

DEPREM MAGNİTÜDLERİ İÇİN TEKRARLANMA YILLARININ ELDE EDİLMESİ : MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ

OBTAINING THE RETURN PERIOD OF EARTHQUAKE MAGNITUDES : AS AN EXAMPLE MARMARA REGION

Reşat KASAP, Ülkü GÜRLEN

Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü

ÖZET: Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde ($39.50^0-41.50^0$) kuzey- ($26.00^0-32.50^0$) doğu koordinatları arasında, 1900-2000 yılları arasında meydana gelen 447 deprem verisi için bazı istatistiksel analizler yapılmıştır. Magnitüd rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk ve dağılım fonksiyonları bulunarak, çeşitli magnitüdlere için depremlerin tekrarlanma yılları elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İstatistiksel analiz, deprem magnitüdü, olasılık yoğunluk ve dağılım fonksiyonları.

ABSTRACT: *In this study, statistical analysis have been done for 447 earthquake occurrences data, between north ($39.50^0-41.50^0$) and east ($26.00^0-32.50^0$) coordinates in the Marmara Region from 1900 to 2000. It has been found that the probability density and distribution functions of magnitude random variable, and then the return period of earthquakes of various magnitudes have been found.*

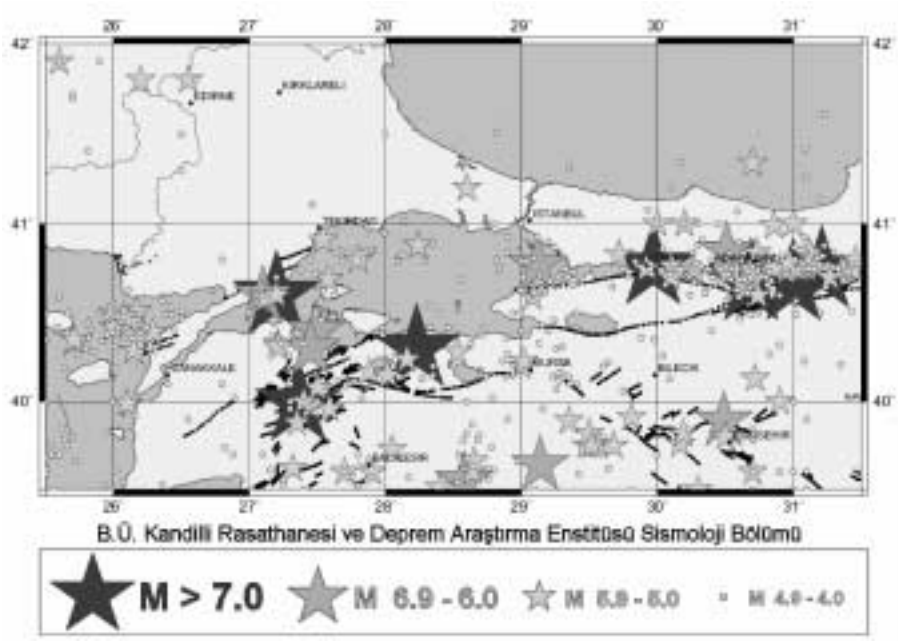
Keywords : *Statistical analysis, earthquake magnitude, probability density and distribution functions.*

1. Giriş

Günümüzde deprem verilerinin incelenmesinde, depremin hangi büyüklükte, ne zaman ve nerede meydana geleceğini tam olarak bilmenin mümkün olmadığı kabul edilen bir gerçektir. Fakat istatistik bilimi tarafından ortaya atılan yöntemlerle, verilere yapılabilecek uygun analizler ile bu belirsizlik probleminin çözümünde bazı adımların atılabileceği söylenebilir. Bu çalışmanın konusu, bu noktadan hareket edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla, çalışmada, Kesim 2'de verilecek metodolojiyle, deprem verileri analiz edilerek, geleceğe yönelik bazı sonuçlar çıkartılmaya çalışılacaktır.

İfade edilen amaç ve hedeflere ışık tutabilecek bakış açısı Yücemem (1982) tarafından belirtilmiştir. Buna göre, sismik bakımdan hareketli bir bölgede gelecekte olabilecek depremlerin zamanı, yeri, büyüklüğü ve diğer özellikleri önceden bilinemez. Ancak depremlerin zaman, yer ve şiddet bakımından gösterdikleri rastgelelik ve çeşitli belirsizlikler nedeniyle istatistik yöntemlerine dayanan bir yaklaşım gereklidir. Depremlerin ölçümünde ve değerlendirilmesinde birçok parametre kullanılmaktadır. Bunlardan biri magnitüddür. Magnitüd (aletsel büyüklük), deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanan bir değer olup, C. Richter tarafından geliştirilmiş ve Richter ölçeği olarak adlandırılan bir ölçek ile ifade edilebilmektedir.

Türkiye genelinde meydana gelen depremlere ait veriler ele alındığında, istatistiksel olarak yapılacak çalışmalar çok daha sapmalı olabileceği düşünüldüğünden, yalnızca bir bölge ele alınarak incelenmesi uygun görülmüştür. Bunun için, depremin güncelliği ile sanayiinin can damarı olan Marmara Bölgesi'ni kapsayacak şekilde, 39.50° - 41.50° kuzey ve 26.00° - 32.50° doğu koordinatları arasındaki alanda 1900'den 2000 yılının sonuna kadar meydana gelen depremlerden 4 ve daha büyük magnitudlü olanlar analiz kapsamında yer almıştır. Bölgedeki sismisitenin görsel olarak takibi için Şekil 1'deki harita verilmiştir.



Şekil 1. Marmara Bölgesi deprem etkinliği haritası (1900-2000)

Literatürde adı geçen çalışmalardan bazıları aşağıda verildiği gibidir. Bağcı (2000)'nın deprem öncesi sismisite Kuzey Anadolu Fay'ının batı kesiminin depremselliği (tarihsel ve aletsel dönem) ve risk konulu çalışması; Ayhan vd. (1977), Öncel ve Alptekin (1999) ile Gürten (2001), Türkiye'nin deprem bölgelerinin belirlenmesinde bazı istatistik yaklaşımlar; Ergünay (1976), depremlerin önceden bilinmesi konusunda çalışmışlardır. Ayrıca genel anlamda depreme yönelik bazı tanımlar Erkoç vd. (2000) tarafından verilmiştir. Numanoğlu (1978)'nin Batı Anadolu'nun deprem risk analizi adlı çalışması; Tatlıdil ve Çingı (1986) ise 1975-1982 yıllarına ilişkin Batı Anadolu deprem verilerinin istatistiksel analizi; Ayhan ve Sancaklı (1983), 1971-1975 yıllarında Batı Türkiye deprem etkinliği konularında yapılan çalışmalar ile sismik risk analizi ile ilgili bilgileri bir araya getirerek incelenmesi gösterilmiştir (Yüçemen, 1982). Ayrıca, Alptekin (1978) doçentlik tezinde Türkiye ve çevresinde 33.0° kuzey- 45.0° kuzey ve 23.0° doğu- 48.0° doğu coğrafi koordinatları arasında kalan alandaki çeşitli deprem bölgelerinde 1900-1971 yılları arasında oluşan magnitudleri 4.0 ve daha büyük olan depremlere ait magnitud-frekans bağıntıları ve deformasyon boşalıklarını incelemiştir.

Bu konuda yapılmış dış kaynaklı bazı çalışmalar ise şöyledir: Ogata (1988) tarafından yapılan deprem oluşumlarının istatistiksel modelleri ve nokta süreçleri için artıkların analizi; Utsu (1975) ise Merkez Japonya'da Kwanto bölgesinde meydana gelen iki deprem arasındaki korelasyonun incelenmesi; Ramachandran (1980) uç değer kuramı ve deprem sigortası konulu çalışmalar verilebilir.

Bu çalışmanın Giriş kesiminde araştırma problemi ifade edildikten sonra, çalışmanın kapsamı şöyle özetlenebilir. Çalışmanın analizlerinin yapılmasında kullanılan metodoloji Kesim 2'de bulunmaktadır. Buna göre bu bölümde, magnitüd rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonunun belirlenmesi ve tekrarlanma sürelerinin tahmininde kullanılan kuramsal yapı ile analiz için kullanılan diğer ayrıntı verilmiştir. Kesim 3'de, çalışma konusunu kapsayan bölgeye ilişkin problemin açıklanması için meydana gelen depremlerin olasılık dağılımları, çizelge ve grafiklerle verilmiştir. Bunlardan yararlanılarak, daha önce olan depremlerin tekrarlanma süreleri araştırılarak, yapılan analizler sunulmuştur. Son olarak, sonuç ve öneriler ise Kesim 4'de verilmiştir.

2. Metodoloji

Bu kesimde analizler için kullanılacak teknikler verilecektir. Buna göre, magnitüd rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonunun belirlenmesi ve tekrarlanma sürelerinin tahminini için kullanılacak metodoloji özetlenecektir.

2.1. Magnitüd Rastgele Değişkeninin Dağılım Fonksiyonunun Belirlenmesi ve Ortalama Tekrarlanma Sürelerinin Tahmini

Burada, magnitüd rastgele dağılım fonksiyonunun belirlenmesi ve buna dayanarak depremlerin tekrarlanma sürelerinin tahmini ile dağılımın test edilmesi noktasında ki-kare uyum iyiliği konularında teorik bilgiler verilmiştir.

2.1.1. Magnitüd rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonunun belirlenmesi

Magnitüd (M), θ alt sınırlı ve kuramsal olarak üst sınırı olmayan sürekli bir rastgele değişken olarak tanımlanmaktadır. Burada θ , kabul edilen en küçük deprem magnitüdüdür. \bar{M} , çok sayıda deprem verisinden elde edilen ortalama magnitüdüdür. Buna göre,

$$\lambda = (\bar{M} - \theta)^{-1} \quad (1)$$

olmak üzere, magnitüd rastgele değişkeninin yoğunluk fonksiyonu,

$$f(M) = \lambda e^{-\lambda(M-\theta)} \quad \theta \leq M < \infty \quad (2)$$

biçiminde bir üstel fonksiyondur (Ramachandran, 1980). Burada üst sınır, teorik olarak ifade edilmiştir. Uygulamada, bu çalışmanın çözümlemelerinde de olduğu gibi gözlemlere dayanarak, üst sınır değerleri koyulabilmektedir.

Yoğunluk fonksiyonu kullanılarak M rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonu da,

$$F(M) = \int_{R_M} \lambda e^{-\lambda(M-\theta)} dM = e^{-\lambda(M-\theta)} \quad (3)$$

olarak bulunur. Bu aşamada veriye ilişkin değerler ile teorik dağılıma ilişkin değerlerden oluşan çizelge hazırlanacaktır. Buradan elde edilebilecek çizelgeye bir numaralı çizelge adı verilsin. Söz konusu olabilecek bu bir numaralı çizelge, belirlenen magnitüd değerlerine karşılık gelen frekans, bunlara ilişkin yüzdeler, birikimli olasılıklara ilişkin gözlenen ve beklenen değerler ile bunlara karşılık gelen farklardan ibarettir. Burada beklenen değerler (2) bağıntısından elde edilecektir. Bu ise, dağılım fonksiyonunun θ alt sınır değeri ile her sınıfın üst değeri arasında integralenmesinden elde edilmektedir.

2.1.2. Depremlerin tekrarlanma sürelerinin tahmini

Bu kısımda, bir numaralı olarak adlandırılan çizelgenin değerlerinden yararlanılarak çeşitli magnitütdlerdeki depremlerin tekrarlanmış ya da olası geri dönüş süreleri elde edilecektir. Bunun için çizelgedeki beklenen birikimli olasılıklardan, M magnitüdü depremin meydana gelme olasılıkları, yıllık beklenen sayıları ve bunlara ilişkin tekrarlanma yılları bulunarak hazırlanacak çizelgede gösterilecektir. Bu çizelgeye de iki numaralı çizelge adı verilsin. Burada yıllık beklenen sayılar, M magnitüdü depremin meydana gelme olasılıklarıyla \bar{M} 'nin çarpılmasından elde edilir. Depremin tekrarlanma yılı ise 1/(yıllık beklenen deprem sayısı) oranından elde edilir. Buna göre,

$$\text{Tekrarlanma yılı} = 1/(\text{bir yılda beklenen deprem sayısı}) \quad (4)$$

yazılabilir.

2.1.3. Ki-kare uyum iyiliği testi

Ki-Kare testi gözlenen frekanslarla beklenen frekanslar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı temeline dayanır. Ki-Kare testinde niteliksel veriler kullanılır. Ki-kare testlerinin uygulamada pek çok farklı amaçlarla kullanımı bulunmaktadır. Bu çalışmada ki-kare uyum iyiliği testi, çeşitli büyüklüklerdeki deprem sayılarına ilişkin örnekten elde edilen dağılımın istenen herhangi bir teorik dağılıma uyup uymadığının testinde kullanılacaktır. Literatürde bilinen bu kavramın burada detayına girilmeyecektir. Buna göre söz konusu hipotez testleri aşağıdaki gibi kurulabilir.

H_0 : Örnek belirli bir dağılıma sahip olan bir yığından gelmektedir.

H_1 : Örnek yokluk hipotezinde belirtilen dağılımdan gelmemektedir.

Kullanılacak ki-kare test istatistiği ise

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(f_{g_{ij}} - f_{b_{ij}})^2}{f_{b_{ij}}} \quad (5)$$

dir. Burada, $f_{g_{ij}}$: her bir gözdeki gözlenen frekans ve $f_{b_{ij}}$: her bir gözdeki beklenen frekansdır.

Uygulanan teste belli bir anlamlılık düzeyi, örneğin anlamlılık düzeyleri 0.05 veya 0.01 seçilebilir. Bu anlamlılık düzeylerinde serbestlik dercesine karşılık gelen çizelge χ^2 değerine bakılır ve hesaplanan χ^2 değeri çizelge χ^2 değerinden büyük olursa yokluk hipotezi red edilir.

3. Veri Analizi

3.1. Veriler

Bu çalışmada, 1900-2000 tarihleri arasında (39.50⁰-41.50⁰) kuzey- (26.00⁰-32.50⁰) doğu koordinatları arasındaki alanın yani Marmara Bölgesinin Magnitüdü $M \geq 4.0$ olan deprem verileri kullanılmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen söz konusu veriler, depremin magnitüd değerlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada esas itibariyle inceleme konusu, yukarıda ifade edildiği gibi ilgili coğrafik alan ve tarihler arasında meydana gelen 4'e eşit ve daha büyük deprem sayılarıdır. Çizelge 1'de magnitüdlere göre toplam deprem sayıları çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 1. Magnitüdlere göre meydana gelen toplam deprem sayıları

Magnitüd	4.0-4.4	4.5-4.9	5.0-5.4	5.5-5.9	6.0-6.4	6.5-6.9	7.0-7.4
Sayı	214	136	60	21	8	2	6

3.2. Magnitüd Rastgele Değişkeninin Dağılım Fonksiyonunun Elde Edilmesi, Yorumu ve Bazı Magnitüdlere Göre Depremlerin Tekrarlanma Sürelerinin Tahmin Edilmesi

3.1.1. Magnitüd rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonunun elde edilmesi ve deprem sayıları açısından yorumu

Burada 1900-2000 yılları arasında kaydedilen $M \geq 4$ olan 447 depremin magnitüdüleri incelenerek, $\theta=4.2$ ve ortalama magnitüd $\bar{M} = 4.6$ olarak bulunmuştur. Burada θ , kabul edilen en küçük değer olarak, ilk sınıfın sınıf orta değeri olarak alınmıştır. Buna göre, $\hat{\lambda}=(4.6-4.2)^{-1}$ olmak üzere $\hat{\lambda}=2.5$ elde edilir. Bulunan parametrelerden ise (2) bağıntısından,

$$\hat{f}(M)=2.5e^{-2.5(M-4.2)} \quad 4.2 \leq M < \infty$$

şeklinde bulunmuştur. Yoğunluk fonksiyonu kullanılarak M rastgele değişkeninin dağılım fonksiyonu da,

$$\hat{F}(M)=\int_{R_m} 2.5 e^{-2.5(M-4.2)} dM = -e^{-2.5(M-4.2)}$$

olarak bulunur. Çizelge 3'de, gözlenen 447 verinin gözlenen ve (3) bağıntısından elde edilen beklenen dağılımları verilmektedir. Çizelgedeki gözlenen frekanslar, yüzdelerin kümülatif olarak toplanmasıyla elde edilmiştir. Çizelgedeki beklenen

birikimli olasılıklar, dağılım fonksiyonunun $\theta=4.2$ kabul edilen en alt sınıır değeri ile her sınıfın üst değeri arasında integrallenmesinden elde edilmiştir.

Kurulan modelin uygun olup olmadığını ve dolayısıyla elde edilen sonuçların güvenilir olup olmadığını sınamak amacıyla, 447 gözlem için deneysel dağılımın kuramsal üstel dağılıma uygunluğu Ki-kare uyum iyiliği testi ile araştırılmıştır. Çizelge 3 deki gözlenen ve beklenen birikimli olasılıklar arasındaki en büyük fark değeri, 4.2 magnitüdü sınıfa karşılık gelen 0.1161 değeridir. Bu değer anlamlılık düzeyi 0.05 için

H_0 : Örnek üstel dağılıma sahip bir yığından seçilmiştir.

H_1 : Örnek üstel dağılıma sahip bir yığından seçilmemiştir.

(5) eşitliğinden χ^2 değeri 0.038 bulunmuştur ve çizelge değeri $\chi^2=11.0705$ olduğundan H_0 hipotezi red edilemez ve böylece, deneysel dağılımın üstel dağılıma uyduğu biçimindeki hipotez kabul edilmiş olur.

Çizelge 3'den magnitüdüleri 4 ya da daha çok olan 447 gözlem değerinin kuramsal olarak üstel dağılıma uygunluğu yukarıda olduğu gibi görülmüştür. Bu uygunlukta, magnitüdü 5 ya da daha küçük olan depremler için gözlenen olasılık 0.9172 gibi bir değer olduğu söylenebilir.

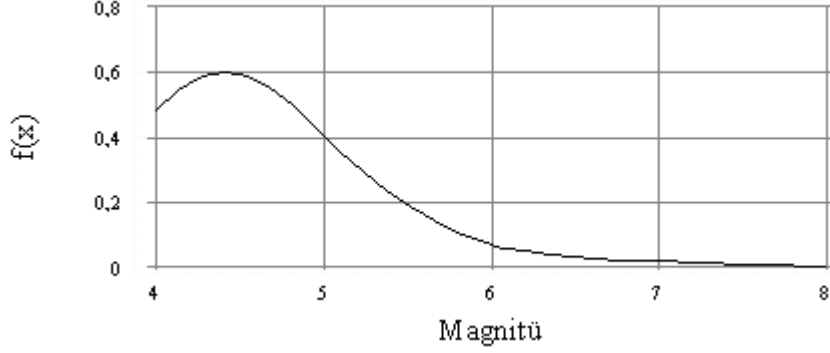
Çizelge 2. 1900-2000 yılları arasında meydana gelen depremlerin magnitüdülerine göre sıklık dağılımı

Sınıf No	Alt Sınıır	Sınıf Değeri	Üst Sınıır	Sıklık Sayısı	%
1	4.0	4.2	4.4	214	0.4787
2	4.5	4.7	4.9	136	0.3043
3	5.0	5.2	5.4	60	0.1342
4	5.5	5.7	5.9	21	0.0470
5	6.0	6.2	6.4	8	0.0179
6	6.5	6.7	6.9	2	0.0045
7	7.0	7.2	7.4	6	0.0134
Toplam				447	1.0000

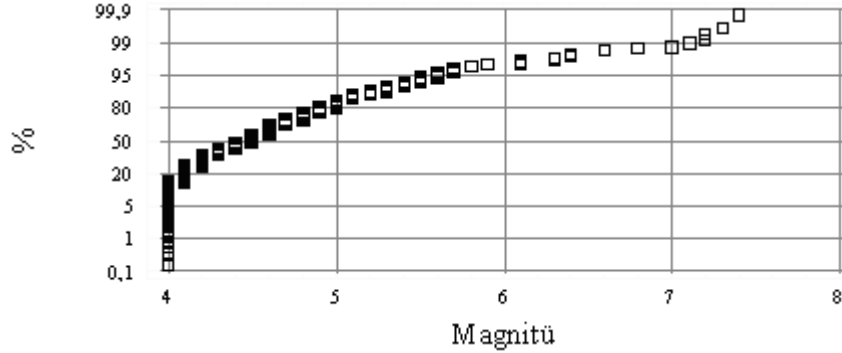
Çizelge 3. Deneysel ve kuramsal dağılıma ilişkin değerler

x	f	%	$F_M(x)$ Gözlenen	$F_M(x)$ Beklenen	Fark Değerleri
4.2	214	0.4787	0.4787	0.3626	0.1161
4.7	136	0.3043	0.783	0.7932	0.0102
5.2	60	0.1342	0.9172	0.9329	0.0157
5.7	21	0.0470	0.9642	0.9782	0.0140
6.2	8	0.0179	0.9821	0.9929	0.0108
6.7	2	0.0045	0.9866	0.9977	0.0111
7.2	6	0.0134	1.0000	0.9992	0.0008

Çizelge 2 ve 3'deki değerler grafiksel olarak ifade edilmek istendiğinde Şekil 2 ve Şekil 3 elde edilir.



Şekil 2. 1900-2000 yılları arasında meydana gelen depremlerin magnitüdüne göre sıklık dağılım grafiği



Şekil 3. 1900-2000 yılları arasında meydana gelen depremlerin magnitüdüne göre birikimli dağılım yüzdeler grafiği

3.1.2. Bazı magnitüdüler için depremlerin tekrarlanma sürelerinin tahmini

Bu bölümde Çizelge 3'ün değerlerinden yararlanılarak çeşitli magnitüdülerdeki depremlerin tekrarlanış ya da olası geri dönüş süreleri bulunmuştur. Bunun için çizelgedeki beklenen birikimli olasılıklardan, M magnitüdüde depremin meydana gelme olasılıkları, yıllık beklenen sayıları ve bunlara ilişkin tekrarlanma süreleri bulunarak Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4'ün üçüncü sütunu, çeşitli magnitüdülerdeki depremlerin meydana gelme olasılıklarıdır. Dördüncü sütun ise üçüncü sütundaki olasılık değerlerinin 4.6 (yıllık ortalama gözlenen 4 veya daha büyük magnitüdüde deprem sayısı) ile çarpılmasından elde edilen yıllık beklenen deprem sayılarını göstermektedir. Son sütun ise çeşitli magnitüdülerdeki depremlerin yıl cinsinden tekrarlanma sürelerini göstermektedir.

Çizelge 4. Çeşitli magnitüdlerdeki depremlere ilişkin bilgiler

X	$F_M(x)$	$f_M(x)$	F_i (yıllık beklenen sıklık)	Ortalama Tekrarlanma Süresi (Yılı)
4.2	0.3626	0.3626	1.6208	0.6170
4.7	0.7932	0.4306	1.9248	0.5195
5.2	0.9329	0.1397	0.6245	1.6013
5.7	0.9782	0.0453	0.2025	4.9383
6.2	0.9929	0.0147	0.0657	15.2207
6.7	0.9977	0.0048	0.0215	46.5116
7.2	0.9992	0.0015	0.0067	146.2537

Depremlerin tekrarlanma yılları (ya da dönüş periyodu) değerlerinin belirlenmesinde kullanılan diğer başka sismolojik teknikler de vardır. Bunlardan biri de Gutenberg-Richter ilişkisinin geliştirdiği deprem oluş sayıları (N) ile deprem manyitüdü (M) arasında geliştirilen $\log N = a - bM$ ampirik bağıntısı ile de hem b değeri hem de T dönüş periyotları saptanabilmektedir. Bu yöntemle Alptekin (1978) tüm Türkiye'yi içine alan bölgede b değerleri ve deprem dönüş periyotları hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmada ikinci bölge olarak ifade edilen "Kuzey Anadolu kırık kuşağı batı kesimi" yaklaşık olarak bu makalenin inceleme alanı olan Marmara Bölgesine karşılık gelmektedir. Buna göre, 6.0 magnitüd için tekrarlanma yılı 3.97; 7.0 magnitüd için tekrarlanma yılı 21.23 ve 8.0 magnitüd için ise tekrarlanma yılı 113.50 olarak bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 4'deki sonuçlarla karşılaştırıldığında ortaya çıkacak farklılıklar, verinin kapsandığı zaman ve alan aralığı ile kullanılan yöntemlerden kaynaklandığı düşünülebilir.

Ancak bu makalenin kapsamı istatistiksel olasılık fonksiyonlarının modellenmesi ile sınırlı tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar bu çerçevede yorumlanmasında fayda vardır. Buna göre, literatürde depremlerin tekrarlanma yıllarının tahmininde kullanılan bir başka istatistiksel olasılık fonksiyon yöntemi de Poisson modeli ile yapılmaktadır. Bağcı (2000) tarafından Poisson modeli kullanılarak, aynı (bu çalışmada incelenen söz konusu) veriler için tekrarlanma yılları elde edildiğinden, burada yalnızca bu analizlerin sonuçları verilecektir. Buna ilişkin değerler Çizelge 5'ee verilmiştir.

Çizelge 5. Çeşitli magnitüdlere için Poisson modeli kullanılarak elde edilen tekrarlanma yılları

Magnitüd	Tekrarlanma yılı
5.0	1.9
5.5	4.0
6.0	8.3
6.5	17.1
7.0	35.3
7.5	72.8

Depremlerin tekrarlanma yıllarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden Poisson modeli daha çok büyük magnitüdlü depremler için daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bu makalede tekrarlanma yıllarının bulunması için kullanılan yöntemi ise genellikle düşük magnitüdlü depremler için daha iyi sonuç vermektedir. Bu

durum göz önüne alındığında ortaya çıkan sonuçlar daha sağlıklı yorumlanabilecektir. Şöyle ki, 6.5 ve daha küçük magnitüdümlü depremlerin tekrarlanma yılları her iki yöntemle göre benzer sonuç vermeye birlikte, bu çalışmada kullanılan yöntemin sonuçları daha güvenilir olarak kabul edilebilir. Benzer şekilde 6.5 dan daha büyük magnitüdümlü depremlerin tekrarlanma yıllarının belirlenmesinde ise Poisson modelinin sonuçlarının daha güvenilir olabileceği kabul edilebilir. Burada Çizelge 4 ve Çizelge 5’de verilen tekrarlanma yıllarının farklılığını, bu yorumun ışığında değerlendirilmenin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışmalar

Genelde her deprem oluşumundan sonra akla ilk gelen konu, depremlerin önceden bilinip bilinmeyeceğidir. Bu konuda çeşitli tartışmalar yapılmaktadır. Örneğin, Türkiye’de yüzyılın en büyük depremlerinden biri olarak ifade edilen 17 Ağustos 1999’da meydana gelen 7.4 büyüklüğündeki depremde binlerce kişinin ölümüne ve binlerce binanın yıkılmasına yol açan İzmit (veya Körfez) depreminden sonra da depremlerin önceden tahmini konusu ile ilgili bazı tartışmalar yapılmıştır. Bu süreçte Giriş kısmında belirtilen bazı bilimsel çalışmaların yanında, konuyu istatistiksel analiz bakışıyla irdelemek için bu çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi’nde ($39.50^0-41.50^0$) kuzey- ($26.00^0-32.50^0$) doğu koordinatları arasında, 1900-2000 yıllarında ve büyüklüğü $M \geq 4.0$ olarak kaydedilmiş 447 deprem verisinin, Kesim 2’de verildiği şekilde istatistiksel metodoloji kullanılarak çözümlenmeler yapılmıştır.

Öncelikle Magnitüd rastgele değişkeninin yoğunluk ve dağılım fonksiyonu bulunmuştur. Buradan hareketle çeşitli magnitüdümlü depremlerin meydana gelişlerine ilişkin bazı olasılıklar ile tekrarlanma yılları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde yapılan çalışmalar için üstel model kullanılmıştır. Bu modelin kullanılmasının doğruluğu hipotez testi ile desteklenmiştir. Daha önce yapılmış başka bir çalışmada kullanılan Poisson’un daha çok büyük magnitüdümlü depremler için iyi sonuçlar verdiği bu makalenin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında görülmüştür. Literatürde bilindiği gibi üstel dağılım modeli, genellikle düşük magnitüdümlü depremler için daha iyi sonuçlar verdiği göz önüne alındığında, 4.2 büyüklüğünde bir depremin tekrarlanma yılı 0.6170 olabileceği ifade edilir. Bu ise yılda yaklaşık iki kere 4.2 civarındaki büyüklükte deprem olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca elde edilen bu sonuçlara göre 6.2 büyüklüğündeki bir başka deprem için ise yaklaşık ortalama 15 yıl sonra tekrarlanabileceği söylenebilir.

Sonuç olarak, deprem kaçınılmaz büyük bir doğal afettir. Belki bir depremin ne zaman ve nerede olacağı tam olarak bilinemez. Fakat yaşananlardan ders alınarak meydana gelebilecek zarar ve can kaybı en aza indirilebilir. Buna göre, bilinen deprem bölgelerinden uzakta ve olabilecek depremlere dayanıklı yapılar yaparak, bu sağlanabilir. Ayrıca, bunları yaparken elde edilen verileri istatistiksel çalışmalarla değerlendirilerek, deprem konusundaki belirsizliklere bir nebze de olsa açıklık getirilmeye çalışılabilir.

Kaynaklar

- ALPTEKİN, Ö. (1978) *Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyitüd Frekans Bağıntıları ve Deformasyon Boşalımı*, Doçentlik Tezi, KTÜ Basımevi, Trabzon.
- AYHAN, E., ALSAN, E. ve ÜÇER, S.B. (1977) Türkiye'nin deprem bölgelerinin belirlenmesinde bazı istatistik yaklaşımlar, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 18, 1-24 ss.
- AYHAN, E. ve SANCAKLI, N. (1983) 1971-1975 yıllarında Batı Türkiye deprem etkinliği, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 42, 48-56 ss.
- BAĞCI, G. (2000) Deprem öncesi sismisite KuzeyAnadolu Fay'ının batı kesiminin depremselliği (tarihsel ve aletsel dönem) ve risk, *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu* (Editör: R. DEMİRTAŞ), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1900-2000 tarihleri arasında (39.50-41.50) kuzey-(26.00-32.50) doğu koordinatları arasındaki magnitüdü $M \geq 4.0$ deprem verileri.
- ERGÜNAY, O. (1976) Depremlerin önceden bilinmesi, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 12, 36-55 ss..
- ERKOÇ, T., BARAN, B. ve HAMZAÇELEBİ, G. (2000) *Deprem Nedir ?*, Ankara, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- GÜRLEN, Ü. (2001), Marmara Bölgesi'nde Meydana Gelen Depremlerin İstatistiksel Analizi. Ankara, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- NUMANOĞLU, A.B. (1978) Batı Anadolu'nun deprem risk analizi, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 21, 44-52 ss.
- OGATA, Y., (1988) Statistical models for earthquake occurrences and residual analysis for point processes, *JASA*, 83, 401, pp 9-27.
- ÖNCEL, A.O. ve ALPTEKİN, Ö. (1999) Effect of aftershocks on estimation of earthquake hazard parameters: an example from the North Anatolian fault zone, *Natural Hazards*, 19, pp 1-11.
- RAMACHANDRAN, G. (1980) Extreme value theory and earthquake insurance, *Transactions of the 21st International Congress of Actuaries*, Vol 1, Switzerland, pp 337-353,.
- TATLIDİL, H. ve ÇINGİ, H. (1986) 1975-1982 Yıllarına ilişkin Batı Anadolu deprem verilerinin istatistiksel çözümlemesi, *Deprem Araştırma Bülteni*, 52, 42-60 ss.
- UTSU, T. (1975) Correlation between Shallow earthquake in Kwanto region and intermediate earthquake in Hida region, central Japan, *Zisin (Journal of the Seismological Society of Japan)*, 2nd ser., 28, pp 303-311.
- YÜCEMEN, S. (1982) *Sismik Risk Analizi*, 41, Ankara, ODTÜ, İdari İlimler Fakültesi Yayını.