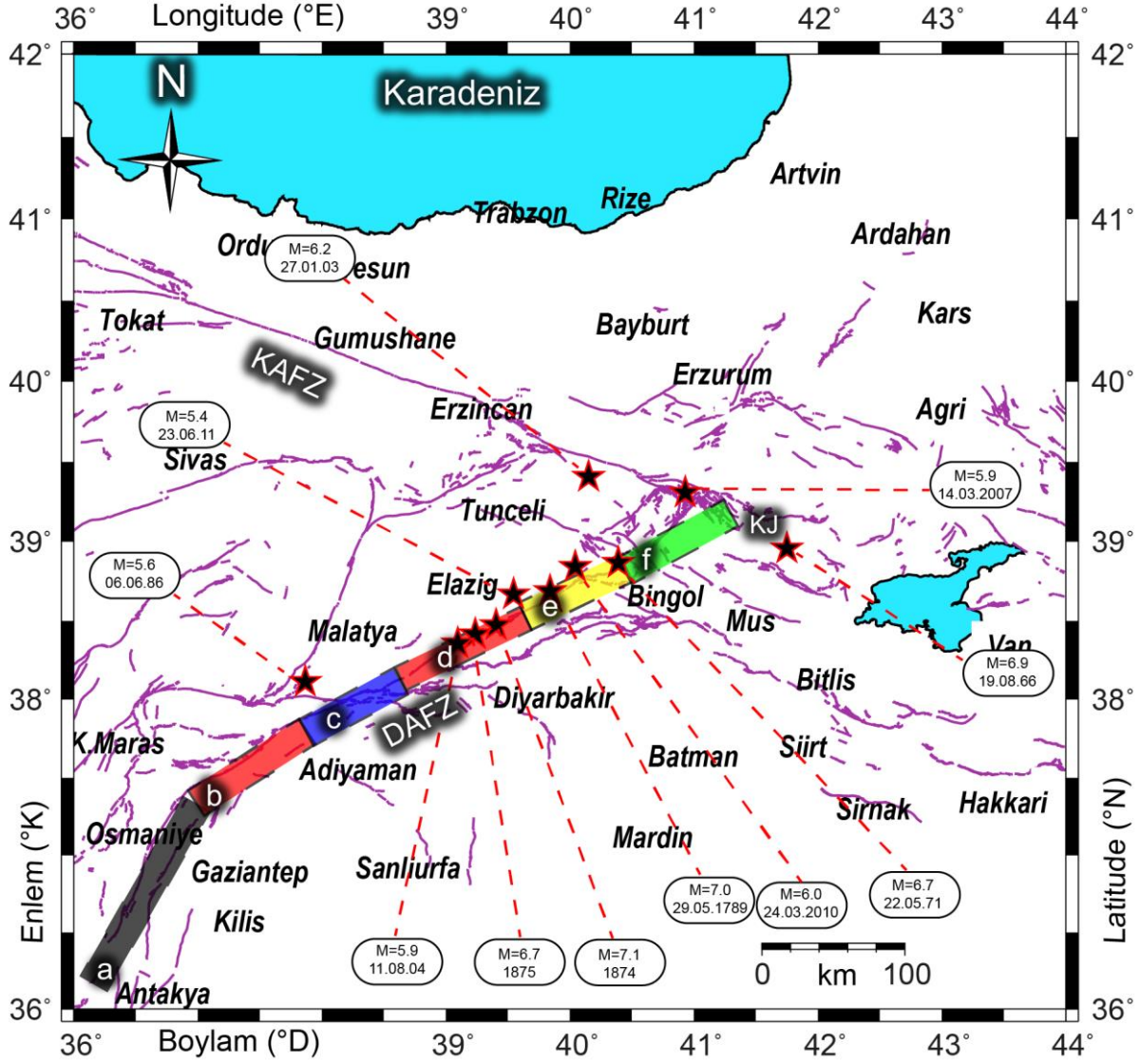
- Antakya-Türkoğlu segmenti,
- Türkoğlu-Gölbaşı segmenti,
- Gölbaşı-Çelikhan segmenti,
- Sincik-Hazar segmenti,
- Hazar-Palu segmenti,
- Bingöl-Karlıova segmenti,

şeklindedir (Şekil 1). Deprem, bu segmentlerden Hazar-Sincik segmentinde meydana gelmiştir. Bu segment üzerinde, 145 yıl önce, en son 1875 yılında 6.7 büyüklüğünde deprem meydana gelmişti. Deprem, Elazığ'a 30 km, Malatya'ya 70 km, Adıyaman'a 100 km, Diyarbakır'a 115 km ve Bingöl'e 160 km uzaktadır. Ayrıca bahsi geçen bölgeye ait, 1900 yılı öncesi için, 43 adet tarihsel dönem depremi kaydı mevcuttur. Şekil



Atatürk Üniversitesi

üzerinde geçmişte yıkıcı etki yaratan ve hasara neden olan depremler ayrıca gösterilmiştir.



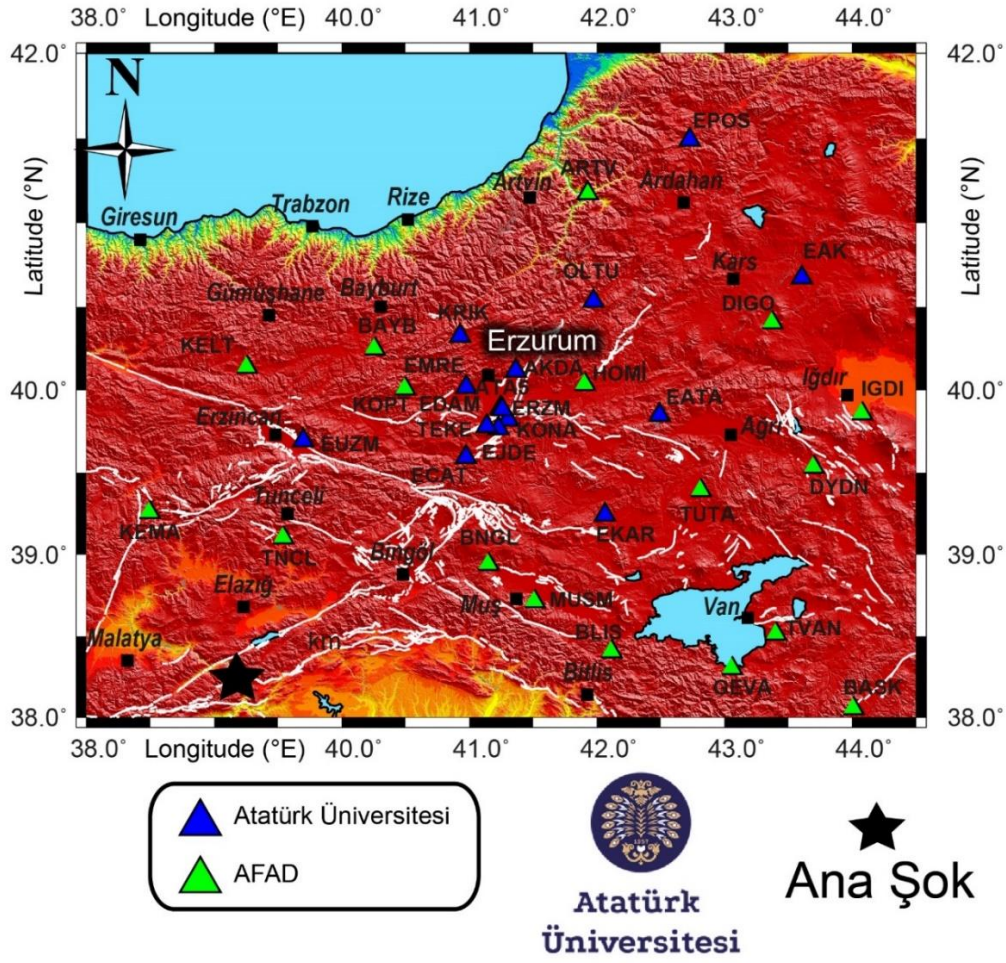
Şekil 1: Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin oluşturan segmentler. Geçmişte meydana gelen yıkıcı ve hasara yaratan depremler yıldız sembolü ile gösterilmiştir. Zon üzerine yer alan segmentler; a) Antakya-Türkoğlu segmenti, b) Türkoğlu-Gölbaşı segmenti, c) Gölbaşı-Çelikhan segmenti, d) Sincik-Hazar segmenti, e) Hazar-Palu segmenti, f) Bingöl-Karlıova segmenti. Yıldız sembolleri (Özer ve diğ. 2019'dan revize edilmiştir). KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu (Fay zonları MTA 2013'den sayısallaştırılmıştır)

Elazığ-Sivrice depremi anaşok ve artçılar, Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi (ATA-DAM) bünyesinde faaliyet gösteren Sismolojik Gözlem Ağına ait deprem istasyonları tarafından kaydedilmiştir (Şekil 2).

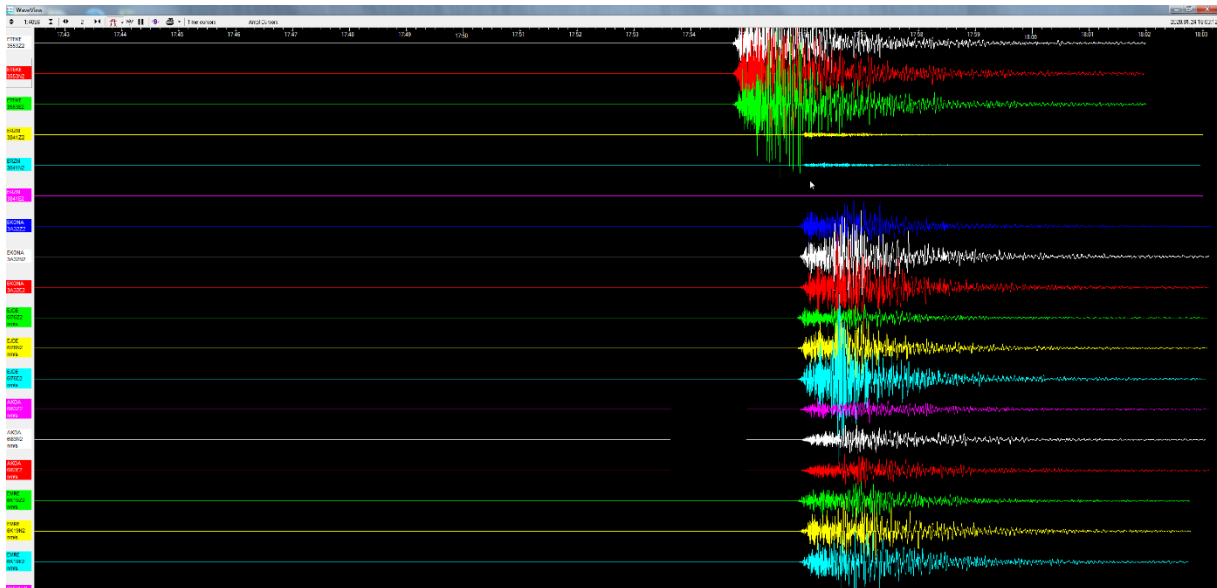
ATA-DAM istasyonları tarafından kaydedilen Elazığ - Sivrice depremi anaşok kaydı Şekil 3'de verilmiştir.



Atatürk
Üniversitesi



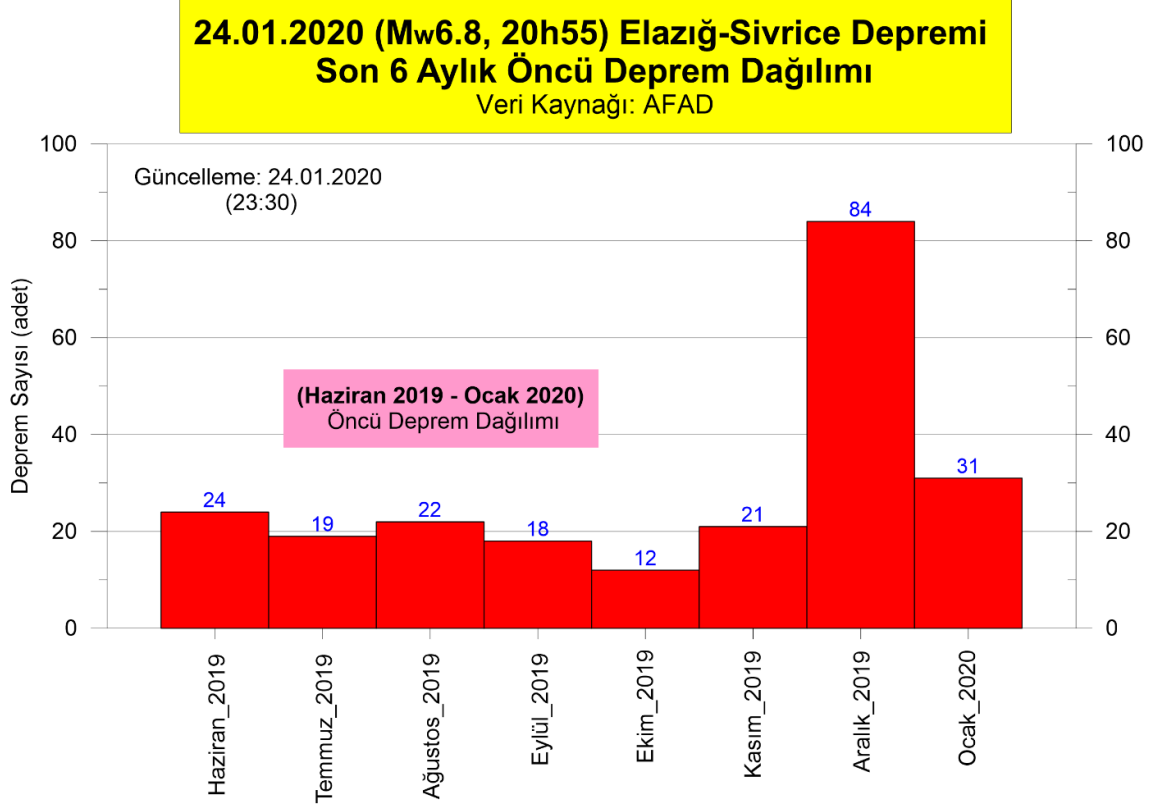
Şekil 2: Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi gözlem ağı lokasyon haritası. Deprem episantırı yıldız sembolü ile gösterilmiştir. (Fay zonları MTA 2013'den sayısallaştırılmıştır)





Şekil 3: ATA-DAM İstasyonları tarafından kaydedilen depreme ait sismogram kayıtları

Deprem öncesi son 6 aylık döneme bakıldığında Aralık 2019 dönemi (aynı bölgede meydana gelen M4.9 büyüklüğündeki deprem ve artçıları) haricinde meydana gelen depremlerin aylık ortalamasınının 20 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: 24.01.2020-20h55 Elazığ-Sivrice (Mw6.8) depremi 6 aylık öncü sarsıntı dağılımı (Deprem verileri AFAD'tan alınmıştır.)

Deprem öncesi son 1 yıllık sarsıntı dağılımı incelendiğinde ise meydana gelen 387 depremin fay zonu ve yakın çevresinde KD-GB uzanımlı olacak şekilde kümelendiği gözlenmektedir (Şekil 5).

Son 1 aylık öncü dönem incelendiğinde ise 24.01.2020 tarihli M6.8 büyüklüğündeki anaşok öncesi son 3 haftalık dönemde ortalama günlük deprem sayısının yaklaşık 10 olduğu gözlenmiştir (Şekil 6). Meydana gelen öncü depremlerin magnitüd aralıkları 1.0-4.9, derinlikleri ise 6-17 km arasında değişmektedir

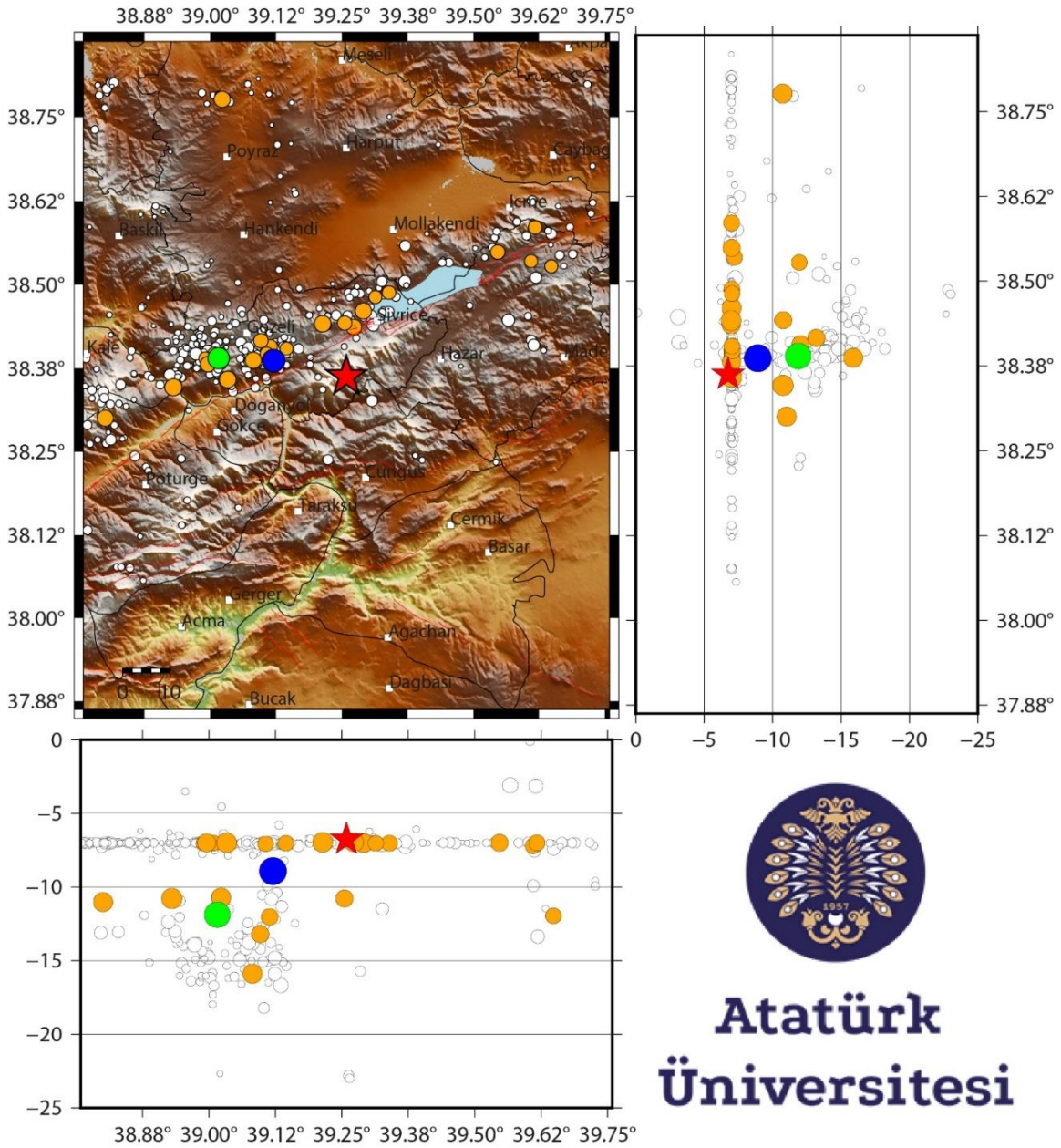
Ana şoktan ilk iki saat sonra meydana gelen artçıların yayılımı yaklaşık 60 km'lik bir kırılmanın varlığını ortaya koymuştur (Şekil 7). Raporun hazırlandığı saat itibarıyla 20'si büyüklüğü 4.0 ve üzeri olmak üzere toplamda 700'den fazla oluşan artçı depremlerin yayılımından, Elazığ-Sivrice depreminin 60km uzunluğunda bir fayı kırıldığı, toplamda ise 70-80km uzunlukta - 15km genişlikte bir zonda etkili olduğu anlaşılmıştır.



Atatürk Üniversitesi

Depremden sonraki artçı dağılımı incelendiğinde, en büyüğü Mw5.4 olan depremlerin hepsinin, çoğunlukla yerkabuğunun ilk 20 km derinliğinde yoğunlaştığı gözlenmiştir.

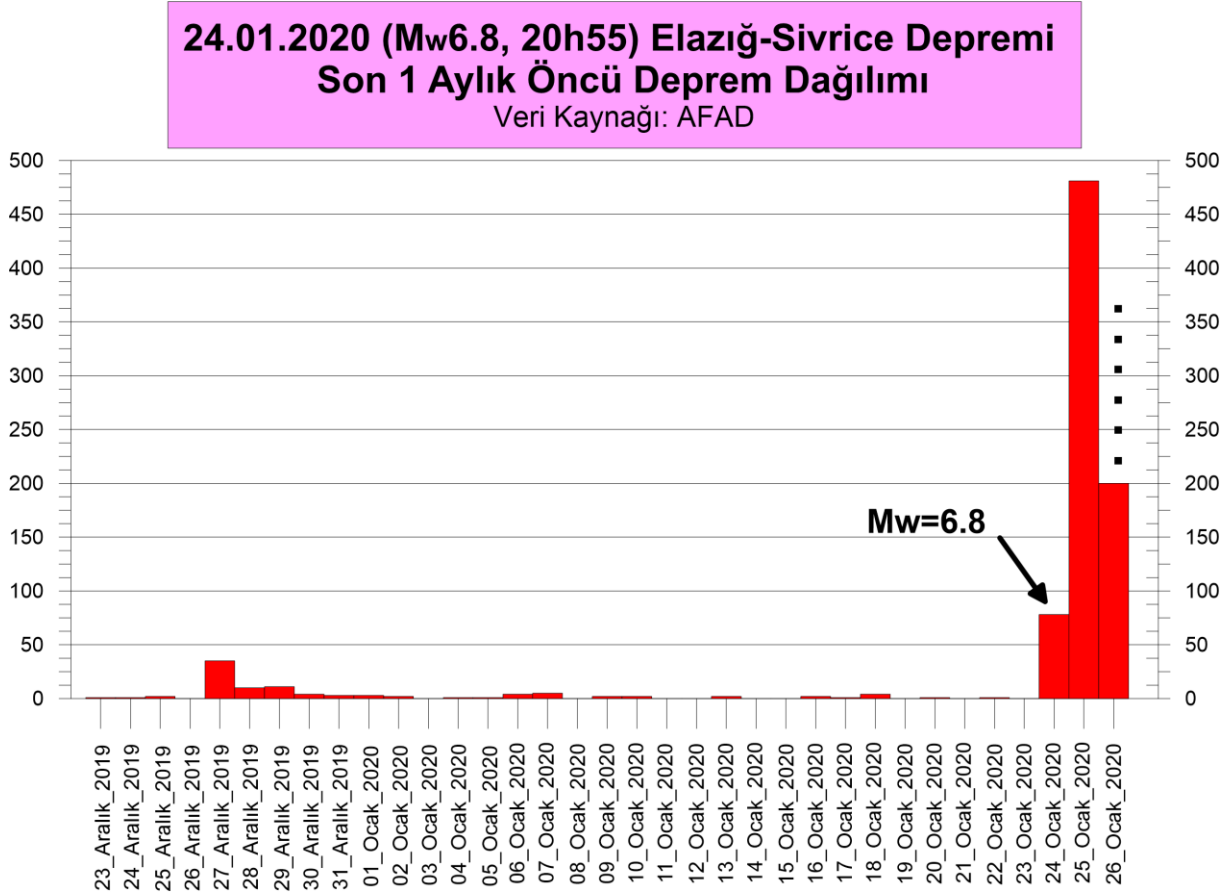
Oncu (Son 1 Yil)
Yer: Elazığ–Sivrice
Tarih: 2020–01–24 Saat: 20:55 M=6.8 – h=6.75 km
2019–01–30 ile 2020–01–22 arasında 387 deprem kaydedilmiştir
○ M < 3 ● 3 ≤ M < 4 ● 4 ≤ M < 5 ● 5 ≤ M < 6 ● 6 ≤ M < 7





Atatürk
Üniversitesi

Şekil 5: 24.01.2020-20h55 Elazığ-Sivrice (Mw6.8) depremi 1 yıllık sarsıntı dağılımı (Deprem verileri AFAD'tan alınmıştır.)



Şekil 6: 24.01.2020-20h55 Elazığ-Sivrice (Mw6.8) depremi 1 aylık öncü sarsıntı dağılımı. Raporun hazırlandığı saat itibarıyla artçı sarsıntı sayısı sürekli artmaktadır (Deprem verileri AFAD'tan alınmıştır.)

Anaşok sonrası açığa çıkan enerji, 22 Ocak 2019 tarihinde Manisa-Akhisar'da meydana gelen 5.4 büyüklüğündeki depremin 126 katına eşit olduğu anlaşılmıştır. Başka bir deyişle 126 tane Akhisar depremi, tek başına 1 tane Sivrice depreminde açığa çıkan enerjiye eşittir. Aynı şekilde Elazığ-Sivrice depremi, 20 kilo ton gücündeki Hiroşima'ya atılan atom bombası enerjisi ile karşılaştığında 12 atom bombasına eşit büyüklükte bir enerji açığa çıkarmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Elazığ-Sivrice depremi, 20 kilo ton gücündeki Hiroşima'ya atılan atom bombasınının 12 katdır

Büyükük	İl	İlçe	Zaman (TS)	Hiroşima'ya atılan atom bombası ile oranı
6.8	Elazığ	Sivrice	24.01.2020 20:55	12 atom bombasına eşit



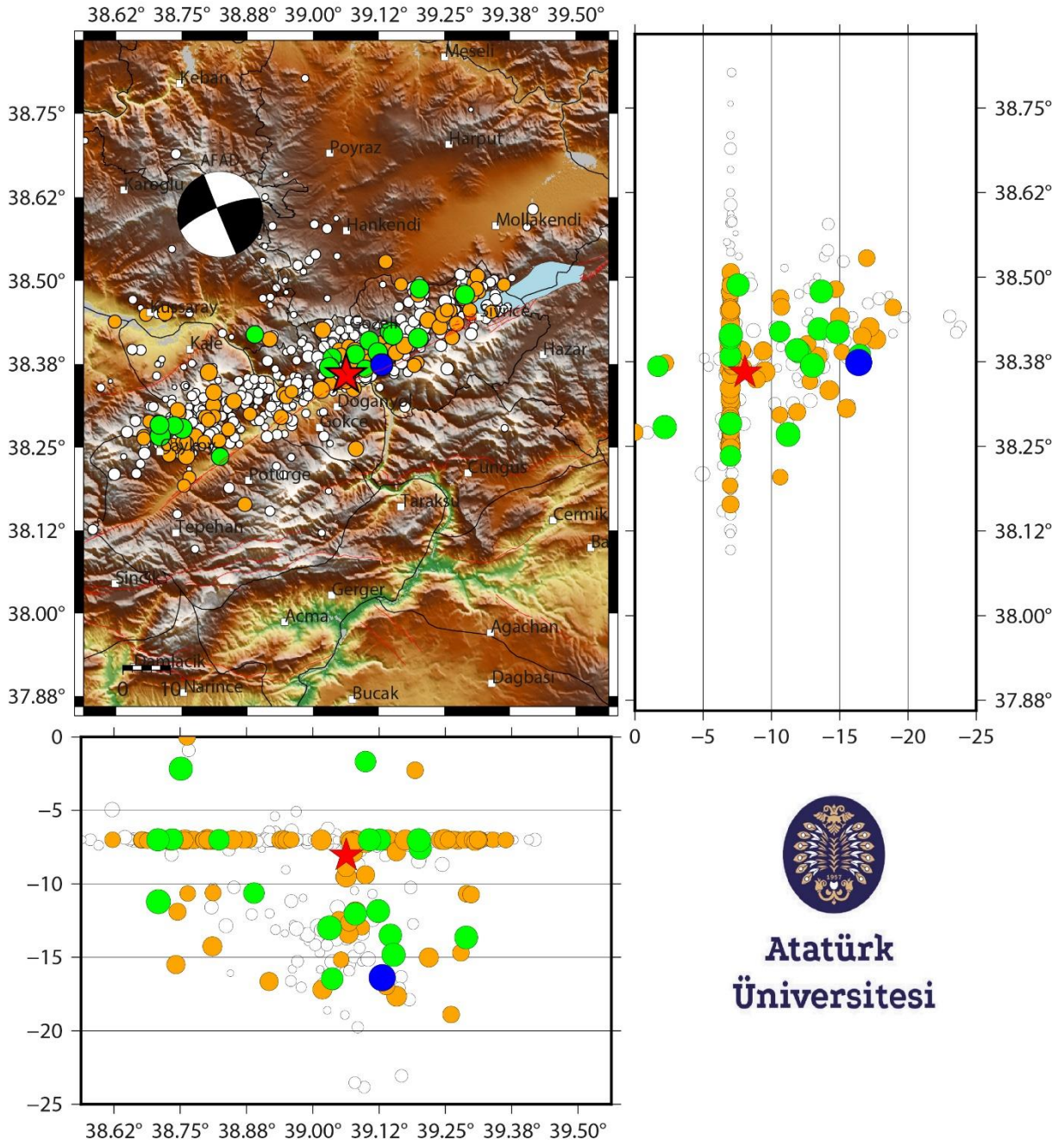
Artci Sarsintilar

Yer: Elazig-Sivrice

Tarih: 2020-01-24 Saat: 20:55 M=6.8 – h=8.06 km

2020-01-24 ile 2020-01-25 arasinda 560 deprem kaydedilmistir

○ M < 3 ● 3 ≤ M < 4 ● 4 ≤ M < 5 ● 5 ≤ M < 6 ● 6 ≤ M < 7

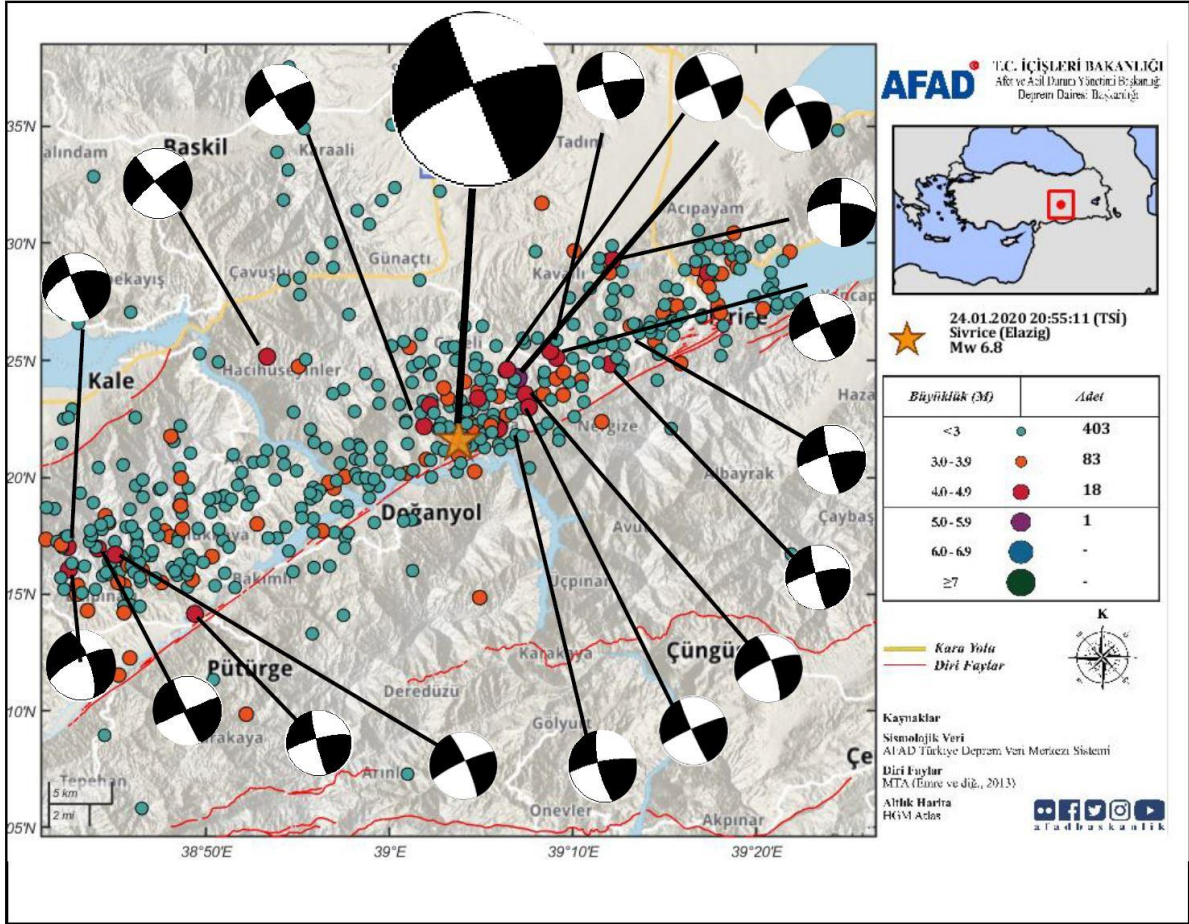


Şekil 7: 24.01.2020-20h55 Elazığ-Sivrice (Mw6.8) depremi ana şok sonrası deprem etkinliği (Deprem verileri AFAD'tan alınmıştır.)



1 Mayıs 2003 Bingöl (M6.4), 23 Ekim 2011 Van (M7.2) ve 12 Haziran 2017 Karaburun-İzmir (M6.2)'de meydana gelen artçı sarsıntılarının 1 yıl devam ettiği düşünüldüğünde, Elazığ-Sivrice bölgesinde de gerilme rejiminin, deprem öncesi haline dönmemesinin (yani artçıların devam etme süresinin) en az 1 yıl süreceği öngörülmektedir. Ancak önceki depremlerden elde edilen raporlar ışığında insanlar tarafından hissedilebilen artçıların en az 2 hafta kadar daha devam edeceği düşünülmektedir.

AFAD tarafından yayımlanan odak mekanizması çözümleri ve artçı depremlerin dağılımlarına göre (Şekil 8), KD-GB uzanımlı DAF zonu içinde yer alan 60 km uzunluğundaki Sincik-Hazar fay segmentinin Elazığ-Sivrice depremine kaynaklık ettiği sonucuna varılmıştır. Deprem, bu fay zonunun orta kesiminde meydana gelmiş ve GB (Adıyaman) ile KD (Hazar gölü) yönüne doğru doğru yaklaşık 60 km uzunluğundaki bir fayın çift yönlü (bi-lateral) kırılmasına yol açmıştır.



Şekil 8: AFAD tarafından çözümlenen anaşok ve artçı şoklara'a ait odak mekanizma çözümleri



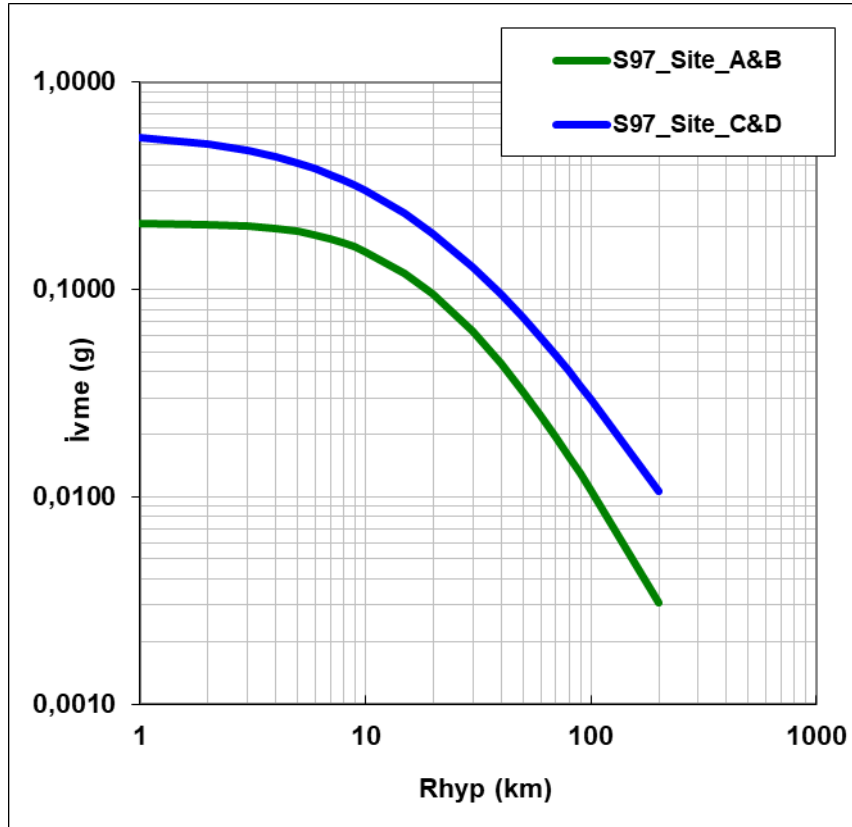
2. MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ GÖZLEMLERİ

Yapılan ampirik çalışmalar sonucunda 25-30 km'lik mesafeler (R_{jb}) için;

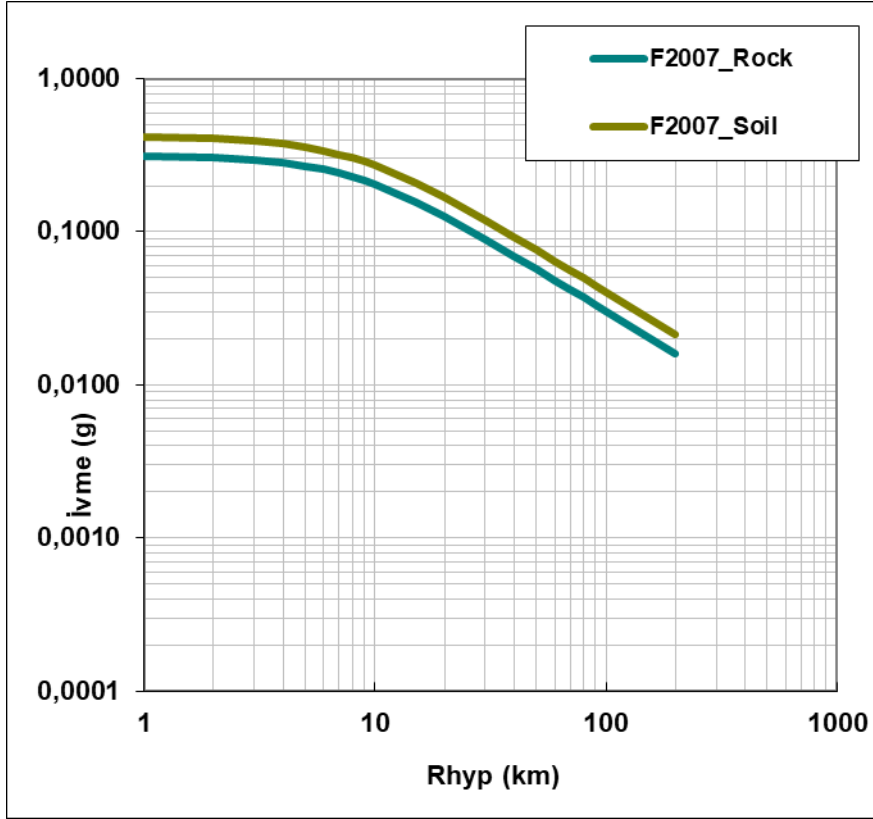
* C-tipi zeminde Fukushima et al. (2007) modeli en büyük yer ivmesinin 0.2g

* D-tipi zeminde ise Sadigh et al. (1997) ve Kalkan & Gülkan (2004) modelleri 0.15 ile 0.2 g olabileceğini öngörmektedir.

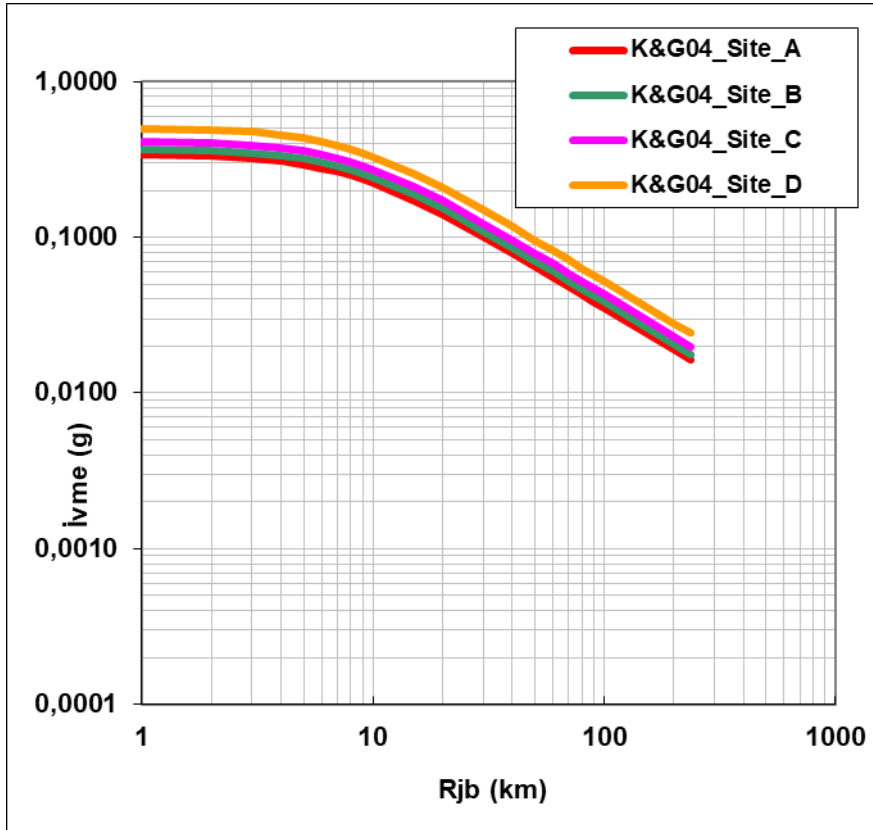
Bu sonuç, ampirik bağıntılardan hesaplanan rakamlar, az da olsa ölçülen gerçek ivme değerlerinden daha düşük çıktığını göstermektedir. Ölçülen gerçek ivme değerlerinin, öngörülen ampirik değerlerden daha fazla çıkmış olması, ivme istasyonlarının bulunduğu zemin özelliklerinin ve jeolojik koşulların yerelde önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 9, 10 ve 11).



Şekil 9: Sadigh et al. (1997) bağıntısına göre elde edilen azalım grafikleri



Şekil 10: Fukushima et al. (2007)bağıntısına göre elde edilen azalım grafikleri



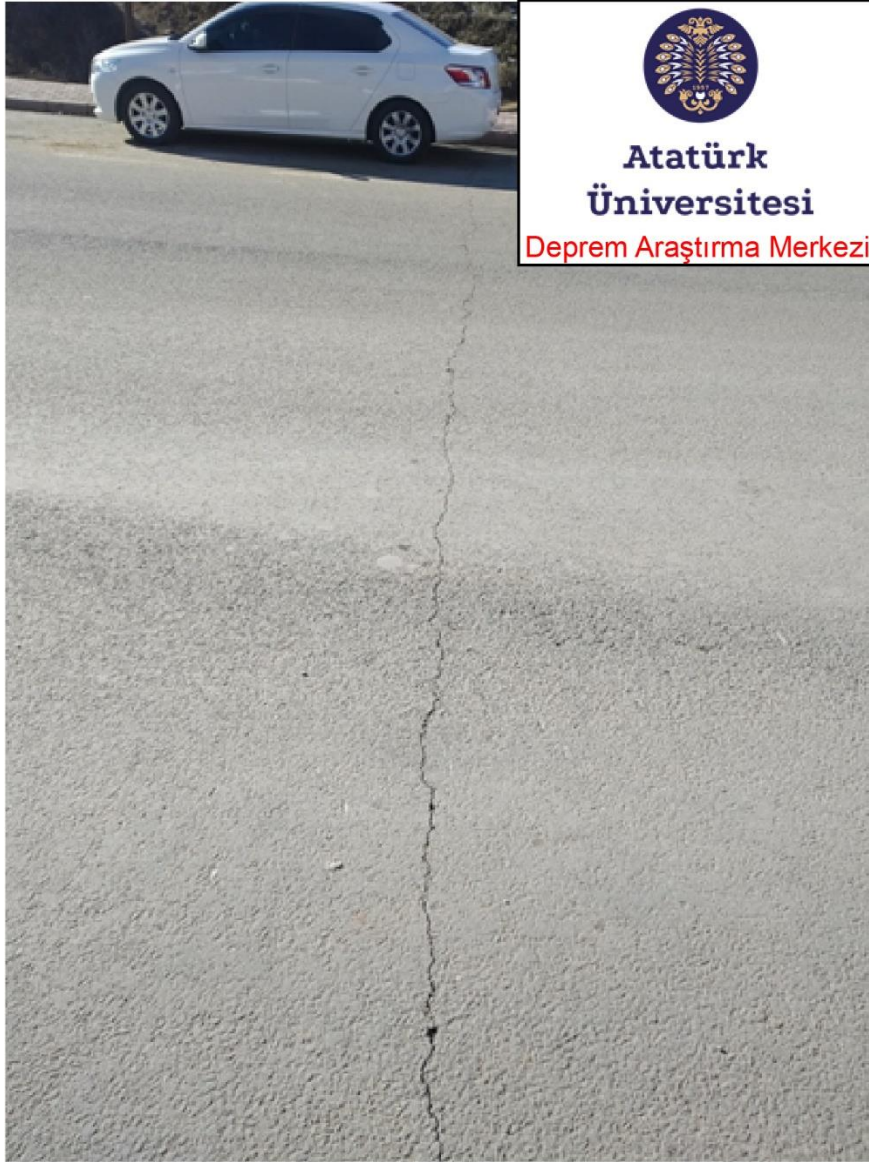
Şekil 11: Kalkan & Gülkan (2004) bağıntısına göre elde edilen azalım grafikleri



Atatürk
Üniversitesi

3. SAHA GÖZLEMLERİ VE HASAR İNCELEMELERİ

Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi olarak anaşoktan sonra Ön Sismoloji analizlerini tamamlayıp merkezüssüne ve köylerde teknik heyetimizce (Merkez Müdürü *Dr. Öğr. Üyesi Çağlar Özer-Jeofizik Müh.*, ATA-DAM yönetim kurulu üyesi *Dr. Öğr. Üyesi Hamit Çakıcı-Jeoloji Müh.*, ve ATA-DAM yönetim kurulu üyesi *Dr. Öğr. Üyesi Engin Kocadağıştan-Maden Müh.*) tam gün yürütülen arazi çalışmasında hasarlı yapıların olduğu köylerde incelemelerde bulunulmuş ve yüzey kırığı gözlemlerine ait ilksel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elazığ ili Sivrice ilçesinde yürütülen söz konusu gözlemlerde fay kırığına ait atım miktarının ölçülemediği yüzey çatlakları gözlenmiştir (Şekil 12). Yine de 6.8 büyüklüğündeki bir deprem söz konusu olduğu için, köylerde yada yerleşimin olmadığı alanlarda yürütülecek saha gözlemlerinde yüzey kırığına ait bazı bulgulara ulaşılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 12: Elazığ ili Sivrice ilçesinde yürütülen yüzey sahası çalışmalarında gözlemlenen fay çatlağı



Atatürk
Üniversitesi

Özellikle yerel yerleşim noktalarında yığma (kerpiç) yapılarda kısmi hasar olduğu gözlenmiştir. Bu tür yapıların, içerisinde ikamet edenlerden edindiğimiz bilgilere göre, 70-100 yıllık yapılar olduğu belirlenmiştir. Özellikle Sivrice'nin zemin yapısı ve yığma (kerpiç) yapıların genel olarak 1-2 katlı olması, daha büyük çaplı hasarların oluşmasını önleyen faktörlerdir. Gözlenen genel hasarlar, genel olarak duvarlarda kesme çatlakları, kısmi duvar yıkılmaları ve sıva dökülmeleri şeklindedir. Ancak, ana şokun büyüklüğüne ($M=6.8$) yakın bir artçı şokun ilerleyen bir kaç hafta içinde meydana gelmesi halinde, derin çatlak ve ayrılmaların meydana geldiği yapıların olumsuz etkilenebileceği öngörülmektedir. Özellikle Sivrice ilçesinde en büyük hasarlar gören önemli yapılar Merkez Cami ve Kaymakamlık binasıdır. Sivrice Merkez Camideki örnek görseller Şekil 13 ve 14 ve 15'de sunulmaktadır. Ayrıca Elazığ Şehir Merkezinde ve Elazığ merkez köylerinden Kesrikte yapılan gözlemler sırasıyla Şekil 16 ve 17'de sunulmaktadır.



Şekil 13: Elazığ Sivrice Merkez Cami Hasar Sonrası dış görünüm



Atatürk
Üniversitesi



Sivrice Merkez Cami



Şekil 14: Elazığ Sivrice Merkez Cami Hasar Sonrası iç görünüm

Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi olarak Elazığ ve çevresinde hasar gören yerleşim yerlerinde zemin özelliklerinin incelenmesi açısından Mikrotremor ölçümleri alınmıştır (Şekil 18). Sivrice’de Mikrotremor ölçümleri sırasında devam eden artçı sarsıntılardan M4.4 büyüklüğünde deprem kaydı Şekil 19’da sunulmaktadır. Sivrice ilçesinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden örnek bir tanesi Şekil 20’de sunulmaktadır. Görüldüğü üzere burada zemin hakim frekansının 0.6 Hz ve zemin büyütmesinin ~3 olarak olduğu tespit edilmiştir. Buda ivmelerin düşük hesaplanmasının sebeplerinden biri olduğu düşünülmektedir.



Atatürk
Üniversitesi



Şekil 15: Elazığ Sivrice'den Hasar gören yapılara ait görseller



Atatürk
Üniversitesi




Atatürk
Üniversitesi
Deprem Araştırma Merkezi
Elazığ Merkez

Şekil 16: Elazığ Merkez'de arama-kurtarma çalışmaları



Atatürk
Üniversitesi



Elazığ Kesik Köyü



Atatürk
Üniversitesi

Deprem Araştırma Merkezi

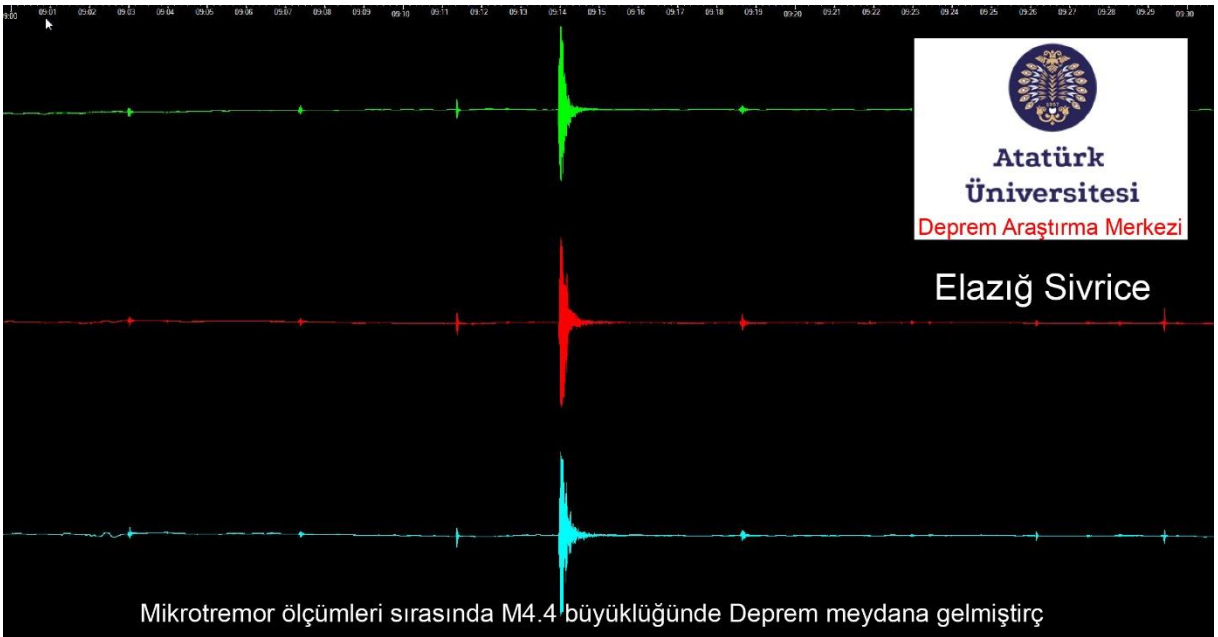
Şekil 17: Elazığ Kesrik'de hasar sonrası örnek görseller



Atatürk
Üniversitesi



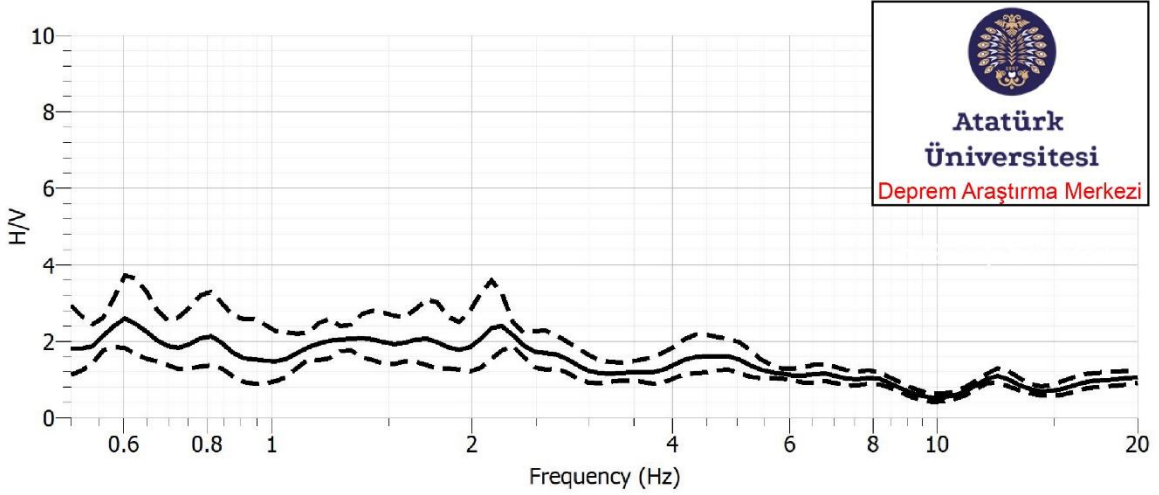
Şekil 18: Elazığ Sivrice'de yapılan Mikrotremor ölçümü



Şekil 19: Elazığ Sivrice'de Mikrotremor ölçümü sırasında 4.4 büyüklüğünde artçı sarsıntı kaydedilmiştir.



Atatürk
Üniversitesi



Şekil 20: Elazığ Sivrice'de gerçekleştirilen zemin çalışmaları

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Deprem bölgesinde yapısal hasarların incelenmesine yönelik 25.01.2020 tarihinde tam gün gerçekleştirilen arazi çalışmasında ATA-DAM'a lojistik ve destek sağlayan Atatürk Üniversitesi Rektörlüğüne ve deprem lokasyon bilgilerini ve verileri internet üzerinden sağlayan AFAD Deprem Dairesi Başkanlığına teşekkür ederiz. Sayısal verilerin çizilmesinde ve analizinde GMT ve GEOPSY yazılımları kullanılmıştır. Şekillerin üretilmesinde teknik destek veren Jeofizik Yüksek Mühendisi Emre Mulumulu'ya teşekkür ederiz. Arazi çalışmalarında bizlere destek veren Recep Bayram'a teşekkür ederiz. Fay bilgileri MTA çizim editöründen sayısallaştırılmıştır (MTA, 2013).

KAYNAKLAR

AFAD, 2019. Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 01.01.2019, Ankara <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>.

Fukushima, Y. Bonilla, F, Scotti, O. Douglas, J. 2007. Site Classification Using Horizontal to vertical Response Spectral Ratios & Its Impact When Deriving Empirical Ground Motion Prediction Equation. Journal of Earthquake Engineering, 11, no.5

Kalkan, E. ve Gülkan, P. (2004). Site-dependent spectra derived from ground motion records in Turkey. Earthquake Spectra, 20, 1111–1138.



**Atatürk
Üniversitesi**

MTA, 2013. Yeni Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30 (Ö.Emre, T.Y.Duman, S.Özalp, H. Elmacı, Ş.Olgun ve F.Şaroğlu, Ankara).

Ozer, C., Ozyazicioglu, M., Gok, E. and Polat, O., 2019. Imaging the Crustal Structure Throughout the East Anatolian Fault Zone, Turkey, by Local Earthquake Tomography, Pure and Applied Geophysics, 176 (6), 2235-2261

Sadigh, K. et al. (1997). "Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data". Seism. Res. Lett., 68, 180-189.