

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREM KATALOGLARI KULLANILARAK  
TÜRKİYE VE CİVARINDAKİ FARKLI SİSMİK BÖLGELER İÇİN DEPREM TEHLİKE  
PARAMETRELERİNİN NİCEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Taner BEKÂR

KASIM 2008

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREM KATALOGLARI  
KULLANILARAK TÜRKİYE VE CİVARINDAKİ FARKLI SİSMİK BÖLGELER  
İÇİN DEPREM TEHLİKE PARAMETRELERİNİN NİCEL BİR  
DEĞERLENDİRMESİ**

**Jeofizik Müh. Taner BEKAR**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeofizik Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27.10.2008**

**Tezin Savunma Tarihi : 25.11.2008**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yusuf BAYRAK**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikri BULUT**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Nilgün SAYIL**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Türkiye ve civarındaki farklı bölgeler için deprem tehlike parametreleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla farklı deprem kataloglarından derlenen, tarihsel ve aletsel depremleri içeren deprem verisi kullanılarak Türkiye ve civarındaki 24 farklı kaynak bölgesi için deprem tehlike parametreleri analiz edilmiştir. Her bir bölge için deprem sayısı-magnitüd dağılımını ifade eden  $b$  değeri, beklenen en büyük magnitüd, geri dönüşüm peryotları ve 25-500 yıllık zaman aralığında magnitüdü 3.5-7.5 aralığında olan depremlerin meydana gelme olasılıkları hesaplanmıştır. Böylece Türkiye ve civarı için nicel bir depremsellik analizi yapılmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmaların yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Yusuf BAYRAK' a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışmada bilgi ve birikiminden yararlandığım değerli arkadaşım Arş. Gör. Serkan ÖZTÜRK' e, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen eşime ve aileme sonsuz teşekkürler.

Taner BEKÂR

Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Türkiye' nin Tektoniği.....	2
1.2.1. Bitlis-Zagros Bindirme Zonu.....	4
1.2.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu.....	4
1.2.3. Doğu Anadolu Fay Zonu.....	7
1.2.4. Orta Anadolu Fay Sistemi.....	8
1.2.5. Kıbrıs Yayı.....	10
1.2.6. Ölü Deniz Fay Zonu.....	11
1.2.7. Batı Anadolu Fay Zonu.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Türkiye ve Civarı İçin Yapılan Sismik Tehlike Değerlendirmelerinde Kullanılan Sismik Kaynak Bölgeleri.....	13
2.2. Çalışmada Kullanılan Deprem Verisi.....	18
2.3. Homojen Kataloğun Hazırlanması.....	18
2.4. Süreklilik Analizi.....	23

2.5.	Türkiye' nin Depremselliği.....	28
3.	KULLANILAN YÖNTEM.....	34
3.1.	Deprem Tehlike Parametrelerinin Hesaplanması.....	34
3.2.	Katalogun Makrosismik Kısımına Uygulanan Uç Değer Magnitüd Dağılımları..	35
3.3	Farklı Kesme Magnitüleriyle Uç Değerlerin ve Sürekli Katalogların Birleştirilmesi.....	36
3.4.	Parametrelerin Hesaplanması.....	37
3.5.	Belirli Bir Bölge İçin Sismik Tehlike Değerlendirmeleri.....	39
3.6.	Sismik Tehlike Parametrelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi.....	41
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	60
5.	SONUÇLAR.....	69
6.	KAYNAKLAR.....	70

ÖZGEÇMİŞ

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye ve civarındaki farklı kaynak bölgeleri için deprem tehlike parametrelerinin bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bayrak vd., (2008) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğu ile Global Seismic Hazard Assesment Program kataloğundan alınan tarihsel veri birleştirilerek homojen bir deprem kataloğu oluşturulmuştur. Katalog MÖ 550 ile MS 2005 yılları arasındaki tüm deprem verisini içermektedir. Bu kataloğu hazırlayabilmek için Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, TÜBİTAK, TURKNET, International Seismological Centre, Incorporated Research Institutions for Seismology kataloglarından faydalanılmıştır. Tarihsel ve aletsel veriyi içeren katalog yüzey dalgası magnitudüne göre homojen hale getirilmiştir. Bu amaçla, Türkiye civarı 24 farklı sismik bölgeye ayrılmış, her bir bölge için süreklilik analizi yapılmış ve her bir bölge için Gutenberg-Richter frekans-magnitud ilişkisindeki  $b$  değeri hesaplanmıştır. Kijko yöntemi kullanılarak beklenen maksimum magnitud, geri dönüşüm periyodları ile verilen bir zaman aralığında ve belli bir magnitud seviyesindeki depremler için olasılıklar hesaplanmış ve bu parametreler için bölgesel değişim haritaları oluşturulmuştur.

Sonuçlar, Kuzey Anadolu fay zonunun Anadolu ve Marmara kısımları, Kuzey Doğu Anadolu fay zonu, Malatya, Erciş, Süphan ve Muş fayları, Bitlis Bindirme zonu, Doğu Anadolu Fay zonu ve Ölü Deniz Fayını içeren bölgelerin büyük bir depremin oluşumu için en olası bölgeler olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye, Deprem Tehlikesi, Olasılık, Beklenen Maksimum Magnitud,  $b$  değeri, Geri Dönüşüm Peryodu, Ortalama Aktivite Oranı

## SUMMARY

### **A Quantitative Assessment of Earthquake Hazard Parameters for Different Seismic Regions in and around Turkey using the Historical and Instrumental Earthquake Catalogue**

In this study, an evaluation of earthquake hazard parameters for different source regions in and around Turkey is made. It is prepared a homogeneous earthquake catalogue by combining the instrumental earthquake catalogue prepared by Bayrak et al., (2008) and the historical earthquake catalogue of Global Seismic Hazard Assessment Program. The catalogue is including all earthquake datas between BC 550 and AC 2005. In order to prepare this catalogue, it is used the catalogues of Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, National Earthquake Research Centre, TUBITAK, TURKNET, International Seismological Centre, Incorporated Research Institutions for Seismology. The catalogue is including the historical and instrumental data which is homogeneous for surface magnitude. For this purpose, Turkey and its surroundings are divided into 24 different seismic regions, made completeness analyzes and calculated  $b$  value of Gutenberg-Richter frequency-magnitude relationship for each region. Using the Kijko's method, maximum expected magnitude, return period and the probabilities of an earthquake occurrence for a given magnitude and time interval are evaluated for each region and prepared maps for these parameters.

The results show that the Anatolian and Marmara part of North Anatolian fault zone, North east Anatolian fault zone, Malatya, Erciş, Süphan and Muş faults, Bitlis Thrust zone, East Anatolian fault zone and Dead Sea fault regions are the most probable regions for the occurrence of a large earthquake.

**Key Words:** Turkey, Earthquake Hazard, Probability, Maximum Expected Magnitude,  $b$  value, Return Period, Mean Activity Rate

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye ve civarının tektonik yapısı, Şaroğlu ve diğerlerinden (1992) değiştirilerek alınmıştır.....	3
Şekil 2. Türkiye’de ana tektonik kuşaklarda GPS verilerinden gözlenen yıllık kayma miktarları (Bektaş vd., 2007’den değiştirilerek alınmıştır).....	6
Şekil 3. Türkiye’de meydana gelen ve $M_s \geq 4.5$ olan aletsel ve tarihsel depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik ile odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme (Bayrak vd., 2008’ten değiştirilerek alınmıştır).....	17
Şekil 4. Türkiye ve civarındaki 24 farklı kaynak bölge için deprem sayısı magnitüd ilişkisi.....	31
Şekil 5. Kullanılan yöntemle hesaplanan temel tehlike parametrelerini elde etmek için kullanılan verinin şematik gösterimi. Kijko ve Sellevoll (1989)’ dan değiştirilerek alınmıştır. $m_1$ , $m_2$ ve $m_3$ farklı kesme magnitüd değerleri, $T_g$ zaman boşluğu.....	35
Şekil 6. Türkiye ve civarındaki 24 farklı bölge için beklenen $M_{max}$ değerleri.....	44
Şekil 7. Türkiye ve civarındaki 24 farklı bölge için hesaplanan $b$ değerleri.....	45
Şekil 8. Türkiye’nin 24 farklı sismik bölgesi için verilen magnitüd değerleri için beklenen geri dönüşüm periyodları.....	49
Şekil 9. Türkiye’nin farklı 24 bölgesi için 25, 50, 100 ve 500 yıllık periyotlarda verilen bir magnitüd değerinin üzerinde bir depremin meydana gelme olasılıkları.....	55
Şekil 10. Türkiye ve civarındaki farklı 24 bölge için $M \geq 6.5$ olan depremlerin gelecek 100 yıl içindeki olma olasılıkları. Beyaz renkli bölgeler, gelecek 100 yıl içinde $M \geq 6.5$ depremlerin olma olasılığının bulunmadığı bölgelerdir.....	59
Şekil 11. Türkiye ve civarı için aletsel dönemi içeren $M_{max}$ bölgesel değişim haritası, Bayrak vd., (2007a)’ den değiştirilerek alınmıştır.....	63
Şekil 12. Türkiye ve civarı için aletsel dönemi içeren $b$ değerlerinin bölgesel değişim haritası, Bayrak vd., (2007b)’ den değiştirilerek alınmıştır.....	66



## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Türkiye'nin 24 farklı kaynak bölgesi için farklı magnitüd ölçekleri arasındaki ilişkiler. İlişkiler, ortogonal regresyon metodu ile hesaplanmıştır. Parantez içindeki değerler hata paylarını göstermektedir. Bu işlevsel ilişkiler bir homojen katalog hazırlamak için kullanılacaktır...	20
Tablo 2.	Türkiye'nin 24 farklı kaynak bölgesi için süreklilik analizi.....	24
Tablo 3.	Türkiye ve civarındaki farklı 24 sismik bölge, her bölge için maksimum gözlenmiş magnitüdü ( $M_s^{göz}$ ), bunların tarih ve konumları.....	27
Tablo 4.	Türkiye ve civarındaki 24 farklı sismik bölge için Kijko ve Sellevoll (1989) yöntemiyle hesaplanan $M_{max}$ ve $\lambda$ değerleri ve Gutenberg-Richter yöntemindeki $b$ parametresi.....	42
Tablo 5.	Çalışılan bölgelerde magnitüdü 3.0 ve 7.5 aralığında oluşturulan geri dönüşüm periyotları. Boş kısımlar, büyük magnitüd değerleri için bu bölgelerde daha önce bu büyüklükte bir depremin olmadığını göstermektedir. Küçük magnitüd değerleri için 0 olarak hesaplandığı veya bu magnitüd değerinde hesap yapılmadığı için boş bırakılmıştır.....	47
Tablo 6.	$T$ zaman aralığı 25 - 500 yıl aralığı için magnitüdü 3.0 ve 7.5 arasında değişen depremlerin olasılık hesaplarının sonuçları. Boş kısımlar, daha önce bu magnitüd değerlerinde bu bölgelerde bu büyüklükte bir deprem olmadığını göstermektedir. Küçük magnitüd değerlerinde bazı bölgelerde bu magnitüd değerleri için hesaplama yapılmadığı için boş bırakılmıştır..	52

## SEMBOLLER DİZİNİ

- $b$  : Depremlerin magnitüdüleri ile oluşum sayılarının logaritmaları ( $\log N$ ) arasındaki doğrunun eğimi
- $M$  : Deprem magnitüdü
- $P$  : Olasılık
- $T$  : Geri dönüşüm periyodu
- $M_{max}$  : Maksimum magnitüd
- $M_{min}$  : Minimum magnitüd
- $M_{bek}$  : Bir bölgede beklenen en büyük magnitüd
- $M_{göz}$  : Bir bölgede gözlenen en büyük magnitüd
- $M_b$  : Cisim dalgası magnitüdü
- $M_c$  : Kesme magnitüdü
- $M_D$  : Süre magnitüdü
- $M_L$  : Yerel magnitüd
- $M_S$  : Yüzey dalgası magnitüdü
- $\lambda$  : Deprem aktivite oranı
- $\beta$  : Deprem parametresi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Dünyanın çeşitli bölgelerinde depremsellik hesaplamaları için birçok çalışma yapılmıştır. Bu tür çalışmalarda en fazla uygulanan yöntemler, Gutenberg-Richter (1954) yasası ve Gumbel 1 (1966) asimptotik yaklaşımıdır. Gumbel 1 asimptotik yaklaşımı, eşit zaman aralıklarında hesaplanan maksimum magnitüdüleri kullanılmaktadır. Gutenberg-Richter ilişkisinde bütün zaman aralıklarındaki veri kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı deprem tehlike çalışmalarında hesaplanan  $a$  ve  $b$  değerlerini, farklı bölgeler ve farklı zaman aralıkları için hesaplamıştır (Miyamura, 1962; Bath, 1981; Bender, 1983; Tsapanos ve Papazachos, 1998; Yılmaztürk vd., 1999; Olsson, 1999).  $b$ , deprem tehlike çalışmalarında en çok kullanılan parametre olup, bölgenin tektonik karakteristiğiyle ilgili bir parametredir (Hatzidimitriou vd., 1985; Wang, 1988; Tsapanos, 1990).

Türkiye yüksek depremselliğin olduğu karmaşık bir tektonizmaya sahiptir. Bu yüksek aktiviteden dolayı Türkiye ve civarında birçok araştırmacı tarafından depremsellik çalışmaları yapılmış ve farklı zaman aralıkları için sismik tehlike haritaları oluşturulmuştur (Dewey, 1976; Yarar vd., 1980; Burton vd., 1984; Erdik vd., 1985; Yılmaztürk vd., 1999).

Türkiye ve civarında aletsel deprem verileri kullanılarak birçok sismik tehlike çalışması yapılmıştır (Aslan, 1972; Bath, 1979; Yarar vd., 1980; Erdik vd., 1999; Kayabalı ve Akın, 2003; Bayrak vd., 2005). Türkiye' nin tarihsel verileri sismik tehlike olasılık yaklaşımlarında süreksiz olduğu için aletsel-tarihsel veriler birleştirilerek yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Kijko ve Graham (1998; 1999) kataloğun tamamını kullanabilen bir yöntem geliştirmiştir ve bu çalışmada bu yöntem uygulanmıştır.

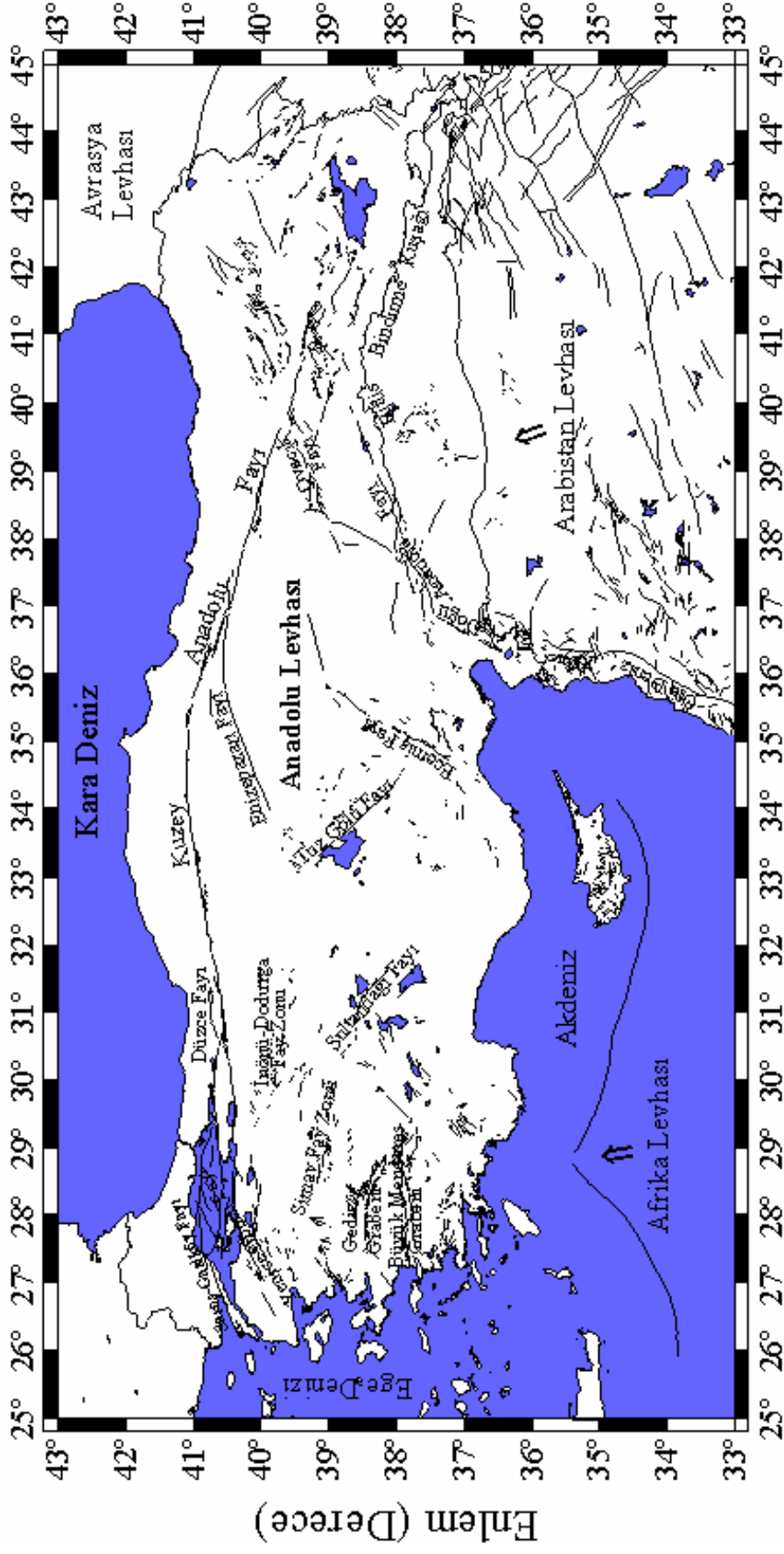
Birçok depremin oluş modeli, sismik tehlike hesaplamaları için uygundur. Sismik tehlike modellemesindeki en önemli parametre sismik olayların uzun zaman periyodundaki olma olasılıklarının hesaplanmasıdır (Anagnos ve Kiremidjian, 1988). Deprem tehlike değerlendirmelerindeki en çok kullanılan bir diğer parametrede maksimum magnitüd ( $M_{max}$ ) değerleridir. Deprem tehlike çalışmalarında karşılaşılan en önemli problemlerden biriside, veri kalitesidir. Kijko ve Sellevoll (1989; 1992) deprem tehlikesiyle ilişkili parametrelerin maksimum olasılıkla hesaplanmasına olanak sağlayan bir yaklaşım

geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım kataloğun bütün tarihsel ve sürekli kısımlarına çok iyi uyum sağlamakta ve hesaplamalarda kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca kataloğun başlangıcından önce meydana gelmiş, bilinen en büyük tarihsel depremden maksimum bölgesel magnitüd  $M_{max}$  hesaplanabilir. Bu yöntem, tarihsel dönemdeki depremlerle kısa periyodlu aletsel verilerden alınan bilgileri birleştirebilmektedir. Verinin sürekli kısmı, kataloğun farklı uzunluklarda farklı zaman aralıklarına bölünebilmesine olanak vermektedir. Bu yüzden bu çalışmada, Türkiye ve civarı için deprem kataloglarına uygun olan Kijko (1989) yöntemi tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye ve civarında 24 farklı sismik bölge için  $b$  değerleri, beklenen en büyük magnitüd değerleri ( $M_{max}$ ), her bölge için geri dönüşüm periyodları ve deprem olma olasılıkları hesaplanmıştır. Bu amaçla bütün sürekli ve süreksiz veri setleri kullanılarak maksimum olasılık yöntemi Türkiye ve civarına uygulanmıştır.

## 1.2. Türkiye'nin Tektoniği

Türkiye Alp-Himalaya orojenik sisteminin Akdeniz kısmında yer almaktadır ve bu sistem Akdeniz'den batı-doğu yönünde Asya'ya doğru hareket etmektedir (Şekil 1). Türkiye tarih boyunca sürekli hasar yapıcı depremlere maruz kalmıştır. Türkiye, Alpin Kuşağı ve Anadolu plakasının üzerinde yer almasından dolayı sismik olarak sürekli aktif bir tektonik bir yapıya sahiptir. Şekil 1' de görüldüğü gibi bölgedeki tektonik yapı, Afrika, Ege, Arap, Anadolu, Avrasya ve Hazar plakalarının birbirlerine göre göreceli hareketlerine bağlı olarak gelişmiştir. Ülkemiz, kuzeyinde Avrasya plakası, güneyinde Afrika ve Arap plakaları, doğusunda Doğu Anadolu bloğu ve batısında Ege bloğu ile çevrelenmiştir. Avrasya plakası, Afrika ve Arabistan plakalarına göre daha yavaş hareket etmektedir. Bunun sonucunda, bunların arasında yer alan Anadolu plakası sıkışmaktadır. Bu hareketler sonucunda Doğu Anadolu bloğu ve Ege bloğu da hareket etmektedir. Ege bloğu, Afrika plakasının üstüne doğru yılda 3–4 cm' lik bir hareketle binmekte, Kars-Erzincan-Van-Hakkari arasında kalan Doğu Anadolu bloğu ise, kuzey yönünde yıllık 1–1.5 cm' lik bir hareketle Kafkaslar' a doğru ilerlemektedir (URL-1, 2006). Türkiye ve civarındaki en önemli tektonik yapılar Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Batı Anadolu Graben Sistemi (BAGS), Ege Yayı, Bitlis-Zagros Bindirme Zonu ve Kafkaslardır.



### Boylam (Derece)

Şekil 1. Türkiye ve civarının tektonik yapısı, Şaroğlu ve diğerlerinden (1992) değiştirilerek alınmıştır.

### 1.2.1. Bitlis-Zagros Bindirme Zonu

Arap ve Avrasya plakaları, Bitlis Bindirme Zonu boyunca çarpışmaktadırlar (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bunun sonucunda bu oluşum boyunca dağlar oluşmuştur. Bitlis oluşumu, Arap plakasının kuzeyi boyunca oluşmuş bindirme ve kıvrılma yapısı boyunca yayılan ve Türkiye'nin güneydoğusundan başlayıp İran' daki Zagros dağlarından çıkan karmaşık kıta-kıta ve kıta-okyanus çarpışma sınırındadır (Bozkurt, 2001). Orta Anadolu sıkışma bölgesinin en güneyinde kalan bölgeyi Bitlis Bindirme Zonu oluşturur. Arap plakasının bir ucu kuzeydoğuya, diğer bir ucuda kuzeybatıya doğru hareket etmektedir. Kuzeybatıya doğru hareket eden kısım Bitlis plakasını sıkıştırırken Anadolu plakasının sıkışmasına neden olmakta ve Anadolu plakasını batıya doğru itmektedir. Bitlis-Zagros Bindirme Zonu, Kahramanmaraş ile Yüksekova arasında, güneye yönelmiş ters faylardan meydana gelmiştir. Bu zon 1500 km uzunluğunda olup 60 km genişlikte bir bölgeyi oluşturur (Gülkan vd., 1993). Bu kuşak Van plakasının altına girmesine rağmen Van plakasını kuzeye doğru itmektedir (Dewey vd. 1973). Böylece Anadolu' da kuzey-güney yönlü bir sıkıştırma söz konusu olur. Bitlis Bindirme Zonu'nun Arap plakasının kuzey ucundaki bölümünde gözlenen GPS (Global Positioning System) verisine göre yıllık kayma miktarının kuzeybatı yönünde  $18 \pm 2$  mm olduğu gözlenmiştir (Şekil 2) ve bu kaymanın Avrasya ile ilişkili olduğunu görülmüştür (McClusky vd., 2000). Arap ve Avrasya plakalarının birleştiği nokta, Anadolu plakasını batıya doğru, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca itmektedir.

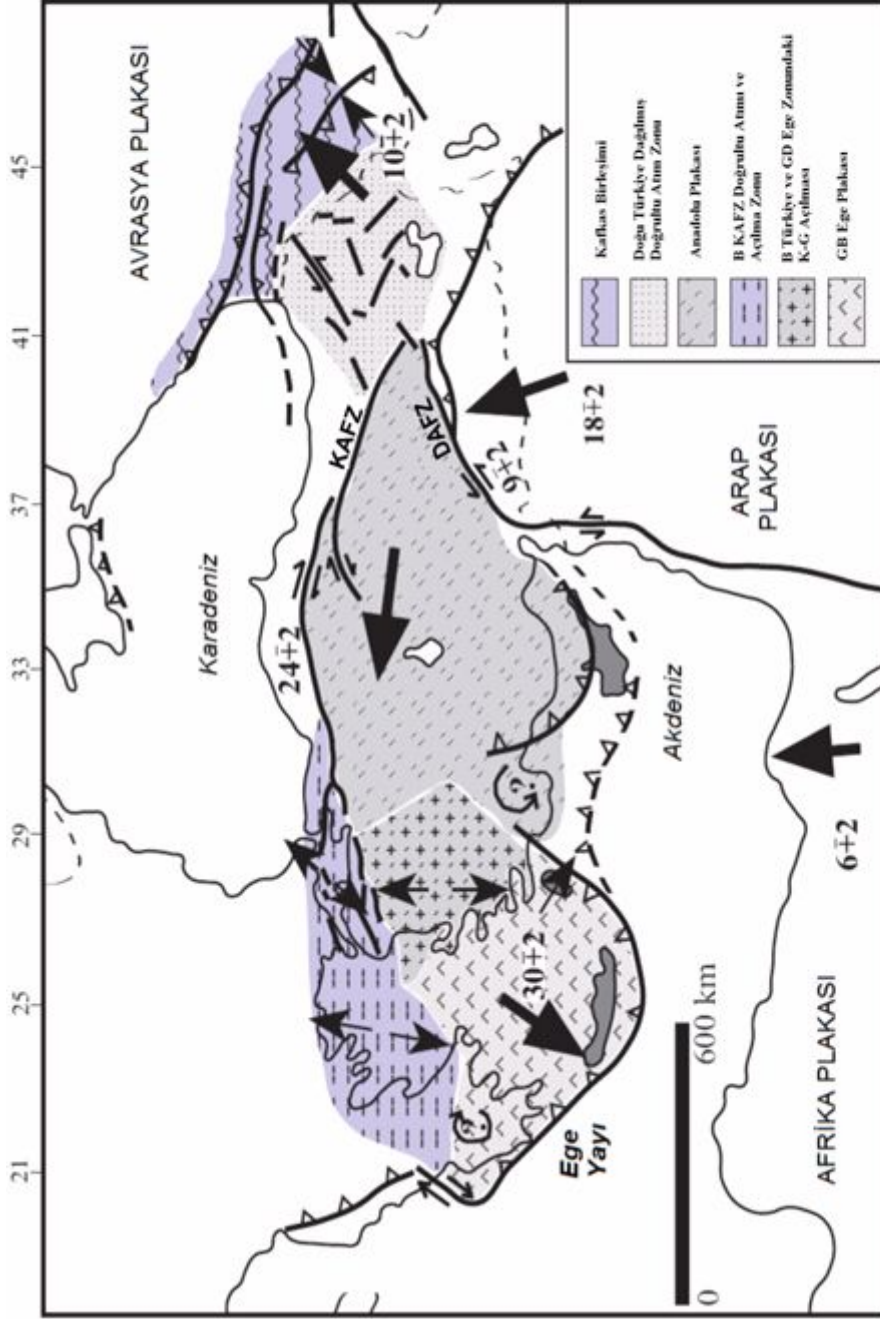
### 1.2.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Kuzey Anadolu Fay Zonu gözle görülür sismik aktivitesi, aşırı iyi gelişmiş yüzey yapısı ve Karadeniz Bölgesi' nin tektoniğindeki önemi sebeplerinden dolayı dünyadaki en iyi bilinen sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan biridir. KAFZ, çok aktif bir yapı olup jeodezik verilere göre 24-30 mm/yıllık sağ yönlü bir hareket göstermektedir (Reilinger vd., 1997). Doğuya doğru KAFZ, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu arasında bir sınır oluşturur. KAFZ yaklaşık olarak 1500 km uzunluğa sahip, geniş bir yay şeklinde, Türkiye'nin doğusundan başlayıp batıda kuzey Ege' nin doğusuna kadar uzanır. Batıda Biga Yarımadası'ndan başlayıp Yenice, Gönen ve Manyas' tan geçerek Bursa ve Yenişehir üzerinden Kargı-Havza dolaylarına kadar uzanmaktadır. Buradan güneydoğuya kıvrılarak

Erzincan dolaylarından Karlıova civarında sol yönlü Karlıova-Bingöl Fayını 40°'lik açı ile kesmektedir (Ketin, 1976). KAFZ tek bir kırık düzlemi olmayıp birbirine paralel veya kademeli faylardan oluşan bir fay zonu durumundadır. Belirli bir doğrultuda devam etmeyip bazı bölgelerde daha geniş açılar yaparak bükülmekte ve Van Gölü' nün kuzey kenarından geçerek İran sınırına varmaktadır. Birçok kırıktan oluşan KAFZ, Karadeniz kıyısına paralel bir şekilde uzanmaktadır ve birkaç yüz metreden 40 km ye kadar genişliğe sahip tek bir faydır. Bu fay zonu boyunca birbirine paralel ve bazen de birbiriyle kesişen kısa faylar gözlenmektedir (Bozkurt, 2001). Doğuya doğru KAFZ, tipik üçlü birleşme gösterir ve sol yönlü DAFZ ile Karlıova' da birleşir. KAFZ, Karlıova üçlü birleşme noktasında sonlanmayarak güneydoğu boyunca devam eder.

Tarih boyunca Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda oluşan depremlerin karakteristiğine bakıldığında, aktivitenin fayın orta kısımlarında başladığı ve daha sonra batı ve doğu kısımlarına ilerlediği görülmüştür. KAFZ' nun orta ve doğu-batı kesimleri arasında paleosismolojik olarak oldukça farklı davranışlar görülmüştür. Dolayısıyla, fayın bu farklı kesimleri birbirinden farklı davranışlar sergilemektedir. Bu farklılıklar, fayın o kısımlardaki jeolojik, geometrik, yapısal ve mekanik özellikleri ile ilgilidir. Ayrıca bu özellikler, fay bölgelerinin başlangıç ve bitiş noktalarını denetlemektedir. Bu fay bölgelerinin uçlarını denetleyen özellikler, fayın kabuk içerisinde, yani derin kısımlarında sahip olduğu özelliklerin yüzeye yansıması ile ilgilidir. Bu faktörler, üst kabuk-alt kabuk geçişi arasındaki pürüz (asperite) ve engel (barier) modellenmesi ile açıklanmaktadır (Aki, 1984).

Bu pürüz ve engellerin büyüklükleri, hem deprem büyüklüklerini hem de bu bölgedeki deprem tekrarlanmalarını kontrol etmektedir. Fayın doğu kesiminde, KAFZ DAFZ ile kesişmektedir. Ayrıca, fayın doğu kesimlerinde artan gerilme yükselmesi sonucu kenarları doğrultu atımlı faylar ile sınırlandırılan bir takım blokların çıkmasına neden olmaktadır.



Şekil 2. Türkiye’de ana tektonik kuşaklarda GPS verilerinden gözlenen yıllık kayma miktarları. KAFZ, Kuzey Anadolu Fay zonu ve DAFZ, Doğu Anadolu Fay zonu temsil etmektedir. (Bektaş vd., 2007’den değiştirilerek alınmıştır)



### 1.2.3. Doğu Anadolu Fay Zonu

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) 550 km uzunlukta olup yaklaşık olarak kuzeydoğu yönünde yayılan, birbirine paralel dizilmiş, eğik fay serilerinden oluşan sol yönlü doğrultu atımlı fay zonudur (Bozkurt, 2001). McClusky vd. (2000), GPS verilerinden DAFZ boyunca  $9\pm 2$  mm/yıllık sol yönlü hareket olduğunu saptamıştır (Şekil 2). Bu fay zonu, Anadolu-Avrasya plakaları ile Arap-Afrika plakaları arasındaki sınırların bölgelerini şekillendiren dönüşüm fayıdır. Fay zonu boyunca sol yönlü yanal kayma Anadolu'nun batısına doğru ilerler. Fay zonunun yapısı birçok itme-çekme havzaları, çekme çatlakları, kıvrımlanma ve önemli bindirme bileşenleriyle karışıktır. Bu zon Karlıova üçlü birleşme bölgesinin doğusuna doğru, kuzey-güney tektonik sıkışma zonu ile tanımlanır. KAFZ ve DAFZ' larına paralel gelişen doğrultu atımlı faylar bu bölgenin karakteristik yapısını oluşturur. Bunlar; Ağrı Fayı, Bulanık Fayı, Çaldıran Fayı, Erciş Fayı, Horasan Fayı, Iğdır Fayı, Malazgirt Fayı, Süphan Fayı, Balıklıgölü Fay Zonu, Başkale Fayı, Çobandede Fay Zonu, Dumlu Fay Zonu, Hasan Timur Fay Zonu, Kavakbaşı Fayı, Kağızman Fay Zonu, Doğubayazıt Fay Zonu, Karayazı Fayı, Tutak Fay Zonu, Yüksekova-Şemdinli Fay Zonu ve Kuzeydoğu Anadolu Fay zonlarıdır. Doğrultu atımlı fay sistemi, Doğu Anadolu aktif tektoniğini kontrol altında tutmasına rağmen, doğu-batı yönlü meydana gelen sıkışma en dikkat çekici olaydır. Muş, Van Gölü ve Pasinler havzaları basamaklı yapıyı gösteren en önemli bölgelerdir.

Doğu Anadolu fayının Karlıova ile Ermenistan arasında kalan bölümü Kuzeydoğu Anadolu Fayı olarak bilinmektedir. Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu Doğu Anadolu' nun en önemli yapısıdır. 350 km uzunluğa sahip olan bu zon Erzurum'dan Kafkas Dağlarına kadar uzanır. Bu fay zonu sol yönlü hareket sergiler. Kuzey-güney açılma çatlakları, DAFZ' nun diğer temel yapısal elemanlarıdır. Geniş bir kesme zonu olan Kuzeydoğu Anadolu Fayı, birbirlerine paralel olarak gelişmiş KD-GB doğrultulu, sol yönlü ve ters bileşenli birçok kısa fay parçalarından meydana gelir. Bu faylar, 15–20 km uzunlukta Kelkit Fayı, Erzincan'ın hemen kuzeybatısından başlayan ve kuzeydoğuya doğru 150 km devam eden Akdağ Fayı, Tortum'un güneybatısı ile Aşkale ilçesi arasında uzanan Aşkale Fayı, Çat civarından başlayan, Erzurum, Dumlu, Tortum ve Oltu boyunca uzanan Dumlu Fay Zonu ile Tekman ile Gaziler arasında uzanan Çobandede faylarıdır (Gülkan vd., 1993). Kuzeydoğu Anadolu Fayı ile Karlıova-Muradiye arasında yer alan bölgede, KB-GD doğrultulu kısa uzunluklara sahip olan sağ yönlü doğrultu atımlı faylar yer alır. Bu bölge,

100 km uzunlukta Balıklıgözü Fayı, 55 km uzunlukta Çaldıran Fayı, 50 km uzunlukta Doğubayazıt Fayı, 50 km uzunlukta Tutak Fayı ve 85 km uzunlukta Karayazı Fayı'ndan oluşur (Gülkan vd., 1993).

Karlıova üçlü birleşim noktasının yakınında, Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı'nın periyodik olarak birbirlerini ötelemesi sonucu, KB-GD ve KD-GB doğrultulu kısa uzunluklarda sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı fay takımları gelişmiştir. Karlıova birleşim noktası ile Muradiye arasında kalan bölümde, Malazgirt'in doğusunda 20 km uzunlukta KD-GB doğrultulu sol yönlü Malazgirt Fayı ve Erciş ile Adilcevaz arasında uzanan 30 km uzunlukta sol yönlü Süphan Fayı yer almaktadır. Diğer taraftan KB-GD doğrultulu ve sağ yönlü 20 km uzunlukta Erciş Fayı ile Muradiye ilçesinin hemen yakın kuzeydoğusu ile İran sınırları arasında uzanan 45 km uzunlukta Hasan-Timur Gölü Fayları bulunmaktadır (Gülkan vd., 1993). DAFZ, muhtemelen 5 veya 6 parçadan oluşmaktadır. DAFZ kuzeydoğu ucunda dönemsel olarak KAFZ tarafından kesilmesi sonucu ana fay doğrultusuna paralel birkaç küçük faylanma meydana gelmiştir. Bu faylanmalar, Karlıova birleşim noktasının güneybatısında açık bir şekilde görülmektedir. Fayın güneydoğuda yer alan kolu kuzey batısına göre daha genç bir yapıya sahiptir (Tirifonov, 1995). DAFZ incelendiğinde, yıkıcı depremlerin dışmerkez (episantr) dağılımları, bu fay parçalarının sınırlarında yer alma eğilimi göstermiştir. Bununla beraber tarih boyu olan deprem kayıtlarına bakıldığında DAFZ'nun oldukça sakin bir sismik etkinlik gösterdiği görülmüştür.

#### **1.2.4. Orta Anadolu Fay Sistemi**

Her ne kadar doğrultu atım fay sistemi batı Anadolu'nun aktif tektonizmasını oluştursa da, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusundaki sıkışma ve Anadolu plakasının kısılması gibi özellikler bölgenin görülmeye değer yapısını oluşturur (Wong vd., 1978). GPS verilerine göre, Kafkaslar boyunca bindirme ve Türkiye'nin doğusundaki doğrultu atımlı faylar arasındaki toplam sıkışma  $10 \pm 2$  mm/yıl'dır (Şekil 2). Orta Anadolu Bölgesi, kıtasal litosferin şeklinin bozulduğu ve geniş hacimli gerilmelerin üretildiği eski yapılar üzerinde yeni yapıların olduğu bir bölgedir. Bu bölge, aşağı yukarı kuzey-güney ve kuzeydoğu-güneybatı sıkışma bölgesinin altındadır ve Kıbrıs Yayı boyunca Anadolu ve Afrika plakalarının arasındaki çarpışma süreci ile ilişkilidir. Bu çerçevede Anadolu plakasının doğu kısımları, ikincil sıralı faylarla şekil değiştirmiştir. Ayrıca bu bölge, ova

denilen genişleme havzaları ile ifade edilir ve eğim atımlı faylarla sınırlanmıştır. Bu yapılar; Akpınar Fayı, Delice, Kangal, Niđe, Salanda, Almus Fay Zonu, Lâcin ve Merzifon Fay Zonu, Malatya-Ovacık Fay Zonu, Tuzgölu, Yıldızeli, Orta Anadolu Fay Zonu, Taşova-Çorum Fay Zonu, Yađmurlu-Ezinepazarı Fay Zonu ve Yakapınar-Göksun Fay Zonu' dur (Bozkurt, 2001).

Bu fayların birçoğu Anadolu plakası boyunca 100 km güneybatı yönünde hareket etmektedir ve farklı geometriler göstermektedirler. KAFZ' nun günümüzdeki şekli tipik bir balık iskeleti görünümündedir. Bu bölgede oluşan doğrultu atımlı faylar arasında, Malatya-Ovacık, Orta Anadolu, Tuzgölu ve Eskişehir Fay Zonları Orta Anadolu'nun temel neotektonik yapısını oluşturur. Malatya-Ovacık Fayı 240 km uzunluktadır. Batı-güneybatı yönünde 120 km boyunca hareket eder (Ovacık bölümü) sonra güneybatı yönüne bükülür (Malatya bölümü) ve Anadolu plakasına doğru hareket eder. Bu yapı Anadolu ve Arabistan plakaları arasındaki sınırın aktif olduğunu gösterir. Malatya-Ovacık Fayı Erzincan havzasında KAFZ ile kesişir ki buda üçlü birleşme noktasıdır. Arap, Anadolu ve Avrasya plakaları ortasında Erzincan' ın ötesinde genç DAFZ ve KAFZ' nun doğu bölümleri geliştiğinde, Malatya-Ovacık Fay Zonu sonlanmaktadır. Orta Anadolu bölgesi, kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğuda Doğu Anadolu Fay Zonu, güneyde Ege-Kıbrıs yayı ve batıda Batı Anadolu graben sistemi arasında kalmış geniş bir bölgeyi kapsar. Bu bölge içerisinde kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu, bağımsız doğrultu atımlı faylar ile Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarından ayrılan faylar bulunur. Tuzgölu Fayı, Köşker ile Bor arasında yaklaşık 200 km uzunlukta kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Bu fay, Şereflikoçhisar yakınlarında ters bileşene sahipken yer yer başka yerlerde normal fay bileşenleri göstermektedir. Ecemiş Fayı, Kayseri ile Mersin arasında uzanan yaklaşık 250-300 km uzunlukta KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Fay üzerinde ölçülmüş yatay atım miktarının 40 km civarında olduğu bildirilmektedir (Gülkan vd., 1993). İnegöl-Eskişehir Fay takımı, doğuda Tuzgölu ile batıda İnegöl arasında BKB-DGD doğrultulu birçok kısa uzunlukta fay parçalarından oluşan 400 km uzunlukta normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşur. Kırşehir-Keskin Fayı, Kırşehir ve Keskin arasında kuzeybatı-güneydoğu ile kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu, kısa uzunluklarda birçok faylardan oluşan bir kuşaktır. Kırıkkale Fayı, Niksar havzası yakınlarında Kuzey Anadolu fayından ayrılarak güneybatıya doğru Amasya, Çorum illerini izleyerek Kırıkkale ve oradan da Çubuk' a kadar uzanır. Diğer yandan bu fayın hemen doğusunda yine güneybatıya doğru

uzanan Almus Fayı yer alır. Sol yönlü doğrultu atımlı Malatya-Ovacık Fayı, Erzincan havzasının doğusundan ayrılarak güneybatı yönünde Ovacık' a kadar devam eder ve Malatya Fayı ile kesişir. Fayın toplam uzunluğu, 160 km civarındadır. Kuzeydoğuda Kemaliye ile güneybatıda Doğanşehir arasında 180 km uzunluğa sahip olan Malatya Fayı yer alır. Bu fayda Ovacık Fayı gibi sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır (Gülkan vd., 1993). Diğer yandan Doğu Anadolu Fayı' ndan ayrılarak doğu-batı doğrultusunda Sürgü'den geçen diğer bir kısa uzunluğa sahip sol yönlü doğrultu atımlı fay, Sürgü Fayı olarak isimlendirilmiştir.

Orta Anadolu Fay Zonu 730 km uzunluğunda büyük bir makaslama zonudur. Bu fay, Erzincan' ın kuzeydoğusundan, Akdeniz'in doğusuna doğru uzanır. Sismik olarak az aktiviteye sahiptir ve birçok bölümden oluşmaktadır. Paleotektonik ve neotektonik dönemler boyunca toplam yer değiştirme 75 km ve 24 km' dir. Günümüzde tahmini olarak yılda 3 mm' lik bir yer değiştirmeye karşılık gelmektedir. Orta Anadolu Fay Zonu, doğrultu atımlı fayın tipik özelliklerini gösterir. Tuzgölü Fay Zonu, 200 km uzunlukta olup, Orta Anadolu' nun en bilinen yapısıdır. Fay zonu Tuzgölü havzasının kuzeydoğu sınırını belirler. Fay zonu doğrultu atımlı bir faylanma gösterir. Eskişehir Fay Zonu, Uludağ' dan Afyona kadar uzanır. Bu fay 1956 Eskişehir depreminde kırılmıştır. Tarihsel ve aletsel deprem kayıtları incelendiğinde, Orta Anadolu' nun doğu kesimleri Anadolu'nun diğer kesimlerine göre sismik olarak daha az aktiviteye sahiptir.

### **1.2.5. Kıbrıs Yayı**

Kıbrıs Yayı aktif bir plaka sınırı olup, Afrika plakasının kuzeyi ile batı Akdeniz'de Anadolu plakasının güneyi arasında çarpışmaya yer veren bir yapıdır. Kıbrıs'ın batısı, Doğu Akdeniz okyanusal kabuğunun kuzey yönlü dalma-batması deprem verisine bağlı olarak gözlemlenir ve Ege yayı sınırından itibaren devam ettiği varsayılır. Depremselliğe göre aktif çarpışmanın olduğu ana alan, Kıbrıs' dan, DAFZ ve Ölü Deniz Fay Zonu'nun bulunduğu Kahramanmaraş üçlü birleşme bölgesi boyunca İskenderun Körfezi'ne uzanan bölgedir (Bozkurt, 2001). Ege-Kıbrıs yayı, Türkiye'nin güney kıyısı yakınlarında, Girit adasının güneyinden geçerek kuzeydoğu yönünde Rodos adasının güneyinden Fethiye Körfezi' ne doğru uzanır. Ege-Kıbrıs yayı, Girit adası ile Fethiye Körfezi arasında Plini ve Strabo çukurlukları boyunca ters fay bileşenli sol yönlü doğrultu atımlı fay karakteri gösterir. Diğer taraftan, Ege-Kıbrıs yayı, Antalya Körfezi, Kıbrıs' ın kuzeyi ve İskenderun

Körfezi arasında içbükey bir kavis yapar. Bu yayın kuzeybatıya doğru devamı, Antalya Körfezi'nden başlayan ve kuzeybatı doğrultusunda devam eden ters fay niteliğinde olan Aksu Bindirme Fayı' nı temsil eder. Diğer bir çukurluk, Plini ve Strabo çukurluklarından başlar ve Kıbrıs' ın güneyine doğru dışa doğru bir yay yapar. Yukarıda bahsedilen çukurluklar boyunca Afrika plakası, Anadolu bloğunun altına doğru KKD doğrultusunda dalmaktadır.

### 1.2.6. Ölü Deniz Fay Zonu

Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) 1000 km uzunlukta olup, yaklaşık olarak kuzey-güney doğrultuda yayılan sol yönlü plaka içi doğrultu atımlı fay zonedir. Plaka tektoniği kurallarına göre, ÖDFZ dönüşüm şeklinin Afrika plakasından batıya ve Arap plakasından doğuya yayılan plaka sınırı olduğu kabul edilir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Arap plakası, Afrika plakasına göre kuzeye doğru daha hızlı hareket etmektedir. Plakalar arasındaki bu farklı hareket oluşumu ÖDFZ sayesinde ortaya çıkmıştır. Doğu Akdeniz bölgesinde Afrika ve Anadolu plakaları arasındaki yaklaşma, Ege ve Kıbrıs yayı boyunca oluşan dalma batma ile ortaya çıkar (Papazachos ve Comniakis, 1971; Mart ve Woodside, 1994). Afrika plakası kuzey-kuzey doğu yönünde Anadolu plakasının altına doğru dalar. Ege yayı boyunca hendeğin doğası ve yapısı değişkendir. Ege yayının doğu kısmı daha çok dönüşüm fayı gibi hareket eder. Birçok hendek, Ege yayının doğu kısmı boyunca ayırt edilmiştir (Le Pichon ve Angelier, 1979). Orta ve Güney Ege'de, güneybatı boyunca  $30 \pm 1$  mm/yıllık hareket gözlenmiştir (McClusky vd., 2000).

### 1.2.7. Batı Anadolu Fay Zonu

Batı Anadolu dünyadaki en hızlı genişleyen ve sismik aktivitenin en fazla olduğu bölgelerden birini temsil eder. Genel olarak kuzey-güney yönlü kıtasal açılma oranı 30-40 mm/yıl' dır (Oral vd., 1995; Le Pichon vd., 1995). Batı Anadolu' da graben yapısı ile ilişkili olarak deprensellik yüksektir ve yer ve zamanda dikkate değer düşük magnitudlü deprem grupları ile yığılım türü aktivite görülür (Üçer vd., 1985; Eyidoğan, 1988). Yaklaşık olarak doğu-batı eğilimli grabenler (Edremit, Bakırçay, Kütahya, Simav, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova grabenleri) ve bunların havza sınırı aktif

normal fayları neotektonik belirleyici sistemin en göze çarpan özellikleridir (Mckenzie, 1978; Le Pichon ve Angelier, 1979). Doğu-batı doğrultulu normal faylarla sınırlandırılmış Ege Graben Sistemi, birçok bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar arasında doğu-batı uzanımlı grabenler yer almaktadır. Bu grabenler kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav Grabeni, Gediz-Küçük Menderes Grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi Grabenleri şeklinde sıralanabilir.

Ege Graben sisteminin Edremit Körfezi' ni içine alan kuzey kesimi, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Batı Anadolu' daki çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bölgede oluşmuş depremlerin odak mekanizmaları, hem normal hem de yatay bileşenlerin hâkim oldukları birleşik fay çözümleri vermiştir. Bölge, oldukça karışık tektonik görünüm sunması nedeniyle sürekli depremlere maruz kalmıştır. Bu grabenlerin kenarlarını sınırlayan ana normal faylar, kısa uzunluklara sahip birçok küçük parçadan oluşmaktadır. Dolayısıyla, bu kısa parçalar birinde oluşan bir deprem, yakınlarındaki diğer komşu parçaları tetiklemekte ve ileriki bir zamanda bu parçalarda depremlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu depremler, genellikle bölgede güneyden kuzeye doğru zaman içerisinde bir kayma göstermişlerdir. Ege Graben Sistemi içerisinde yıkıcı ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin yer-zaman grafiği incelendiğinde, paleosismolojik olarak fayların davranışlarını etkileyen faktörlerden en önemlisinin fay tipleri olduğu açıkça görülür. Fay tiplerine bağlı olarak fayların farklı davranışlar göstermesi doğrultu atımlı faylar olan KAFZ ve DAFZ ile Ege yayı ve Bitlis Bindirme Kuşağı' nı oluşturan ters faylar üzerinde oluşmuş depremlerin yer-zaman dağılımlarının karşılaştırılması ile daha kolay bir şekilde anlaşılabilir. Ege Graben Sistemi içerisinde oluşmuş yıkıcı ve yüzey kırığı meydana getirmiş depremlerin yer-zaman grafiği incelendiğinde, depremlerin birbirine yakın parçalarda oluştuğu görülmektedir. Bu yakın parçalarda oluşan depremler zaman olarak birbirlerine oldukça yakındır. Bu bölgedeki depremler, genellikle birer çift şeklinde oluşmaktadır. Bölgenin birbirlerine bağlantılı birçok graben ve horstlardan meydana gelmesi nedeniyle, bir parçada oluşan deprem diğer yakın parçayı da tetikleme rolü oynamaktadır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Türkiye ve Civarı İçin Yapılan Sismik Tehlike Değerlendirmelerinde Kullanılan Sismik Kaynak Bölgeleri

Tanımsal (deterministik) yaklaşıma dayalı Türkiye' nin ilk resmi sismik tehlike haritası 1945' de yapılmıştır. Daha sonra Ergunay (1976) tarafından yapılan sismik tehlike haritası, 1945–1970 yılları arasında yapılan çok sayıda rapor ve makalelerin derlenmesinden sonra şekillendirilmiştir. Türkiye' deki sismik tehlike analizlerinde olasılıksal (probabilistik) yaklaşımların kullanımı ise ilk kez Erdik vd. (1985) tarafından yapılmıştır. Ayrıca, Türkiye' nin mevcut sismik tehlike bölgelendirme haritası Gülkan vd. (1993) tarafından hazırlanmıştır. Bu haritada Türkiye 5 bölgeye ayrılmıştır. Ayrıca, Alptekin (1978), 1900–1961 yılları arasındaki depremleri kullanarak tüm Türkiye' yi kapsayan magnitüd-deprem sayısı ilişkilerini hesaplamak için geniş bir çalışma yapmış ve Türkiye' yi 13 farklı bölgeye ayırmıştır. Erdik vd. (1999) son yıllarda geliştirilen soğurulma ilişkilerini kullanarak olasılık yöntemi ile Türkiye ve civarı için sismik tehlike analizlerini yapmışlar ve sismik kaynak zonlarının ideal bir görüntüsünün jeoloji, tektonik, paleosismoloji, tarihsel ve aletsel sismoloji ve diğer neotektonik özelliklerin birlikte değerlendirilmesi ile yapılabileceğini ifade etmişlerdir.

Jiménez vd. (2001), tüm Akdeniz' i içine alan birleşik bir sismik tehlike modeli oluşturabilmek için sismojenik modeller üzerinde mevcut verilerin birleştirilmesine dayalı tekdüze bir kaynak modeli kullanmıştır. Bunun için ulusal bölgelendirmeler ve belirgin zonlar eklenmiş, farklı yaklaşımlardan kaynaklanan etkileri ortadan kaldırmak için farklı bölgeler arasında kalan sınır alanlarındaki kaynaklar yeniden modellenmiş ve yeterli bilginin olmadığı sismik alanlarda yeni sismik bölgeler modellenmiştir. Her bir bölge için tekdüze bir sismik hareket kabul edilmiş, magnitüd-frekans parametreleri ve beklenen maksimum magnitüd sismik kataloğa dayalı olarak hesaplanmış ve sonuçta beklenen yer hareketi uygun soğurulma ilişkileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Kayabalı ve Akın (2003), Türkiye'nin sismik tehlike haritasının yeniden yapılandırılması amacıyla yaptığı çalışmada Erdik vd. (1985) ve Yaltırak vd. (1998) tarafından yapılan çalışmaları temel alarak Türkiye' yi 14 farklı sismik bölgeye ayırmıştır. Türkiye' deki sismik tehlikeyi modelleyebilmek için olasılık yaklaşımı kullanılarak Joyner

ve Boore (1988) tarafından geliştirilen güçlü yer hareketi soğurulma ilişkileri kullanılmış ve Bonilla vd. (1984) tarafından verilen fay kırık uzunluğu ve deprem magnitudü arasındaki deneysel ilişki kullanılarak her bir bölge için maksimum deprem magnitudü hesaplanmıştır.

Kayabalı ve Akın (2003), olasılık yaklaşımı kullanılarak Türkiye’deki sismik tehlikenin modellenmesinin aletsel kayıtlar göz önüne alındığında tatmin edici olmadığını ve dolayısıyla bu haritaların oluşturulmasında deterministik yaklaşımlarla daha güvenilir sonuçların elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, küçük ve büyük tüm aktif fayları ana fay sistemleriyle birlikte değerlendirmişler, Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen modeli kullanarak bu fay sistemlerinin üretebileceği maksimum deprem magnitudünü hesaplamışlardır.

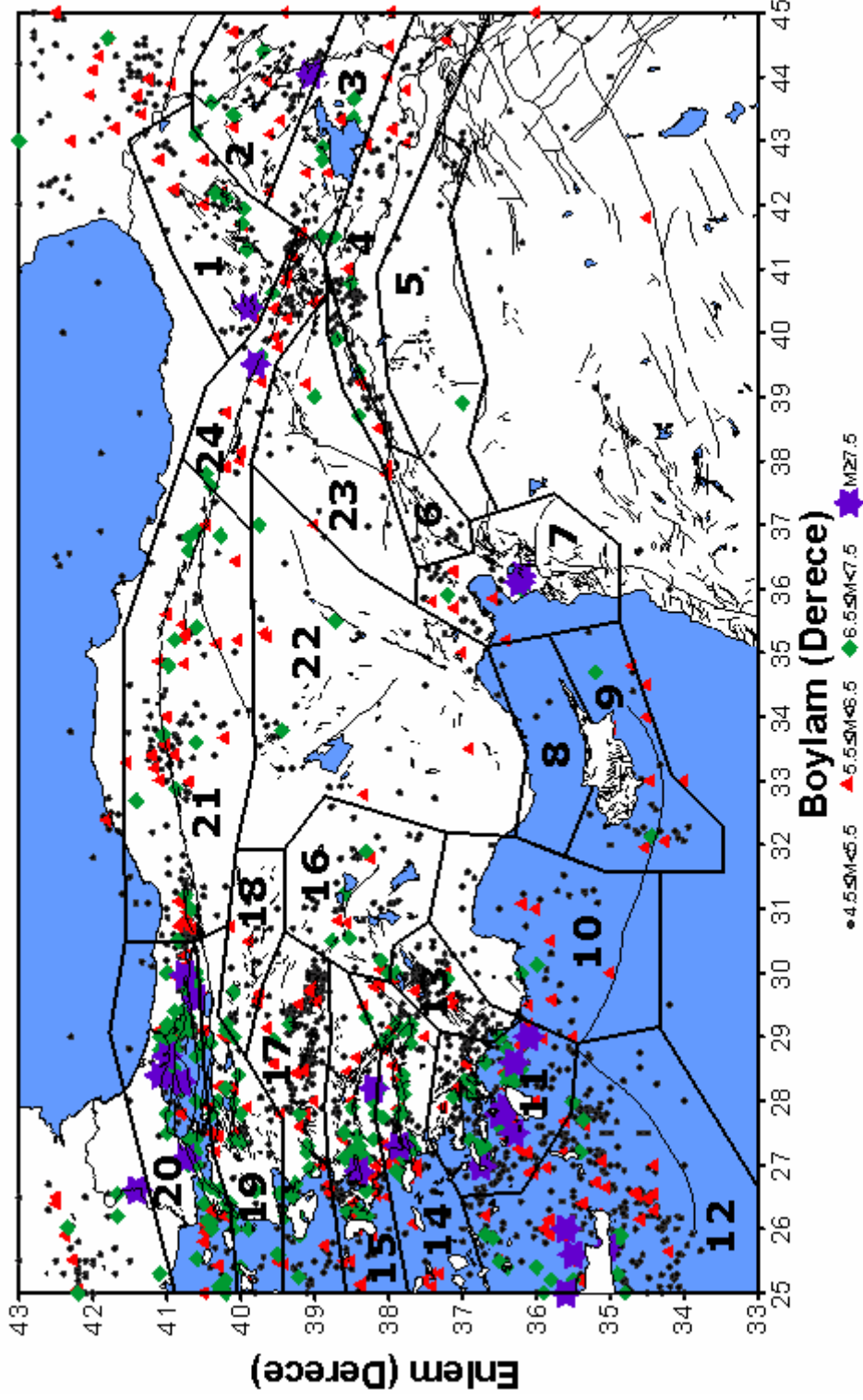
Bayrak vd. (2002), Türkiye’ nin farklı bölgeleri için sismik tehlike parametreleri arasında ilişkiler hesaplamak ve bu parametreler arasındaki ilişkileri irdelemek amacıyla, Türkiye’ nin tektonik yapısını ve depremlerin episantr dağılımlarını dikkate alarak Türkiye’ yi sekiz farklı bölgeye ayırmışlar ve farklı kaynaklardan derlenen deprem kataloglarını yüzey dalgası magnitudüne ( $M_s$ ) göre homojen hale getirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, birinci bölge olarak Kuzey Anadolu Fay Zonu’ nun (KAFZ) Marmara kısmını, ikinci bölge olarak KAFZ’ nun Anadolu kısmını, üçüncü bölge olarak Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu’ nu (KDAFZ) ve Kafkasları, dördüncü bölge olarak Bitlis-Zagros Bindirme Zonu’ nu (BZBZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu’ nu (DAFZ), beşinci bölge olarak Kıbrıs Yayı’ nı, altıncı bölge olarak Ege Yayı’ nın bir kısmını, yedinci bölge olarak Batı Anadolu Graben Sistemi’ ni (BAGS) ve sekizinci bölge olarak ise Orta Anadolu Fay Sistemi’ ni (OAFS) içine alan bölgeleri kabul etmişlerdir. Bayrak vd. (2008), Türkiye ve civarını 24 farklı bölgeye ayırmıştır ve bu tez çalışmasında, bu bölgelendirme kullanılmıştır.

Türkiye ve civarı sismik olarak oldukça aktif bir tektonik yapıya sahiptir. Tarih boyunca Türkiye ve civarında birçok hasar yapıcı deprem meydana gelmiştir. Bu bakımdan birçok araştırmacı tarafından bölge, deprensellik çalışmaları açısından incelenmiş ve bölgenin tektonik yapısı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Türkiye’de meydana gelen tüm depremler incelendiğinde, depremlerin belli tektonik kuşaklar ve bölgeler üzerinde yoğunlaştığı görülür. Dağılım itibariyle depremlerin yoğun olduğu bölgeler İzmit, Sakarya, Bolu, Kastamonu, Bingöl ve Erzincan gibi büyük deprem bölgelerini içine alan KAFZ, Erzurum’ un içinde bulunduğu KDAFZ, Bitlis ve Elazığ’ ı içine alan BZBZ, Adana ve Malatya boyunca uzanan DAFZ, tüm BAGS, Ege ve Kıbrıs Yayları olarak görülmektedir.



OAFS' ni içine alan bölgede ise sismik aktivite diğer bölgelerden oldukça azdır. Sismik tehlikeyi bölgelendirmek için depremlerin episantr dağılımları ve tektonik yapılar dikkate alınmalıdır. 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, magnitudü ( $M_s$ ) 4.5 ve daha büyük olan aletsel ve tarihsel depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik yapı ve odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme işlemi sonucunda Türkiye 24 farklı kaynak bölgeye ayrılmıştır (Şekil 3). Birinci bölge Erzurum ve civarı ile KDAFZ' nu, ikinci ve üçüncü bölgeler Ağrı ve Van civarını, dördüncü bölge Hakkâri, Diyarbakır ve Bitlis'ten geçen BZBZ' nu, beşinci bölge Gaziantep ve Mardin arasını, altıncı bölge Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Kahraman Maraş, Adıyaman, Malatya ve Elazığ arasındaki bölümünü, yedinci bölge Antakya ve Adana ve civarını, sekizinci ve dokuzuncu bölgeler Kıbrıs ve Kıbrıs yayının bir bölümünü, onuncu bölge Antalya ve civarını, on birinci bölge Muğla ve civarını, on ikinci bölge Kıbrıs yayının Ege tarafına kalan kısmını, on üçüncü bölge Burdur ve civarını, on dördüncü bölge Aydın ve Denizli'yi içine alan ve Ege denizine doğru uzanan bölgeyi, on beşinci bölge Manisa, İzmir ve civarını, on altıncı bölge Isparta, Afyon ve Eskişehir civarını, on yedinci bölge Kütahya ve Balıkesir civarını, on sekizinci bölge Bilecik, Bursa ve civarını, on dokuzuncu bölge Çanakkale ve KAFZ' nun Marmara kısmının güney bölümünü, yirminci bölge İzmit ve İstanbul'u içine alan KAFZ' nun Marmara kısmının kuzey bölümünü, yirmi birinci bölge Sakarya, Kastamonu, Bolu, Tokat'ı içine alan KAFZ' nu, yirmi ikinci bölge Sivas, Ankara ve Konya arasında kalan kısmı, yirmi üçüncü bölge Erzincan, Elazığ, Tunceli ve Malatya'nın bir bölümünü, yirmi dördüncü bölge ise KAFZ, KDAFZ ve DAFZ' nun kesiştiği bölgeyi içine almaktadır. Genel tektonik yapılar dikkate alınacak olursa çalışmada düşünülen 24 farklı kaynak bölge şu şekilde sıralanabilir (Bayrak vd., 2008):

1. Bölge; Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu (KDAFZ)
2. Bölge; Kağızman, Iğdır, Tutak ve Çaldıran Fayları (KITÇF)
3. Bölge; Malazgirt, Erçiş ve Süphan Fayları ve Muş Bindirme Zonu (MESMF)
4. Bölge; Bitlis Bindirme Zonu (BBZ)
5. Bölge; Karadağ Açılma Zonu (KGZ)
6. Bölge; Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)
7. Bölge; Ölü Deniz Fayı' nın bir kısmı
8. Bölge; Kıbrıs'ın kuzey kısmı
9. Bölge; Kıbrıs yayının doğu kısmını içeren Kıbrıs'ın güney kısmı
10. Bölge; Kıbrıs yayının batı kısmı
11. Bölge; Muğla ve Rodos
12. Bölge; Ege Yayı
13. Bölge; Burdur Fay Zonu (BFZ)
14. Bölge; Büyük ve Küçük Menderes Grabenleri
15. Bölge; Gediz Grabeni
16. Bölge; Sultandağı, Beyşehir ve Tatar Fayları (SBTF)
17. Bölge; Kütahya, Simav ve Zeytindağ-Bergama Fayları (KSZBF)
18. Bölge; Eskişehir, İnönü-Dodurga ve Kaymaz Fayları (EİDKF)
19. Bölge; Yenice-Gönen, Manyas, Ulubat ve Etili Fayları (YGMUEF)
20. Bölge; Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Marmara kısmı (MKKAFZ)
21. Bölge; Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Anadolu kısmı (AKKAFZ)
22. Bölge; Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS)
23. Bölge; Ovacık Fayı ve Malatya Fayı (OMF)
24. Bölge; Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun doğu kısmı (DKKAFZ)



Şekil 3. Türkiye’de meydana gelen ve  $M \geq 4.5$  olan aletsel ve tarihsel depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik ile odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgeleme (Bayrak vd., 2008’den değiştirilerek alınmıştır)

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Deprem Verisi

Bu çalışmada, Bayrak vd. (2008) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğu ile Global Seismic Hazard Assesment Program (GSHAP) tarihsel deprem katalogları birleştirilerek homojen bir deprem kataloğu oluşturulmuştur. 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, katalog içerisinde belirgin magnitüd değerleri olmayan depremler TURKNET (URL-4, 2006), TURKNET (International Seismological Centre (ISC); URL-5, 2006), Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS; URL-6, 2006) ve TUBİTAK (URL-2, 2006) kataloglarından tamamlanmıştır. TURKNET tarafından hazırlanan katalogdan 1991–2005 arasındaki, TURKNET (ISC) tarafından hazırlanan katalogdan 1900–2002 arasındaki, IRIS tarafından hazırlanan katalogdan 1974–2005 arasındaki ve TUBİTAK tarafından hazırlanan katalogdan ise 1900–2005 yılları arasındaki magnitüdü eksik olan depremler kataloğa eklenmiştir. 1900 yılından önceki deprem verileri GSHAP kataloğundan alınmıştır. Katalogda toplam 69670 adet deprem verisi kullanılmıştır. Çalışmada MÖ 550 yılından 2005 yılı sonuna kadar olan bütün depremler kullanılmıştır. Aletsel dönemi kapsayan farklı kataloglardan, farklı magnitüd ölçeklerindeki değerlerin hepsi ortogonal regresyon yöntemi kullanılarak  $M_s$  magnitüdüne çevrilmiştir.

## 2.3. Homojen Kataloğun Hazırlanması

Depremsellik veya sismik tehlike çalışmalarında kullanılan bir deprem verisinin homojen olması gereklidir. Öncelikli olarak tüm depremlerin aynı magnitüd türüne dönüştürülmesi ve tüm hesaplamaların tek bir magnitüd türü üzerinden yapılması gereklidir. Farklı kataloglardan alınan deprem verisi farklı magnitüd ölçeklerinde hazırlanmıştır. Birçok deprem magnitüdü bazen farklı magnitüd ölçeğinde olmaktadır. Homojen bir deprem kataloğu hazırlarken farklı magnitüd türleri arasında bazı yeni ilişkiler geliştirilerek tek bir magnitüd ölçeğine bağlı bir katalog elde edilmektedir ( $M_s$ ,  $M_b$ ,  $M_L$ ,  $M_D$ ). GSHAP projesinde kullanılan tarihsel deprem katalogunda yer alan depremlerin magnitüdüleri  $M_w$  olarak verilmiştir. Singh ve Havskov (1980), global depremler için,  $M_w = M_s - 0.16$ , levhalar arasında oluşan depremler için,  $M_w = M_s$  ve levha içi depremler için

$M_w=M_s-0.27$  şeklinde ilişkiler ortaya koymuştur. Ayrıca Kanamori (1997), yüzey dalgası magnitüdü yaklaşık olarak 8.0' dan küçük depremler için  $M_w=M_s$  alınabileceğini göstermiştir. Türkiye ve civarında oluşan depremler genellikle 8.0' dan küçük olduklarından dolayı,  $M_w=M_s$  alınarak, GSHAP kataloğundan alınmış tarihsel depremlerin magnitüdüleri  $M_s$ ' ye çevrilerek homojen deprem kataloğu oluşturulmuştur.

Bayrak vd. (2007a) homojen deprem kataloğu hazırlayabilmek için Türkiye'nin farklı 24 bölgesi için, farklı magnitüd türleri arasında ( $M_b$ ; cisim dalgası magnitüdü,  $M_s$ ; yüzey dalgası magnitüdü,  $M_L$ ; yerel magnitüd,  $M_D$ ; süre magnitüdü) yeni ilişkiler geliştirmiştir. Sonuç olarak, Tablo 1' de verilen bu ilişkiler kullanılarak  $M_s$  magnitüdüne bağlı homojen bir katalog oluşturulmuştur. Katalog, magnitüdü 1.0' den büyük 69670 olayı içermektedir.

Standart doğrusal regresyon modellerinde değişken olasılıklardaki hatalar için yaygın olarak bilinen tekniklerden bir tanesi ortogonal regresyon analizidir. Toplam en küçük kareler yöntemi olarak ta bilinen bu yöntem tüm değişkenlerin hatalı ölçülmesi veya tahmini ve hesaplanan değerler arasında doğal farklar olmadığı zaman uygun olarak kullanılmaktadır. Bu durum, tahmini değerlerin tam olarak ölçüldüğü ve yalnızca hesaplanan değerlerin bir hata bileşenine sahip olduğu gibi olağan regresyon varsayımı ile zıtlık gösterir (URL-6, 2006). Bilinen hata değişim oranlarının sınırları içerisinde fonksiyonel maksimum olasılık tahmini olarakta bilinen bu yöntem hataların oldukça dikkatli olarak modellenmesini gerektirir (Carroll ve Ruppert, 1996). Sıradan doğrusal regresyon analizlerinde amaç düşey eksen değerleri ile elde edilen eğri üzerindeki değerler arasındaki düşey uzaklıkların karelerinin toplamının minimuma indirilmesidir. Ortogonal regresyon analizinde ise amaç veri noktalarından elde edilen eğriye olan dikey uzaklıkların minimuma indirilmesidir. Castellaro vd., (2006), sismik tehlike hesaplamalarından en önemli problem olan magnitüd ölçeği dönüştürme problemine ortogonal regresyon yöntemini uygulamış ve bir çok testler yapmıştır. Bu analiz sonucunda yaygın olarak kullanılan en küçük kareler yönteminin 0.3-0.4 kadar yüksek bir sistematik hata içerdiği sonucuna varmışlardır. Bu şekilde hesaplanan magnitüd değerleri ile hesaplanacak Gutenberg-Richter ilişkisinin eğiminde daha büyük hata olacak ve yanlış sismik tehlike analizlerinin yapılmasına neden olacaktır. Bu yüzden, daha duyarlı sonuçlar elde edebilmek için bu çalışmada farklı magnitüd türleri arasındaki ilişkilerin geliştirilmesinde ortogonal regresyon analizi kullanılmıştır.

Tablo 1. Türkiye'nin 24 farklı kaynak bölgesi için farklı magnitüd ölçekleri arasındaki ilişkiler (Bayrak vd., 2007a). İlişkiler, ortogonal regresyon metoduyla hesaplanmıştır. Parantez içindeki değerler hata paylarını göstermektedir. Bu ilişkiler bir homojen katalog hazırlamak için kullanılmıştır.

<u>Bölge Numarası</u>	<u>Deprem Sayısı</u>	<u>Hesaplanmış İlişkiler</u>	<u>İlişki Katsayısı (r)</u>
1	52	$M_s = 1.643(\pm 0.184) * M_b - 3.258(\pm 0.404)$	0.778
2	26	$M_s = 1.844(\pm 0.275) * M_b - 4.138(\pm 0.605)$	0.796
3	13	$M_s = 1.306(\pm 0.364) * M_b - 1.876(\pm 0.792)$	0.705
4	56	$M_s = 1.973(\pm 0.296) * M_b - 4.457(\pm 0.635)$	0.665
5	12	$M_s = 0.748(\pm 0.126) * M_b - 0.949(\pm 0.272)$	0.863
6	30	$M_s = 1.447(\pm 0.196) * M_b - 2.187(\pm 0.423)$	0.803
7	23	$M_s = 1.842(\pm 0.268) * M_b - 4.394(\pm 0.588)$	0.820
8	2	-	-
9	35	$M_s = 1.578(\pm 0.292) * M_b - 2.956(\pm 0.648)$	0.674
10	40	$M_s = 1.429(\pm 0.252) * M_b - 2.242(\pm 0.548)$	0.667
11	167	$M_s = 0.810(\pm 0.071) * M_b - 0.682(\pm 0.150)$	0.661
12	263	$M_s = 0.997(\pm 0.079) * M_b - 0.146(\pm 0.167)$	0.614
13	23	$M_s = 2.168(\pm 0.680) * M_b - 5.326(\pm 1.430)$	0.554
14	51	$M_s = 0.997(\pm 0.167) * M_b - 0.158(\pm 0.352)$	0.641
15	135	$M_s = 0.930(\pm 0.056) * M_b + 0.278(\pm 0.116)$	0.817
16	17	$M_s = 1.425(\pm 0.489) * M_b - 1.819(\pm 1.003)$	0.577
17	206	$M_s = 0.913(\pm 0.051) * M_b + 0.326(\pm 0.103)$	0.783
18	10	$M_s = 1.891(\pm 1.470) * M_b - 3.574(\pm 2.960)$	0.377
19	41	$M_s = 1.037(\pm 0.167) * M_b - 0.205(\pm 0.344)$	0.696
20	77	$M_s = 1.212(\pm 0.083) * M_b - 0.940(\pm 0.179)$	0.856
21	33	$M_s = 1.479(\pm 0.10) * M_b - 2.280(\pm 0.336)$	0.863
22	12	$M_s = 1.217(\pm 0.735) * M_b - 1.192(\pm 1.540)$	0.431
23	16	$M_s = 1.254(\pm 0.319) * M_b - 1.574(\pm 0.676)$	0.701
24	51	$M_s = 1.451(\pm 0.081) * M_b - 2.315(\pm 0.180)$	0.929
1	15	$M_s = 1.668(\pm 0.266) * M_D - 3.178(\pm 0.577)$	0.851
2	2	-	-
3	1	-	-
4	10	$M_s = 2.119(\pm 0.457) * M_D - 5.283(\pm 0.971)$	0.826
5	5	-	-
6	18	$M_s = 2.332(\pm 0.332) * M_D - 6.346(\pm 0.712)$	0.856
7	11	$M_s = 1.333(\pm 0.230) * M_D - 1.880(\pm 0.513)$	0.868
8	1	-	-
9	30	$M_s = 1.553(\pm 0.294) * M_D - 2.495(\pm 0.639)$	0.695
10	17	$M_s = 1.477(\pm 0.219) * M_D - 2.025(\pm 0.449)$	0.853
11	68	$M_s = 1.256(\pm 0.101) * M_D - 0.980(\pm 0.204)$	0.834
12	55	$M_s = 1.179(\pm 0.089) * M_D - 0.819(\pm 0.189)$	0.872
13	21	$M_s = 1.566(\pm 0.191) * M_D - 2.255(\pm 0.376)$	0.873
14	26	$M_s = 1.327(\pm 0.146) * M_D - 1.498(\pm 0.302)$	0.872
15	54	$M_s = 1.365(\pm 0.086) * M_D - 1.642(\pm 0.172)$	0.908
16	24	$M_s = 1.724(\pm 0.412) * M_D - 2.906(\pm 0.826)$	0.649
17	99	$M_s = 1.388(\pm 0.068) * M_D - 1.683(\pm 0.137)$	0.899
18	5	-	-
19	19	$M_s = 1.430(\pm 0.130) * M_D - 1.878(\pm 0.259)$	0.930
20	56	$M_s = 1.324(\pm 0.093) * M_D - 1.422(\pm 0.198)$	0.886
21	24	$M_s = 1.239(\pm 0.188) * M_D - 1.151(\pm 0.427)$	0.803
22	4	-	-

Tablo 1' in devamı

23	5	-	-
24	23	$M_s = 1.296(\pm 0.093)*M_D - 1.738(\pm 0.213)$	0.946
1	6	-	-
2	2	-	-
3	0	-	-
4	3	-	-
5	3	-	-
6	10	$M_s = 1.265(\pm 0.252)*M_L - 1.435(\pm 0.559)$	0.846
7	2	-	-
8	1	-	-
9	2	-	-
10	2	-	-
11	89	$M_s = 1.828(\pm 0.285)*M_L - 3.655(\pm 0.590)$	0.563
12	104	$M_s = 1.546(\pm 0.209)*M_L - 2.410(\pm 0.437)$	0.586
13	8	-	-
14	16	$M_s = 1.271(\pm 0.196)*M_L - 1.164(\pm 0.413)$	0.851
15	37	$M_s = 1.262(\pm 0.113)*M_L - 1.183(\pm 0.238)$	0.877
16	0	-	-
17	67	$M_s = 1.226(\pm 0.094)*M_L - 1.045(\pm 0.196)$	0.847
18	1	-	-
19	18	$M_s = 1.132(\pm 0.163)*M_L - 0.829(\pm 0.345)$	0.854
20	31	$M_s = 1.004(\pm 0.106)*M_L - 0.251(\pm 0.223)$	0.861
21	3	-	-
22	0	-	-
23	3	-	-
24	7	-	-
1	39	$M_b = 1.118(\pm 0.147)*M_D - 0.4484(\pm 0.309)$	0.772
2	20	$M_b = 1.208(\pm 0.195)*M_D - 0.671(\pm 0.399)$	0.811
3	25	$M_b = 1.054(\pm 0.215)*M_D - 0.004(\pm 0.445)$	0.700
4	24	$M_b = 1.272(\pm 0.184)*M_D - 1.123(\pm 0.391)$	0.815
5	5	-	-
6	34	$M_b = 1.436(\pm 0.251)*M_D - 1.996(\pm 0.534)$	0.700
7	36	$M_b = 0.929(\pm 0.097)*M_D + 0.204(\pm 0.212)$	0.848
8	3	-	-
9	70	$M_b = 1.057(\pm 0.064)*M_D - 0.079(\pm 0.135)$	0.891
10	60	$M_b = 0.925(\pm 0.103)*M_D + 0.423(\pm 0.211)$	0.756
11	134	$M_b = 1.293(\pm 0.082)*M_D - 0.939(\pm 0.165)$	0.806
12	123	$M_b = 1.081(\pm 0.093)*M_D - 1.285(\pm 0.192)$	0.722
13	18	$M_b = 0.747(\pm 0.264)*M_D + 1.235(\pm 0.524)$	0.554
14	32	$M_b = 0.939(\pm 0.107)*M_D + 0.317(\pm 0.221)$	0.841
15	38	$M_b = 1.076(\pm 0.124)*M_D - 0.242(\pm 0.263)$	0.815
16	62	$M_b = 0.914(\pm 0.105)*M_D + 0.487(\pm 0.215)$	0.742
17	79	$M_b = 1.155(\pm 0.122)*M_D - 0.617(\pm 0.252)$	0.729
18	11	$M_b = 1.086(\pm 0.083)*M_D - 0.398(\pm 0.167)$	0.970
19	21	$M_b = 1.363(\pm 0.195)*M_D - 1.432(\pm 0.396)$	0.836
20	57	$M_b = 0.948(\pm 0.059)*M_D + 0.200(\pm 0.129)$	0.904
21	139	$M_b = 0.889(\pm 0.057)*M_D + 0.464(\pm 0.120)$	0.796
22	14	$M_b = 0.737(\pm 0.199)*M_D + 1.028(\pm 0.416)$	0.702
23	15	$M_b = 2.045(\pm 0.534)*M_D - 4.605(\pm 1.102)$	0.703
24	52	$M_b = 0.906(\pm 0.084)*M_D + 0.374(\pm 0.182)$	0.831

Tablo 1' in devamı

1	13	$M_b = 0.621(\pm 0.102)*M_L + 1.804(\pm 0.216)$	0.861
2	10	$M_b = 1.258(\pm 0.261)*M_L - 0.977(\pm 0.550)$	0.836
3	1	-	-
4	12	$M_b = 0.494(\pm 0.101)*M_L + 2.303(\pm 0.211)$	0.816
5	4	-	-
6	17	$M_b = 0.752(\pm 0.143)*M_L + 1.112(\pm 0.312)$	0.788
7	2	-	-
8	1	-	-
9	13	$M_b = 0.985(\pm 0.217)*M_L + 0.277(\pm 0.442)$	0.783
10	11	$M_b = 0.791(\pm 0.109)*M_L + 0.949(\pm 0.233)$	0.909
11	199	$M_b = 1.135(\pm 0.099)*M_L - 0.418(\pm 0.205)$	0.630
12	249	$M_b = 1.661(\pm 0.144)*M_L - 2.647(\pm 0.297)$	0.590
13	15	$M_b = 2.162(\pm 0.648)*M_L - 4.943(\pm 1.345)$	0.653
14	43	$M_b = 1.044(\pm 0.159)*M_L + 0.056(\pm 0.321)$	0.707
15	125	$M_b = 0.961(\pm 0.062)*M_L + 0.189(\pm 0.126)$	0.809
16	5	-	-
17	220	$M_b = 0.932(\pm 0.048)*M_L + 0.376(\pm 0.096)$	0.792
18	3	-	-
19	38	$M_b = 0.899(\pm 0.110)*M_L + 0.243(\pm 0.227)$	0.798
20	42	$M_b = 0.872(\pm 0.127)*M_L + 0.450(\pm 0.265)$	0.728
21	11	$M_b = 0.985(\pm 0.196)*M_L + 0.090(\pm 0.406)$	0.835
22	4	-	-
23	11	$M_b = 1.947(\pm 0.933)*M_L - 3.812(\pm 1.892)$	0.532
24	17	$M_b = 0.706(\pm 0.062)*M_L + 1.427(\pm 0.140)$	0.939
1	20	$M_D = 0.881(\pm 0.138)*M_L + 0.596(\pm 0.286)$	0.820
2	14	$M_D = 0.919(\pm 0.023)*M_L + 0.292(\pm 0.048)$	0.996
3	11	$M_D = 0.991(\pm 0.080)*M_L + 0.033(\pm 0.158)$	0.966
4	24	$M_D = 0.768(\pm 0.114)*M_L + 1.004(\pm 0.239)$	0.808
5	4	-	-
6	26	$M_D = 0.816(\pm 0.068)*M_L + 0.825(\pm 0.147)$	0.920
7	14	$M_D = 0.812(\pm 0.112)*M_L + 0.726(\pm 0.234)$	0.889
8	2	-	-
9	11	$M_D = 0.432(\pm 0.339)*M_L + 2.293(\pm 0.675)$	0.359
10	23	$M_D = 0.843(\pm 0.066)*M_L + 0.580(\pm 0.137)$	0.935
11	81	$M_D = 0.818(\pm 0.036)*M_L + 0.586(\pm 0.075)$	0.929
12	46	$M_D = 1.277(\pm 0.209)*M_L - 1.372(\pm 0.434)$	0.669
13	12	$M_D = 1.113(\pm 0.389)*M_L - 0.555(\pm 0.768)$	0.636
14	29	$M_D = 0.956(\pm 0.057)*M_L + 0.103(\pm 0.114)$	0.952
15	70	$M_D = 0.934(\pm 0.029)*M_L + 0.163(\pm 0.062)$	0.967
16	15	$M_D = 0.446(\pm 0.146)*M_L + 1.900(\pm 0.291)$	0.619
17	67	$M_D = 0.748(\pm 0.043)*M_L + 0.869(\pm 0.089)$	0.903
18	12	$M_D = 0.886(\pm 0.044)*M_L + 0.349(\pm 0.087)$	0.985
19	18	$M_D = 0.901(\pm 0.049)*M_L + 0.268(\pm 0.100)$	0.974
20	62	$M_D = 0.939(\pm 0.068)*M_L + 0.091(\pm 0.138)$	0.867
21	22	$M_D = 0.876(\pm 0.069)*M_L + 0.450(\pm 0.139)$	0.939
22	17	$M_D = 0.873(\pm 0.043)*M_L + 0.467(\pm 0.089)$	0.980
23	11	$M_D = 1.229(\pm 0.691)*M_L - 0.707(\pm 1.382)$	0.473
24	21	$M_D = 0.743(\pm 0.099)*M_L + 1.211(\pm 0.222)$	0.851



## 2.4. Süreklilik Analizi

Sismik tehlike çalışmalarında, yüksek kalitede sonuçlar elde etmek için maksimum sayıdaki uygun veri kullanılmalıdır. Süreklilik, herhangi bir bölge için belirli bir zaman ve magnitüd aralığında yer alan depremlerin, deprem sayısı-zaman dağılımının irdelenmesidir. Magnitüde bağlı olarak belirli zaman aralıklarında oluşan deprem sayılarının hesaplanması ile elde edilen deprem sayısı-zaman ilişkileri kullanılarak, bir kataloğun hangi yıllar ve magnitüdü aralığında sürekli olduğu araştırılır.

Tablo 2' de her bölge için farklı yıl aralıklarındaki kesme magnitüdü değerleri hazırlanmıştır. Birçok katalogda magnitüd sürekliliği zamanla değişmektedir ve genellikle günümüzden geçmişe doğru azalmaktadır. Bu yüzden tamamlanmış kataloglardaki minimum magnitüdü, deprensellik ile ilişkili olan bu çalışmada önemli bir parametre teşkil etmektedir. Magnitüd sürekliliği, değişken deprensellik parametrelerinin güvenilirliği için gereklidir. Bu sebeple çalışmada kullanılan katalog MÖ 550 ile MS 2005 yılının sonuna kadar olan dönemi ve 24 farklı kaynak zonunu içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Tablo 2' de görüldüğü gibi her bölgede belirli yıllar için ayrı ayrı kesme magnitüdü uygulanmıştır. 1. bölgede 1868-1906 yılları arasındaki veriye uygulanan kesme magnitüdü  $M_s \geq 6.5$ , 1906-1949 yılları arasında olan olaylar için hesaplanan kesme magnitüdü değeri  $M_s \geq 5.5$ , 1949-1975 yılları aralığı için  $M_s \geq 5.0$  ve 1975 yılından 2005 yılına kadar olan olaylar için uygulanan kesme magnitüdü ise  $M_s \geq 3.5$  olarak hesaplanmıştır. 1868 yılından önceki veri sürekli olmadığı için bu dönemi kapsayan veri için belli bir kesme magnitüdü uygulanmamıştır. 2. bölge için 1840 yılından önceki olaylar, 3. bölgede 1871 yılından önceki olaylar, 4. bölgede 1908, 5. bölgede 1915, 6. bölgede 1866, 7. bölgede 1872, 8. bölgede 1964, 9. bölgede 1918, 10. bölgede 1926, 11. bölgede 1303, 12. bölgede 1600, 13. bölgede 1851, 14. bölgede 1702, 15. bölgede 1653, 16. bölgede 1875, 17. bölgede 1845, 18. bölgede 1794, 19. bölgede 1755, 20. bölgede 358, 21. bölgede 1826, 22. bölgede 1714, 23. bölgede 1905 ve 24. bölgede 1250 yıllarından önceki veri sürekli olmadığı için bu dönemlerde meydana gelmiş olan olaylar için kesme magnitüdü uygulanmamıştır.

Tablo 3' de 24 farklı bölge için gözlenmiş maksimum magnitüd değerleri ve bunların tarih ve konumları verilmiştir. En büyük gözlenmiş maksimum magnitüd değeri 8.2 ile 12. bölgedeki Rodos depremidir. 11. Bölgede meydana gelen magnitüdü 8.0 olan depremde ikinci en büyük depremdir. Bu iki deprem batı Anadolu ile ilişkilidir. Tabloda en küçük

depremin 8. bölgedeki 5.2 magnitüdü Kıbrıs depremi olduğu görülmektedir. 1, 20, 21 ve 24. bölgelerde de büyük magnitüdü depremler meydana gelmiş ve bu bölgelerinde KAFZ ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Tablo incelendiğinde 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 ve 24. bölgelerde meydana gelen en büyük depremlerin magnitüdüleri 7.0 ve daha büyüktür. Geriye kalan 4, 8, 9, 10, 22 ve 23. bölgelerde ise 7.0' dan daha küçük değerler gözlenmiştir.

Tablo 2. Türkiye'nin 24 farklı kaynak bölgesi için süreklilik analizi. 1900-2005 yılları arası için yapılan analiz Bayrak vd. (2007a)' dan alınmıştır.

<b>Bölge</b>	<b>Peryod (yıl)</b>	<b>Kesme Magnitüdü</b>
1	1868	$M_s \geq 6.5$
	1906	$M_s \geq 5.5$
	1949	$M_s \geq 5.0$
	1975	$M_s \geq 3.5$
2	1840	$M_s \geq 6.5$
	1941	$M_s \geq 5.5$
	1977	$M_s \geq 4.0$
3	1871	$M_s \geq 6.5$
	1903	$M_s \geq 6.0$
	1930	$M_s \geq 5.0$
	1966	$M_s \geq 4.0$
	1982	$M_s \geq 3.5$
4	1908	$M_s \geq 5.5$
	1965	$M_s \geq 5.0$
	1975	$M_s \geq 4.0$
	1995	$M_s \geq 3.0$
	2004	$M_s \geq 1.0$
5	1915	$M_s \geq 5.4$
	1936	$M_s \geq 5.0$
	1965	$M_s \geq 4.5$
	1978	$M_s \geq 4.1$
6	1866	$M_s \geq 6.5$
	1949	$M_s \geq 5.0$
	1971	$M_s \geq 4.5$
	1986	$M_s \geq 3.5$
	1995	$M_s \geq 3.0$
	2002	$M_s \geq 1.0$
7	1872	$M_s \geq 7.0$
	1908	$M_s \geq 5.5$
	1951	$M_s \geq 5.0$
	1988	$M_s \geq 4.0$
	1998	$M_s \geq 2.0$
8	1964	$M_s \geq 4.5$
	1980	$M_s \geq 3.5$
	1988	$M_s \geq 3.0$

Tablo 2' nin devamı

9	1918	$M_s \geq 6.0$
	1953	$M_s \geq 5.5$
	1993	$M_s \geq 5.0$
	1996	$M_s \geq 3.0$
10	1926	$M_s \geq 5.0$
	1958	$M_s \geq 4.5$
	1979	$M_s \geq 4.0$
	1983	$M_s \geq 3.5$
	1987	$M_s \geq 3.0$
	1994	$M_s \geq 2.5$
11	1303	$M_s \geq 8.0$
	1600	$M_s \geq 7.3$
	1852	$M_s \geq 6.5$
	1918	$M_s \geq 5.5$
	1970	$M_s \geq 4.5$
	1990	$M_s \geq 3.5$
12	1600	$M_s \geq 7.0$
	1910	$M_s \geq 5.5$
	1956	$M_s \geq 5.0$
	1973	$M_s \geq 4.0$
13	1851	$M_s \geq 7.0$
	1926	$M_s \geq 5.5$
	1971	$M_s \geq 4.5$
	1991	$M_s \geq 3.0$
	1996	$M_s \geq 2.3$
14	1702	$M_s \geq 7.0$
	1873	$M_s \geq 6.5$
	1904	$M_s \geq 6.0$
	1928	$M_s \geq 5.0$
	1954	$M_s \geq 4.0$
	1984	$M_s \geq 3.0$
15	1653	$M_s \geq 7.5$
	1845	$M_s \geq 6.5$
	1904	$M_s \geq 5.5$
	1933	$M_s \geq 5.0$
	1965	$M_s \geq 4.0$
	1975	$M_s \geq 3.0$
16	1875	$M_s \geq 6.5$
	1914	$M_s \geq 5.0$
	1970	$M_s \geq 4.5$
	1993	$M_s \geq 4.0$
	2002	$M_s \geq 2.1$
17	1845	$M_s \geq 6.5$
	1903	$M_s \geq 5.5$
	1920	$M_s \geq 5.0$
	1970	$M_s \geq 4.5$
	1986	$M_s \geq 2.5$
	1998	$M_s \geq 2.1$

Tablo 2' nin devamı

18	1794	$M_s \geq 7.0$
	1926	$M_s \geq 5.0$
	1961	$M_s \geq 4.5$
	1977	$M_s \geq 3.8$
19	1755	$M_s \geq 7.0$
	1859	$M_s \geq 6.0$
	1905	$M_s \geq 5.5$
	1953	$M_s \geq 4.5$
	1983	$M_s \geq 2.5$
	1989	$M_s \geq 2.0$
20	358	$M_s \geq 7.5$
	1659	$M_s \geq 7.0$
	1860	$M_s \geq 6.5$
	1907	$M_s \geq 5.0$
	1951	$M_s \geq 4.5$
	1975	$M_s \geq 3.5$
	1990	$M_s \geq 2.2$
21	1826	$M_s \geq 6.5$
	1904	$M_s \geq 5.5$
	1944	$M_s \geq 5.0$
	1967	$M_s \geq 4.0$
	1998	$M_s \geq 2.2$
22	1714	$M_s \geq 6.5$
	1921	$M_s \geq 5.5$
	1941	$M_s \geq 5.0$
	1960	$M_s \geq 4.5$
	1972	$M_s \geq 4.0$
	1985	$M_s \geq 3.6$
23	1905	$M_s \geq 5.5$
	1922	$M_s \geq 5.0$
	1971	$M_s \geq 4.0$
	1986	$M_s \geq 3.4$
24	1250	$M_s \geq 6.5$
	1873	$M_s \geq 6.0$
	1929	$M_s \geq 5.0$
	1971	$M_s \geq 4.0$
	2002	$M_s \geq 2.2$

Tablo 3. Türkiye ve civarındaki farklı 24 sismik bölge, her bölge için gözlenmiş maksimum magnitüdler ( $M_s^{max}$ ), bunların tarih ve konumları

Bölge	Gözlenmiş maksimum magnitüdler ( $M_s^{max}$ )	Tarih (a.g.y)	Konum	Tektonik
1	7.5 / 7.5	1458 / 21.12.1482	Erzurum / Erzincan	Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu (KDAFZ)
2	7.5	11.24.1976	Çaldıran-Muradiye	Kağızman, Iğdır, Tutak ve Çaldıran fayları (KITÇF)
3	7.0	1111	Van-Bitlis-Muş	Malazgirt, Erçiş ve Süphan fayları ve Muş Bindirme fayı (MESF)
4	6.6	09.06.1975	Lice-Diyarbakır	Bitlis Bindirme Zonu (BBZ)
5	7.0	1115	Şanlıurfa	Karadağ Açılma Zonu (KAZ)
6	7.0	03.31.1893	Malatya	Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)
7	7.5 / 7.5	29.11.529 / 02.04.1872	Antakya / Antakya-Samandağ	Ölü Deniz Fayının bir bölümü
8	5.2	02.14.1995	Kıbrıs Bölgesi	Kıbrıs'ın kuzey kısmı
9	6.7	10.09.1996	Kıbrıs Bölgesi	Kıbrıs Yayı'nın doğu kısmını içeren, Kıbrıs'ın güney kısmı
10	6.8	03.18.1926	Firike	Kıbrıs Yayı'nın batı kısmı
11	8.0	08.08.1304	Rodos-Girit-Kıbrıs	Muğla ve Rodos
12	8.2	13.11.1856	Rodos, Ege Denizi	Ege Yayı
13	7.1	28.07.1851	Fethiye-Muğla-Rodos	Burdur Fay Zonu (BFZ)
14	7.5	17	Manisa-Aydın	Büyük ve Küçük Menderes Grabenleri
15	7.5	10.07.1688	İzmir	Gediz Grabeni
16	7.0 / 7.0	03.05.1875 / 04.09.1931	Dinar-Çivril / Akşehir	Sultandağ, Beyşehir ve Tatar fayları (SBTF)
17	7.2	12.19.1981	Ege Denizi	Kütahya, Simav ve Zeytinadağ-Bergama fayları (KSZBF)
18	7.0	11.04.1855	Bursa	Eskişehir, İnönü-Dodurga ve Kaymaz fayları (EIDKCF)
19	7.4 / 7.4	03.05.170 / 28.02.1855	Bandırma-Erdek-Gemlik / Bursa-Kemalpaşa	Yenice-Gönen, Manıyas, Ulubat ve Etiği fayları (YGMUEF)
20	7.8	08.17.1999	İzmit	Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara kısmı
21	7.4	11.12.1999	Düzce	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Anadolu kısmı
22	6.6	04.19.1938	Kırşehir	Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS)
23	6.8	12.04.1905	Çemişgezek	Ovacık ve Malatya fayları (OMF)
24	7.9	12.26.1939	Erzincan	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kısmı

## 2.4. Türkiye' nin Depremselliği

Türkiye oldukça aktif ve karmaşık bir tektonik yapıya sahiptir. Tarih boyunca Türkiye ve civarında birçok hasar yapıcı depremler meydana gelmiştir. Bölge Avrasya, Anadolu, Arap, Afrika ve Ege plakalarının hareketlerine bağlı olarak ilerde de deprem üretme potansiyeline sahiptir. Şekil 2' de GPS verilerine göre yıllık kayma miktarlarına bakıldığında plakalar arasında oluşan hareketliliğin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bölgede KAFZ, DAFZ ve Batı Anadolu Graben Sistemi önemli tektonik kuşakları oluşturmaktadır. Büyük depremlerin birçoğunun bu zonların üzerinde oluştuğu görülmüştür.

Bu tür deprem tehlike çalışmalarında çalışılan bölgenin depremselliği oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir. Türkiye ve civarının depremselliği incelendiğinde günümüze kadar çok sayıda depremin meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4). Bu çalışmada 69670 adet deprem verisi kullanılmıştır. 1. bölgede deprem sayısı-magnitüd grafiğine bakıldığında magnitüd değeri 2 olan depremlerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu bölgede meydana gelen en büyük deprem Erzurum ve Erzincan' da meydana gelmiş olan magnitüdü 7.5 olan depremlerdir (Tablo 3). 2. bölgede 125 deprem incelenmiş ve depremlerin 4.0-5.0 magnitüd değerleri aralığında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bu bölgede meydana gelmiş en büyük deprem, magnitüdü 7.5 olan ve Çaldıran' da meydana gelen depremdir. 3. bölgede depremler 4.0-5.0 magnitüd değerleri aralığında yoğunlaşmaktadır. Bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük depremin 1111 yılında Van-Bitlis civarında meydana gelen magnitüdü 7.0 olan depremdir. 4. bölgede 585 olay incelenmiştir. Bu bölgede depremlerin magnitüdü 1.0-2.0 aralığında yoğunlaşarak bundan büyük magnitüdüde azaldığı görülmektedir. Bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem Diyarbakır' da meydana gelen 6.6 magnitüdüde Lice depremidir. 5. bölge en az deprem gözlenen bölgelerden biridir. Bu bölgede toplam 19 deprem incelenmiştir. 1115 yılında Şanlıurfa' da meydana gelmiş olan 7.0 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 6. bölgede 593 olay incelenmiştir. Grafiğe bakıldığında magnitüdü 1.0-2.0 aralığındaki depremlerin fazla olduğu görülmektedir. Bu bölgede 1893 yılında Malatya civarında meydana gelmiş olan 7.0 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 7. bölgede 667 olay incelenmiştir. Magnitüdü 2.0-3.0 aralığında olan depremlerin sayılarının fazla olduğu görülmektedir. Bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem Antakya' da meydana gelen 7.5 büyüklüğündeki depremdir. 8. bölge en az deprem verisi olan

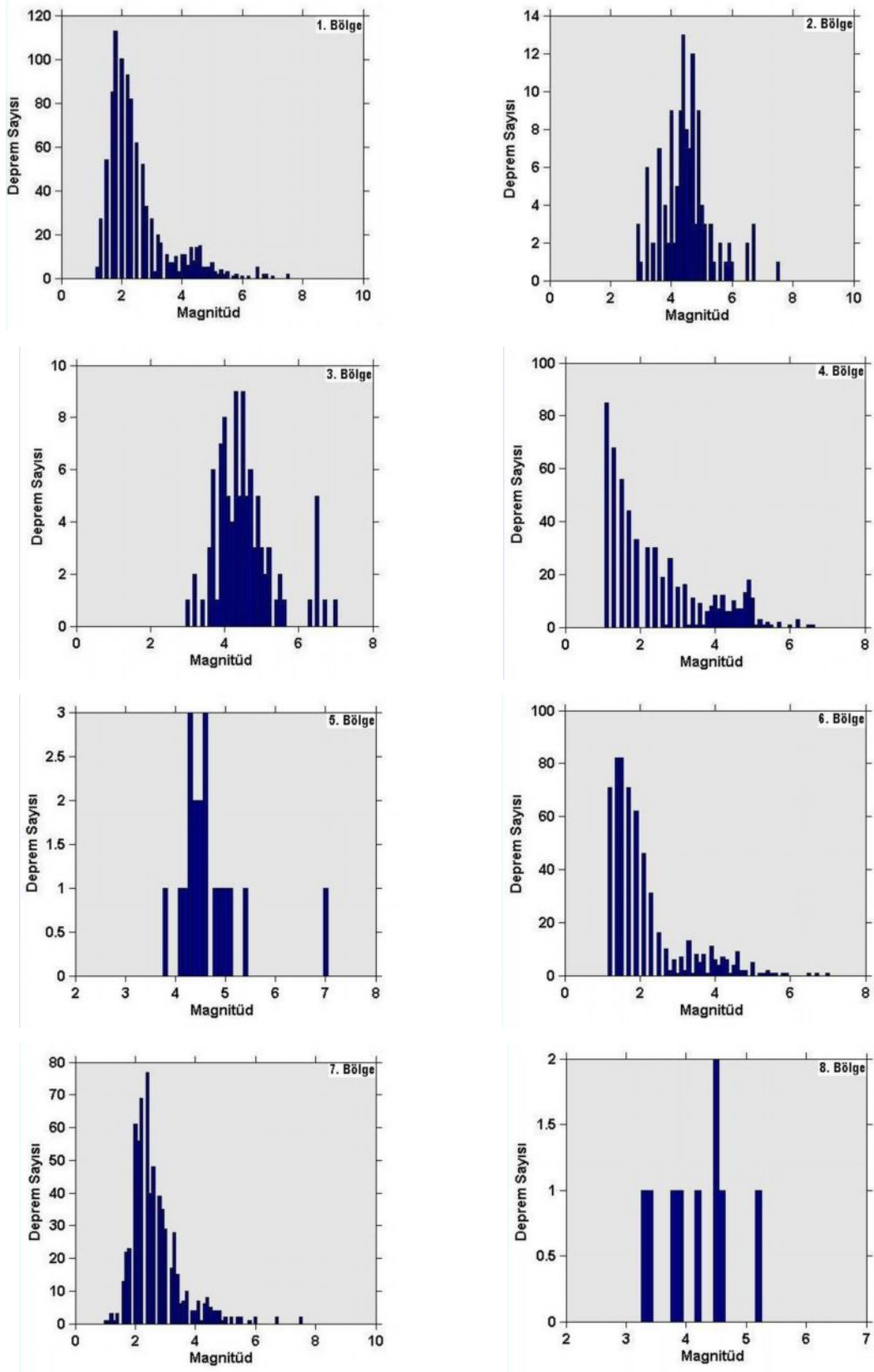
bölgedir. Bu bölge için incelenen deprem sayısı 9' dur. Bu bölgede en büyük deprem Kıbrıs civarında meydana gelmiş olan 5.2 büyüklüğündeki depremdir. 9. bölgede 459 olay incelenmiştir. Magnitüdü 3.0 olan depremlerin sayısı diğerlerine göre daha fazladır. Bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem 1996 Kıbrıs civarında meydana gelen 6.7 büyüklüğündeki depremdir. 10. bölgede incelenen deprem sayısı 917' dir. Bu bölgede magnitüdü 2.0-4.0 aralığında olan depremlerin sayısı oldukça fazladır. Bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem 1926' da Finike' de meydana gelen 6.8 büyüklüğündeki depremdir. 11. bölgede 4250 olay incelenmiştir. Genelde depremler 3.0-4.0 magnitüd değerleri arasında yoğunlaşmaktadır. Bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem Rodos-Girit civarında meydana gelen 8.0 büyüklüğündeki depremdir. 12. bölgede 1443 olay incelenmiştir. Magnitüdü 4.0 olan depremlerin oldukça yoğun olduğu görülmektedir. Bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem 1856 yılında Ege Denizi' nde meydana gelen 8.2 büyüklüğünde olan depremdir. 13. bölgede 1477 olay incelenmiştir. Bu bölgede magnitüdü 3.0 olan depremlerin fazla olduğu görülmektedir. Bölgede meydana gelmiş olan en büyük deprem 1851' de Fethiye-Muğla civarında meydana gelmiş olan 7.1 büyüklüğündeki depremdir. 14. bölgede 3193 olay incelenmiştir. Bu bölgede de magnitüdü 3.0 olan depremler yoğunluktadır. Bölgede 17 yılında Manisa-Aydın civarında meydana gelen 7.5 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 15. bölgede 5340 olay incelenmiştir. Bu bölgede de magnitüdü 3.0 olan depremler yoğunluktadır. Bölgede 1688 yılında İzmir' de meydana gelmiş olan 7.5 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 16. bölgede 3149 olay incelenmiştir. Magnitüdü 2.0 olan depremlerin sayılarının fazla olduğu görülmektedir. Bu bölgede 1875 yılında Dinar' da ve 1931 yılında Civril' de meydana gelmiş olan ve magnitüdüleri 7.0 olan depremler en büyük depremlerdir. 17. bölge en fazla deprem verisi olan bölgemizdir. 24281 olay bu bölge için incelenmiştir. Magnitüdü 2.0 olan depremlerin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bölgede 1981 yılında Ege denizi civarında meydana gelmiş olan 7.2 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 18. bölgede 697 olay incelenmiştir. Deprem sayısı, magnitüd değerleri 1.0-3.0 aralığında artmaktadır. Bölgede 1855 yılında Bursa' da meydana gelmiş olan 7.0 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 19. bölgede 5795 olay incelenmiştir. Magnitüdü 2.0 civarında olan depremlerin sayılarının fazla olduğu görülmektedir. Bölgede 170 yılında Bandırma-Erdek civarında ve 1855 yılında Bursa-Kemalpaşa' da meydana gelmiş olan 7.4 büyüklüğündeki depremler en büyük depremlerdir. 20. bölgede 9369 olay incelenmiştir. Bölgede magnitüdü 2.0 olan depremlerin fazla olduğu görülmektedir.

Bölgede yakın zaman önce İzmit' de meydana gelmiş olan 7.8 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 21. bölgede 3706 olay incelenmiştir. Deprem sayısının magnitudü 2.0-3.0 aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. 1999 yılında Düzce' de meydana gelmiş olan ve oldukça büyük can ve mal kaybına sebep olan 7.4 büyüklüğündeki deprem bu bölgede meydana gelmiş olan en büyük depremdir. 22. bölgede 104 olay incelenmiştir. İncelenen depremlerin magnitud değerlerinin 4.0 civarında sayısal olarak fazla olduğu görülmektedir. Bölgede 1938 yılında Kırşehir' de meydana gelmiş olan 6.6 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 23. bölgede 80 olay incelenmiştir. Bu bölgede magnitudü 4.0 olan depremlerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bölgede 1905 yılında Çemişgezek' de meydana gelmiş olan 6.8 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir. 24. bölgede 2049 olay incelenmiştir. Deprem sayısının 2.0-3.0 magnitud aralığında arttığı görülmektedir. Bölgede 1939 yılında Erzincan' da meydana gelmiş olan 7.9 büyüklüğündeki deprem en büyük depremdir.

Türkiye ve civarında 24 farklı kaynak bölgede oluşan depremler incelendiğinde en fazla depremin 17. bölgede meydana geldiği görülmektedir. 24281 depremin meydana geldiği bu bölgede meydana gelen en büyük magnitudlü deprem 1981 yılında Ege Denizi'nde meydana gelen depremdir. 20. bölgede 9369 olay, 19. bölgede 5395 olay, 15. bölgede 5340 olay ve 11. bölgede 4250 olay gözlenmiştir. 12, 13, 14, 16, 21 ve 20. bölgelerde meydana gelen olayların sayısı 1000 ile 4000 arasındadır. En az deprem verisi 8. bölgede gözlenmiştir. Bu bölgede gözlenen toplam deprem sayısı 9' dur. Bu bölgede meydana gelen en büyük deprem 1995 yılında Kıbrıs Bölgesi' nde meydana gelen magnitudü 5.2 büyüklüğündeki depremdir. Bunun dışında 5. bölgede de 19 deprem gözlenmiştir. Bu bölgemizdeki gözlenen en büyük depremden 7.0 büyüklüğündeki Şanlıurfa civarında meydana gelen depremdir. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 18, 22 ve 23. bölgelerde meydana gelen depremlerin sayısında 20 ile 1000 arasında değişmektedir.

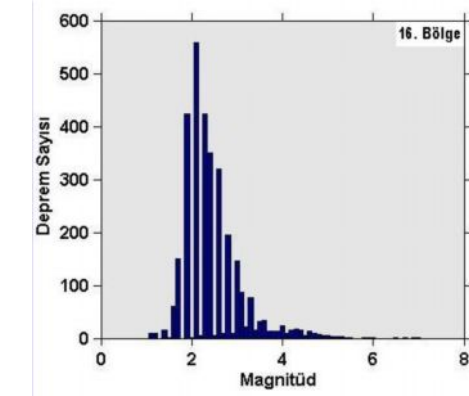
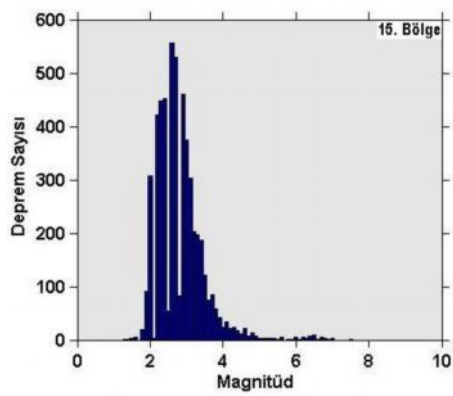
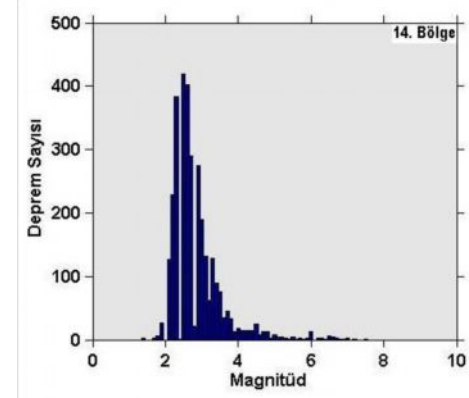
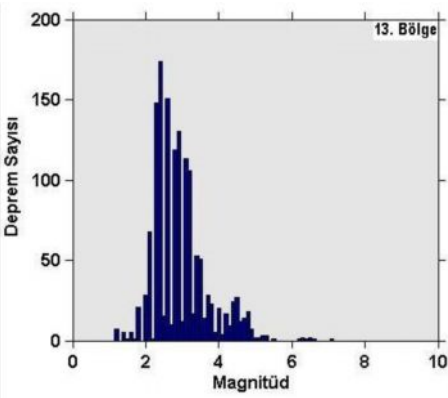
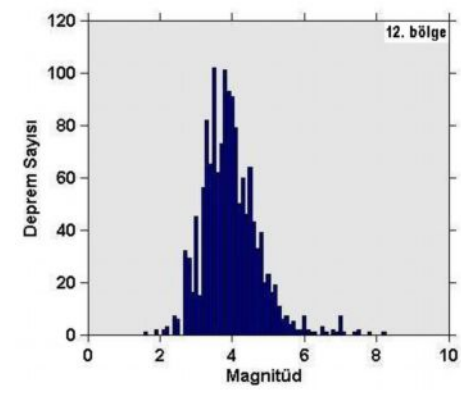
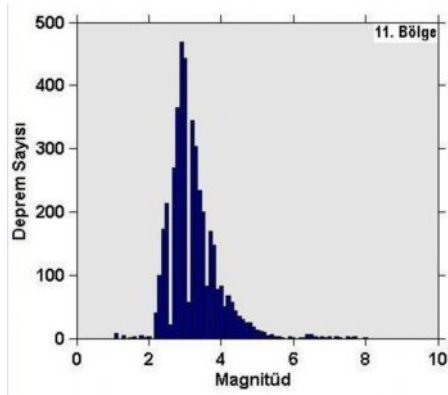
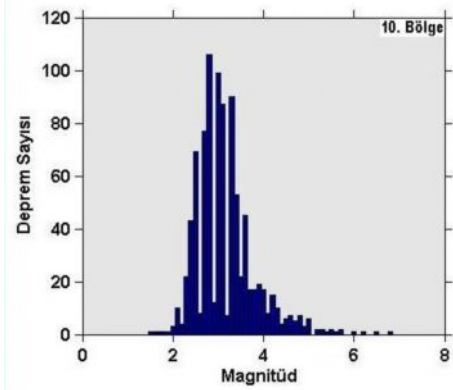
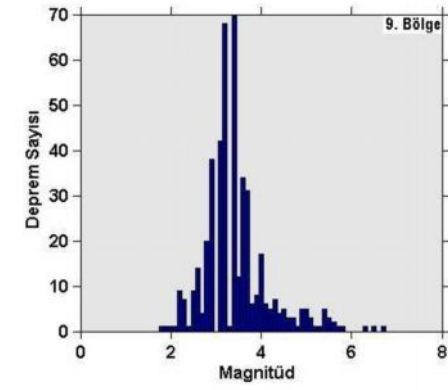
Şekil 3 incelendiğinde magnitudü 4.5 ve daha büyük depremlerin 1, 2, 3, 4, 7, 11, 12, 13, 17, 20, 21 ve 24. bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Magnitudü 7.5 ve daha büyük olan depremler 1, 2, 7, 11, 12, 14, 15, 20 ve 24. bölgelerde meydana gelmiştir. Bunlardan 1, 2, 20 ve 24. bölgeler KAFZ ile ilişkilidir. 7. bölge DAFZ' nun güney kısmıyla ilişkilidir. Kalan bölgelerde Batı Anadolu Grabenleri ile ilişkilidir.



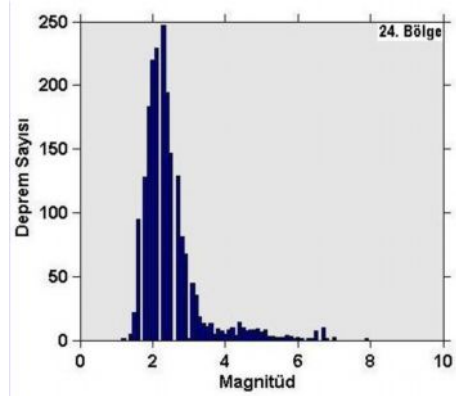
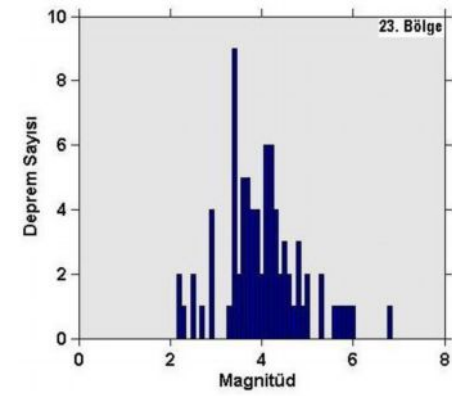
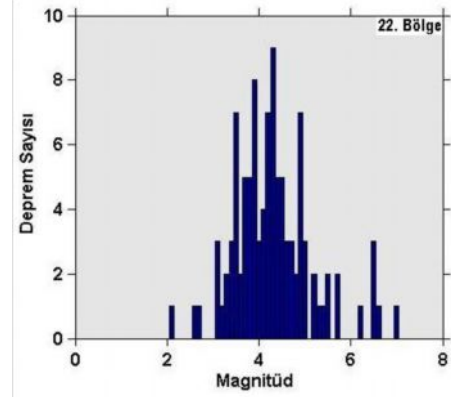
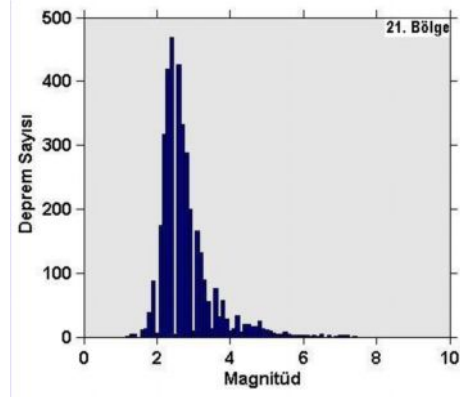
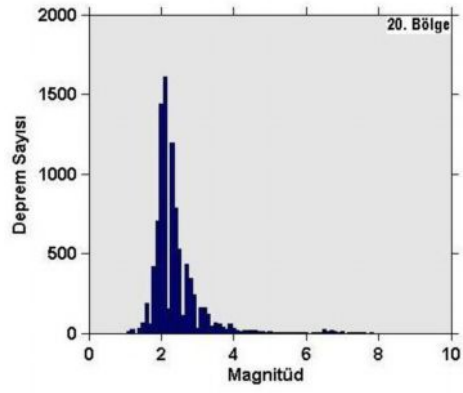
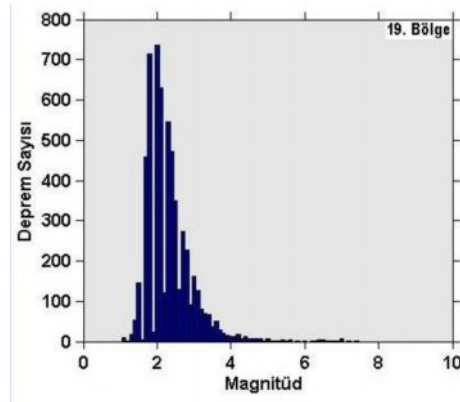
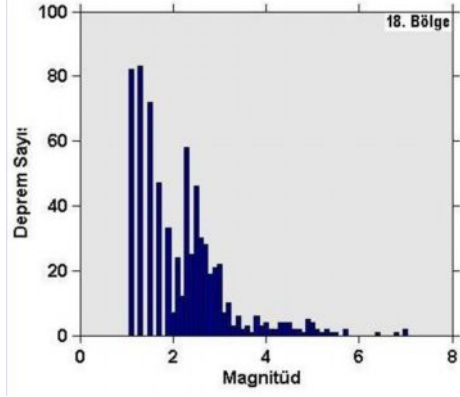
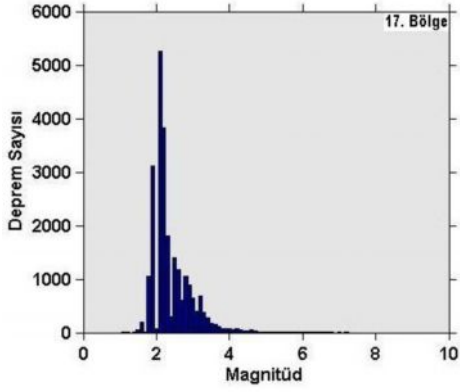


Şekil 4. Türkiye ve civarındaki 24 farklı kaynak bölge için deprem sayısı magnitüd ilişkisi

Şekil 4' ün devamı



Şekil 4' ün devamı



### 3. KULLANILAN YÖNTEM

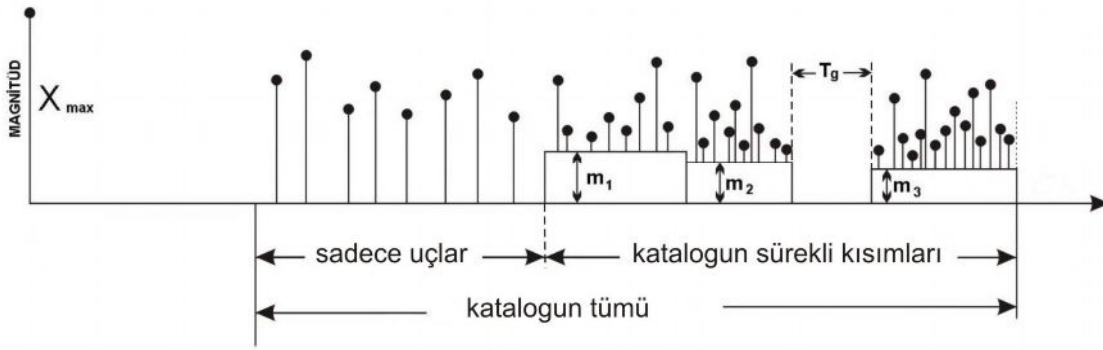
#### 3.1. Deprem Tehlike Parametrelerinin Hesaplanması

Deprem tehlike parametrelerinin (Bölgesel maksimum magnitüd  $M_{max}$ , deprem aktivite oranı  $\lambda$  ve Gutenberg-Richter (1954) denklemindeki  $b$  parametresi) maksimum olasılıkla hesaplanması, geniş zamanlı tarihsel olaylara ve günümüzde yapılmış araştırmalara dayanarak hesaplanmaktadır. Bu araştırmalarda, farklı kesme magnitüdü değerleri ( $M_c$ ) ile katalogun farklı kısımlarından elde edilen hesaplanabilir kalitedeki sürekli veri kullanılmıştır. Mevcut deprem katalogları genellikle 2 tür bilgi içermektedir. Bunlardan ilki, birkaç yüzyıllık peryotta meydana gelmiş olan büyük sismik olaylardaki makrosismik gözlemlerdir. İkincisi ise, kısa zaman peryodunda (son 50 yıl) hesaplanan sürekli aletsel veridir.

Katalogun makrosismik kısımlarının incelenmesi için en uygun yöntem, çeşitli zaman aralıkları için seçilen maksimum magnitüdülerin ayırımını belirleyen sınır dağılımı metodudur. Katalogun bu kısmı sadece en büyük sismik olayları içermektedir. Böylece katalog farklı uzunluktaki zaman aralıklarına bölündüğünde bütün makrosismik veri incelenebilir. Bununla beraber, katalogun sürekli kısmından seçilen kısa zaman aralığında meydana gelmiş olan büyük olaylardan da hesap yapılabilmektedir. Bu yöntemde, katalogun süreksiz bölümü birleştirilip hesaplanırken, katalogdaki küçük sismik olaylar hesaplamada kullanılmaz.

Sismik tehlike parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer yöntemde, katalogdan süreksiz makrosismik veri çıkartılarak, katalogun sürekli kısmındaki bilgilerin kullanılmasıdır. Kısa zaman peryodunda gözlenen güçlü sismik olaylarda meydana gelen yapısal tekrarlanmaların veride meydana getirdiği hatalardan dolayı bu yöntem pek kullanışlı değildir (Knopoff ve Kagan, 1977; Dong vd., 1984).

Katalogun makrosismik kısmı (tarihsel) ile katalogdaki sürekli daha yeni olayları içeren bilgiyi birleştirerek deprem tehlike parametreleri incelenebilir. Şekil 5 deprem tehlike parametrelerinin elde edilebilmesinde kullanılabilecek yöntemin şematik gösterimidir. Katalogda sadece uçlar diye ifade edilen bölüm tarihsel olayları göstermektedir. Katalogun sürekli kısmında  $m_1$ ,  $m_2$  ve  $m_3$  değerleri kesme magnitüdünü ifade etmektedir. Bu değerlerden ( $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ ) itibaren veri süreklidir. Deprem kaydının olmadığı veya sismik kayıtçıların aktif olmadığı dönemler  $T_g$  ile ifade edilmiştir.  $T_g$  katalogdaki zaman boşluklarını göstermektedir.



Şekil 5. Kullanılan yöntemle hesaplanan temel tehlike parametrelerini elde etmek için kullanılan verinin şematik gösterimi. Kijko ve Sellevoll (1989)' dan değiştirilerek alınmıştır.  $m_1$ ,  $m_2$  ve  $m_3$  farklı kesme magnitüd değerleri,  $T_g$  zaman boşluğu.

### 3.2. Katalogun Makrosismik Kısımına Uygulanan Uç Değer Magnitüd Dağılımları

Poisson bağıntısında, deprem magnitüdüne  $x$ , aktivite oranına  $\lambda$  ve Gutenberg-Richter denkleminde de  $F_x$  denirse aşağıdaki ifade elde edilir (Page, 1968; Cosentino vd., 1977).

$$F_x = P_r(X \leq x) = \frac{A_1 - A(x)}{A_1 - A_2} \quad M_{min} \leq x \leq M_{max} \quad (1)$$

$A_1 = \exp(-\beta M_{min})$ ,  $A_2 = \exp(-\beta M_{max})$ ,  $A(x) = \exp(-\beta x)$ ,  $M_{max}$ ; maksimum bölgesel magnitüd,  $M_{min}$ ; kesme magnitüdü ve  $\beta$ ; depresel bir parametredir. (1) denklemi,  $x$ ' den büyük deprem magnitüdülerinin Poisson bağıntısıyla hesaplanabildiğini göstermektedir (Benjamin ve Cornell, 1970).  $t$  yıllık periyotta oluşan en büyük magnitüdü ( $X$ ), bazı belirlenmiş magnitüdüden ( $x$ ) daha küçük olabileceği (2) bağıntısı ile gösterilebilir.

$$G(x/t) = P_r(X \leq x) = \exp \left[ -v_0 t \left( \frac{A_2 - A(x)}{A_2 - A_{10}} \right) \right] \quad (2)$$

$v_0 = \lambda (1 - F(m_0))$ ,  $A_{10} = \exp(-\beta m_0)$  ve  $m_0$  katalogun uç kısımları için kesme magnitüdüdür ( $m_0 \geq M_{min}$ ).

$A_{10}$  ve  $A_2$ ' nin çözümünden ve  $M_{max} \rightarrow \infty$ ,  $A_2 \rightarrow 0$  ve  $m_0 = M_{min} = 0$  için  $A_{10} = 1$ ,  $A_2 = 0$  ve  $t = 1$  olursa (3) denklemi elde edilir.

$$G(x) = \exp[-\lambda \exp(-\beta x)] \quad (3)$$

(3) denklemi Gumbel 1 asimptotik yaklaşımıdır (Tinti ve Mulargia, 1985a). Depremsellik parametrelerinin hesaplanması için veride, kataloğun ilk kısmından,  $t=(t_1, \dots, t_n)$  zaman aralıklarında seçilen en büyük deprem magnitüdüleri kullanılır.

Depremsellik parametreleri  $\Theta = (\beta, \lambda)$  ve  $M_{max}$  şeklinde gösterilirse (2) denkleminde olasılık fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir (Kijko ve Dessokey, 1987).

$$L_0(\Theta / X_0) = \prod_{i=1}^{n_0} g(X_{0i}, t_i / \Theta) \quad (4)$$

$X_0=(X_{01}, \dots, X_{0n})$ , kataloğun ilk kısmından seçilen en büyük deprem magnitüdüleridir.

$$\ln g(x, t / \Theta) = \frac{A_2 - A(x)}{A_{10} - A_2} + \ln \frac{v_0 \beta t}{A_{10} - A_2} - \beta x \quad (5)$$

### 3.3. Farklı Kesme Magnitüdüleriyle Uç Değerlerin ve Sürekli Kataloğların Birleştirilmesi

Kataloğun ikinci kısmı  $s$  tane alt kataloğa ayrılarak, bu  $s$  tane alt kataloğun her biri  $T_i$  zaman aralığında bilinen kesme magnitüdüleriyle  $m_i$ , ( $i = 1, \dots, s$ ) başlatılarak tamamlanır.  $X_i$ , ( $X_{i1}, \dots, X_{in}$ ) değerleri  $i$ . alt kataloğun değerlerini ifade eder. Eğer sismik olayların büyüklüğü kendi sayılarından bağımsız olursa, her bir alt katalog için  $\Theta$  olasılık fonksiyonu, iki fonksiyonun ( $L_{i\beta} * L_{i\lambda}$ ) çarpımı olarak aşağıdaki gibi ifade edilirler.

$$L_i(\Theta / X_i) = L_{i\beta} * L_{i\lambda} \quad (6)$$

$L_{i\beta}$  ifadesindeki  $\beta'$  nin olasılık fonksiyonu sismolojide iyi bilinmektedir. Rastgele değişken deprem magnitüdü  $x'$  in  $L_{i\beta}$ ' ye göre Gutenberg-Richter denklemiyle oluşturulmuş ifadesi aşağıda verilmiştir (Page, 1968; Cosentino vd., 1977).

$$L_{i\beta} = \beta^{n_i} \exp\left(-\beta \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}\right) / (A_{1i} - A_2)^{n_i} \quad (7)$$

$$A_{1i} = \exp(-\beta m_i), \quad i = 1, 2, \dots, s.$$

Birim zamandaki deprem sayısının Poisson rastgele değişimine sahip olduğu kabul edildiğinden,  $i$ . alt katalogun aktivite oranındaki belirsizlik,  $v_i$  olasılık fonksiyonu ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$L_{i\lambda} = \text{const} \exp(-v_i T_i) (v_i T_i)^{m_i} \quad (8)$$

Const, standart değişken (normalizing factor)

$$v_i = \lambda [1 - F(m_i)] \quad (9)$$

(7), (9) ve (6) denklemleri, her bir alt katalog için  $\Theta$  olasılık fonksiyonunu ifade etmektedir. Veri kombinasyonu esasına göre (Rao, 1973) verinin tamamını içeren ve katalogun bütün aralıklarında hesaplanan ortak olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$L(\Theta / X) = \prod_{i=0}^s L_i(\Theta / X_i) \quad (10)$$

### 3.4. Parametrelerin Hesaplanması

$\Theta=(\beta, \lambda)$  parametrelerinin hesaplanması için maksimum olasılık yöntemi kullanılmaktadır.  $\partial \ln L(\Theta/X)/\partial \lambda = 0$ ,  $\partial \ln L(\Theta/X)/\partial \beta = 0$  denkleminde yerine konursa,

$$\frac{1}{\lambda} = \phi_1^E + \phi_1^C \quad (11a)$$

$$\frac{1}{\beta} = \langle X \rangle - \phi_2^E - \phi_2^C + \lambda [\phi_3^E + \phi_3^C] \quad (11b)$$

elde edilir. Burada,  $\langle X \rangle$ , katalogun uç ve sürekli kısımlarından hesaplanan deprem magnitüdünü ifade eder.

(11) denklemlerindeki E ve C değerleri,  $\square$  fonksiyonunun farklı kaynaklarını ayırmak için gösterilmiştir. Eğer kataloğun uç kısımları takip edilirse E, sürekli kısımları takip edilirse C ile isimlendirilir.

(11a) denklemindeki  $\lambda$  değeri hesaplanıp (11b) denklemindeki  $\lambda$  yerine yazılacak olursa,  $\beta$  parametresine bağlı bir denklem elde edilir.  $s=1$  ve  $M_{min} = m_1$  kabulleri yapılırsa kataloğun sürekli kısımları hesaplanmış olur ve (11) denkleminde aşağıdaki ifadeler elde edilir.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{T}{n} \quad (12a)$$

$$\frac{1}{\beta} = \langle X \rangle - (M_{max}A_2 - M_{min}A_1) / (A_2 - A_1) \quad (12b)$$

(12a) denklemini, Poisson dağılım parametresinin maksimum olasılıkla hesaplanmasını sağlar. (12b) denkleminde  $\beta$ 'nin maksimum olasılıkla değişimini gösterir (Page, 1968).

Kataloğun sürekli kısımları hesaba katılmadan  $M_{min} = m_0$  şeklinde eşitlenirse, (11) denkleminde aşağıdaki şekle dönüşür (Kijko ve Dessokey, 1987).

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\langle t \rangle A_2 - \langle tA \rangle}{A_2 - A_1} \quad \frac{1}{\beta} = \langle X \rangle - \frac{\langle tX_0A \rangle - \langle t \rangle A_2 M_{max}}{\langle tA \rangle - \langle t \rangle A_2} \quad (13)$$

Giriş verileri eşit olmayan zaman aralıklarında alınan maksimum magnitüdüle sınırlandırılırsa  $\beta$  ve  $\lambda$ 'nin olasılık hesaplanmasında (13) denkleminde kullanılabilir.  $t = t_i =$  sabit (magnitüdüler eşit zaman aralıklarında seçilmiştir) alırsak, (13) denkleminde (Kijko, 1984) Gumbel 1 denklemine dönüşür. Sonuç olarak, büyük  $M_{max}$  için Gumbel 1 denkleminde  $\beta$ 'nin maksimum olasılığı (13) denkleminde dönüştürülür (Kimball, 1946).

(11) denkleminde  $\beta$  ve  $\lambda$ 'nin maksimum olasılık hesabı için iki denklem ortaya koyar.  $M_{max}$ 'in maksimum olasılık hesabı basitçe en büyük gözlenen deprem magnitüdünü ( $X_{max}$ ) verir. Bu ifadeden hareketle,  $M_{max} \rightarrow \infty$  için  $L(\Theta / X)$  azalır (Kijko, 1984; Kijko ve Sellove, 1986; Kijko ve Dessokey, 1987).

$$X_{max} = \text{Beklenen}(X_{max} / T) \quad (14)$$



Ölçülmüş en büyük magnitüd ( $X_{max}$ ),  $Beklenen(X_{max}/T)$ ' ye eşittir.  $T$  zaman aralığında beklenen en büyük magnitüd için formül aşağıda verilmiştir (Kijko, 1988).

$$Beklenen(X_{max}/T) = M_{max} - \frac{E_1(TZ_2) - E_2(TZ_2)}{\beta \exp(-TZ_2)} - M_{min} \exp(-\lambda T) \quad (15)$$

$Z_1 = -\lambda A_1 / (A_2 - A_1)$ ,  $Z_2 = -\lambda A_2 / (A_2 - A_1)$ ,  $A_1 = \exp(-\beta M_{min})$ ,  $A_2 = \exp(-\beta m_{mak}^{göz})$ , ve  $E_1(TZ)$  üstel integral fonksiyonunu ifade eder.

### 3.5. Belirli Bir Bölge İçin Sismik Tehlike Değerlendirmeleri

Belirli bir bölgede sismik tehlike durumunu ortaya koymak için, o bölgedeki aktivite oranı, ( $\lambda_A$ ), Gutenberg-Richter parametresi ( $b$ ) ve olası maksimum deprem magnitüdü, ( $M_{max}$ ) değerleri hesaplanabilir. Magnitüd-deprem sayısı ilişkisini ifade eden Gutenberg-Richter ilişkisi için,  $M_{max}$  ile sınırlandırılan deprem magnitüdülerinin Kümülatif Dağılım Fonksiyonları (KDF) sırasıyla aşağıda verilmiştir.  $\beta = b \ln(10)$  ve  $b$ , Gutenberg-Richter ilişkisi için  $b$  parametresidir.

$$F_M(m / M_{min}, M_{max}) = \begin{cases} 0 & \text{için, } m < M_{min} \\ 1 & \text{için, } m > M_{max} \end{cases}$$

$$\equiv \begin{cases} \frac{1 - \exp[-\beta(m - M_{min})]}{1 - \exp[-\beta(M_{max} - M_{min})]} & \text{için } M_{min} \leq m \leq M_{max} \end{cases} \quad (16)$$

Bu şartlara bağlı olarak belirli bir zaman aralığında ölçülen en büyük magnitüd  $M_{max}^{göz}$  ve beklenen en büyük magnitüd değerlerinin karşılaştırılması sonucunda kısmi integrasyonlarla maksimum bölgesel magnitüdü ( $M_{max}$ ) elde ederiz (Kijko and Graham, 1998).

$$M_{max} = M_{max}^{göz} + \int_{M_{min}}^{M_{max}^{göz}} [F_M(m / M_{min}, M_{max}^{göz})]^n dm \quad (17)$$

(17) denkleminin üzerinde birçok değişiklik rahatça yapılabilir. Örneğin, aşağıdaki denklemde belli bir bölgede birim zamanda meydana gelmiş deprem sayısı,  $n$  ile  $\lambda T$  yer

değiştirildiğinde, Poisson bağıntısına uyan bir denklem elde edilir ve (17) denklemi aşağıdaki şekle dönüşür.

$$M_{max} = M_{max}^{göz} \int_{M_{min}}^{M_{max}^{göz}} [F_M(m / M_{min}, M_{max}^{göz})]^{\lambda T} dm \quad (18)$$

Gutenberg-Richter temel magnitudü KDF (16) için (17) denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$M_{max} = M_{max}^{göz} + \frac{E_1(TZ_2) - E_1(TZ_1)}{\beta \exp(-TZ_2)} + M_{min} \exp(-\lambda T) \quad (19)$$

(18) ve (19) denklemlerinden, maksimum bölgesel magnitudü ( $M_{max}$ ) için yaklaşık değişim miktarı aşağıdaki formülle ifade edilir;

$$Değiş(M_{max}) = \sigma_M^2 + \left[ \frac{E_1(TZ_2) - E_1(TZ_1)}{\beta \exp(-TZ_2)} + M_{min} \exp(-\lambda T) \right]^2 \quad (20)$$

$\sigma_M^2$ , ölçülmüş en yüksek magnitudün hesaplanmasındaki değişim miktarını ifade eder. Gerekli olan tehlike parametreleri sismik aktivite oranı ( $\lambda$ ) ve Gutenberg-Richter'in  $b$  parametresi maksimum olasılık yöntemiyle elde edilir (Kijko ve Sellevoll, 1989)

Bir bölgede belirli bir zaman aralığı boyunca ( $T$ ), belirli bir magnitud değerinin aşılması olasılığı  $H(m/T)$ , ve bunun geri dönüşüm periyodu (GDP) bu bölge için sismik tehlikenin seviyesi hakkında bir bilgi verebilir.

Belirli bir bölgede  $M_{min}$ ' i aşan depremlerin ortalama sismik aktivite oranını  $\lambda(m) = \lambda [1 - F_M(m)]$  formülü ile hesaplayıp, Poisson bağıntısında  $m \geq M_{min}$  magnitudlü depremler için uygularsak aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$H(m / T) = 1 - \exp\{-\lambda T [1 - F_M(m)]\} \quad (21)$$

$$GDP_{(m)} = \frac{1}{\lambda [1 - F_M(m)]} \quad (22)$$

(21) denkleminde  $T = 1$  alınırsa, tipik bir sismik tehlike eğrisi elde edilir. ( $T$ ) için farklı değerler alınarak (25, 50, 100, 500)  $T$  ye bağlı aşma olasılıkları elde edilir. (22) denklemi bir bölgede belli bir magnitüd değeri için tekrarlama olasılığının hesaplanmasını sağlar. Çalışılan bölgede magnitüdü 6.0 olan bir depremin kaç yıl sonra tekrar meydana gelebileceği hesaplanabilir.

### 3.6. Sismik Tehlike Parametrelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Kijko ve Sellevoll (1989)'in maksimum olasılık yöntemine bağlı olarak Türkiye ve civarında 24 farklı kaynak bölge için tarihsel ve aletsel veriler kullanılarak hesaplanan maksimum magnitüd ( $M_{max}$ ), Gutenberg-Richter yöntemindeki  $b$  parametresi, deprem aktivite oranı ( $\lambda$ ) ve bu bölgelerde gözlenen en büyük magnitüd değerleri Tablo 4' de verilmiştir. Tabloda  $M_{min}$  başlığı altındaki değerler her bölge için hesaplanmış minimum kesme magnitüdü değerleridir. Tablo incelendiğinde en küçük kesme magnitüdü değeri 4 ve 6. bölgelerde hesaplanmıştır. 4. Bölge için 2004 yılından 2005 yılına kadar olan olaylar için kesme magnitüdü  $M_s \geq 1.0$  hesaplanmıştır. 6. bölgede de 2002-2005 yılları arası için  $M_s \geq 1.0$  hesaplanmıştır.

Türkiye ve civarındaki 24 farklı bölge için oluşabilecek muhtemel en büyük magnitüdü depremlerin bölgesel değişim haritası Şekil 6' da verilmiştir. Beklenen  $M_{max}$  değerleri 5.70-8.24 arasında değişmektedir. Şekil 6' da farklı renklerle gösterilen  $M_{max}$  değerleri  $M_{max} < 6.5$ ,  $6.5 \leq M_{max} < 7.0$ ,  $7.0 \leq M_{max} < 7.5$  ve  $M_{max} \geq 7.5$  olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. 7.5' den büyük değerler 1, 2, 5, 7, 11, 12, 14, 15, 20 ve 24. bölgelerde hesaplanmıştır. En yüksek  $M_{max}$  değeri Ege yayında (12. bölge,  $M_{max} = 8.24$ ) elde edilmiştir ve bu bölgede meydana gelen en büyük deprem 1856 yılında Ege denizinde meydana gelen  $M_{göz} = 8.2$ ' lik depremdir.

Ayrıca en yüksek değerlerin beklendiği diğer bölgeler 11 ve 24. bölgelerdir. 11. bölgedeki en büyük deprem 1304 yılında Muğla ve Rodos civarında meydana gelen  $M_{göz} = 8.0$  depremi iken 24. bölgede meydana gelen en büyük deprem  $M_{göz} = 7.9$  olan 1939 Erzincan depremidir. En yüksek  $M_{max}$  değerleri KAFZ' nun batı ve doğu bölümlerinde ve Ege yayında gözlenmiştir. 7.0-7.5 arasında beklenen  $M_{max}$  değerleri ise 3, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22 ve 23. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgelerde gözlenen en büyük depremler 6.8 ile 7.4 arasında değişmektedir ve bu değerler Tablo 4' de verilmiştir. Bu değerler MESF, DAFZ, BFZ, SBTF, KSZBF, EİDKF, YGMUEF, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Anadolu kısmı, OAFS ve OMF zonlarıyla ilişkilidir. 22 ve 23. bölgeler düşük sismik aktiviteli bölgeler

olmalarına karşın  $M_{max}$  değerleri 7.17 ve 7.30 olarak hesaplanmıştır. Bu büyük değerler 1938 Kırşehir ( $M=6.60$ ) ve 1905 Çemişgezek ( $M=6.80$ ) depremleriyle ilişkilidir.

Tablo 4. Türkiye ve civarındaki 24 farklı sismik bölge için Kijko ve Sellevoll (1989) yöntemiyle hesaplanan  $M_{max}$  ve  $\lambda$  değerleri ve Gutenberg-Richter yöntemindeki  $b$  parametresi

Bölge	$M_{göz}$	$M_{min}$	$M_{max}$	$b$	$\lambda$
1	7.5	3.5	7.65±0.48	0.78±0.03	3.61±0.47
2	7.5	4.0	7.90±0.61	0.88±0.04	1.33±0.32
3	7.0	3.5	7.08±0.51	0.68±0.03	2.24±0.30
4	6.6	1.0	6.65±0.21	0.61±0.01	146.88±8.80
5	7.0	4.1	7.50±0.57	1.02±0.04	0.48±0.11
6	7.0	1.0	7.07±0.50	0.48±0.02	40.69±2.00
7	7.5	2.0	7.57±0.50	0.79±0.02	63.68±3.08
8	5.2	3.0	5.70±0.54	0.89±0.07	0.16±0.07
9	6.7	3.0	6.84±0.24	0.86±0.03	32.70±1.90
10	6.8	2.5	6.81±0.40	0.89±0.02	38.40±1.55
11	8.0	3.5	8.09±0.51	1.10±0.02	33.53±1.46
12	8.2	4.0	8.24±0.50	1.09±0.03	154.08±13.12
13	7.1	2.3	7.15±0.30	0.84±0.02	62.97±2.64
14	7.5	3.0	7.56±0.50	1.06±0.02	33.85±1.56
15	7.5	3.0	7.52±0.50	1.07±0.02	50.59±1.68
16	7.0	2.1	7.18±0.35	1.10±0.02	238.03±8.69
17	7.2	2.1	7.23±0.30	1.04±0.02	77.06±2.20
18	7.0	3.8	7.39±0.56	0.81±0.04	7.47±1.51
19	7.4	2.0	7.42±0.50	0.97±0.02	63.56±1.86
20	7.8	2.2	7.83±0.30	0.95±0.01	90.51±2.57
21	7.4	2.2	7.42±0.30	1.03±0.02	70.39±3.08
22	6.6	3.6	7.17±0.53	0.84±0.04	2.10±0.27
23	6.8	3.4	7.30±0.64	0.87±0.04	2.13±0.31
24	7.9	2.2	8.00±0.41	0.94±0.02	25.52±2.25

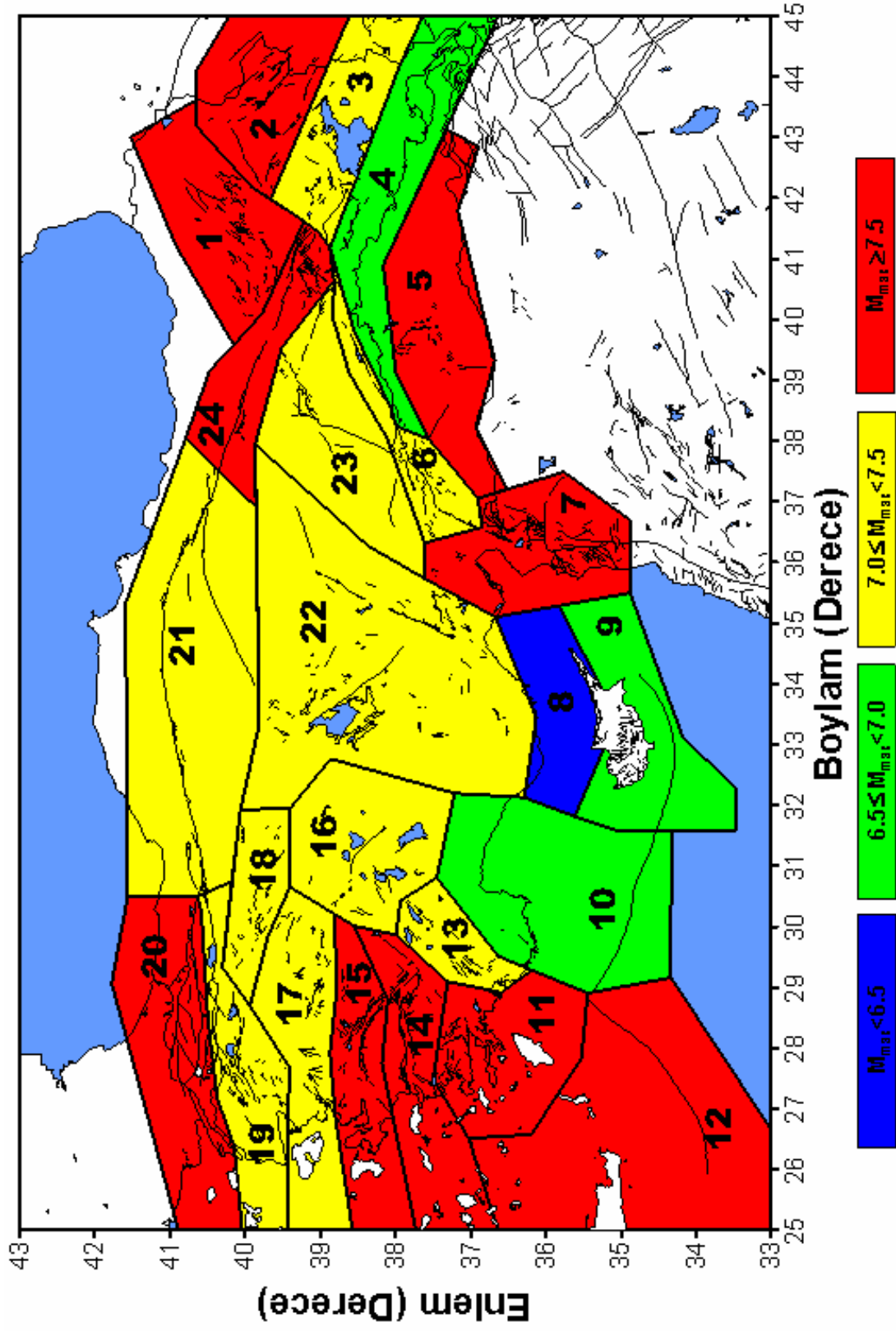
Hesaplanan  $M_{max}$  değerlerinin genel olarak gözlenmiş maksimum magnitüdüle  $M_{göz}$  uyumlu olduğu söylenebilir.  $M_{max}<7.0$  olan değerler 4, 8, 9 ve 10. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgeler BBZ, Kıbrıs' ın kuzey kısmı, Kıbrıs Yayı' nın doğu kısmını içeren, Kıbrıs' ın güney kısmı ve Kıbrıs Yayı' nın batı kısmı ile ilişkilidir. Bu bölgelerde gözlenen depremler 5.2 ile 6.8 arasında değişim göstermektedir. Dolayısıyla,  $M_{max}$  değerlerinin  $M_{göz}$  değerlerinden daha büyük hesaplandığı fay sistemleri, gözlenenden daha büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir.

Hesaplanan en büyük magnitüd değeri 12. bölge için bulunmuştur. Bu bölgede hesaplanan  $M_{max}$ , 8.24' dür. 11 ve 24. bölgelerde de 8' den büyük değerler hesaplanmıştır. En düşük  $M_{max}$  değeri 8. bölgede hesaplanmıştır. Bu bölgede hesaplanan  $M_{max}$  değeri 5.70' dir. 4,

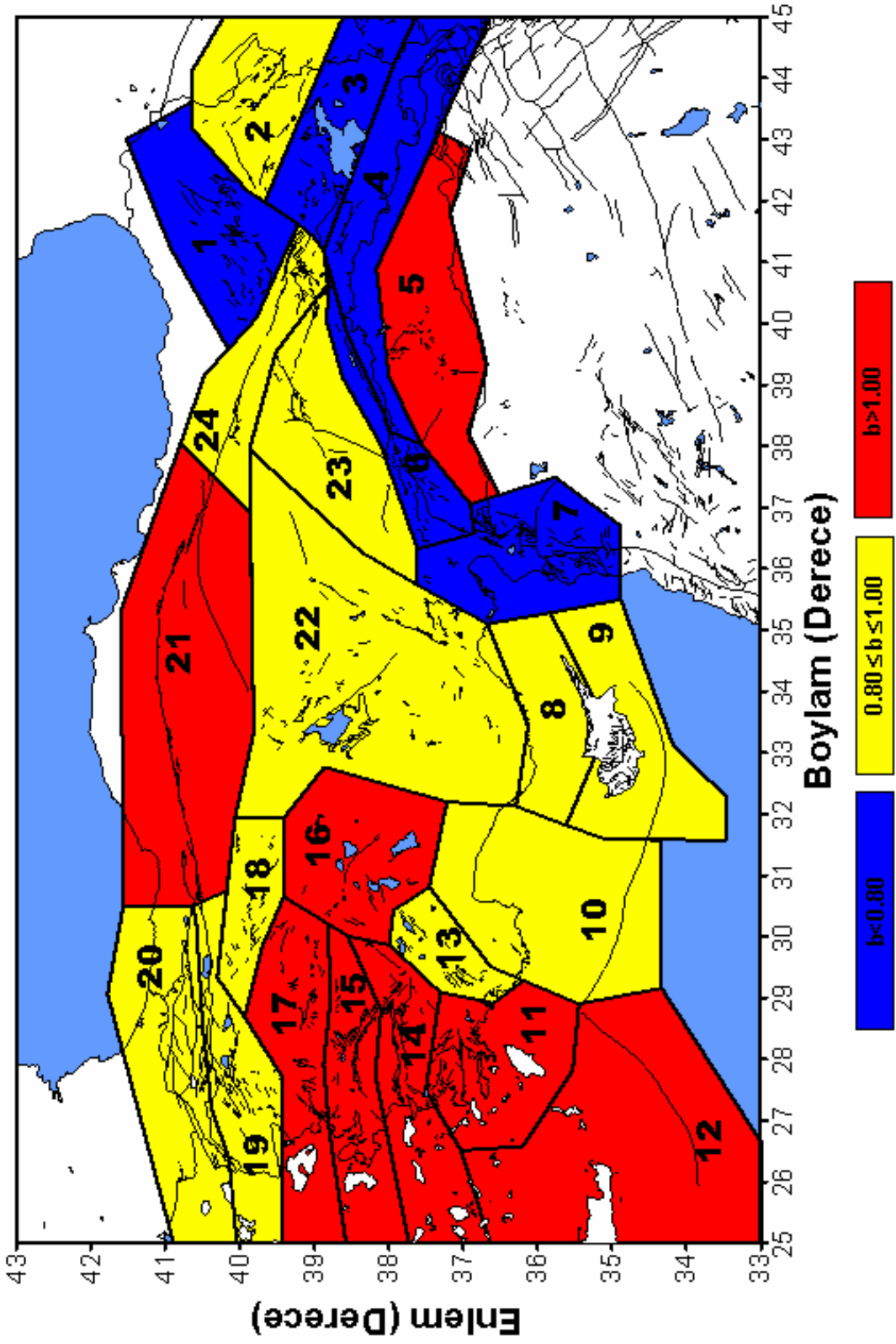
9 ve 10. bölgelerde  $M_{max}$  değerleri 6 ile 7 arasında hesaplanmıştır. Geri kalan bölgelerde hesaplanan  $M_{max}$  değerleri 7 ile 8 arasında değişmektedir.

Hesaplanan  $b$  değerleri 0.48 ile 1.10 arasında değişim göstermektedir. Şekil 7' de farklı renklerle gösterilen  $b$  değerleri  $b < 0.8$ ,  $0.8 \leq b \leq 1.0$  ve  $b > 1.0$  olmak üzere üç gruba ayrılmış ve farklı renklerle gösterilmiştir. 1.0'dan büyük  $b$  değerleri 5, 11, 12, 14, 15, 16, 17 ve 21. bölgelerde hesaplanmıştır. En yüksek değerlerin  $b=1.10$  ve  $b=1.09$  olarak hesaplandığı 11. ve 12. bölgeler Ege yayıyla ilişkilidir. Diğer en yüksek  $b$  değerlerinin gözlemlendiği 14, 15, 16 ve 17. bölgeler graben sistemleri ve Ege bölgesindeki faylarla ilişkilidir. Bununla birlikte 21. bölge Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Anadolu kısmı ile ilişkilidir. 0.8-1.0 aralığında değişim gösteren  $b$  değerleri 2, 8, 9, 10, 13, 18, 19, 20, 22, 23 ve 24. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgeler KİTÇF, Kıbrıs' ın kuzey kısmı, Kıbrıs yayının doğu kısmını içeren, Kıbrıs' ın güney kısmı, Kıbrıs yayının batı kısmı, BFZ, EİDKF, YGMUEF, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Marmara kısmı, OAFS, OMF ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun doğu kısmı ile ilişkilidir. 0.8' den küçük  $b$  değerleri 1, 3, 4, 6 ve 7. bölgelerde gözlenmiştir. Bu bölgeler KDAFZ, MESF, BBZ, DAFZ ve Ölü Deniz Fayı' nın bir bölümü ile ilişkilidir.

Ortalama aktivite oranı  $\lambda$ ' nın değeri 0.16-238.03 arasında değişmektedir. 0 ile 7.47 arasında değişen en düşük  $\lambda$  değerleri 1, 2, 3, 5, 8, 18, 22 ve 23. bölgelerde gözlenmiştir. Buna karşın 100' den büyük  $\lambda$  değerleri 4, 12 ve 16. bölgelerde gözlenmiştir. 25.52 ile 90.51 arasında değişen diğer  $\lambda$  değerleri 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21 ve 24. bölgelerde hesaplanmıştır. En yüksek  $\lambda$  değeri 238.03' dür ve 16. bölgede (SBTF) hesaplanmıştır. Diğer büyük değerler olan BBZ (4. bölge) için  $\lambda=146.88$  ve Ege yayı (12. bölge) için  $\lambda=154.08$  olarak hesaplanmıştır. Burada göze çarpan önemli bir nokta 4, 12 ve 16. bölgelerdeki aktivite oranı çok büyükken, 1, 2, 3, 5, 8, 18, 22 ve 23. bölgelerde ise oldukça küçüktür. Bu bölgelerdeki deprem sayısı ile diğer bölgelerdeki deprem sayıları kıyaslandığında, daha küçük  $\lambda$  değerlerinin gözlemlendiği bölgelerde belirgin bir magnitüd düzeyinin üzerindeki yıllık olayların sayısı, daha büyük  $\lambda$  değerlerinin gözlemlendiği bölgelere kıyasla daha azdır. Buda, verilen bir zaman aralığında  $\lambda$  değerinin daha küçük olduğu bir bölgede beklenen depremlerin sayısının, aynı zaman aralığında  $\lambda$  değerinin daha büyük olduğu bölgelerde beklenen depremlerin sayısından daha az olması anlamına gelir.



Şekil 6. Türkiye ve civarındaki 24 farklı bölge için beklenen  $M_{max}$  değerleri



Şekil 7. Türkiye ve civarındaki 24 farklı bölge için hesaplanan  $b$  değerleri

Genel olarak Şekil 6 ve Şekil 7’ de görüldüğü gibi  $b$  değeri ile  $M_{max}$  arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Örneğin, 7.5’ den büyük  $M_{max}$  değerleri ve 1.0’ dan büyük  $b$ -değerleri 5. 11, 12, 14 ve 15. bölgelerde gözlenirken, her iki parametrenin daha küçük değerleri aynı bölgelerde gözlenmiştir. Scholz (1968) düşük  $b$  değerlerinin verilen bir bölgede büyük gerilme ve deformasyonlarla ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Buda, bu bölgelerin bir deprem üretebileceği şeklinde yorumlanabilir. Sonuç olarak, büyük depremler KDAFZ, MESF, BBZ, DAFZ ve Ölü Deniz Fayı’ nın bir bölümünü içeren 1, 3, 4, 6 ve 7. bölgelerde beklenebilir. Örneğin, 1903’ den beri kırılmamış 3. bölge ve 1975’ den beri kırılmamış 4. bölge DAFZ’ nun en önemli tektonik kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, 1. bölgedeki Erzincan ve Erzurum arasındaki kısım ve 7. bölgedeki Ölü Deniz Fayı’ nın bir kısmı kırılmamıştır ve gelecekte büyük bir deprem üretebilir.

Gözlenen maksimum magnitüdler için beklenen depremlerin geri dönüşüm periyotlarını ifade eden deprem tehlike eğrileri Şekil 8’ de gösterilmiş ve detaylı olarak Tablo 5’ de verilmiştir. Tablo 5’ e bakıldığında geri dönüşüm periyotları her bölge için magnitüdü 4.5 ve daha büyük depremler için hesaplanabilmiştir. Bu bölgelerde 4.0’ dan daha küçük magnitüdü depremlerin bu bölgelerdeki geri dönüşüm periyotları 0 olarak hesaplandığı için bu bölümler boş bırakılmıştır. 8. bölgede daha önce magnitüdü 6.0 ve daha büyük depremler meydana gelmediği için ve 4, 9 ve 10. bölgelerde magnitüdü 7.0 ve daha büyük depremler olmadığı için bu kısımlar boş bırakılmıştır. 3, 5, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22 ve 23. bölgelerde de magnitüdü 7.5 olan deprem bu güne kadar meydana gelmediği için bu kısımlar boş bırakılmıştır.

Magnitüdü 4.5 olan depremlerin geri dönüşüm periyotları 8. bölge haricinde bütün bölgelerde 10 yıldan daha düşük değerler almıştır. 8. bölgede deprem sayısının az oluşu yüksek değerlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Magnitüdü 5.5 olan depremler için geri dönüşüm periyotları 1, 4, 6,7, 11, 12, 13, 15, 17, 20 ve 21. bölgelerde 3-10 yıl arasında değişmektedir. Diğer bölgelerde 11-56 yıl arasında değişmektedir. 8. bölge için geri dönüşüm periyodu 3108 yıl olarak hesaplanmıştır. 1, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 17, 20, 21 ve 24. bölgeleri içine alan KAFZ için magnitüdü 6.0 ve daha küçük depremlerin geri dönüşüm periyotları ortalama olarak 35 yıldan küçüktür. En büyük depremin meydana geldiği 24. bölgede magnitüdü 6.0 ve 6.5 aralığındaki depremler için geri dönüşüm periyotları sırasıyla 33 ve 99 yıldır. Bununla birlikte magnitüdü 7.0 olan bir depremin bu bölgedeki geri dönüşüm periyodu 316 yıl olarak hesaplanmıştır.  $M_s=6.0$  için 3, 10, 16, 18 ve 23. bölgelerde geri dönüşüm periyotları 42-93 arasında değişmektedir.



Tablo 5. Çalışılan bölgelerde magnitudü 3.0 ve 7.5 aralığında oluşturulan geri dönüşüm periyodları. Boş kısımlar, büyük magnitud değerleri için bu bölgelerde daha önce bu büyüklükte bir depremin olmadığını göstermektedir. Küçük magnitud değerleri için 0 olarak hesaplandığı veya bu magnitud değerinde hesap yapılmadığı için boş bırakılmıştır.

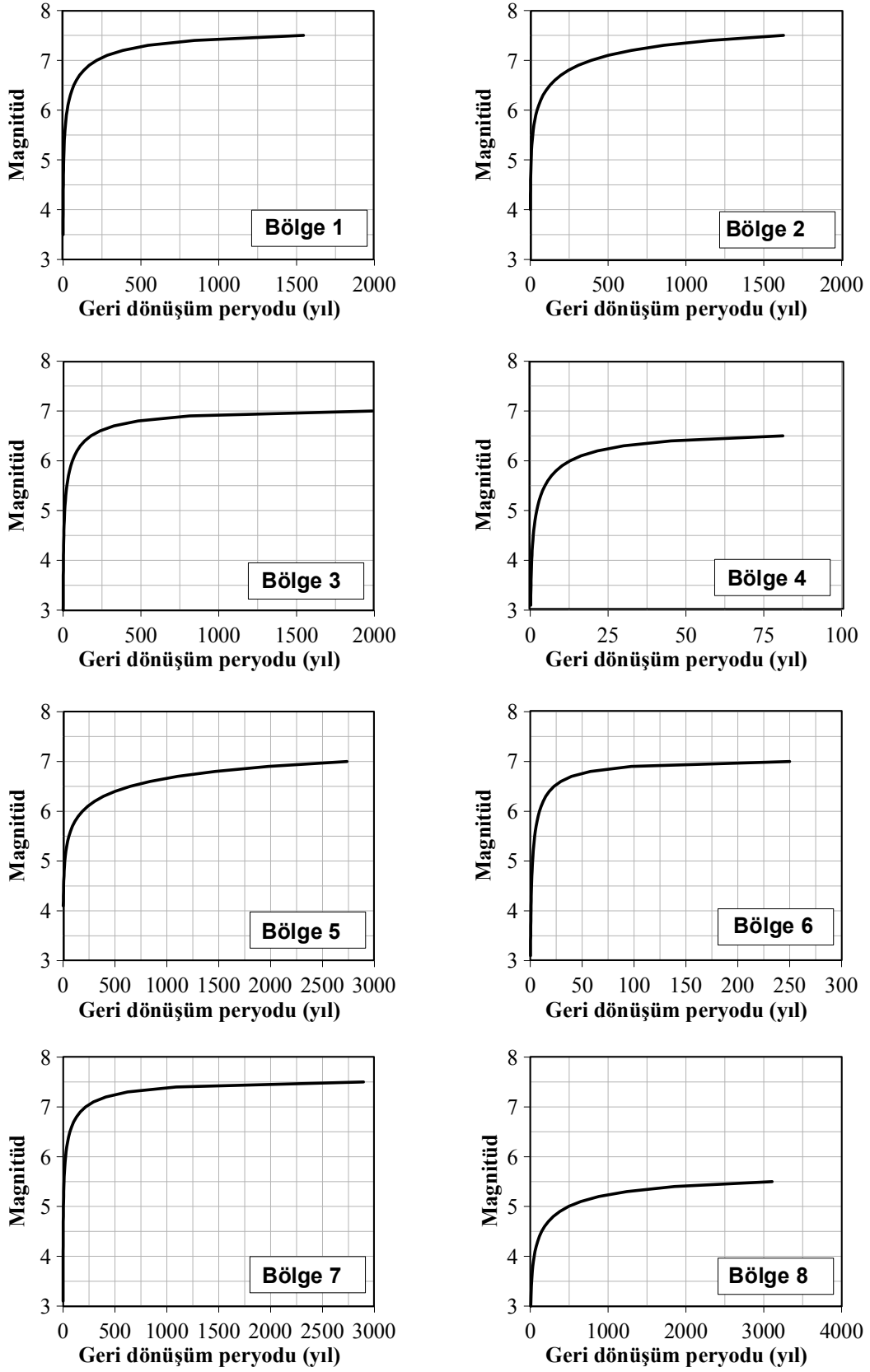
Bölge	$M_s=3.0$	$M_s=3.5$	$M_s=4.0$	$M_s=4.5$	$M_s=5.0$	$M_s=5.5$	$M_s=6.0$	$M_s=6.5$	$M_s=7.0$	$M_s=7.5$
1		0.3	0.7	2	4	10	26	69	216	1545
2			0.7	2	6	16	44	126	391	1627
3	0.4	1	2	5	11	24	60	179	1987	
4	0.1	0.2	0.5	1	2	5	13	81		
5				5	17	56	186	646	2736	
6	0.2	0.4	0.7	1	2	4	9	23	250	
7	0.1	0.2	0.6	2	4	9	24	66	217	2895
8	6	17	50	147	492	3108				
9	0.2	0.6	2	4	12	34	103	454		
10	0.1	0.2	0.5	2	4	13	42	201		
11			0.1	0.4	1	5	17	60	225	966
12			0.1	0.3	1	3	12	43	156	619
13		0.2	0.5	1	4	9.8	28	91	678	
14		0.1	0.3	1	4	13	46	164	689	12708
15			0.2	0.8	2	9	33	120	522	27636
16		0.1	0.4	1.4	5	18	67	275	2203	
17			0.2	0.6	2	7	23	87	562	
18	0.2	0.6	1	4	10	25	68	198	788	
19		0.2	0.6	2	5	16	51	171	750	
20			0.2	0.7	2	6	20	59	200	970
21			0.2	0.6	2	7	23	82	376.	
22			1	3	7	20	55	179	1219	
23		0.5	2	4	12	32	93	292	1408	
24		0.1	0.4	1	4	11	33	99	316	1250

Bu bölgeler DAFZ ve Ege yayını içine alan bölgelerle ilişkilidir. 11 ve 12. bölgeler güney Ege yayının dalma batma zonunu kapsar. Bu bölgede 1304 Rodos depremi meydana gelmiştir. 11 ve 12. bölgelerin deprenselliği detaylı olarak Manakou ve Tsapanos (2000), Tsapanos (2001b), Tsapanos ve Christova (2003) tarafından çalışılmıştır. Sultandağı Fayı (normal faylanma), Beyşehir ve Tatar Fayları (doğrultu atımlı faylanma) 16. bölgede bulunmaktadır ve bu bölgede ölçülen maksimum deprem büyüklüğü 7.0' dir. 17. bölge doğu-batı yönlü uzanan graben sistemi üzerinde bulunmakta (Kütahya, Simav ve Zeytindağı-Bergama) ve bunların havza sınırlarındaki aktif normal faylar genellikle magnitudü 7.0' den düşük depremler üretmektedir. Bu bölgede ölçülen  $M_s=7.2$  depremi bu grabenlerle ilişkili olmayıp Ege denizinde meydana gelmiştir. 2 ve 19. bölgede  $M_s=7.0$  olan depremler için geri dönüşüm periyodu 391 ve 750 yıldır. 2. bölge, aktif doğrultu atımlı faylar olan Kağızman, Iğdır, Tutak ve Çaldıran Fayları' yla çevrilidir (Koçyiğit vd., 2001) ve 1976'da Çaldıran

depremi meydana gelmiştir ( $M_s=7.5$ ). 19. bölgede de doğrultu atımlı fay mekanizması hâkimdir ve bu bölgede Yenice-Gönen, Manyas, Ulubat ve Etili Fayları bulunmaktadır. Bu bölgede ölçülen en büyük deprem 1953 Çanakkale-Yenice depremidir ( $M_s=7.5$ ). McClusky vd., (2000), KAFZ ve DAFZ için GPS ile ölçülen kayma miktarlarını  $24\pm 2$  mm/yıl ve  $9\pm 2$  mm/yıl olarak vermiştir. KAFZ' daki kayma miktarı DAFZ' daki kayma miktarından daha fazladır ve bu çalışmada KAFZ için hesaplanan büyük depremler GPS ölçümleriyle de uyuşmaktadır.

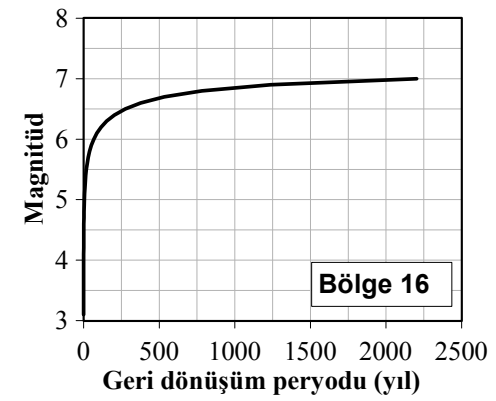
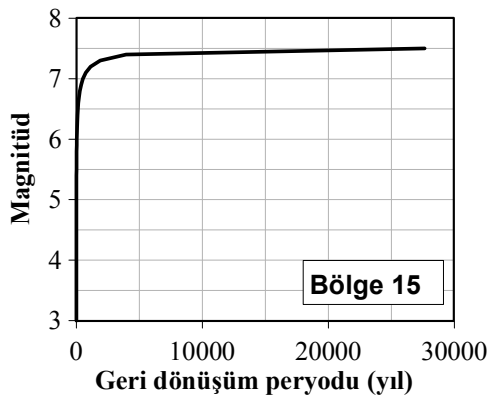
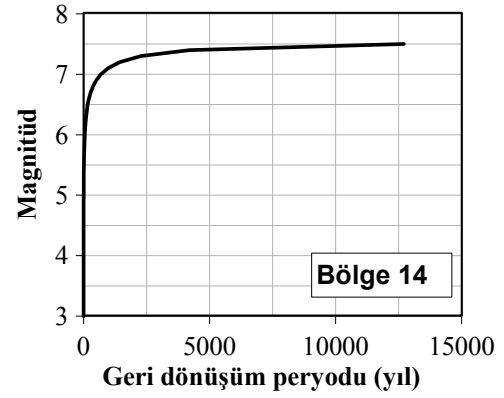
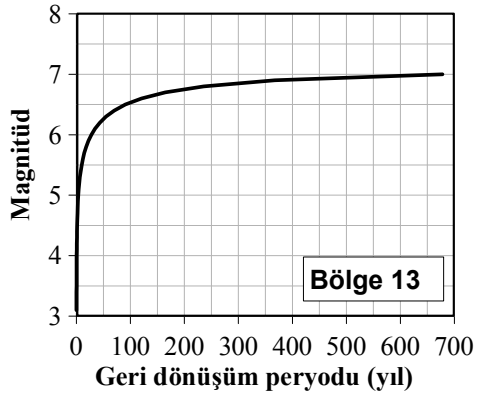
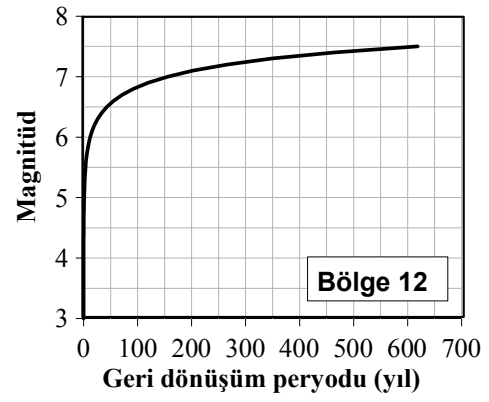
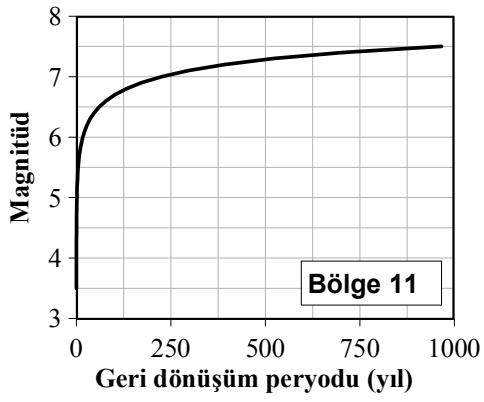
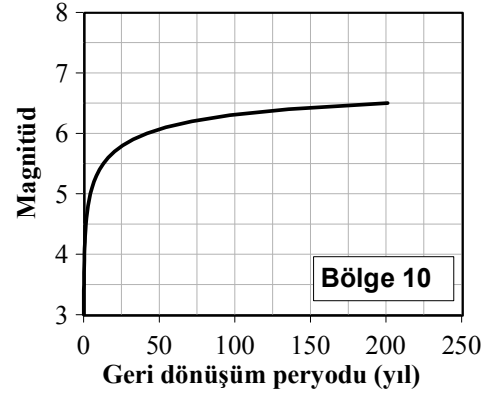
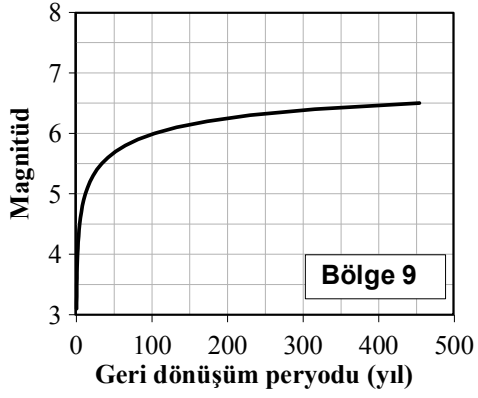
Belirli bir magnitüd değeri için 24 farklı sismik bölgede 25, 50,100 ve 500 yıllık zaman dilimleri için olasılıklar hesaplanmıştır. Bu zaman dilimleri süresince farklı magnitüd değerlerinde gözlenen maksimum magnitüdü depremler için beklenen olasılıkları ifade eden deprem tehlike eğrileri Şekil 9' da gösterilmiş ve detayları Tablo 6' da verilmiştir. Örneğin, 21. bölgede  $M_s\geq 7.0$  büyüklüğündeki bir depremin 500 yıl içinde olma olasılığı %73'tür. Benzer şekilde 20. bölge için  $M_s\geq 7.0$  büyüklüğündeki bir depremin 500 yıl içinde beklenen olma olasılığı %92 iken 24. ve 12. bölge için  $M_s\geq 7.0$  büyüklüğündeki bir depremin 500 yıl içinde olma olasılığı %79 ve % 96 olarak hesaplanmıştır.

24 farklı bölge için gelecek 100 yıl içerisinde  $M_s\geq 6.5$  olan depremlerin olma olasılıklarını gösteren bölgesel değişim haritası Şekil 10' da verilmiştir. Şekil üzerinde farklı olasılıklar dört farklı renkle gösterilmiştir.  $M_s\geq 6.5$  olan depremlerin olma olasılığı KDAFZ, Ölü Deniz Fayı, Muğla ve Rodos ve KAFZ' nun Marmara kısmında %75' den daha büyüktür. Özellikle DAFZ' da (6. bölge) gelecek 100 yıl içerisinde  $M_s\geq 6.5$  olan bir depremin olma olasılığı en yüksektir (%99). Bu değer Ege yayında %90 olarak hesaplanmıştır (12. bölge). %65-%75 arasında değişen ikinci derece olasılıklar BBZ, BFZ, KSZBF ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Anadolu kısmında gözlenmiştir. Diğer bölgelerde ise  $M_s\geq 6.5$  olan bir depremin gelecek 100 yıl içerisinde olma olasılığı %65'den küçüktür. 8. bölgede ise tarihsel ve aletsel dönem içerisinde  $M_s\geq 6.5$  olan bir deprem olmadığı için gelecek 100 yıl içerisinde bu büyüklükte bir deprem beklenmemektedir.

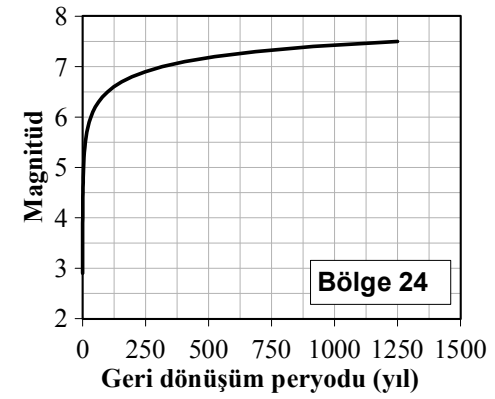
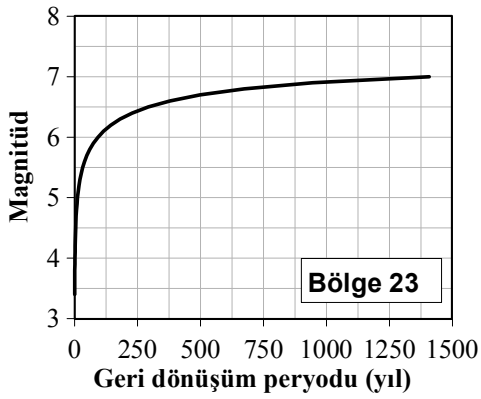
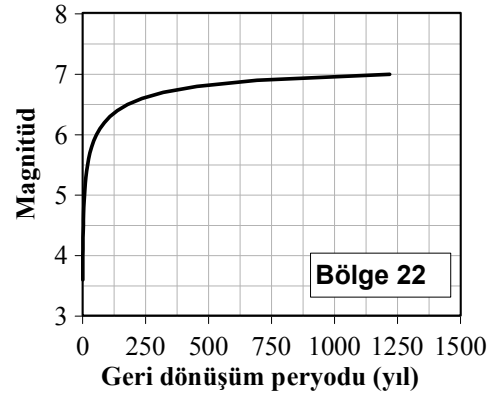
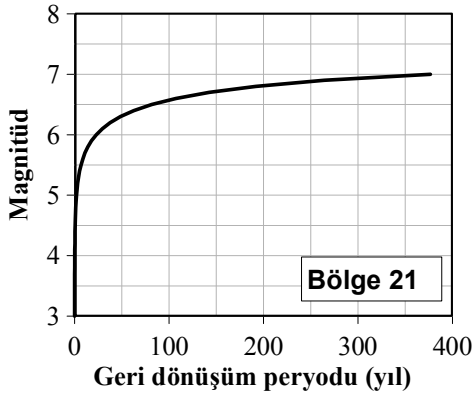
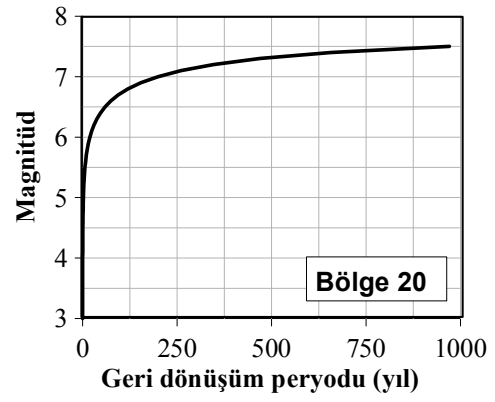
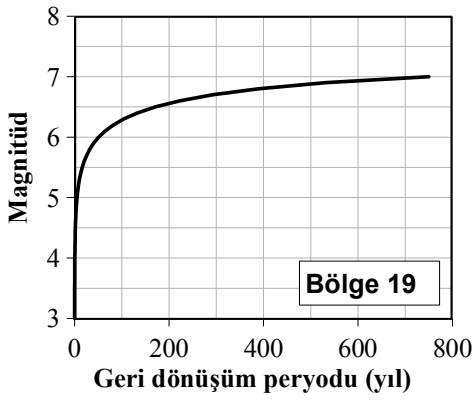
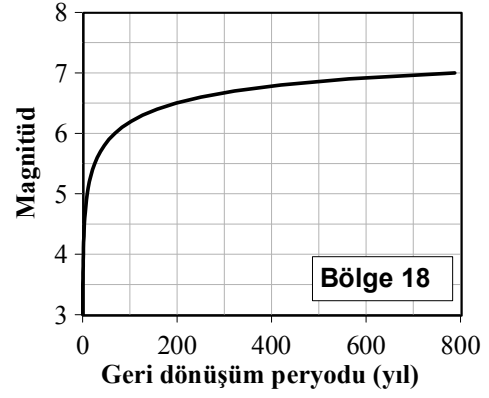
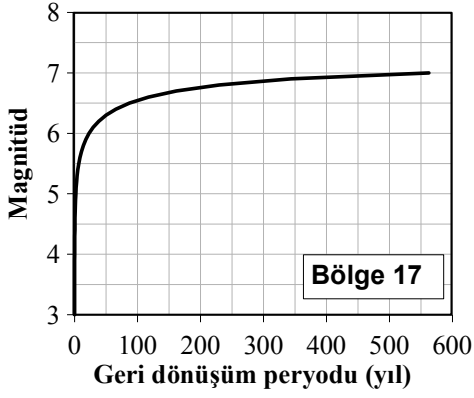


Şekil 8. Türkiye'nin 24 farklı sismik bölgesi için verilen magnitüd değerleri için beklenen geri dönüşüm periyodları

Şekil 8' in devamı



Şekil 8' in devamı



Tablo 6.  $T$  zaman aralığı 25-500 yıl aralığı için magnitudü 3.0 ve 7.5 arasında değişen depremlerin olasılık hesaplarının sonuçları. Boş kısımlar, daha önce bu magnitud değerlerinde bu bölgelerde bu büyüklükte bir deprem olmadığını göstermektedir. Küçük magnitud değerlerinde bazı bölgelerde bu magnitud değerleri için hesaplama yapılamadığı için boş bırakılmıştır.

$M_g=3.0$	$T=2.5$			$M_g=3.5$			$T=2.5$			$M_g=4.0$			$T=2.5$			$M_g=4.5$			$T=2.5$					
	Bölge	$P_{zs}$	$P_{so}$	50	$P_{100}$	$P_{500}$	Bölge	$P_{zs}$	$P_{so}$	50	$P_{100}$	$P_{500}$	Bölge	$P_{zs}$	$P_{so}$	50	$P_{100}$	$P_{500}$	Bölge	$P_{zs}$	$P_{so}$	50	$P_{100}$	$P_{500}$
1							1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2							2						2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5							5						5						5	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8	0.76	0.94	1.00	1.00	1.00	8	0.39	0.63	0.87	1.00	1.00	8	0.16	0.29	0.49	0.97	0.97
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11							11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22							22						22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
23							23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

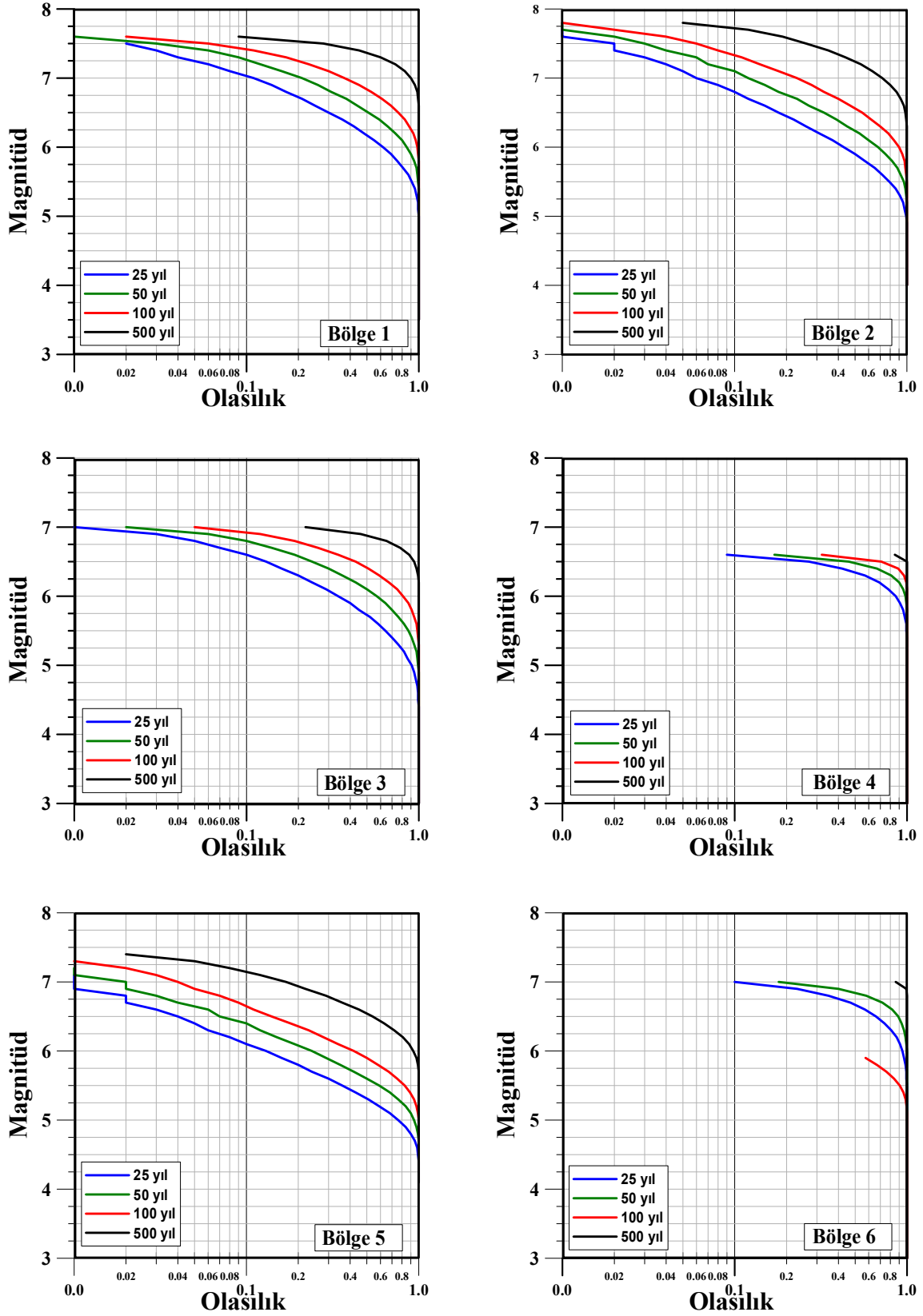
Tablo 6' run devamı

$M_g=5.0$	T=25			$M_g=5.5$			T=25			$M_g=6.0$			T=25			50			100			500		
Bölge	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{100}$
1	1.00	1.00	1.00	0.91	0.99	1.00	0.91	0.99	1.00	0.91	0.99	1.00	0.91	0.99	1.00	0.62	0.85	0.98	0.62	0.85	0.98	0.62	0.85	0.98
2	0.99	1.00	1.00	0.79	0.96	1.00	0.79	0.96	1.00	0.79	0.96	1.00	0.79	0.96	1.00	0.43	0.68	0.9	0.43	0.68	0.9	0.43	0.68	0.9
3	0.91	0.99	1.00	0.64	0.87	0.98	0.64	0.87	0.98	0.64	0.87	0.98	0.64	0.87	0.98	0.34	0.57	0.81	0.34	0.57	0.81	0.34	0.57	0.81
4	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.86	0.98	1.00	0.86	0.98	1.00	0.86	0.98	1.00
5	0.76	0.94	1.00	0.36	0.59	0.83	0.36	0.59	0.83	0.36	0.59	0.83	0.36	0.59	0.83	0.13	0.24	0.42	0.13	0.24	0.42	0.13	0.24	0.42
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.65	0.87	0.98	0.65	0.87	0.98	0.65	0.87	0.98
8	0.05	0.1	0.18	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03									
9	0.88	0.98	1.00	0.52	0.77	0.95	0.52	0.77	0.95	0.52	0.77	0.95	0.52	0.77	0.95	0.21	0.38	0.62	0.21	0.38	0.62	0.21	0.38	0.62
10	1.00	1.00	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.45	0.70	0.91	0.45	0.70	0.91	0.45	0.70	0.91
11	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.77	0.95	1.00	0.77	0.95	1.00	0.77	0.95	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.98	1.00	0.87	0.98	1.00	0.87	0.98	1.00
13	1.00	1.00	1.00	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99	1.00	0.59	0.84	0.97	0.59	0.84	0.97	0.59	0.84	0.97
14	1.00	1.00	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.85	0.98	1.00	0.42	0.66	0.89	0.42	0.66	0.89	0.42	0.66	0.89
15	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.53	0.78	0.95	0.53	0.78	0.95	0.53	0.78	0.95
16	0.99	1.00	1.00	0.75	0.94	1.00	0.75	0.94	1.00	0.75	0.94	1.00	0.75	0.94	1.00	0.31	0.53	0.78	0.31	0.53	0.78	0.31	0.53	0.78
17	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.66	0.89	0.99	0.66	0.89	0.99	0.66	0.89	0.99
18	0.92	0.99	1.00	0.62	0.86	0.98	0.62	0.86	0.98	0.62	0.86	0.98	0.62	0.86	0.98	0.31	0.52	0.77	0.31	0.52	0.77	0.31	0.52	0.77
19	0.99	1.00	1.00	0.79	0.95	1.00	0.79	0.95	1.00	0.79	0.95	1.00	0.79	0.95	1.00	0.39	0.62	0.86	0.39	0.62	0.86	0.39	0.62	0.86
20	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.73	0.93	0.99	0.73	0.93	0.99	0.73	0.93	0.99
21	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	0.66	0.89	0.99	0.66	0.89	0.99	0.66	0.89	0.99
22	0.97	1.00	1.00	0.72	0.92	0.99	0.72	0.92	0.99	0.72	0.92	0.99	0.72	0.92	0.99	0.36	0.60	0.84	0.36	0.60	0.84	0.36	0.60	0.84
23	0.88	0.99	1.00	0.54	0.79	0.95	0.54	0.79	0.95	0.54	0.79	0.95	0.54	0.79	0.95	0.24	0.42	0.66	0.24	0.42	0.66	0.24	0.42	0.66
24	1.00	1.00	1.00	0.90	0.99	1.00	0.90	0.99	1.00	0.90	0.99	1.00	0.90	0.99	1.00	0.54	0.78	0.95	0.54	0.78	0.95	0.54	0.78	0.95

Tablo 6.7. run devamı

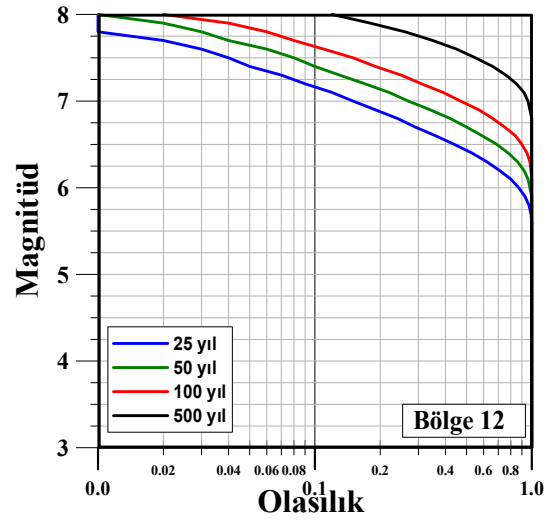
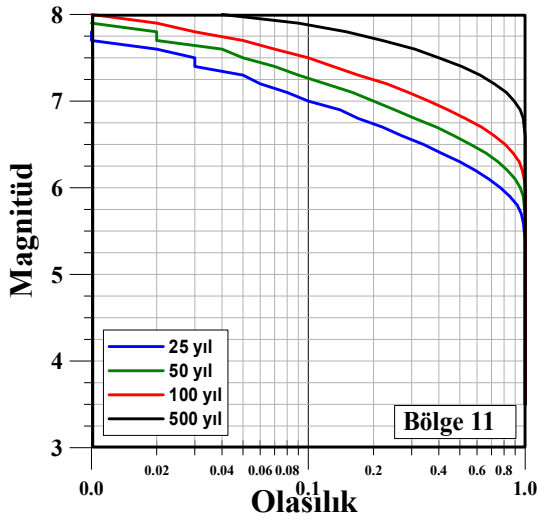
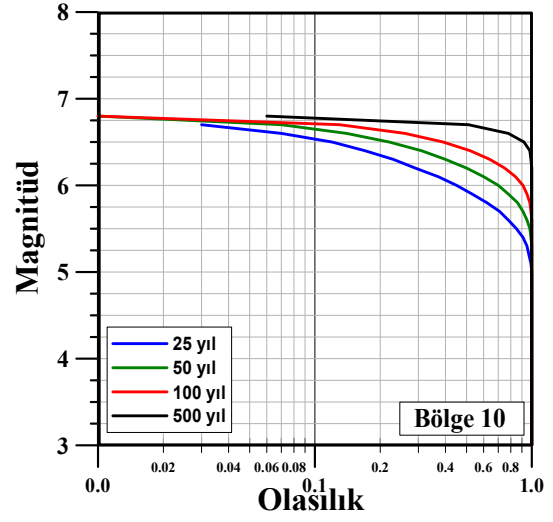
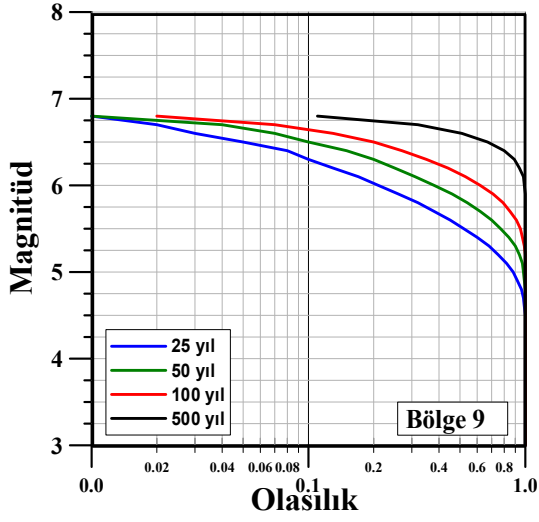
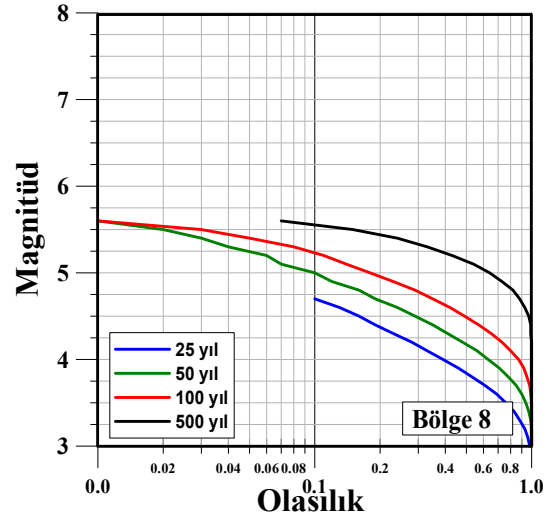
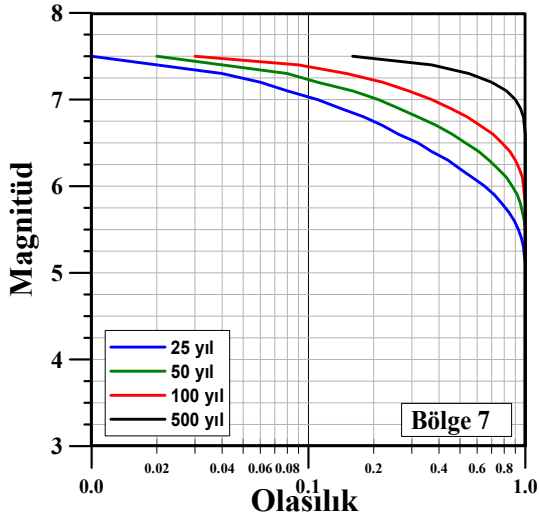
$M_g=6.5$			$M_g=7.0$			$M_g=7.5$			$M_g=7.5$			$M_g=7.5$		
Bölge	T=25	P <sub>50</sub>	P <sub>100</sub>	P <sub>500</sub>	Bölge	T=25	P <sub>50</sub>	P <sub>100</sub>	P <sub>500</sub>	Bölge	T=25	P <sub>50</sub>	P <sub>100</sub>	P <sub>500</sub>
1	0.30	0.51	0.76	1.00	1	0.11	0.21	0.37	0.90	1	0.02	0.03	0.06	0.28
2	0.18	0.33	0.55	0.98	2	0.06	0.12	0.23	0.72	2	0.02	0.03	0.06	0.26
3	0.13	0.24	0.43	0.94	3	0.01	0.02	0.05	0.22	3				
4	0.27	0.46	0.71	1.00	4					4				
5	0.04	0.07	0.14	0.54	5	0.01	0.02	0.04	0.17	5				
6	0.66	0.89	0.99	1.00	6	0.10	0.18	0.33	0.86	6				
7	0.32	0.53	0.78	1.00	7	0.11	0.21	0.37	0.90	7	0.01	0.02	0.03	0.16
8					8					8				
9	0.05	0.10	0.20	0.67	9					9				
10	0.12	0.22	0.39	0.92	10					10				
11	0.34	0.56	0.81	1.00	11	0.10	0.20	0.36	0.89	11	0.03	0.05	0.10	0.40
12	0.44	0.69	0.90	1.00	12	0.15	0.27	0.47	0.96	12	0.04	0.08	0.15	0.55
13	0.24	0.42	0.67	1.00	13	0.04	0.07	0.14	0.52	13				
14	0.14	0.26	0.46	0.95	14	0.04	0.07	0.14	0.52	14			0.01	0.04
15	0.19	0.34	0.57	0.98	15	0.05	0.09	0.17	0.62	15				0.02
16	0.09	0.17	0.30	0.84	16	0.01	0.02	0.04	0.20	16				
17	0.25	0.44	0.68	1.00	17	0.04	0.09	0.16	0.59	17				
18	0.12	0.22	0.40	0.92	18	0.03	0.06	0.12	0.47	18				
19	0.14	0.25	0.44	0.95	19	0.03	0.06	0.12	0.49	19				
20	0.34	0.57	0.82	1.00	20	0.12	0.22	0.39	0.92	20	0.03	0.05	0.10	0.40
21	0.26	0.46	0.71	1.00	21	0.06	0.12	0.23	0.73	21				
22	0.13	0.24	0.43	0.94	22	0.02	0.04	0.08	0.34	22				
23	0.08	0.16	0.29	0.82	23	0.02	0.03	0.07	0.30	23				
24	0.22	0.40	0.64	0.99	24	0.08	0.15	0.27	0.79	24	0.02	0.04	0.08	0.33



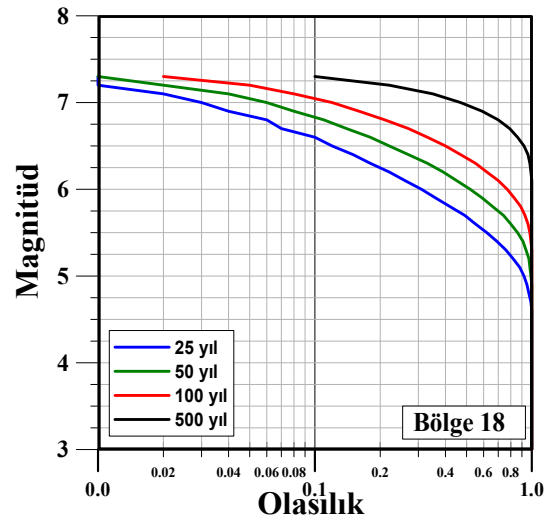
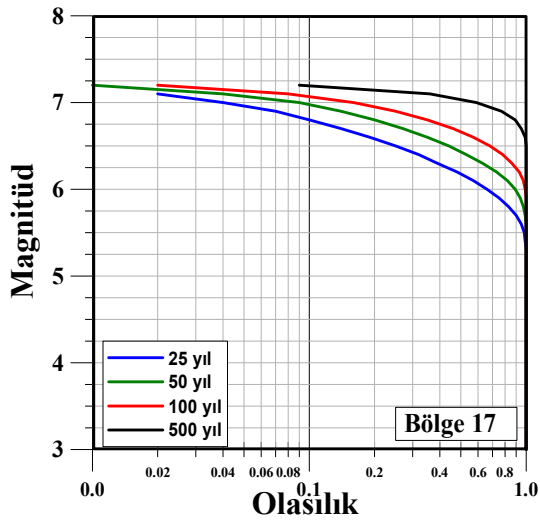
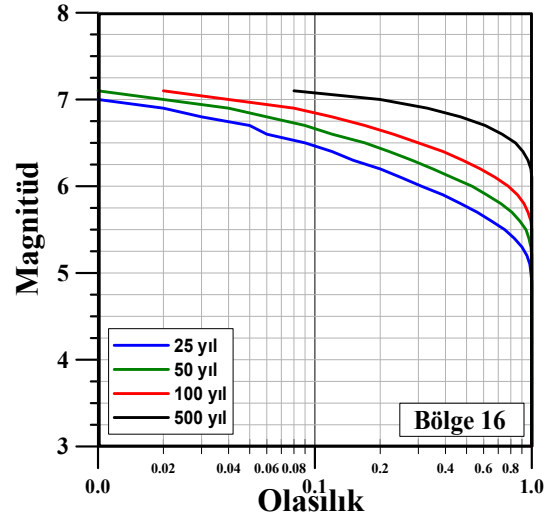
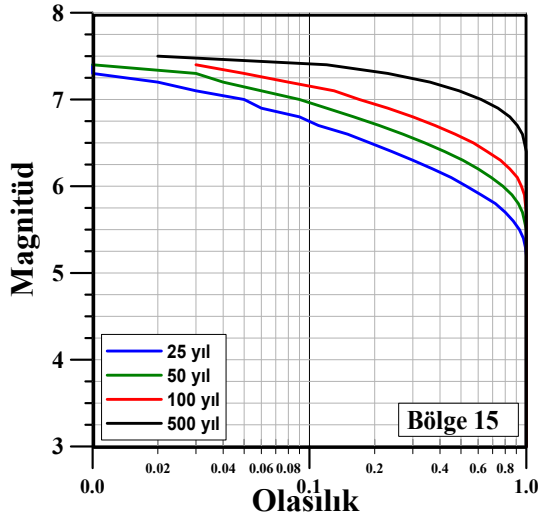
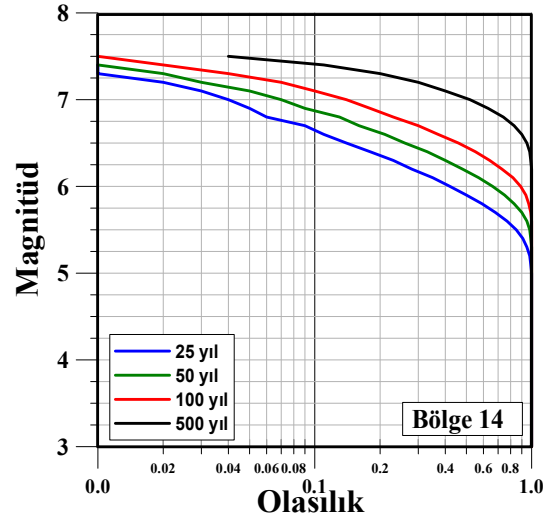
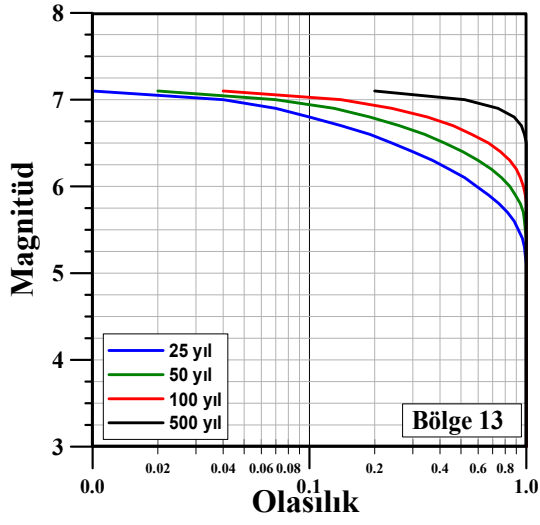


Şekil 9. Türkiye'nin farklı 24 bölgesi için 25, 50, 100 ve 500 yıllık periyotlarda verilen bir magnitüd değerinin üzerinde bir depremin meydana gelme olasılıkları.

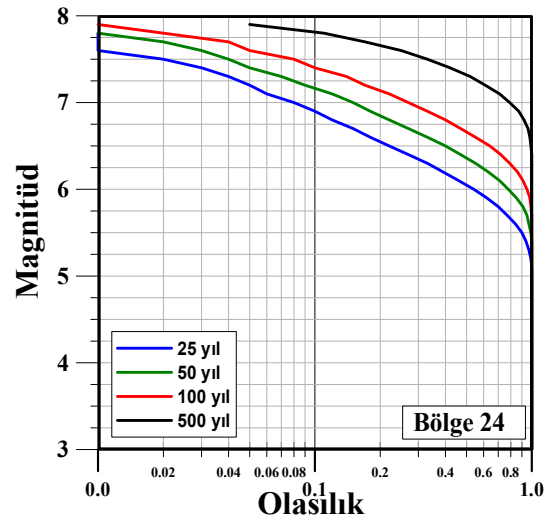
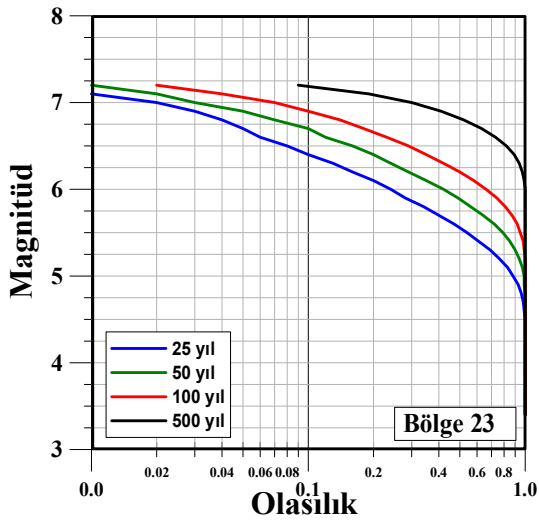
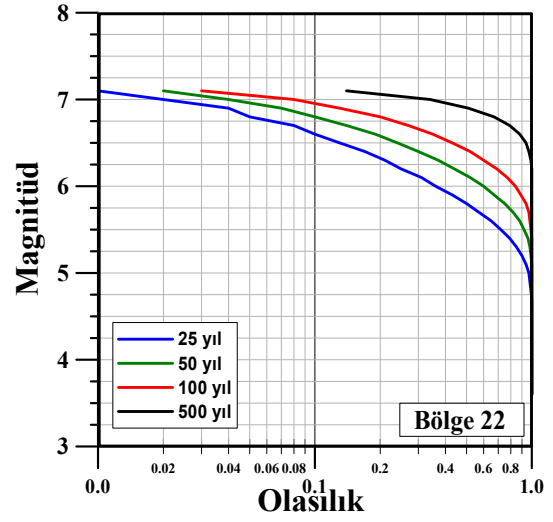
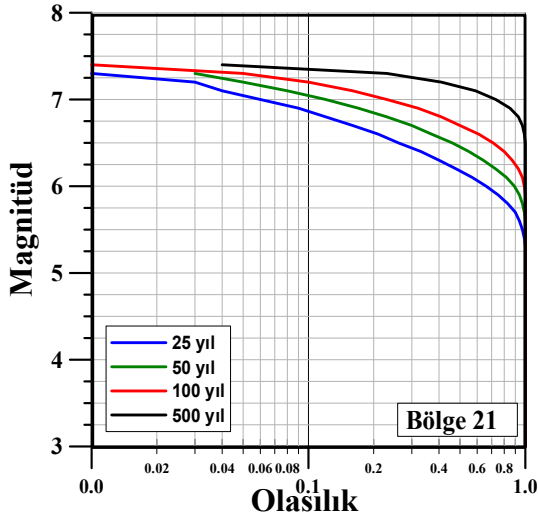
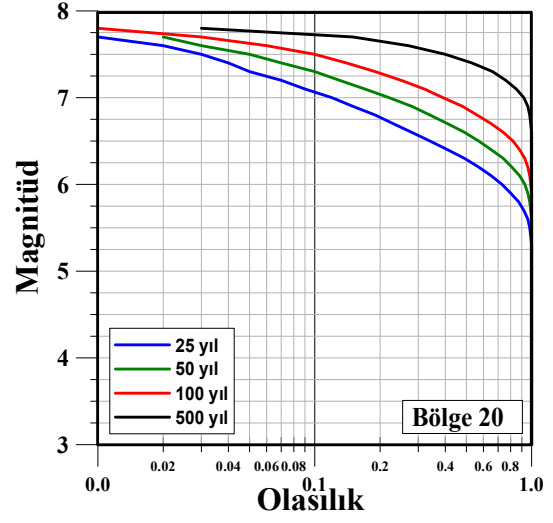
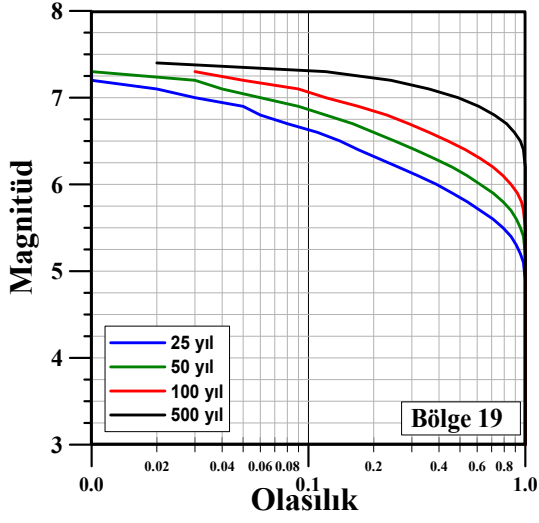
Şekil 9' un devamı

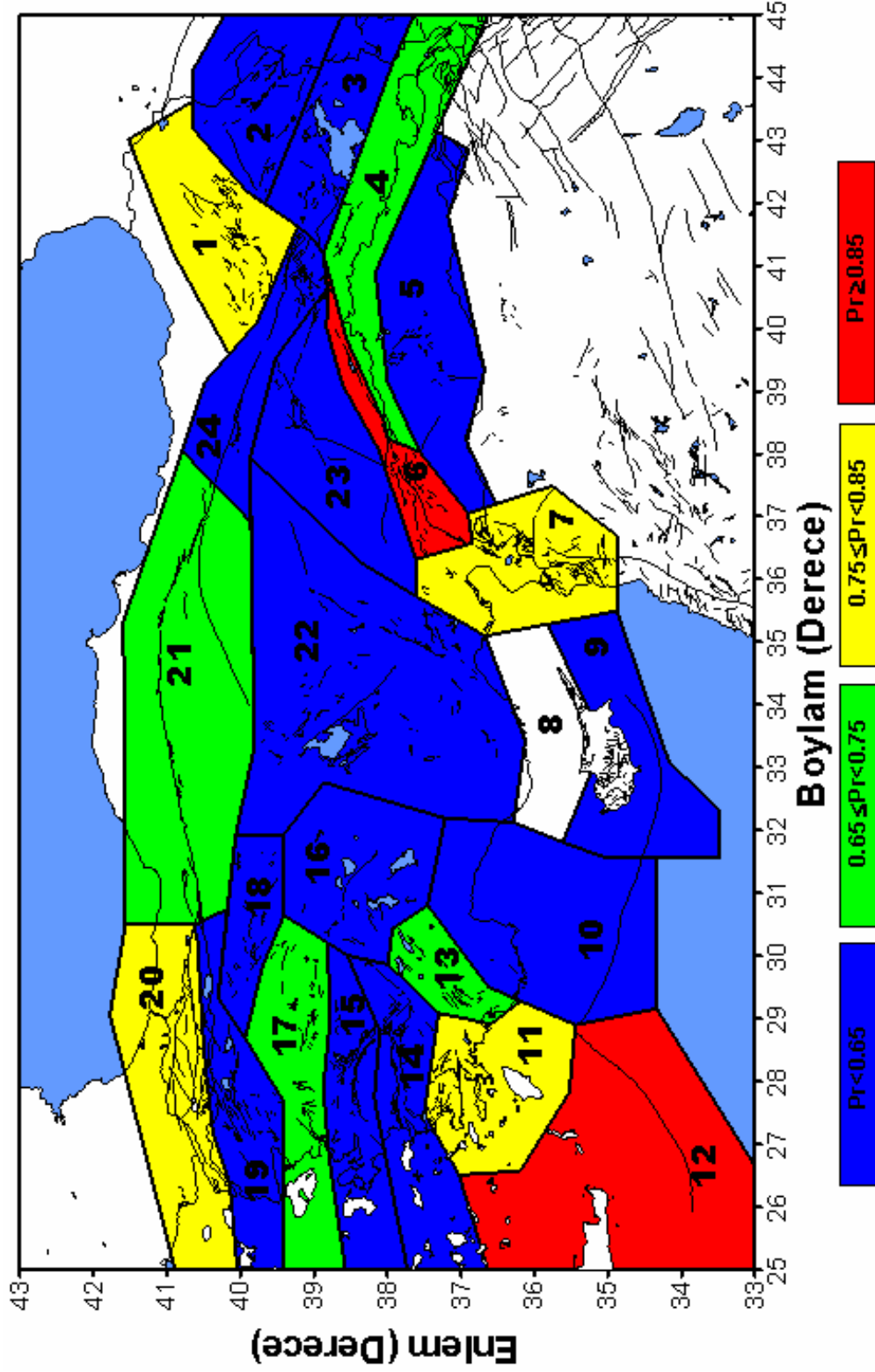


Şekil 9' un devamı



Şekil 9' un devamı





Şekil 10. Türkiye ve civarındaki farklı 24 bölge için  $M \geq 6.5$  olan depremlerin gelecek 100 yıl içindeki olma olasılıkları. Beyaz renkli bölgeler, gelecek 100 yıl içinde  $M \geq 6.5$  depremlerin olma olasılığının bulunmadığı bölgelerdir

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye ve civarı için pek çok araştırmacı tarafından farklı sismik kaynak bölgeleri kullanılarak sismik tehlike çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada, Türkiye ve civarı Bayrak vd. (2008) tarafından yapılan çalışma dikkate alınarak bölgelerin tektonik özellikleri ve sismik aktivitelerinde gözlenen değişimlerle birlikte 24 farklı kaynak bölgeye ayrılmıştır. Bayrak vd. (2008) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğu ve tarihsel deprem verileri için GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program) kataloğu kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan katalog MÖ 550 yılından 2005 yılı sonuna kadar olan depremleri içermektedir. Homojen deprem kataloğu hazırlayabilmek için Türkiye'nin farklı 24 bölgesi için, farklı magnitüd türleri arasında Bayrak vd. (2007a) tarafından geliştirilen ilişkiler kullanılarak  $M_s$  magnitudüne bağlı homojen bir katalog oluşturulmuştur. Standart en küçük kareler yöntemi yatay eksenindeki değerlerin hatasız olduğu kabulüne dayanmaktadır. Farklı magnitüd türleri arasındaki ilişkiler her iki ekseninde de hatalar içerecektir. Bu yüzden, bu çalışmada değişik magnitüd türleri arasında ilişki geliştirilirken her iki ekseninde ki hataları dikkate alan ortogonal regresyon analizi kullanılmıştır.

Türkiye ve civarındaki 24 farklı sismik bölge için sismik tehlike parametreleri ( $b$  değerleri, geri dönüşüm periyotları ve beklenen en büyük magnitüd değerleri) hesaplanmıştır. Hesaplanan tehlike parametreleri Gutenberg-Richter ilişkisinden elde edilen parametrelere bağlıdır. Bir deprem veri seti için hesaplanan bu parametreler, kullanılan uydurma tekniklerine bağlıdır. Gutenberg-Richter, frekans-magnitüd ilişkisinde parametrelerin hesaplanması için en küçük kareler yöntemini (EKKY) kullanmışlardır. EKKY gözlenen maksimum depremden daha büyük depremleri dikkate almadığından istatistiksel olarak daha küçük  $b$  değerlerinin hesaplanmasına eğilimlidir. G-R ilişkisi parametrelerini hesaplamak için Aki (1965) ve Utsu (1965) maksimum olasılık yöntemini (maximum likelihood estimation) (MOY) önermişlerdir. G-R ilişkisinden hesaplanan parametrelerin MOY ile uyumlu olduğu ve sürekli olmayan kataloglarda daha iyi sonuçlar verdiği önerilmiştir (Weichert 1980, Bender, 1983). Bölüm 2.4' de süreklilik analizinde tartışıldığı üzere, Türkiye ve civarında oluşan depremleri içeren katalog özellikle aletsel dönem için bazı zaman aralıklarında sıfır gözlemleri vardır. Yani, bazı zaman periyotlarında katalog süreksizlikleri içermektedir. Bu yüzden, bu çalışmada duyarlı

hesaplamalar yapmak için bu süreksizlikleri dikkate alan ve MOY yöntemini kullanan Kijko-Sellovoll (1989) yöntemi uygulanmıştır.

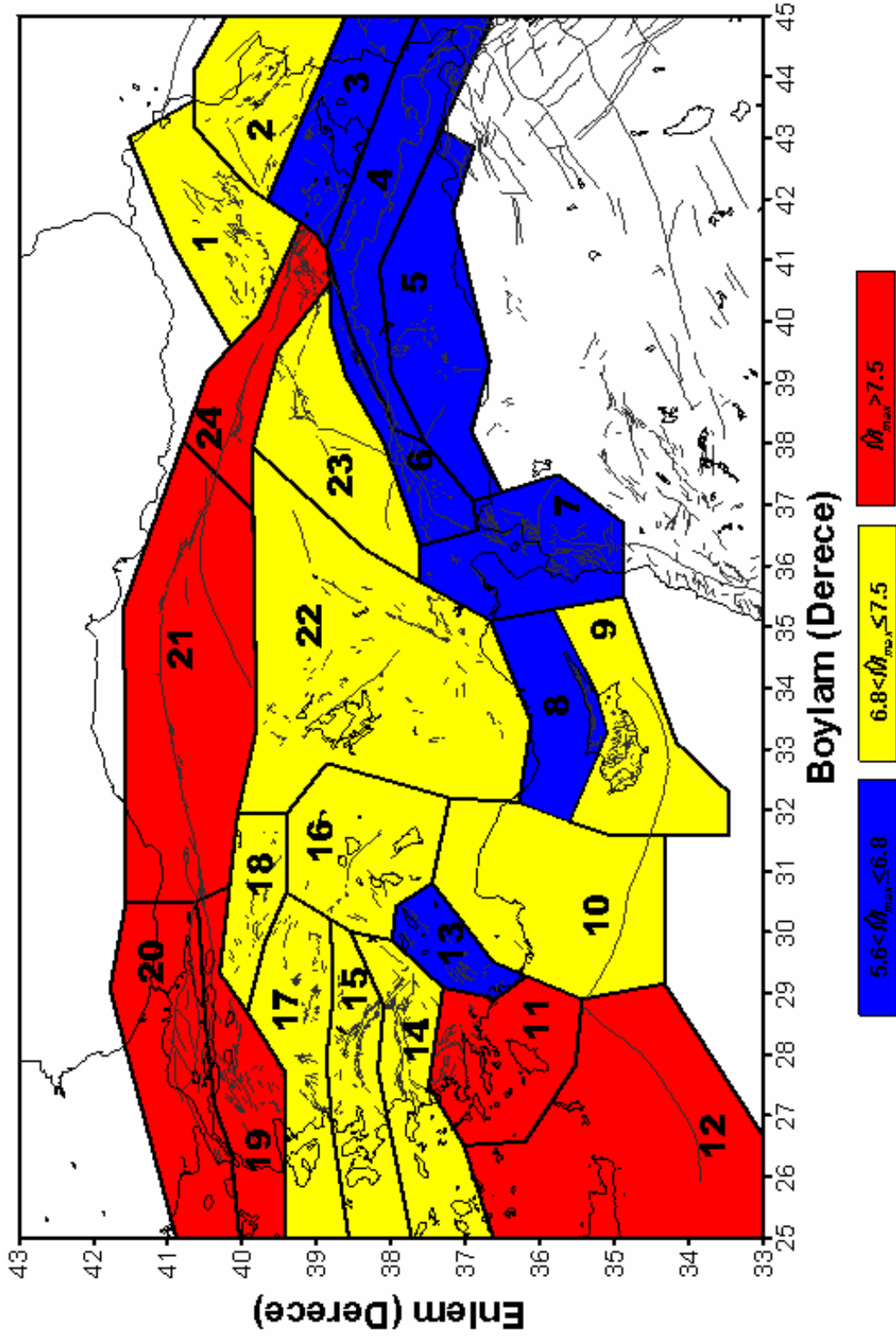
Tablo 4 ve Şekil 6' da verildiği gibi beklenen  $M_{max}$  değerleri 5.70-8.24 arasında değişmektedir. 7.5'ten büyük değerler 1, 2, 5, 7, 11, 12, 14, 15, 20 ve 24. bölgelerde elde edilmiştir. En yüksek  $M_{max}$  değeri Ege yayında (12. bölge,  $M_{max}=8.24$ ) hesaplanmıştır ve bu bölgede meydana gelen en büyük deprem 1856 yılında Ege denizinde meydana gelen  $M_{göz}=8.2$ ' lik depremdir. Ayrıca en yüksek değerlerin hesaplandığı diğer bölgeler de 11 ve 24. bölgelerdir. 11. bölgedeki en büyük deprem 1304 yılında Muğla ve Rodos civarında meydana gelen  $M_{göz}=8.0$  depremi iken 24. bölgede meydana gelen en büyük deprem  $M_{göz}=7.9$  olan 1939 Erzincan depremidir. En yüksek  $M_{max}$  değerleri KAFZ, Ege yayı ve DAFZ' nun güney kısımlarında gözlenmiştir. 7.0-7.5 arasında beklenen  $M_{max}$  değerleri ise 3, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgelerde gözlenen en büyük depremler 6.8 ile 7.4 arasında değişmektedir ve bu değerler Tablo 4' de verilmiştir. Bu değerler MESF, DAFZ, BFZ, SBTF, KSZBF, EİDKF, YGMUEF, KAFZ' nun Anadolu kısmı, OAFS ve OMF zonlarıyla ilişkilidir. 22 ve 23. bölgeler düşük sismik aktiviteli bölgeler olmalarına karşın  $M_{max}$  değerleri 7.17 ve 7.30 olarak hesaplanmıştır. Bu büyük değerler 1938 Kırşehir ( $M=6.60$ ) ve 1905 Çemişgezek ( $M=6.80$ ) depremleriyle ilişkilidir.  $M_{max}<7.0$  olan değerler 4, 8, 9 ve 10. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgeler BBZ, Kıbrıs' ın kuzey kısmı, Kıbrıs Yayı' nın doğu kısmını içeren, Kıbrıs' ın güney kısmı ve Kıbrıs Yayı' nın batı kısmı ile ilişkilidir. Bu bölgelerde gözlenen depremler 5.2 ile 6.8 arasında değişim göstermektedir.

Bayrak vd., (2007a), Kijko ve Sellovell (1989) yöntemiyle (bu tez çalışmasında da aynı yöntem kullanılmıştır) Türkiye ve civarı için sadece aletsel dönemi kapsayan sismik tehlike çalışması yapmıştır. Bu çalışmada hesaplanan  $M_{max}$  değerlerinin bölgesel değişim haritası Şekil 11' de verilmektedir. En büyük  $M_{max}$  değerleri 11, 12, 19, 20, 21 ve 24. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgelerde hesaplanan  $M_{max}$  değerleri 7.5' dan daha büyüktür. 1, 2, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 22 ve 23. bölgelerde bulunan  $M_{max}$  değerleri de 6.8 ile 7.5 arasında hesaplanmıştır. 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 13. bölgelerde hesaplanan  $M_{max}$  değerleri de 5.6 ile 6.8 aralığındadır. Yapılan çalışmada en büyük  $M_{max}$  değerlerinin bulunduğu bölgeler KAFZ ve Ege arkıyla ilişkilidir. Bu bölgelerde hesaplanan değerler bu tez çalışmasındaki değerlerle uyum göstermektedir. Fakat 6 ve 7. bölgelerde Bayrak vd. (2007a) düşük değerler hesaplamışken, bu tez çalışmasında, tarihsel verilerde kullanıldığı için yüksek  $M_{max}$  değerleri elde edilmiştir.

Tablo 4' de görüldüğü gibi hesaplanan  $b$  değerleri 0.48 ile 1.10 arasında değişim göstermektedir. Şekil 7' de görüldüğü gibi 1.0' dan büyük  $b$  değerleri 5, 11, 12, 14, 15, 16, 17 ve 21. bölgelerde hesaplanmıştır. En yüksek değerlerin  $b=1.10$  ve  $b=1.09$  olarak hesaplandığı 11. ve 12. bölgeler Ege yayıyla ilişkilidir. Diğer en yüksek  $b$ -değerlerinin gözlemlendiği 14, 15, 16 ve 17. bölgeler Batı Anadolu graben sistemleri ve Ege bölgesindeki faylarla ilişkilidir. Bununla birlikte 21. bölge Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Anadolu kısmı ile ilişkilidir. 0.8-1.0 aralığında değişim gösteren  $b$  değerleri 2, 8, 9, 10, 13, 18, 19, 20, 22, 23 ve 24. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgeler KITÇF, Kıbrıs' ın kuzey kısmı, Kıbrıs Yayı' nın doğu kısmını içeren, Kıbrıs' ın güney kısmı, Kıbrıs Yayı' nın batı kısmı, BFZ, EİDKF, YGMUEF, Kuzey Anadolu Fayı' nın Marmara kısmı, OAFS, OMF ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun doğu kısmı ile ilişkilidir. 0.8'ten küçük  $b$  değerleri 1, 3, 4, 6 ve 7. bölgelerde gözlenmiştir. Bu bölgeler KDAFZ, MESF, BBZ, DAFZ ve Ölü Deniz Fayı' nın bir bölümü ile ilişkilidir.

Bayrak vd., (2007b) tarafından yapılan aletsel dönemi kapsayan bir diğer sismik tehlike çalışmasında da Türkiye ve civarındaki 24 farklı sismik bölge için  $b$  değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada G-R frekans-magnitüd ilişkisi için maksimum olasılık yöntemi kullanılmıştır (Şekil 12). Yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında 24 farklı sismik bölgede hesaplanan  $b$  değerleri birbirine oldukça benzemektedir. Bayrak vd. (2007b) tarafından yapılan çalışmada 1, 3, 4, 6, 7 ve 10. bölgelerde  $b$  değerleri 0.6 ile 0.8 arasında hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında da en düşük  $b$  değerleri 1, 3, 4, 6 ve 7. bölgelerde hesaplanmıştır. Bayrak vd. (2007b) tarafından yapılan çalışmada en yüksek  $b$  değerleri 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20 ve 21. bölgelerde hesaplanmıştır. Bu bölgelerde hesaplanan  $b$  değerleri 1.0' dan büyüktür. Bu tez çalışmasında hesaplanan en büyük  $b$  değerleri 5, 11, 12, 14, 15, 16, 17 ve 21. bölgelerdedir. İki çalışmada da  $b$  değerlerinin yüksek olduğu bölgeler Ege yayı ve KAFZ ile ilişkilidir. Düşük  $b$  değerleri DAFZ ve Bitlis-Zagros Bindirme zonunda hesaplanmıştır. Bayrak vd. (2007b) tarafından hesaplanan  $b$  değerleri ile bu tez çalışmasında hesaplanan  $b$  değerleri sadece 5, 10 ve 20. bölgelerde farklıdır. Bunun sebebi, Bayrak vd. (2007b) tarafından yapılan deprem tehlike çalışmasının sadece 1900-2005 yılları arasındaki aletsel veriyi içeriyor olmasıdır. Bu tez çalışmasında ise aletsel verinin yanında 1900 yılından önceki tarihsel veride kullanılmış ve  $b$  değerleri bütün veri seti kullanılarak hesaplanmıştır. 5. bölgede meydana gelen en büyük deprem 1115 yılındaki Şanlıurfa ( $M_s=7.0$ ) depremi iken, 10. bölgede meydana gelen iki büyük depremden ilki 530 yılında ( $M_s=6.5$ ), diğeri ise 1864 yılında ( $M_s=6.0$ ) meydana gelmiştir.





Şekil 11. Türkiye ve civarı için aletsel dönemi içeren  $M_{max}$  bölgesel değişim haritası, Bayrak vd., (2007a)' den değiştirilerek alınmıştır

20. bölgede ise tarihsel dönemde magnitüdü 6.2-7.6 arasında değişen 83 adet deprem mevcuttur. Özellikle magnitüdü 7.0'dan büyük olan 25 adet deprem vardır. Dolayısıyla bu büyüklükteki depremlerin, o bölgede Bayrak vd., (2007b) tarafından hesaplanan  $b$  değerlerine kıyasla daha küçük  $b$  değerine neden olduğu söylenebilir.

Sayıl ve Osmaşahin (2008) tarafından, bu tez çalışmasında uygulanan yöntemden (maksimum olasılık yöntemi) farklı olarak, en küçük kareler yöntemi kullanılarak Batı Anadolu için  $b$  değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan  $b$  değerleri bu tez çalışmasında bulunan değerlerden daha düşüktür. Bu tezde, bu bölgede hesaplanan  $b$  değerleri 1.0' dan daha büyüktür. Sayıl ve Osmaşahin (2008) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerler 0.42 ile 0.66 arasında değişmektedir. Hesaplanan  $b$  değerleri arasındaki fark, Sayıl ve Osmaşahin (2008)' in uygun veri ve yöntem kullanmamasından kaynaklanmaktadır. Bayrak (2008), Sayıl ve Osmaşahin (2008)' in çalışmasını ayrıntılı olarak incelemiş ve bu çalışmanın literatürle ve bölgenin tektonik özellikleri ile uyummadığını ortaya koymuştur.

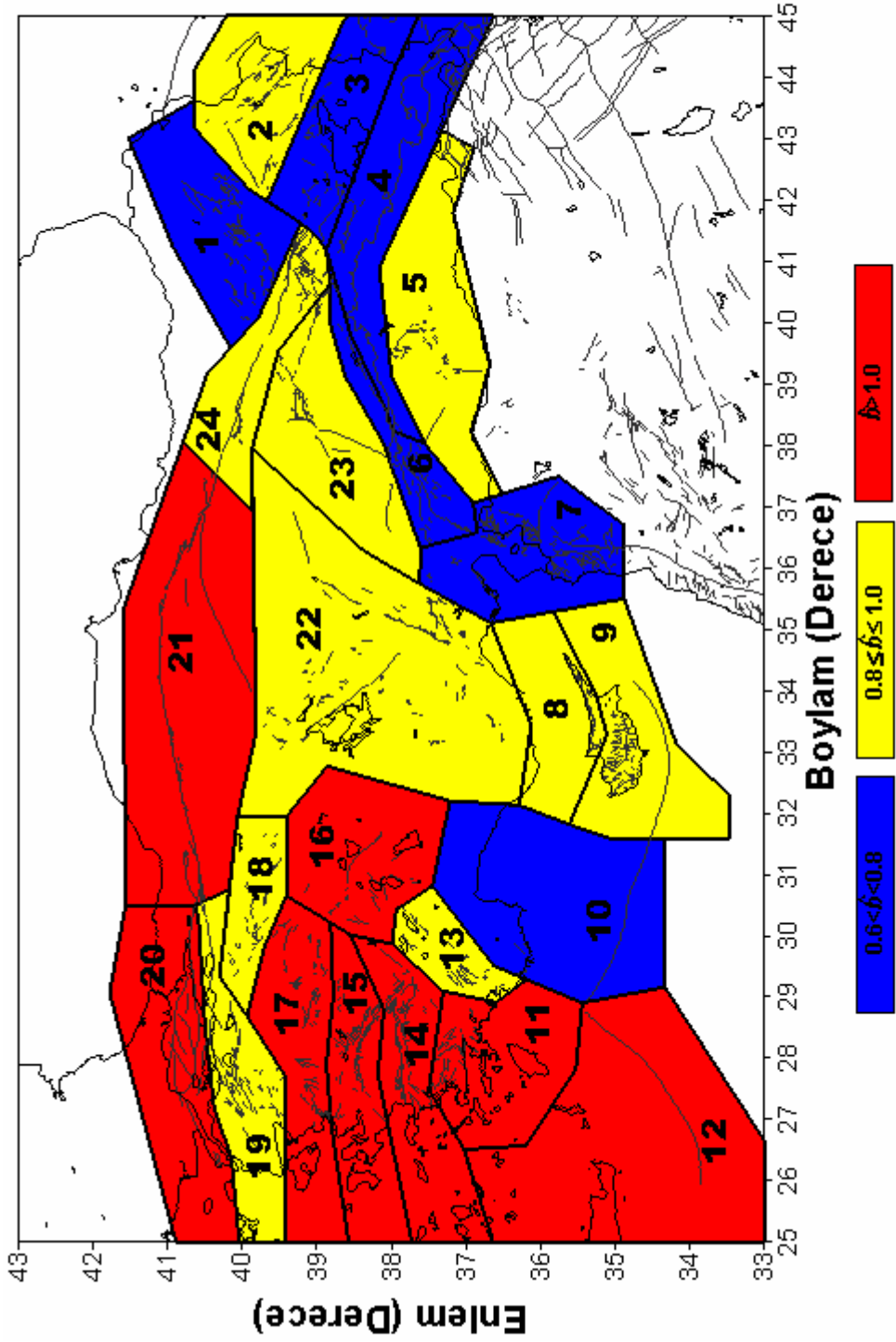
Genel olarak  $b$  değeri ile  $M_{max}$  arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Örneğin, 7.5' den büyük  $M_{max}$  değerleri ve 1.0'dan büyük  $b$  değerleri 5. 11, 12, 14 ve 15. bölgelerde gözlenirken, her iki parametrenin daha küçük değerleri aynı bölgelerde gözlenmiştir. Scholz (1968) düşük  $b$  değerlerinin verilen bir bölgede büyük gerilme ve deformasyonlarla ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Buda, bu bölgelerin bir deprem üretebileceği şeklinde yorumlanabilir. Sonuç olarak, büyük depremler KDAFZ, MESF, BTZ, DAFZ ve Ölü Deniz Fayı' nın bir bölümünü içeren 1, 3, 4, 6 ve 7. bölgelerde beklenebilir. Örneğin, 1903'ten beri kırılmamış 3. bölge ve 1975'ten beri kırılmamış 4. bölge DAFZ' nun en önemli tektonik kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, 1. bölgedeki Erzincan ve Erzurum arasındaki kısım ve 7. bölgedeki Ölü Deniz Fayı' nın bir kısmı kırılmamıştır ve gelecekte büyük bir deprem üretebilir.

Çalışma sonucunda Türkiye'de 2 ana tektonik yapı ortaya çıkarılmıştır. Bunlar Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu' dur. Çalışılan bölgede hesaplanan aktivite oranı 0.16 ile 238 arasında değişim göstermiştir.  $b$  değeri, KAFZ ve DAFZ' da oldukça farklı değerler göstermiştir. Yapılan çalışmada magnitüdü 6'dan büyük depremler için geri dönüşüm periyodları hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar neticesinde KAFZ' nda bulunan 20 ve 24. bölgelerin, burada yakın zaman önce Erzincan ve İzmit depremlerinin meydana gelmesinden dolayı düşük deprenselliğe sahip olduğu görülmüştür. KAFZ' nun orta kısmında yer alan 21. bölge ise bu bölgede yakın zamanda büyük magnitüdü bir depremin meydana gelmemiş olmasından dolayı yüksek seviyede tehlikeye sahip olduğu

görülmüştür. Bununla beraber Ege yayıyla ilişkili olan 11 ve 12. bölgelerde de sismik tehlikenin fazla olduğu gözlenmiştir.

Ortalama aktivite oranı  $\lambda$  değeri 0.16-238 arasında değişmektedir. 0 ile 7.47 arasında değişen en düşük  $\lambda$  değerleri 1, 2, 3, 5, 8, 18, 22 ve 23. bölgelerde gözlenmiştir. Buna karşın 100'den büyük  $\lambda$  değerleri 4, 12 ve 16. bölgelerde gözlenmiştir. En yüksek  $\lambda$  değeri 238'dür ve 16. bölgede (SBTF) hesaplanmıştır. Diğer büyük değerler olan BBZ (4. bölge) için  $\lambda=146$  ve Ege yayı (12. bölge) için  $\lambda=154$  olarak hesaplanmıştır. Burada göze çarpan önemli bir nokta 4, 12 ve 16. bölgelerdeki aktivite oranı çok büyükken, 1, 2, 3, 5, 8, 18, 22 ve 23. bölgelerde ise oldukça küçüktür. Bu bölgelerdeki deprem sayısı ile diğer bölgelerdeki deprem sayıları kıyaslandığında, daha küçük  $\lambda$  değerlerinin gözlemlendiği bölgelerde belirgin bir magnitüd düzeyinin üzerindeki yıllık olayların sayısı, daha büyük  $\lambda$  değerlerinin gözlemlendiği bölgelere kıyasla daha azdır. Buda, verilen bir zaman aralığında  $\lambda$  değerinin daha küçük olduğu bir bölgede beklenen depremlerin sayısının, aynı zaman aralığında  $\lambda$  değerinin daha büyük olduğu bölgelerde beklenen depremlerin sayısından daha az olması anlamına gelir.

Gözlenen maksimum magnitüdlere için beklenen depremlerin geri dönüşüm periyodlarını ifade eden deprem tehlike eğrileri dikkate alındığında 20, 21 ve 24. bölgeleri içine alan KAFZ için magnitüdü 6.0 ve 6.5 arasında değişen depremlerin geri dönüşüm periyodları ortalama olarak 20 yıldan küçük olduğu görülür. En büyük depremin meydana geldiği 24. bölgede magnitüdü 6.0 ve 6.5 aralığındaki depremler için geri dönüşüm periyodları sırasıyla 33 ve 99 yıldır. Bununla birlikte magnitüdü 7.0 olan bir depremin bu bölgede ki geri dönüşüm periyodu 317 yıl olarak hesaplanmıştır.  $M_s=6.0$  için 3, 4, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18 ve 23. bölgelerde geri dönüşüm periyodları 11-93 arasında değişmektedir. Bu bölgeler DAFZ ve Ege yayı içine alan bölgelerle ilişkilidir. 11 ve 12. bölgeler güney Ege yayının dalma batma zonunu kapsar. Bu bölgede 1304 Rodos depremi meydana gelmiştir. 11 ve 12. bölgelerin depremselliği detaylı olarak Manakou ve Tsapanos (2000), Tsapanos (2001b), Tsapanos ve Christova (2003) tarafından çalışılmıştır. Sultandağı Fayı (normal faylanma), Beyşehir ve Tatar Fayları (doğrultu atımlı faylanma) 16. bölgede bulunmaktadır ve bu bölgede ölçülen maksimum deprem büyüklüğü 7.0'dır. 17. bölge doğu-batı yönlü uzanan graben sistemi üzerinde bulunmakta (Kütahya, Simav ve Zeytindağı-Bergama) ve bunların havza sınırlarındaki aktif normal faylar genellikle magnitüdü 7.0 den düşük depremler üretmektedir.



Şekil 12. Türkiye ve civarı için aletsel dönem içeren  $\delta$  değerlerinin bölgesel değişim haritası, Bayrak vd., (2007b)' den değiştirilerek alınmıştır

Bu bölgede ölçülen  $M_s=7.2$  depremi bu grabenlerle ilişkili olmayıp Ege denizinde meydana gelmiştir. 2 ve 19. bölgede  $M_s=7.0$  olan depremler için geri dönüşüm periyodu 391 ve 750 yıldır. 2. bölge, aktif doğrultu atımlı faylar olan Kağızman, Iğdır, Tutak ve Çaldıran Fayları'yla çevrilidir (Koçyiğit vd.,2001) ve 1976'da Çaldıran depremi meydana gelmiştir ( $M_s=7.5$ ). 19. bölgede de doğrultu atım fay mekanizması hâkimdir ve bu bölgede Yenice-Gönen, Manyas, Ulubat ve Etili Fayları bulunmaktadır. Bu bölgede ölçülen en büyük deprem 1953 Çanakkale-Yenice depremidir ( $M_s=7.5$ ). McClusky vd., (2000), KAFZ ve DAFZ için GPS ile ölçülen kayma miktarlarını  $24\pm 2$  mm/yıl ve  $9\pm 2$  mm/yıl olarak vermiştir. KAFZ' deki kayma miktarı DAFZ' deki kayma miktarından daha fazladır ve bu çalışmada KAFZ için hesaplanan büyük depremler GPS ölçümleriyle de uyuşmaktadır.

Jenny vd., (2004) tarafından Türkiye' nin batısı için maksimum olasılık yöntemi kullanılarak deprem tehlike çalışması yapılmış, çalışılan bölgeler için farklı bir yöntemle maksimum magnitüdü hesaplanmış ve bu bölgeler için geri dönüşüm periyodlarını hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada  $M_{max}$  değerleri 7.2 ile 8.0 arasında hesaplanmıştır. Bu değerler için geri dönüşüm periyodları 100-2500 yıl aralığında hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada Marmara' da hesaplanan geri dönüşüm periyodu 7.6-7.8 magnitüd aralığı için 550-1000 yıldır. Bu tez çalışmasında bu bölgede hesaplanan geri dönüşüm periyodu 7.0-7.5 magnitüd aralığında 199-970 yıldır. Jenny vd. (2004) KAFZ' nun batı kısmında 7.4-7.8 magnitüd aralığında geri dönüşüm periyodlarını 200-1000 yıl arasında bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında magnitüdü 7.0 olan depremlerin geri dönüşüm periyodu 376 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu iki çalışmada farklı yöntemler kullanıldığı için hesaplanan  $M_{max}$  değerleri birbirinden farklıdır. Jenny vd. (2004) tarafından Batı Anadolu için magnitüdü 7.2-7.7 aralığında değişen depremlerin geri dönüşüm periyodları da 100-700 olarak hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19. bölgeleri içine alan kısımda magnitüdü 7.0 olan depremler için hesaplanan geri dönüşüm periyodları 522-2002 yılları arasında değişmektedir.

Belirli bir magnitüd değeri için 24 farklı sismik bölgede 25, 50,100 ve 500 yıllık zaman dilimleri için olasılıklar hesaplanmıştır. 25, 50, 100 ve 500 yıllık zaman dilimleri süresince farklı magnitüd değerleri için çizilen ve gözlenen maksimum magnitüdü depremler için beklenen olasılıkları ifade eden deprem tehlike eğrileri olası bir deprem için önemli bilgiler ortaya koyar. Örneğin, 21. bölgede  $M_s=7.0$  büyüklüğündeki bir depremin 500 yıl içinde olma olasılığı %73'tür. Benzer şekilde 20. bölge için  $M_s=7.0$

büyükliğündeki bir depremin 500 yıl içinde beklenen olasılığı %92 iken 24. ve 12. bölge için  $M_S=7.0$  büyüklüğündeki bir depremin 500 yıl içinde olma olasılığı %79 ve % 96 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bu bölgelerde bu büyüklükte bir depremin geri dönüşüm periyodları ortalama olarak 155-377 yıl arasında değişim göstermektedir.

Öztürk vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada Türkiye ve civarındaki 24 farklı kaynak bölge için 1900-2005 yılları arasındaki aletsel veri kullanılarak geri dönüşüm periyodları hesaplanmıştır. Bu çalışmada Gumbel 1 asimptotik yaklaşımı kullanılmıştır. 21. bölge büyük bir depremin olma olasılığının en yüksek olduğu bölge olarak hesaplanmıştır. Bu bölge Erzincan ve Bolu arasında yer almaktadır ve en son 1943' de kırılmıştır. Bu bölgede magnitüdü 7.0 olan bir depremin gelecek 100 yılda olma olasılığı %92 olarak hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında aynı bölge için bulunan değer %23 olarak hesaplanmıştır. 24. bölge için Öztürk vd. (2007) tarafından magnitüdü 7.0 olan bir depremin gelecek 100 yılda olma olasılığını %82 olarak hesaplanmışken, bu tez çalışmasında aynı bölgede aynı magnitüde sahip bir depremin olma olasılığı %27 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak iki çalışma karşılaştırıldığında hesaplanan değerlerin birbirleriyle uyumlu olmadığı görülmüştür. Bu durum, bu iki çalışmada hazırlanan deprem kataloglarının farklı verileri içermesi ve kullanılan yöntemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye ve civarındaki farklı bölgeler için deprem tehlike parametreleri değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri başta KRDAE olmak üzere farklı kataloglardan derlenmiş ve hem tarihsel hem de aletsel dönemleri içeren detaylı bir katalog oluşturulmuştur. Bayrak vd. (2008) tarafından hazırlanan sismik kaynak bölgeleri kullanılarak her bir bölge için maksimum olasılık yöntemi ile magnitüd-deprem sayısını ifade eden  $b$  değeri hesaplanmıştır. Kijko ve Sellevoll (1989) yöntemi kullanılarak geri dönüşüm periyodları ve her bölgede beklenen maksimum magnitüdü depremler hesaplanarak haritalanmıştır. Sonuçlar, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun doğu ve batı ucunun gelecekte büyük bir depremin oluşumu için en olası bölgelerden biri olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, magnitüdü  $M \geq 7.0$  olan bir deprem için en büyük değeri gösteren olasılık grafikleri ile güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Dolayısıyla, 12, 20, 21 ve 24. bölgeleri içeren Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Ege arkında magnitüdü 7.0' dan büyük olan bir depremin 500 yıl içerisinde olma olasılıkları ortalama olarak %70'ten büyüktür.  $b$  değeri en düşük değerlerini Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, Malatya, Erciş, Süphan ve Muş Fayları, Bitlis Bindirme Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu ve Ölü Deniz Fayı' nın bir bölümünde almıştır. 1903'ten beri kırılmamış 3. bölge ve 1975'ten beri kırılmamış 4. bölge DAFZ' nun en önemli tektonik kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, 1. bölgedeki Erzincan ve Erzurum arasındaki kısım ve 7. bölgedeki Ölü Deniz Fayı' nın bir kısmı kırılmamıştır ve gelecekte büyük bir deprem üretebilir.  $b$  değerinin gerilme ile olan ilişkisi göz önüne alındığında ve son yıllarda bu bölgelerdeki gerilme birikimini azaltacak büyük depremlerin olmadığı düşünülürse, bu bölgelerde gelecek yıllarda büyük bir depremin olma olasılığı diğer bölgelere göre daha yüksektir. Buna karşın,  $b$  değerinin yüksek olduğu Ege bölgesinde ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun orta kısmında son yıllarda meydana gelen büyük bir depremin (1999 Düzce depremi) bölgedeki gerilme dağılımını azalttığı ve bununda bu bölgede daha yüksek  $b$  değerine neden olduğu sonucuna varılabilir. En büyük beklenen maksimum magnitüd değerleri Ege bölgesinde ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun doğu ve batı ucunda gözlenmiştir. Bazı bölgelerde beklenen magnitüd değerleri gözlenen magnitüd değerlerine kıyasla daha büyüktür. Dolayısıyla, beklenenlerin gözlenen maksimum magnitüd değerlerinden daha büyük hesaplandığı fay sistemleri, gözlenenden daha büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir.

## 6. 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.
- Aki, K., 1984. Characteristic earthquakes and strong motion prediction. Jour. Geophys. Res., 89, 5867-5872.
- Alptekin, Ö., 1978. Magnitude-frequency relationships and deformation release for the earthquakes in and around Turkey, thesis for promoting to associate professor level, Karadeniz Technical University, 107.
- Anagnos, T. ve Kiremidjian, A. S., 1988. A review of earthquake occurrence models for seismic hazard analysis. Probab. Eng. Mech., 3, 3-11.
- Aslan, E., 1972. Magnitude and time distributions of earthquakes in Turkey. Bull. Int. Inst. Seismol. Earthquake. Eng., 7, 1-10.
- Bath, M., 1979. Seismic risk in Turkey; a preliminary approach. Tectonophysics, 54, T9-T16.
- Bath, M., 1981. Earthquake recurrence of a particular type. PAGEOPH, 119, 1063-1076.
- Bayrak, Y., Öztürk, S. ve Erduran, A., 2002. The relationships between maximum magnitudes and modal values for different regions of Turkey. 3<sup>rd</sup> Balkan Geophysical Congress and Exhibition, 8-4, 24-28 June, Sofia, Bulgaria.
- Bayrak, Y., Yılmaztürk, A. ve Öztürk, S., 2005. Relationships between fundamental seismic hazard parameters for the different source regions in Turkey. Natural Hazards, 36, 445-462.
- Bayrak, Y., Öztürk, S., Tsapanos, T.M., Koravos, G.Ch., Leventakis, G.A., Kalafat, D., 2007a. An evaluation of earthquake hazard parameters based on the instrumental data for different seismic regions of Turkey and adjacent areas, International Earthquake Symposium Kocaeli 2007, 92-96, 22-24.
- Bayrak, Y., Öztürk, S., Tsapanos, T. M., Koravos, G. Ch., Leventakis, G. A. ve Kalafat, D., 2007b. Estimation of the earthquake hazard parameters from instrumental data for the different regions in and around Turkey, Journal of Geophysical Research, (Submitted to).
- Bayrak, Y., Öztürk, S., Koravos, G. Ch., Leventakis, G. A. ve Tsapanos, T. M., 2008. Seismicity assessment for the different regions in and around Turkey based on instrumental data: Gumbel first asymptotic distribution and Gutenberg-Richter cumulative frequency law, Nat. Hazard and Earth Syst. Sciences, 8, 109-122.



- Bayrak, Y., 2008. Comments on 'An investigation of seismicity for western Anatolia' by Sayıl and Osmañahin.
- Bektaş, O., Eyüpođlu, Y. ve Maden, N., 2007. Different modes of stress transfer in a strike-slip fault zone: an example from the North Anatolian Fault System in Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 1-12.
- Bender, B., 1983. Maximum likelihood estimation of  $b$  values for magnitude grouped data. Bull. Seism. Soc. Am., 73(3), 831-851.
- Benjamin, J. R. ve Cornell, C. A., 1970. Probability, statistics and decision for civil engineers. McGrawHill, New York.
- Bonilla, M. G., Mark, R. K. ve Lienkaemper, J. J., 1984. Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length, and surface fault displacement. Bull. Seismol. Soc. Am., 74, 2379-2411.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta., 14, 3-30.
- Burton, W. P., McGonigle, R., Makropoulos, K. C. ve Üçer, S. B., 1984. Seismic risk in Turkey, the Aegean and eastern Mediterranean: The occurrence of large magnitude earthquakes. Geophys. J. R. Astr. Soc., 78, 475-506.
- Carroll, R. J. ve Ruppert, D., 1996. The use and misuse of orthogonal regression estimation in linear errors-in-variables models. The American Statistician, 50, 1-15.
- Castellaro, S., Mulargia, F. ve Kagan, Y. Y., 2006. Regression problems for magnitudes. Geophys. J. Int., 165, 831-851.
- Cosentino, P., Ficara, V. ve Luzio, D., 1977. Truncated exponential frequency-magnitude relationship in earthquake statistics. Bull. Seism. Soc. Am., 67, 1615-1623.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B. F. ve Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and evolution of the Alpine system. Geol. Soc. Am. Bull., 84, 3137-3180.
- Dewey, J. F., 1976. Seismicity of northern Anatolia. Bull. Seismol. Soc. Am., 66, 843-868.
- Dong, W. M., Bao, A. B. ve Shah, H. C., 1984. Use of maximum entropy principle in earthquake recurrence relationships. Bull. Seism. Soc. Am., 74, 725-737.
- Erdik, M., Doyuran, V., Akkaş, N. ve Gülkan, P., 1985. A probabilistic assessment of the seismic hazard in Turkey. Tectonophysics, 117, 295-344.
- Erdik, M., Alpay, B.Y., Onur, T., Sesetyan, K. ve Birgoren, G., 1999. Assessment of earthquake hazard in Turkey and neighboring regions. Annali di Geofisica, 42, 1125-1138.
- Ergunay, O., 1976. Earthquake zoning map of Turkey. UNESCO Proc. Sem. Seism. Zoning Map, 1, 359-370.

- Eyidoğan, H., 1988. Rates of crustal deformation in western Turkey as deduced from major earthquakes. Tectonophysics, 148, 83-92.
- Gutenberg, R. ve Richter, C. F., 1954. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, Bull. Seismol. Soc. Am., 32, 163-191.
- Gumbel, L., J., 1966. Statistics of extremes, Columbia University Press. New York, 375.
- Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yüccemen, M. S., Doyuran, V. ve Bařöz, N., 1993. Earthquake zoning map of Turkey based on the most recent data (En son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası). METU Earthquake Engineering Research Center, 156, 93-01.
- Hatzidimitriou, P. M., Papadimitrou, E. E., Mountrakis, D. M. ve Papazachos, B. C., 1985. The seismic parameter b of the frequency-magnitude relation and its association with geological zones in the area of Greece. Tectonophysics, 120, 141-151.
- Jenny, S., Goes, S., Giardini, D. Ve Kahle, H-G., 2004. Eathquake recurrence parameters from seismic and geodetic strain rates in the eastern Mediterranean. Geophys. J. Int., 157, 1331-1347.
- Jiménez., M. J., Giardini, D., Grünthal, G. ve Sesame Working Group (Erdik, M., García-Fernández, M., Lapajne, J., Makropoulos, K., Muson, R., Papaioannou, Ch., Rebez, A., Riad, S., Sellami, S., Shapira, A., Slejko, D., Van Eck, T., El Sayed, A., 2001. Unified seismic hazard modelling throughout the Mediterranean region. Bolletino Di Geophysica Teorica Ed Applicata, 42, 1-2, 3-18.
- Joyner, W. B. ve Boore, D. M., 1988. Measurement, characterization, and prediction of strong ground motion, earthquake engineering and soil dynamics. 2. Recent Advances Ground Motion Evaluation, 43-102.
- Kanamori, H., 1997. The Energy Release in Great Earthquakes, . Geophys. Res., 82, 20, 2981-2987.
- Kayabalı, K. ve Akın, M., 2003. Seismic hazard map of Turkey using the deterministic approach. Eng. Jeol., 69, 127-137.
- Ketin, İ., 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. Türkiye Jeoloji Kurulu Bülteni. 19, 149-154.
- Kijko, A., 1984. Is it necessary to construct emprical distributions of maximum earthquake magnitudes? Bull. Seism. Soc. Am., 74, 339-347.
- Kijko, A. ve Sellevoll, M. A., 1986. Bayesian estimation of seismic parameters for extreme historical and complete instrumantal data. Seismological Obs. Bergen University, 7, 26.

- Kijko, A. ve Dessokey, M. M., 1987. Application of extreme magnitude distributions to incomplete earthquake files. Bull. Seismol. Soc. Am., 77, 1429-1436.
- Kijko, A., 1988. Maximum likelihood estimation of Gutenberg-Richter  $b$  parameter for uncertain magnitudes values. Pageoph, 127, 573-579.
- Kijko, A. ve Sellevoll, M. A., 1989. Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part I. Utilization of extreme and complete catalogs with different threshold magnitudes. Bull. Seismol. Soc. Am., 79, 645-654.
- Kijko, A. ve Sellevoll, M. A., 1992. Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part II. Incorporation of magnitude heterogeneity. Bull. Seismol. Soc. Am., 82, 120-134.
- Kijko, A. ve Graham, G., 1998. 'Parametric-historic' procedure for probabilistic seismic hazard analysis. Part I. Estimation of maximum regional magnitude  $M_{max}$ . Pageoph, 152, 413-442.
- Kijko, A. ve Graham, G., 1999. 'Parametric-historic' procedure for probabilistic seismic hazard analysis. Part II. Assessment seismic hazard at specified site. Pageoph, 154, 1-22.
- Kimball, B. F., 1946. Sufficient statistical estimation function for the parameters of the distribution of maximum values. Ann. Math. Statists. 17, 299-306.
- Knopoff, L. ve Kagan, Y., 1977. Analysis of the theory of extremes as applied to earthquake problems, J. Geophys. Res., 82, 5647-5657.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, B., Adamia, S. ve Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodin Acta, 14, 177-195.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J., 1979. The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. Tectonophysics, 60, 1-42.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Lallemand, S., Noomen, R. ve Veis, G., 1995. Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: Implications for eastern Mediterranean tectonics. J. Geophys. Res., 100, 12,675-12,690.
- Manakou, M. V. ve Tsapanos, T. M., 2000. Seismicity and seismic hazard parameters evaluation in the island of Crete and the surrounding area inferred from mixed files. Tectonophysics, 321, 157-178.
- Mart, Y. ve Woodside, J., 1994. Preface: Tectonics of the Eastern Mediterranean, Tectonophysics, 234, 1-3.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Gergiev, I., Hamburger, M., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidse, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S.,

- Mishin, A., Nadaria, M., Ouzounus, A., Paradisissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanlı, I., Seeger, H., Teableb, A., Toksöz, N. ve Veis, G., 2000. Gps constrains on crustal movements and deformations for plate dynamics. J. Geophys. Res., 105, 5695-5720.
- Mckenzie, D. P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. Geophys. J. Royal Astron. Soc., 55, 217-254.
- Miyamura, S., 1962. Magnitude-frequency relations and its bearing on geotectonics. Proc. Jap. Acad., 38, 27-30.
- Olsson, R., 1999. An estimation of the maksimum b-value in the Gutenberg-Richter relation. Geodynamics, 27, 547-552.
- Oral, M. B., Reilinger, R. E., Toksöz, M. N., Kong, R. W., Barka, A. A., Kınık, I. ve Lenk, O., 1995. Global positioning system offersevidence of plate motions in eastern Mediterranean. EOS Transac. 76, 9.
- Öztürk, S., Bayrak, Y., Çınar, H., Koravos, G.Ch. ve Tsapanos, T.M., 2007. Regional variations of earthquake hazard parameters for different source regions in Turkey and vicinity, International Earthquake Symposium, Kocaeli, 87-91, 22-24.
- Page, R., 1968. Aftershocks and microaftershocks. Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1131-1168.
- Papazachos, B. C. ve Comniakis, P. E., 1971. Geophysical and tectonic features of the Aegean arc. J. Geophys. Res., 76, 8517-8533.
- Rao, C. R., 1973. Linear statistical inference and its application. John Wiley and Sons, New York, 625.
- Reilinger, R. E., McClusky, S. C., Oral, M. B., King, W. ve Toksöz, M. N., (1997). Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabian-Africa-Eurasia plate collision zone. J. Geophys. Res., 102, 9983-9999.
- Sayı, N. ve Osmaşahin, N., 2008. An investigation of seismicity of western Anatolia. Natural Hazards, 44, 51-64.
- Singh, S. K. Ve Havskov, J., 1980. On moment-magnitude scale. Bull. Seism. Soc. Am., 70, 379-383.
- Scholz, C. H., 1968. The frequency–magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes. Bull. seism. Soc. Am., 58, 399–415.
- Şaroğlu, F., Emre, O. ve Kuşçu, I., 1992. Active fault map of Turkey. Printed by General Directorate of Mineral Research and Exploration.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181–241.

- Tinti, S. ve Mulargia, F., 1985. Effects of magnitude uncertainties in the Gutenberg-Richter frequency-magnitude law. Bull. Seismol. Soc. Am., 75, 1681-1697.
- Tirifonov, V. G., 1995. World map of active faults (Preliminary Results of Studies). Quaternary International, 25, 3-12.
- Tsapanos, T. M., 1990. *b* values of two tectonic parts in the circum-pasific belt. Pageoph, 134, 229-242.
- Tsapanos, T. M. ve Papazachos, B. C., 1998. Geographical and vertical variation of the earth's seismicity. J. Seismol., 2, 183-198.
- Tsapanos, T. M., 2001. Earthquake hazard parameters estimated in Crete Island and the adjacent area. Pure Appl. Geoph., 158, 1691-1718.
- Tsapanos, T. M. ve Christova, C. V., 2003. Earthquake hazard parameters in Crete Island and its surrounding area from Bayes statistics: an integration of morphology of seismically active structures and seismological data. Pure Appl. Geoph., 160, 1517-1536.
- Utsu, T., 1965. A method for determining the value of *b* in the formula  $\log N = a - bM$  showing the magnitude-frequency relation for earthquakes, Geophys. Bull. Hokkaido. Univ., 13, 99-103
- Üçer, S. B., Crampin, S., Evabs, R., Miller, A. ve Kafadar, N., 1985. The MARNET radio linked seismometer network spanning the Marmara Sea and the seismicity of western Turkey. Geophys. J. Royal. Astron. Soc., 83, 17-30.
- Wang, J. H., 1988. *b*-values of shallow earthquakes in Taiwan. B. Seismol. Soc. Am., 78, 1243-1254.
- Weichert, D. H., 1980. Estimation of the earthquake recurrence parameters for unequal observation periods for different magnitudes, Bull. Seismol. Soc. Am., 70, 1337-1346.
- Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. Bull. Seismol. Soc. Am., 4, 975-1002.
- Wong, H. K., Degens, E. T. ve Finckh, P., 1978. Structure in modern lake Van sediments as revealed by 3.5 KHz high resolution profiling, in: Degens, E.T., Kurtman, F. (Eds.), The geology of Lake Van. Min. Res. Expl. Inst. Publ., 169, 11-19.
- Yaltrak, C., Alpar, B. ve Yüce, H., 1998. Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (Northeastern Aegean Sea, Turkey). Tectonophysics, 300, 227-248.
- Yarar, R., Ergünay, O., Erdik, M. ve Gülkan, P., 1980. A preliminary probabilistic assessment of the seismic hazard in Turkey. Proc. 7<sup>th</sup> World Conf. Earthquake Eng., Istanbul, 309-316.

Yılmaztürk, A., Bayrak, Y. ve Çakır, Ö., 1999. Crustal seismicity in and around Turkey. Natural Hazards, 18, 253-267.

URL-1. <http://www.tusiad.org.tr/turkish/rapor/cografya2/202210.pdf>, 15/03/2006.

URL-2. <http://www.mam.gov.tr/enstituler/ydbe/index.html>, 15/03/2006.

URL-4. <http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/turknetkatalog.php>, 15/03/2006.

URL-5. <http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/isckatalog.php>, 15/03/2006.

URL-6. <http://www.iris.edu/qaakes/eventsrch.htm>, 15/03/2006.

## ÖZGEÇMİŞ

09.02.1978 tarihinde Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1995 ÖSYS sınavıyla Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümüne girmeye hak kazandı. 2002-2003 Eğitim-Öğretim yılında lisans eğitimini tamamladı ve 2005 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünde mühendis olarak göreve başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.