

# Denizli İli Çameli Bölgesinin Deterministik Yöntem Kullanarak Yeni Nesil Azalım Modelleri: (NGA-W1) ile Türkiye için Geliştirilmiş Kuvvetli Yer Hareketi Modellerinin Karşılaştırılması

Aykut SEMERCİ<sup>1</sup>

## Öz

Çameli Havzası tektonik olarak aktif bir bölgedir ve güneybatı Anadolu'da Burdur-Fethiye Fay hattının orta kesiminde bulunur. Deterministik sismik tehlike analizi potansiyel depremlerin etkilerini değerlemek için kullanılan bir yöntemdir. Sismik tehlike analizleri kullanılarak yapılmış olan barajlar, yollar, viyadükler, köprüler, okullar, hastaneler gibi büyük önem taşıyan bu projelerin geoteknik deprem mühendisliği açısından değerlendirilmesi mühendislik açısından büyük önem arz eder.

Bu çalışmanın amacı Denizli ili Çameli bölgesinin deterministik yöntem kullanarak yeni nesil azalım modelleri: (NGA) ile Türkiye için geliştirilmiş kuvvetli yer hareketi modellerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışma kapsamında Denizli ili Çameli ilçesi çevresinde 2000 yılından günümüze kadar deprem büyüklüğü ( $M_w$ ), tektonik ve sismik unsurlar kullanılarak deterministik sismik tehlike analizi yapılmıştır. Seçilen denklemler ile 24 adet kayıtlı ( $M_w \geq 5.0$ ) kuvvetli yer hareketi kayıtları ile değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma alanı Çameli ilçe merkezini referans almakla, 150 m yarıçapa sahip dairesel alan içinde kalan bölgeyi kapsamaktadır.

Deterministik yöntem kullanarak çalışma alanı içinde kalan baraj, viyadük, konut gibi inşaat mühendisliği yapılarıyla Türkiye için geliştirilmiş Ulutaş vd. (2011), Beyaz vd. (2004), Akkar ve Cagnan (2010) azalım denklemleri ile NGA model olan Lee vd. (2008), Zhao vd. (2006), Megawati ve Pan (2010) azalım denklemleriyle oluşturulmuş yer ivme değerleri grafikleri karşılaştırıldı ve en büyük yer ivmesi (PGA) 0.43 g elde edilmiştir.

Sonuç olarak, azalım denklemleriyle oluşturulmuş yer ivmesi grafikleri benzerlik olarak değerlendirildiğinde Türkiye için geliştirilmiş Ulutaş vd. (2011) ile NGA model olan Lee vd. (2008) azalım denklemleri ile oluşturulmuş yer ivmesi grafikleri diğerlerine göre daha benzerdir.

**Anahtar Kelimeler :** Deterministik Yöntem, Maksimum Yer İvmesi (PGA), NGA, Deprem, Sismik Tehlike Analizi

## Comparison of Next Generation Attenuation: (NGA-W1) ground motion prediction models (GMPEs) and strong ground motion models developed for Turkey of Çameli Region of Denizli Province using Deterministic Method

### Abstract

Countries close to plate boundaries, such as Turkey, are under the threat of major earthquakes that Çameli Basin is tectonically an active region and it is located on middle of the Burdur-Fethiye fault in southwestern Anatolia. Deterministic seismic hazard analysis is a method used to evaluate the effects of potential earthquakes. The evaluation of these projects such as dams, roads, viaducts, bridges, schools, hospitals which have been built using seismic hazard analysis, in terms of geotechnical earthquake engineering is of great importance for engineering.

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, DENİZLİ-TÜRKİYE  
İlgili yazar / Corresponding author: asemerci@pau.edu.tr

The aim of this study is comparison of Next Generation Attenuation: (NGA) ground motion prediction models (GMPEs) and strong ground motion models developed for Turkey of Çameli Region of Denizli Province using deterministic method. Within the scope of the study, deterministic seismic hazard analysis has been performed by using earthquake magnitude ( $M_w$ ), tectonic and seismic factors in the vicinity of Çameli of Denizli province since 2000. With the selected equations, 24 recorded ( $M_w \geq 5.0$ ) strong ground motion records were evaluated. The study area covers the region within a radius of 150 m, with reference to Çameli district center.

Developed for Turkey attenuation equations such as Ulutaş et al. (2011), Beyaz et al. (2004), Akkar and Cagnan (2010) for a civil engineering constructions such as dam, tunnel, viaduct in the study area were compared to Next Generation Attenuation: (NGA) ground motion prediction models such as Lee et al. (2008), Zhao et al. (2006), Megawati ve Pan (2010) with peak ground accelerations (PGA) values obtained from deterministic method and it defined maximum acceleration value of 0.43 g.

As a result of, when the ground Acceleration graphs obtained with attenuation equations are evaluated as similarity, Ulutaş et al. (2011) and Lee et al. (2008) attenuation equation graphs are more similar according to others.

**Keywords:** Deterministic Method, Peak Ground Acceleration (PGA), NGA, Earthquake, Sismic Hazard Analysis

## 1. GİRİŞ

Çameli, Denizli' nin güneyinde bulunan ilçesidir ve Denizli'ye uzaklığı 107 km dir. Rakımı yaklaşık 750 - 2313 m arasında değişir. Çameli ilçesi Muğla ve Burdur illeri arasındadır ve kuzeyinde Acıpayam, güneyinde Fethiye, doğuda Gölhisar ve batısında Köyceğiz ilçeleri bulunur (Şekil 1). Bu yüzden önemli bir konuma sahiptir. İlçenin yüzölçümü ise yaklaşık olarak 74.000 hektardır. Coğrafi yapısı olarak orman alanı içinde az dağınık ve pek azda yayla karakterli bir araziye sahiptir [6]. Çameli Havzası tektonik olarak aktif bir bölgedir ve güneybatı Anadolu'da Burdur-Fethiye Fay hattının orta kesiminde bulunur (Şekil 2) [5]. Bu bölgeye yapılacak barajlar, yollar, viyadükler, köprüler, okullar, hastaneler gibi büyük önem taşıyan bu projelerin Geoteknik Deprem Mühendisliği açısından değerlendirilmesi mühendislik açısından büyük önem arz eder ve bu sebeple çeşitli sismik tehlike senaryolarının yapılması gereklidir.



Şekil 1. Çameli [6]



Şekil 2. Burdur-Fethiye Fay hattı [5]

AFAD Deprem datarından yararlanarak, deprem potansiyeli olan kaynak bölgesinde, belli dönemde meydana gelmiş ve hasara neden olmuş depremleri ve büyüklük – sıklık ilişkisini kullanarak oluşabilecek maksimum deprem büyüklüklerini belirlemek (Özmen vd., 2016) ve NGA ile Türkiye için geliştirilmiş kuvvetli yer azalım denklemlerini kullanarak olası depremlerin oluşturabileceği maksimum yer ivmesi değerlerini hesaplamak ve NGA ile



Türkiye için geliştirilmiş kuvvetli yer azalım denklemlerden birbirine en benzer grafikleri bulmak.

## 2. MATARYEL VE YÖNTEM

### 2.1. Deterministik Sismik Tehlike Analizi

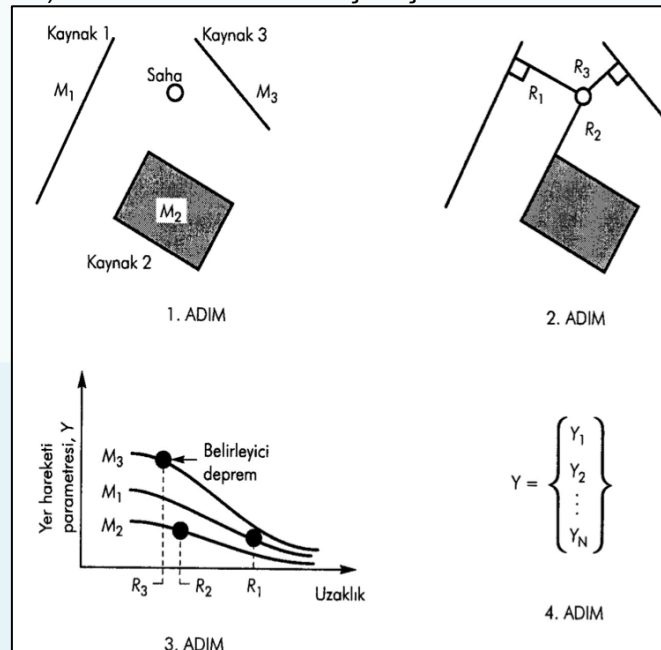
Sismik tehlike analizleri büyük ölçekli mühendislik yapıları için deprem risk analizi birinci aşamasını oluşturur. Sismik tehlike analizinin amacı zeminin ve mühendislik yapısının gelecekte maruz kalacağı depremsel yükleme şartlarının hesaplanmasında gerekli olan depremsel yer hareketi ile ilgili parametrelerin: ivme, hız, deplasman gibi değerleri bulmaktır (Kayâbalı K.,1995). Sismik tehlike analizi genellikle iki şekilde uygulanır: deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizidir. Deterministik sismik tehlike analizinde öncelikli olarak proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynaklarından meydana gelmiş en büyük depremleri belirlemek gereklidir. Diğer durumda ise, uygun azalım denklemleri seçilir. Proje sahasındaki anakayada oluşabilecek maksimum yer ivmesini bulmak için, belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyüklükteki depremler kullanılır (Şekil 3). Bu yaklaşımın oldukça pratiktir ancak dezavantajı proje alanını etkileyecek maksimum yer ivmesi değerindeki belirsizliklerin yeterince hesaba katılmaması durumudur (Kayâbalı K.,1995).

### 2.2. Kuvvetli Yer Hareketi Veri Seti

AFAD veri arşivinde bulunan 2000-2019 arasında kaydedilmiş depremlere ait şu kriterler kullanılarak seçilmiştir: moment büyüklüğü ( $M_w$ ) 5.0 ile 10.0 arasında olan depremler, fay tiplerine bağlı olarak, odak derinlik, kaynak-saha mesafesi 150 km'nin altında olan kayıtlar, 24 deprem kaydından veri setine ait yer kayıtları kullanılmıştır.

### 2.3. Azalım Denklemlerinin Seçimi

Azalım denklemlerinden yararlanarak yer ivmesinin ( $g$ ) uzaklık ile ne şekilde azaldığı hesaplanmaya çalışılır. Ana kayadaki ivme değerleridir azalım ilişkisi denklemlerinden bulunan ivme değerleridir ve bu değerler birbirinden farklı sonuçlar verebilirler. Yerin yapısına göre ivme değerleri ana kayadan yeryüzüne çıkıncaya yer yapısına bağlı olarak ivme değerleri değişikliklere uğrar (Özmen B. vd., 2016). Bu çalışmada ise ivme değeri sadece ana kayadaki azalışı ele alınmıştır ve Türkiye için geliştirilmiş Ulutaş vd. (2011), Beyaz vd. (2004), Akkar ve Cagnan (2010); NGA model olarak Lee vd. (2008), Zhao vd. (2006), Megawati ve Pan (2010) azalım denklemleri seçilmiştir.



Şekil 3. Deterministik Deprem Tehlike Analizinin Aşamaları (Kramer S.L.,2003)

Azalım denklemini sembolik olarak göstermek istersek  $Y$  ile gösterilen azalım denklemi;  $M$  magnitüdünde olan bir depremin,  $d$  uzaklığındaki proje sahasında meydana gelen en büyük depremin değerini veren bir fonksiyondur. Dış merkez, odak ya da sismik kaynak üzerindeki bir noktadır uzaklık olarak ölçülen mesafelere örnektir (Yüçemen M.S., 2011). Bazı azalım denklemlerinde ise fayın türünü ve özelliklerini de dikkate alır. Sembolik olarak azalım ilişkilerinin genel yapısı da aşağıda verilen gibidir: (Kazmacı, İ.K., 2014)

$$Y = N_y f (M, D, FP_i, ZP_i) \quad (1)$$

Burada,  $Y$ =tahmini kuvvetli yer hareketi parametresi;  $N_y$ =azalım ilişkisindeki belirsizlik rastgele düzeltme katsayısı;  $D$ =depremden proje sahasına olan uzaklık ;  $M$ =deprem büyüklüğünü;  $FP_i$ = fayın özellikleri ile ilgili parametreler;  $ZP_i$ = dalga yayılma hattı, yerel zemin koşulları ile ilgili parametreler.

$$\log PGA = a_1 + a_2 M_w^2 + a_3 \log(R + a_4) \quad \text{Beyaz vd. (2004)} \quad (2)$$

$$\log Y = c_1 + c_2 M_w - \log(R + 0,0183 \cdot 10^{0.4537 M_w}) + \log(c_3 \cdot R) \quad \text{Ulutaş vd. (2011)} \quad (3)$$

Akkar ve Cagnan (2010)

$$\ln(Y) = a_1 + a_2(M_w - c_1) + a_4(8.5 - M_w)^2 + [a_5 + a_6(M_w - c_1)] \cdot \ln \sqrt{R^2 + a_7^2} + a_8 F_N + a_9 F_R + F_S \quad \text{için } M_w \leq c_1 \quad (4)$$

$$\ln(Y) = a_1 + a_3(M_w - c_1) + a_4(8.5 - M_w)^2 + [a_5 + a_6(M_w - c_1)] \cdot \ln \sqrt{R^2 + a_7^2} + a_8 F_N + a_9 F_R + F_S \quad \text{için } M_w > c_1 \quad (5)$$

$$\ln(Y) = c_1 + c_2 M_w - c_3 \ln(R + c_4 e^{-c_5 M_w}) + c_3 H + c_7 Z_t \quad \text{Lee vd. (2008)} \quad (6)$$

$$\ln(Y) = a_0 + a_1(M_w - 6) + a_2(M_w - 6)^2 + a_3 \ln(R) + (a_4 + a_5 M_w) R \quad \text{Megawati ve Pan (2011)} \quad (7)$$

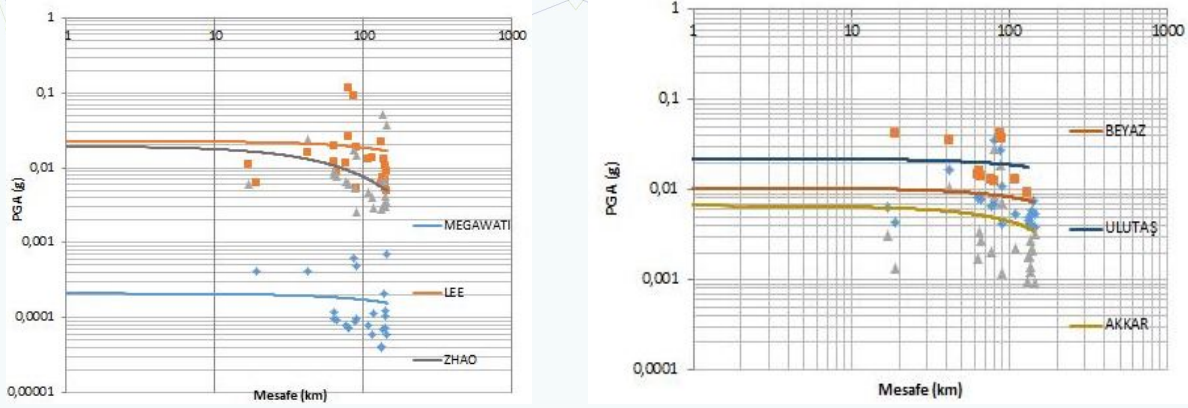
Zhao vd. (2006)

$$\log_e(Y) = a M_w + b x - \log_e(R) + e(h - h_c) \delta_h + F_R + S_I + S_s + S_{SL} \log_e(x) + c_k \quad R = x + c \cdot \exp(d \cdot M_w) \quad (8)$$

$a_n, c_n, a, b, c, d, e$ = katsayılar;  $R, x$ = depremden proje sahasına olan uzaklık;  $M_w$ = deprem büyüklüğü;  $F_n$ = fay özellikleri;  $Y, PGA$ =tahmini kuvvetli yer hareketi parametresi;  $S_n$ = kaynak tipi ile ilgili parametreler;  $H$ =Odak Derinliği;  $c_k$ = yerel zemin koşulları;  $h_n$ = Derinlik sabitleri

### 3. SONUÇLAR

Azalım denklemleriyle oluşturulmuş yer ivmesi grafikleri benzerlik olarak değerlendirildiğinde Türkiye için geliştirilmiş Ulutaş vd. (2011) ile NGA model olan Lee vd. (2008) azalım denklemleri ile oluşturulmuş yer ivmesi grafikleri diğerlerine göre daha benzerdir (Şekil 4.). AFAD veri sisteminden alınan çalışma bölgesi için en büyük yer ivmesi 0.4-0.45 g aralığında olan değer belirlenen azalım denklemleri ile (PGA) 0.43 g Lee vd. (2008)'den elde edilmiştir.



Şekil 4. PGA (g) – Mesafe (km)

## KAYNAKLAR

AFAD Türkiye Veri Sistemi, [www.deprem.gov.tr](http://www.deprem.gov.tr), 2020

Akkar, S., and Çağnan Z., 2010. A local ground-motion predictive model for Turkey and its comparison with other regional and global groundmotion models. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100 (6), 2978- 2995.

Beyaz, T., 2004. Development of a new attenuation relationship of seismic energy for Turkey using the strong motion records free of soil effect. PhD Thesis, Ankara University

Bülent ÖZMEN, Hüsnü CAN Ankara İçin Deterministik Deprem Tehlike Analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 31, No 1, 9-18, 2016

Haluk İYİDOĞAN Burdur-Fethiye Makaslama Zonu'nun içerisinde bir basen hareketi: 20 Mart 2019 Denizli, Acıpayam Depremi (Türkiye)

[http:// www.cameli.gov.tr](http://www.cameli.gov.tr)

İbrahim Gürkan Kazmacı, Isparta Bölge Hastanesi Çalışma Alanının Sismik Tehlike Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014

Kamil Kayabalı, Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama, Jeoloji mühendisliği, 46/J8-43,1995,

Kramer, S.L., Geoteknik Deprem Mühendisliği, Çeviren: Kamil Kayabalı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2003.

Megawati and Tso-Chien Pan Ground-motion attenuation relationship for the Sumatran megathrust earthquakes Kusnowidjaja

Seed H. B. and Lee K. L., "Liquefaction of saturated sands during cyclic loading", *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, 1966;92(6):105-134.

Ulutaş, E., Coruk, Ö., and Karakaş, A., 2011. A Study of Residuals for Strong Ground Motions in Adapazarı Basin, NW Turkey, By Ground Motion Prediction Equations (GMPEs). *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55, 213-240.

Yücemen M.S, Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi: Genel Bakış Ve İstatistiksel Modellemede Dikkat Edilmesi Gerekli Hususlar, 1. TDMS Konferansı, 2011



Zhao, J. X., et al. Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classification based on predominant period, Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 3, 898-913, 2006.

