

BATI ANADOLU DEPREM RİSKİNİN İNCELENMESİ

(*) Günruh BAĞCI

ÖZET

Bu çalışmada, 1930-1990 yılları arasında 36° - 41° K enlemleri ve 25° - 31° D boylamları ile sınırlı Batı Anadolu bölgesinde $M \geq 4.0$ olan depremler kullanılmıştır. Depremsellik parametresi olan b değerleri, 0.1 magnitüd adımlaması ile 0.75 ve 0.5 magnitüd adımlaması ile 0.71 olarak bulunmuştur.

İncelenen bölgelerdeki depremlerin gelecekte oluşma olasılıkları ve kaç yılda bir tekrarlanacakları Poisson modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Poisson modeline göre yapılan sismik risk tahminleriyle bölgelerin sismik aktiviteleri incelenmiştir.

ABSTRACT

In this study, between 1930-1990, the magnitude of $M \geq 4.0$ earthquakes were used in the Western Anatolia district with the 36° - 41° N latitude and 25° - 31° E longitude. The b value which represent seismicity parameters, have been found with the 0.1 magnitude increment 0.75 and with 0.5 magnitude increment 0.71, respectively.

In the reported areas, probability of earthquake occurrences and repetitions were calculated from the statistical aspects, by using Poisson model. Seismic activities of regions were examined by seismic risks according to Poisson model.

GİRİŞ

Bu çalışmada deprem olaylarının stokastik olaylar varsayılması nedeniyle Batı Anadolu bölgesinde meydana gelen depremlere Poisson modeli uygulanarak bölgenin deprem riski ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bölge seçimi yapılırken 36° - 41° K enlemleri ve 25° - 31° D boylamları ile sınırlandırılmış Batı Anadolu bölgesinde 1930-1990 yılları arasında magnitüdü $M \geq 4.0$ olan depremlerden yararlanılmıştır. Tek düzelik sağlamak

(*) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü,
Deprem Araştırma Dairesi

için tüm magnitüdler yüzey dalgası magnitüdü cinsinden kullanılmıştır. Batı Anadolu bölgesi, jeolojisi, sismotektonik özellikleri, levha tektoniği modelleri, episantr haritaları göz önüne alınarak üç bölgeye ayrılmıştır.

Magnitüd-frekans bağıntısı deprem istatistiğinin temel bağıntılarından birisidir. Bu nedenle, seçilen bölgeler için deprensellik parametreleri olan a ve b değerleri ayrı ayrı bulunmuştur. Bulunan b değerleri istatistik yaklaşım için Poisson modelinde sismik risk hesaplanmasında kullanılmıştır.

MAGNİTÜD-FREKANS BAĞINTISI

Deprenselliğin önemli bir unsuru olan tektonik etkinlik depremlerin oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Farklı tektonik özellik gösteren bölgelerin deprensellikleri birbirinden farklıdır. Genel bir tanımla bir bölgenin deprenselliği o bölgenin tektonik etkinliğinin fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir.

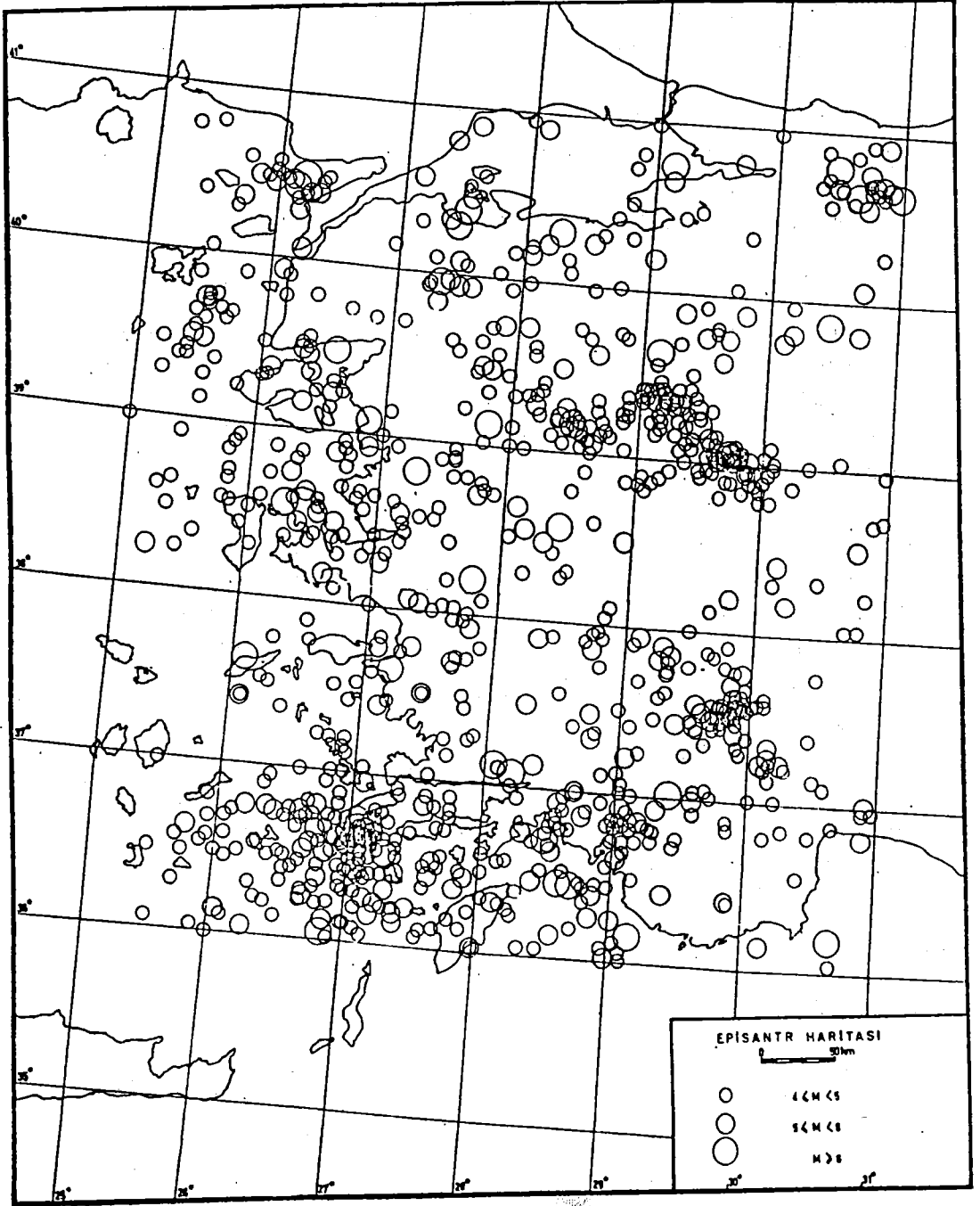
Bu çalışmada esas olarak Alsan ve diğ. (1975), Balkan Bölgeleri deprem kataloğundan (Shebalin ve diğ., 1964) ve ISC (International Seismological Center) bültenlerinden yararlanılarak bölgemize düşen magnitüdü 4.0 ve daha büyük depremler taranmıştır. Batı Anadolu yaygın deprenselliği ile dikkati çekmektedir. 1930-1990 yılları arasındaki deprem verilerinden yararlanılarak magnitüdülerine göre çizilmiş episantr haritası Şekil 1'de verilmiştir. Episantr haritasındaki deprem etkinliğinin yoğun olduğu ve bölgenin tektonik özellikleri gözönüne alınarak, bölge sınırlarının episantrların en az bulunduğu yerlerden geçirilmesine dikkat edilmiştir. Seçilen bölgelerin sınırları Şekil 2'de,

1. Bölge (36°-38°K, 25°-31°D)
 2. Bölge (38°-40°K, 25.5°-27.5°D)
 3. Bölge (38.5°-40°K, 28°-30.5°D)
- olarak gösterilmiştir.

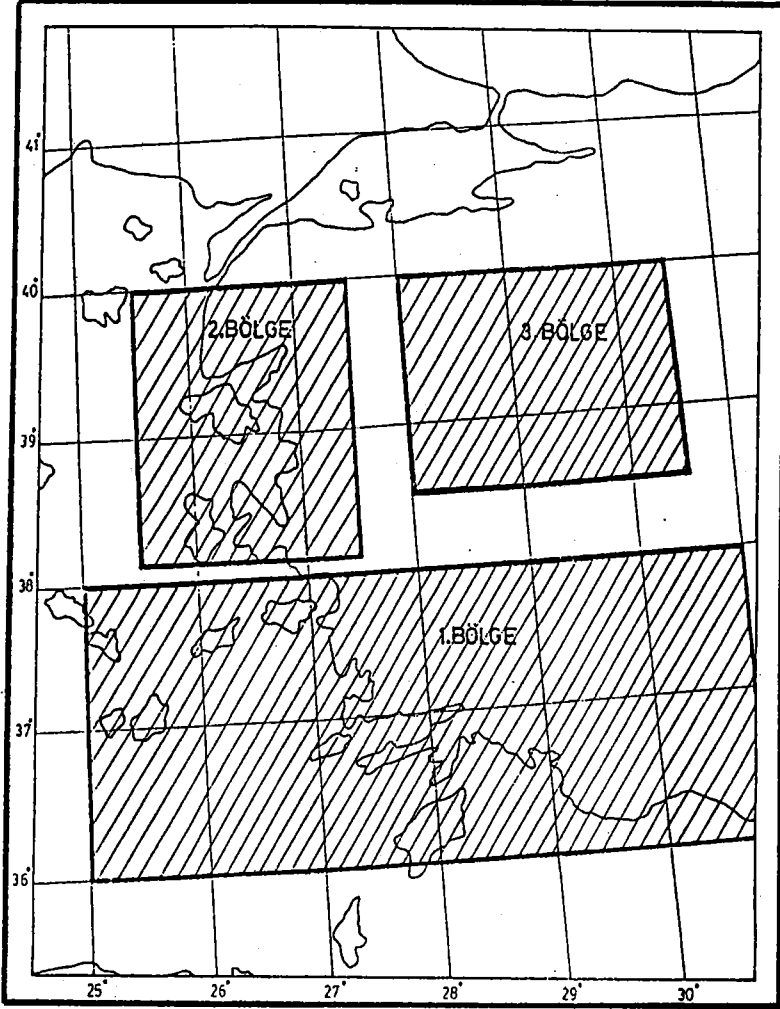
Belirli bir bölgede meydana gelmiş depremlerin frekans dağılımı aşağıdaki şekilde gösterilebilir. (Gutenberg-Richter, 1954).

$$\log N = a - bM$$

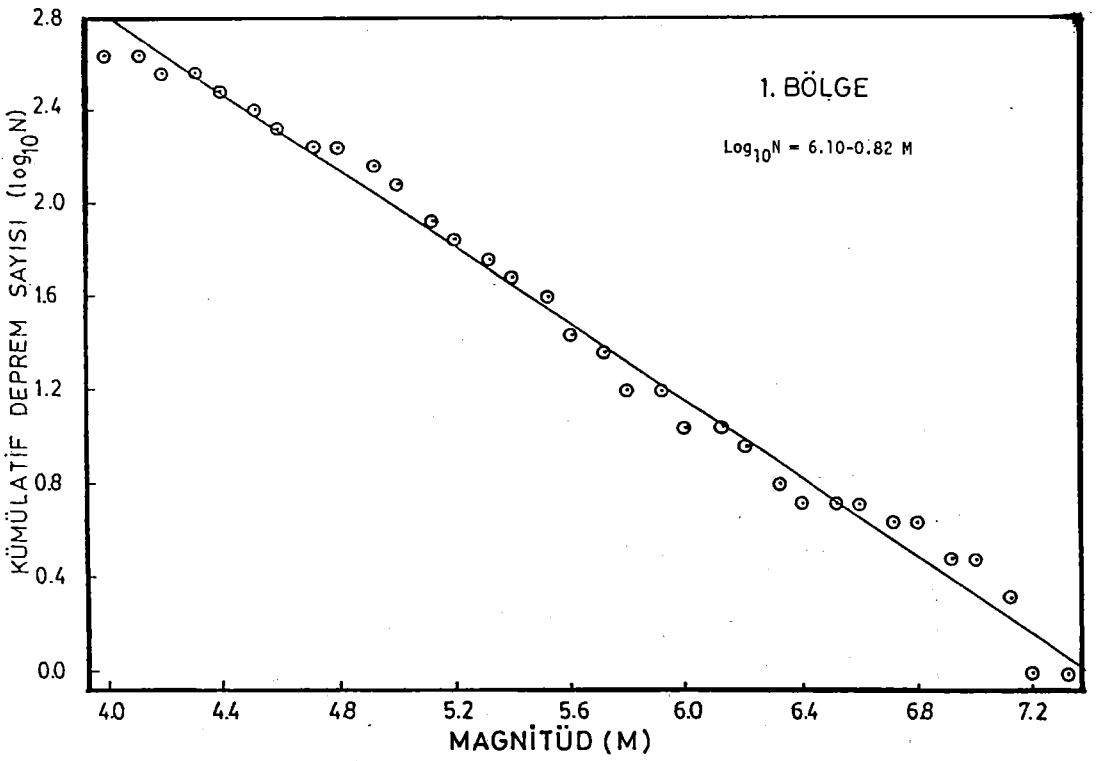
(1)



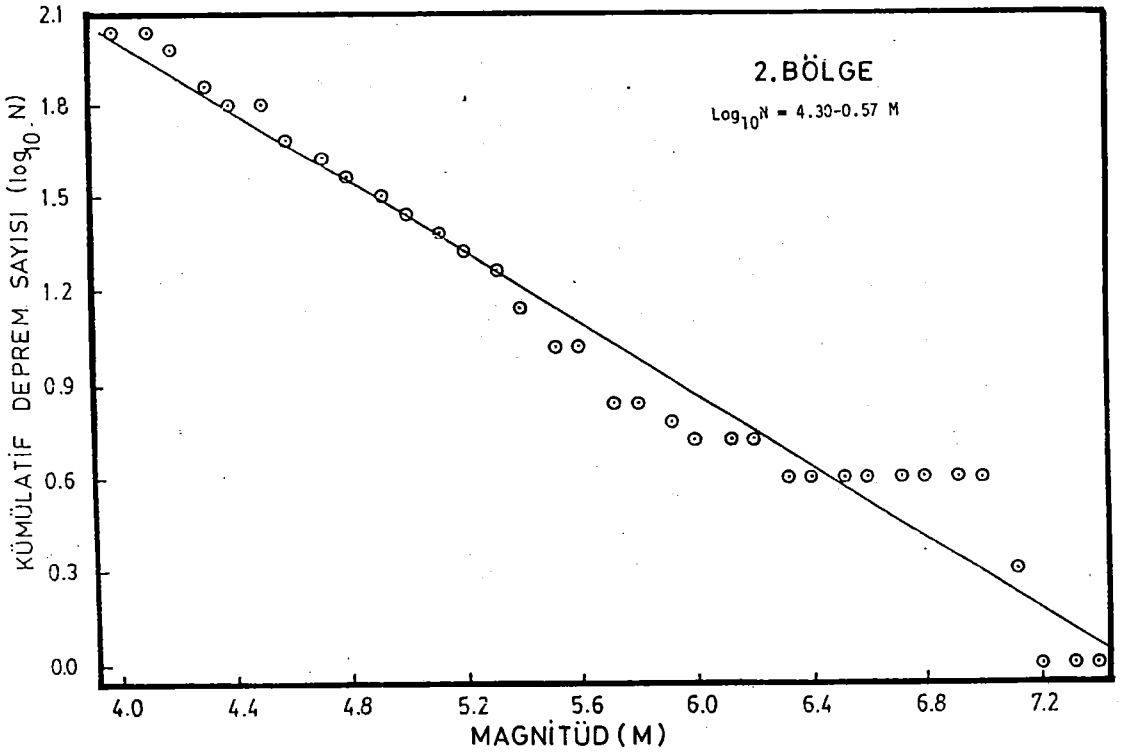
Şekil 1. Batı Anadolu'daki depremlerin magnitüdüne göre episantr haritası (1930-1990).



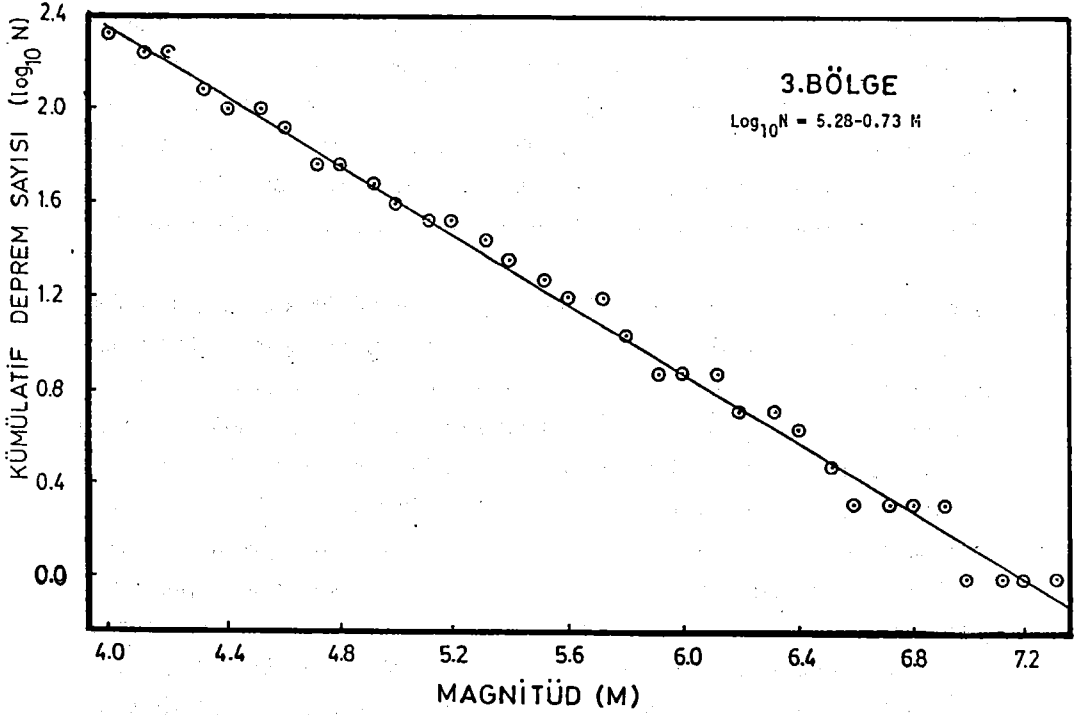
Şekil 2. Seçilen bölgelerin bulduru haritası.



Şekil 3. Magnitüd-frekans bağıntısı (1. Bölge).



Şekil 4. Magnitüd-frekans bağıntısı (2. Bölge).



Şekil 5. Magnitüd frekans bağıntısı (3. Bölge).

Çizelge 1. Bölgelerin en küçük kareler yöntemiyle bulunan a ve b parametreleri ($\Delta M=0.1$).

BÖLGE	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	TÜM BÖLGE
a	6.10	4.30	5.28	6.09
b	0.82	0.57	0.73	0.75

Çizelge 2. Bölgelerin en küçük kareler yöntemiyle bulunan a ve b parametreleri ($\Delta M=0.5$).

BÖLGE	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	TÜM BÖLGE
a	6.18	4.51	5.24	6.14
b	0.79	0.57	0.67	0.71

Çizelge 3. İncelenen depremlerin toplam sayısı (1930-1990, $M \geq 4.0$).

BÖLGE	N	N%	N'(ORTALAMA)
1	460	59.7	7.54
2	117	15.2	1.92
3	194	25.1	3.18
TOPLAM	771	100.0	12.64

Burada N, magnitüdü M ve daha büyük depremlerin sayısını göstermektedir. a ve b ise katsayılarıdır. a inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişmektedir. b değeri deprem oluşumunun fiziği ile doğrudan ilişkili olduğundan depremlerin istatistik analizinde önemli bir yer tutar. Hesaplanan b değerleri kullanılan verilere, yöntemlere, depremlerin normal ve kümülatif frekanslara bağlı olarak değişir.

Seçilen bölgeler için magnitüd-frekans bağıntısı en küçük kareler yöntemiyle magnitüd aralığı $\Delta M=0.1$ ve $\Delta M=0.5$ için hesaplanmıştır. $\Delta M=0.1$ için magnitüd-frekans bağıntılarının Şekil 3, 4 ve 5 'de grafikleri çizilmiştir. Çizelge 1 ve Çizelge 2'de ise en küçük kareler yöntemiyle hesaplanan a ve b parametreleri verilmiştir. Deprem verileri bu bölgeler için, depremlerin yıllık oluşumlarına ve magnitüdülerine göre sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflamanın sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. N, depremlerin toplam sayısını ve N' yıllık ortalamayı belirtmektedir (T=61 yıl). Batı Anadolu bölgesinde depremsellik parametresi olan b değerleri çeşitli araştırmacılar tarafından farklı bulunmuştur. Buna göre Numanoğlu (1968) b değerini 0.53, Tabban ve diğer., (1975) 0.61 ve Alptekin (1978) 0.76 olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada, b değerleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak 0.1 birim ve 0.5 birim magnitüd adımlaması göz önüne alınarak 0.75 ve 0.71 olarak bulunmuştur.

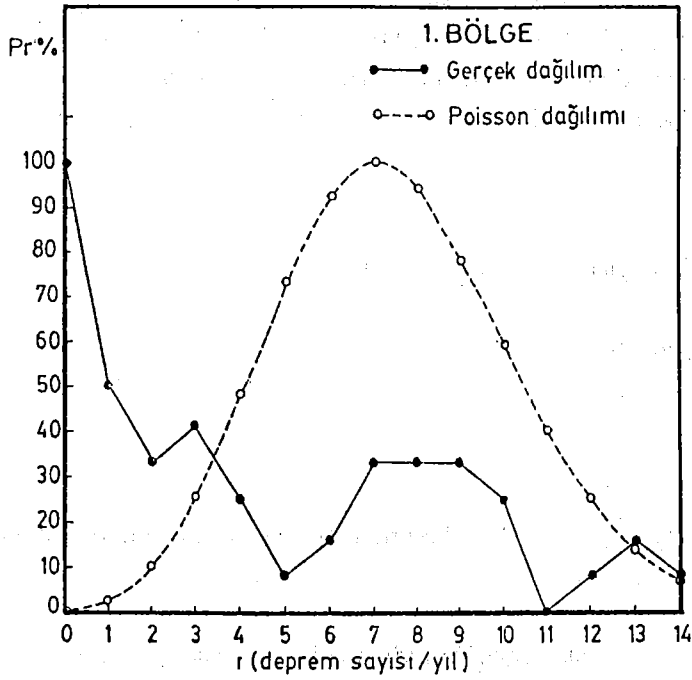
DEPREM OLUŞ UMLARININ POISSON DAĞILIMI

Depremlerin zamana göre oluşumu gelişigüzel bir süreç olarak alınmaktadır. Geçmişte gözlenen depremlerle beklenecek depremlerin tahmini stokastik modellerle ifade edilmektedir. Lomnitz (1966)'da büyük depremlerin oluşumu için Poisson modelini kullanmıştır. Poisson modelinde deprem olaylarının birbirinden bağımsız oldukları varsayılarak depremlerin oluşumu zaman uzayında bir Poisson süreci olarak alınmaktadır.

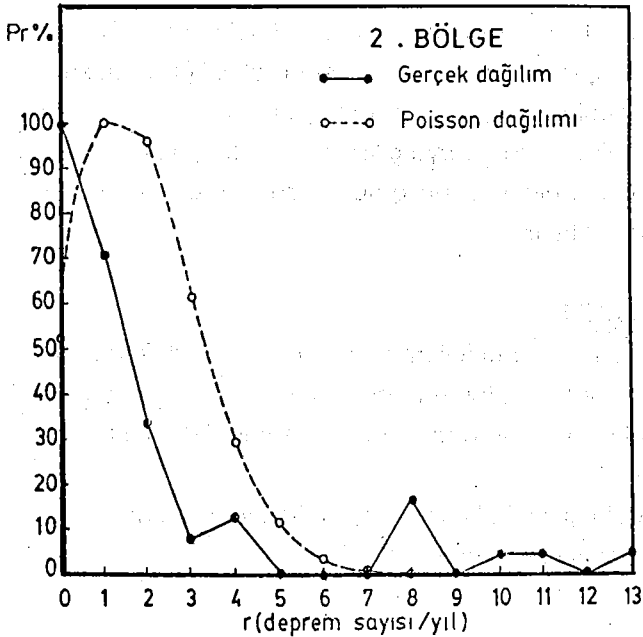
Çalışmamızda depremlerin oluşumlarının bir Poisson dağılımı olduğu ve magnitüdülerinin birbirinden bağımsız ve eşit olarak dağıldığı kabul edilirse, t zaman aralığında magnitüdüleri M'den büyük N depremin oluşum olasılığı

$$P(N, t) = \frac{(\lambda t)^N e^{-\lambda t}}{N!} \quad (2)$$

Burada, λ , birim zamandaki deprem sayısıdır.



Şekil 6. Depremlerin olasılık dağılımları (1. Bölge).



Şekil 7. Depremlerin olasılık dağılımları (2. Bölge).

Seçilen bölgelerdeki deprem sayılarının yıllara göre düzenlenmesiyle, depremlerin yıllık sayılarının gerçek dağılımı hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama ile elde edilen veriler teorik Poisson dağılımıyla karşılaştırılabilir. Buradan Poisson dağılımı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$Pr = \frac{h^r \cdot e^{-h}}{r!} \quad (3)$$

h = depremlerin yıllık ortalama sayısıdır.

Gerçek dağılım ise,

$$Pr = \frac{n_r}{\sum_{r=0}^N n_r} \quad (4)$$

n_r = r sayıdaki depremin yıllık oluşumlarıdır. Her iki dağılımda r , bir yılda olan depremlerin sayısıdır.

Her bölge için olasılık dağılımları yüzde olarak Şekil 6, 7 ve 8'de çizilmiştir. Bu şekillerden şu sonuç çıkarılabilir. Gerçek dağılım maksimum değer çevresinde Poisson dağılımının altında uzanmakta ve eğrinin uç kısımlarında ise onu kesmektedir. Dolayısıyla gerçek dağılımın Poisson dağılımından sapması, ya da her iki dağılım arasındaki farklılık ortalama değer çevresinde pozitif, ve her iki uçlarda ise negatif olmaktadır. Böylece, bir deprem oluştuğunda başka depremlerin oluşma olasılığı artmakta ya da bazı bilinmeyen nedenler dolayısıyla depremlerin bir grup ya da deprem fırtınası şeklinde olma olasılıkları ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle, büyük ya da küçük depremlerin oluşları, bir grup ya da deprem fırtınası şeklinde olma olasılığını taşımaktadır.

POISSON MODELİ

Deprem oluşumunu modellemekte en çok kullanılan model Poisson modelidir. Bu modelde, deprem oluşumunun bir Poisson dağılımı olduğu kabul edilmekte ve deprem olma olasılığı (2) nolu bağıntı ile ifade edilmektedir.

Böyle bir modelde, kümülatif frekans dağılımı, yani t zaman aralığında N veya daha az deprem bulunma olasılığı,

$$F(N, t) = \sum_{k=0}^N \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (4)$$

ile verilir. Poisson dağılımında deprem oluşları arasındaki zamanlar negatif üstel dağılımı gösterirler.

$$P(t) = -\lambda e^{-\lambda t} dt \quad (5)$$

Burada P, iki deprem arasındaki verilen bir zaman aralığının, (t, t+dt) zaman aralığı içerisine düşme olasılığıdır. Buna karşılık gelen kümülatif dağılım fonksiyonu,

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (6)$$

dir. F(t), iki deprem arasındaki verilen bir zaman aralığının t ve daha az olma olasılığıdır.

Poisson modeline göre bir sonraki depremin oluşması için geçen bekleme zamanının dağılımı, bir önceki depremin oluşundan itibaren geçen zamandan etkilenmez ve istatistik veriler Poisson modelinin büyük depremler için geçerli olduğunu göstermektedir.

Kümülatif frekans $N_c(M)$ ile normal frekans $N(M)$ arasındaki bağıntıdan:

$$a' = a - \text{Log}(b \ln 10) \quad (7)$$

elde edilir. Gutenberg-Richter (1954) tarafından verilen magnitüd-frekans bağıntısı:

$$N(M) = 10^{a-bM} \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. Bunun incelenen zaman periyodu T'ye bölünmesi ile;

$$\frac{N(M)}{T} = \frac{10^{a-bM}}{T} \quad (9)$$

elde edilir. Her iki tarafın logaritması alınarak,

$$\text{Log}(N(M)T) = a - bM - \text{Log}T \quad (10)$$

ve buradan da,

$$n(M \geq M_1) = 10^{a-bM-\text{Log}T} \quad (11)$$

bulunur. Bu bağıntıdan,

$$\begin{aligned} a_1 &= a - \text{Log}T \\ a_1 &= a' - \text{Log}T \\ n(M) &= 10^{a'-bM} \end{aligned} \quad (12)$$

elde edilir. Bu bağıntılar yardımıyla verilen bir zamanda magnitüdü verilen bir M_1 değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama sayısı $n(M \geq M_1)$ (Tuksal, 1976) ve sismik risk değerleri hesaplanabilir (Gencoğlu, 1972, Tabban ve Gencoğlu, 1975). Bunun için Şekil 3, 4 ve 5 'den ve yukarıdaki bağıntılardan bulunan deprensellik parametreleri Çizelge 4 ve 5'de gösterilmiştir.

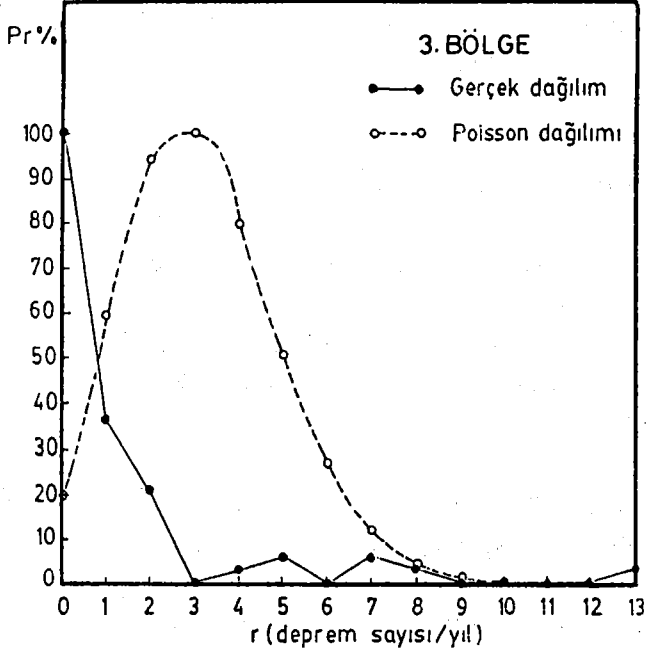
(12) no.lu bağıntılar kullanılarak seçilen üç bölge için sismik risk değerleri,

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T} \quad (13)$$

bağıntısından bulunur. Çizelge 4'deki değerler kullanılarak üç bölge için hesaplanan sismik risk değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 5'deki değerleri kullanarak bulunan sismik risk değeri Çizelge 7'de verilmiştir. Bu çizelgeler incelendiğinde, örneğin, Çizelge 6'dan, 2. bölgede 61 yıllık bir zamanda magnitüdü $M \geq 7.0$ olan bir depremin olma olasılığı %80 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde, Çizelge 7'den, 2. bölgede 61 yıllık bir zamanda magnitüdü $M \geq 7.0$ olan bir depremin olma olasılığı %90 olarak bulunmuştur.

$n(M)$ değerlerinden dönüş periyodu yıl olarak hesaplanabilir. Bunun için,

$$Q = \frac{1}{n(M)} \quad (14)$$



Şekil 8. Depremlerin olasılık dağılımları (3. Bölge).

Çizelge 4. Depremsellik parametreleri ($\Delta M=0.1$).

BÖLGE	a	b	a'	a ₁	a ₁ '
1	6.10	0.82	5.82	4.31	4.03
2	4.30	0.57	4.18	2.51	2.39
3	5.28	0.73	5.05	3.49	3.26

Çizelge 5. Depremsellik parametreleri ($\Delta M=0.5$).

BÖLGE	a	b	a'	a ₁	a ₁ '
1	6.18	0.79	5.92	4.39	4.13
2	4.51	0.57	4.39	2.72	2.60
3	5.24	0.67	5.05	3.45	3.26

bağıntısı kullanılır. Bulunan sonuçlar Çizelge 6 ve 7 'de gösterilmiştir. 2. bölgede magnitüdü $M \geq 7.0$ olan depremin tekrarlanması için 39.2 yıl geçmesinin gerekli olduğu 0.1 magnitüd adımlamasıyla, aynı magnitüdeki depremin tekrarlanması için 24.2 yıl geçmesinin gerekli olduğu 0.5 magnitüd adımlamasıyla bulunmuştur.

SONUÇLAR

Batı Anadolu'da episantr haritalarının incelenmesinden, depremlerin çöküntü alanlarının her iki tarafında sıralandıkları görülmüştür. Batı Anadolu'da, deprensellik parametrelerinden a ve b değerleri seçilen bölgelere göre en küçük kareler yöntemiyle hesaplanarak bulunan sonuçlardan bölgeler arası sismik aktivitenin farklı olduğu görülmüştür. Tüm bölge için $\Delta M=0.1$ adımlamasıyla $a=6.09$ ve $b=0.75$, $\Delta M=0.5$ adımlamasıyla $a=6.14$ ve $b=0.71$ bulunmuştur.

Batı Anadolu'da 1930-1990 yılları arasında magnitüdü $M \geq 4.0$ olan depremlerin Poisson dağılımına uydukları görülmüştür. 0.1 birim magnitüd aralığı seçilerek yapılan sismik risk tahminlerine göre, 1. Bölgede, 60 yıl içerisinde magnitüdü $M \geq 7.0$ olan bir depremin oluşum olasılığı %70, 2. Bölgede %80 ve 3. Bölgede %60 olarak bulunmuştur. Aynı magnitüdeki depremin tekrarlanması için geçmesi gereken zaman 1. Bölgede 50.3, 2. Bölgede 39.2 ve 3. Bölgede 69.3 yıl olarak bulunmuştur.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Alptekin, Ö., 1978, Türkiye ve çevresindeki depremlerde magnitüd-frekans bağıntıları ve deformasyon boşalımı: Doçentlik Tezi, K.T.Ü., 107 s.

Alsan, E., Tezuçan, L. and Bath, M., 1976, An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913-1970: Rapor No. 7-75, Kandilli Rasathanesi, İstanbul.

Gencoğlu, S., 1972, Kuzey Anadolu Fay hattının sismisitesi ve bu zon üzerinde sismik risk çalışmaları: Kuzey Anadolu Fay ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, M.T.A. Enstitüsü, Ankara.

Çizelge 6. Bölgelerin sismik risk değerleri ($\Delta M=0.1$).

1. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.1314	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	7.6
6.5	0.0511	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	19.6
7.0	0.0199	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	50.3

2. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.0948	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	10.6
6.5	0.0492	0.4	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	20.3
7.0	0.0255	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	0.8	39.2

3. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.0775	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	12.9
6.5	0.0334	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	29.9
7.0	0.0144	0.1	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	69.3

Çizelge 7. Bölgelerin sismik risk değerleri ($\Delta M=0.5$).

1. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.1764	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
6.5	0.0815	0.6	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	10.0
7.0	0.0377	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	24.8

2. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.1537	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.5
6.5	0.0797	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	12.5
7.0	0.0414	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	24.2

3. BÖLGE

M	N	SİSMİK RİSK						DÖNÜŞ PERİYODU (YIL)
		10	20	30	40	50	60	
6.0	0.1764	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.7
6.5	0.0815	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	12.3
7.0	0.0377	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	26.5

Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1942, Earthquake magnitude, intensity energy and acceleration: Bull. Seism. Soc. Am., V. 32, pp. 163-191.

Lomnitz, C., 1966, Statistical prediction of earthquakes: Rev. Geophys. V.4, pp. 377-393.

Numanoğlu, B., 1978, Batı Anadolu'nun deprem risk analizi: Deprem Araştırma Enst. 21, 44-52.

Shebalin, N.V., Karnik, V. and Hadzievski, D., 1974, Editors, Catalogue of Earthquakes, Part I, 1901-1970, and Part II, prior to 1901, UNESCO, Publ. Skopje.

Tabban, A. ve Gencoğlu, S., 1975, Deprem ve parametreleri: Deprem Araştırma Enstitüsü Bült., 11, 7-83.

Tuksal, İ., 1976, Seismicity of the North Anatolian Fault system in the domain of space, time and magnitude. M.S. Thesis, Saint-Louis University, Saint-Louis, Missouri.