



## Kastamonu ve Yakın Çevresi İçin Deprem Olasılığı Tahminleri *Earthquake Probability Forecasts for Kastamonu and Near Surroundings*

**Bülent ÖZMEN**

*Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi,  
Gazi Üniversitesi, 06570, Maltepe-Ankara (e-posta: bulentozmen@gazi.edu.tr)*

### **ÖZ**

Kastamonu kent merkezi son yayınlanan ve halen yürürlükte bulunan 1996 deprem bölgeleri haritasında I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Kastamonu il sınırlarının ise %46'sı I. derece, % 22'si II. derece, %24'ü III. derece ve %8'i IV. derece deprem bölgesindedir. Kent merkezinin I. derece deprem bölgesinde yer almasına rağmen bölgenin depremselliği ve deprem tehlikesi üzerine çok az sayıda çalışma yapılmıştır.

Kastamonu'nun depremselliği kent merkezini 150 km çevreleyecek şekilde çizilen bölge içine düşen, 1900-2011 yılları arasında meydana gelmiş ve magnitudü  $M \geq 4.0$  olan deprem verilerinden yararlanarak incelenmiştir. Depremlerin büyük bir çoğunluğu Kastamonu'nun güneyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu, Dodurga fayı, Eldivan – Elmadağ tektonik kaması, Merzifon fayı ve Taşova – Çorum fay zonu üzerinde meydana gelmiştir.

Çalışmanın amacı, Kastamonu kent merkezini 50, 100 ve 150 km çevreleyecek şekilde çizilen ve sismotektonik bölge olarak kabul edilen dairesel alanlarda meydana gelmiş  $M \geq 4.0$  olan deprem verilerinden yararlanarak her bölge için Gutenberg – Richter magnitud – frekans bağıntısındaki a ve b parametrelerini bulmak, bu parametrelerden yararlanarak ve Poisson modelini kullanarak farklı büyüklükteki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve bunların dönüş periyotlarını tahmin etmektir.

Her bölgenin deprem oluşma olasılıkları 10, 20, 30, 40, 50, 75 ve 100 yıl ve büyüklüğü 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5 olan depremler için hesaplanmıştır. Bu çalışma ile 150 km yarıçaplı bir bölge içinde büyüklüğü  $M \geq 7.5$  olan bir depremin 100 yıl içinde gerçekleşme olasılığı % 75 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Depremsellik, Kastamonu, magnitud-frekans ilişkisi, Poisson yöntemi

### **ABSTRACT**

*Kastamonu city center falls into the first degree earthquake zone in the latest map of 1996 which is still in force. 46 percent of the surface area of Kastamonu province is in the first degree hazard zone, 22 percent in the second degree hazard zone, 24 percent in the third degree hazard zone and 8 percent in the fourth degree hazard zone. Although the city center is located the first degree hazard zone, there are very few studies on seismicity and seismic hazard for this region.*

*The seismicity of Kastamonu has been investigated by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater that occurred in a region with a 150-km radius for the time interval 1900-2011. Epicenters of earthquakes were relocated to make a correlation with the active faults and to determine the seismic activity in the region. The earthquakes are particularly concentrated on the active tectonic lines such as the North Anatolian Fault Zone, the Dodurga fault, the Eldivan – Elmadağ tektonic junction, the Merzifon fault and the Taşova – Çorum fault zone.*

*The aim of this study is to predict probability of earthquake occurrences and return periods for Kastamonu and near surroundings by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater ( $M \geq 4.0$ ) that occurred in regions with 50, 100 and 150 km radius for the time interval 1900 – 2011. Hence a statistical aspect based on Poisson model and a classical linear magnitude-frequency relation of Gutenberg-Richter were used for each region.*

*The earthquake occurrence probabilities for investigated area were calculated for some periods of  $T = 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100$  years and for magnitudes of  $M = 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5$ . Within a radius 150 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.5 or greater in 100 years were calculated as 75 percent.*

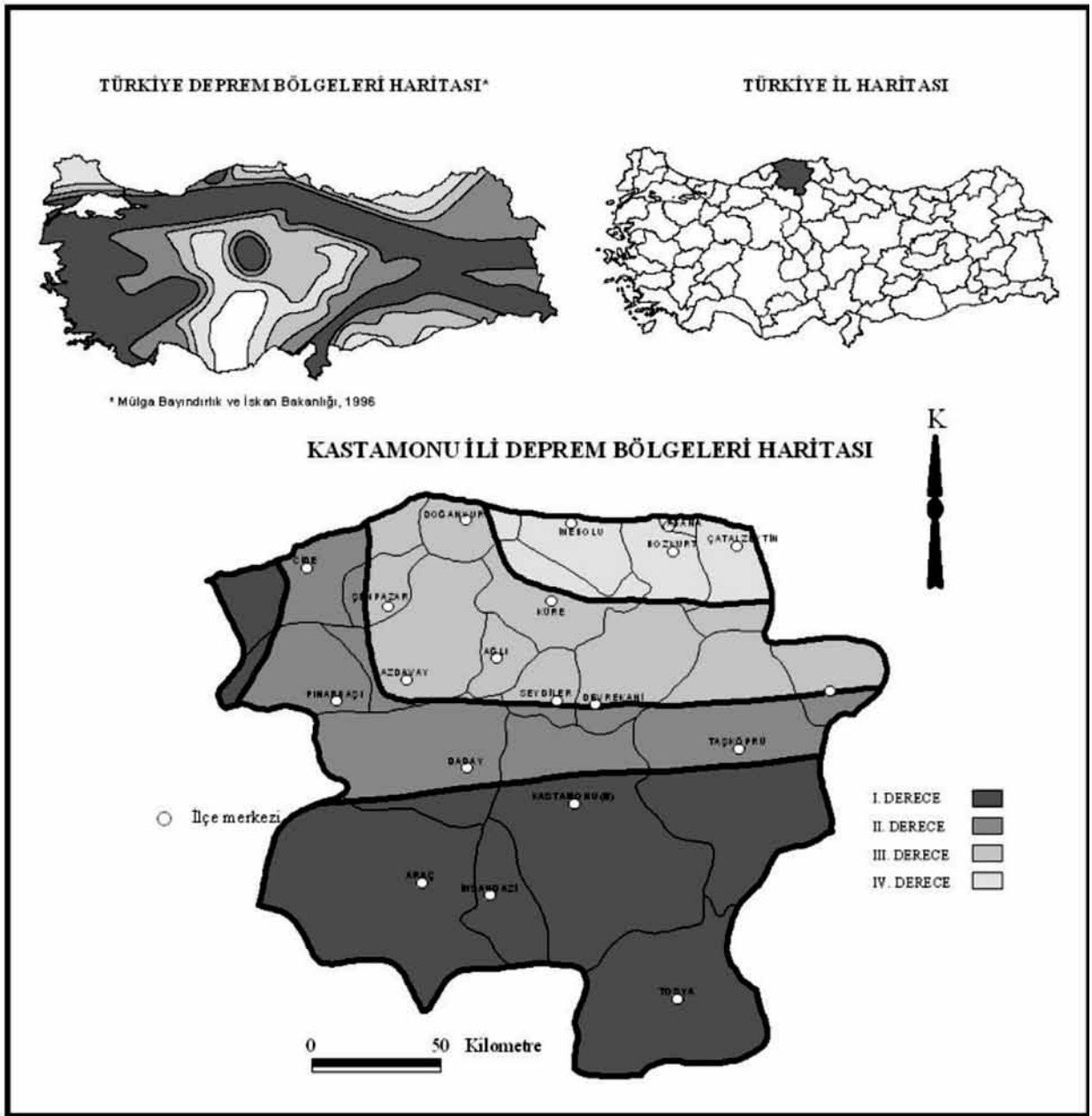
**Keywords:** *Seismicity, Kastamonu, magnitude-frequency relation, Poisson method*

## GİRİŞ

Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Kastamonu ilinin doğusunda Sinop, batısında Bartın ve Karabük, güneyinde Çankırı ve güney-doğusunda Çorum ili yer alır. Türkiye İstatistik Kurumu adrese dayalı nüfus sayımına (2011) göre Kastamonu il sınırları içinde 359 bin 759 kişi yaşamaktadır. 13108 km<sup>2</sup> alan üzerinde yer alan Kastamonu Türkiye topraklarının %1.7'sini oluşturmaktadır. Kastamonu kent merkezi Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayımlanan, bakanlar kurulu kararı ile yürürlüğe giren ve halen geçerli bulunan resmi deprem bölgeleri haritasına göre I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yani 50 yılda %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmesi 0.4 g dir. Kastamonu il sınırlarının ise %46'sı I. derece, %22'si II. derece, %24'ü III. derece ve %8'i IV. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 1). Geçmiş tarihli 1945, 1947, 1963 ve 1972 tarihli resmi deprem bölgeleri haritalarında

ise Kastamonu merkez ilçesi sırasıyla tehlikeli, II. derece, II. derece ve III. derece deprem bölgesinde gösterilmiştir.

Kastamonu birinci derece deprem bölgesinde yer almasına rağmen ilin deprenselliği ve deprem tehlikesine yönelik çok az çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sırası ile AİGM (2001), Özmen (2001) ve Dirik (2004) tarafından yapılmıştır. AİGM (2001) ve Özmen (2001) tarafından yapılan çalışmalarda bölgenin deprenselliği detaylı bir şekilde incelenmiş ve deterministik yöntem kullanılarak hesaplanmış şiddet ve ivme değerlerinden yararlanarak ilin deprem tehlike haritaları hazırlanmıştır. Dirik (2004) tarafından yapılan çalışmada ise bölgede hasara neden olmuş depremler hakkında bilgiler verilmiş ve bölgenin önemli bir deprem riski altında olduğu vurgulanmıştır. Dünyanın ve Türkiye'nin en aktif faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fay zonu şehir merkezinin 35 km



Şekil 1. Kastamonu ilinin deprem bölgeleri haritası.

Figure 1. Earthquake zoning map of Kastamonu province.

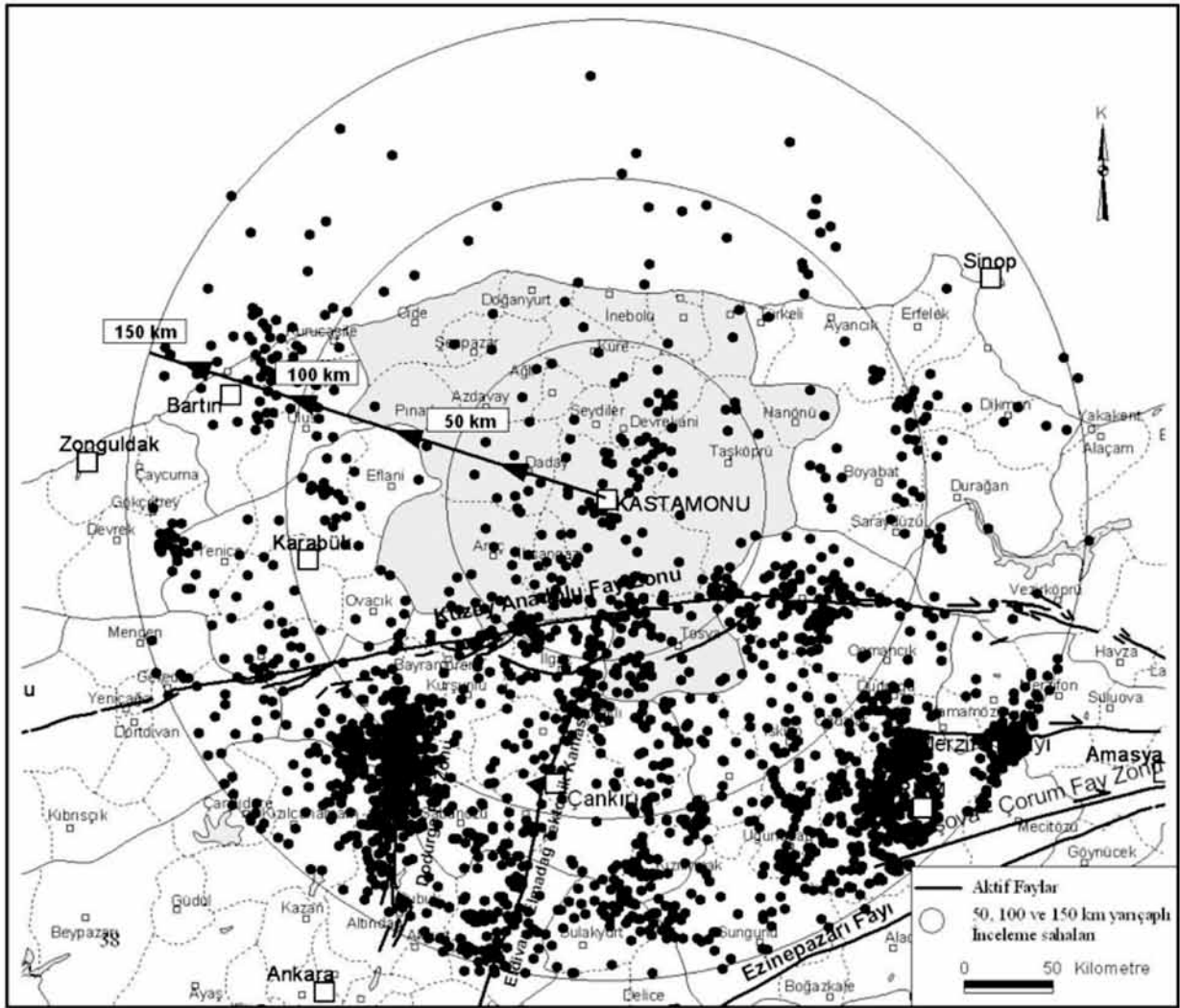
güneyinden geçmekte ve Kastamonu için önemli bir tehdit kaynağı oluşturmaktadır. Nitekim bu fay üzerinde meydana gelen 26 Kasım 1943 tarihli Tosya-Ladik depreminden önemli derecede etkilenmiştir.

Bu çalışmada, Kastamonu kent merkezini 50, 100 ve 150 km yarıçaplarında çevreleyecek şekilde çizilen ve sismotektonik bölge olarak kabul edilen dairesel alanlarda meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 4.0$  olan depremlerin katalog

verilerinden yararlanarak her bölge için Gutenberg – Richter magnitüd – frekans bağıntısındaki a ve b parametreleri bulunacak ve bu parametrelerden yararlanarak ve Poisson yöntemi kullanılarak her sismotektonik bölge için değişik büyüklüklerdeki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve bunların dönüş periyotları hesaplanacaktır.

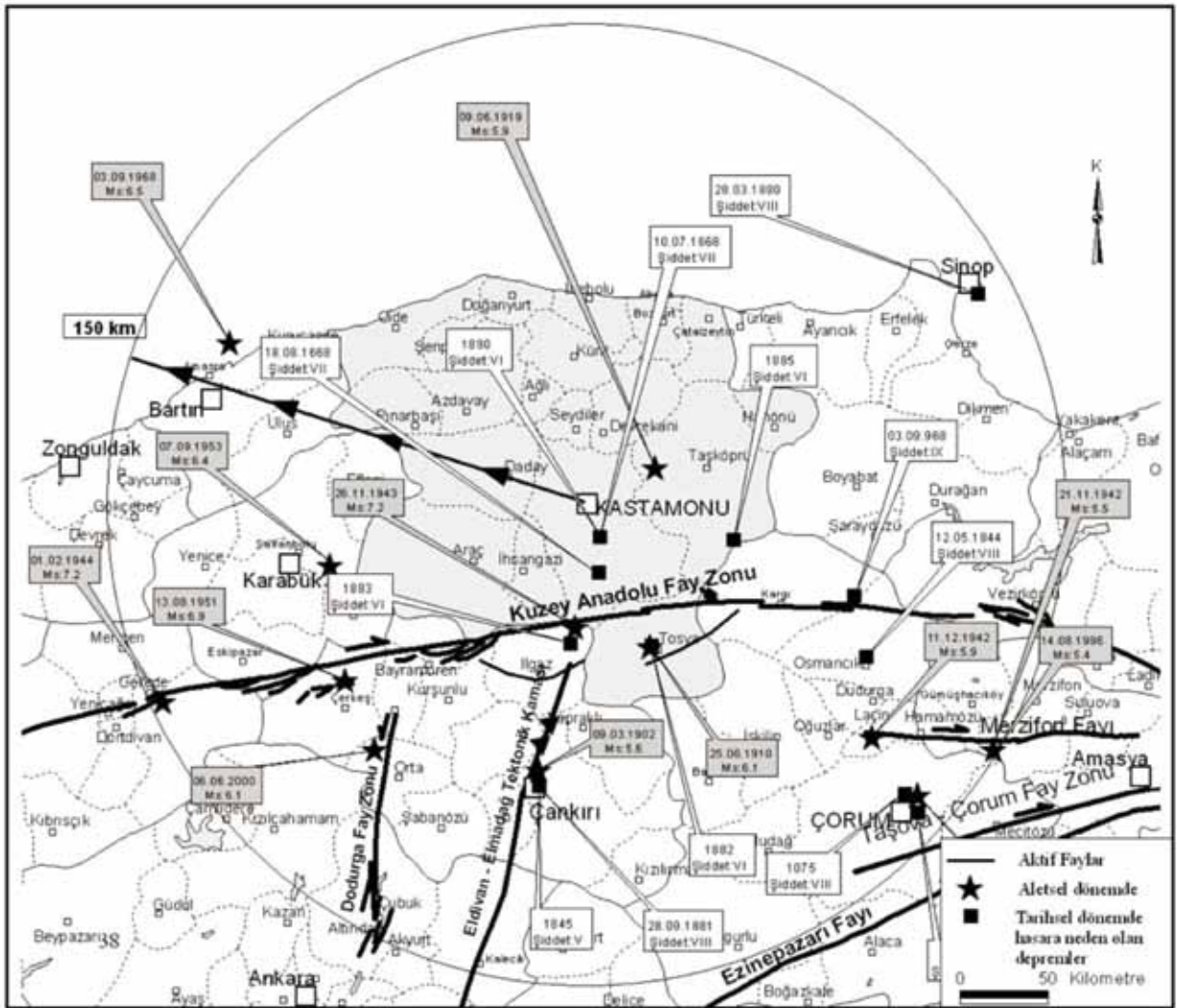
## BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI ve DEPREM ETKİNLİĞİ

Kastamonu ve yakın civarının deprem etkinliği kent merkezini 150 km çevreleyecek şekilde çizilen dairesel alan içine düşen ve 1900 - 2011 yılları arasında meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 2$  olan deprem verilerinden yararlanarak belirlenmiştir (Şekil 2). Depremler, deprem



Şekil 2. Bölgede meydana gelmiş depremlerin dağılımı.

Figure 2. Spatial distribution of earthquakes in the region.



Şekil 3. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelmiş ve hasara neden olmuş depremlerin dağılımı.

Figure 3. Spatial distribution of historical and instrumental earthquakes which have caused damage in the region.

verileri bölümünde detayları verilen deprem kataloglarından alınmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3'deki aktif faylar ise Şaroğlu vd., (1992), Bozkurt (2001), Seyitoğlu (2007) ve Koçyiğit (2008) den derlenmiştir.

Depremlerin büyük bir çoğunluğunun Kastamonu'nun güneyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu, Dodurga fayı, Eldivan – Elmadağ tektonik

kaması, Merzifon fayı ve Taşova – Çorum fay zonu üzerinde meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca Kastamonu'nun Kuzey-batısında Bartın civarında da bir yoğunlaşma olduğu görülmektedir.

Kastamonu ve yakın civarında aletsel dönemde (1900 – 2012); 9 Mart 1902 tarihinde Çankırı depremi (Ms:5.6, Io:IX), 25 Haziran 1910 tarihinde Tosya depremi (Ms:6.1, Io=VII),

9 Haziran 1919 tarihinde Almus (Tokat) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 21 Kasım 1942 tarihinde Osmancık depremi (Ms:5.5, Io=VIII), 2 Aralık 1942 tarihinde Osmancık (Çorum) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 11 Aralık 1942 tarihinde Hamamözü (Çorum) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 26 Kasım 1943 tarihinde Tosya – Ladik depremi (Ms:7.2, Io=X), 1 Şubat 1944 tarihinde Gerede depremi (Ms:7.2, Io=IX), 13 Ağustos 1951 tarihinde Ilgaz-Kurşunlu depremi (Ms:6.9, Io=IX), 7 Eylül 1953 tarihinde Çerkeş depremi (Ms:6.4, Io=VIII), 3 Eylül 1968 Amasra-Bartın depremi (Ms:6.5, Io=VIII), 14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depremi (Ms:5.4, Io=VI) ve 6 Haziran 2000 Dodurga (Çankırı) depremi (Ms:6.1, Io=VII) olmak üzere onüç deprem meydana gelmiştir (Şekil 3). Bu depremlerden Kastamonu'yu en fazla etkileyen Tosya – Ladik (1943) depremi hakkında detay bilgileri aşağıdaki gibidir.

**26 Kasım 1943 Tosya – Ladik Depremi:** 26 Kasım 1943 tarihinde meydana gelmiş olup maksimum şiddeti Io:X, magnitüdü Ms:7.2, derinliği 10 km, episantırı 41°.05'K, 33°.72'D olarak saptanmıştır. Kastamonu'nun merkez ilçesi bu depremden VIII şiddetinde etkilenmiştir. Pınar ve Lahn (1952), bu depremin Anadolu'nun çok büyük kısmında hissedildiğini, Doğuda Taşova'dan, batıda Ilgaz'a kadar uzanan ve yaklaşık 45000 km<sup>2</sup> yi kapsayan bir bölge içinde kasaba ve köylerdeki evlerin %75'inin (ortalama olarak 40000 ev) tümüyle yıkılmış ya da ağır hasara uğramış olduklarını belirtmiştir. Sayısı tam olarak belirlenememiş olmakla birlikte 4000 kişinin öldüğü, 5000 kişinin de yaralandığı belirtilmiştir. Doğuda Destek boğazı ile batıda Kurşunlu bölgesi arasında 250 km uzunluğunda yeni bir kırığın oluşmasına neden olmuştur.

Tarihsel dönemde (M.Ö.2100 – M.S.1900 yılları arasında) ise değişik şiddetlerde 13 tane hasar yapan deprem meydana gelmiştir (Şekil

3). Bu depremlere ait bulgular Soysal vd., (1981) den yararlanarak tarih sırasına göre Çizelge 1'de sunulmuştur.

### DEPREM OLASILIĞI

Olasılık tahminlerinde en yaygın olarak Poisson yöntemi kullanılır. Bu yöntem deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu ve bir kaynak bölgesi içinde depremlerin gerek konum ve gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız olarak meydana geldiğini kabul eder.

Deprem oluşma olasılıklarının hesaplanmasında ilk aşama, sismotektonik bölgeler içinde geçmişte meydana gelmiş depremlerin magnitüdüne göre dağılımlarının bulunması bölgenin depremselliğini yansıtan parametrelerin hesaplanmasıdır. Bu yaklaşımda deprem magnitüdüne göre ortalama dönüş periyotları ve seçilen bir zaman süresi içinde olma olasılıkları bulunabilir. Poisson yönteminin kullanıldığı durumlarda, deprem oluşumları bağımsız kabul edildiği için, deprem kataloglarının artçı ve öncü depremlerden arındırılması gerekir.

### Deprem verileri

Farklı büyüklükteki depremlerin meydana gelme olasılıklarını belirleyebilmek için Ergin vd., (1967, 1971), Öcal, (1968a, b), Alsan vd., (1975), Pınar ve Lahn (1952, 2001), Gencoğlu ve Tabban, (1986), Gencoğlu vd., (1990), Kalafat vd., (2011), Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi (2012) ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (2012) tarafından hazırlanmış olan 11 ayrı katalogdan yararlanılmıştır. Birçok katalogun detaylı bir şekilde incelenmesi, deprem verilerinin karşılaştırılması, birbirlerindeki

**Çizelge 1.** Tarihsel dönemde (M.Ö.2100 – M.S.1900) meydana gelmiş depremler.

**Table 1.** Earthquakes which have occurred in historical period (B.C.2100 – 1900).

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Açıklama
03.09.968	41.15	34.75	IX	Saat 2’de meydana gelen deprem Kastamonu, Çorum ve Amasya civarında hasara neden olmuştur.
1075	40.60	34.95	VIII	Sabah saatlerinde meydana gelen deprem Çorum ve civarında hasara neden olmuştur.
1509	40.55	35.00	VIII	Çorum’da hasara neden olmuştur
10.07.1668	41.30	33.80	VII	Kastamonu ve Bolu’da hasara neden olmuştur.
18.08.1668	41.20	33.80	VII	
12.05.1844	40.98	34.80	VIII	Osmancık, Çorum ve Ankara’da hasara neden olmuştur. Deprem nedeniyle 200 kişi yaşamını yitirmiştir.
1845	40.60	33.60	V	Çankırı civarında etkili olmuştur.
28.03.1880	42.00	35.20	VIII	
28.09.1881	40.60	33.60	VIII	Çankırı civarında hasara neden olmuştur. Depremin büyüklüğünün 6.1 olduğu ve 12 kişinin yaşamını yitirdiği belirtilmiştir.
1882	41.00	34.00	VI	Tosya, Kastamonu, İskilip ve Çankırı’da hasara neden olmuştur.
1883	41.00	33.70	VI	Kastamonu ve Çankırı’da hasara neden olmuştur.
1885	41.30	34.30	VI	Sinop, İnebolu, Taşköprü, Tosya, Çankırı ve İskilip’te hasara neden olmuştur.
1890	41.30	33.80	VI	Kastamonu ve civarında hasara neden olmuştur.

eksiklikleri giderecek şekilde revize edilmesi gibi çalışmalar yapılarak inceleme bölgesi için mümkün olabilecek en kapsamlı ve en doğru deprem veri tabanı elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kataloglardaki magnitüd değerleri olduğu gibi alınmış, sadece şiddet değeri ( $I_0$ ) verilen depremlerin magnitüdü  $M = 0.592 I_0 + 1.63$  (İpek vd., 1965) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Katalogda yeknesaklık sağlamak için farklı büyüklük ölçeğindeki depremler  $M_w = 0.6798M_s + 2.0402$  (Ulusay vd., 2004);  $M_s = 1.55M_b - 2.49$  (Alsan vd., 1975);  $M_s =$

$0.938M_L + 0.181$  (Sipahioğlu, 1984) ilişkileri kullanılarak yüzey dalgası ( $M_s$ ) büyüklüğüne dönüştürülmüştür.

Poisson yönteminin bağımsızlık koşulunun sağlanması için öncü ve artçı depremlerin katalogdan ayıklanması gerekmektedir. 5.5 ve daha büyük depremlerin öncü ve artçı şoklarının olabileceği varsayılarak ve aktif fay haritalarından yararlanarak ana şoktan altı ay önce ve sonra fay doğrultusu boyunca meydana gelmiş depremler öncü ve/veya artçı şok kabul edilerek ayıklanmıştır.

### Magnitüd – Frekans İlişkisi

Deprem istatistiğinin temel bağıntısı olan ve Gutenberg-Richter tarafından geliştirilmiş olan deprem magnitüdü  $M$ 'yi, bir yıldaki tüm depremlerin adedi  $N$ 'ye bağlayan aşağıdaki bağıntı depremsellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için kullanılmaktadır (Gutenberg ve Richter, 1956).

$$\text{Log}N = a - bM$$

Bu bağıntıdaki  $a$  ve  $b$  parametreleri, her bölgenin birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. İncelenilen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine

bağlı olan  $a$  parametresi “*Ortalama Yıllık Sismik Aktivite İndeksi*”, incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine göre farklılık gösteren  $b$  parametresi ise “*Sismotektonik Parametre*” olarak tanımlanmaktadır (Gutenberg ve Richter, 1956; Tabban ve Gencoğlu, 1975). Yapılan incelemelerle büyük  $b$  değerinin zayıf bir gerilim düşmesini, küçük  $b$  değerinin ise büyük bir gerilim düşmesini gösterdiği saptanmıştır.

Magnitüd – Frekans ilişkisi, Kastamonu kenti merkez olmak üzere çizilen 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler içinde meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 4.0$  olan ve öncü-artçı depremlerden ayıklanarak hazırlanmış deprem

**Çizelge 2.** 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölge içinde 0.5 birim magnitüd aralıkları ile sıralanan depremlerin  $\text{Log}N$ , normal ve yığınsal deprem sayısı (frekans) değerleri.

**Table 2.** Normal and cumulative frequency values and  $\text{Log}N$  with the 0.5 magnitude increment of earthquakes that occurred in a region with 50, 100 and 150 km radius.

50 km yarıçaplı bölge için					
$M=0.5$	Ortalama Aralık	Frekans	$\text{Log}N$	Yığınsal Frekans	$\text{Log}N$
4.0-4.5	4.2	7	0.8451	37	1.5682
4.5-5.0	4.7	12	1.07918	30	1.47712
5.0-5.5	5.2	12	1.07918	18	1.25527
5.5-6.0	5.7	5	0.69897	6	0.77815
6.0-6.5	6.2	0	0	1	0
6.5-7.0	6.7	0	0	1	0
7.0-7.5	7.2	1	0	1	0
100 km yarıçaplı bölge için					
$M=0.5$	Ortalama Aralık	Frekans	$\text{Log}N$	Yığınsal Frekans	$\text{Log}N$
4.0-4.5	4.2	23	1.36173	95	1.97772
4.5-5.0	4.7	33	1.51851	72	1.85733
5.0-5.5	5.2	22	1.34242	39	1.59106
5.5-6.0	5.7	10	1	17	1.23045
6.0-6.5	6.2	3	0.47712	7	0.8451
6.5-7.0	6.7	1	0	4	0.60206
7.0-7.5	7.2	3	0.47712	3	0.47712



150 km yarıçaplı bölge için

M=0.5	Ortalama Aralık	Frekans	LogN	Yığımsal Frekans	LogN
4.0-4.5	4.2	46	1.66276	145	2.16137
4.5-5.0	4.7	44	1.64345	99	1.99564
5.0-5.5	5.2	28	1.44716	55	1.74036
5.5-6.0	5.7	18	1.25527	27	1.43136
6.0-6.5	6.2	4	0.60206	9	0.95424
6.5-7.0	6.7	2	0.30103	5	0.69897
7.0-7.5	7.2	3	0.47712	3	0.47712

katalogu kullanılarak bulunmuştur. Deprem magnitüdüleri 0.5 birim aralık içeren sınıflara ayrılarak her bir aralığa karşılık gelen normal ve yığımsal frekanslar, LogN değerleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak M - LogN eğrilerinden her bölge için  $\text{LogN} = a - bM$  bağıntısındaki a ve b parametreleri bulunmuştur (Şekil 4).

Magnitüd – Frekans ilişkisi 50, 100 ve 150 km lik bölgeler için sırasıyla  $\text{LogN} = 4.3549 - 0.6367M$ ,  $\text{LogN} = 4.3846 - 0.5542M$  ve  $\text{LogN} = 4.7844 - 0.6023M$  olarak bulunmuştur. Küçük b katsayısı, bölgede sismik faaliyetin yüksek olduğunu, gerilimin sürekli olarak boşaldığını göstermektedir.

### Depremlerin Meydana Gelme Olasılıkları

İnceleme bölgesi için elde edilen Magnitüd - Frekans ilişkisi kullanılarak depremlerin gelecekte beklenen oluşumları, diğer bir deyişle deprem tehlikesinin belirlenmesine yönelik hesaplamalar, olasılık yöntemleriyle yapılabilmektedir.

Magnitüdüleri verilen bir  $M_1$  değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları, sismik risk değerleri ve dönüş periyotları aşağıdaki bağıntılar yardımıyla

hesaplanır (Gutenberg ve Richter, 1944; Gencoğlu, 1972; Tuksal, 1976; Alptekin, 1978; Sayıl ve Osmaşahin, 2008).

$$n(M) = 10^{a_1 - bM}$$

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

$$Q = 1/n(M)$$

n(M): Yıllık ortalama oluş sayısı

M: Büyüklük

R(M): Yıllık risk

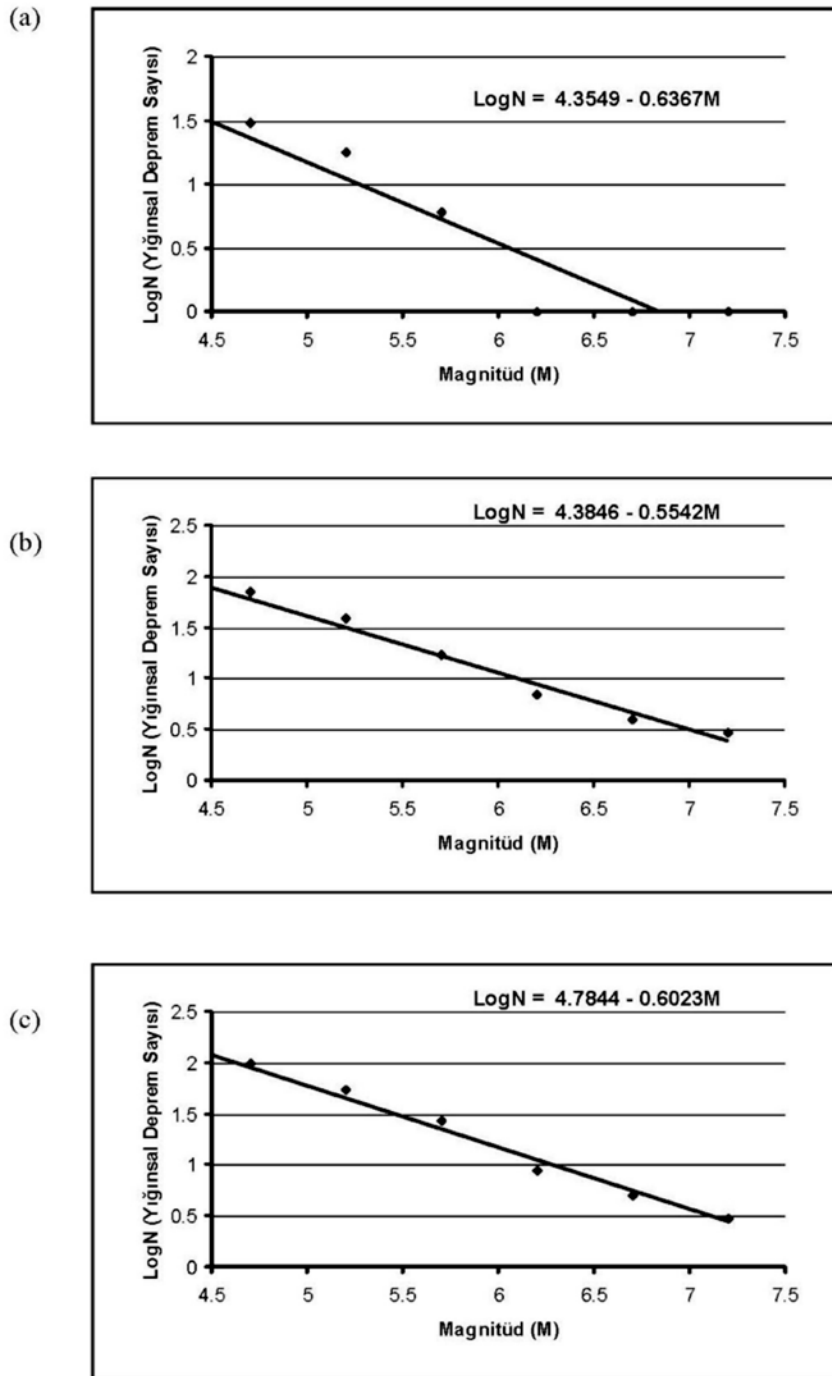
T: Süre (Yıl)

Q: Dönüş periyodu

Kastamonu için yukarıda verilmiş olan bağıntılardan yararlanarak 50, 100 ve 150 km yarıçaplı dairesel alanlar için farklı magnitüdeki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve dönüş periyotları hesaplanarak Çizelge 3’de gösterilmiştir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem istatistiğinin temel bağıntısı olan ve magnitüdü bir yıldaki tüm depremlerin adedi N’ye bağlayan magnitüd-frekans ilişkisinden “a” parametresi ve incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine bağlı olarak farklılıklar gösteren



**Şekil 4.** Magnitüd-frekans ilişkisi: a) 50 km yarıçaplı bölge için, b) 100 km yarıçaplı bölge için, c) 150 km yarıçaplı bölge için.

**Figure 4.** Magnitude-frequency relations: a) for a region with 50 km radius, b) for a region with 100 km radius, c) for a region with 150 km radius.

**Çizelge 3.** 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölge için farklı magnitudteki depremlerin olma olasılıkları ve yıllara göre dönüş periyotları.

**Table 3.** The probability of occurrence of earthquakes in different magnitude and return periods for a region with 50, 100 and 150 km radius.

50 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.1043	10%	65%	88%	96%	98%	99%	100%	100%	9.6
5,5	0.0501	5%	39%	63%	78%	87%	92%	98%	99%	19.9
6.0	0.0241	2%	21%	38%	51%	62%	70%	84%	91%	41.5
6.5	0.0116	1%	11%	21%	29%	37%	44%	58%	69%	86.4
7.0	0.0056	1%	5%	11%	15%	20%	24%	34%	43%	179.9
7.5	0.0027	0%	3%	5%	8%	10%	13%	18%	23%	374.3
100 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.3319	28%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	3.0
5,5	0.1753	16%	83%	97%	99%	100%	100%	100%	100%	5.7
6.0	0.0926	9%	60%	84%	94%	98%	99%	100%	100%	10.8
6.5	0.0489	5%	39%	62%	77%	86%	91%	97%	99%	20.4
7.0	0.0259	3%	23%	40%	54%	64%	73%	86%	92%	38.7
7.5	0.0137	1%	13%	24%	34%	42%	49%	64%	74%	73.2
150 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.4407	36%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	2.3
5,5	0.2203	20%	89%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	4.5
6.0	0.1101	10%	67%	89%	96%	99%	100%	100%	100%	9.1
6.5	0.0550	5%	42%	67%	81%	89%	94%	98%	100%	18.2
7.0	0.0275	3%	24%	42%	56%	67%	75%	87%	94%	36.3
7.5	0.0138	1%	13%	24%	34%	42%	50%	64%	75%	72.7

“b” parametresi 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler için hesaplanmış ve “a” parametresinin 4.3549 – 4.7844 arasında, “b” parametresinin ise 0.5542 – 0.6367 arasında değiştiği saptanmıştır. Büyük “b” değeri enerji birikimini, küçük “b” değeri ise büyük enerji boşalımını göstermektedir. Bölgenin sismik özelliklerini karakterize eden

ve deprem tehlike analizlerinde önemli bir girdi olarak kullanılan bu parametreler mümkün olan en doğru ve en eksiksiz deprem verisi kullanılarak belirlenmelidir.

50 km yarıçaplı bölge için Magnitud – frekans ilişkisi,  $\text{LogN} = 4,3549 - 0.6367M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl

içerisinde 6.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %91, dönüş periyodu ise 41.5 yıl olarak hesaplanmıştır.

100 km yarıçaplı bölge için Magnitüd – frekans ilişkisi,  $\text{LogN} = 4,3846 - 0.5542M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl içerisinde 7.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %92, dönüş periyodu ise 39 yıl olarak hesaplanmıştır.

150 km yarıçaplı bölge için Magnitüd – frekans ilişkisi,  $\text{LogN} = 4,7844 - 0.6023M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl içerisinde 7.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %94, dönüş periyodu ise 36 yıl olarak hesaplanmıştır.

Kastamonu ili Türkiye'nin birçok yeri gibi yüksek deprem tehlikesi altındadır. Kastamonu ili ve yakın civarında tarihsel ve aletsel dönemde hasara neden olan bir çok deprem meydana gelmiştir. Yapılan hesaplamalar bölgede hasara neden olabilecek depremlerin meydana gelme olasılıklarının çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bölgenin tektonik özelliklerini, aktif faylarını, deprem tehlikesi ve riskini belirlemeye yönelik çalışmalar sürekli yapılmalı ve elde edilen sonuçlar zaman geçirmeden uygulamaya aktarılmalıdır.

Özellikle büyük kısmı zayıf zemin üzerinde yer alan Kastamonu şehir merkezinde jeolojik özellikler, zemin büyütmesi faktörleri ve bölgenin deprem tehlikesi zemin etüdlerinde ve planlamaya esas çalışmalarda dikkate alınmalıdır.

## KATKI BELİRTME

Yazar, bu makaleyi inceleyerek bilimsel ve teknik katkılarda bulunan Yrd. Doç. Dr. Bülent

KAYPAK'a yapmış olduğu katkılardan dolayı teşekkür eder.

## EXTENDED SUMMARY

*Kastamonu city center falls into the first degree earthquake zone in the latest map of 1996 which is still in force. 46 percent of the surface area of Kastamonu province is in the first degree hazard zone, 22 percent in the second degree hazard zone, 24 percent in the third degree hazard zone and 8 percent in the fourth degree hazard zone. Although the city center is located in the first degree earthquake hazard zone, there are very few studies on seismicity and seismic hazard for this region.*

*The seismicity of Kastamonu has been investigated by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater that occurred in a region with a 150-km radius for the time interval 1900-2011. Epicenters of earthquakes were relocated to make a correlation with the active faults and to determine the seismic activity in the region. The earthquakes are particularly concentrated on the active tectonic lines such as the North Anatolian Fault Zone, the Dodurga fault, the Eldivan – Elmadağ tektonic junction, the Merzifon fault and the Taşova – Çorum fault zone.*

*The aim of this study is to predict probability of earthquake occurrences and return periods for Kastamonu and near surroundings by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater ( $M \geq 4.0$ ) occurred in regions with 50, 100 and 150 km radius for the time interval 1900 – 2011. Hence a statistical aspect based on Poisson model and a classical linear magnitude-frequency relation of Gutenberg-Richter were used for each region.*

Gutenberg – Richter (1956) developed an empirical formula relating the magnitude  $M$  with corresponding frequency  $N$ , as follows:  $\text{Log}N = a - bM$ . The constant  $a$  depends on the period of observation, on the size of the investigated area and on the level of seismic activity. The constant  $b$  depends on the tectonic properties of the investigated area.

The parameters of the magnitude-frequency relation were calculated by using the least squares method. Normal and cumulative frequency values have been determined with the 0.5 magnitude increment (Table 2).

The magnitude-frequency relations for the regions with 50, 100, 150 km radius centered Kastamonu city center were calculated as  $\text{Log}N = 4.3549 - 0.6367M$ ,  $\text{Log}N = 4.3846 - 0.5542M$  and  $\text{Log}N = 4.7844 - 0.6023M$  respectively.

It is necessary to know the probability of occurrence of a destructive earthquake during the given time interval from the engineering point of view. This probability called as earthquake hazard. Probability of earthquake occurrence and return period were calculated from statistical aspects by using poisson model.

The earthquake occurrence probabilities for investigated area were calculated for some periods of  $t = 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100$  years and for magnitudes of  $m = 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5$ . The results are listed in table 3.

within a radius of 50 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 6.0 or greater in 100 years were calculated as 91 percent and 41.5 years respectively.

Within a radius 100 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.0 or greater in 100 years were calculated as 92 percent and 39 years respectively.

Within a radius of 150 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.0 or greater in 100 years were calculated as 94 percent and 36 years respectively.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- AİGM, 2001. Kastamonu İlinin Afet Tehlikesi ve Riskinin Saptanması. Afet Bilgi Toplama ve Değerlendirme Grubu, Cilt I-II (yayınlanmamış).
- Alptekin, Ö., 1978. Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyütüdü-Frekans Bağınıtları ve Deformasyon Boşalımı. Doçentlik Tezi, Karadeniz Üniversitesi.
- Alsan, E., Tezuçan, L., Bath, M., 1975. An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval 1913-1970. Kandilli Observatory Seismological Department and Sweden Seismological Institute, Report No 7-75.
- Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi, 2012. <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx>, 15 Mart 2012.
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, 2012. <http://www.koeri.boun.edu.tr>, 5 Mart 2012.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a Synthesis, Geodinamica Acta. 14, 3-30.
- Dirik, K., 2004. Kastamonu İli ve Civarının Depremselliği. KASYÖDER Kültür Dergisi, 2, 17, 19-21.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan Sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No:24.
- Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G., 1971. Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu (1965-1970). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No:28, 93 s.
- Gencoğlu, S., Tabban, 1986. A., A Catalog of Earthquakes in Turkey 1881 – 1986. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (Yayınlanmamış).
- Gencoğlu, S., 1972. Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismisitesi ve Bu Zon Üzerinde Sismik Risk Çalışmaları. Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu, MTA, 29-31 Mart.

- Gencoğlu, S., İnan, E., Güler, H., 1990. Türkiye'nin Deprem Tehlikesi. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1944. Frequency of Earthquake in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 185-188.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1956. Magnitude and Energy of Earthquakes. *Ann. Geofis.*, 9, 1-15 s.
- İpek, M., Uz, Z., Güçlü, U., 1965. Sismolojik Donelere göre Türkiye Deprem Bölgeleri. Deprem Yönetmeliğine Takdim Edilen Rapor. Ankara (Yayınlanmamış).
- Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yilmazer, M., 2011. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010;  $M \geq 4.0$ ). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 640 sayfa.
- Koçyiğit, A., 2008. Ankara'nın Depremselliği ve 2005-2007 Afşar (Bala-Ankara) Depremlerinin Kaynağı. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Sayı 6, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, sayfa 1-7, Ankara.
- Öcal, N., 1968a. Türkiye'nin Sismisitesi ve Zelzele Coğrafyası 1850 – 1960 Yılları İçin Türkiye Zelzele Kataloğu. Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları:8.
- Öcal, N., 1968b. Beş Yıllık Türkiye Zelzeleleri Kataloğu 1960 – 1964. Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları:9.
- Özmen, B., 2001. Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7 – 10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Pınar, N., Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınlarından seri:6, sayı:36, 1952.
- Pınar, N., Lahn, E., 2001. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu (2.Baskı). Yıldız Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, ISBN:975-6660-09-9.
- Sayıl, N., Osmaşahin, İ., 2008. An Investigation of Seismicity for Western Anatolia. *Natural Hazards*, 44, 51-64.
- Seyitoğlu, G., 2007. Ankara Civarındaki Neotektonik Yapılar: Eldivan – Elmadağ Tektonik Kaması ve Kırıkkale – Erbaa Fayı. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Teknik Geziler Serisi – 4.
- Sipahioğlu, S., 1984. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Deprem Etkinliğinin İncelenmesi. Deprem Araştırma Bülteni, 45, 5-140.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu. TÜBİTAK Proje No: TBAG 341, 124 s.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Tabban, A., Gencoğlu, S., 1975. Deprem ve Parametreleri. Deprem Araştırma Bülteni. 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.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., 2004. An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey. *Engineering Geology, Science Direct, Elsevier*, 74, 265-291.

---

Makale Geliş Tarihi : 21.05.2012  
Kabul Tarihi : 26.09.2012

*Received* : 21.05.2012  
*Accepted* : 26.09.2012