EN BÜYÜK OLASILIK YÖNTEMİ KULLANILARAK BATI ANADOLU'NUN FARKLI BÖLGELERİNDE ALETSEL DÖNEM İÇİN DEPREM TEHLİKE ANALİZİ

Y. Bayrak[1], E. Bayrak[2], Ş. Yılmaz[2], T. Türker[2] ve M. Softa[3]

[1] *Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
[2] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
[3] *Araştırma Görevlisi, Jeoloji Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
Email: erdmbyrk@gmail.com

ÖZET:

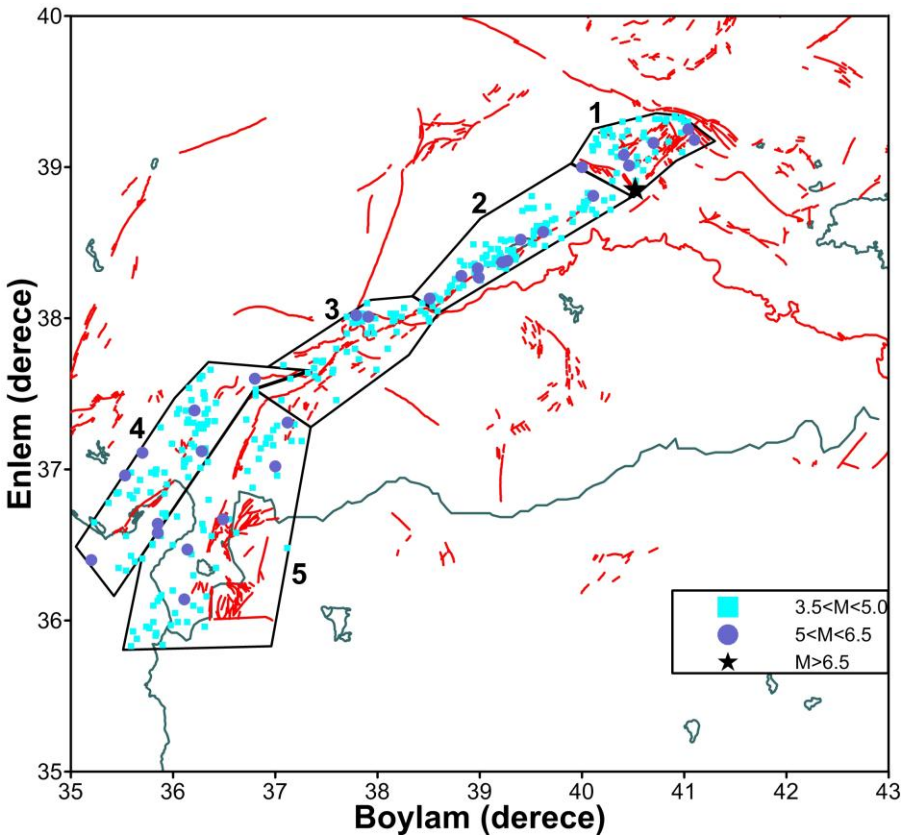
Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu'daki farklı deprem kaynak bölgeleri için *a, b* ve bu değerlere bağlı farklı depremsellik parametrelerinin hesaplanması ve bu parametrelerin bölgesel değişiminin ortaya koyulmasıdır. Bu çalışmada ilk olarak Doğu Anadolu bölgesi fay türlerine, odak mekanizması çözümlerine ve depremselliğine göre farklı sismik kaynak bölgelere bölünmüştür. Her bölge için Gutenberg-Richter (1954) bağıntısı olarak bilinen LogN=*a*-*b*M denkleminden *a* ve *b* depremsellik parametreleri en büyük olasılık yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra *a* ve *b* parametreleri kullanılarak sismik risk parametreleri (a_1,yıllık *a* değeri; P_t, t zamanda magnitüdü M' den büyük depremin oluşma olasılığı; M_t, t zamanda oluşabilecek en büyük depremin magnitüdü; T_m, magnitüdü M olan depremin geri dönüşüm periyodu) hesaplanmıştır. Hesaplanan bütün parametreler dikkate alındığında, Doğu Anadolu Fay zonu için en tehlikeli bölgenin Bingöl-Karlıova civarını içeren 1. Bölge olduğu söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELER: Doğu Anadolu Fayı, depremsellik, deprem tehlikesi.

1. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bayrak vd. (2008) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğu kullanılmıştır. Bu kataloğu hazırlayabilmek için Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜKRDAE), Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM), TUBİTAK (2006), TURKNET (2006), International Seismological Centre (ISC);(2006), Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS; 2006) kataloglarından faydalanılmıştır. Katalog, depremlerin tarihlerini, oluş zamanlarını, farklı magnitüd değerlerini (M_S: yüzey dalgası magnitüdü m_b: cisim dalgası magnitüdü, M_D: süreye bağlı magnitüd, M_L: yerel magnitüd M_W: moment magnitüdü), coğrafik koordinatlarını ve derinlik bilgilerini içermektedir. Ayrıca, 2008-2013 yılları arasındaki deprem verisi ise Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜKRDAE)' den alınarak katalog güncelleştirilmiştir. Katalogda toplam 5781 adet deprem verisi kullanılmıştır. Çalışmada 1900 yılından 2012 yılı sonuna kadar olan bütün depremler kullanılmıştır.

Bu çalışmada Doğu Anadolu bölgesi fay türlerine, odak mekanizması çözümlerine ve depremselliğine göre farklı sismik kaynak bölgelere bölünmüştür. Birçok araştırmacı tarafından yapılan bölgelendirme haritalarında sismik tehlike değerlendirmeleri bu tektonik kuşakları içine alan sismik bölgeler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar ve bölgelendirmeler de göz önüne alınarak, aletsel depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik yapı ve odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme işlemi sonucunda Doğu Anadolu Fay zonu 5 farklı kaynak bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1) ve bölgelerin kapsadığı tektonik yapılar Tablo 1' de verilmiştir. 1900' den günümüze kadar oluşmuş magnitüdü 3.5' ten büyük depremler, mevcut tektonik yapı ve 5 farklı kaynak bölge Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Doğu Anadolu fayında meydana gelen ve mag ≥ 3.5 olan depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik yapının birlikte çizimi ve odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme (Bayrak vd., 2008'den değiştirilerek alınmıştır)

1.1. En Büyük Olasılık Yöntemi

b-değeri Gutenberg-Richter ilişkisi olarak bilinen (1) denkleminden hesaplanır;

$$\mathrm{LogN} = a - b\mathrm{M} \tag{1}$$

a ve *b* sabit katsayılardır. *b*-değeri magnitüde karşı kümülatif sayının logaritmasının çizilmesi ile elde edilen doğrunun eğimidir. *a* katsayısı ise doğrunun LogN eksenini kestiği yerdir (Scholz 1990; Wiemer and Wyss 1997) (Şekil 2). Herhangi bir bölgedeki *b*-değeri değişik yöntemler kullanılarak hesaplanabilir. Fakat en güvenilir ve en çok kullanılan yöntem En Büyük Olasılık Yöntemidir ve bu çalışmada da bu yöntem kullanılmıştır. En büyük olasılık yönteminde *b*-değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Aki 1965);

$$b = \frac{\log_{10} e}{\bar{M} - M_{min}} = \frac{0.4343}{\bar{M} - M_{min}} \tag{2}$$

$\bar{M}$ ortalama mangitüd değeri ve M_{min} kullanılan verinin en küçük magnitüd değeridir.

1.2. Sismik Risk Parametreleri

Bir bölgedeki sismik risk değişik parametreler hesaplanarak ortaya konabilir. Bu parametreler arasında bir depremin oluşma olasılığı, geri dönüşüm periyotları (tekrarlanma süresi) ve beklenen en büyük deprem yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir bölgede katalog t yıllar için sürekli ise, bu bölge için yıllık *a* değeri

$$a_1 = a - \log t \tag{3}$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu bölgede t zamanda magnitüdü *M* den büyük bir depremin oluşma olasılığı

$$P_t = 1 - \exp\left(-10^{a_1 - bM} t\right) \tag{4}$$

şeklinde tanımlanabilir. Gutenberg-Richter ilişkisinden veya bu formdaki Gumbel I ilişkisinden hesaplanan *a* ve *b* parametrelerinden t zamanda oluşabilecek en büyük depremin magnitüdü

$$M_t = \frac{a}{b} + \frac{\log t}{b} \tag{5}$$

denklemi ile verilir. Magnitüdü M olan depremin geri dönüşüm periyodu ise

$$T_m = \frac{10^{bM}}{10^{a_1}} \tag{6}$$

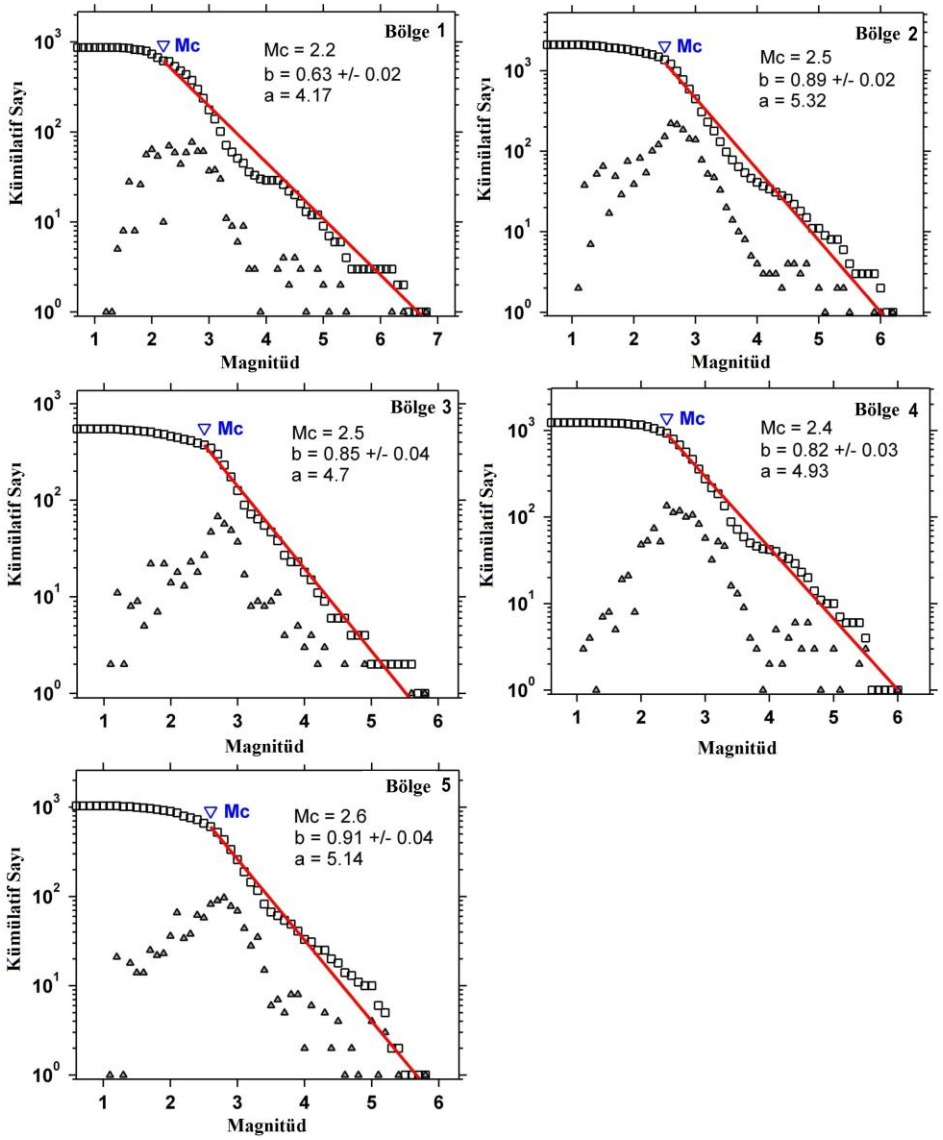
şeklinde hesaplanabilir.

2. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Doğu Anadolu ve civarındaki farklı 5 bölge için deprem tehlike parametreleri değerlendirilmiştir. Her bir bölge için en büyük olasılık yöntemi ile magnitüd-deprem sayısını ifade eden *a* ve *b* değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerden geri dönüşüm periyotları (*Tm*), her bölgede depremlerin oluşma olasılıkları (*Pr*) ve her bölgede beklenen maksimum magnitüdlü depremler hesaplanmıştır.

Tablo 1. 5 bölgede aletsel dönem için en büyük olasılık yöntemine göre hesaplanan depremsellik parametreleri

Bölge	Tektonik	Tarih	M_{max}	M_c	a	b	σb	M_t
1	Bingöl-Karlıova	22.05.1971	6.8	2,2	4,2	0,63	0,02	6.7
2	Pütürge-Palu arası	08.03.2010	6.2	2,5	5,3	0,89	0,02	6.0
3	Tut and Sürgü Fayları	05.05.1986	5.8	2.5	4,7	0,85	0,04	5.5
4	Karatas-Osmaniye Fayları	20.03.1945	6.0	2,4	4,9	0,82	0,03	6.0
5	Kırıkhan-Islahiye arası	08.04.1951	5.8	2,6	5,1	0,91	0,04	5.6

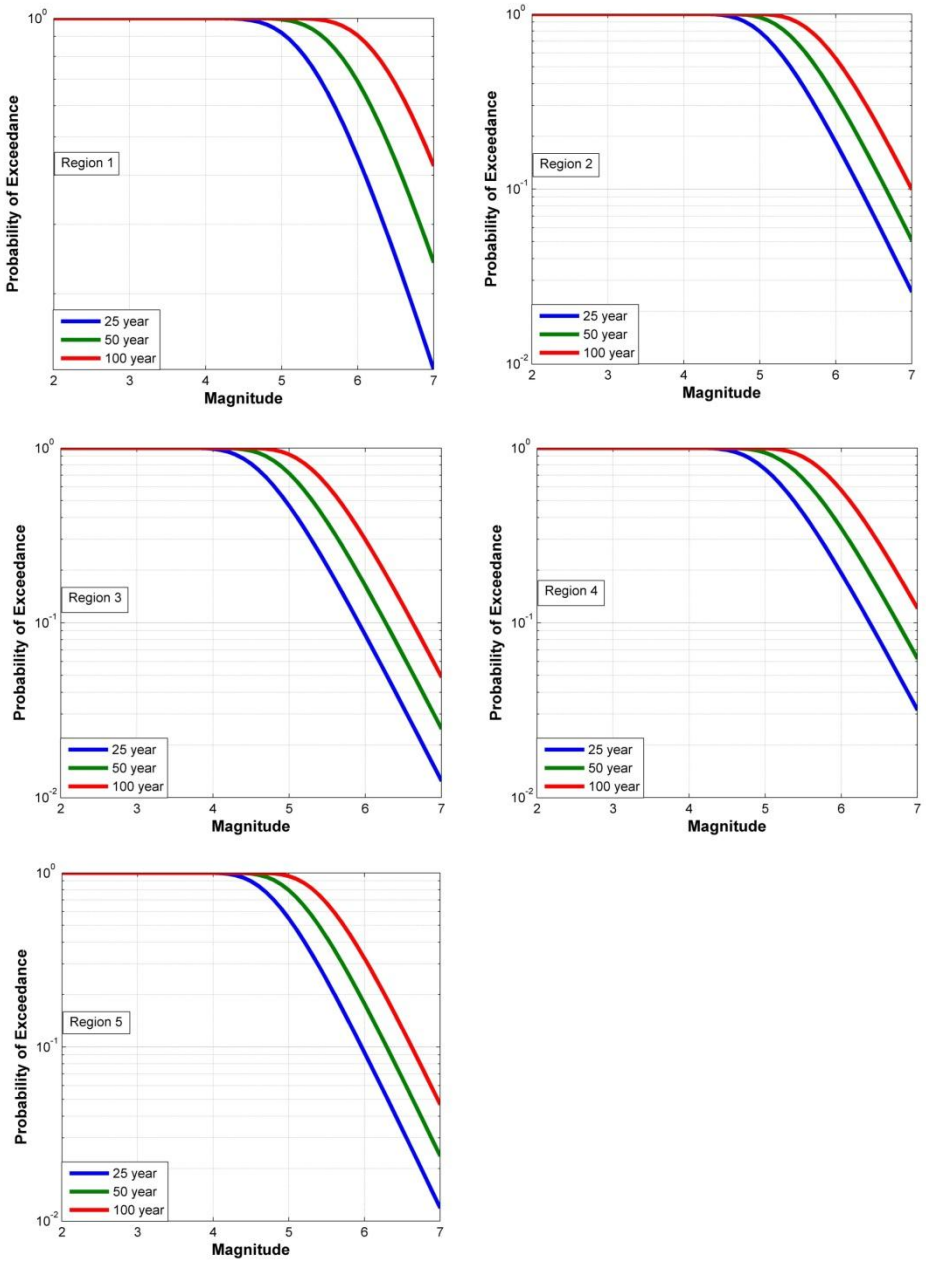


Şekil 2. 5 farklı kaynak bölge için hesaplanan b-değerleri

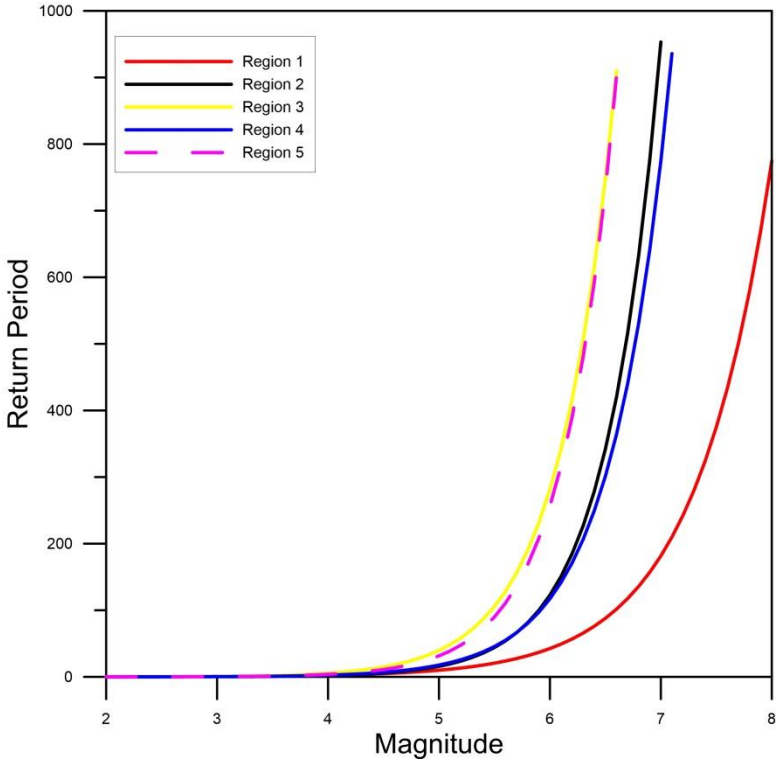
Farklı kaynak bölgeleri için *b* değerleri 0.63 ile 0.91 arasında değişmektedir. En büyük *b* değeri 0.91 ile Kırıkhan-Islahiye arasında kalan kısmı içeren 5. bölgede hesaplanmıştır (Tablo 1).. En düşük *b* değeri ise Bingöl-Karlıova arasında kalan bölgede *b*=0.63 olarak elde edilmiştir (Şekil 2). Bu bölge Bingöl-Karlıova-Erzincan üçgeni olarak bilinmekte ve Doğu Anadolu Fayı ile Kuzey Anadolu Fayının kesiştiği bölgeyi oluşturmaktadır. 1. Bölgede son yıllarda orta büyüklüklerde depremler meydana gelmiştir (1992, Erzincan (M_s=6.8), 2003, Pülümür (M_w=6.0)).

Her bölge için depremlerin 100 yıllık periyotlarda oluşma olasılıkları hesaplanmıştır (Şekil 2). Magnitüdü 5,5'den büyük depremler için hesaplanan oluşma olasılıklarına bakıldığında en büyük değer yine 1. bölgede (%99), en küçük değer ise 3. bölgede (%61) olarak hesaplanmıştır. 100 yıllık periyod için 5.5'den büyük

depremler için hesaplanan geri dönüşüm periyotlarına bakıldığında, en küçük değer 1. bölgede (21 yıl), en yüksek değer ise 3. Bölgede 106 yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 3). Her bölge için gelecek 100 yılda oluşabilecek en büyük depremin magnitüdü hesaplanmıştır (Tablo 1). Bu parametre için de en büyük değer 1. bölgede 6.7 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bütün parametreler dikkate alındığında, Doğu Anadolu Fay zonu için en tehlikeli bölgenin 1. Bölge olduğu söylenebilir.



Şekil 3. DAF üzerinde bulunan 5 farklı kaynak bölge için 25, 50 ve 100 yıllık periyotlar için hesaplanan deprem oluşma olasılığı grafikleri



Şekil 4. 5 farklı kaynak bölge için hesaplanan geri dönüşüm periyodu grafikleri

KAYNAKLAR

Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula log N = a - bM and its confidence limits, *Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ*. 43, 237-239.

Bayrak, Y., Öztürk, S., Tsapanos, T. M., Koravos, G. Ch., Leventakis, G. A. ve Kalafat, D. (2008). Estimation of the earthquake hazard parameters from instrumental data for the different regions in and around Turkey, *Journal of Geophysical Research*, (Submitted to).

Gutenberg, R. ve Richter, C. F. (1954). Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 32 163-191.

Scholz, C.H. (1990). The Mechanics of Earthquakes and Faulting. xxii + 439 pp. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press. ISBN 0 521 33443 8.

Wiemer, S., and M. Wyss (1997). Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: An improved technique to calculate recurrence times, *J. Geophys. Res*., 102, 15115-15128

URL-2, http://www.mam.gov.tr/enstituler/ydbe/index.html

URL-3, http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/veri_bank/mainw.htm

URL-4, http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/turknetkatalog.php

URL-5, http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/isckatalog.php

URL-6, http://www.iris.edu/quakes/eventsrch.htm