AFAD

T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
AFET VE ACİL DURUM
YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI



23 KASIM 2022
Mw 5.9
GÖLYAKA (DÜZCE)
DEPREM RAPORU

DEPREM VE RİSK AZALTMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM DAİRESİ BAŞKANLIĞI

17 OCAK 2023

GİRİŞ

Bu rapor, 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi' nin 40 ıncı maddesinin 2 nci fıkrasının Ülke genelinde deprem verilerinin paylaşımı ve kamuoyunun bilgilendirmesi konusundaki *"Deprem gözlemi yapan üniversiteler, yerel yönetimler ve tüm kurum ve kuruluşlar deprem gözlem verilerini eş zamanlı olarak Başkanlığa aktarır. Meydana gelen depremin büyüklük ve şiddeti gibi temel veriler kamuoyuna resmi olarak sadece Başkanlık tarafından duyurulur"* hükmü gereğince hazırlanmıştır.

HAZIRLAMA EKİBİ

Bu rapor, AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı eş güdümünde Deprem Dairesi Başkanlığı, Risk Belirleme ve Önlem Dairesi Başkanlığı; Yönetim Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bilgi Sistemleri ve Haberleşme Dairesi personeli tarafından hazırlanmıştır.

AFAD

TEŞEKKÜR

Raporun farklı bölümlerine vermiş olduğu katkılardan ötürü AFAD Deprem Çalışma Grubu Üyelerinden Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ'a teşekkür ederiz.

KAYNAK GÖSTERİMİ

AFAD, 2023. 23 Kasım 2022 Mw 5.9 Gölyaka (Düzce) Deprem Raporu. 39 s.

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **v**

TABLOLAR DİZİNİ ..... **vii**

1 DEPREME AİT GENEL BİLGİLER **1**

2 BÖLGENİN GEÇMİŞ DÖNEM DEPREM AKTİVİTESİ **3**

3 ÖLÇÜLEN İVME DEĞERLERİ **5**

4 BÖLGENİN DEPREM TEHLİKESİ **6**

5 DEPREMİN ŞİDDETİ **7**

6 InSAR ÖN DEĞERLENDİRMESİ **9**

7 COULOMB GERİLME ANALİZİ **10**

8 SAHA GÖZLEMLERİ **12**

8.1 Planlama ve Hazırlık Çalışmaları **12**

8.2 Arazi Çalışmaları **12**

8.2.1 Arazi Çalışmaları Gözlem Noktaları **15**

9 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ ÖN HASAR TESPİT ÇALIŞMALARI **35**

KAYNAKÇA **37**

TÜRKİYE DEPREM GÖZLEM AĞI **39**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 23.11.2022 04:08:15 (TSİ), Gölyaka (Düzce) Mw: 5.9 depremi ve artçı şok aktivitesi. 1
Şekil 2.1. Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi. 3
Şekil 3.1. Depremi kaydeden ivmeölçer istasyonlarının dağılımı 5
Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin deprem tehlikesi. 6
Şekil 5.1. AFAD-RED tahmini şiddet haritası. 7
Şekil 6.1. Track 160 Ascending (yükselen geçiş güneyden kuzeye tarama) 15/11/2022-27/11/2022 tarihli görüntü çiftlerinin GmtSAR Parallel Programı yardımıyla çakıştırılması ile elde edilen interferogram ve Faz açma işlemi sonrası mirone programı yardımı ile hesaplanan deformasyon miktarları. 9
Şekil 7.1. Coulomb Gerilme Analizi Haritası. 10
Şekil 8.1. Arazi Çalışmaları Gözlem Noktaları (GN). 14
Şekil 8.2. Gözlem Noktası-1 Uydu Görüntüsü (a), Yanal yayılma sonucu oluşan K-G yönelimli kırıktan görünüm (b), Sıvılaşmalardan görünüm (c-d) 17
Şekil 8.3. Gözlem Noktası-2 Uydu Görüntüsü (a), Otoyol viyadüğünün kuzeyinde gözlenen zemin deformasyonları (b), güneyinde gözlenen zemin deformasyonları görüntüleri (c). 18
Şekil 8.4. Gözlem Noktası-3 Uydu Görüntüsü (a), Muhapdede ve Bekiroğlu Köyleri-Gölyaka bağlantı yolunda gelişen yüzey deformasyonu (b), Bağlantı yolu şevindeki deprem sonucu tetiklenen heyelan ve kaya düşmesinden görünüm (c). 20
Şekil 8.5. Gözlem Noktası-4 Uydu Görüntüsü (a), Yeni gelişen lokal heyelana ait görünüm (b). 21
Şekil 8.6. Gözlem Noktası-5 Uydu Görüntüsü (a), Deprem sonrası yolun kapanmasına neden olan heyelan ve kaya düşmesi olayı. (Yolun kapalı hali) (b), Yolun açık hali (c). 22
Şekil 8.7. 5 Nolu Gözlem Noktasındaki fay breşleri ve kayma çizikleri gözlenen kaya blokları. 22
Şekil 8.8 Gözlem Noktası-6 Uydu Görüntüsü (a), 2001 tarihli afete maruz bölge kararı bulunan alandan görünüm (b) 23
Şekil 8.9. Gözlem Noktası-7 Uydu Görüntüsü (a), Kaya düşmesinden görünüm (b). 24
Şekil 8.10. Gözlem Noktası-8 Uydu Görüntüsü (a), Köprü girişindeki yoldaki çatlak (b). 25
Şekil 8.11. Gözlem Noktası-9 Uydu Görüntüsü (a), Artezyen kuyusundaki gazın yanmasından görünüm (b). 26
Şekil 8.12. Gözlem Noktası-10 Uydu Görüntüsü (a), Kaya düşmesi olayı. (Yolun kapalı hali) (b), Yolun açık hali (c). 27
Şekil 8.13. Gözlem Noktası-11 Uydu Görüntüsü (a), Karadere Köyünde gelişmiş 1999 Depremi yüzey kırığından görünüm (b). 28
Şekil 8.14. Gözlem Noktası-12 Uydu Görüntüsü (a), Yol kenarındaki heyelan-kaya düşmesinden görünüm (b), Aksu Çayı kenarındaki heyelana ait görünüm (c). 29

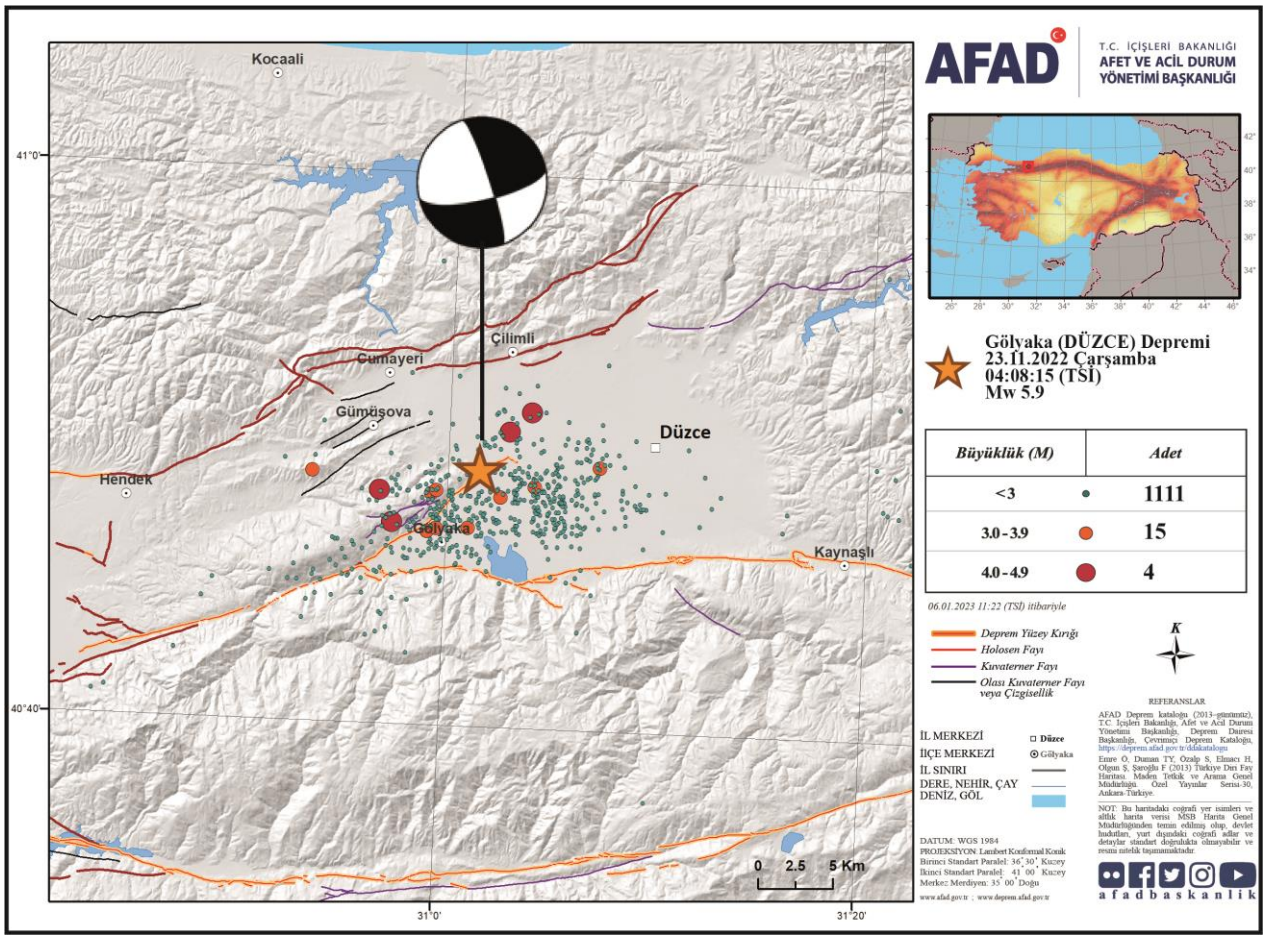
Şekil 8.15. Gözlem Noktası-13 Uydu Görüntüsü (a), Yoldaki kaya düşmesi nedeniyle oluşan deformasyonlar (b), Yol üzerinde gelişen çukur (c). 30
Şekil 8.16. Gözlem Noktası-12-13-14 Uydu Görüntüsü (a), Gözlem No-12 ile Gözlem No-13 arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi (b). 31
Şekil 8.17. GN-13 ve GN-14 gözlem noktaları arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi ve heyelanlar. 32
Şekil 8.18. GN-13 ve GN-14 gözlem noktaları arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi ve heyelanlar. 33
Şekil 8.19. Gözlem Noktası-15 Uydu Görüntüsü (a), Yoldaki çatlaklara ait görünüm (b). 34
Şekil 9.1. Gölyaka (Düzce) Ön Hasar Dağılımı Yoğunluk Haritası. 35
Şekil 9.2. Gölyaka (Düzce) Ön Hasar Tespitlerinin İlçelere Göre Dağılımı Yoğunluk Haritası. 36

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1 Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki yerleşim yerleri 2
Tablo 1.2 Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki il merkezleri 2
Tablo 1.3 Moment tensör çözümü 2
Tablo 3.1 Bölgedeki ivmeölçer istasyonlar ve ölçülen ivme değerleri 5
Tablo 8.1 Arazi incelemesi yapılan yerleşim birimlerini gösteren tablo 13

1 DEPREME AİT GENEL BİLGİLER

23.11.2022 04:08:15 (TSİ), Gölyaka (Düzce) Depremi MW 5.9
Enlem: 40.8230 | **Boylam:** 31.0250 | **Derinlik:** 6.81 km



Şekil 1.1. 23.11.2022 04:08:15 (TSİ), Gölyaka (Düzce) Mw: 5.9 depremi ve artçı şok aktivitesi.

23.11.2022 tarihinde Türkiye saati ile 04:08'de merkez üssü Gölyaka (Düzce) olan Mw:5.9 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir.Yerin 6.81 km derininde meydana gelen bu depremin en yakın yerleşim birimi olan Düzce ilinin Gölyaka ilçesine bağlı Kemeryanı köyüne uzaklığı 0.82 km'dir (Tablo 1.1). Ana şoktan, 06.01.2023 11:22'ye kadar geçen zamanda, büyüklükleri 1.2 ile 4.3 arasında değişen 1130 artçı deprem kaydedilmiştir (Şekil 1.1).

Tablo 1.1. Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki yerleşim yerleri

Merkez üssüne en yakın 5 yerleşim yeri			
İl	**İlçe**	**Köy**	**Mesafe(km)**
Düzce	Gölyaka	Kemeryanı	0.82
Düzce	Düzce_mrkilçe	Köprübaşı	1.06
Düzce	Gölyaka	İçmeler	1.37
Düzce	Düzce_mrkilçe	Yayakbaşı	1.69
Düzce	Gölyaka	Sarıdere	2.23

Tablo 1.2. Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki il merkezleri

Merkez üssüne en yakın 5 il merkezi		
İl	**İlçe**	**Mesafe (km)**
Düzce	Merkez	11.59
Bolu	Merkez	48.83
Sakarya	Merkez	51.60
Kocaeli	Merkez	93.05
Zonguldak	Merkez	94.45

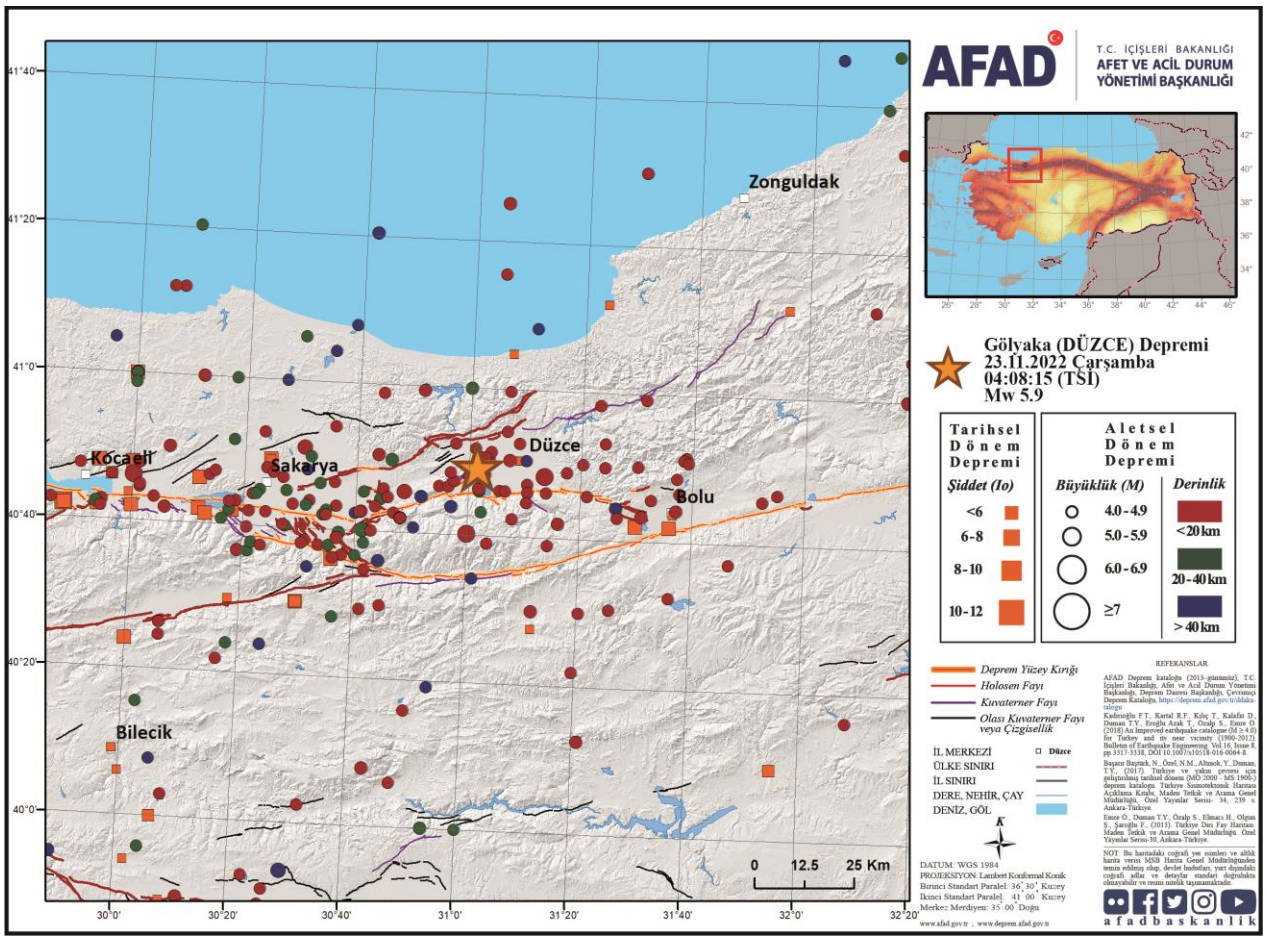
Deprem, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun bölgedeki Karadere Segmentin'den kaynaklanmıştır.

Tablo 1.3. Moment tensör çözümü



Strike 1	Dip 1	Rake 1	Strike 2	Dip 2	Rake 2
77	65	-168	342	79	-26

2 BÖLGENİN GEÇMİŞ DÖNEM DEPREM AKTİVİTESİ



Şekil 2.1. Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi.

Bölgede, 1900 yılından günümüze kadar en büyüğü 7.6 olmak üzere 313 adet M≥4.0 deprem meydana gelmiştir. Ayrıca bahsi geçen bölgeye ait, 1900 yılı öncesi için 52 adet tarihsel dönem depremi kaydı mevcuttur.

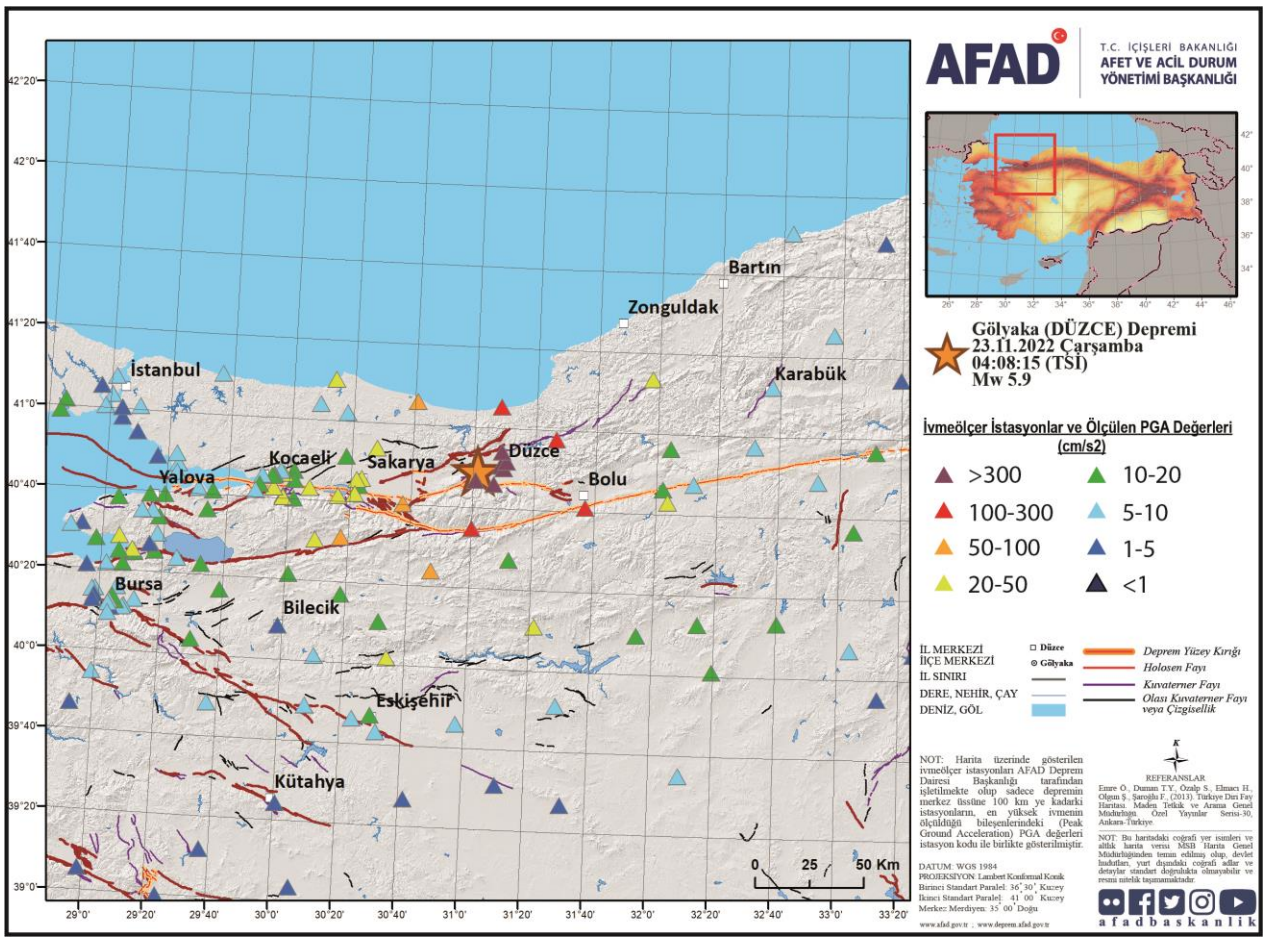
Ülkemizde hasar yapıcı deprem üreten fay hatlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunan Düzce ve yakın çevresinde **tarihsel dönemde** meydana gelen deprem kayıtları, genellikle Düzce İlinin doğusunda ve batısında Bolu, Sakarya ve Kocaeli illeri etrafında yoğunluk göstermektedir. Bu depremlerden; 181 Io=IX (Adapazarı), 967 Io=IX (Yeniçağa-Bolu), 1668 Io=VIII (Bolu-Kastamonu) depremleri şiddeti 8'in üzerinde olan depremler olarak kayıtlara geçmiş ve Düzce İlinde de hasara neden olmuşlardır. Tarihsel dönemin sonlarında 1898'de; Düzce ilinde kayıtlara geçen depremin ise şiddeti bilinmemekle beraber il genelinde güçlü şekilde hissedildiği raporlanmıştır (Şekil 2.1).

1900'den günümüze kadar (**aletsel dönem**) Düzce ve yakın çevresinde meydana gelen M≥5.0 depremlerden bazıları, 1943 Ms:6.6 (Söğütlü-Sakarya), 1944 Ms:5.5 (Merkez-Düzce), 1957 Ms:7.1

(Gölyaka), 1967 Ms:6.8 (Akyazı-Sakarya), 1999 Mw:7.6 (Gölcük-Kocaeli), Mw:7.1 (Düzce), 2021 Mw:5.0 Düzce depremleridir.

1999 yılında Düzce'de meydana gelen Mw:7.1 büyüklüğündeki deprem, bölge için bu yüzyılın en büyük depremi olarak kayıtlara geçmiştir. Söz konusu deprem, Akyazı ile Düzce ovalarını güneyden sınırlayan sağ yönlü doğrultu atımlı Düzce Fayının hareketi sonucu oluşmuştur. Bu deprem Kuzey Anadolu Fayının bir kolu olan Düzce Fayının, Efteni Gölü ile Bolu İlinin kuzey kesimleri arasında yer alan 45 km'lik bölümünün kırılmasına ve 4.5 m'lik yanal atıma neden olmuştur. 1999 depremi nedeniyle 845 kişi yaşamını yitirmiş, 2679 kişi yaralanmış ve binlerce kişi evsiz kalmıştır. Bu depremden üç ay önce meydana gelen 17 Ağustos depremi (Mw:7.6) ile birlikte Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı kesiminde Çınarcık çukurluğu ile Kaynaşlı arasında oluşan toplamda 185 km uzunluktaki yüzey kırığı üzerinde maksimum 5, ortalama 3 metre yer değiştirme meydana gelmiştir.

3 ÖLÇÜLEN İVME DEĞERLERİ



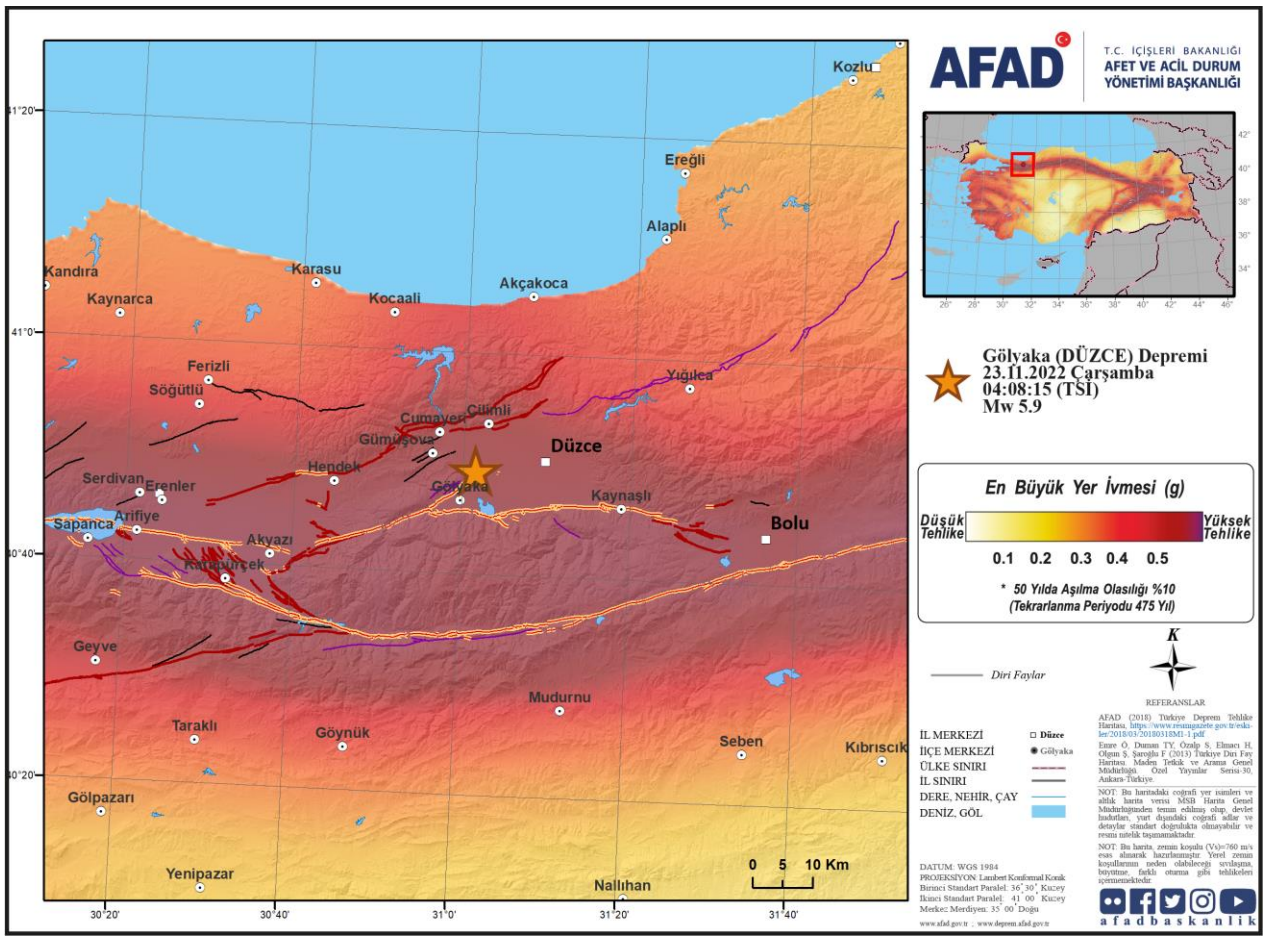
Şekil 3.1. Depremi kaydeden ivmeölçer istasyonlarının dağılımı.

Ön değerlendirme sonuçlarına göre en büyük ivme 8102 kodlu ivmeölçer istasyonunun Doğu-Batı bileşeninde 407.76 gal olarak ölçülmüştür. Depremin merkez üssüne en yakın 5 ivmeölçer istasyonun ölçtüğü ivme değerleri Şekil 3.1' de, istasyonlara ait bilgiler ise Tablo 3.1' de verilmiştir. Tüm sayısal ham ivme verilerine https://tadas.afad.gov.tr internet adresinden ulaşılabilir.

Tablo 3.1. Bölgedeki ivmeölçer istasyonlar ve ölçülen ivme değerleri

İstasyon					Ölçülen İvme Değerleri (gal)			Uzaklık R_{epi}
Kodu	**İl**	**İlçe**	**Enlem**	**Boylam**	**K-G**	**D-B**	**Düşey**	**(km)**
8109	Düzce	Gölyaka	40.7810	31.0144	265.33	356.87	237.47	4.75
8106	Düzce	Merkez	40.7670	31.1124	343.10	377.30	226.16	9.63
8101	Düzce	Merkez	40.8436	31.1489	291.64	306.75	251.97	10.62
8102	Düzce	Merkez	40.8342	31.1644	218.04	407.76	244.31	11.79
8104	Düzce	Merkez	40.8611	31.1804	353.19	367.14	226.69	13.74

4 BÖLGENİN DEPREM TEHLİKESİ



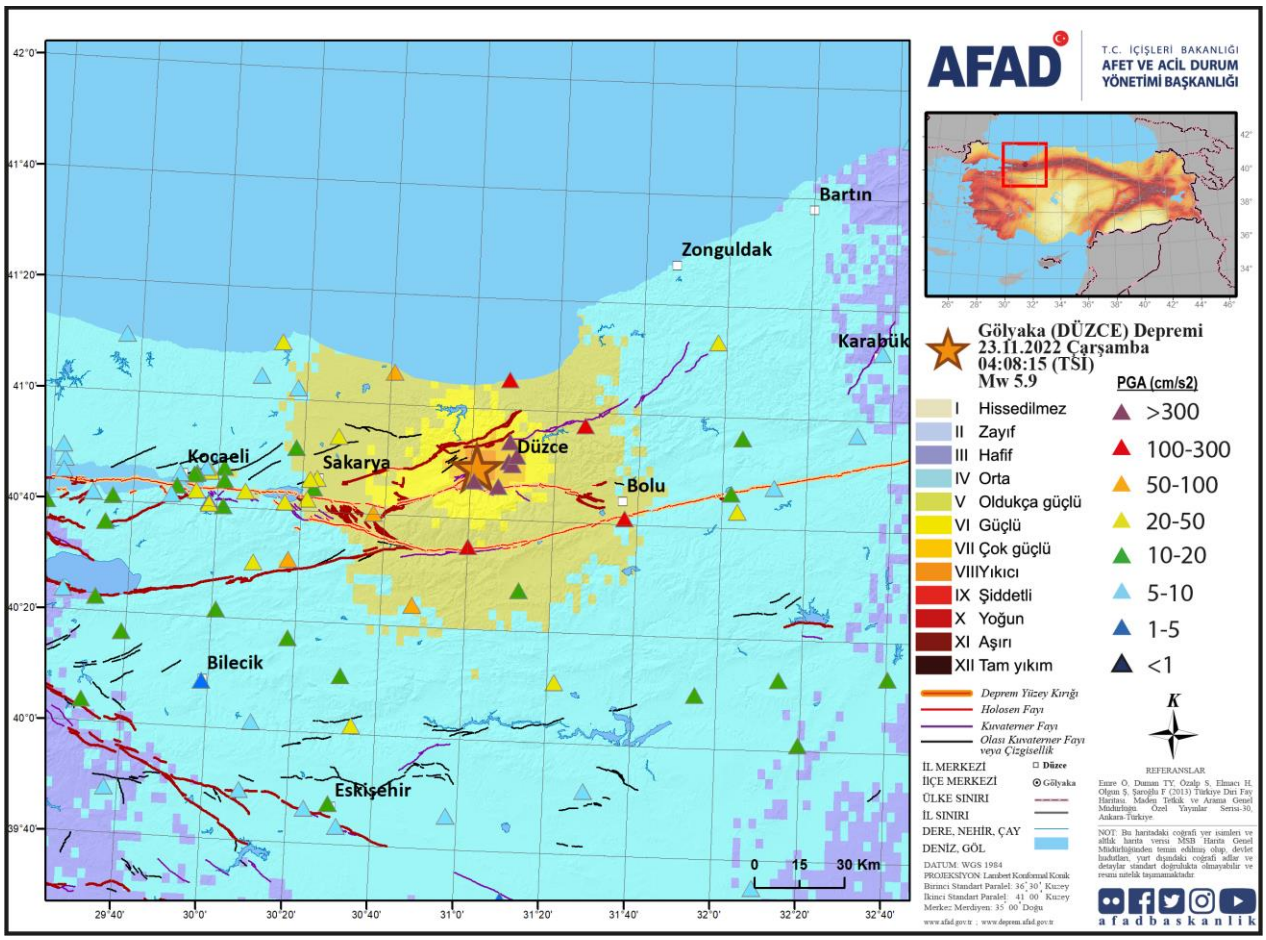
Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin deprem tehlikesi.

Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin tehlikesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Ayrıca Türkiye Deprem Tehlike Haritası interaktif web uygulamasına https://tdth.afad.gov.tr internet adresinden e-devlet aracılığı ile ulaşılabilmektedir.

Depremin meydana geldiği noktanın Türkiye Deprem Tehlike Haritasındaki PGA 475 değeri 0.593 g'dir.

.

5 DEPREMİN ŞİDDETİ



Şekil 5.1. AFAD-RED tahmini şiddet haritası.

AFAD-RED, bir deprem sonrasında Türkiye Deprem Gözlem Ağlarından alınan deprem parametrelerini kullanarak deprem bölgesindeki kayıp ve hasarın tahminini hızlı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Bu bilgiler, karar verici mekanizmalara hızlı bir şekilde can kaybı ve hasarın hangi bölgelerde daha yoğun olabileceği konusunda fikir vermektedir. Programın detayları ile ilgili bilgilere AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı'nın internet sitesinden ulaşmak mümkündür.

AFAD-RED Deprem Ön Hasar Tahmin ve Kayıp Programı, 23.11.2022 tarihinde Türkiye saati ile 04:08'de merkez üssü Gölyaka (Düzce) olan Mw: 5.9 büyüklüğündeki depremin hemen ardından depremin büyüklüğü, derinliği ve koordinatlarını kullanarak otomatik çözüm gerçekleştirmiştir. Program tarafından üretilen bu ilksel çözüm Afet Yönetimi Karar Destek Sistemi (AYDES) üzerinden karar vericiler ile paylaşılmış ve Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) hizmet gruplarının kullanımına açılmıştır (Şekil 5.1).

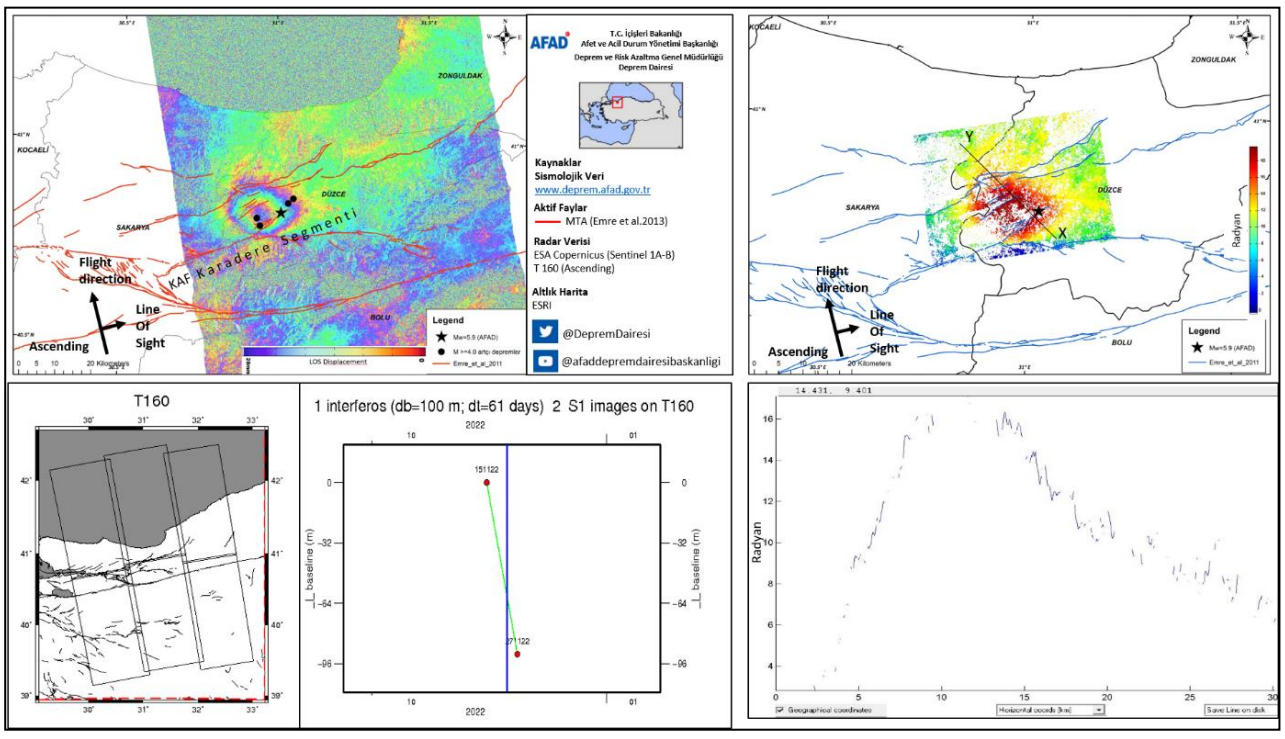
Depremin faylanma mekanizmasının değerlendirilmesinin ardından fay parametreleri de (fayın türü, eğimi, doğrultusu ve tahmini kırık uzunluğu) kullanılarak AFAD-RED ile manuel ikincil çözümler gerçekleştirilmiştir.

AFAD-RED programı tarafından üretilen sonuçlara göre deprem merkez üssüne en yakın yer olan Düzce Merkez ve Gölyaka'da maksimum şiddet VIII Yıkıcı, merkez üssüne yakın Sakarya ve Bolu illerinde V Oldukça Güçlü, İstanbul, Ankara, Bilecik, Eskişehir ve Zonguldak gibi illerde ise şiddet IV Orta olarak tahmin edilmiştir. Otomatik çözüm sonuçlarına göre tahmini hasarın Düzce Merkez ve ilçelerinde meydan gelebileceği, 371 binanın yıkık olabileceği ve 9879 kişinin geçici barınma hizmeti ihtiyacı olabileceği tahmin edilmiştir. Bu tahmin sonuçları ile ön hasar tespit sonuçları karşılaştırıldığında geçici barınma ihtiyacı duyan kişi sayısında yaklaşık olarak %60'lık bir doğruluk oranı elde edildiği görülmektedir. Öte yandan yıkık bina tahmininde ise yaklaşık olarak %17'lik bir doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu oranın düşük çıkmasının başlıca nedeninin AFAD-RED'in kullandığı hasar görebilirlik modellerinin ülke ölçeğinde geliştirilen modeller olduğu düşünülmektedir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Gölcük ve Düzce depremleri sonrası Düzce'de kapsamlı iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ile yapı stokunun büyük bir kısmı deprem yönetmeliklerine uygun olarak depreme dayanıklı hale getirilmiştir. Dolayısıyla kentte başarılı bir şekilde risk azaltma çalışması gerçekleştirilmiştir.

AFAD-RED yazılımı tarafından deprem bölgesinde kritik tesisler, ulaşım ve iletişim hatlarının tahmini yapısal hasar ve hizmet verebilme durumları da değerlendirilmiş, alt ve üst yapıların hizmet verebilme olasılığı yüksek ve orta olarak tahmin edilmiştir. Deprem sonrası alt ve üst yapılarda herhangi bir kesinti yaşanmamış olması tahmin sonuçlarının tam uyumlu olduğunu ortaya çıkartmaktadır.

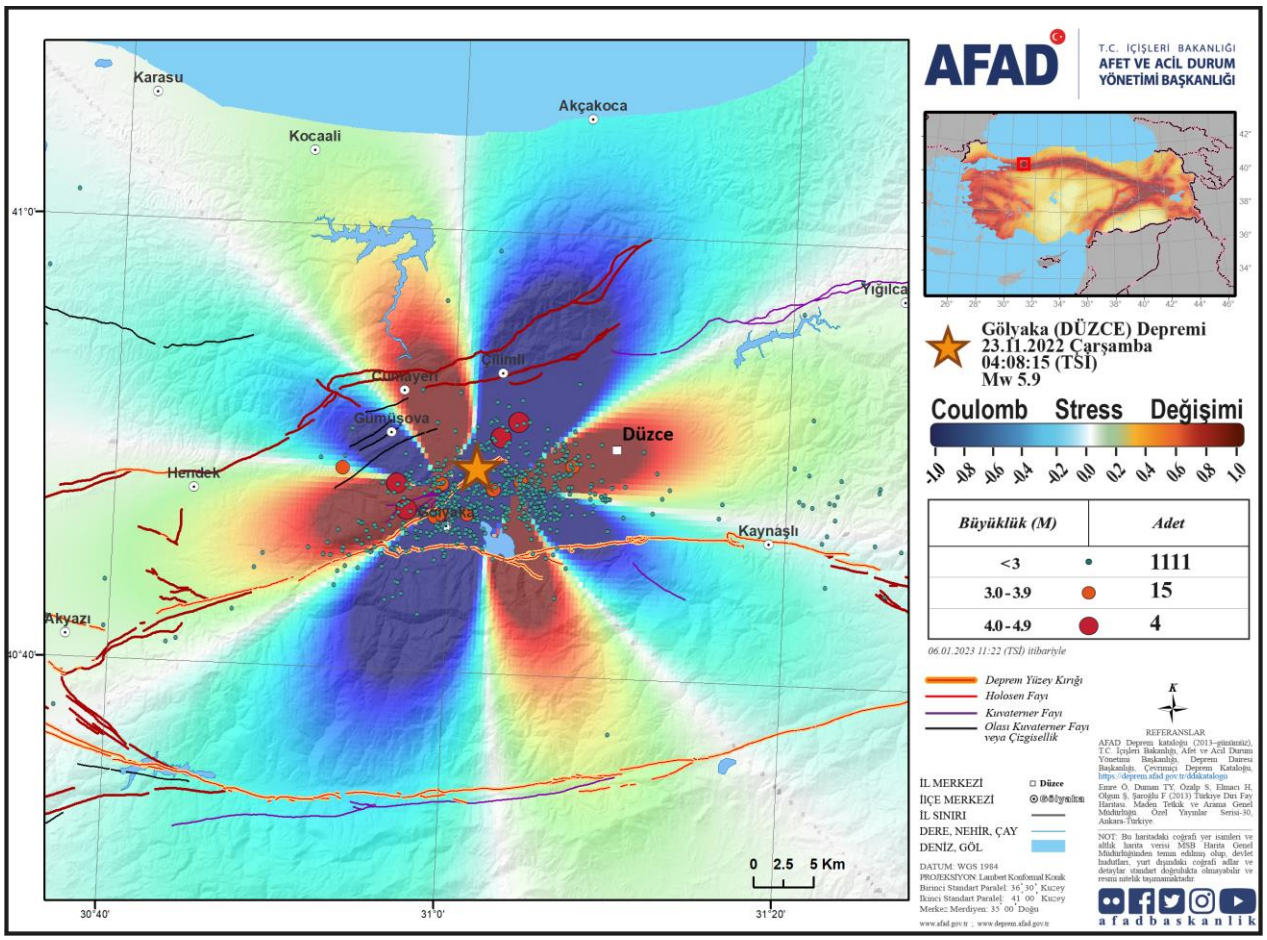
6 InSAR ÖN DEĞERLENDİRMESİ

Gölyaka (Düzce) da meydana gelen Mw:5.9 büyüklüğündeki depremden sonra bölgede meydana gelen olası co-sismik deformasyonları gözlemlemek amacıyla Sentinal 1A verilerinden yararlanılmıştır. Track 160 Ascending (yükselen geçiş güneyden kuzeye tarama) verisinden deprem öncesi ve sonrası olmak üzere 15/11/2022-27/11/2022 tarihli görüntü çiftlerinin (Şekil 4) GmtSAR Parallel Programı (Çakır, Z. et al 2018) yardımıyla çakıştırılması sonucu edilen interferogramda, depremin meydana geldiği Kuzey Anadolu Fayı'nın Karadere Segmentinin kuzeyinde düşey yönlü bazı deformasyonların gerçekleştiği MTA tarafından yapılan arazi çalışmalarında tespit edilmiştir (Özalp ve Kürçer 2022). 5.9 büyüklüğündeki depremden sonra meydana gelen büyüklüğü 4.0'ın üzerinde olan artçıların deformasyon alanı ile uyumlu olarak fayın kuzeyinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Söz konusu deformasyonların, normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı fayın düşey bileşeni ile ilgili olduğu düşünülebilir. Faz açma işlemi sonrası mirone programı yardımı ile bu çökmelerin 5 ila 8 cm arasında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Track 160 Ascending (yükselen geçiş güneyden kuzeye tarama) 15/11/2022-27/11/2022 tarihli görüntü çiftlerinin GmtSAR Parallel Programı yardımıyla çakıştırılması ile elde edilen interferogram ve Faz açma işlemi sonrası mirone programı yardımı ile hesaplanan deformasyon miktarları.

7 COULOMB GERİLME ANALİZİ



Şekil 7.1. Coulomb Gerilme Analizi Haritası.

23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) depreminin yarattığı statik gerilme değişimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Young Modülü (Elastisite modülü) 80 kbar, Poisson oranı ise 0.25 olarak alınmıştır. Bu değerler, 32 GPa makaslama modülüne karşılık gelmektedir. Efektif sürtünme katsayısı 0.4 olarak seçilmiştir. Kaynak fay düzleminin yönelim parametreleri (azimut, dalma ve kayma açısı) için AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı odak mekanizması çözümü kullanılmıştır (Tablo 1.2). Fay düzleminin başlangıç ve bitiş noktaları (uzunluğu) için Wells ve Coppersmith (1994) ampirik ilişkilerinden yararlanılarak ~6.5 km lik bir fay düzlemi tanımlanmıştır. Gerilme değişimi hesaplamaları, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından verilen 6.81 km odak derinliğine uygun olarak 7.0 km derinlik için yapılmıştır. Fay düzlemi üzerindeki kayma vektörü ise AFAD odak mekanizması çözümü ile moment büyüklüğü ve kayma vektörü arasındaki ampirik ilişkiler yardımıyla 76 cm sağ yanal doğrultu atım ve 16 cm normal atım olarak alınmıştır. Fay düzlemi üzerindeki toplam atım, yine AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından hesaplanan deprem büyüklüğü ve buna bağlı sismik moment yardımıyla ~0.78 m olarak hesaplanmıştır. Statik

gerilme değişimleri Gölyaka fay düzlemi ve hemen yakınında çok daha yüksek değerler alabilmekle birlikte, fay düzleminin hemen dışındaki değerler 1 bar'ın altındadır. Gölyaka Depreminin Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Bolu'nun batısında kalan segmenti üzerindeki etkisi 0.1 bar'ın altında kalmaktadır.

Bölgedeki mevcut gerilme bütçesini kesin olarak bilmek mümkün olmamakla birlikte, dünyadaki benzer sistemler ile uyumlu olarak 100-200 bar dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Depremler sonrasındaki dinamik gerilme değişimleri çok daha büyük değerler alabilmekle birlikte, depremlerden sonra yakın çevrede oluşan statik gerilme değişimleri 1-3 bar mertebesindedir. Bu rakam, yerin mevcut gerilme bütçesi (100-200 bar) içinde oldukça küçük kalmaktadır. Statik gerilme değişiminin bir diğer özelliği ise, deprem sonrası oluşan gerilme değişiminin mesafeye bağlı olarak çok hızlı sönümlenmesidir. Statik gerilme değişimleri yaklaşık olarak uzaklığın küpü ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Çok büyük depremlerde (örneğin 2011 Tohoku 9.0) dahi statik gerilme değişiminin 200-300 km de sönümlendiği görülmektedir. Tohoku Depreminin uzak alandaki etkisi bile maksimum 10 bar civarındadır.

Kuzey Anadolu Fay Sistemininin bölgedeki segmentleri üzerindeki yıllık kayma hızı 20-22 mm/yıl dır. Söz konusu yıllık kayma hızları kullanıldığında, KAF üzerinde bölgedeki yıllık gerilme birikimi ortalama 0.1-0.2 bar civarında bulunmaktadır. Gölyaka depreminin yarattığı gerilme değişiminin 1 bar'ın altında olduğu düşünüldüğünde bu rakam en fazla 1 yıllık bir değişime karşılık gelmektedir. Diğer bir deyimle, Gölyaka Depreminin etkisi zaten olacak bir depremin 1 yıl öne alınmasından öte olmayacaktır. Bu bölgedeki depremlerin tekrarlanma aralıkları dikkate alındığında (150-500 yıl) söz konusu statik gerilme değişiminin oldukça küçük kaldığı değerlendirilebilir.

8 SAHA GÖZLEMLERİ

Gölyaka (Düzce)'da meydana gelen deprem nedeniyle, Başkanlığımız Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü ve Düzce İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelinden oluşan ekibimizce, 23 Kasım-02 Aralık 2022 tarihleri arasında, arazi ve büro çalışmaları yapılmıştır.

8.1 Planlama ve Hazırlık Çalışmaları

Gölyaka (Düzce) Depremi merkez üssünün Karadere Fayı üzerinde yer alması nedeniyle bu fay üzerinde bulunan ve faya en yakın yerleşim birimlerinden başlamak kaydıyla, muhtarlar ile iletişime geçilmiş ve önceliklendirme yapılarak "arazi inceleme planı" oluşturulmuştur.

Ayrıca, arazi çalışmalarında kullanılmak üzere gerekli doküman, alet, araç ve gereçler hazırlanmıştır. Arazi çalışmalarının seyrine göre de "arazi inceleme planı" sürekli güncellenmiştir.

8.2 Arazi Çalışmaları

Ekibimizce hazırlanan "arazi inceleme planı" dâhilinde arazi çalışmalarına 23 Kasım 2022 tarihi itibarı ile başlanılmıştır. Arazi çalışmalarında;

- Gölyaka Depremi'nin hangi fay veya faylardan kaynaklandığı,
- Gölyaka Depremi'nin arazide yüzey faylanması meydana getirip getirmediği,
- Gölyaka Depremi nedeniyle arazide yüzey deformasyonlarının oluşup oluşmadığı,
- Gölyaka Depremi'nin arazide gaz çıkışına neden olup olmadığı,
- Gölyaka Depremi'nin heyelan ve kaya düşmesi gibi kütle hareketlerini tetikleyip tetiklemediği,
- Gölyaka Depremi'nin yapı ve kamu tesislerinde meydana getirdiği hasarların ön değerlendirilmesi vb. konularında araştırma yapılmıştır.

Aşağıdaki tabloda belirtilen alanlarda arazi çalışmaları yapılmıştır.

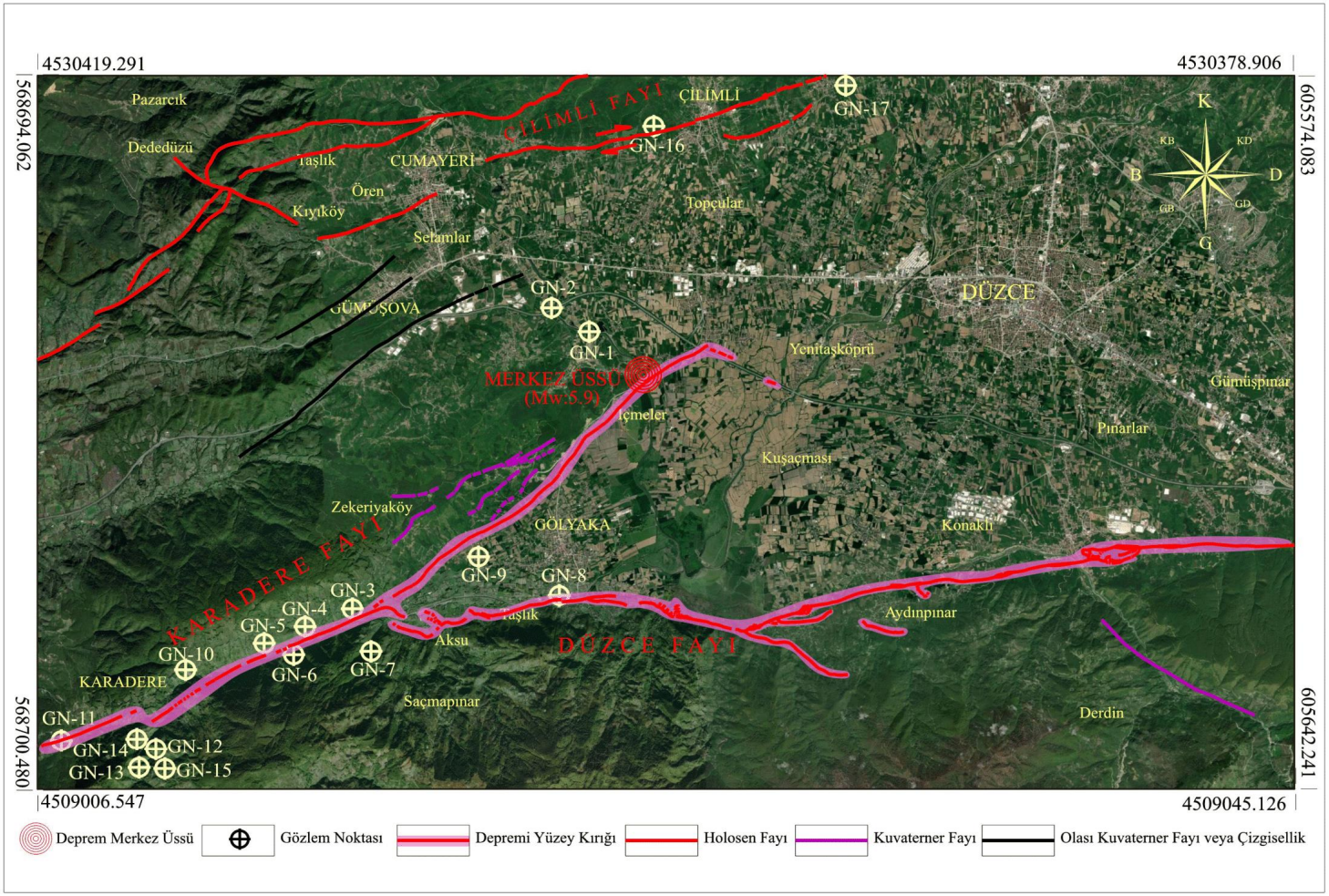
Tablo 8.1. Arazi incelemesi yapılan yerleşim birimlerini gösteren tablo

İLİ	İLÇESİ	MAHALLESİ/KÖYÜ
DÜZCE	Merkez	Köprübası-Ömerefendi
DÜZCE	Merkez	Yayakbaşı
DÜZCE	Gölyaka	Merkez Mahalleleri
DÜZCE	Gölyaka	Kemeryanı
DÜZCE	Gölyaka	Yazlık
DÜZCE	Gölyaka	Sarıdere
DÜZCE	Gölyaka	İçmeler
DÜZCE	Gölyaka	Kuyudüzü
DÜZCE	Gölyaka	Yeşilova
DÜZCE	Gölyaka	Bekiroğlu
DÜZCE	Gölyaka	Muhapdede
DÜZCE	Gölyaka	Hacısüleymanbey
DÜZCE	Gölyaka	Aksu
DÜZCE	Gölyaka	Değirmentepe
DÜZCE	Gölyaka	Hamamüstü
DÜZCE	Gölyaka	Taşlık
DÜZCE	Gölyaka	Hacıyakup
DÜZCE	Gölyaka	Açma
DÜZCE	Gölyaka	Çay
DÜZCE	Gölyaka	Zekeriyaköy
DÜZCE	Gölyaka	Esen
DÜZCE	Gümüşova	Elmacık
DÜZCE	Gümüşova	Sultaniye
DÜZCE	Gümüşova	Yakabaşı
DÜZCE	Çilimli	Merkez Mahalleri
DÜZCE	Merkez	Büyük Melen Çayı
SAKARYA	Hendek	Kadifekale
SAKARYA	Hendek	Karadere
SAKARYA	Hendek	Güney

Arazi gözlemlerine dayalı olarak depreme kaynaklık eden Karadere Fayı üzerinde yüzey faylanması gelişmemiştir.

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Çilimli Fayı'nda yapılan incelemelerde depreme bağlı yüzey deformasyonları ve depremin tetiklediği heyelan ve kaya düşmesi olaylarına rastlanmamıştır; ancak, Düzce Ovasının güneyini sınırlayan Düzce Fayı üzerinde iki gözlem noktasında lokal ölçekte yüzey deformasyonu ile kaya düşmesi olayı, Karadere Fayı üzerinde ve yakın civarında bulunan birçok gözlem noktasında yüzey deformasyonları ve depremin tetiklediği heyelan ve kaya düşmesi olayları ile bir gözlem noktasında ise 2017 yılında açıldığı mahallinde ifade edilen bir sondaj kuyusundan suyla birlikte gaz çıkışı gözlemlenmiştir.

Bu tür olayların gözlemlendiği yerlere ilişkin olarak Gözlem Noktaları (GN) tesis edilmiş ve bu noktaların bulunduğu yerler aşağıdaki uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 8.1. Arazi Çalışmaları Gözlem Noktaları (GN).

Diri Faylar için Kaynak: Emre vd., 2013

8.2.1 Arazi Çalışmaları Gözlem Noktaları

Gölyaka Depremi Merkez Üssü:

23.11.2022 tarihinde Türkiye saati ile 04:08'de merkez üssü Gölyaka (Düzce) olan Mw:5.9 büyüklüğünde 40.8230 Enlem ve 31.0250 Boylamında bir deprem meydana gelmiştir. Yerin 6.81 km derininde meydana gelen bu depremin en yakın yerleşim birimi olan Düzce ilinin Gölyaka ilçesine bağlı Kemeryanı köyüne uzaklığı 0.82 km'dir.

Gözlem No-1: Düzce Merkez Yayakbaşı ve Gölyaka Sarıdere köyleri arasından geçen Büyükmelen Çayı'nın her iki yakasında deprem nedeniyle yanal yayılmalara bağlı kırık ve çatlaklar ile zemin sıvılaşmaları gözlemlenmiş ve bu yapılar koordinatlı hale getirilerek Gözlem No-1 uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. İnceleme alanı Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmaktadır. Çaya yakın kesimde meydana gelen zemin sıvılaşma yüzeyinde açık gri renkli kum gözlenirken, çaya 120 m uzaklıkta bulunan zemin sıvılaşmasında ise açık kahve renkli siltli kum gözlemlenmiştir.


(a)
N
200 m
Yayakbaşı göleti
Yayakbaşı
Sarıdere
Büyükmelen Çayı
Açıklama
Daireler (Sıvılaşmanın görüldüğü yerler)
Yanal yayılma
Yerleşim birimi
Google Earth
Image © 2022 Maxar Technologies







Şekil 8.2. Gözlem Noktası-1 Uydu Görüntüsü (a), Yanal yayılma sonucu oluşan K-G yönelimli kırıktan görünüm (b), Sıvılaşmalardan görünüm (c-d).

Gözlem No-2: Ankara-İstanbul Otoyolu, Düzce Merkez Sultaniye Köyü'nün batısındaki viyadük yakınlarında yine Büyükmelen Çayı'nın sol sahili ve toprak dolgudan oluşan servis yolu üzerinde depreme bağlı olarak yanal yayılma çatlakları gözlemlenmiş olup, koordinatlı hale getirilerek uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 8.3. Gözlem Noktası-2 Uydu Görüntüsü (a), Otoyol viyadüğünün kuzeyinde gözlenen zemin deformasyonları (b), güneyinde gözlenen zemin deformasyonları görüntüleri (c).

Gözlem No-3: Eski bir heyelan kütlesi üzerinden geçen, Muhapdede ve Bekiroğlu Köyleri-Gölyaka bağlantı yolu üzerinde depreme bağlı olarak 7-8 cm'lik kırık-çatlaklar meydana gelmiş ve eski heyelan kütlesi olan bağlantı yolu şevinde de heyelan ve kaya düşmesi olayları gelişmiştir. Alan koordinatlı hale getirilerek uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. İnceleme alanı; aglomera, tüf, andezit, bazalt ve volkanojenik kumtaşından oluşan Eosen yaşlı Yığılca Formasyonundan oluşmaktadır.







Şekil 8.4. Gözlem Noktası-3 Uydu Görüntüsü (a), Muhapdede ve Bekiroğlu Köyleri-Gölyaka bağlantı yolunda gelişen yüzey deformasyonu (b), Bağlantı yolu şevindeki deprem sonucu tetiklenen heyelan ve kaya düşmesinden görünüm (c).

Gözlem No-4: Değirmentepe köyünde, depremin tetiklemesiyle lokal bir heyelan olayı meydana gelmiş olup konutun hemen kuzeyindeki yamacın, kaptajdan sızan suyun zemini suya doygun hale getirmesi ve depremin tetiklemesi nedeniyle oluştuğu gözlemlenmiştir. İnceleme alanı; kumtaşı, şeyl ve konglomeradan oluşan Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonundan oluşmaktadır.



Şekil 8.5. Gözlem Noktası-4 Uydu Görüntüsü (a), Yeni gelişen lokal heyelana ait görünüm (b).

Gözlem No-5: Değirmentepe Köyü-Hendek yolunda, Karadere Fayı'nın mevcut fay aynasında depremin tetiklemesiyle birlikte heyelan ve kaya düşmesi olayları meydana gelmiştir. İnceleme tarihi itibarıyla yolun trafiğe açık olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 8.6. Gözlem Noktası-5 Uydu Görüntüsü (a), Deprem sonrası yolun kapanmasına neden olan heyelan ve kaya düşmesi olayı. (Yolun kapalı hali) (b), Yolun açık hali (c).

Ayrıca, alanda fay breşleri ile düşen bazı kaya bloklarında kayma çiziklerine rastlanmıştır.



Şekil 8.7. 5 Nolu Gözlem Noktasındaki fay breşleri ve kayma çizikleri gözlenen kaya blokları.

Gözlem No-6: Değirmentepe Köyünde 24.05.2001 tarihli jeolojik etüt raporuna istinaden, heyelan nedeniyle alınan 03.09.2001 tarih ve 2001/3045 sayılı afete maruz bölge kararı bulunan alanda depreme bağlı aktivite gözlemlenmemiştir. İnceleme alanı; kumtaşı, şeyl ve konglomeradan oluşmaktadır.



Şekil 8.8 Gözlem Noktası-6 Uydu Görüntüsü (a), 2001 tarihli afete maruz bölge kararı bulunan alandan görünüm (b).

Gözlem No-7: Çayköy'ün yaklaşık 1 km güneybatısındaki ormanlık alan içerisindeki yol şevinde, depremin tetiklediği, döküntü şeklinde, en büyüğü yaklaşık 1 m^3 ebadında kaya bloklarının düştüğü gözlemlenmiştir. Yolun temizlenerek ulaşıma açıldığı görülmüştür. İnceleme alanının zeminini; kumtaşı, şeyl ve konglomeradan oluşan Eosen yaşlı birimler oluşturmaktadır.



Şekil 8.9. Gözlem Noktası-7 Uydu Görüntüsü (a), Kaya düşmesinden görünüm (b).

Gözlem No-8: Taşlık köyü-Gölyaka bağlantı yolunun, Aksu Çayı üzerindeki köprü girişinde, deprem sonrası oluştuğu ifade edilen yaklaşık 0.5 cm'lik çatlak meydana geldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 8.10. Gözlem Noktası-8 Uydu Görüntüsü (a), Köprü girişindeki yoldaki çatlak (b).

Gözlem No-9: Gölyaka'nın, Yeşilova köyünde, sulama amaçlı açılan artezyen kuyusundaki kükürt kokulu sudaki gazın, ateş atılınca, 3-5 dakika kadar yandığı gözlemlenmiştir.

Muhtar Halit Zerin tarafından; *"4-5 yıl kadar önce, yaklaşık 100 m derinliğinde sulama amaçlı açılan kuyudan suyla birlikte gaz çıktığını, gazın saatlerce yandığını, bu durumun ise Gölyaka Depremi ile bir alakasının olmadığı; ancak depremden 4 ay kadar önce gazın yanma süresinin 3-5 dakikaya kadar düştüğü"* ifade edilmiştir.





Şekil 8.11. Gözlem Noktası-9 Uydu Görüntüsü (a), Artezyen kuyusundaki gazın yanmasından görünüm (b).

Gözlem No-10: Gölyaka-Değirmentepe-Hendek yolunun 1.85 km'sinde, Eosen yaşlı volkanitlerden oluşan yol şevinde, depremin tetiklediği, döküntü şeklinde kaya bloklarının düştüğü gözlemlenmiştir. Yolun temizlenerek ulaşıma açıldığı görülmüştür. İnceleme alanı kumtaşı, şeyl ve konglomeradan oluşan Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu'ndan oluşmaktadır.



Şekil 8.12. Gözlem Noktası-10 Uydu Görüntüsü (a), Kaya düşmesi olayı. (Yolun kapalı hali) (b), Yolun açık hali (c).

Gözlem No-11: Karadere Köyünde, köy halkı tarafından, 1999 Depremine ait olduğu ifade edilen yüzey kırığının izleri gösterilmiştir. Aradan geçen 24 yıla rağmen kanal halini almış olan yüzey kırığı arazide hâlâ gözlemlenebilmektedir.

Söz konusu yüzey kırığının 3 km doğudaki Aksu Çayı'na kadar uzandığı mahallinde ifade edilmiştir.



Şekil 8.13. Gözlem Noktası-11 Uydu Görüntüsü (a), Karadere Köyünde gelişmiş 1999 Depremi yüzey kırığından görünüm (b).

Gözlem No-12: Kadifekale-Güney Mahalleleri arasındaki yol şevinde, deprem nedeniyle, eski heyelan kütlesi aktivite kazanmış ve heyelanın güney kanadına bitişik olarak yeni bir heyelan olayı meydana gelmiş olup, heyelan kütlesi içerisindeki irili ufaklı kaya blokları yolun kapanmasına neden olmuştur. İnceleme tarihi itibariyle yol temizlenerek ulaşıma açılmıştır. Ayrıca, Aksu Çayı'nın sol sahilinde dere içerisinde lokal ölçekte bir heyelan olayı gözlemlenmiş olup söz konusu heyelanın depremden sonra geliştiği mahallinde ifade edilmiştir.



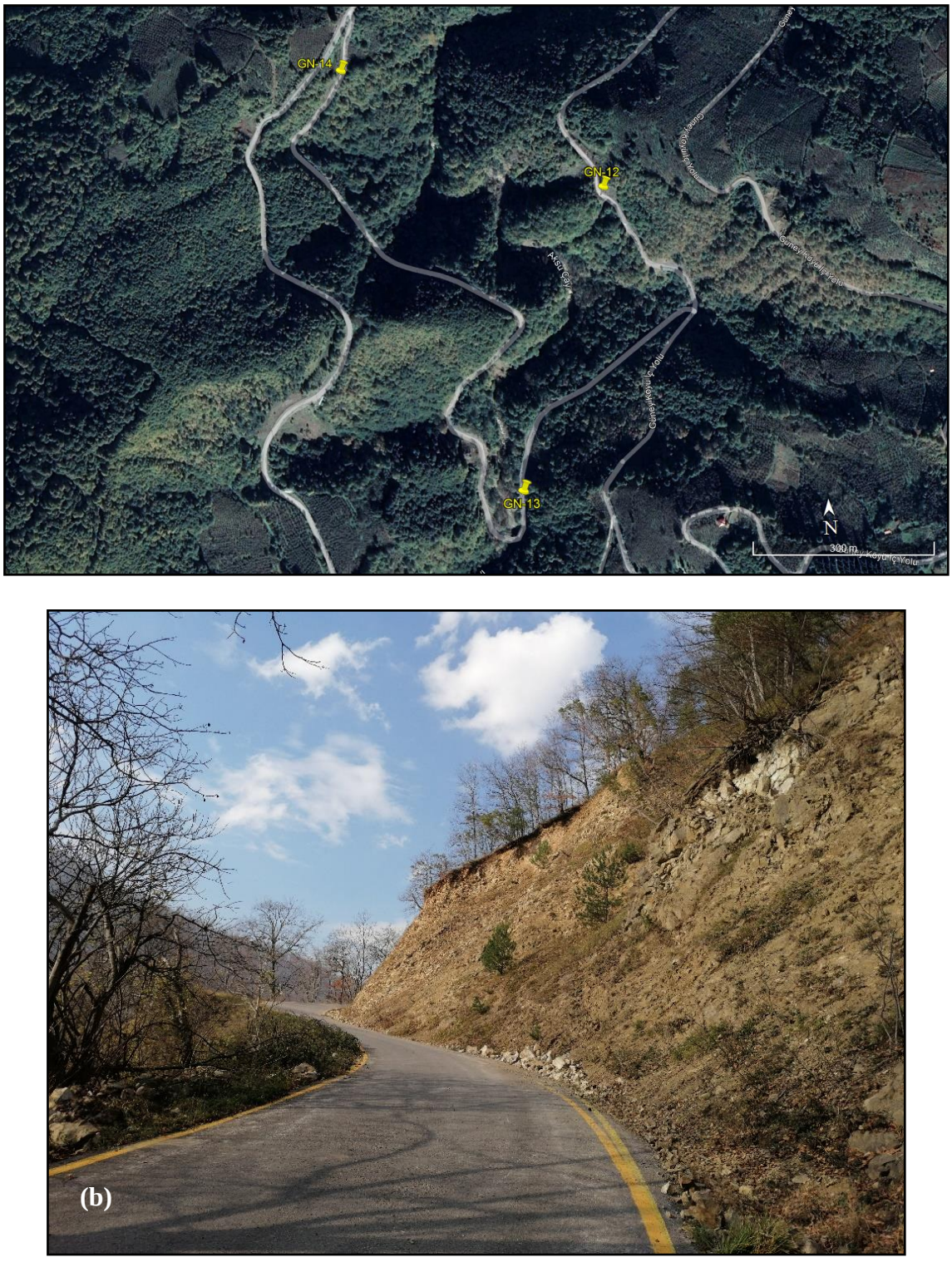
Şekil 8.14. Gözlem Noktası-12 Uydu Görüntüsü (a), Yol kenarındaki heyelan-kaya düşmesinden görünüm (b), Aksu Çayı kenarındaki heyelana ait görünüm (c).

Gözlem No-13: Kadifekale-Güney-Karadere ve Aksu Mahalleleri bağlantı yolu şevinde, deprem nedeniyle, kaya düşmesi olayı gözlemlenmiştir.



Şekil 8.15. Gözlem Noktası-13 Uydu Görüntüsü (a), Yoldaki kaya düşmesi nedeniyle oluşan deformasyonlar (b), Yol üzerinde gelişen çukur (c).

Ayrıca, GN-12-GN-13 ve GN13- GN-14 gözlem noktaları arasındaki yol şevlerinde çok sayıda yamaç döküntüsü şeklinde kaya düşmesi ve heyelan olayları gözlemlenmiştir. Bazı yol şevlerinde çatlak sistemlerinin geliştiği gözlemlenmiş olup, bu çatlakların depremden sonra geliştiği vatandaşlar tarafından ifade edilmiştir.



Şekil 8.16. Gözlem Noktası-12-13-14 Uydu Görüntüsü (a), Gözlem No-12 ile Gözlem No-13 arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi (b).

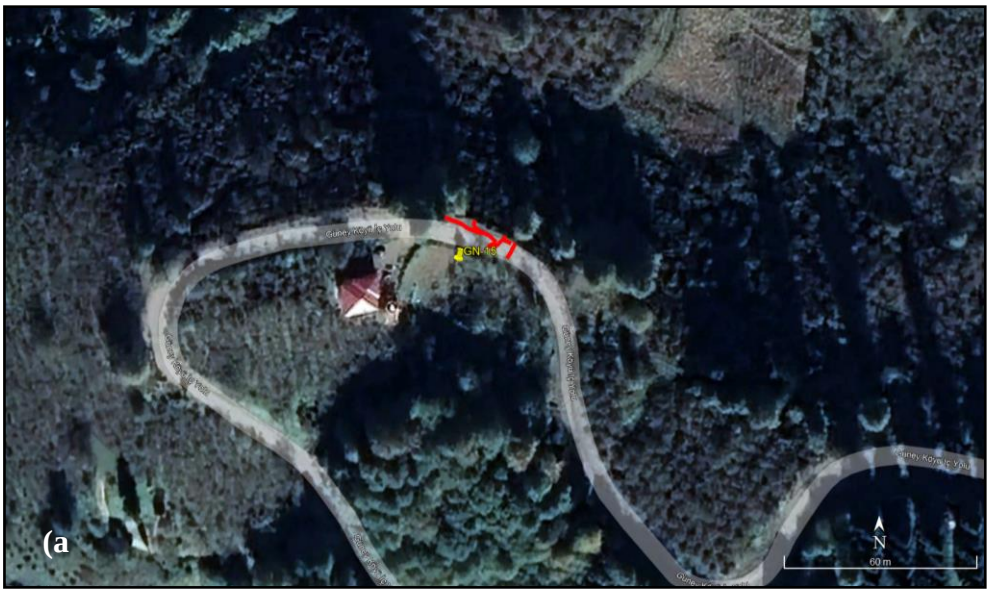


Şekil 8.17. GN-13 ve GN-14 gözlem noktaları arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi ve heyelanlar.



Şekil 8.18. GN-13 ve GN-14 gözlem noktaları arasındaki yol şevlerindeki kaya düşmesi ve heyelanlar.

Gözlem No-15: Güney Mahallesinde yol üzerinde depreme bağlı olarak 5-10 cm'lik kırık-çatlaklar meydana geldiği gözlenmiştir. Çatlak sistemi koordinatlı hale getirilerek uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. GN-15'in depremin merkez üssüne uzaklığı kuş uçuşu 18.5 km'dir.

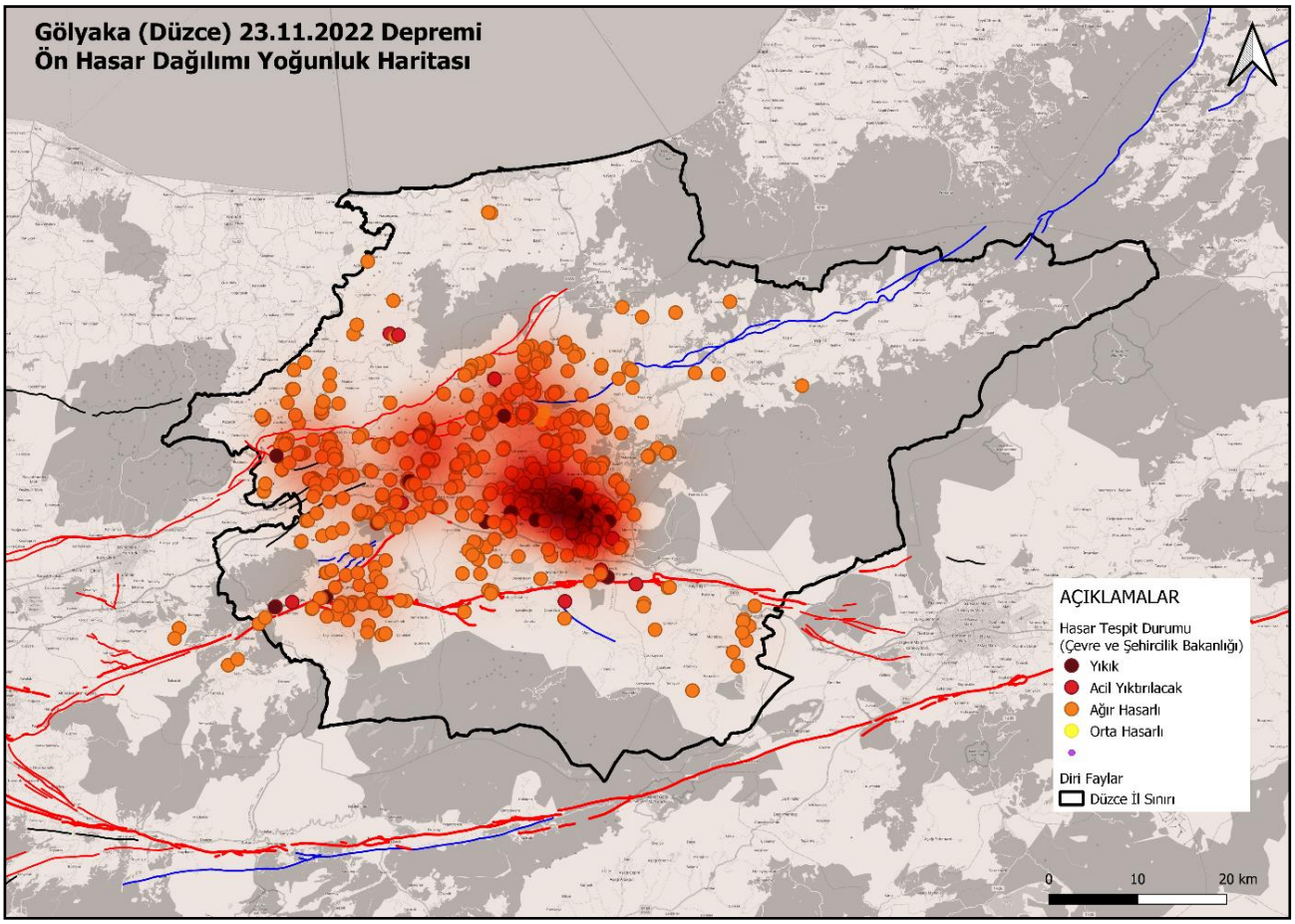




Şekil 8.19. Gözlem Noktası-15 Uydu Görüntüsü (a), Yoldaki çatlaklara ait görünüm (b).

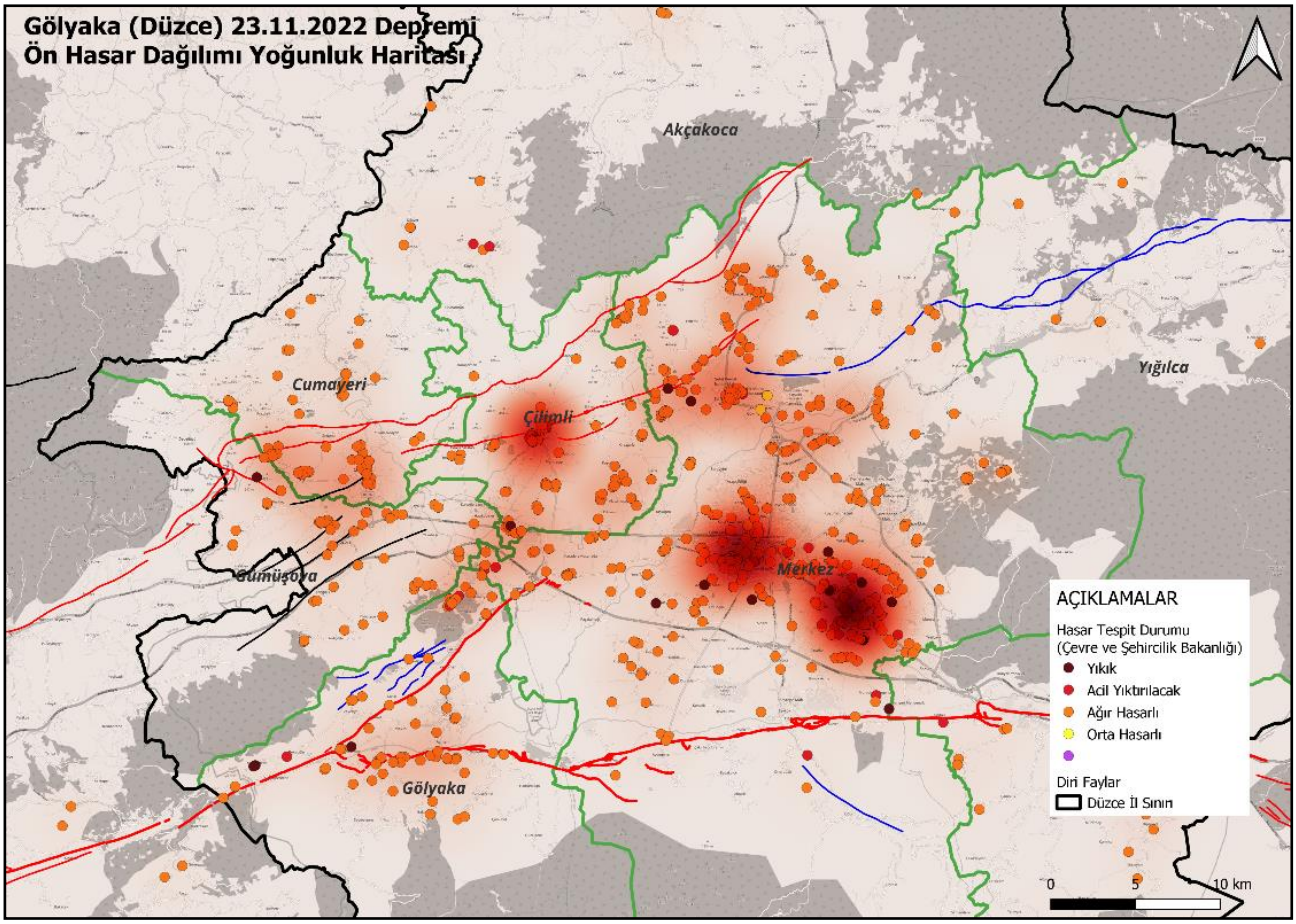
9 GÖLYAKA (DÜZCE) DEPREMİ ÖN HASAR TESPİT ÇALIŞMALARI

Gölyaka (Düzce) Depremi nedeniyle, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca, 08.12.2022 tarihi itibarıyla Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) kapsamında yapılan Ön Hasar Tespit Çalışmalarına göre; 59.852 binadan 729 ağır hasarlı, 7 orta, 43 acil yıkılacak, 19 yıkık ve 6126 bina az hasarlı olarak tespit edilmiştir. Yıkık, Acil Yıktırılacak, Ağır Hasarlı, Orta Hasarlı Binaların Ön Hasar Dağılımı Yoğunluk Haritası aşağıdaki haritada gösterilmiştir.



Şekil 9.1. Gölyaka (Düzce) Ön Hasar Dağılımı Yoğunluk Haritası.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerinden derlenerek hazırlanmıştır.



Şekil 9.2. Gölyaka (Düzce) Ön Hasar Tespitlerinin İlçelere Göre Dağılımı Yoğunluk Haritası.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerinden derlenerek hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

AFAD (2018) Türkiye Deprem Tehlike Haritası, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-1.pdf

AFAD Deprem Kataloğu (2013-Günümüz), T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü, Deprem Dairesi Başkanlığı, Çevrimiçi Deprem Kataloğu, https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog.

Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ.E., 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. ve diğerleri, 2011, 1:1.250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara-Türkiye.

Başarır Baştürk, N., Özel, N.M., Altınok, Y., Duman, T.Y., (2017). Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000 - MS 1900-) deprem katalogu. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayınlar Serisi- 34, 239 s. Ankara-Türkiye.

Çakır, Z., Ergintav, S., Doğan, U., Kadirioğlu, F.T., Khalifa, A., Aslan, G. (2018). Deformasyon takibi ve hasar dağılım haritalarının sentinel sar verileri kullanılarak otomatik olarak oluşturulması: Kuzey Anadolu Fayı İzmit-Pilot bölge çalışması. UDAP-G-16-02 No.lu Proje Sonuçları.

Duman, T.Y., Çan, T. ve Emre, Ö., 2011, 1/1.500.000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayınlar Serisi-27, Ankara, Türkiye. ISBN: 978-605-4075-84-3.

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

Emre, Ö. vd. (MTA), Varol, B. vd. (A.Ü.), 1999. 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim Alanlarının Jeolojik İncelemesi.

Emre. Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., 2011. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Adapazarı (NK 36-13) Paftası. Seri No: 14, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.

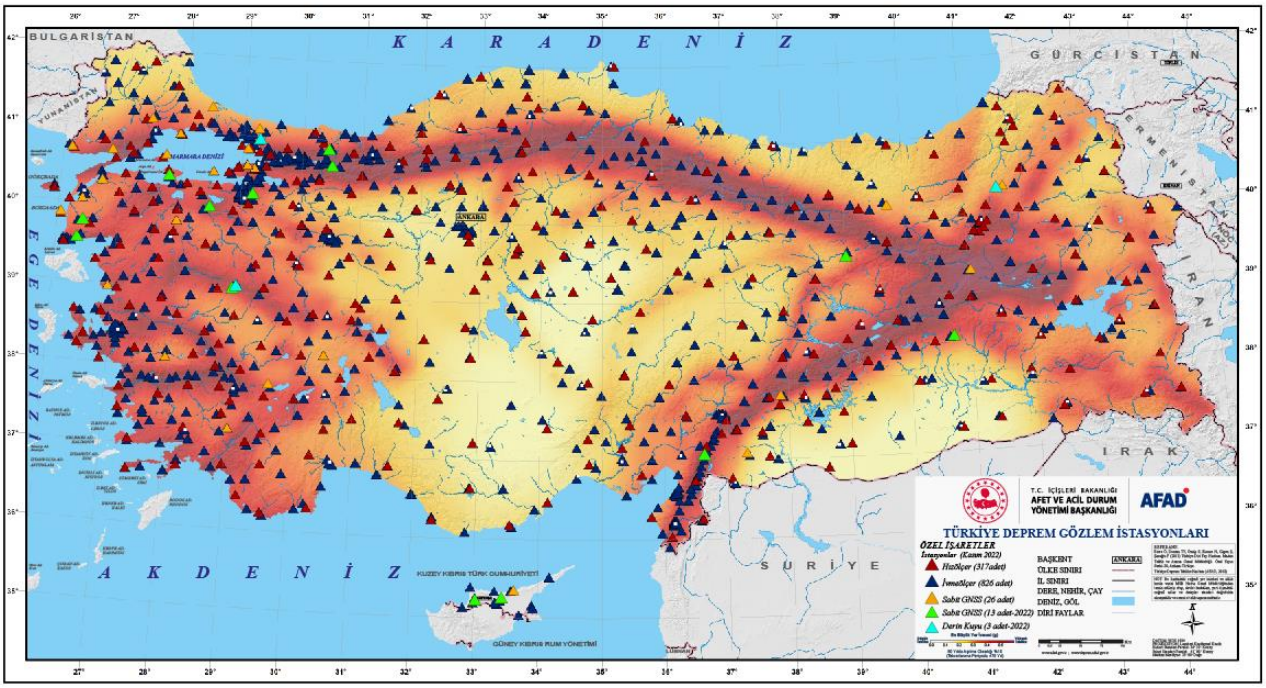
Kadirioğlu, F.T., Kartal, R.F., Kılıç, T. et al. An improved earthquake catalogue (M ≥ 4.0) for Turkey and its near vicinity (1900–2012). Bull Earthquake Eng 16, 3317–3338 (2018). https://doi.org/10.1007/s10518-016-0064-8

MTA Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U), 1999, "17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim Alanlarının Jeolojik İncelenmesi", TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu 59 s.

Özalp, S ve Kürçer A. (2022) 23 Kasim 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi (Mw 6,0) Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.

Wells, D. L., & 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, 84(4), 974-1002.

TÜRKİYE DEPREM GÖZLEM AĞI



Türkiye Deprem Gözlem Ağı

Bölgenin sismik aktivitesi, Avrupa'nın 2. büyük deprem gözlem istasyon ağına sahip T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI AFAD tarafından 7/24 izlenmektedir..

Kamuoyunun bilgilerine sunulur.

İLETİŞİM

T.C.
İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü
Deprem Dairesi Başkanlığı

Telefon : 0312 258 21 55

İnternet
www.deprem.afad.gov.tr

E-posta
deprem@afad.gov.tr

Adres
Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı
No: 159 Çankaya/ANKARA