

**Boğaziçi Üniversitesi,  
Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü  
Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**23 KASIM 2022 Mw:6 DÜZCE DEPREMİ  
ÖN DEĞERLENDİRME RAPORU**

**1.12.2022**

## KUVVETLİ YER HAREKETLERİ

(Gülüm Tanırcan, Ali Pınar, Emrecañ Adanır, Murat Çalıkoğlu)

23 Kasım 2022 (Mw6) Düzce depremi kuvvetli yer hareketleri AFAD tarafından işletilen 182 adet kuvvetli yer hareketi kayıtçısı tarafından kaydedilmiştir. Ham ve işlenmiş kayıtlar ve yer hareketi parametreleri <https://tadas.afad.gov.tr> adresinde mevcuttur.

Bu raporda merkezüssüne en yakın konumda (Repi < 40 km) yer alan 10 istasyonun (Şekil 1) kayıtlarına ait ivme-zaman, hız-zaman grafikleri, Fourier Genlik Spektrumları ile en yakın alan kayıtlarının spektral ivme (Sa) değerleri ve istasyon konumları ve zemin tiplerine göre hesaplanmış DD2 deprem seviyesi tasarım spektrumları ile karşılaştırmaları verilmiştir.

Depremde kaydedilen en büyük ivme (PGA) merkezüssüne 14km (Repi) uzaklıkta olan 8105 istasyonunda her iki yatay yönde de 0.59 g olarak ölçülmüştür. Yapılan saha gözleminde istasyonun çok yakınında ve yapısal kusurları bulunan bir binada hiçbir yapısal hasar bulunmaması bu ivme değerinin gerçekçi olmadığı şeklinde yorumlanmıştır (kişisel iletişim: Ü.Mert Uysal). Depremde en büyük hız (PGV) değerleri ise 0.74 m/s (EW) 8102 istasyonunda görülmektedir. Merkezüssüne en yakın konumda bulunan 8109 istasyonu Vs30 = 183 m/s olan zemin üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda kaydedilen PGA ve PGV sırasıyla 0.36g (EW)/0.27g(NS) ve 0.23m/s (EW)/0.44m/s (NS) dir (Şekil 2, 3). Yakın fay bölgesindeki kuvvetli yer hareketi kayıtlarının PGA ve PGV değerleri doğu batı bileşenlerinde daha yüksektir. Kayıtların hız-zaman grafiklerine bakıldığında 8101, 8102, 8104 ve 8105 istasyonlarında her iki yatay bileşende de kısa süreli, 1.2-2 s periyotlu ve yüksek genlik ile belirgin olan ileri yönlenme etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler, davranış spektrumlarında (Şekil 4) orta uzun spektral periyod bölgesinde yüksek spektral genlikler olarak görülmektedir. Buradan deprem sırasında yırtılmanın kuzeydoğuya doğru ilerlediği düşünülebilir. 8102 istasyonu doğu batı bileşen spektral ivme değerleri 0.8-2.3 sn'lik geniş bir bantta Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018)'nde verilen tasarım spektrum değerlerinin çok üzerinde değerlere ulaşmıştır. Ayrıca Düzce gibi havza tipi derin ve yumuşak zemin yapılarının olduğu bölgelerde, havza geometrisi sebebiyle orta-uzun periyod aralıklarında yüksek spektral değerler görülebilir. Bu bakımdan Düzce havza yapısının deprem yer hareketine olası etkisi detaylı olarak araştırılmalıdır. 8109 ve 8106 istasyonlarında doğu-batı yönlü parçacık hareketleri hakim iken, merkezüssünün kuzey doğusundaki 8101 ve 8105 istasyonlarında fay atımına yaklaşık dik yönde, Kuzey-Güney, KuzeyBatı-GüneyDođu hareketi hakimdir. TK 8105 ve TK8106 istasyonlarının Kuzey-güney bileşen ivme verisi ile elde edilen kalıcı deplasmanlar 11 cm 'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 5 ,6).

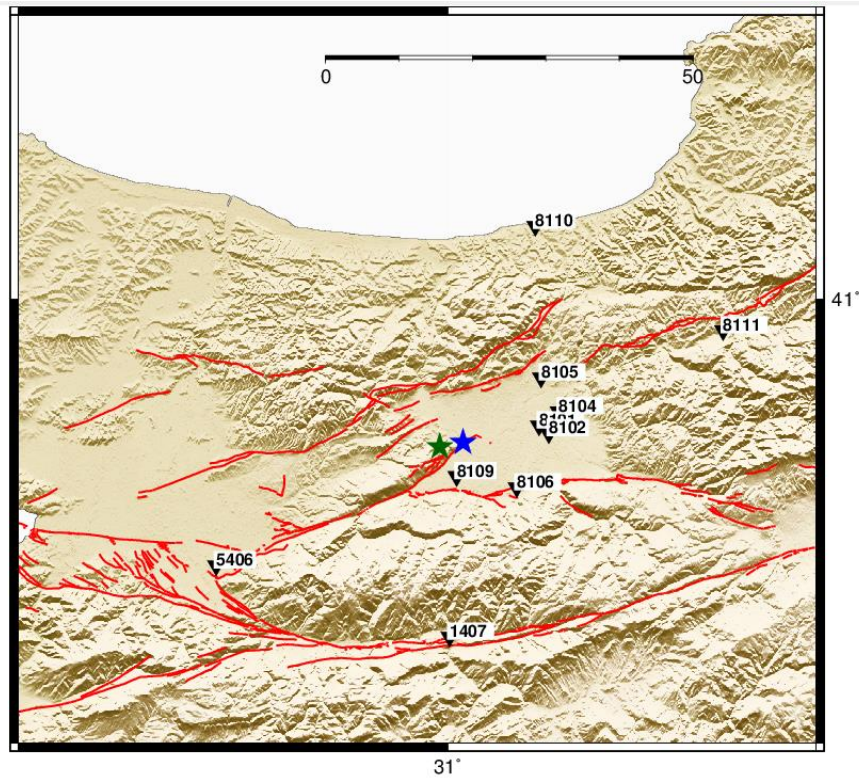
Yakın fay istasyonlarının Fourier genlikleri karşılaştırıldığında (Şekil 7) yalnızca 8105 istasyonunda 4-5 Hz aralığındaki yüksek genlikli enerji görülmektedir. Bu da spektral ivmede kısa periyotta ani spektral ivme yükselişine sebep olmuştur. Düşey yön deprem kayıtları da önemli miktarda yüksek frekanslı enerji içermekte ve genlikleri yatay bileşen genliklerine yaklaşmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi bu istasyon kaydına şüphe ile yaklaşılmalıdır.

PGA , Sa (T=0.2 s ve T=1s) değerleri Campbell ve Bozorgnia (2008) ve Chiou ve Youngs(2008) ortalama yer hareketi tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Vs30 değeri bilinen istasyonların büyük bir kısmı yumuşak zemin üzerinde bulunmaktadır. Bu sebeple karşılaştırmalar Vs30=250m/s

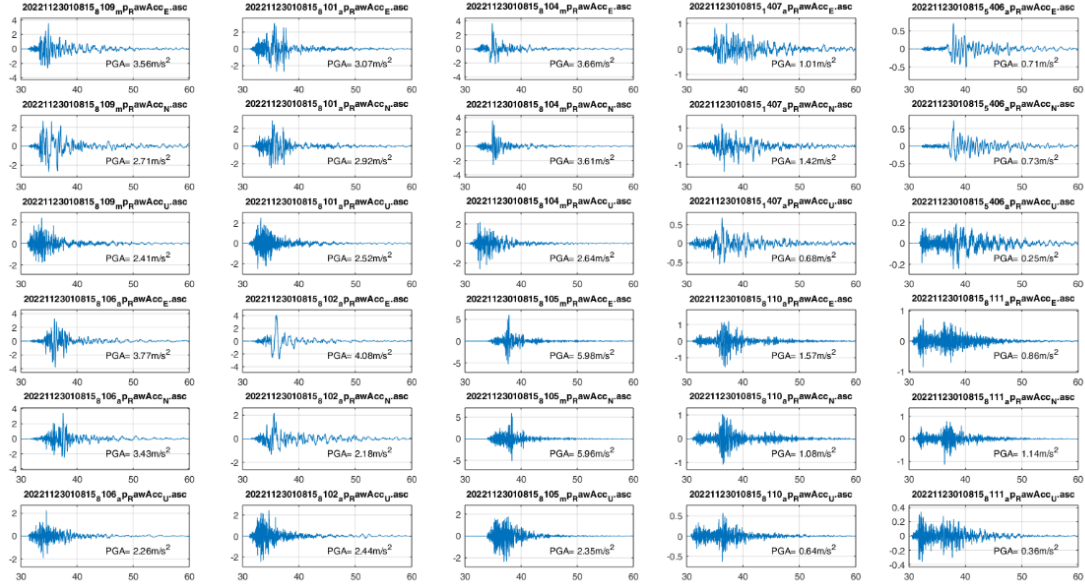
esas alınarak gerçekleştirilmiştir(Şekil 8). İlk 15 km içerisinde PGA ve Sa değerleri ampirik tahminlerin üzerindedir. Bu davranış 50 km ve ötesinde değişmekte ve gözlemlenen veriler ampirik tahminlerin altında kalmaktadır.

Bölgedeki şiddet dağılımı MMI cinsinden ölçülen PGA'ye bağlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama Türkiye için önerilen Bilal ve Aşkan, (2014) denklemi kullanılmıştır. Buna göre hissedilen-MMI şiddeti merkezüssü'nde VIII'e kadar çıkmaktadır (Şekil 9).

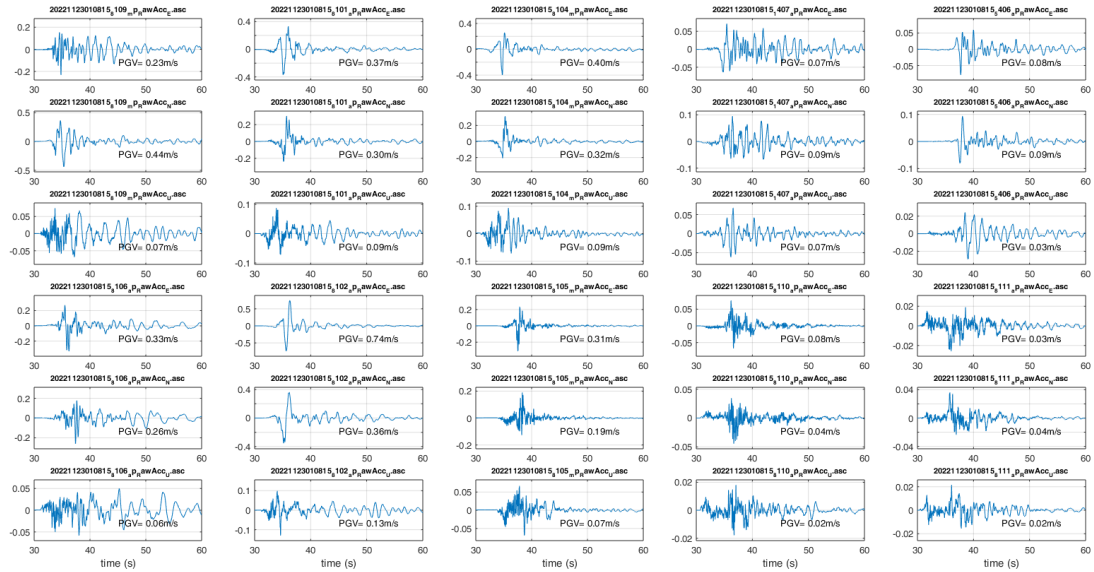
İstanbul Deprem Erken Uyarı ve Acil Müdahale kayıtçı ağı PGA, değerleri geometrik ortalama değerleri (Şekil 10) İstanbul Avrupa Yakası sahil kesiminde daha yüksek değerler almakta ve Zeytinburnu'nda  $0.13 \text{ m/s}^2$  'e ulaşmaktadır. Tüm bileşenlerin PGA, PGV ve Sa (T=0.2 s ve 1 s) değerlerinin dağılımları da (Şekil 11-22) 'de sunulmuştur.



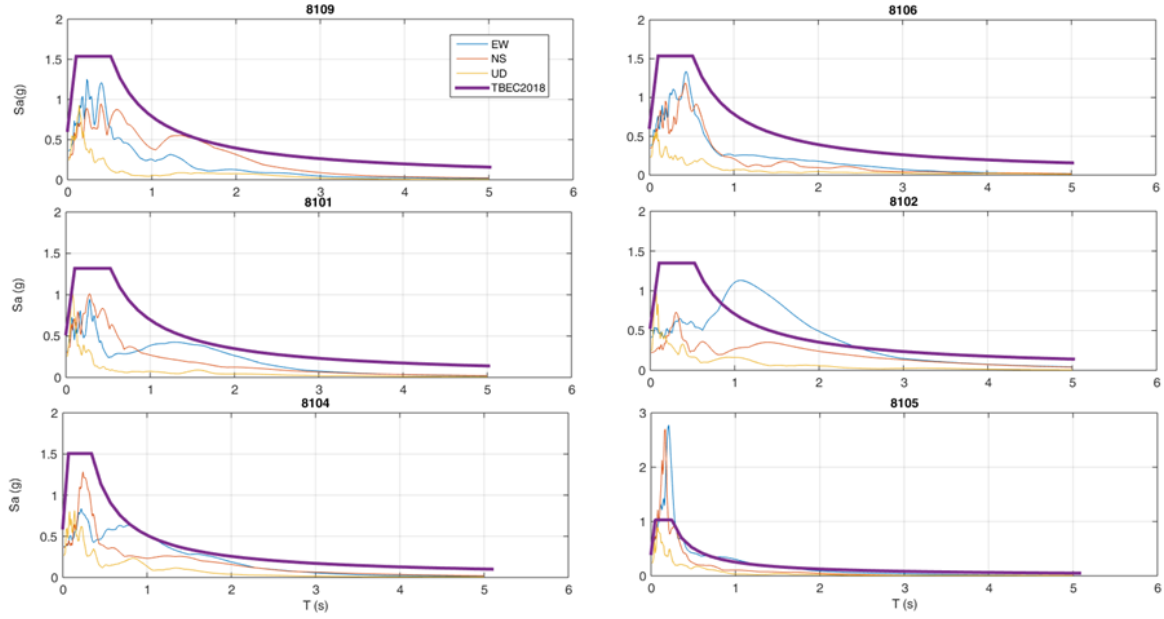
Şekil 1 Verisi incelenen kuvvetli yer hareketi istasyonlarının yerleri. Depremin Merkezüssü (Mavi yıldız: AFAD, Yeşil yıldız :KRDAE).



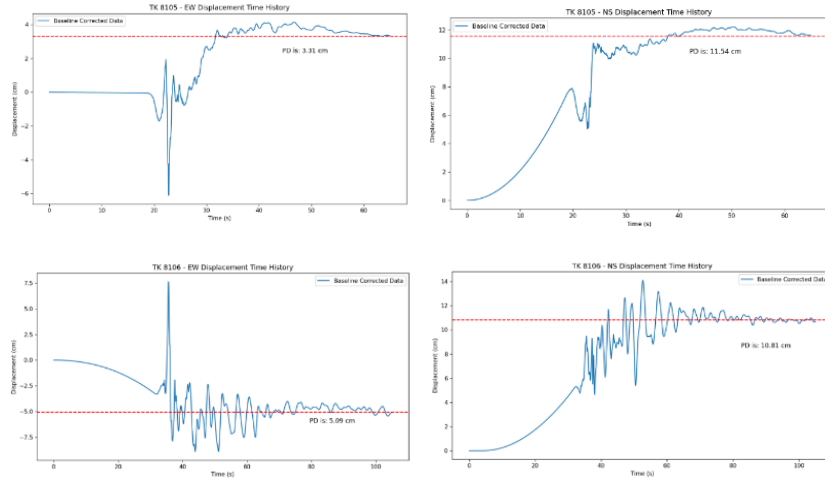
Şekil 2 Deprem Merkezüssüne en yakın 10 AFAD kayıtçı ağı Kuvvetli Yer hareketi istasyonundaki yatay ve düşey doğrultuda ivme–zaman grafikleri



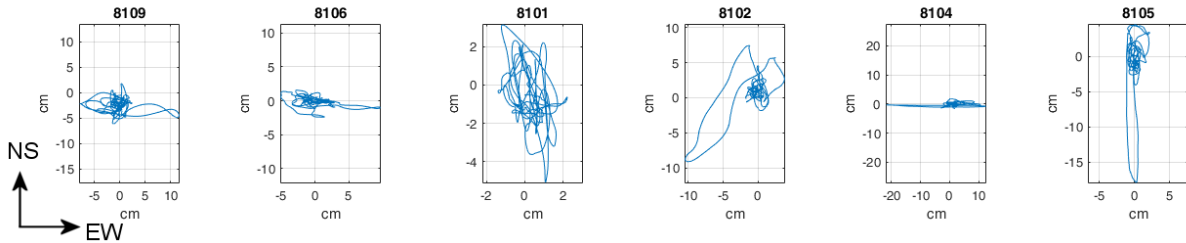
Şekil 3 Deprem Merkezüssüne en yakın 10 AFAD kayıtçı ağı Kuvvetli Yer hareketi istasyonundaki yatay ve düşey doğrultu hız –zaman grafikleri



Şekil 4 Deprem Merkezüssüne en yakın 6 AFAD kayıtçı ağı Kuvvetli Yer hareketi istasyonundaki yatay ve düşey doğrultu spektral ivmeleri ve TBDY(2018) DD2 deprem seviyesi yatay yön tasarım spektrumları.

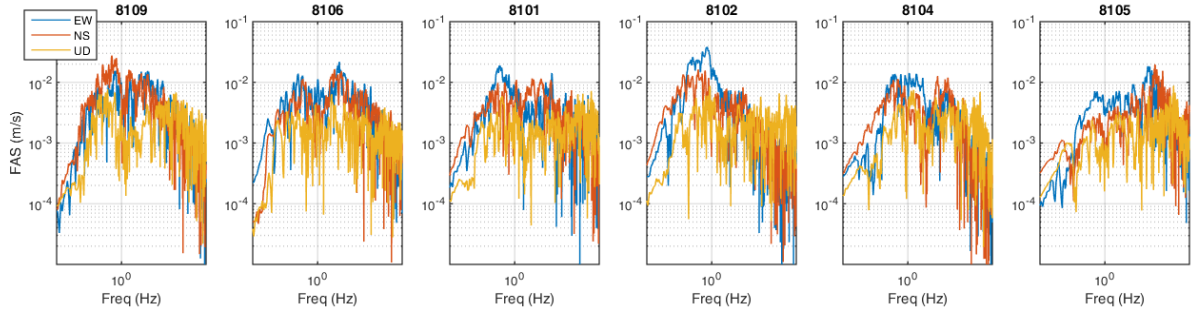


Şekil 5 8105 ve 8106 istasyonunda elde edilen en büyük kalıcı deplasmanlar

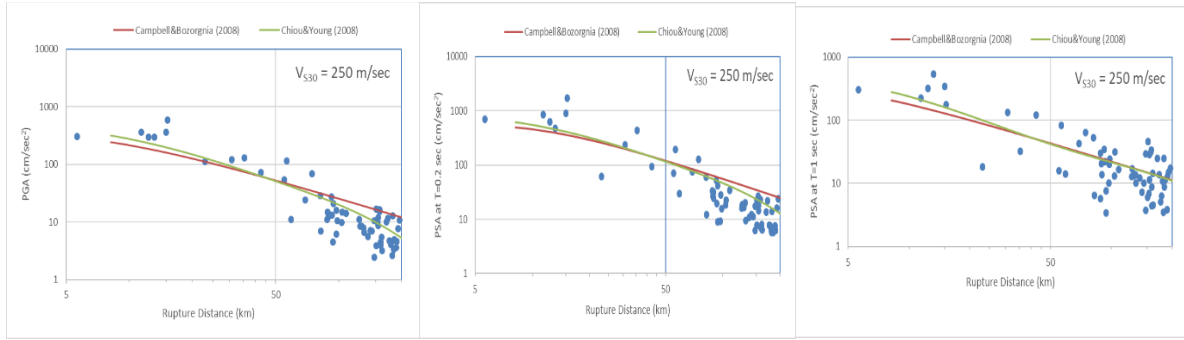


Şekil 6 Faya yakın istasyonlarda, 30:60 sn aralıklarındaki kayıtların parçacık hareketi (0.1-40 Hz arası filtre uygulanmıştır)

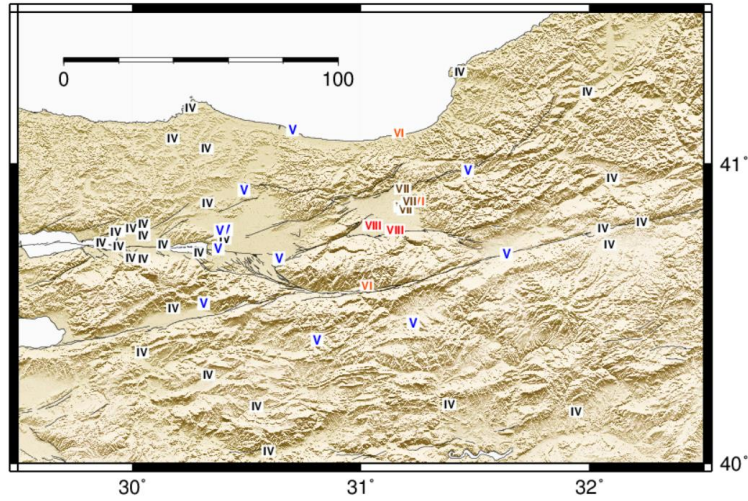




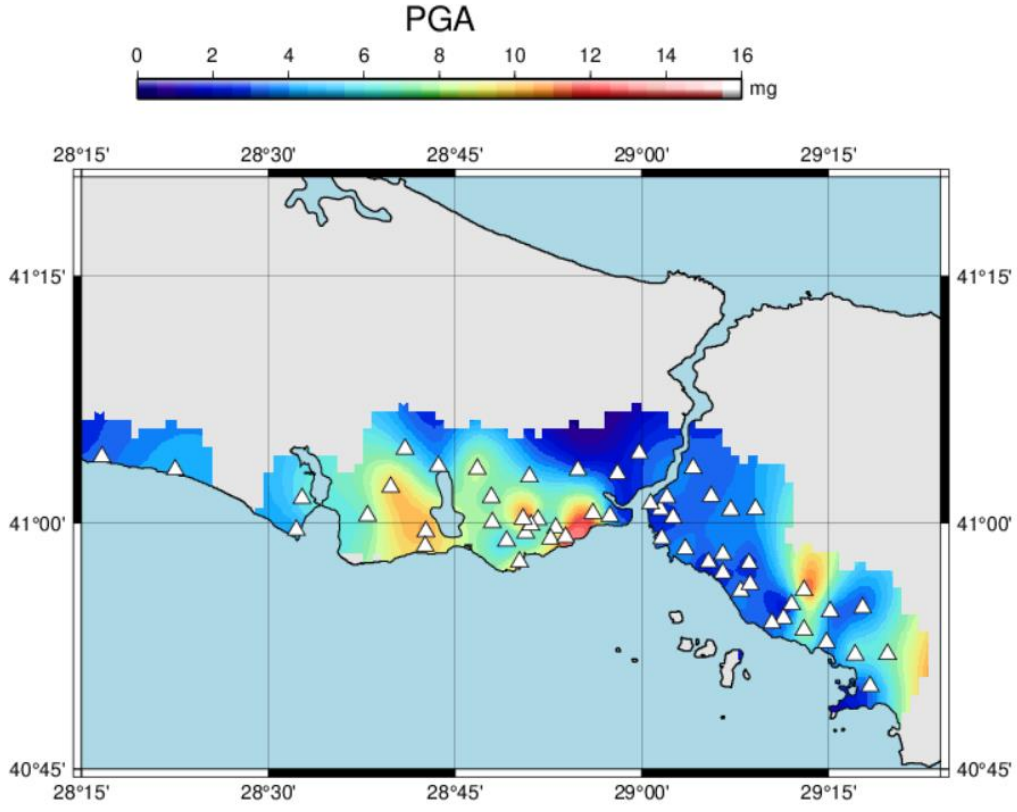
Şekil 7 Deprem Merkezüsüne en yakın 6 AFAD kayıtçı ağı Kuvvetli Yer hareketi istasyonundaki yatay ve düşey doğrultu ivmelerin Fourier Genlik Spektrumları



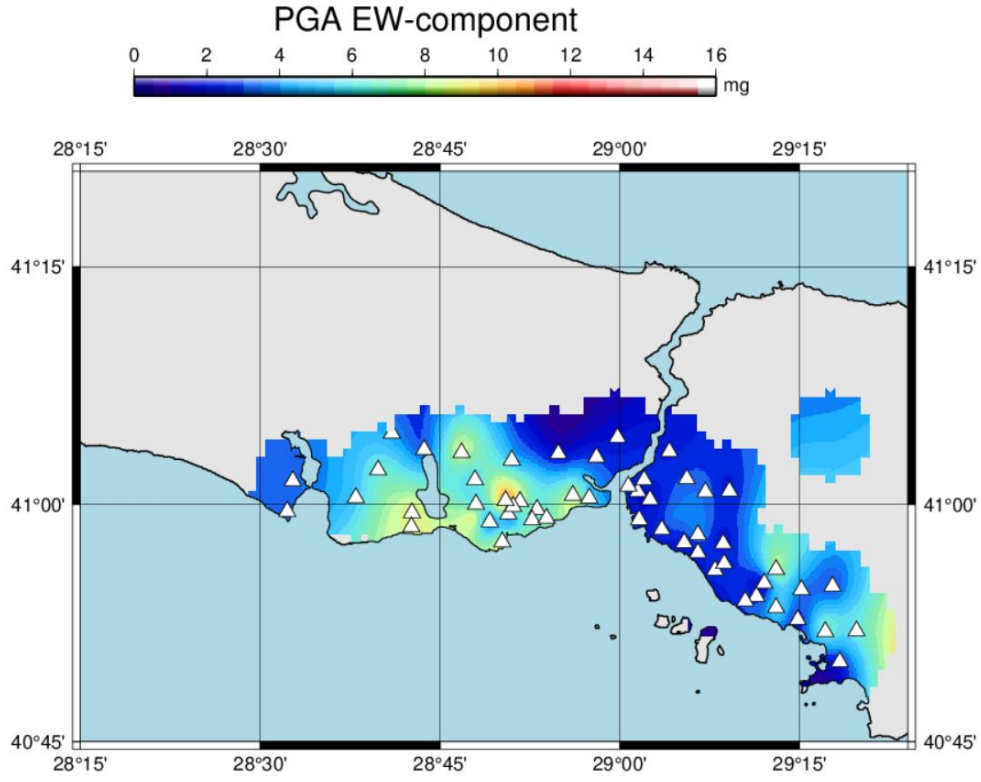
Şekil 8 Kaydedilen PGA, Sa ( $T=0.2$  s ve  $T=1.0$ ) değerlerinin Campbell ve Bozorgnia (2008) ve Chiou ve Youngs (2008) yer hareketi tahmin denklemleri ile karşılaştırması.



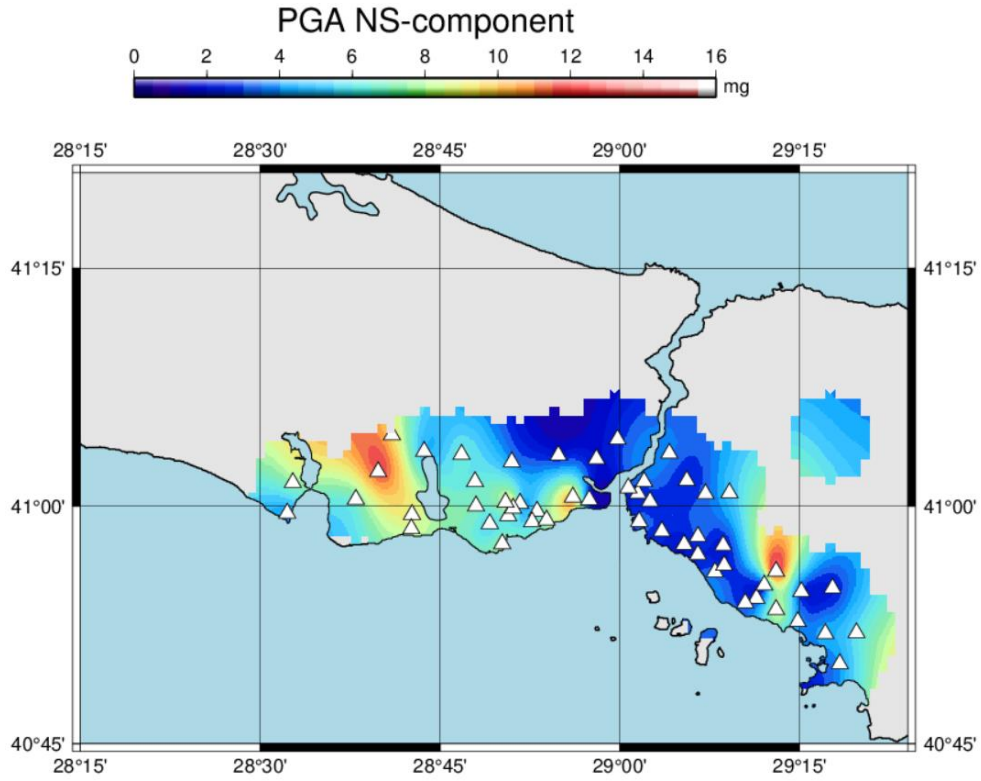
Şekil 9 PGA bağımlı hissedilen ampirik şiddet dağılımı (MMI şiddet birimi) (Bilal ve Aşkan ,2014)



*Şekil 10 Mw6.0 Düzce Depremi 'nin İstanbul'daki PGA dağılımı*

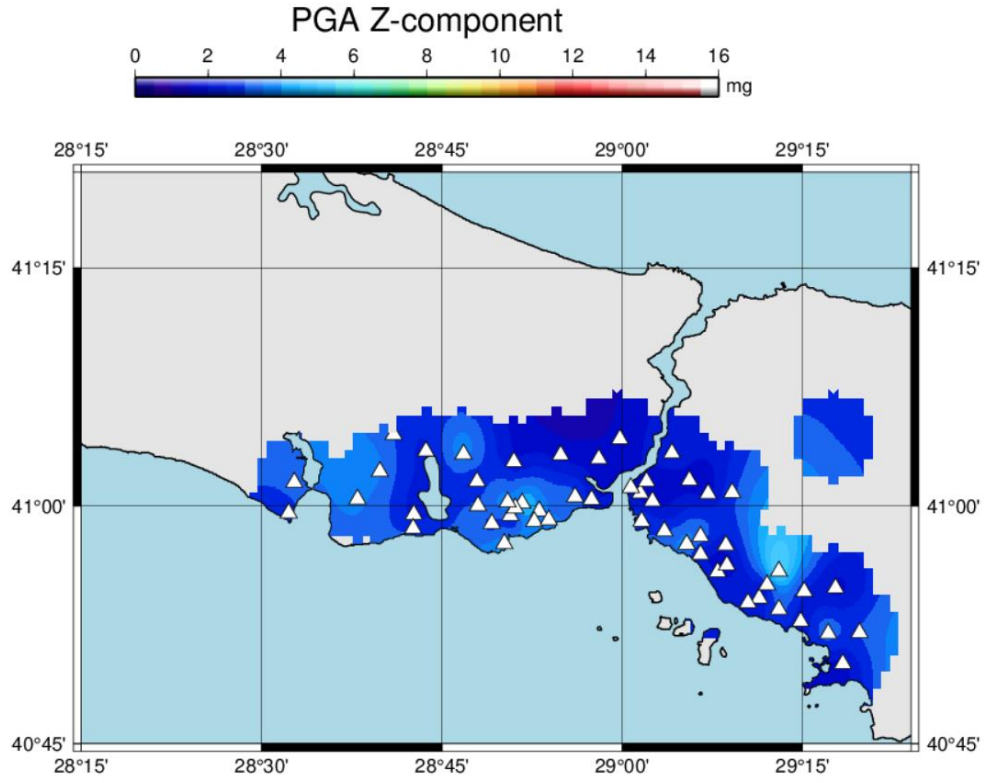


Şekil 11 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da doğu batı bileşeni PGA dağılımı

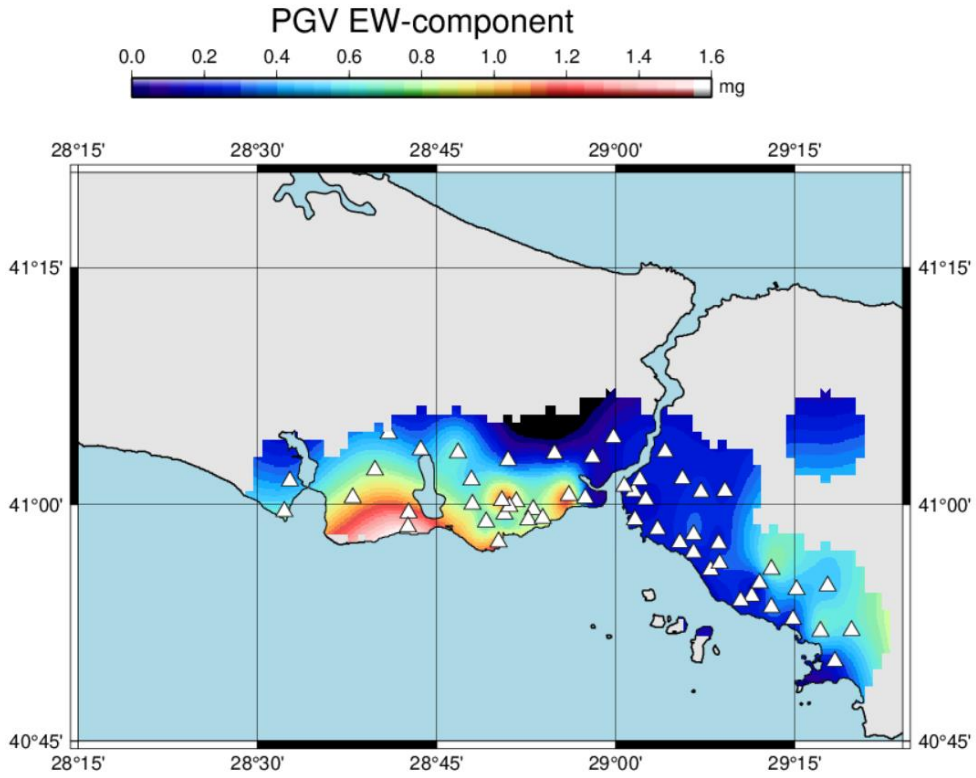


Şekil 12 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da kuzey-güney bileşeni PGA dağılımı

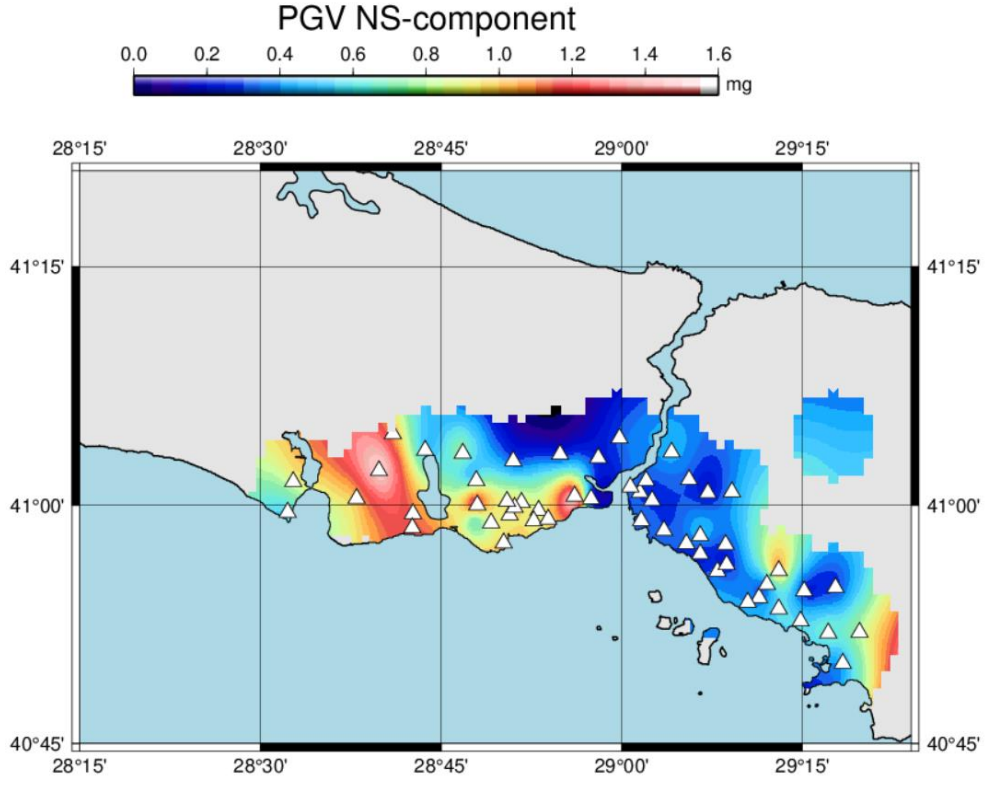




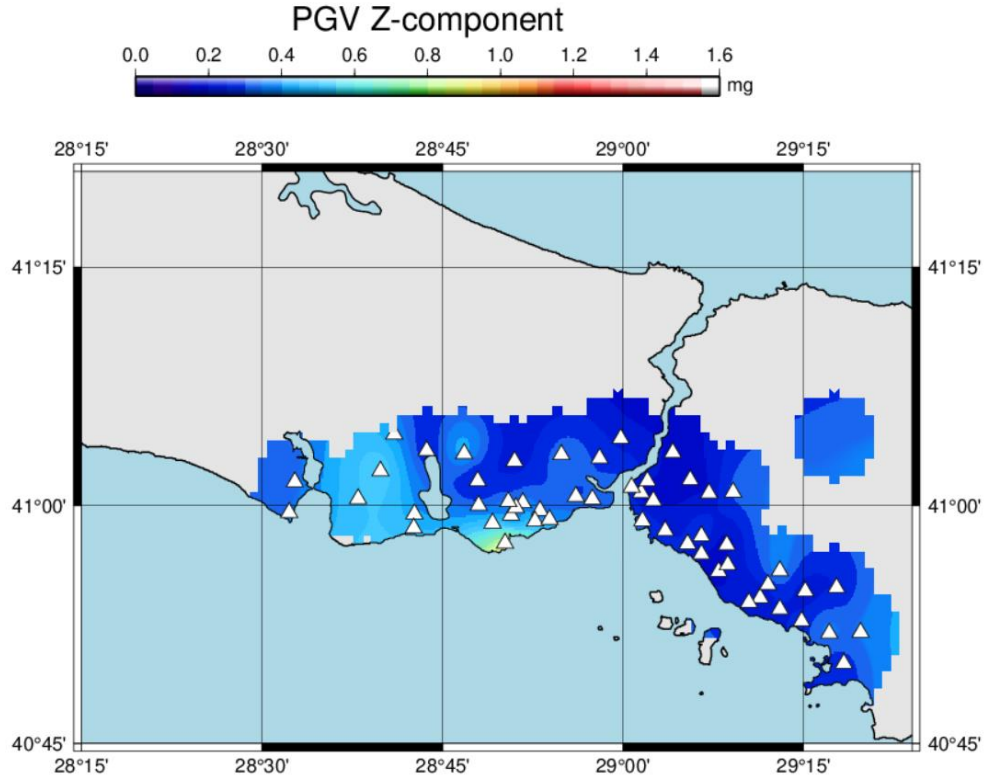
Şekil 13 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da düşey yön bileşeni PGA dağılımı



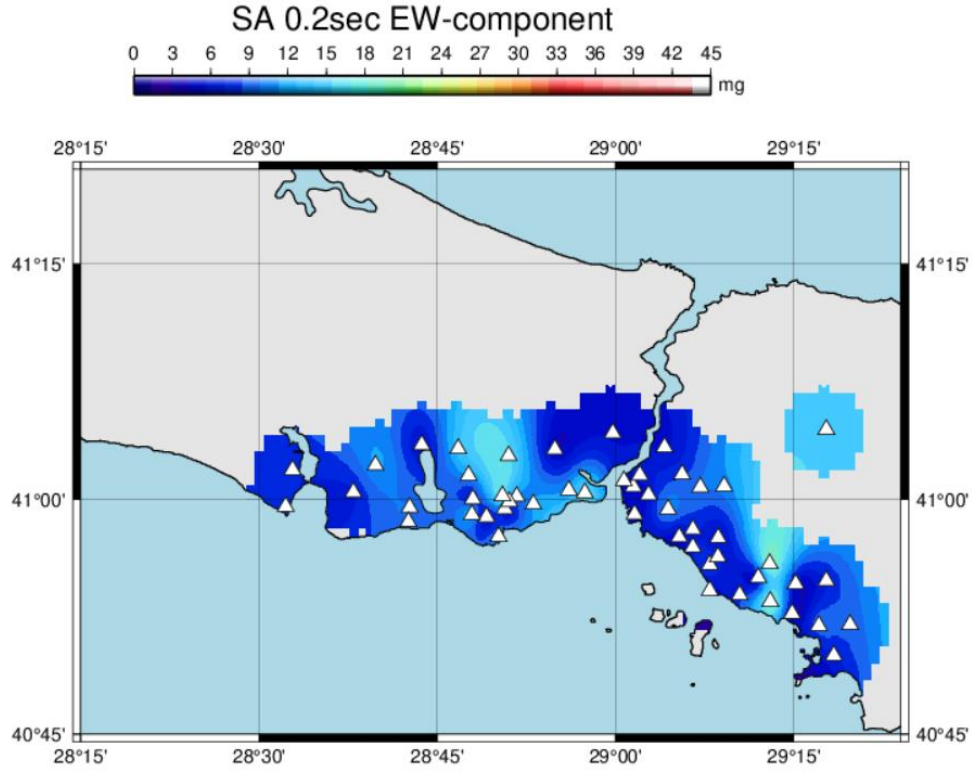
Şekil 14 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da doğu-batı yön bileşeni PGV dağılımı



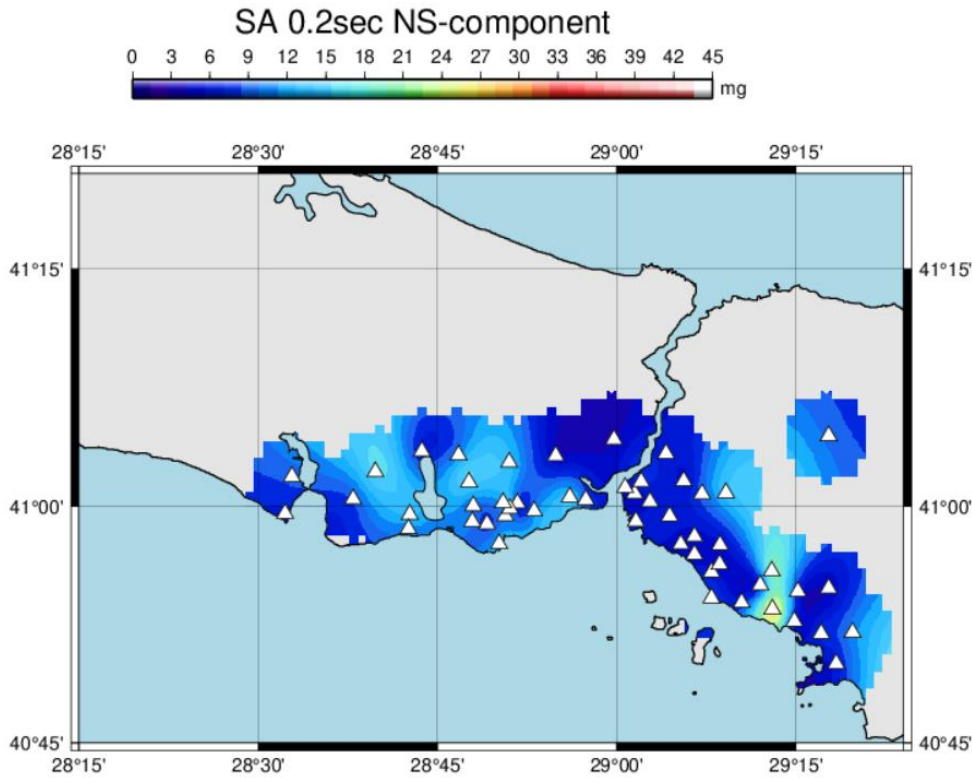
Şekil 15 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da kuzey-güney yön bileşeni PGA dağılımı



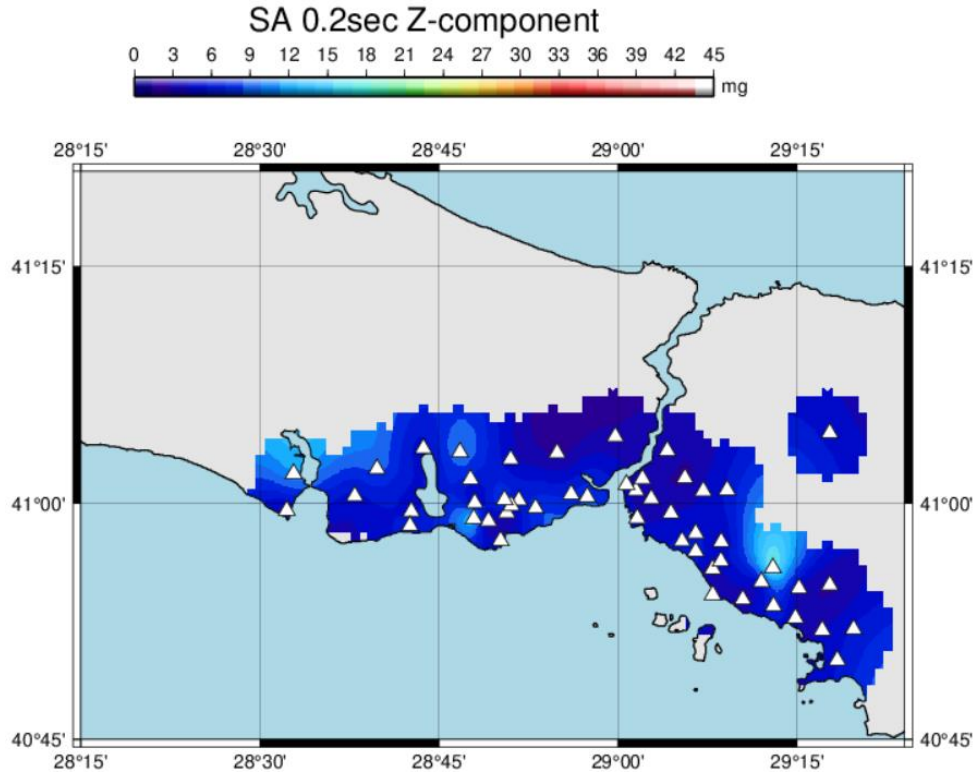
Şekil 16 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da düşey yön bileşeni PGV dağılımı



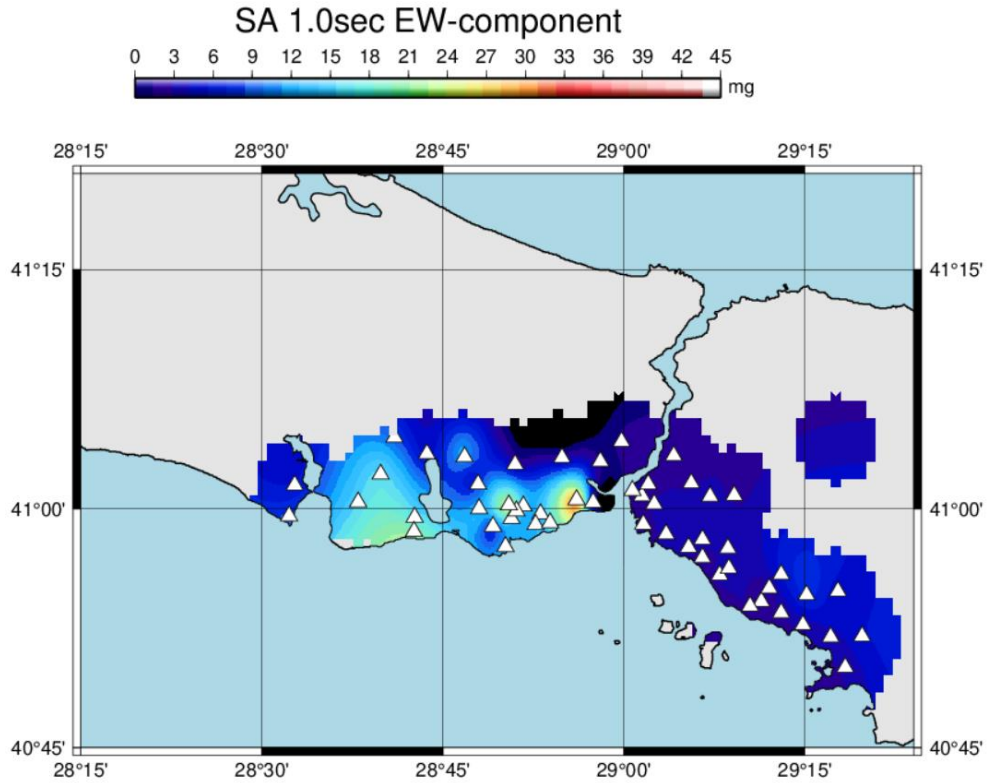
Şekil 17 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da doğu-batı bileşeni %5 sönüm için Sa (T=0.2s) dağılımı



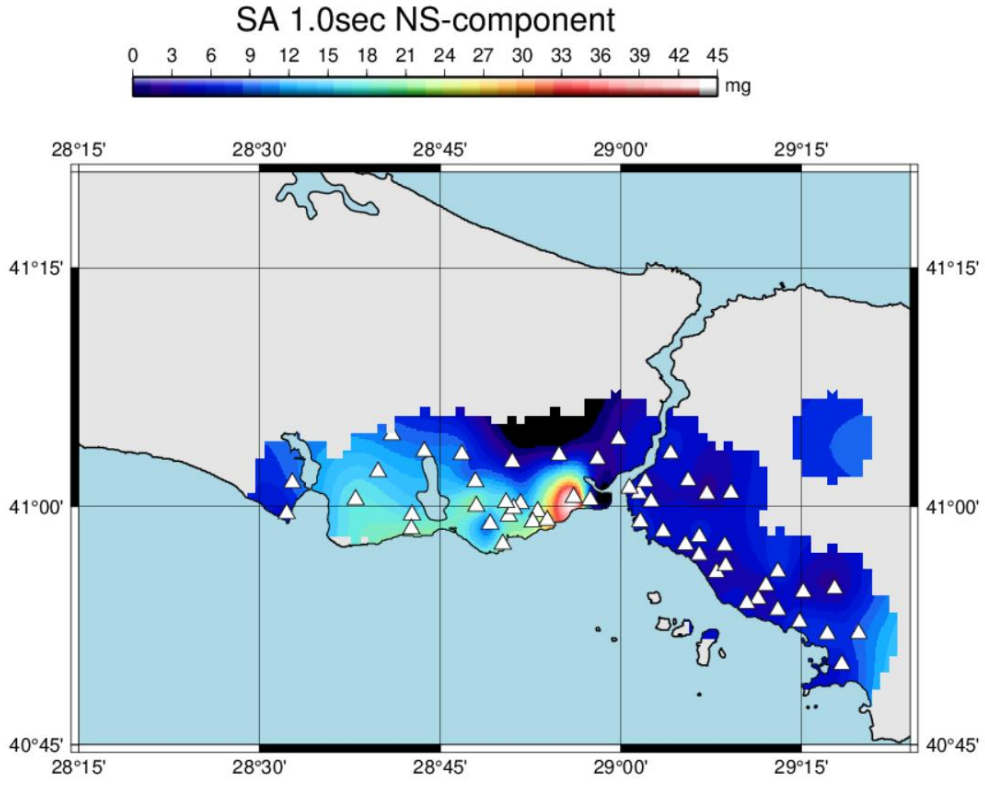
Şekil 18 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da kuzey-güney bileşeni %5 sönüm için Sa (T=0.2s) dağılımı



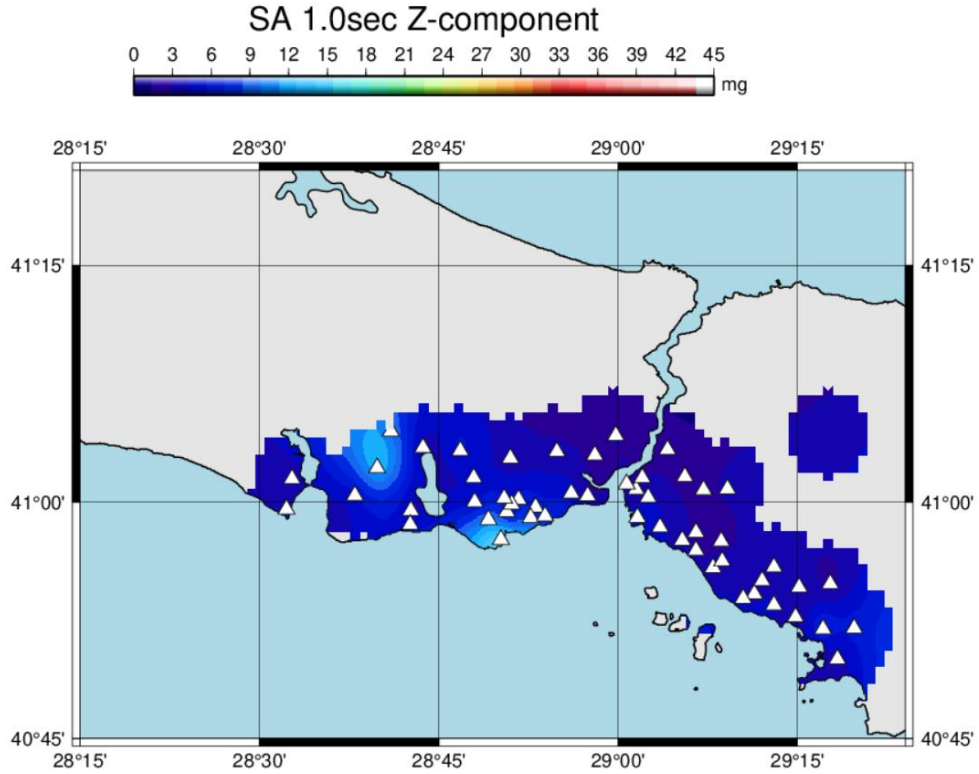
Şekil 19 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da düşey bileşeni %5 sönüm için  $S_a$  ( $T=0.2s$ ) dağılımı



Şekil 20 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da doğu-batı bileşeni %5 sönüm için  $S_a$  ( $T=1.0s$ ) dağılımı



Şekil 21 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da kuzey-güney bileşeni %5 sönüm için Sa ( $T=1.0$  s) dağılımı



Şekil 22 Mw6.0 Düzce Depremi'nin İstanbul'da düşey bileşeni %5 sönüm için Sa ( $T=1.0$  s) dağılımı