

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OLASILIK VE İSTATİSTİK YÖNTEMLER İLE
AMASYA İLİNİN SİSMİK TEHLİKESİNİN TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeof. Müh. Recai Feyiz KARTAL

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Günay BEYHAN

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OLASILIK VE İSTATİSTİK YÖNTEMLER İLE
AMASYA İLİNİN SİSMİK TEHLİKESİNİN TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeof. Müh. Recai Feyiz KARTAL

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : SİSMOLOJİ

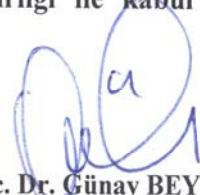
Bu tez 08/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Gündüz HORASAN
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Serkan IRMAK
Üye



Yrd. Doç. Dr. Günay BEYHAN
Üye

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yöneticiliğini üstlenen, yoğun çalışmaları arasında büyük özverileri ile beni yönlendiren ve bunun yanında değerli bilgilerinden yararlandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Günay BEYHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni sismik tehlike analizi ile tanıştıran ve tez çalışmam sırasında bilgi, tecrübe ve yardımlarını eksik etmeyen Sayın Dr. Nazan YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin olgunlaşma aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan ve yoğun çalışmaları arasında bana zaman ayıran Sayın Prof. Dr. M. Semih YÜCEMEN'e teşekkür ederim.

Çalışmalarının yoğunluğu arasında zamanımı almama izin veren ve bilgilerini benimle paylaşan Sayın Prof. Dr. Reşat ULUSAY'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimi için beni destekleyen, eğitimim sırasında yardımını hiç esirgemeyen ve her türlü müsamahayı gösteren Sismoloji Şube Müdürü Sayın Yıldız İRAVUL'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca konu ne olursa olsun yardımını hiç esirgemeyen Jeofizik Yük. Mühendisi Sayın Tuğbay KILIÇ'a teşekkür ederim.

Tezimin yazım aşamasında, yapmış olduğu çevirilerle katkı sağlayan ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen Jeoloji Yük. Mühendisi Sayın Filiz Tuba KADİRİOĞLU'na ayrıca teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olduğunu hissettiren, her konuda bana destek olan eşim Emine KARTAL'a ve onunla vakit geçirirken bütün sıkıntılarımı unutturan biricik oğlum H. Emre KARTAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI VE SİSMOTEKTONİĞİ	6
2.1. Türkiye’nin Tektonik Yapısı	6
2.1.1. Ana tektonik yapılar	10
2.1.1.1. Kuzey anadolu fay sistemi (KAFS)	10
2.1.1.2. Doğu anadolu fay sistemi (DAFS)	11
2.1.1.3. Ölü deniz fay zonu	12
2.1.1.4. Ege graben sistemi (EGS)	12
2.1.1.5. Kıbrıs yayı	13
2.1.1.6. Bitlis kenet kuşağı (BKK)	13
2.2. Türkiye’nin Sismotektoniği	14
BÖLÜM 3.	
ÇALIŞMA ALANI	20
3.1. Giriş.....	20

3.2. Amasya ve Çevresinin Sismisitesi	21
BÖLÜM 4.	
AMASYA BÖLGESİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ	27
4.1. Sismik Tehlike Analizi Yöntemi	27
4.1.1. Deterministik sismik tehlike analizi	28
4.1.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi	28
4.2. Çalışmada Kullanılacak Deprem Kataloğunun Oluşturulması	31
4.3. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi ve Depremselliklerinin Tespiti	34
4.4. İvme-Azalım İlişkisi	44
4.4.1. Kalkan ve Gülkan, 2004	45
4.4.2. Boore ve diğerleri, 1997	46
BÖLÜM 5.	
AMASYA İLİ İÇİN TAHMİN EDİLEN SİSMİK TEHLİKE DEĞERLERİ	48
5.1. Kalkan ve Gülkan Bağıntısına Göre Amasya İli İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike	48
5.2. Boor ve Diğ., Bağıntısına Göre Amasya İli İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike	52
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	55
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a, b	: İlgili bölge için saptanan regresyon katsayıları
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AİGM	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
AMZ	: Amasya Makaslama Zonu
ave	: Farklı sismoloji merkezlerinin aynı ölçeğe göre verdikleri deprem büyüklüklerinin ortalaması
BFZ	: Bornova Filiş Zonu
BİB	: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
BKK	: Bitlis Kenet Kuşağı
D	: Doğu
DAD	: Deprem Araştırma Dairesi
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DAFS	: Doğu Anadolu Fay Sistemi
D-B	: Doğu-Batı
DF	: Deliçay Fayı
DöF	: Derinöz Fayı
EGS	: Ege Graben Sistemi
EKK	: En küçük kareler
EsF	: Esençay Fayı
EzF	: Ezinepazarı Fayı
G	: Belirli bir yerde oluşacak en büyük zemin ivmesi
g	: ivme birimi
GF	: Geldingen Fayı
GGB	: Güney-Güneybatı
GGD	: Güney-Güneydoğu
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi

h	: Regresyonla bulunan sanal derinlik
IDNDR	: Doğal Afet Zararlarının Azaltılması On Yılı
ISC	: Uluslararası Sismoloji Merkezi
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
K-G	: Kuzey-Güney
KKB	: Kuzey-Kuzeybatı
KKD	: Kuzey-Kuzeydoğu
λ	: İncelenen bölgede birim zaman süresinde meydana gelen magnitüde m_0 'a eşit veya m_0 'dan büyük depremlerin ortalama sayısı
Log	: 10 tabanına göre logaritma
M	: Richter magnitüdü
Mb	: Cisim dalgası magnitüdü
Md	: Süre magnitüdü
MF	: Mecitözü Fayı
Ml	: Yerel magnitüd
Ms	: Yüzey dalgası magnitüdü
Mw	: Moment magnitüdü
n	: Olay sayısı
N(M)	: Birim zaman içinde magnitüde M'ye eşit ya da M'den büyük ortalama deprem sayısı
OSTA	: Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi
P	: Olasılık değeri
p_1	: Yıllık sismik tehlike değeri
$P_n(t)$: t sürede n adet olay olma olasılığı
r_{cl}	: Yırtılma yüzeyinin yeryüzüne izdüşümü
σ	: Standart sapma
SRL	: Sismik kaynağın uzunluğu
SuF	: Suluova (Merzifon) Fayı
t	: Zaman

TF : Taşova Fayı
Vs : S dalga hızı
 β : Büyük depremlerin küçük depremlere göre hangi sıklıkta meydana geldiğini gösteren sismotektonik parameter.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Yerkabuğunda bulunan belli başlı levhalar ve levha sınırları	7
Şekil 2.2.	Tektonik harita.....	9
Şekil 2.3.	Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı	15
Şekil 2.4.	1900-2008 dönemini kapsayan 27'şer yıllık periyotlardaki deprem sayısının değişimi	16
Şekil 2.5.	Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 6.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı	17
Şekil 2.6.	Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 5.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı	19
Şekil 3.1.	Amasya ili deprem bölgeleri haritası	21
Şekil 3.2.	Amasya ili ve çevresinin aktif fayları	22
Şekil 3.3.	Amasya ve yakın çevresindeki aktif faylar	23
Şekil 3.4.	Amasya ve yakın çevresinde 1900-2008 döneminde meydana gelen aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı	24
Şekil 3.5.	Çalışma alanında 1900-2008 döneminde meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin Magnitüd-Deprem Sayısı grafiği	25
Şekil 3.6.	Çalışma alanı içerisinde 1900-2008 döneminde meydana gelen önemli depremler	26
Şekil 4.1.	Deterministik yaklaşımın aşamaları	28

Şekil 4.2.	Bir proje alanı için olasılıksal sismik tehlike analizinin genel aşamaları	30
Şekil 4.3.	Sismik kaynak bölgeleri ve belirlenen sismik kaynaklar	35
Şekil 4.4.	Amasya yöresini etkileyebilecek sismik kaynaklar	38
Şekil 4.5.	Kuzey Anadolu Fay Zonu – Segment D için magnitüd-frekans ilişkisi	39
Şekil 4.6.	Ezinepazarı-Kırıkkale Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi	40
Şekil 4.7.	Orta Anadolu Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi	41
Şekil 4.8.	Kırşehir Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi	42
Şekil 4.9.	Geri Plan Alan Kaynak için magnitüd-frekans ilişkisi	43
Şekil 5.1.	Kalkan ve Gülkan tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak, Amasya ili ve ilçeleri için elde edilen, 475 yıllık tekerrür süresine karşılık gelen sismik tehlike eğrileri	49
Şekil 5.2.	Kalkan ve Gülkan [140] tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, Amasya ili için elde edilen 475 yıllık tekerrür süresine karşılık gelen eş-ivme haritası	50
Şekil 5.3.	Amasya ili için elde edilen eş-ivme haritası ve çalışmada kullanılan sismik kaynaklar	51
Şekil 5.4.	Boore vd diğ. [141] tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak, Amasya ili ve ilçeleri için elde edilen, 475 yıllık tekerrür süresine karşılık gelen sismik tehlike eğrileri	52
Şekil 5.5.	Boore ve diğerleri [141] tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, Amasya ili için elde edilen 475 yıllık tekerrür süresine karşılık gelen eş-ivme haritası	53
Şekil 5.6.	Amasya ili için elde edilen eş-ivme haritası ve çalışmada kullanılan sismik kaynaklar	54
Şekil 6.1.	İvme-azalım ilişkisi seçiminin sonuçlara etkisi	57

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Aletsel dönemde çalışma alanında meydana gelen önemli depremler	25
Tablo 4.1.	Öncü ve artçı depremlerin ayırt edilmesinde kullanılan zaman-uzaklık penceresi	34
Tablo 4.2.	Sismik kaynak bölgeleri için hesaplanan deprensellik parametreleri	37
Tablo 4.3.	Çalışma alanı için belirlenmiş olan sismik kaynakların adı, uzunluğu ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri	44
Tablo 4.4.	(5) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri	46
Tablo 4.5.	(7) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri	47
Tablo 6.1.	Amasya ili için hesaplanan ivme değerleri	56
Tablo 6.2.	Amasya ilçe merkezleri için hesaplanan ivme değerleri	56

ÖZET

Anahtar kelimeler: Amasya, sismik tehlike analizi.

Amasya, Karadeniz Bölgesinin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alır. Anadolu'nun eski yerleşim alanlarından biri olan Amasya, Hititlerden başlayarak çeşitli uygarlıkların merkezi olmuştur. 1927'de 11000 olan nüfus; 1990'da 57087'ye, 2000'de 74393'e, 2007'de 85851'e ve 2008'de 87543'e ulaşmıştır.

Mevcut Deprem Bölgeleri Haritasına göre ilin neredeyse tamamı I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Göynücek ilçesinin en güney kesimi II. derece deprem bölgesine girmiştir.

Bu çalışmada olasılık ve istatistik yöntemlerden yararlanılarak Amasya ilinin sismik tehlikesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı 38.41° – 42.85° Kuzey, 32.86° – 38.40° Doğu koordinatları olarak belirlenmiştir. 01.01.1900-31.12.1997 dönemi için, Uluslararası Sismoloji Merkezi (ISC) kataloglarından ve 01.01.1998-31.12.2008 dönemi için Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü çalışanları tarafından, oluşturulan deprem kataloğu kullanılmıştır. Çalışma alanında 01.01.1900 – 31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan farklı ölçekteki deprem magnitüd değerleri ortak bir ölçeğe (M_w) dönüştürülerek deprem kataloğu yeniden derlenmiştir. Çalışma alanını etkileyebilecek sismik kaynaklar belirlenmiştir. İvme azalım bağıntıları kullanılarak sismik tehlike eğrileri ve eş-ivme haritaları elde edilmiştir. Bütün hesaplamalar neticesinde Taşova ilçesi sismik tehlikesi en fazla olan yerleşim yerleri arasında ilk sırayı alırken, Hamamözü ilçesi bu sıralamada sonuncu olmuştur.

PROBABILITY STATISTICAL METHODS TO ESTIMATE THE SEISMIC HAZARD OF THE PROVINCE OF AMASYA

SUMMARY

Key Words: Amasya, Seismic Hazard Analysis

Amasya is located in the Middle part of the Blacksea Region. Amasya which is an old settlement of Anatolia was a centre of various civilizations from Hittites. The population was 11000 at 1927, it increase to 57807 at 1990, 74393 at 2000, 85851 at 2007 and 87543 at 2008.

According to existing seismic zone map, nearly all of the city is located at the first degree seismic zone. The most south of Göynücek is located at the second degree seismic zone.

In this study; Seismic Hazard of Amasya is tried to predict with probability and statistic methods. Study area is defined as $38.41^{\circ} - 42.85^{\circ}$ North, $32.86^{\circ} - 38.40^{\circ}$ East.

International Seismology Center (ISC) Earthquake Catalog (for Turkey) used for period of 01.01.1900 – 31.12.1997 and Earthquake Research Department Seismology Division (ERD) Earthquake Catalog used for period of 01.01.1998 – 31.12.2008. Earthquakes occurred in the area between 01.01.1900 and 31.12.2008 with magnitudes 4.0 and greather having different scales are converted to a common scale M_w and earthquake catalog is recompiled. Seismic sources which may affect the study area are determined. Seismic hazard of Amasya was interpreted using acceleration decay relation. According to our calculations, Taşova is the most seismically risky region and Hamamözü is the last risky region.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, aktif faylara ev sahipliği yapmaktadır. Aletsel dönemde bu faylar üzerinde çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiş, oldukça fazla can ve mal kaybı yaşanmıştır. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde 1939 Erzincan depremi ile başlayan yıkıcı deprem serisi, 20. yüzyılın son büyük depremleri olan 1999 depremleri ile son bulmuştur.

Depremler yüzyıllardır Dünyada ve Türkiye’de önemli can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. 20. yüzyılın son büyük depremleri olan 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri, bunun en çarpıcı örneğidir. Türkiye yüzölçümünün % 96’sı deprem riski altındadır. 1900-2008 döneminde Türkiye’de 190 hasar yapıcı deprem [1] meydana gelmiş, çok sayıda can kaybı yaşanmıştır. Son yüzyılda Türkiye’de meydana gelen depremlerden dolayı hayatını kaybeden kişi sayısı 80,000’i geçmiştir [2]. 2000 yılı genel nüfus sayımı verilerine göre Türkiye nüfusunun 67,803,927 [3] olduğu göz önüne alındığında, depremler nedeni ile yaşanan can kaybı oldukça fazladır. Bu kadar çok can kaybına neden olabilecek etkenlerin başında sanayi bölgeleri gelmektedir. Çünkü sanayi bölgeleri, insan göçünün en önemli faktörlerinden biridir. Bu göçler, belirli kentlerdeki (sanayi bölgeleri) nüfusun hızlı bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Buna paralel olarak kentlerdeki yapılaşma da artmaktadır. Ancak bu yapılaşma için belirli bir planlama yapılamamaktadır. Ayrıca bu bölgelerde yapılan yapıların önemli bir bölümü de deprem yönetmeliğine uyulmadan, belirli aşamalardaki denetimler yapılmadan, kalitesiz işçilik ve malzeme kullanılarak inşa edilmektedir. Mevcut yapılara yapılan kat ilaveleri ve katlarda kullanıma bağlı rastgele değişikliklerin yapılması, bina taşıyıcı sistemlerine önemli zararlar vermektedir. Bütün bu olumsuz koşullar, yıkıcı bir deprem anında önemli can ve mal kaybına neden olmaktadır.

Büyük depremler genellikle; zemin sıvılaşması, kaya düşmesi, heyelan, çığ düşmesi, yangın ve taşkın gibi afetleri de beraberinde getirirler. Bu ikincil afetlerin etkileri depremin doğrudan etkisinden daha büyük olabilir. Örneğin; deprem nedeni ile yıkılan barajın meydana getireceği etki, depremin doğrudan etkisinden daha büyük olabilir. Diğer taraftan depremden sonra ulaşım ve haberleşmenin aksamaması, yıkılan veya hasar gören işyerleri nedeni ile olgunlaşan işsizlik, kirlenen içme suyu ve buna bağlı olarak gelişen çevre sağlığı problemleri, salgın hastalıklar ve insanlar üzerindeki psikolojik bozukluklar, depremin sosyo-ekonomik zararları olarak karşımıza çıkmaktadır [4].

Deprem oluşumunu engellemek mümkün olmadığına göre depremlerle yaşamayı öğrenmek gerekmektedir. Bu kapsamda, doğal afet zararlarını en aza indirebilmek için devlet bünyesinde politikalar geliştirilmeli, bunun için bütçeden kaynak ayrılmalıdır. Çünkü doğal afetler nedeni ile her yıl dünyada birçok insan hayatını kaybetmektedir. İnsan hayatını yakından ilgilendiren bu konu ile ilgili olarak ilk adım Birleşmiş Milletler tarafından atılmıştır. Birleşmiş Milletler, 1990-2000 yılını Doğal Afet Zararlarının Azaltılması On Yılı (International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR)) olarak ilan etmiştir. Özellikle deprem ve tsunami gibi doğal afet zararlarını en aza indirebilmek için ulusal kurum ve kuruluşlar, meslek örgütleri ve mühendislik büroları ile ortak çalışma programları düzenlemiştir. Depreme maruz kalan ülkeler, depremleri önlemede yetersiz kalırken; Birleşmiş Milletler, deprem riskini ve bunun insanlık üzerindeki etkilerini azaltabilecek programlar geliştirmiştir. Tsunami Erken Uyarı Sistemi'nin geliştirilmesi bunun en güzel örneğidir. IDNDR komisyonu, deprem riski altında olan ülkelerin birlikte hareket etmesini önermiş ve bu konuda çalışma programları oluşturmuştur. İlk etapta barajların gözlenmesi üzerinde durulmuş; yakın gelecekte bilgi elde etmek amacıyla, sismik aktifliği fazla olan birkaç ülkede sismik aletler kurmuştur. Erken uyarıya yönelik olarak kabuktaki P ve S dalga hızlarını kullanarak kısa süreli erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi projesi, IDNDR'ın sismik tehlikeleri belirleyebilmek için planladığı projelerden bir tanesidir. Bu proje ile büyük bir deprem meydana geldiğinde; depremin yeri ve oluş zamanı, bilgisayar ortamında 4 saniye gibi kısa bir sürede belirlenerek, birkaç yüz kilometre uzaklıktaki yerlere haber verilmesi düşünülmektedir. Yıkıcılık özelliği yüksek olan S dalgalarının yaklaşık yarım dakika

sonra ulaşacağı göz önüne alındığında, depreme duyarlı sistemlerin kapatılması bakımından son derece yeterli bir süre olduğu düşünülmektedir [5].

Diğer taraftan, depreme dayanıklı bina yapımı ile ilgili tekniklerin geliştirilmesine altlık oluşturacak sismik tehlike haritalarının hazırlanması, önemli bir işlev olarak ortaya çıkmaktadır. Zira binaların depremden en az zararla ya da zararsız olarak kurtulabilmesi için inşaat alanının deprem tehlikesi bakımından değerlendirilmesi gerekir. Ayrıca yapılacak olan yapıların projelendirilmesinde bu değerlendirme göz önünde bulundurulmalıdır. Sismik aktivitesi fazla olan bir bölgede meydana gelecek depremin parametrelerinin (oluş zamanı, yeri, büyüklüğü, derinliği, v.s.) önceden kestirimi mümkün değildir. Aynı şekilde zemin titreşimlerinin özelliklerini yansıtan hız, ivme, yer değiştirme ve spektral ivme gibi parametrelerin en büyük değerlerinin kestirimi de olanaksızdır. Bu durum, belirli bir zaman aralığında meydana gelecek depremlerin, inşaat alanında yaratacağı etkilerinin tahmin edilememesi bakımından, deprem mühendisliğinde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisidir. Depremler zaman, yer ve büyüklük bakımından rassaldırlar. Bu nedenle depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde kullanılacak olan parametrelerin belirlenebilmesi için, olasılık ve istatistik yöntemlerin kullanılması gerekir [6].

Olasılıksal sismik tehlike analizi kavramı ilk defa Cornell [7] tarafından ortaya atılmıştır. Cornell'in belirlemiş olduğu sismik tehlike analizi işlem basamakları için çarpıcı bir değişikliğe gidilme ihtiyacı duyulmamıştır. Sadece işlem basamaklarının ayrıntılarında bazı güncellemeler yapılmıştır.

Sismik tehlike ile ilgili olarak çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Deniz ve Yüccemen [8], “Antalya Yöresi İçin Deprem Tehlikesinin Stokastik Yöntemler İle Tahmini” başlıklı çalışmalarında stokastik yöntemlerden yararlanarak Antalya yöresinin deprem tehlikesini tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında yörenin 250 km yakınlığında son yüzyıl içinde meydana gelen depremlerden oluşan ve farklı magnitüd ölçeklerindeki depremleri ortak bir ölçeğe dönüştürerek kapsamlı bir deprem kataloğu derlemişlerdir. Antalya'yı etkileyebilecek yakınlıkta ve önceki

çalışmalarla belirlenmiş olan sismik bölgelerin sınırlarını revize etmişler ve yerel bir azalım ilişkisi kullanmışlardır. 475 yıllık tekrarlanma süresi için en büyük yer ivmesini Merkez ilçe için 0.26 g, Kaş ilçesi için ise 0.30 g olarak elde etmişlerdir.

Selçuk ve Yücemem [9], “Candamarı Şebekelerinin Deprem Güvenirliği” başlıklı çalışmalarında iletişim, dağıtım ve ulaşım şebekelerini candamarı şebekeleri olarak adlandırmışlardır. Deprem tehlikesi altındaki bir candamarı şebekesinin kalım olasılığının hesaplanmasının, hasar yapıcı bir deprem esnasında ve sonrasında candamarı şebekesinin işlevini devam ettirmesinin önemi nedeniyle gerekli görmüşlerdir. Bu noktadan hareketle candamarı şebekelerinin deprem güvenirliliğini istatistiksel yöntemlerle tahmin etmek üzere kapsamlı bir model geliştirmişlerdir.

Deniz [10], “Deprem Sigorta Pirim Oranlarının Stokastik Yöntemlerle Tahmini” konulu çalışmasında Türkiye’nin değişik deprem bölgeleri için deprem sigorta pirimlerinin gerçekçi tahminlerinin elde edilmesinde, önceden bilinen ayrıntılı bir modelin geliştirilmesi için istatistiksel yöntemleri kullanmıştır. Çalışmada kullanılan model, gelecekteki deprem tehlikesi hakkındaki bilgi ile binalarda beklenen deprem hasarı ile ilgili bilgiyi birleştirmiştir. Olasılığa dayalı geliştirilmiş yöntemin uygulamasının gösterilebilmesi için Türkiye’nin değişik deprem bölgelerindeki betonarme ve yığma yapılar seçilmiş, bu yapılar için sigorta pirim oranları hesaplanmıştır.

Polat [11], “Earthquake Hazard of the Aegean Extension Region (West Turkey)” başlıklı çalışmasında Ege genişleme bölgesinin depremlerini kullanarak bölgenin deprem tehlikesi hakkında bir yaklaşıma gitmiştir. Çalışma bölgesinde (i) Çandarlı Körfezi ve Bergama-Zeytindağ Fay Zonu, (ii) İzmir Fay Zonu ve Orhanlı Fay Zonu, ve (iii) Buldan ve çevresi olmak üzere üç anomali alanı tespit etmiştir. Bu alanlarda büyük depremlerin beklenmemesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Genç [12], “Probabilistic Seismic Hazard Assessment For Eskişehir” başlıklı çalışmasında, Eskişehir için farklı zeminlerde, % 10 aşılma olasılığı için, 50 ve 100 yıllık sürelerde en büyük yer ivmelerini içeren olasılığa dayalı tehlike haritaları geliştirmiştir.

Özmen [13], “Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi” konulu çalışmada, sismik tehlike analizi yöntemlerinden biri olan deterministik yöntemi kullanmış ve Kastamonu ilinin eş-şiddet ve eş-ivme dağılım haritalarının yanı sıra ilin deprem tehlikesinin belirlenmesini amaçlamıştır. İlin Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede-Niksar arasında kalan bölümünde meydana gelebilecek depremlerden etkilenebileceği ve bu fay üzerinde aletsel büyüklüğü 7.5 ve daha büyük bir depremin 100 yıl içerisinde gerçekleşme olasılığının % 86 olduğunu belirlemiştir. Buna bağlı olarak da Kastamonu Merkez ilçesinde oluşabilecek zemin-bağımsız şiddet değerinin VII olabileceğini hesaplamıştır.

Erturaç ve Tüysüz [14], “Amasya ve Çevresinin Depremselliği ve Deprem Tahlikesinin Belirlenmesi” başlıklı çalışmalarında Amasya Makaslama Zonu (AMZ) dahilinde yer alan her bir fay segmenti üzerinde deprem senaryoları kurgulamışlar ve GIS ortamında ivme azalım ilişkileri kullanılarak bu depremlerin şiddet dağılımını hesaplamışlardır. AMZ içerisindeki faylar üzerinde büyüklüğü 6.0-6.9 arasında değişebilecek depremlerin olabileceğini vurgulamışlar ve bu depremlerin herhangi birinin gerçekleşmesi durumunda, Amasya ili merkez olmak üzere Yeşilirmak Vadisi, Geldingen Ovası ve Suluova'nın güneydoğu kesiminin IX-X şiddetinde etkilenebileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan Suluova, Merzifon, Aydınca ve Göynücek gibi yerleşim yerlerinin de VIII-IX şiddetinde etkileneceğini öngörmüşlerdir.

Sismik tehlike analizi ile ilgili olan bu çalışmada, olasılık ve istatistik yöntemler ile Amasya ilinin sismik tehlikesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın, bölgede yapılması planlanacak inşaatların projelendirilmesi aşamasında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

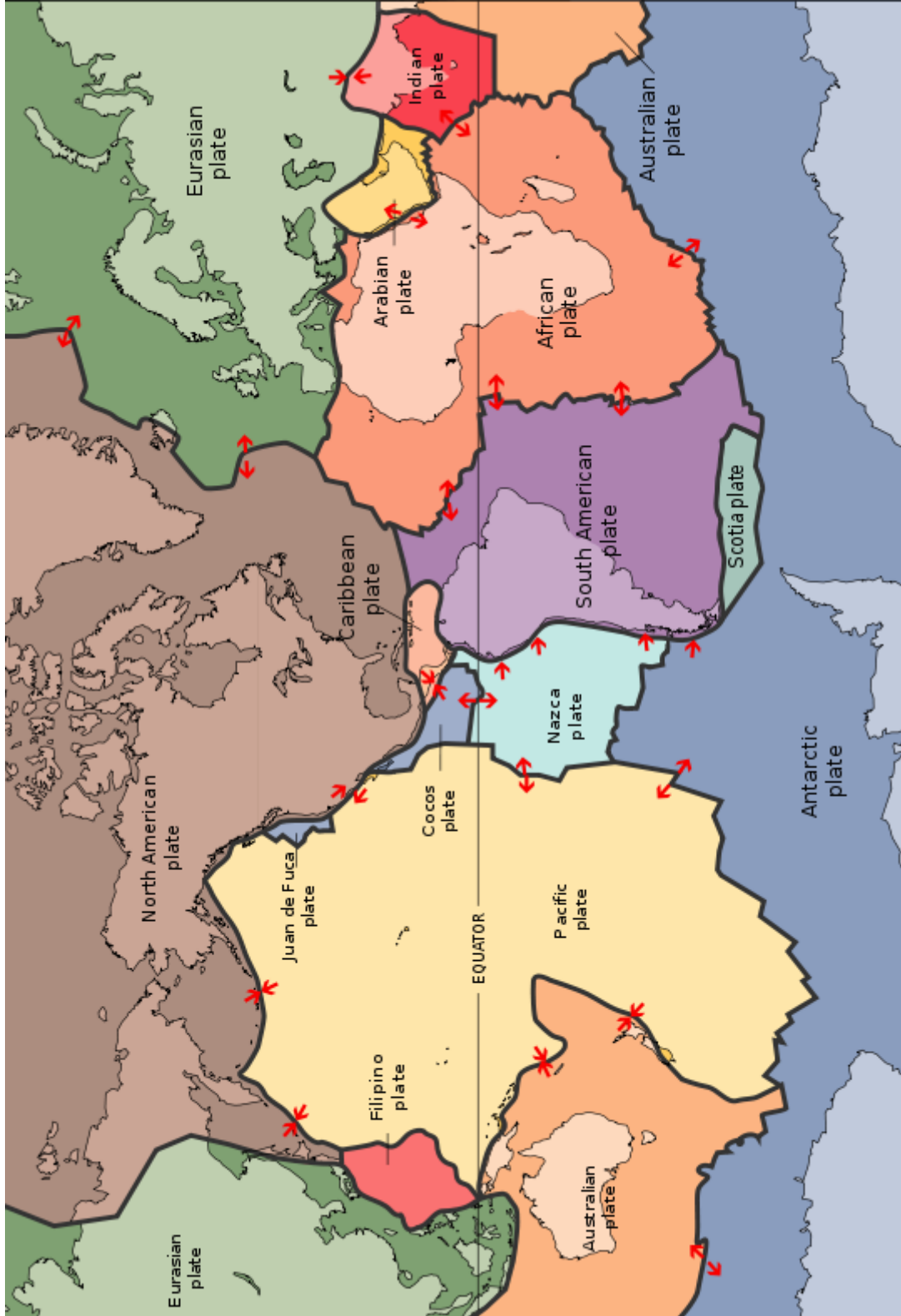
BÖLÜM 2. TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI VE SİSMOTEKTONİĞİ

2.1. Türkiye’nin Tektonik Yapısı

Başlangıçta tüm kıtaların Pangea adında tek bir kıta olduğu, zaman içerisinde parçalanıp dağılarak günümüzdeki konumunu aldığı görüşünü ilk kez 1912’de Alman bilim adamı Alfred Wegener ortaya atmıştır. Wegener’e göre yer kabuğu Avrasya, Arabistan, Güney Amerika, Kuzey Amerika, Afrika, Nazca, Avustralya, Antarktika gibi büyük ve birçok küçük levhalardan oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Dünyanın merkezi kısımlarında oluşan ısı, mantodan geçerek yüzeye çıkmaya çalışır. Bu olay üst mantoda konveksiyon akımlarının oluşmasına neden olur . Konveksiyon akımları, yer kabuğunu oluşturan levhaları harekete geçirir. Levhaların hareketi birbirinden bağımsızdır. Her bir levha sınırında önemli tektonik olaylar gerçekleşir [15].

Günümüzden 100 milyon yıl öncesinde uzaydan Akdenize bakıldığında, Anadolu’yu tanımak olanaksızdı. Çünkü Anadolu’nun yerinde büyük bir okyanus vardı ve çeşitli kıtasal parçacıklar bu okyanusun kenarında dağılmış ya da okyanusun içinde adalar olarak şekillenmişti. Adına Tetis denilen bu okyanus, en az M.Ö. 350 yılından beri iki büyük kıta arasında (Güneyde Gondwana, Kuzeyde Laurasia) var olmaktaydı. Tetis, günümüzdeki Atlantik gibi sadece geniş bir okyanus değil, oldukça dar okyanusal su kanallarından oluşmuş ada yayları ve kıtasal dilimler tarafından ayrılmış görülmekteydi (günümüzdeki güneybatı Pasifik gibi). Tetis okyanusunun son kapanımı ve Alpin Orojenezinde farklı kaya parçalarının çarpışması sonucunda, Oligosende Anadolu tek bir kıta olarak oluşmuştur. Türkiye

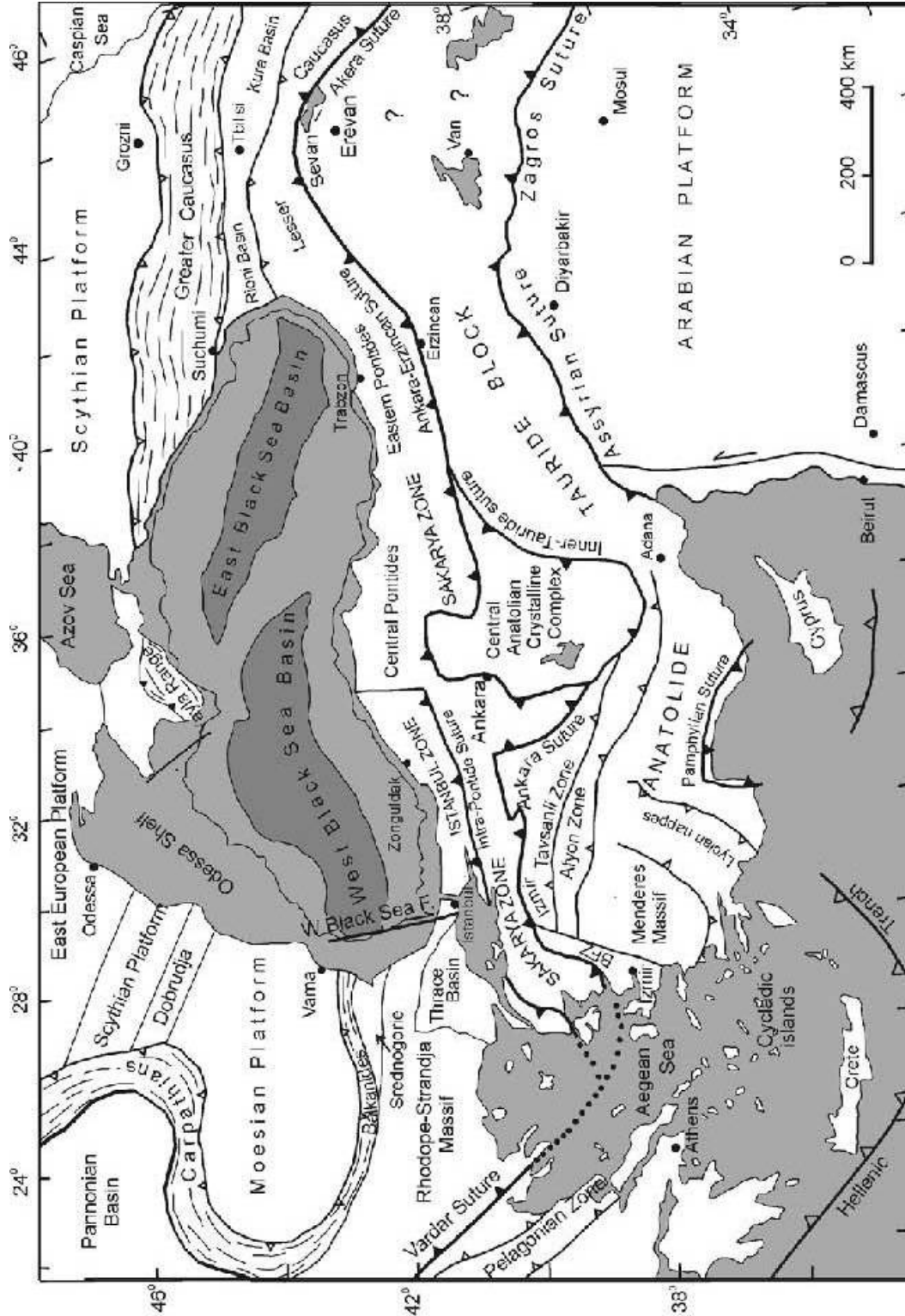


Şekil 2.1. Yerkabuğunda bulunan belli başlı levhalar ve levha sınırları [16].

çok kompleks bir jeoloji ile karakterize edilir. Bu kompleks jeolojinin sonucu olarak jeolojik evrimi büyük ölçüde farklılıklar göstermektedir. Türkiye tektonik olarak Pontidler, Anatolidler-Toridler ve Arap Platformu olarak üç ana parçaya ayrılmıştır.

Pontidler, tüm orta Avrupa'da olduğu gibi Balkanlar ve Kafkasya'daki tektonik parçalarla benzerlik gösterirler. Pontidlerin tamamı Neotetisin kuzey bölümünde yer alır. Tetis okyanusunun tamamen kapanması neticesinde, Pontidler ve Anatolidler arasındaki sınırdaki İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu oluşmuştur (Şekil 2.2).

Anatolidler ve Toridler Gondwana kıtası ile benzerlikler gösterirken, Neotetisin güney bölümü Gondwana'dan kütleli farklılıklar gösterir ve Arap platformu ile kontak halindedir. Arap platformunun kuzey kenarı Güneydoğu Anadolu ile temsil edilmektedir [17].



Şekil 2.2. Tektonik harita, kuzey doğu akdeniz bölgesinin ana sutur zonlarını ve kıtasal bloklarını göstermektedir. Sutur zonları, içi dolu üçgenlerle gösterilen eski dalma-batma zonları ile birlikte kalın çizgi halinde gösterilmektedir. Kalın çizgi üzerindeki içi boş üçgenler aktif dalma-batma zonlarını açıklamaktadır. Karadeniz'deki Geç Kretase Okyanusal Kabuğu gri tonlarında gösterilmiştir. İçi boş küçük üçgenler ana kıvrım ve itki kuşağını göstermektedir. BFZ simgesi Bornova Fliş Zonunu ifade etmektedir [17].

Oligosenin sonunda (Güneydoğu Anadolu'daki Anatolid-Toridler ve Arap platformu arasındaki dar su kanalları hariç) Anadolu, kaya parçalarının çoğunluğu tek büyük kıta ile birleşmiştir. Miyosende Arap plakası ile Anadolu plakası arasındaki çarpışma eliminasyonu, Anadolu'daki sağlam okyanusal kabuğun son işaretidir [18, 19, 20]. Bu durum Türkiye'de kıtasal sedimantasyon ve yaygın kalkalkalin magmatizma ile karakterize edilen yeni bir tektonik dönemi başlatmıştır. Bu yeni fazdaki tektonik rejime genişleme ve boyuna kırıklar hakim olmaktadır [17].

2.1.1. Ana Tektonik Yapılar

Atlantik Okyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak, Afrika-Arabistan levhaları kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket etmektedir. Diğer taraftan, Kızıldenizin kuzeydoğu-güneybatı yönünde bugün de devam eden deniz tabanı yayılması nedeni ile Arabistan levhası kuzeye doğru itilerek Avrasya levhasının altına doğru dalmaya zorlanmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesindeki yoğun sıkışmanın nedeni olarak, Arabistan levhası ile Avrasya levhası arasındaki zorlanma gösterilmektedir. Bu sıkışmaya bağlı olarak Türkiye'nin doğusunda kıta kabuğu kalınlaşmış, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) gibi belli başlı büyük kırıklar meydana gelmiştir. Sıkışmaya bağlı olarak gelişen önemli tektonik olaylardan biri de KAF ile DAF arasında kalan Anadolu Bloğunun batıya doğru hareket etmesidir. Günümüzde de devam eden bu hareket, Türkiye'nin en batı ucunda güneybatıya doğru yönelmekte ve bunun sonucu olarak batı kesimlerde açılma (genişleme) ortaya çıkmaktadır. Açılmaya bağlı olarak bu bölgede graben ve horst adı verilen çöküntü ve yükselim alanları oluşmuştur [15].

2.1.1.1. Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), göze çarpan sismik aktivitesi nedeni ile dünyada en iyi bilinen doğrultu atımlı fay sistemlerindedir. Bu fay sistemi

Kalifornia'daki San Andreas Fayı ile yakın benzerlikler göstermektedir [21, 22]. KAFS, doğuda Karlıova civarında sol yönlü Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile birleşerek üçlü birleşim noktasını oluşturur. Sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olan KAF, yaklaşık 1500 km uzunluğunda olup, doğuda Karlıovadan başlar bir yay şeklinde kuzeydoğuda sola bükülerek Vezirköprü'den geçip batı yönünde devam eder. Kargı civarında tekrar sola bükülerek güneybatı yönündeki gidişini sürdürür. KAF Karlıova üçlü birleşim noktasında sonlanmaz, buradan güneydoğuya yönelir [23]. Üçlü birleşim noktası batı yönünde göç etmektedir. Bu göçten önce Karlıova'nın doğusunda doğrultu atımlı faylar oluşmuştur. Bu bölüm 19-20 Ağustos 1966'da birbirini izleyen iki depremle kırılmıştır ($M = 6.8$ ve $M = 6.2$) [24-26].

KAF, Marmara Denizi içerisinde iki ana kola ayrılır. (1) Kuzey kol Marmara Denizi'ni bir uçtan öbür uca geçer ve KAF'ın en aktif segmentidir. 17 Ağustos 1999 depremi bu kol üzerinde meydana gelmiştir. (2) Güney kol ise Marmara Denizi'nde güneybatı doğrultusu ile Ege Denizi'ne doğru uzanır [27].

2.1.1.2. Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)

Doğu Anadolu Fayı yaklaşık 550 km uzunluğunda birbirine paralel ya da oblik fay serilerini içeren kuzeydoğu yönelimli doğrultu atımlı bir faydır [18, 28-43]. İlk olarak Allen tarafından tanımlanmıştır [44]. Bu fay zonu Arap ve Afrika plakaları arasındaki sınırdaki ve Anadolu ile Avrasya plakaları arasındaki sınırdaki transform fay şeklindedir. KAF'ın eşleniği olarak anılmaktadır.

DAFS, kuzeydoğuda Karlıova'dan güneybatıda Kahramanmaraş'a doğru uzanır. Fayın bir bölümü levha hareketine paralel yönlü doğrultu atımlı faylardan (transform fay özelliği gösteren), diğer segmentleri ise oblik faylardan oluşur. Bu "Stepovers" doğrultu atımlı fayları içerir fakat çevrelerindeki geometri dağınıktır. Diğer yandan, Muehlberger ve Gordon [38] DAF'ın tek bir eleman olarak hareket etmediğini bunun yerine birkaç farklı segment olarak hareket ettiğini öne sürmüşlerdir. KAF'dan farklı olarak meydana gelen herhangi bir depremle DAF'ın çok küçük bir bölümünün

kırıldığı yapılan detaylı çalışmalarla belirlenmiştir. Bu fay zonu uydu görüntüleri ve jeomorfolojik gözlemler kullanılarak izlenmekte, üzerinde meydana gelen depremlerin sol yönlü doğrultu atımlı faylarla ilişkili olduğu görülmektedir [45-47]. Bu fay zonunda meydana gelen yıkıcı depremlere örnek olarak 22 Mayıs 1971 Bingöl (M = 6.8) ve 1986 Sürgü (M = 6.0) depremleri verilebilir [31, 32, 39, 48-50].

2.1.1.3. Ölü Deniz Fay Zonu

Ölüdeniz transform fayı, 1000 km uzunluğunda yaklaşık K-G eğiliminde sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. İç yapısındaki doğrultu atımlı faylar, pull-apart havzalar veya grabenler tarafından ayrılır (Örneğin Gharb Havzası, Hula Havzası, Ölüdeniz rifti ve Elat Körfezi) [51-75]. Ölüdeniz fayına bölgesel yükselmeler (1 km'nin üzerinde) ve Amik Havzasından (Hatay) Aqaba Körfezine kadar yoğun ve yaygın magmatik etkinlik eşlik eder [76, 77]. Bu durum Kuzeyde Doğu Anadolu Fay Zonundan Güneyde Ölüdenize kadar uzanır. Tektonik açıdan Ölüdeniz Fayı, Kızıldeniz boyunca ıraksak levha sınırlarına katılır [30] [27].

2.1.1.4. Ege Graben Sistemi (EGS)

Ege Graben Sistemi (EGS) Ege Bölgesinin jeodinamik evriminde önemli bir rol oynar. Bölgedeki hendek yapısı sistem boyunca çeşitlilik gösterir. Diğer yandan sistemin doğu kısmı transform fayların aksine hareket eder [78] [27]. EGS D-B doğrultulu normal faylar ile sonlandırılmış birçok bloktan meydana gelir. EGS içindeki çöküntü alanları kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav, Gediz-Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi olarak sıralanabilir. Bölgedeki ana sıkışma KKB-GGD ve ana çekme yönü ise KKD-GGB yönlüdür [5].

2.1.1.5. Kıbrıs Yayı

Kıbrıs Yayı; Doğu Akdeniz’de, kuzeyde Anadolu levhası ve güneyde Afrika levhası arasındaki aktif levha sınırlarına ev sahipliği yapar [45, 79-83]. Ege yayında levha sınırlarının devamı ve depremlerin kaynağı olarak, doğu Akdeniz okyanusal kabuğunun kuzeydoğuya doğru hareketi neticesinde oluşturduğu dalma-batma zonu gösterilmektedir [82-91].

Kıbrıs’ın güneyinde, kuzeye doğru olan dalma-batma zonu Eratosthenes Seamount çarpışmasından etkilenmiştir [92-96]. Buna karşılık, doğrultu atımlı deformasyonun baskın olduğu Kıbrıs’ın doğu kısmında dalma-batma zonu gözlenmemektedir [45, 69, 92, 97-103]. Her ne kadar Kıbrıs Yayının batı bölümü, yayın Suriye sahiline doğru olan uzanımı ile oluşmuş olsa da, levha sınırları Afrika, Arap ve Anadolu levhaları boyunca farklı hareketlerden etkilenmiştir [28, 85, 104].

Bölgenin sismisitesi ile ilgili birçok yayın yapılmıştır. Bilinen bütün dökümanlar aletsel dönem boyunca büyük depremlerin ($M=6.0$ veya daha büyük) oluştuğunu göstermektedir [105-111][27].

2.1.1.6. Bitlis Kenet Kuşağı (BKK)

Orta Miyosen’den Erken-Geç Miyosen’e kadar Arap ve Avrasya levhaları Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca çarpışmıştır [112]. Bu durum sonucunda kenet boyunca dağlarda yükselmeler meydana gelmiş ve sığ deniz alanları moloz havzalarına dönüşmüştür.

BKK; kompleks kıta-kıta ve kıta-okyanus çarpışma sınırında, kuzeyde Arap platformunun kıvrım ve itki kuşağı boyunca Zagros dağlarından Güneydoğu Türkiye’ye kadar genişler [19, 36, 37, 112-118].

Güney Anadolu Orojenik Kuşağı; Üst Kretase-Orta Eosen volkano sedimanlarını ihtiva eden farklı tektonik bölümleri bir araya toplar. Burada üç ana tektonik zon tanımlanabilir: (1) Arap Platformu, (2) Bindirme Zonu, (3) Nap Bölgesi [19, 113].

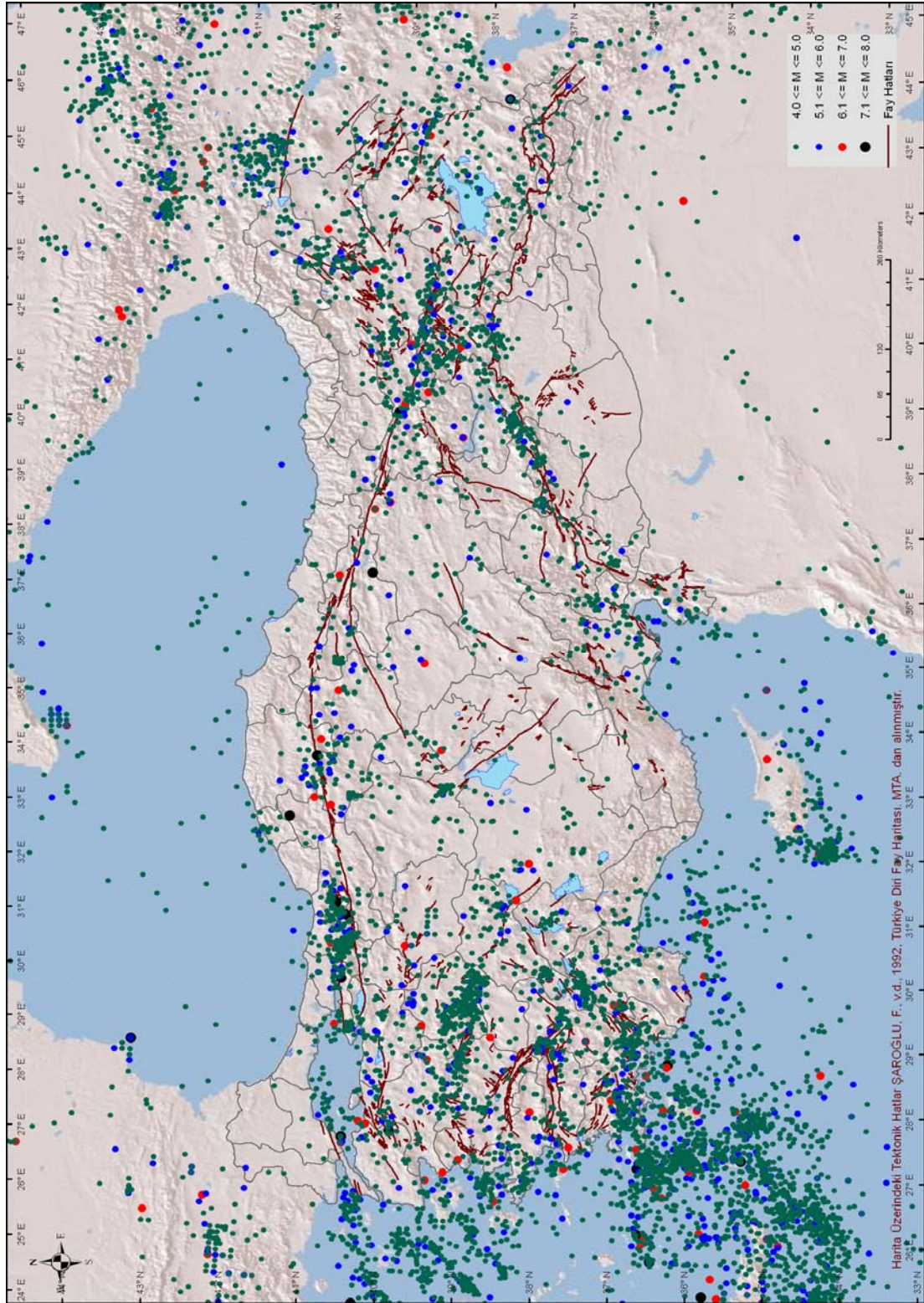
Geç Kretase, Geç-Erken Eosen ve Erken-Orta Miyosen boyunca Arabistan ve Avrasya arasındaki kapanma ile 3 ana periyotta, bölgedeki napların güneye doğru taşınmaları ve yerleşmeleri gerçekleşmiştir. Bitlis Kenedi Eosen’de kapanmıştır [27].

2.2. Türkiye’nin Sismotektoniği

Türkiye, Alp-Himalaya tektonik yapısı içerisinde yer alan aktif fay kuşaklarına ev sahipliği yapmaktadır. Dolayısı ile ülkenin hemen her yerinde depremler olmaktadır. Ancak hasar yapıcı depremler belli başlı bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Bunlar; Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ege Graben Sistemi (EGS) ve Helenik-Kıbrıs Yayı’dır [5].

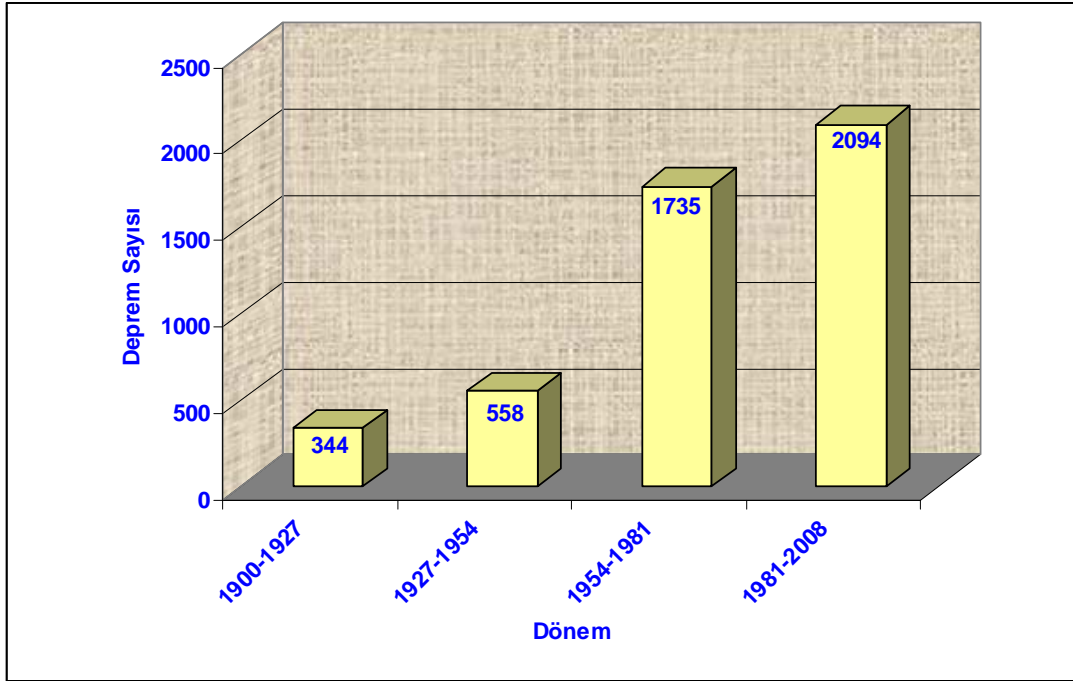
Türkiye’de, 1900’lü yıllardan sonra deprem istasyonları kurulmaya başlanmış ve böylece aletsel dönem verileri için ilk adım atılmıştır. Diğer taraftan, Türkiye’nin tarihsel dönem deprem kayıtlarının M.Ö. 2000 yılına kadar uzandığı, çeşitli araştırmacıların yaptıkları çalışmalar [119-125] ile desteklenmektedir [126].

01.01.1900 - 31.12.2008 tarihleri arasında Türkiye ve çevresinde aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük 4731 deprem kaydedilmiştir [1]. Bu depremlerin dışmerkezleri ana tektonik hatlar boyunca yer almıştır. Özellikle DAFZ’nin kuzey doğu kesimi, Karlıova üçlü birleşimi, KAFZ’nin orta kesimi (Çankırı-Kastamonu-Karabük) ve Bolu-Düzce-Sakarya-Yalova hattı üzerindeki kesiminin sismik aktivite bakımından oldukça hareketli olduğu görülmektedir. Aynı hareketlilik Helenik-Kıbrıs yayı ile Ege Denizi ve EGS’de de göze çarpmaktadır (Şekil 2.3).



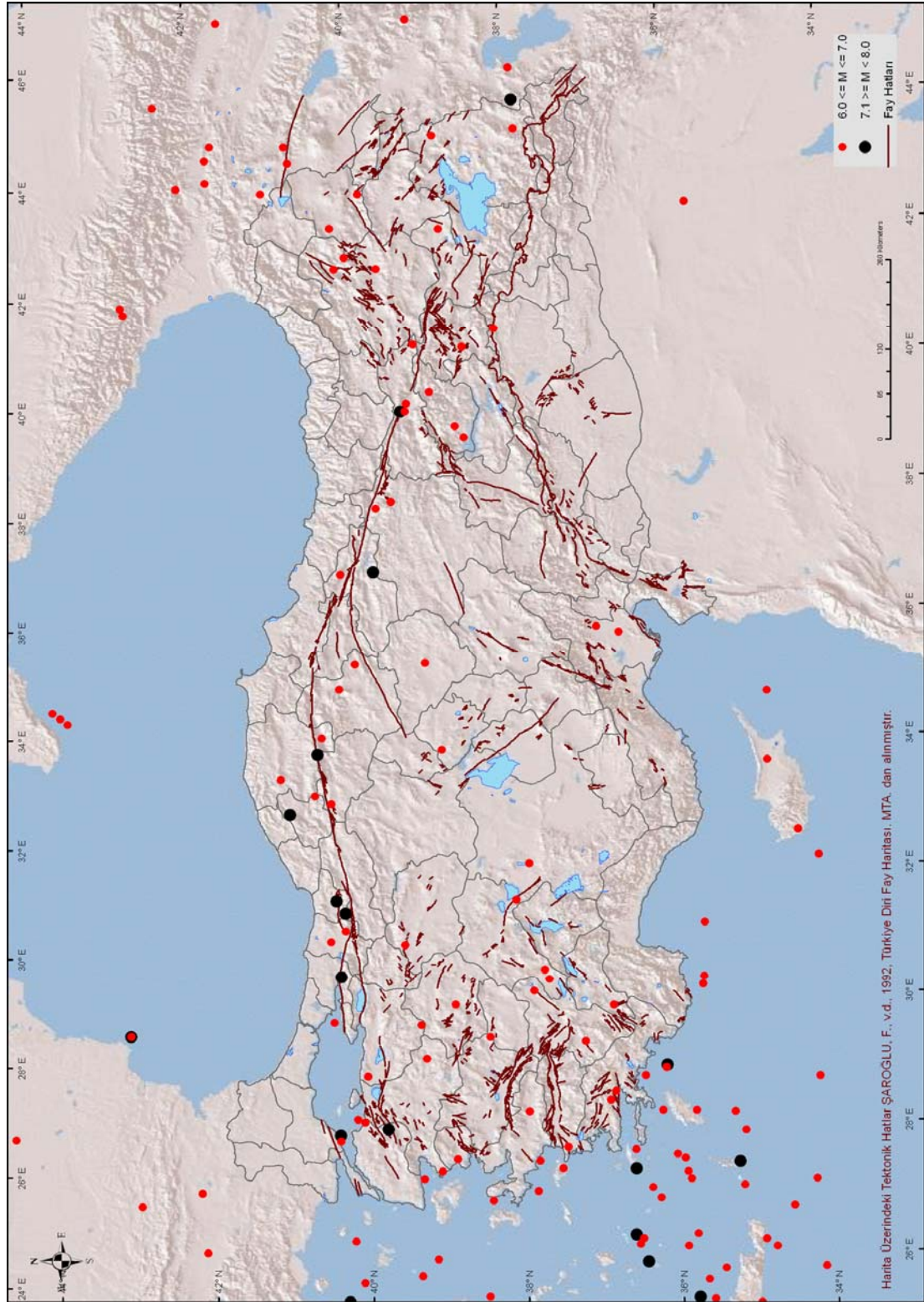
Şekil 2.3. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı [130, 131].

Türkiye ve çevresinde, 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin sayısında, özellikle 1954-1981 yılları arasındaki dönemde belirgin bir artış olduğu gözlenmektedir (Şekil 2.4). Bu artış iki şekilde açıklanabilir: (1) Ya gerçekten sismik aktivite artmıştır, (2) ya da deprem kayıt istasyonlarının sayısının artması nedeni ile kaydedilen depremlerde artış olmuştur.



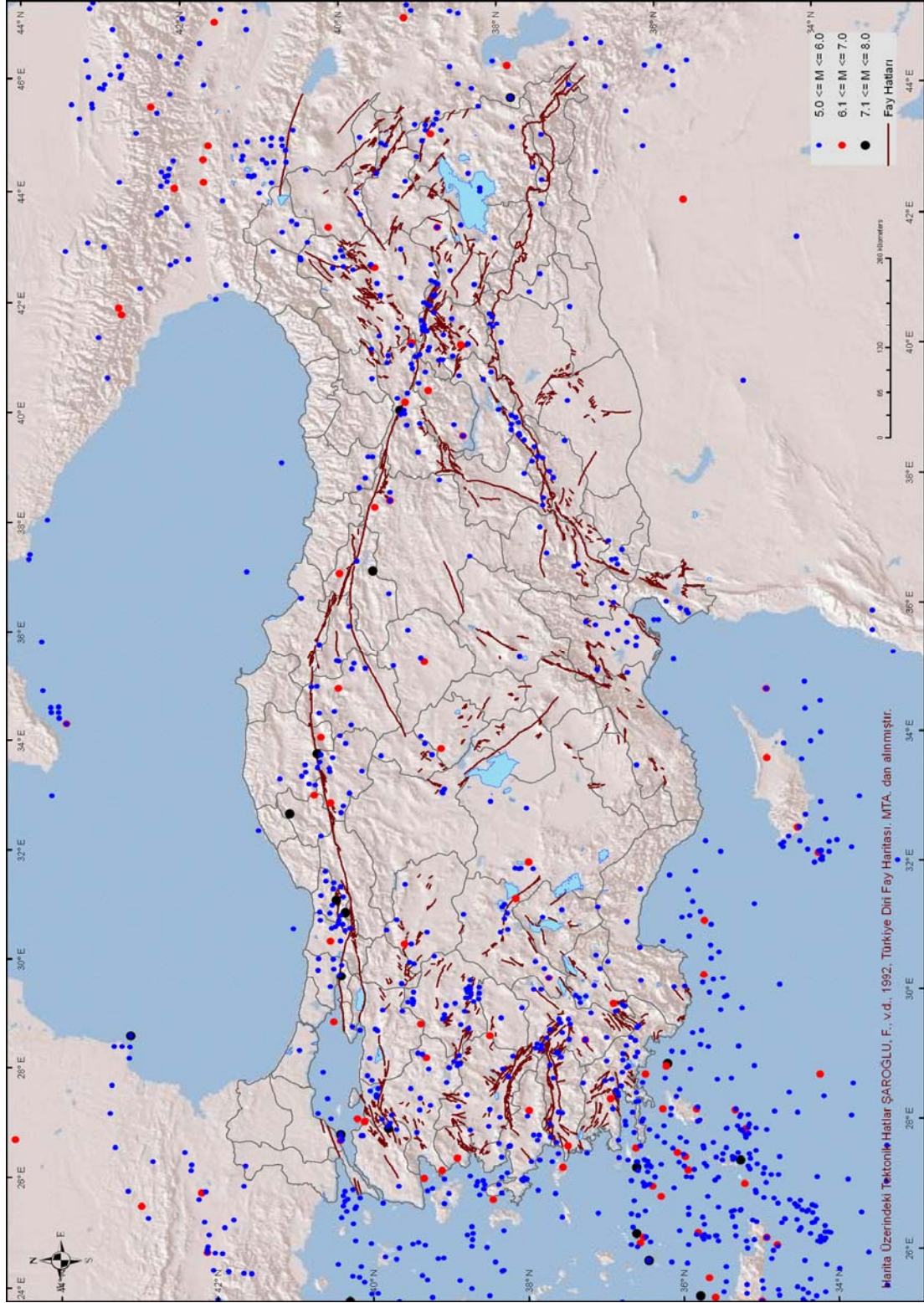
Şekil 2.4. 1900-2008 dönemini kapsayan 27'şer yıllık periyotlardaki deprem sayısının değişimi.

1900-2008 döneminde aletsel büyüklüğü 6.0 ve daha büyük depremlerin dışmerkezlerinin dağılımına bakıldığında (Şekil 2.5), KAFZ'nin oldukça hareketli olduğu açıkça görülmektedir. KAFZ'nin, Karlıova üçlü birleşim noktasından Marmara Denizi'ne kadar olan bölümünde aletsel büyüklüğü 6.0 ve daha büyük 23 deprem meydana gelmiştir. Türkiye'de son yüzyılın en büyük depremi olan 26 Aralık 1939 Erzincan depremi ile başlayan yıkıcı deprem serisi 12 Kasım 1999 Düzce depremi ile sonlanmıştır. Şekil 2.5'e bakıldığında EGS'nin de hareketli olduğu gözden kaçmayacaktır. Buna karşılık DAFZ'de, 1900-2008 döneminde 1 Mayıs 2003 ($M_d = 6.1$) depremi dışında aletsel büyüklüğü 6.0'dan büyük deprem meydana gelmemiştir. Bu durum DAFZ'nin, uzun süreden beri yıkıcı deprem üretme



Şekil 2.5. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 6.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı [130, 131].

potansiyeli açısından suskun olduğunun göstergesidir. Ancak yukarıda sözü edilen dönem aralığında aletsel büyüklüğü 5.0 ve daha büyük depremlerin dışmerkezlerinin dağılımına bakıldığında ise DAFZ'nin nispeten hareketli olduğu da göz ardı edilmemelidir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 5.0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı [130, 131].

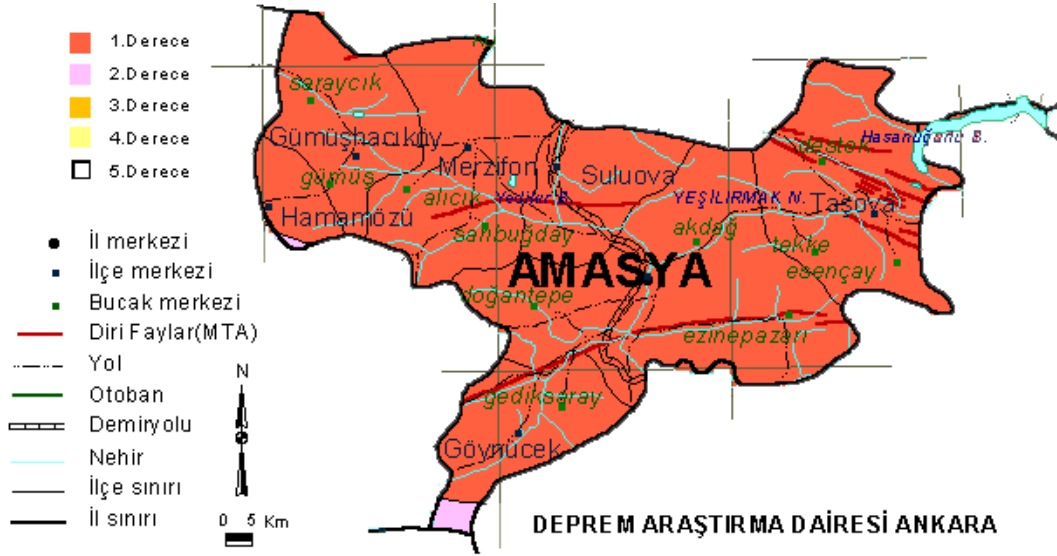
BÖLÜM 3. ÇALIŞMA ALANI

3.1. Giriş

Bu tez çalışmasının konusu “Olasılık ve İstatistik Yöntemler İle Amasya İlinin Sismik Tehlikesinin Tahmini” olarak tercih edilmiştir. Buna bağlı olarak, 38.41-42.85 K ile 32.86-38.40 D koordinatları ile sınırlanan bölge, çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Amasya, Karadeniz Bölgesinin Orta Karadeniz Bölümü’nde yer alır. Anadolu’nun eski yerleşim alanlarından biri olan Amasya, Hititlerden başlayarak çeşitli uygarlıkların merkezi olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu’nun Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre ilin 31 Aralık 2008 tarihi itibariyle nüfusu 323.675’tir.

Mevcut Deprem Bölgeleri Haritasına göre ilin neredeyse tamamı I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Göynücek ilçesinin en güney kesimi II. derece deprem bölgesine girmiştir (Şekil 3.1).

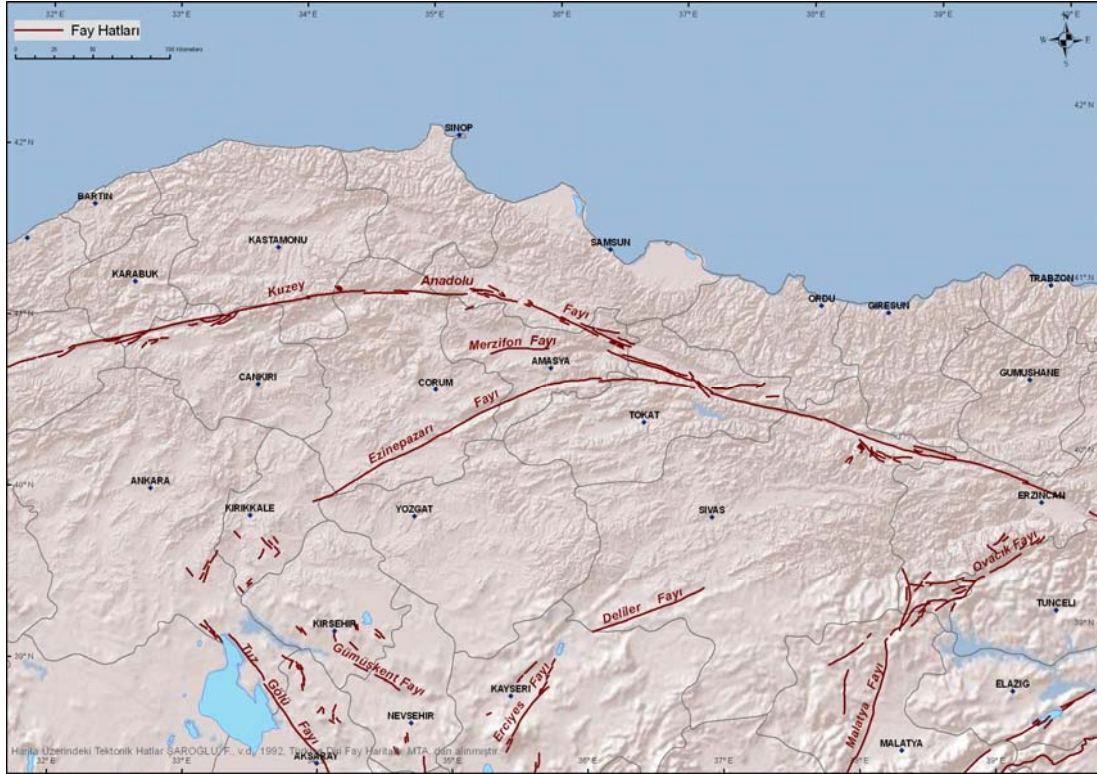


Şekil 3.1. Amasya ili deprem bölgeleri haritası [127].

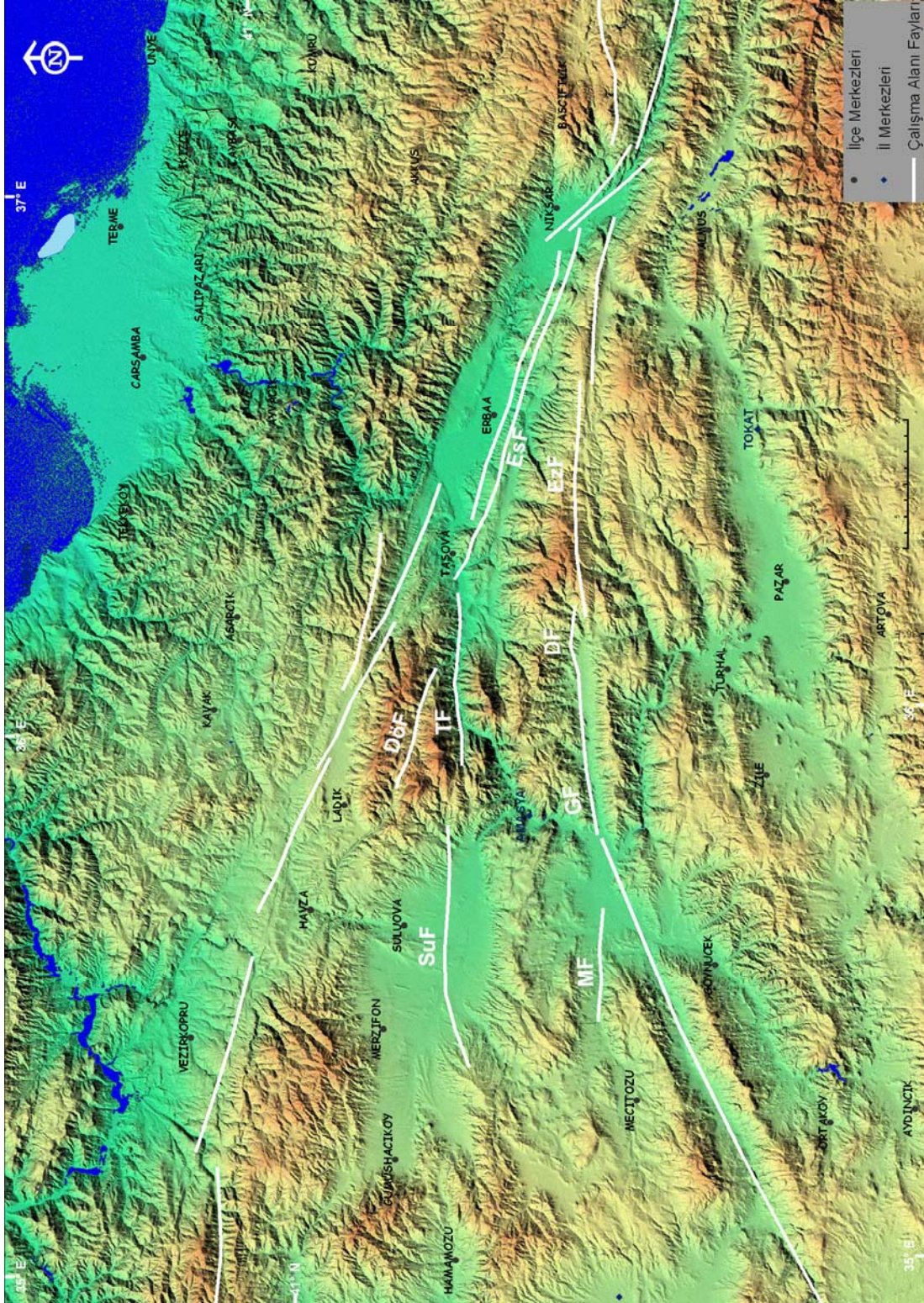
3.2. Amasya ve Çevresinin Sismisitesi

Çalışma alanı olarak belirlenen bölgede günümüzde de aktifliğini koruyan Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Merzifon Fayı, Ezinepazarı Fayı, Deliler Fayı, Ovacık Fayı, Malatya Fayı, Erciyes Fayı, Tuz Gölü Fayı ve Gümüşkent Fayı gibi önemli tektonik hatlar bulunmaktadır. Amasya ili ve çevresi, kuzeyde KAFZ ve güneyde ise Ezinepazarı Fayı ile sınırlanan makaslama zonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.2). Amasya Makaslama Zonu (AMZ) olarak bilinen bu alan içerisinde Tokat, Amasya, Çorum gibi önemli yerleşim birimleri bulunmaktadır. Gerek artan nüfus ve gerekse gelişen teknoloji, adı geçen yerleşim birimlerinin gelişmesinde önemli etken olmuştur. Bu gelişme için mevcut yerleşim alanları yetersiz kalmış ve şehirleşme, bölgedeki aktif fayların denetiminde genişleyen ovalar üzerine doğru yayılmaya başlamıştır. AMZ'nin doğu kesiminde Ezinepazarı Fayı (EzF) ve Esençay Fayı (EsF), kuzeyinde Taşova Fayı (TF) ve Derinöz Fayı (DöF), kuzeybatısında Suluova (Merzifon) Fayı (SuF), güneyinde Mecitözü Fayı (MF), Geldingen Fayı (GF) ve Deliçay Fayı (DF) yer almaktadır [22] (Şekil 3.3).

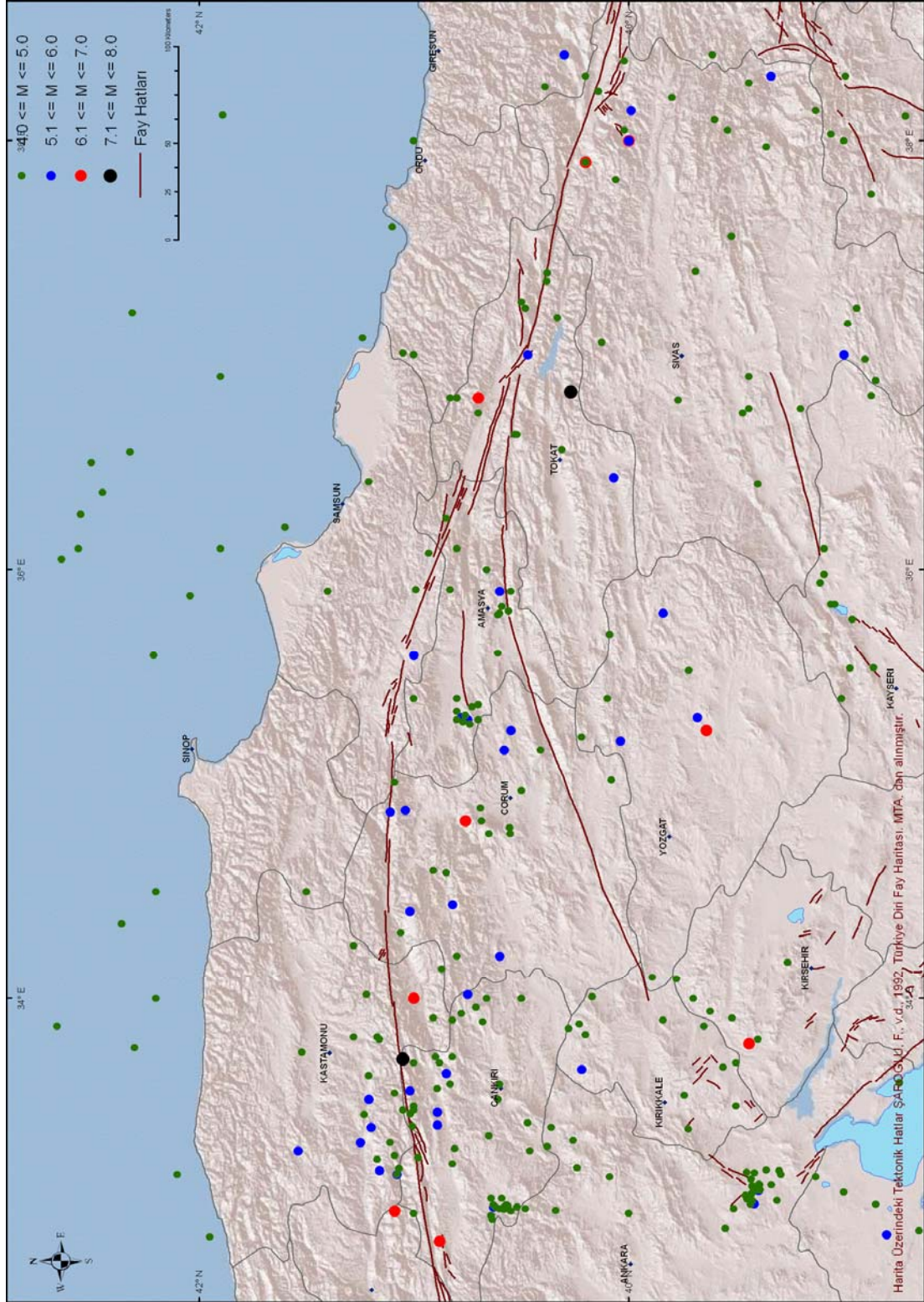
Çalışma alanı olarak belirlediğimiz 38.41-42.85 K ile 32.86-38.40 D koordinatları ile sınırlanan bölgede, 1900-2008 döneminde aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük 286 deprem meydana gelmiştir (Şekil 3.4). Aletsel büyüklüğü 4.0-5.0 aralığında 224, 5.0-6.0 aralığında 49, 6.0-7.0 aralığında 10 ve 7.0-8.0 aralığında 3 deprem kaydedilmiştir (Şekil 3.5).



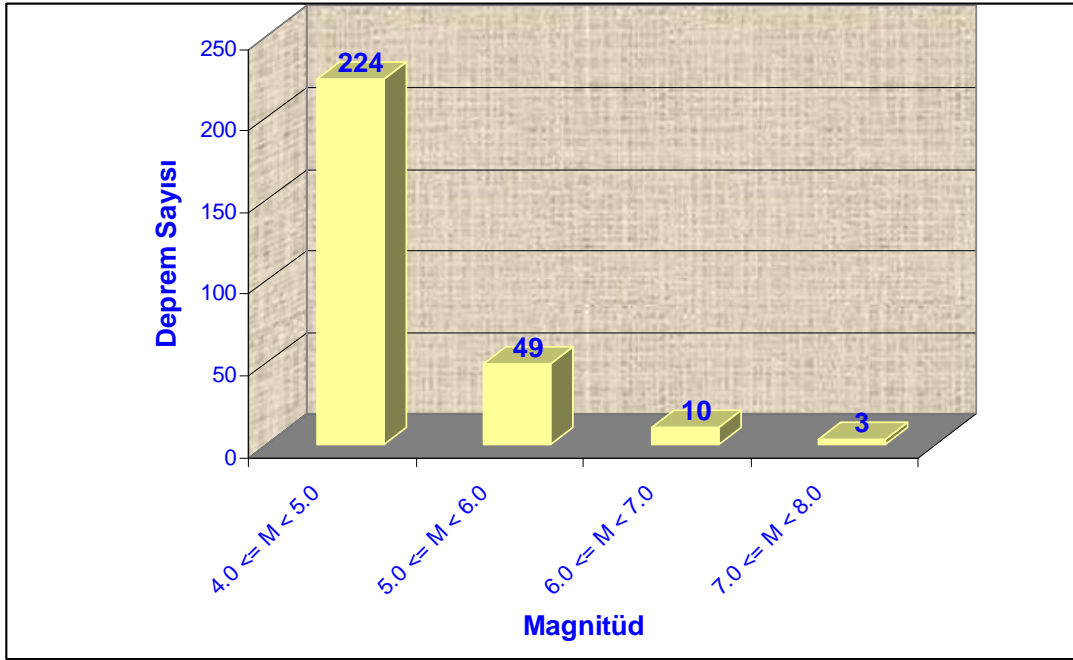
Şekil 3.2. Amasya ili ve çevresinin aktif fayları [128].



Şekil 3.3. Amasya ve yakın çevresindeki aktif faylar [14].



Şekil 3.4 Amasya ve yakın çevresinde 1900-2008 döneminde meydana gelen aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı [130, 131].

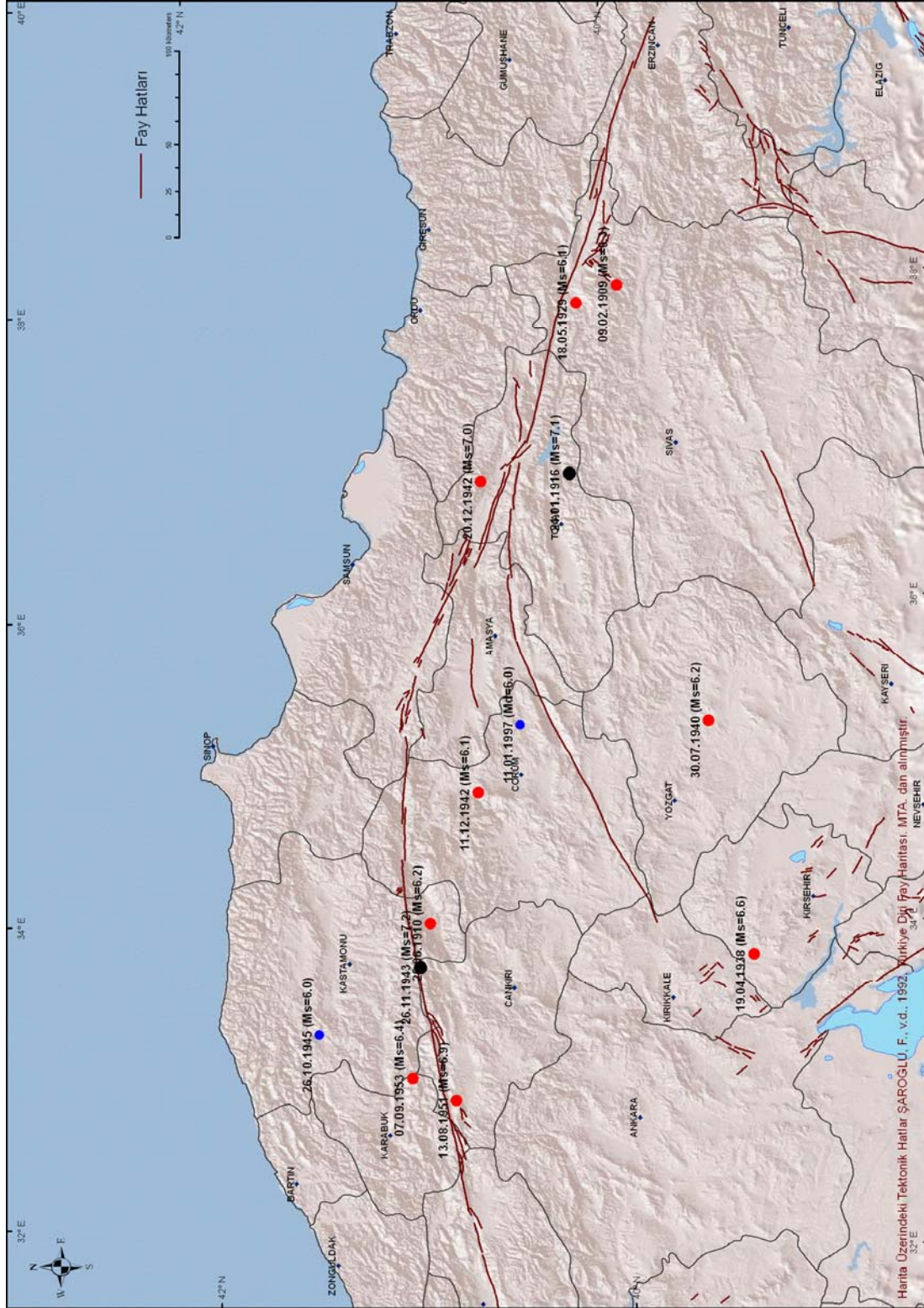


Şekil 3.5. Çalışma alanında 1900-2008 döneminde meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin Deprem Sayısı- Magnitüd grafiği [130, 131].

Çalışma alanı içerisinde meydana gelen önemli depremler Tablo 3.1’de gösterilmektedir. Bu depremlerin çoğunluğu KAFZ üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 3.6).

Tablo 3.1. Aletsel dönemde çalışma alanında meydana gelen önemli depremler [130, 131].

Tarih	Zaman (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik(km)	Magnitüd
09.02.1909	11:24	40.0000	38.0000	60	6.3
25.06.1910	19:26	41.0000	34.0000	0	6.2
24.01.1916	06:55	40.2700	36.8300	10	7.1
18.05.1929	06:37	40.2000	37.9000	10	6.1
19.04.1938	10:59	39.4400	33.7900	10	6.6
30.07.1940	00:12	39.6400	35.2500	50	6.2
11.12.1942	02:39	40.7600	34.8300	40	6.1
20.12.1942	14:03	40.7000	36.8000	16	7.0
26.11.1943	22:20	41.0500	33.7200	10	7.2
26.10.1945	13:56	41.5400	33.2900	50	6.0
13.08.1951	18:33	40.8800	32.8700	10	6.9
07.09.1953	03:59	41.0900	33.0100	40	6.4
11.01.1997	06:42:00.30	40.5500	35.2500	10	6.0



Şekil 3.6. Çalışma alanı içerisinde 1900-2008 döneminde meydana gelen önemli depremler [130].

BÖLÜM 4. AMASYA BÖLGESİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

4.1. Sismik Tehlike Analizi Yöntemi

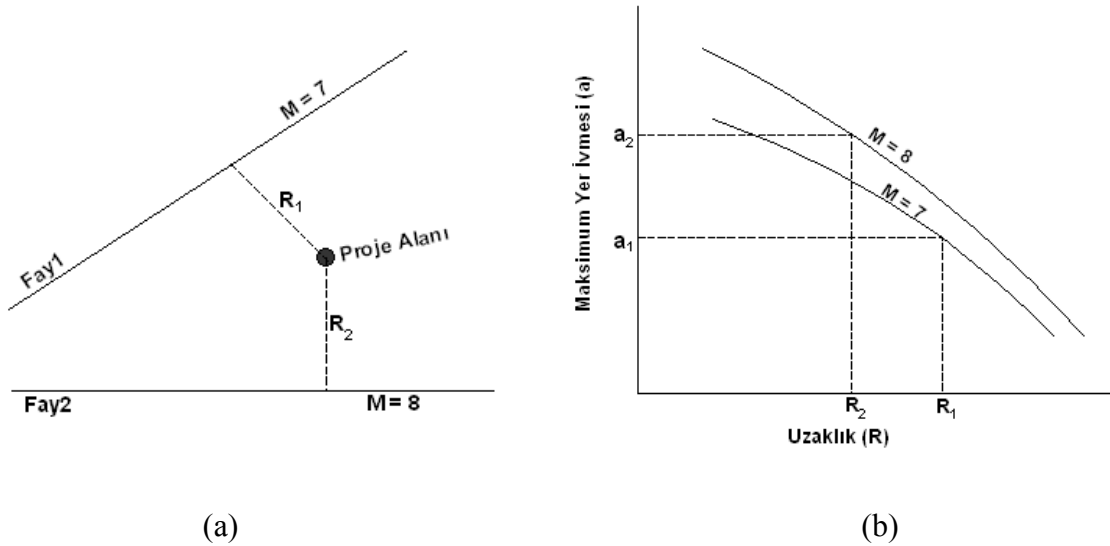
Deprem büyüklüğü veya zemin hareketine ilişkin bir parametrenin belirli bir yerdeki değerinin, öngörülen süre içerisinde belirli bir düzeyi aşma olasılığı, sismik tehlike olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu süre 1 yıl olarak alınır, bu durumda elde edilecek olan aşma olasılığı, yıllık sismik tehlike olarak adlandırılacaktır. Örneğin, belirli bir yerde oluşacak en büyük zemin ivmesi G ve öngörülen ivme düzeyi g olsun. Bu durumda yıllık sismik tehlike, $p_1 = P(G \geq g)$ şeklinde olacaktır. Bunun anlamı, g ivme düzeyine göre inşa edilmiş yapının, 1 yıl içerisinde depremden dolayı daha büyük zemin ivmesinin etkisinde kalma olasılığı p_1 olacaktır. P ise olasılığı temsil etmektedir. Sismik tehlike, ortalama tekrarlanma süresi ile de belirtilebilir. Bu durumda yıl cinsinden ortalama tekrarlanma süresi, $1/p_1$ şeklinde olacaktır [6].

Sismik tehlike analizinin amacı, geçmiş tarihlerde meydana gelen depremlere ait mevcut veriler ile sismolojik, jeolojik, istatistiksel ve diğer bilgileri sistematik olarak birleştirip, göz önünde tutulan mühendislik yapısının gelecekte maruz kalacağı ivme, hız, yer değiştirme gibi depremsel yer hareketi parametrelerinin olası değerlerini saptayabilmektir [6, 129]. Sismik tehlike analizi:

- 1) Deterministik sismik tehlike analizi,
 - 2) Olasılıksal sismik tehlike analizi
- olmak üzere iki başlık altında incelenir.

4.1.1. Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Bu yaklaşımın ilk adımı, proje alanını etkileyebilecek sismik kaynaklardan, geçmişte meydana gelmiş olan en büyük depremlerin belirlenmesidir. Şayet deprem kataloğu yeterince eski değilse veya katalogda bazı eksiklikler söz konusu ise bu durumda en büyük deprem değeri 0.54 birim arasında arttırılabilir. İkinci adımda proje alanının bulunduğu bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım ilişkisi seçilir. Proje alanına belirli bir uzaklıkta bulunan sismik kaynakta, aletsel büyüklüğü bakımından en büyük değere sahip depremin, proje alanında ana kayada oluşturacağı en büyük yer ivmesi, azalım ilişkisi yoluyla hesaplanır [129](Şekil 4.1).

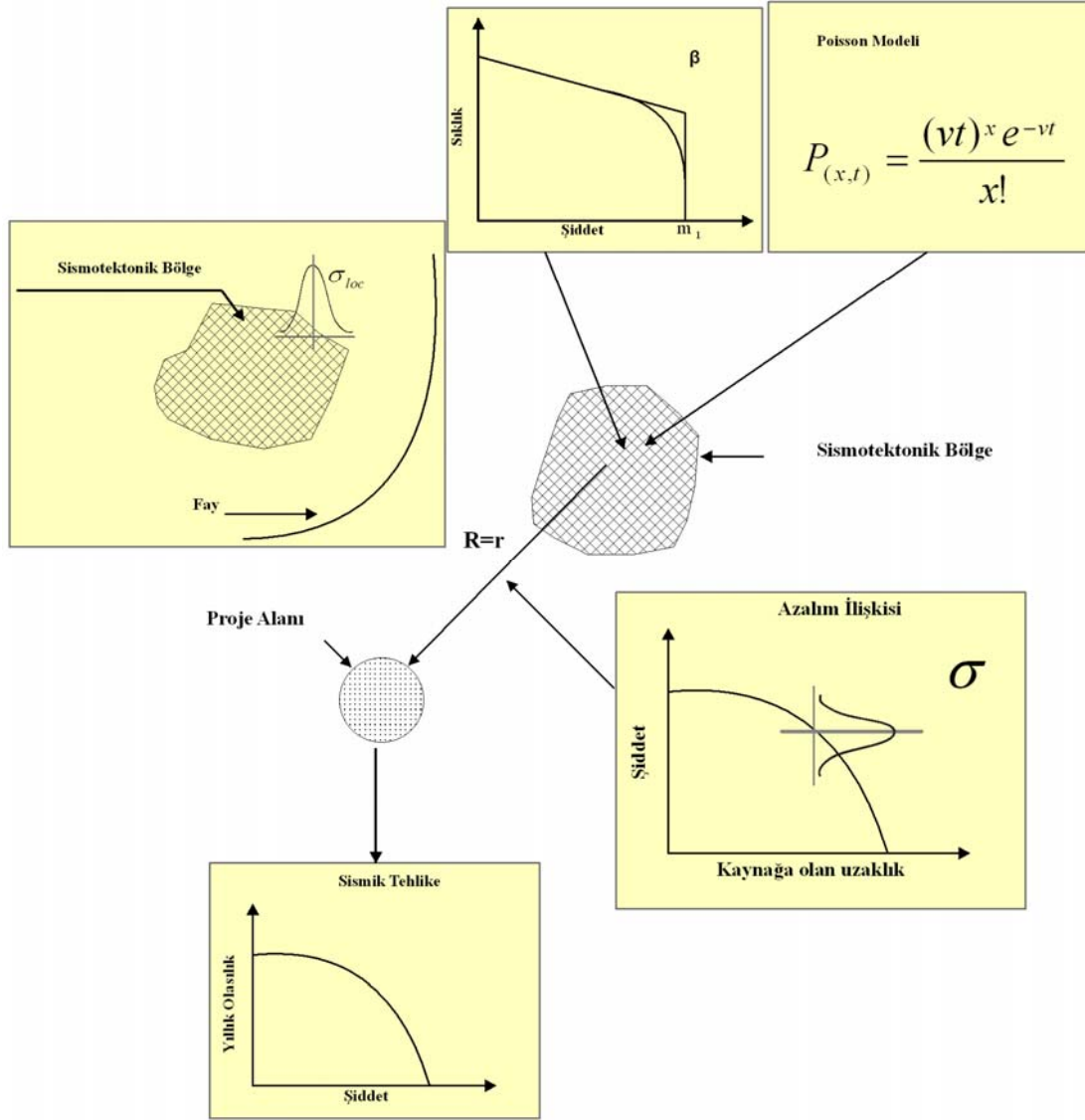


Şekil 4.1. Deterministik yaklaşımın aşamaları: (a) sismik kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi, (b) azalım ilişkileri kullanılarak proje alanında oluşacak en büyük yer ivmesinin belirlenmesi.

4.1.2. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA)

Sismik tehlikenin belirlenmesine temel oluşturan istatistiksel yöntemler ilk olarak Cornell [7] tarafından geliştirilmiştir. Olasılıksal sismik tehlike analizinin amacı, hasar ve can kaybına neden olabilecek farklı yer hareketi düzeylerinin, farklı yer veya yerlerde, belirli bir zaman dilimindeki aşılma olasılığının tahminidir. Olasılıksal

sismik tehlike analizi (OSTA) modelinin genel aşamaları şöyle sıralanabilir: (1) proje alanında geçmişte meydana gelen deprem kayıtlarının derlenmesi ve güvenilir bir deprem kataloğunun oluşturulması, (2) ana şokların, öncü ve artçı şoklardan belirli bir zaman uzaklık penceresine göre [8] ayrılması, (3) sismik kaynakların belirlenmesi, (4) oluşturulan deprem kataloğundaki depremlerin merkez üstlerinin konumuna göre sismik kaynaklara dağıtılması. Belirlenen sismik kaynaklarla ilişkilendirilemeyen depremlerin katkısını da hesaba katmak üzere geri plan alan kaynakların tanımlanması, (5) uygun bir stokastik modelin seçilmesi, (6) bölge için bir azalım ilişkisi geliştirilmesi veya mevcut azalım ilişkilerinden uygun birinin seçilmesi, (7) bütün bu verileri kullanarak proje alanının sismik tehlikesini hesaplamak üzere hazırlanmış olan uygun bir bilgisayar yazılımının kullanılması, (8) çeşitli nedenlerden kaynaklanan belirsizliklerin sonuçlara yansıtılması [6, 8] (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Bir proje alanı için olasılıksal sismik tehlike analizinin genel aşamaları.

Deterministik yaklaşım oldukça pratik olmasına karşın bazı dezavantajları vardır. En önemli dezavantajı, çalışma alanını etkileyecek en büyük yer ivmesi değerinin ortaya konulmasında rol oynayan belirsizliklerin yeterince hesaba katılmamasıdır. Olasılıksal yaklaşım, sismik tehlike analizindeki belirsizlikleri sayısal olarak hesaba katmasından dolayı, deterministik yaklaşımdan daha çok tercih edilmektedir [129]. Bu tez çalışmasında da olasılıksal yaklaşım tercih edilmiştir.

4.2. Çalışmada Kullanılacak Deprem Kataloğunun Oluşturulması

Olasılıksal yaklaşımın ilk adımı, sismik tehlikesinin belirleneceği bölge için geçmiş yıllarda meydana gelen deprem kayıtlarının derlenmesi ve güvenilir bir deprem kataloğunun elde edilmesidir. Bu amaçla Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (BİB) Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AİGM) Deprem Araştırma Dairesi (DAD) Başkanlığı Sismoloji Şubesi çalışanları tarafından, Uluslararası Sismoloji Merkezi (ISC) kataloglarından Türkiye ve yakın çevresi için derlenmiş olan kayıtlar [130] ile DAD katalogları [131] kullanılmıştır. 01.01.1900-31.12.1997 dönemi için yukarıda sözü edilen ve ISC kataloglarından derlenmiş olan katalog kullanılırken, 01.01.1998-31.12.2008 dönemi için DAD kataloğu kullanılmıştır.

Sismik tehlike, sadece çalışma alanında olabilecek depremlere bağlı değildir. Dolayısı ile çalışma alanının yakın çevresinde meydana gelebilecek depremleri de sismik tehlike hesabına katmak gerekir. Aynı zamanda, çalışma alanında hasar ve can kaybına neden olabilecek büyüklükte deprem üretebilecek potansiyele sahip sismik kaynakların da sismik tehlike hesabına dahil edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle 40.6544° Kuzey enlemi ile 35.8222° Doğu boylamı kesişiminde bulunan Amasya il merkezinin 250 km yarıçapındaki bir alanda meydana gelen bütün depremlerin sismik tehlike analizi hesabına katılması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla 38.41° - 42.82° Kuzey enlemleri ve 32.86° - 38.40° Doğu boylamları ile sınırlanan bölgedeki sismik aktivitenin, yörenin sismik tehlikesini belirlediği düşünülmüştür. Söz konusu alan içerisinde Deniz [10] tarafından Türkiye geneli için önerilen sismik kaynak bölgeleri, bu çalışmadaki kaynak bölgesi depremlerinin seçiminde göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle, 38.41° - 42.82° Kuzey enlemleri ve 32.86° - 38.40° Doğu boylamları ile tanımlanmış olduğumuz çalışma alanında, 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen, farklı ölçeklerde verilmiş olan ve aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük depremler kullanılmıştır.

Sismik tehlike analizinin önemli aşamalarından biri de kullanılacak olan ivme azalım bağıntılarıdır. Çünkü tercih edilecek ivme azalım bağıntılarında kullanılan magnitüd ölçeği, sismik tehlike analizi çalışmasında kullanılacak magnitüd ölçeğini

belirlemektedir. Tercih ettiğimiz ivme azalım bağıntılarında moment magnitudü kullanıldığı için sunulan bu çalışmada da moment magnitudünün (M_w) kullanılmasına karar verilmiştir. Sismik tehlike yaratabilecek en küçük depremin büyüklüğü moment magnitudüne göre 4.5 olarak belirlenmiştir. Farklı sismoloji merkezlerinin farklı magnitud ölçeklerinde (M_B : Cisim dalgası magnitudü, M_D : Süre magnitudü, M_S : Yüzey dalgası magnitudü, M_L : Yerel magnitud) sundukları deprem kayıtlarının M_w ölçeğine çevrilmesi önemli sorunlar oluşturmaktadır. Farklı sismoloji merkezlerinin kullanmakta olduğu gerek ölçüm cihazları (sismometreler) ve gerekse hesap yöntemlerinin farklı olması, verilen deprem büyüklüğünün de farklı olmasına yol açmaktadır. Dolayısı ile birbirlerine dönüştürülmesi analitik yöntemlerle yapılamamaktadır. Bu durum ampirik bağıntıların geliştirilmesini gerektirmektedir. Ampirik bağıntılarla ilgili olarak en yaygın kullanılan standart en küçük kareler yöntemi ve ortogonal regresyon yöntemidir. Standart en küçük kareler yöntemi sadece depremin rastgele olmasından kaynaklanan hatayı dikkate alır. Oysa deprem büyüklüklerinin belirlenmesinde birçok faktör aktif rol almaktadır. Bu nedenledir ki, hatasız bir büyüklük tayini mümkün değildir. Bu durumda ortogonal regresyon yönteminin kullanılması daha uygundur. Türkiye’de daha önce yapılmış olan sismik tehlike analizi çalışmalarında da ortogonal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Ortogonal regresyon yöntemi ile son yüzyılda ülke çapında meydana gelen depremler Deniz [10] tarafından analiz edilmiş ve Denklem (4.1)’de gösterilen çevirim ilişkileri önerilmiştir [10].

$$\begin{aligned}
 M_w &= 2.25 \times M_{B-ave} - 6.14 & M_w &= 1.27 \times M_{D-ave} - 1.12 \\
 M_w &= 1.57 \times M_{L-ave} - 2.66 & M_w &= 0.54 \times M_{S-ave} + 2.81
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Burada “ave” alt simgesi, farklı sismoloji merkezlerinin aynı ölçeğe göre verdikleri deprem büyüklüklerinin ortalamasını göstermektedir.

Depremlerin meydana gelmesi sürecinin tahmininde, kendilerinden önceki depremlere bağımlı veya bağımsız olarak oluştuğunu varsayan çeşitli stokastik

modeller vardır. Bu modellerden en yaygın kullanılanı Poisson modelidir. Deprem olaylarının zaman uzayında bir Poisson süreci oluşturabilmeleri için;

- (i) Herhangi bir yıl içerisinde olacak deprem, takip eden yılda olacak depremin oluşunu önceden etkilemez. Yani depremler zamanda bağımsızdır.
- (ii) Herhangi bir kaynakta oluşan deprem başka bir kaynakta olacak depremi etkilemez. Yani depremler uzayda bağımsızdır.
- (iii) Aynı anda ve aynı yerde iki ayrı depremin olma olasılığı sıfırdır.

koşullarını sağlamaları gerekir. Poisson modeline göre incelenen bir bölgede, t zaman diliminde M_0 alt magnitüd sınırından büyük n sayıda deprem olma olasılığı:

$$P_n(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \quad (4.2)$$

denklemini ifade edilebilir.

Bu denklemde,

$P_n(t)$: t sürede n adet olay (deprem) olma olasılığını,

n : Olay sayısını,

λ : İncelenen bölgede, birim zaman süresinde (genellikle bir yıl) meydana gelen ortalama deprem sayısını göstermektedir.

Bu çalışmada Poisson modeli kullanılmıştır. Bu modelin bağımsızlık koşulunun sağlanması için öncü ve artçı depremler analizin dışında tutulmuştur. Öncü ve artçı şokların ana şoklardan ayrılması ile ilgili literatürde birçok yöntem bulunmaktadır [132, 133, 134, 135]. Deniz ve Yüçemen'in [8] çalışmalarında olduğu gibi bu çalışmada da, belirli bir deprem büyüklüğü seviyesindeki bir ana şoka, belirli bir zaman ve uzaklık penceresi içerisinde kalan bütün depremler, dikkate alınan ana şokun artçı depremleri olarak değerlendirilmiştir. Bir depremin öncü deprem olarak değerlendirilebilmesi için, kendi büyüklük seviyesi için belirlenen zaman ve uzaklık penceresi içerisinde, kendisinden daha büyük magnitüdü başka bir depremin bulunması gerekmektedir. Bu büyük magnitüdü olan deprem ana şok olarak

varsayılmıştır. Öte yandan, istisna olarak belirli bir zaman ve uzaklık penceresi içerisindeki magnitüdü 6.0 ve daha büyük olan bütün depremler ana şok olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan zaman ve uzaklık pencereleri Tablo 4.1’te verilmiştir. Ara değerler zaman için doğrusal, uzaklık için de log-doğrusal interpolasyonu ile elde edilmiştir [8]. Buna göre 108 yıllık (1900-2008 dönem) zaman dilimindeki 113 deprem kullanılmıştır. 75 deprem ana şok olarak değerlendirilirken, 11 deprem öncü şok, 27 deprem de artçı şok olarak belirlenmiştir.

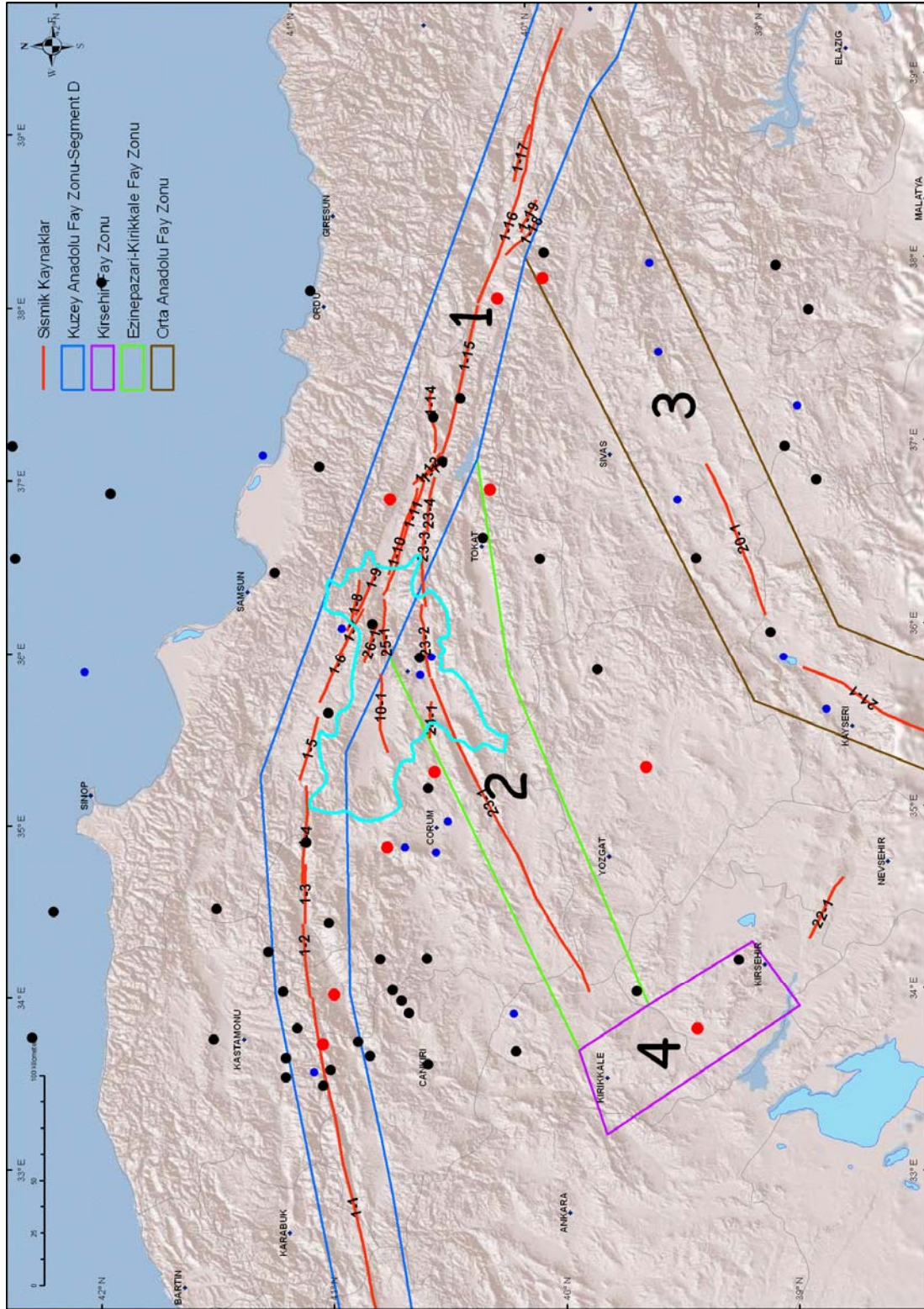
Tablo 4.1. Öncü ve artçı depremlerin ayırt edilmesinde kullanılan zaman-uzaklık penceresi [8].

Magnitüd	Uzaklık (km)	Zaman (gün)
4.5	35.5	42
5.0	44.5	83
5.5	52.5	155
6.0	63.0	290
6.5	79.4	510
7.0	100.0	790
7.5	125.9	1326
8.0	151.4	2471

Deniz [10] tarafından Türkiye geneli için önerilen sismik kaynak bölgeleri (Şekil 4.3), bu çalışmadaki Kaynak Zonu Depremlerinin seçiminde dikkate alınmış ve ana şoklardan 40 deprem Kaynak Zonu Depremleri olarak değerlendirilmiştir. Herhangi bir sismik kaynak bölgesi içerisinde yer almayan ve ana şok olarak belirlenmiş olan depremler ise Geri Plan Alan Kaynak Depremleri olarak sismik tehlike hesabına dahil edilmiştir.

4.3. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi ve Depremselliklerinin Tespiti

Geçmişte meydana gelen depremlerin merkez üstlerinin dağılımı ile jeolojik, tektonik bilgilerin ve incelenecek proje alanı için tehlike oluşturabilecek sismik kaynakların belirlenmesi, sismik tehlike analizinin en önemli adımlarından biridir.



Şekil 4.3. Sismik kaynak bölgeleri [10] ve belirlenen sismik kaynaklar.

Geometrik özelliklerine göre depremlerin mekan içinde oluşumu; nokta, çizgi ve alan kaynak olmak üzere üç çeşit deprem kaynağına dayandırılmıştır. Kaynak boyutlarının, kaynağın proje alanına uzaklığına oranla küçük olduğu bir bölgeyi belirtmek için nokta kaynak tanımlaması yapılmıştır. Bu tanımlamaya göre, nokta kaynak içerisinde meydana gelecek bütün depremlerin proje alanına olan uzaklıkları eşit alınabilir. Yeryüzünde depremlerin büyük çoğunluğu aktif fay sistemleri etrafında veya üzerinde meydana geldiği bilinmektedir. Deprem odaklarının bir fay doğrultusu boyunca ortaya çıkacağı öngörüsünden hareketle, fay hatları sismik tehlike hesabında çizgi kaynak olarak değerlendirilir. Bazen inceleme alanında geçmiş depremler ile jeolojik yapı arasında ilişki kurulamaz. Böyle durumlarda, çalışma alanı olarak seçilen bölge için, depremlerin her yerde eşit olasılıkla ortaya çıkabileceği öngörüsü ile bir alan kaynak modellemesi yapılır [6].

Bir bölgede meydana gelen depremlerin sayısı ile deprem magnitüdü arasındaki doğrusal magnitüd-sıklık ilişkisi, Gutenberg ve Richter [136] tarafından önerilmiştir. Buna göre depremsellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için, deprem magnitüdü M 'yi, birim zamandaki bütün depremlerin sayısı N 'ye bağlayan bağıntı aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\text{Log } N(M) = a - b(M) \quad (4.3)$$

(4.3) nolu bağıntıda, $N(M)$ = birim zaman içinde magnitüdü M 'ye eşit ya da M 'den büyük ortalama deprem sayısı; a ve b = ilgili bölge için saptanan regresyon katsayıları; M = Richter magnitüdü ve $\text{Log} = 10$ tabanına göre logaritmadır.

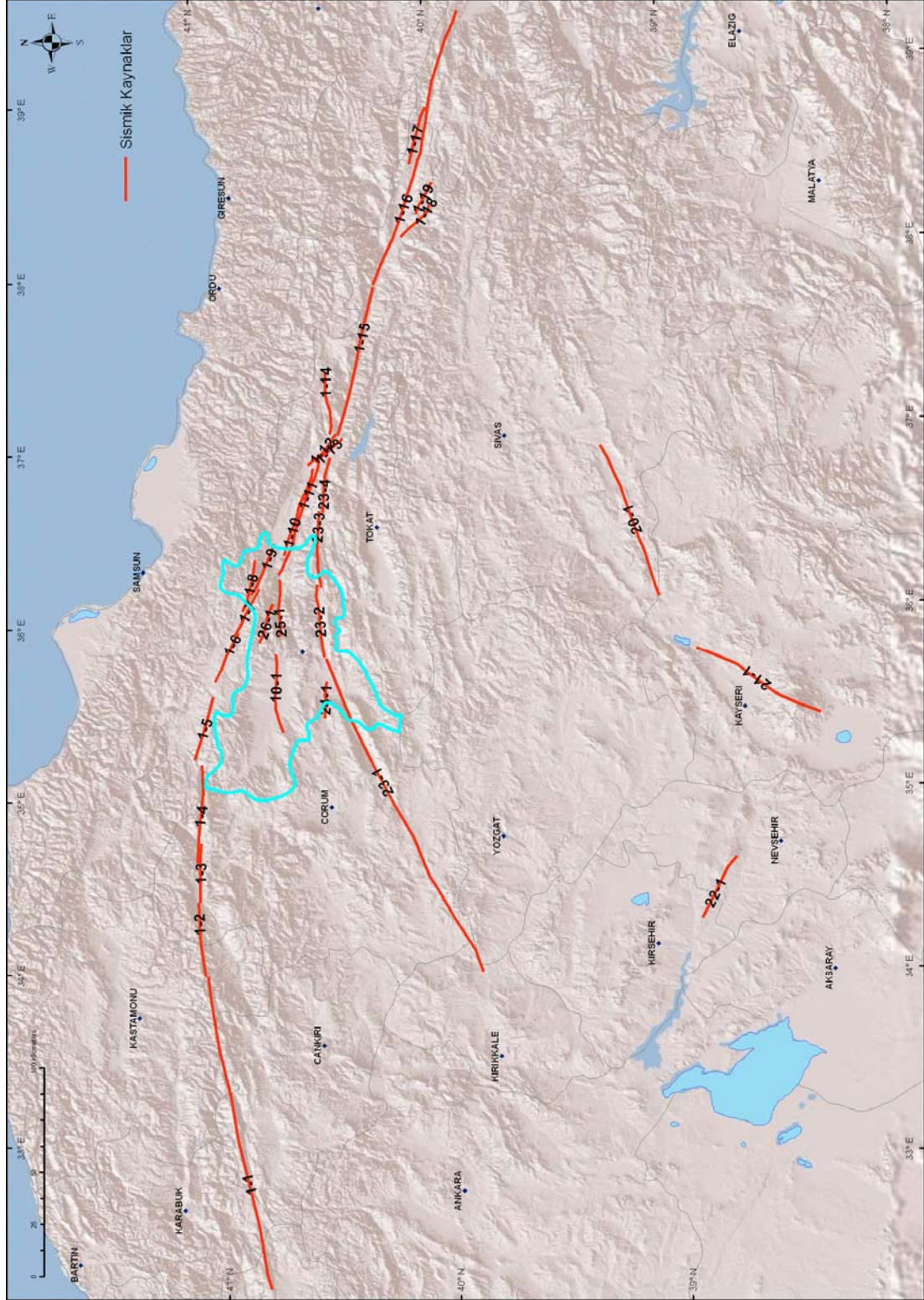
Sismik tehlike analizlerinde genellikle magnitüd için M_0 gibi bir alt sınır belirlenir. Bilindiği üzere, M_0 değerinden daha küçük magnitüdü depremler mühendislik yapılarında herhangi bir hasar meydana getirmeyeceklerinden, bunlar sismik tehlike analizine dahil edilmezler. Bu çalışmada da moment magnitüdüne göre 4.5'ten daha küçük depremler analizin dışında tutulmuştur. Derlenmiş olan deprem kataloğundaki deprem kayıtlarının Şekil 4.3'te verilen sismik kaynak bölgelerine dağıtılması ile elde edilen sismisite parametreleri Tablo 4.2 de verilmiştir. Her bir sismik kaynak bölgesi için, Gutenberg - Richter büyüklük-sıklık ilişkisinin hesaplanmasında

doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.2’de β değerlerinin mutlak değerleri verilmiştir. λ (göz.) değerleri ise, gözlenen deprem sayılarının gözlem süresine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Sismik tehlike analizlerinde her bir sismik kaynak bölgesinde meydana gelebilecek en büyük deprem magnitudünün belirlenmesi de önemli bir aşamadır. Bu amaçla, sismik kaynak bölgesi içerisinde yer alan 30 çizgi kaynak, 1 alan kaynak tanımlanmıştır (Şekil 4.4). Tanımlama yapılırken fay segmentleri içerisindeki her bir sismik hat ayrı ayrı değerlendirilmelidir (Prof. Dr. Reşat ULUSAY ile sözlü görüşme) [137] görüşünün yanı sıra, Şaroğlu ve diğ. [138] tarafından hazırlanan diri fay haritası da dikkate alınmıştır. Buna göre en büyük deprem magnitudleri Kuzey Anadolu Fay Zonu-Segment D için 7.6; Kırşehir Fay Zonu için 6.4; Ezinepazarı-Kırıkkale Fay Zonu için 7.7; Orta Anadolu Fay Zonu için 7.3; Geri Plan Alan Kaynak 6.2 kullanılmıştır. Bu verilere göre her bir sismik kaynak bölgesi için en küçük kareler yöntemi kullanılarak (3) bağıntısındaki a ve b katsayıları elde edilmiştir (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9). Buna bağlı olarak β ve λ değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 4.2).

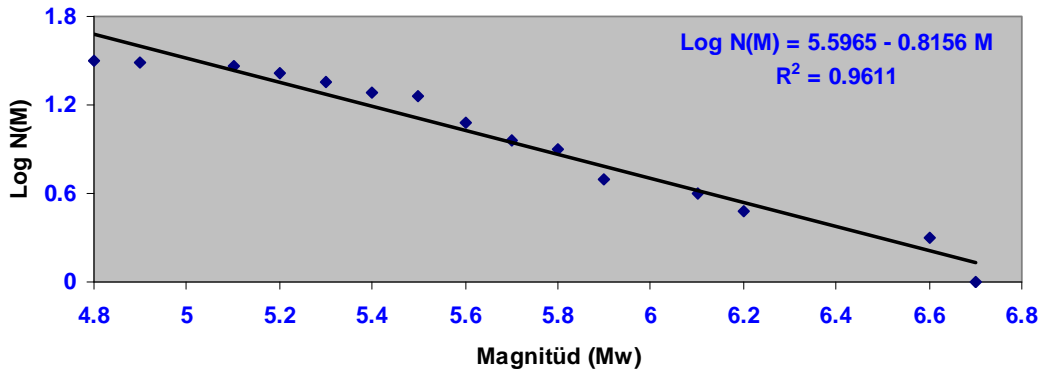
Tablo 4.2. Sismik kaynak bölgeleri için hesaplanan depremsellik parametreleri.

No	Sismik Kaynak Bölgesi	Bütün Depremler		Sadece Ana Şoklar	
		Standart EKK Regresyonu		Standart EKK Regresyonu	
		β	λ (göz.)	β	λ (göz.)
1	KAFZ - Segment D	1.878	0.296	1.726	0.204
2	Ezinepazarı-Kırıkkale Fay Zonu	1.282	0.093	1.156	0.093
3	Orta Anadolu Fay Zonu	1.439	0.130	1.339	0.083
4	Kırşehir Fay Zonu	1.727	0.083	0.578	0.019
5	Geri Plan Alan Kaynak	2.093	0.417	1.908	0.343



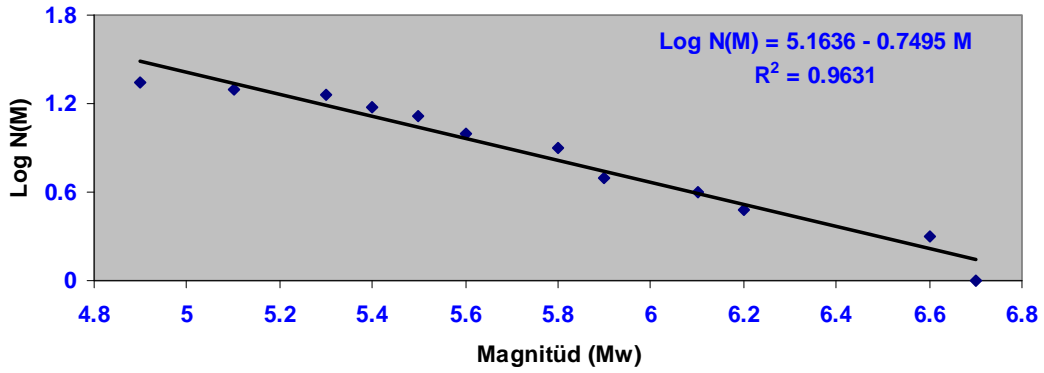
Şekil 4.4. Amasya yöresini etkileyebilecek sismik kaynaklar.

KAFZ - Segment D (Bütün Depremler)



(a)

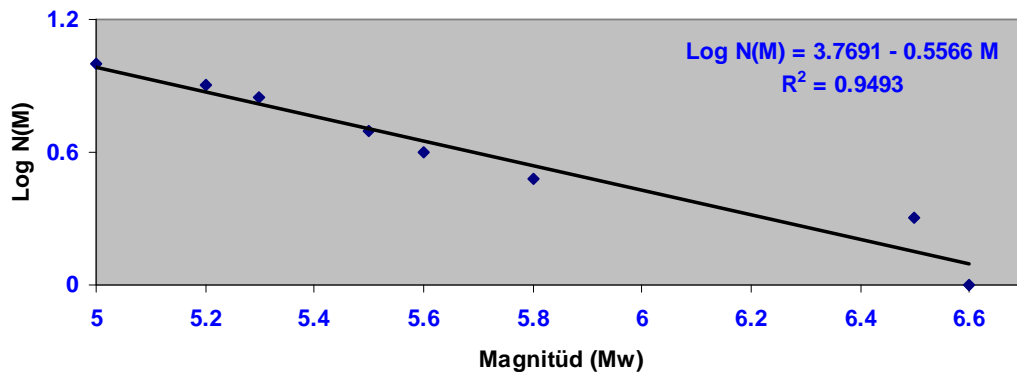
KAFZ - Segment D (Sadece Ana Şoklar)



(b)

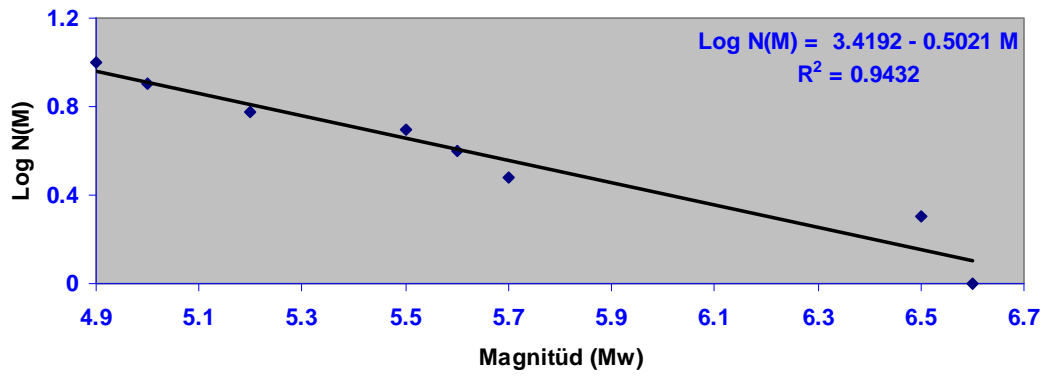
Şekil 4.5. Kuzey Anadolu Fay Zonu – Segment D için magnitüd-frekans ilişkisi. (a) Bütün depremler, (b) sadece ana şoklar.

Ezinepazarı-Kırkkale Fay Zonu (Bütün Depremler)



(a)

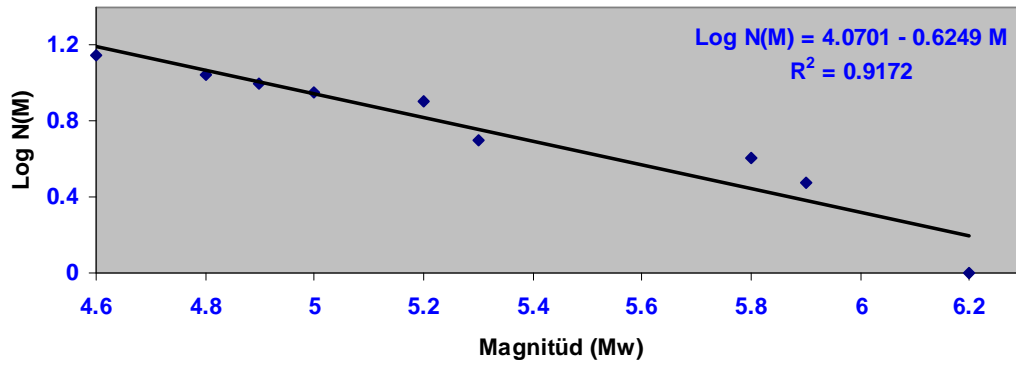
Ezinepazarı-Kırkkale Fay Zonu (Sadece Ana Şoklar)



(b)

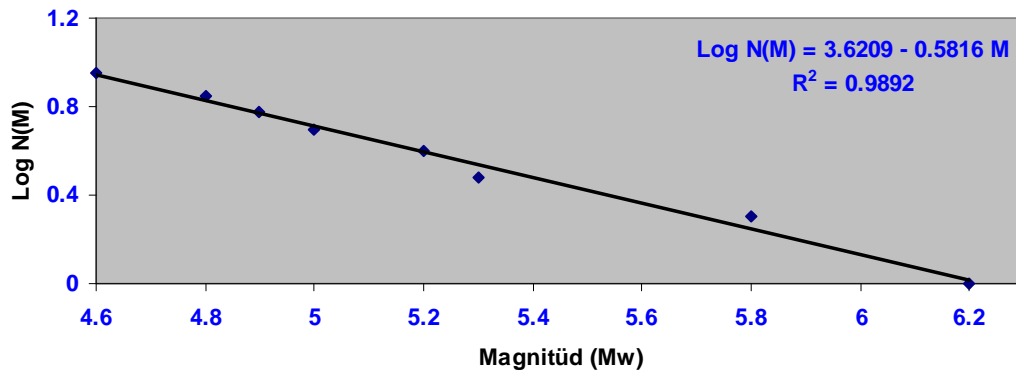
Şekil 4.6. Ezinepazarı-Kırkkale Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi. (a) Bütün depremler, (b) sadece ana şoklar.

Orta Anadolu Fay Zonu (Bütün Depremler)



(a)

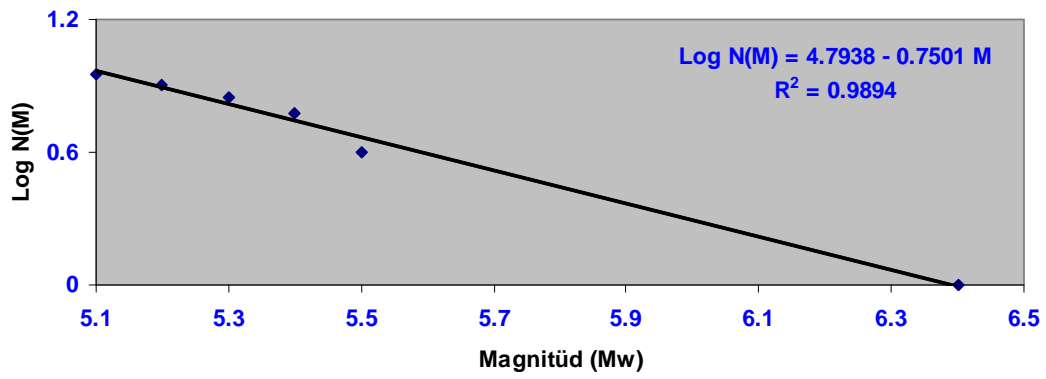
Orta Anadolu Fay Zonu (Sadece Ana Şoklar)



(b)

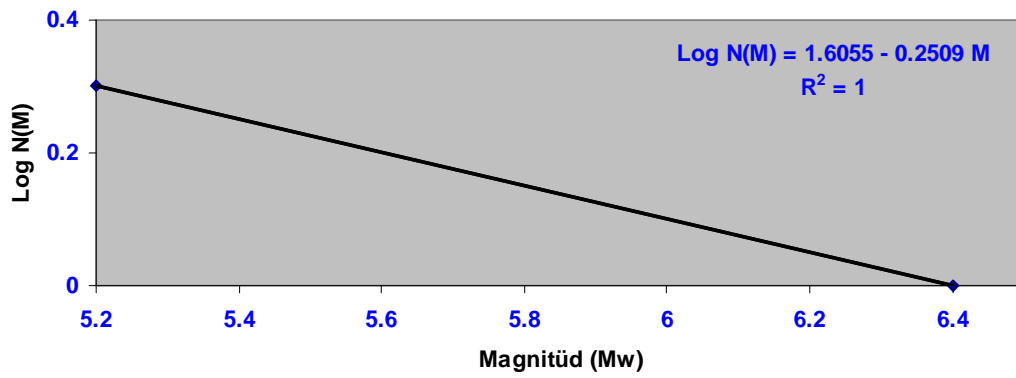
Şekil 4.7. Orta Anadolu Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi. (a) Bütün depremler, (b) sadece ana şoklar.

Kırşehir Fay Zonu (Bütün Depremler)



(a)

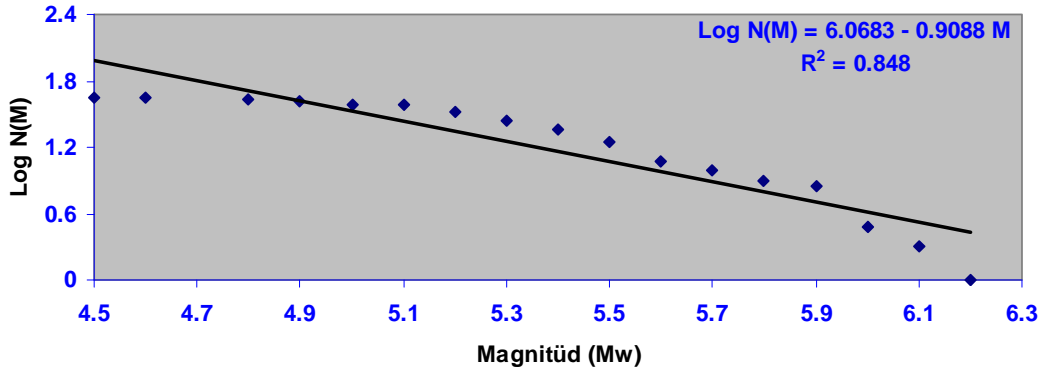
Kırşehir Fay Zonu (Sadece Ana Şoklar)



(b)

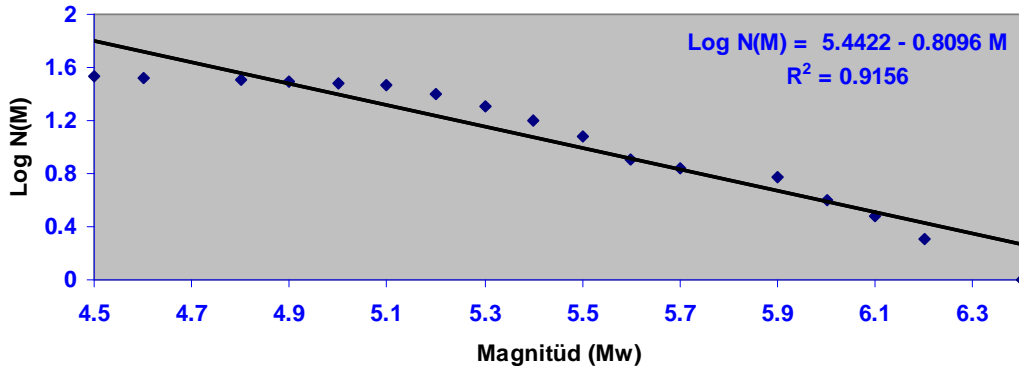
Şekil 4.8. Kırşehir Fay Zonu için magnitüd-frekans ilişkisi. (a) Bütün depremler, (b) sadece ana şoklar.

Geri Plan Alan Kaynak (Bütün Depremler)



(a)

Geri Plan Alan Kaynak (Sadece Ana Şoklar)



(b)

Şekil 4.9. Geri Plan Alan Kaynak için magnitüd-frekans ilişkisi. (a) Bütün depremler, (b) sadece ana şoklar.

Şekil 4.4'te gösterilen sismik kaynaklara ait diğer bilgiler Tablo 4.3'te verilmiştir. Tablo 4.3'te verilen sismik kaynağın üretebileceği deprem büyüklüğü Wells ve Coppersmith [139] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır:

$$M = 5.08 + 1.16 \times \text{Log} (SRL) \quad (4.4)$$

Burada, SRL = sismik kaynağın uzunluğudur.

Tablo 4.3. Çalışma alanı için belirlenmiş olan sismik kaynakların adı, uzunluğu ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.

Sismik Kaynak Adı	Kodu	Uzunluğu	Üretebileceği Deprem Büyüklüğü
KAFZ	1-1	152.78	7.6
KAFZ	1-2	35.47	6.9
KAFZ	1-3	28.01	6.8
KAFZ	1-4	47.19	7.0
KAFZ	1-5	22.84	6.7
KAFZ	1-6	26.49	6.7
KAFZ	1-7	25.99	6.7
KAFZ	1-8	25.44	6.7
KAFZ	1-9	26.75	6.7
Merzifon Fayı	10-1	38.32	6.9
KAFZ	1-10	44.05	7.0
KAFZ	1-11	58.47	7.1
KAFZ	1-12	20.11	6.6
KAFZ	1-13	17.32	6.5
KAFZ	1-14	30.6	6.8
KAFZ	1-15	73.73	7.2
KAFZ	1-16	138.01	7.6
KAFZ	1-17	28.69	6.8
KAFZ	1-18	21.07	6.6
KAFZ	1-19	17.75	6.5
Deliçay Fayı	20-1	77.63	7.3
Erciyes Fayı	21-1	40.49	6.9
Geldingen Fayı	22-1	18.59	6.6
Ezinepazarı Fayı	23-1	167.9	7.7
Ezinepazarı Fayı	23-2	35.92	6.9
Ezinepazarı Fayı	23-3	37.22	6.9
Ezinepazarı Fayı	23-4	26.36	6.7
Mecitözü Fayı	24-1	18.32	6.5
Taşova Fayı	25-1	27.85	6.8
Derinöz Fayı	26-1	20.31	6.6

4.4. İvme-Azalım İlişkisi

Çalışmada Kalkan ve Gülkan [140] tarafından önerilen ve yerel verilere göre elde edilmiş olan azalım ilişkisi kullanılmıştır. Ayrıca, Boore ve diğerleri [141] tarafından önerilen azalım ilişkisi de göz önünde bulundurulmuştur. Bu tür çalışmalarda araştırmacılar, aynı azalım ilişkisi içerisindeki farklı zemin koşulları için katsayıların değiştirilerek kullanılmasını önermektedirler. Ancak çalışma bölgesinin yerel zemin

koşullarının incelenmesi ayrı bir çalışma konusu oluşturmaktadır. Bu itibarla, çalışmada sert zemin (kaya) için önerilen katsayılar kullanılmıştır. Her iki azalım ilişkisi için $V_s = 700$ m/sn alınarak, azalım ilişkilerinden elde edilecek sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

4.4.1. Kalkan ve Gülkan, 2004

Çalışmada 1976-2003 döneminde Türkiye’de meydana gelen ve moment magnitud değeri 4.0 ve daha büyük olan 57 deprem için, 112 kuvvetli yer hareketi ölçümünden 223 yatay bileşen kaydı kullanılmıştır. En büyük yer ivmesinin doğal logaritması sert (kaya) zemin için aşağıda verildiği gibi elde edilmiştir:

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M - 6) + b_3 (M - 6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln (V_s / V_A) \quad (4.5)$$

(4.5) bağıntısında Y = yerçekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesinin yatay bileşeni, M = moment magnitudüdür. $\ln Y$ 'nin standart sapması, $\sigma_{\ln Y} = 0.612$ olarak tespit edilmiştir. Burada r değişkeni

$$r = \sqrt{r_{cl}^2 + h^2} \quad (4.6)$$

bağıntısı ile hesaplanır. (4.6) bağıntısında r_{cl} , yırtılma yüzeyinin yeryüzüne izdüşümü ile en büyük yer ivmesinin tahmin edileceği yer arasındaki km cinsinden en kısa mesafe; h ise regresyonla bulunan km cinsinden sanal derinliktir. (4.5) bağıntısındaki parametrelerin sunulan çalışmada aldıkları değerler Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4. (4.5) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.

Peryot (sn)	b_1	b_2	b_3	b_5	b_v	V_A	h (km)	$\sigma_{\ln Y}$
PGA	0.393	0.576	-0.107	-0.899	-0.200	1112	6.91	0.612

(4.5) bağıntısında V_s değeri sert zemin (kaya) için ortalama 700 m/sn, toprak için ortalama 400 m/sn ve yumuşak toprak için ortalama 200 m/sn olarak önerilmiştir [140].

4.4.2. Boore ve diğerleri, 1997

Bu çalışmada 1940-1992 yılları arasında Kuzey Amerika'da meydana gelen 20 sığ odaklı depreme ait 271 kayda yer verilmiştir. Bu depremlerin büyüklükleri M_w 'ye göre 5.5 ile 7.5 arasında değişmektedir. Ancak 6.0'dan küçük depremlerin neden olduğu yer hareketi ölçümlerinin sayısı oldukça kısıtlıdır. Asıl çalışmada depremler fay mekanizmasına göre sınıflandırılarak alternatif analizler yapılmıştır. Sunulan çalışmada ise moment magnitüd değeri 4.5 ve daha büyük olan depremlerin tamamı kullanılarak elde edilen azalım ilişkisine yer verilmiştir. En büyük yer ivmesinin doğal logaritması sert (kaya) zemin için aşağıda verildiği gibi elde edilmiştir:

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M - 6) + b_3 (M - 6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln (V_s / V_A) \quad (4.7)$$

(4.7) bağıntısında Y = yerçekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesinin yatay bileşeni, M = moment magnitüdüdür. $\ln Y$ 'nin standart sapmasını $\sigma_{\ln Y} = 0.495$ olarak belirlemişlerdir. r değişkeni

$$r = \sqrt{r_{cl}^2 + h^2} \quad (4.8)$$

bağıntısı ile hesaplanır. (4.8) bağıntısında r_{cl} , yırtılma yüzeyinin yeryüzüne izdüşümü ile en büyük yer ivmesinin tahmin edileceği yer arasındaki km cinsinden

en kısa mesafe; h ise regresyonla bulunan km cinsinden sanal derinliktir. (4.7) bağıntısındaki parametrelerin sunulan çalışmada aldıkları değerler Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. (4.7) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.

Peryot (sn)	b_1	b_2	b_3	b_5	b_v	V_A	h (km)	$\sigma_{ln Y}$
PGA	-0.313	0.527	0.000	-0.778	-0.371	1396	5.57	0.495

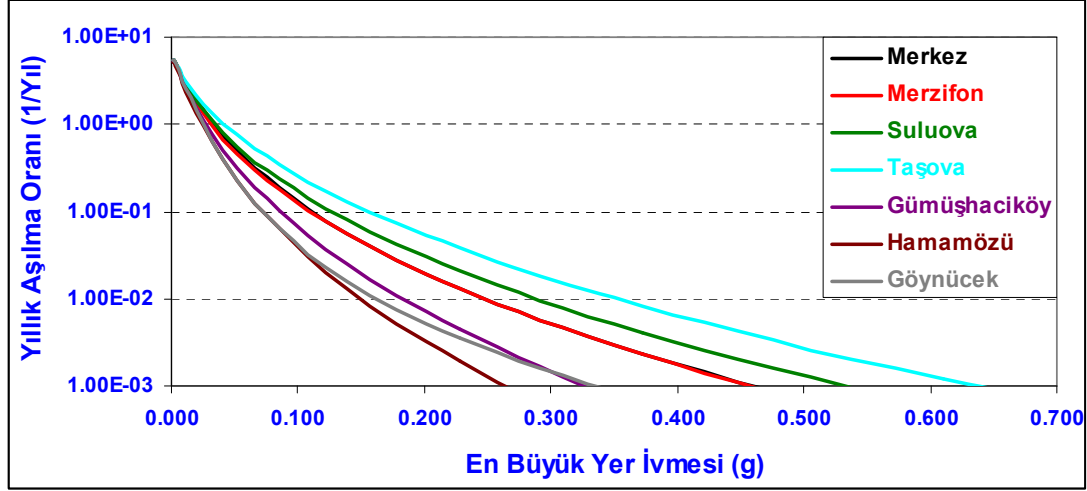
BÖLÜM 5. AMASYA İLİ İÇİN TAHMİN EDİLEN SİSMİK TEHLİKE DEĞERLERİ

Çalışma alanının sismik tehlike analizinin yapılmasında ve eş-ivme haritalarının oluşturulmasında CRISIS2003 [142] yazılımı kullanılmıştır. Farklı azalım ilişkileri kullanılarak Amasya ili için 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike eğrileri ve eş-ivme haritaları elde edilmiştir. Bu çalışma için, Kalkan ve Gülkan [140] ile Boore ve diğerleri [141] tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntıları kullanılarak, Amasya ili için sismik tehlike analizi yapılmıştır.

5.1. Kalkan ve Gülkan Bağıntısına Göre Amasya İli İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike

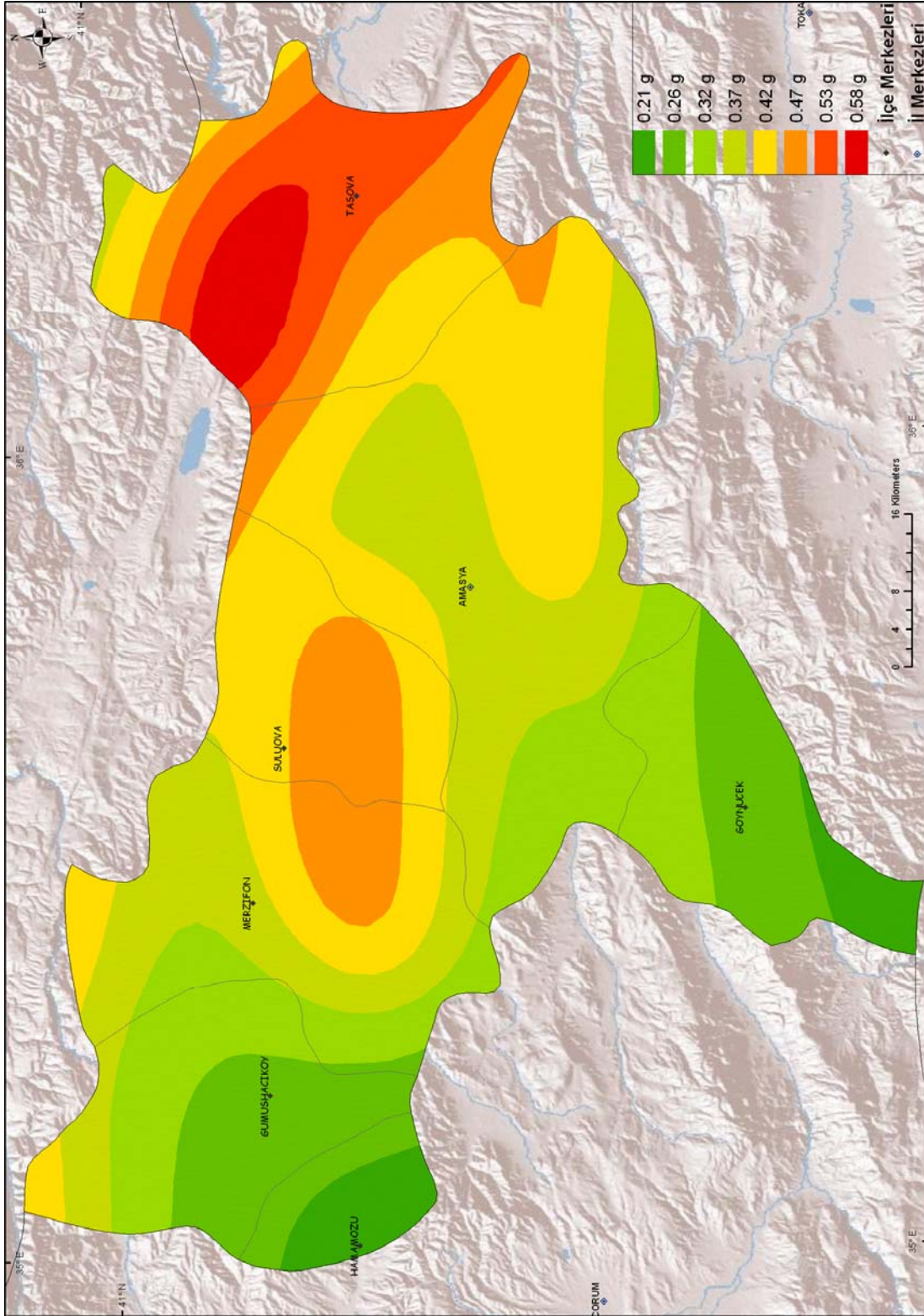
Kalkan ve Gülkan [140] tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak, Amasya il merkezi için 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmış ve sonuçlar sismik tehlike eğrisi olarak Şekil 5.1'de sunulmuştur. Ayrıca bütün ilçeler için de aynı tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmış ve sonuçlar yine sismik tehlike eğrisi olarak Şekil 5.1'de, eş-ivme haritası olarak ise Şekil 5.2' de sunulmuştur. Haritaya göre ivme değerleri 0.21 g ile 0.58 g arasında değişmektedir. Amasya il merkezi için hesaplanan en büyük ivme değeri 0.32 g olarak bulunmuştur. İl merkezinden güney ve güneybatı yönüne doğru gidildikçe ivme değeri azalırken, diğer yönlere doğru gidildikçe ivme değeri artmaktadır. Bu durum sözü edilen bölgenin AMZ (Amasya Makaslama Zonu) içerisinde kalması ile açıklanabilir (Şekil 5.3). Öte yandan, en büyük ivme değeri, ilin doğu bölümününü oluşturan Taşova ilçesinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, Taşova ilçesinin çalışma alanındaki diğer ilçelere göre daha

büyük sismik tehlike altında olduğu gerçeğini gözönüne çıkarmaktadır. İlçe sınırları içerisinde yer alan sismik kaynaklar ise bu gerçeği daha da güçlendirmektedir (Şekil 5.3).

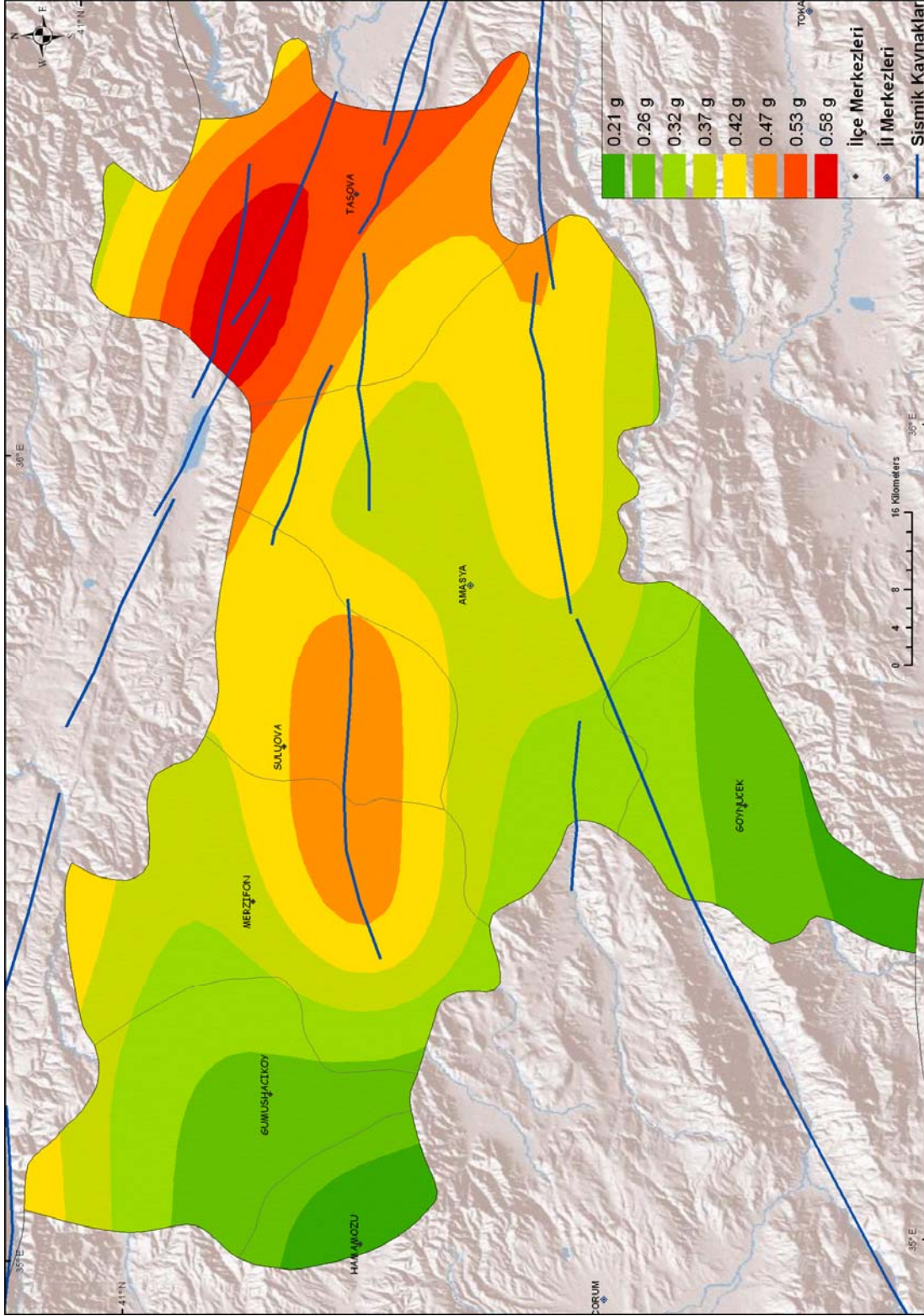


Şekil 5.1. Kalkan ve Gülkan bağıntısına göre Amasya ili ve ilçeleri için elde edilen, 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike eğrileri.

Şekil 5.1'e göre sismik tehlikesi en büyük ilçe Taşova ilçesidir. Sismik tehlike değerlerine göre ilçeleri büyükten küçüğe doğru Taşova, Suluova, Merkez, Merzifon, Gümüşhacıköy, Göynücek ve Hamamözü şeklinde sıralanabilir. Merkez ilçe ile Merzifon ilçesinin sismik tehlikesi birbirine eşittir. 475 yıllık tekrarlanma süresi için benzer bir durum da Göynücek ve Gümüşhacıköy ilçeleri için de geçerlidir.



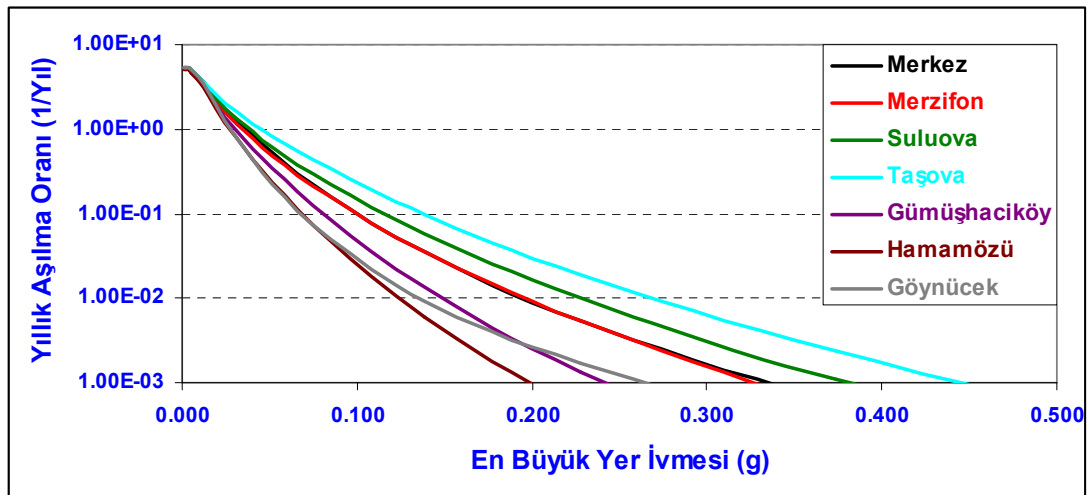
Şekil 5.2. Kalkan ve Gülkan [140] tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, Amasya ili için elde edilen 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen eş-ivme haritası.



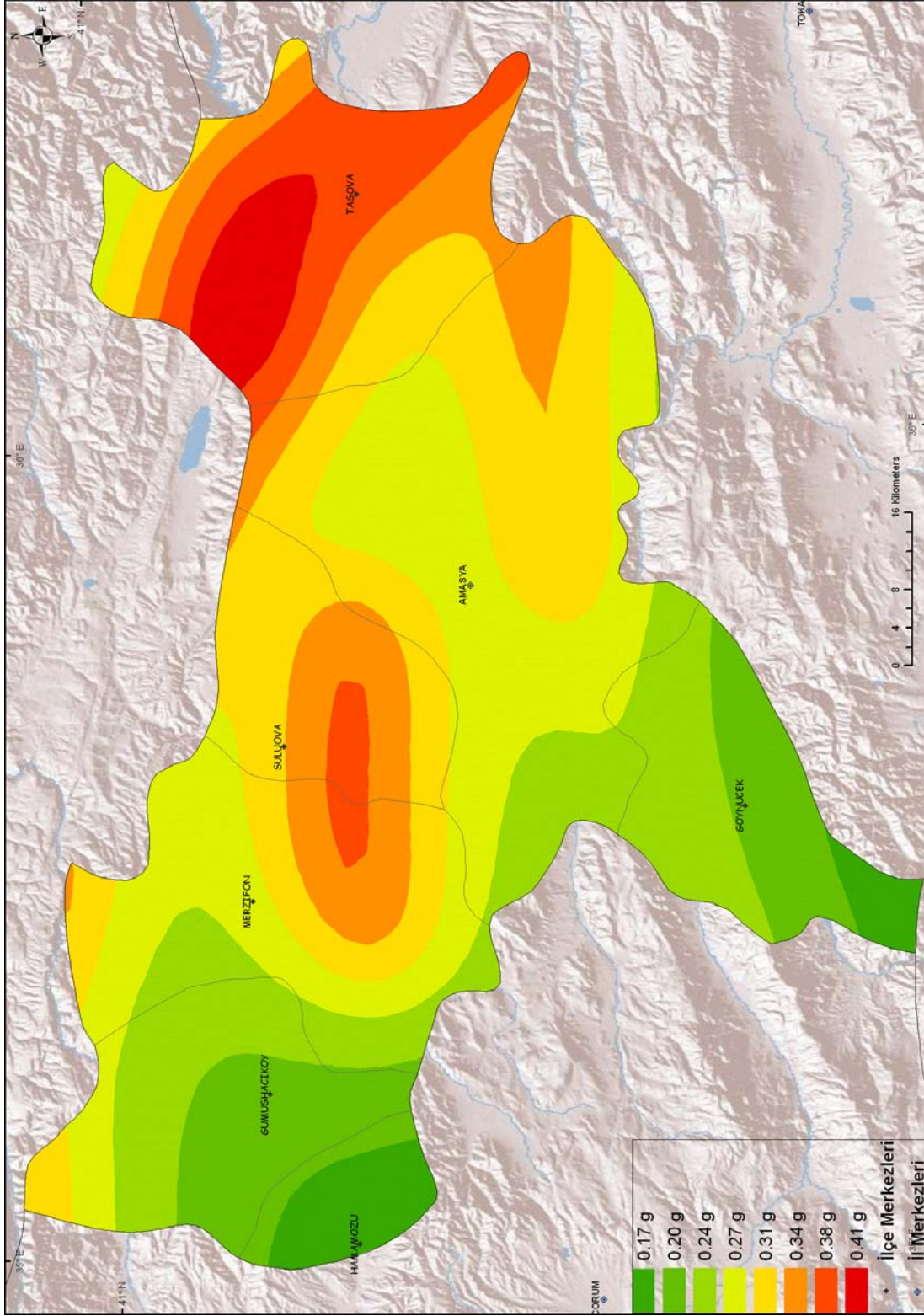
Şekil 5.3. Amasya ili için elde edilen eş-ivme haritası ve çalışmada kullanılan sismik kaynaklar [128].

5.2. Boore ve Diğ. Bağntısına Göre Amasya İli İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike Tehlike

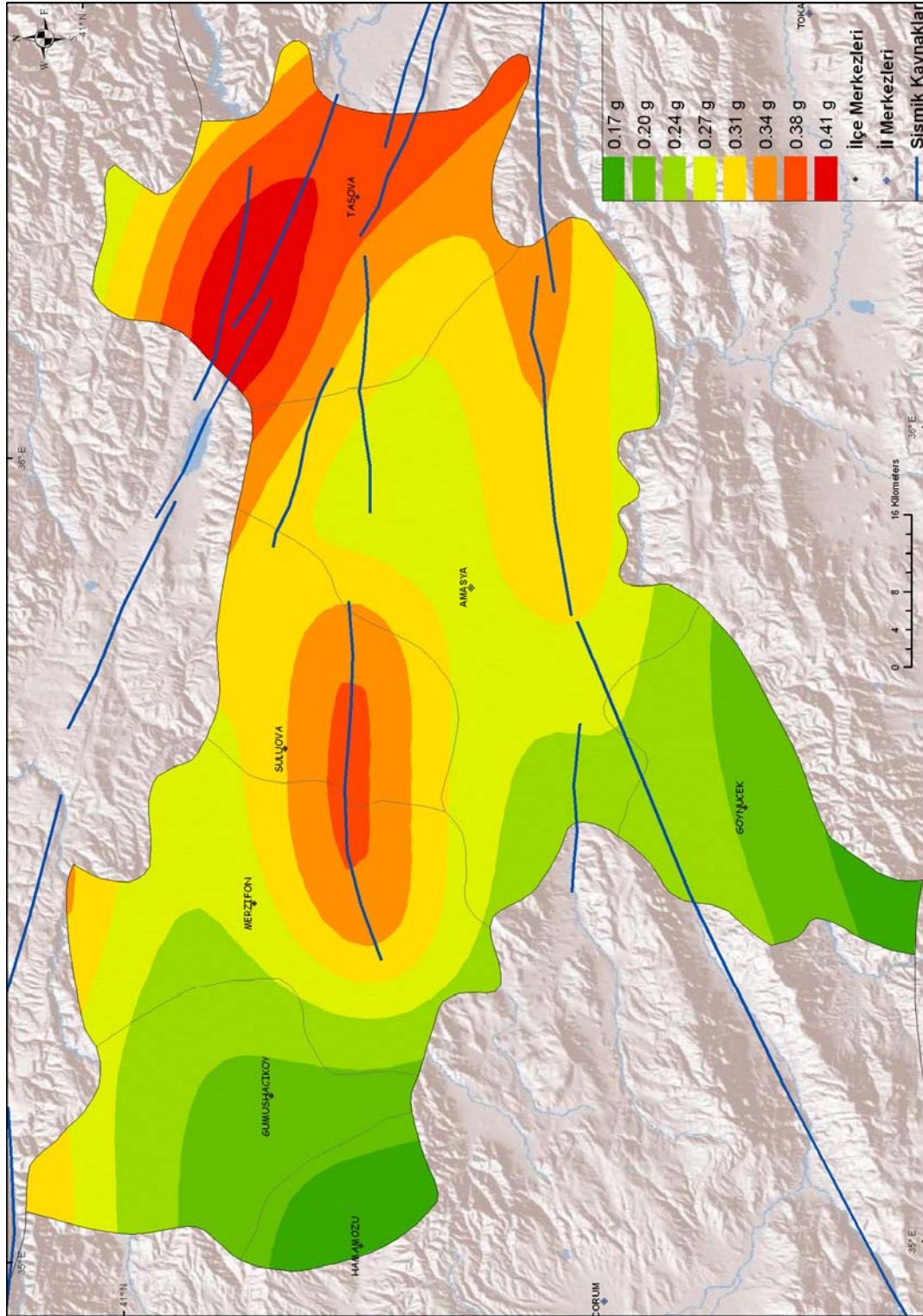
Boore ve diğerleri [141] tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak, Amasya il merkezi için 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmış ve sonuçlar sismik tehlike eğrisi olarak Şekil 5.4'te sunulmuştur. Ayrıca bütün ilçeler için de aynı tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmış ve sonuçlar yine sismik tehlike eğrisi olarak Şekil 5.4'te, eş-ivme haritası olarak ise Şekil 5.5'te sunulmuştur. Şekil 5.5 incelendiğinde, ivme değerlerinin 0.17 g ile 0.41 g arasında değiştiği açıkça görülecektir. Diğer taraftan, ilin doğu kısmındaki ivme değerleri diğer kesimlere göre daha yüksektir. Dolayısı ile ilin doğu kesiminin daha büyük sismik tehlike altında olduğu söylenebilir. Merzifon ve Suluova ilçelerinin bir bölümünü içine alan kesim ise ilin doğu bölümüne göre ikinci derecede sismik tehlike altındadır. Hamamözü ilçesi ise en düşük sismik tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. İvme değerlerinin büyük ya da küçük olması çalışma bölgesindeki sismik kaynaklarla yakından ilgilidir (Şekil 5.6).



Şekil 5.4. Boore ve diğ. Bağntısına göre Amasya ili ve ilçeleri için elde edilen, 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen sismik tehlike eğrileri.



Şekil 5.5. Boore ve diğerleri [141] tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, Amasya ili için elde edilen 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen eş-ivme haritası.



Şekil 5.6. Amasya ili için elde edilen eş-ivme haritası ve çalışmada kullanılan sismik kaynaklar [128].

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ülkemizde her yüzyılda yıkıcı depremlerin meydana geldiği ve bu depremlerde birçok can ve mal kaybı yaşandığı, ekonomik zararın milyon liralara mertebesinde olduğu bilinmektedir. Bu zararları en aza indirebilmek için yerleşim alanları tercihi sağlam zeminlerden yana kullanılmalı veya zemin koşullarına uygun, depreme dayanıklı yapılar tasarlanmalıdır. Tasarım aşamasında ilgili bölgede zemin koşullarının belirlenmesine yönelik yapılmış olan bilimsel çalışmalar dikkate alınmalıdır. Zemin koşullarının belirlenmesi amacı ile yapılan bilimsel çalışmalar arasında yerini almaya hazırlanan bu tez çalışması ile Amasya ilinin 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen en büyük ivme değerleri hesaplanmış, bu bilgiler ışığında ilin eş-ivme haritası elde edilmiştir.

40.6544° Kuzey enlemi ile 35.8222° Doğu boylamının kesişiminde bulunan Amasya il merkezinin 250 km yarıçapındaki bölge, çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı en iyi şekilde 38.41°-42.82° K ile 32.86°-38.40° D koordinatları ile temsil edilmiştir. Çalışma alanında 01.01.1900-31.12.2008 tarihleri arasında meydana gelen ve moment magnitudüne göre büyüklüğü 4.5 ve daha büyük olan 113 deprem kullanılmıştır. Bunlardan 75 deprem ana şok olarak değerlendirilmiştir. Ana şoklardan 40 deprem Kaynak Zonu Depremleri, geri kalan 35 deprem ise Geri Plan Alan Kaynak Depremleri olarak kullanılmıştır. Öte yandan çalışma alanı içerisinde hasar ve can kaybına neden olabilecek büyüklükte deprem üretebilecek potansiyele sahip 30 sismik kaynak belirlenmiştir.

Amasya ilinin sismik tehlike analizinin hesaplanmasında ve eş-ivme haritalarının oluşturulmasında CRISIS2003 programı kullanılmıştır. Boore ve diğerleri (1997) ile Kalkan ve Gülkan (2004) tarafından geliştirilen iki farklı ivme-azalım bağıntısı

kullanılarak, 475 yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen ivme değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1. Amasya ili için hesaplanan ivme değerleri.

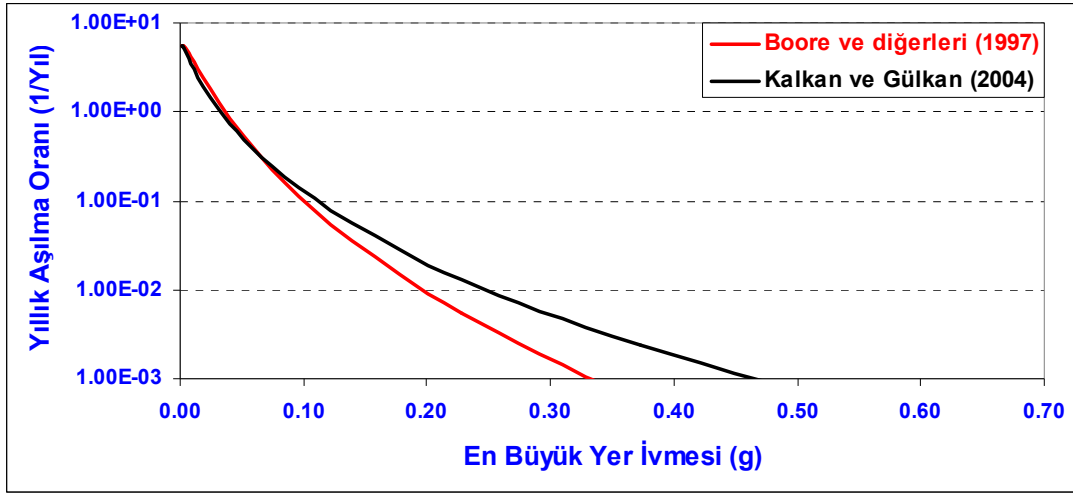
İvme-Azalım İlişkisi	475 Yıllık Tekrarlanma Süresine Karşılık Gelen
	En Büyük İvme Değeri (g)
Boore ve diğerleri (1997)	0.17 – 0.41
Kalkan ve Gülkan (2004)	0.21 – 0.58

Bütün hesaplamalar neticesinde Taşova ilçesi sismik tehlikesi en fazla olan yerleşim yerleri arasında ilk sırayı alırken, Hamamözü ilçesi bu sıralamada sonuncu olmuştur (Tablo 6.2). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasından Amasya iline ait ivme değerleri ile çalışma sonucunda elde edilen ivme değerleri karşılaştırılmış ve özellikle ilin doğu kesimi için uyum gözlenmiştir.

Tablo 6.2. Amasya ilçe merkezleri için hesaplanan ivme değerleri.

Yerleşim Yeri	475 Yıllık Tekrarlanma Süresine Karşılık Gelen	
	En Büyük İvme Değeri (g)	
	Boore ve diğerleri (1997)	Kalkan ve Gülkan (2004)
Hamamözü	0.17	0.22
Göynücek	0.21	0.27
Gümüşhacıköy	0.21	0.27
Merzifon	0.27	0.38
Merkez	0.28	0.38
Suluova	0.32	0.45
Taşova	0.38	0.53

Sismik tehlike analizlerinde, ivme-azalım ilişkisi seçimi sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir (Şekil 6.1). Azalım ilişkilerinin farklılığından ortaya çıkan fark, tekrarlanma sürelerinin büyümesiyle daha da önem kazanmaktadır. Şekil 6.1'den de anlaşılacağı üzere yaklaşık 10 yıla kadar olan tekrarlanma süresi için ivme-azalım ilişkilerinde belirgin bir fark gözlenmezken, tekrarlanma süresinin artması ile belirginlik de artmaktadır.



Şekil 6.1. İvme-azalım ilişkisi seçiminin sonuçlara etkisi.

İvme-azalım bağıntısı geliştirilirken kullanılan modeller diri faylar ile ilgili ayrıntılı bilgileri gerektirmektedir. Diri fayın üretebileceği depremin büyüklüğü, tekrarlanma süresi, kayma oranı ve en son ürettiği depremin oluş zamanı gibi bilgiler azalım ilişkisi modellerinin oluşturulmasında oldukça önemlidir. Örneğin, üretebileceği deprem için tekrarlanma süresi 250 yıl olan diri fayın en son ürettiği depreme ait ayrıntılı bilgiye ulaşmak çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Aynı şekilde en son ürettiği deprem nedeniyle oluşan kayma miktarı için de net bir bilgi elde edilememektedir. Bu belirsizlikler çerçevesinde geliştirilen ivme-azalım bağıntılarının sonuçlara etkisi, özellikle tekrarlanma sürelerinin büyümesiyle oldukça önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, internet sayfası, <http://www.deprem.gov.tr>.
- [2] TAŞ, N., Olası Deprem Zararlarını Azaltacak Model Önerisi ve Bursa Metropolitan Alanı İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
- [3] T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu internet sayfası, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul>.
- [4] Deprem, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, T.A.U. Yayın:3, Ankara, 1986.
- [5] DEMİRTAŞ, R., ERKMEN C., Deprem ve Jeoloji, Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, Şubat, 2000.
- [6] YÜCEMEN, M. S., Deprem Tehlikesinin Tahmininde Olasılıksal Yöntemler, 14. Bölüm, Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, editörler, E. Canbay v.d., Bizim Büro Basımevi, sayfa 365-413, Ankara, Mayıs 2008.
- [7] CORNELL, C. A., Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, 58,1583-1606, 1968.
- [8] DENİZ, A. ve YÜCEMEN, M. S., Antalya Yoresi için Deprem Tehlikesinin Stokastik Yöntemler ile Tahmini, Antalya Yoresinin Insaat Muhendisligi Sorunlari Kongresi, Bildiriler Kitabı, s. 540-551, Eylül, 2005.
- [9] SELÇUK, A. S., YÜCEMEN, M. S., Candamarı Şebekelerinin Deprem Güvenirliği, Turk J. Engin Environ Sci., 24, 143-160, 2000.
- [10] DENİZ, A., Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates Based On Stochastic Methods, Thesis (Master), Middle East Technical University (METU) Department of Civil Engineering, 2006.
- [11] POLAT, O., GÖK, E., YILMAZ, D., Earthquake Hazard of the Aegean Extension Region (West Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 17, pp. 593-614, 2008.

- [12] GENÇ, G., Probabilistic Seismic Hazard Assessment For Eskişehir, Thesis (Master), Middle East Technical University (METU) Department of Geological Engineering, 2004.
- [13] ÖZMEN, B., Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi, 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7-10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 2001.
- [14] ERTURAÇ, K., TÜYSÜZ, O., Amasya ve Çevresinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi, İTÜDergisi/D mühendislik, 2009.
- [15] ATABEY, E., Deprem, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınlarından, Eğitim Serisi, No:34, Ankara, 2000.
- [16] <http://ubs.usgs.gov/publications/textslabs.html> internet sayfası.
- [17] OKAY, A., Geology Of Turkey: A Synopsis, *Anschnitt*, 21, 19-42, 2008.
- [18] ŞENGÖR, A. M. C., GÖRÜR, N. & ŞAROĞLU, F., Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a case study, In: K.D. Biddle & N. Christie-Blick (eds.), *Strike-Slip Deformation, Basin Formation And Sedimentation*, Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication 17, 227-264. 1985
- [19] YILMAZ, Y., New Evidence and Model on the Evolution of the Southeast Anatolian Orogen, *Geol. Soc. Am. Bull.* 105, 251–271, 1993.
- [20] ROBERTSON, A.H.F. & GRASSO, M., Overview Of The Late Tertiary-Recent Tectonic And Palaeo-Environmental Development Of The Mediterranean Region. *Terra Nova*, 7, 114-127, 1995
- [21] KETİN, İ., Relations Between General Tectonic Features and The Main Earthquake Regions of Turkey, *Min. Res. Explor. Inst. Bull.*, 71, 63-67, 1968.
- [22] USGS, Implications For Earthquake Risk Reduction In The United States From The Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999, U. S. Geological Survey Circular, 193, 2000.
- [23] TCHALENK, J. S. A., Reconnaissance of The Seismicity and Tectonics of The Northern Border of Arabian Plate (Lake Van Region), *Rev. Geog. Phys. Geol. Dynm.*, 19, 189-208, 1977.
- [24] AMBRASEYS, N. N., ZATOPEK, A., The Varto Ustukran Earthquake of 19 August 1966, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58, 47-102, 1968.
- [25] WALLACE, R., Earthquake of August 19, 1966, Varto Area, Eastern Turkey, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58, 11–56, 1968.

- [26] AMBRASEYS, N. N., Engineering Seismology, *Earthq. Engineer. Struct. Dynam.*, 17, 1-105, 1988.
- [27] BOZKURT, E., Neotectonics of Turkey-a Synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30, 2001.
- [28] WESTAWAY, R., Present-day Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.* 99, 12071–12090, 1994.
- [29] DEWEY, J. F., HEMPTON, M. R., KIDD, W. S. F., ŞAROĞLU, F., ŞENGÖR, A. M. C., Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia – a Young Collision Zone, in: COWARD, M. O., RISE, A. C., (Eds.), *Collisional Tectonics*, Geological Society Special Publication no. 19, Geological Society, pp. 3–36, London, 1986.
- [30] HEMPTON, M. R., Constraints on Arabian Plate Motion and Extensional History of The Red Sea, *Tectonics* 6, 687–705, 1987.
- [31] ARPAT, E., ŞAROĞLU, F., The East Anatolian Fault System: Thoughts on it's Development, *Min. Res. Expl. Inst. Turkey Bull.*, 78, 33–39, 1972.
- [32] TAYMAZ, T., JACKSON, J., MCKENZIE, D. P., Active Tectonics of the North And Central Aegean Sea, *Geophy. J. Inter.*, 106, 433–490, 1991.
- [33] ARPAT, E., ŞAROĞLU, F., Türkiye'deki Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar, *Bull. Geol. Soc. Turkey* 18, 91–101, 1975 [in Turkish with English abstract].
- [34] HEMPTON, M. R., DEWEY, J. F., ŞAROĞLU, F., The East Anatolian Transform Fault: Along Strike Variations in Geometry and Behaviour, *EOS Transac.* 62, 393, 1981.
- [35] HEMPTON, M. R., DUNNE, L. A., DEWEY, J. F., Sedimentation in Active Strike-Slip Basins, Southern Turkey, *J. Geol.* 91, 401–412, 1983.
- [36] HEMPTON, M. R., Result of the Detailed Mapping Near Lake Hazar (eastern Taurus Mountains), in: TEKELİ, O., GÖNCÜOĞLU, M. C., (Eds.), *Geology of the Taurus Belt*. *Min. Res. Expl. Inst. Turkey Publ.*, pp. 223–238, 1984.
- [37] HEMPTON, M. R., Structure and Deformation History of Bitlis Suture Near Lake Hazar, Southeastern Turkey, *Bull. Geol. Soc. Am.* 96, 233–243, 1985.
- [38] MUEHLBERGER, R. W., GORDON, M. B., Observations on the Complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *J. Struct. Geol.* 9, 899–903, 1987.

- [39] TAYMAZ, T., EYİDOĞAN, H., JACKSON, J., Source Parameters of Large Earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey), *Geophys. J. Inter.* 106, 537–550, 1992.
- [40] LYBÉRIS, N., YÜRÜR, T., CHOROWICZ, J., KASAPOĞLU, E., GÜNDOĞDU, N., The East Anatolian Fault: an Oblique Collisional Belt, *Tectonophysics* 204, 1–15, 1992.
- [41] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., BORAY, A., Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. Min. Res. Expl. Inst. Turkey Report No. 8174, (in Turkish), 1987.
- [42] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ., The East Anatolian Fault Zone of Turkey, *Annal. Tecton.* 6, 99–125, 1992.
- [43] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ., Active Fault Map of Turkey. General Directorate of Mineral and Research Exploration of Turkey Publication, 1992.
- [44] ALLEN, C. R., Active Faulting in Northern Turkey, Division of Geological Science, California Institute of Technology Contribution No. 1577, 1969.
- [45] McKENZIE, D. P., Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 30, 109–185, 1972.
- [46] JACKSON, J., McKENZIE, D., Active Tectonics of The Alpine–Himalayan Belt Between Western Turkey and Pakistan, *Geophy. J. Royal Astr. Soc.*, 7, 185–264, 1984.
- [47] McKENZIE, D.P., Active Tectonics of the Alpine–Himalayan Belt: The Aegean Sea And Surrounding Regions, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 55, 217–254, 1978.
- [48] SEYMEN, İ., AYDIN, A., Bingöl Deprem Fayı Ve Bunun Kuzey Anadolu Fayı İle İlişkisi, *Min. Res. Expl. Inst. Turkey Bull.*, 79, 1–8, 1972 (in Turkish with English abstract).
- [49] AMBRASEYS, N. N., FINKEL, C. F., Seismicity of The Northeast Mediterranean Region During Early 20th Century, *Annal. Geophys.*, 5B , 701–726, 1987.
- [50] AMBRASEYS, N. N., Temporary Seismic Quiescence, SE Turkey, *Geophys. J.*, 96, 411–431, 1989.
- [51] QUENNELL, A. M., The Structural And Geomorphic Evolution of The Dead Sea Rift, *Quart. J. Geol. Soc.*, 114, 1-24, London, 1958.

- [52] QUENNEL, A. M., Tectonics of the Dead Sea rift, 20th International Geological Congress, Mexico 1959, 385–405, 1956.
- [53] FREUND R., GARFUNKEL Z., ZAK I., GOLDBERG M., WEISSBROD T., BERIN B., The Shear Along the Dead Sea Rift, Phil. Trans. Roy. Soc., London, Serie A 267, 107–130, 1970.
- [54] MART, Y., RABINOWITZ, P. D., The Northern Red Sea and the Dead Sea Rift, Tectonophysics 124, 85–113, 1986.
- [55] JOFFE, S., GARFUNKEL, Z., Plate Kinematics of the Circum Red Sea—Evaluation, Tectonophysics 141, 5–22, 1987.
- [56] FREUND, R., ZAK, I., GARFUNKEL, Z., On The Age And Rate of Sinistral Movement Along The Dead Sea Rift, Nature, 220, 253–255, 1968.
- [57] EYAL, M., EYAL, Y., BARTOV, Y., STEINITZ, G., The Tectonic Development of the Western Margin of the Gulf of Elat (Aqaba) Rift, Tectonophysics 80, 135–146, 1981.
- [58] GARFUNKEL, Z., Dead Sea Rift – Introduction, Tectonophysics 141, 1–4, 1981.
- [59] GARFUNKEL, Z., Internal Structure of the Dead Sea Leaky Transform (rift) in Relation to Plate Kinematics, Tectonophysics 80, 81–108, 1981.
- [60] BEN-AVRAHAM, Z., ALMAGOR, G., GARFUNKEL, Z., Sediments and Structure of the Gulf of Elat, Sediment. Geol. 23, 239–267, 1979.
- [61] GARFUNKEL, Z., ZAK, I., FREUND, R., Active Faulting in the Dead Sea Rift, Tectonophysics 80, 1–26, 1981.
- [62] BEN-AVRAHAM, Z., Structural Framework of the Gulf of Elat (Aqaba), Northern Red Sea, J. Geophys. Res. 90, 703–726, 1985.
- [63] BALDRIDGE, W. S., EYAL, Y., BARTOV, Y., STEINITZ, G., EYAL, M., Miocene Magmatism of Sinai Related to the Opening of the Red Sea, Tectonophysics 197, 181–201, 1991.
- [64] DOSER, D. I., YARWOOD, D. R., Strike-Slip Faulting in Continental Rifts: Examples From Sabukia, East Africa and Other Regions, Tectonophysics 197, 1991, 213–224, 1991.
- [65] GIRDLER, R. W., The Dead Sea Transform Fault System, Tectonophysics 180, 1–13, 1990.
- [66] GIRDLER, R. W., The Afro–Arabian Rift System – an Overview, Tectonophysics 197, 139–153, 1991.

- [67] GREENE, L. C., RICHARDS, D. R., JOHNSON, R. A., Crustal Structure and Tectonic Evolution of the Anza Rift, Northern Kenya, *Tectonophysics* 197, 203–211, 1991.
- [68] MART, Y., The Dead Sea Rift: From Continental Rift to Incipient Ocean, *Tectonophysics* 197, 155–179, 1991.
- [69] MART, Y., Ptolemaï's Basin: the Tectonic Origin of a Senonian Marine Basin Underneath the Southeastern Mediterranean Sea, *Tectonophysics* 234, 5–17, 1994.
- [70] HEIMANN, A., RON, H., Geometrical Changes of Plate Boundaries Along Part of the Northern Dead Sea Transform: Geochronology and Palaeomagnetic Evidence, *Tectonics* 12, 477–491, 1993.
- [71] KHAIR, K., KHAWLIE, M., HADDAD, F., BARAZANGI, M., SEBER, D., CHAIMOV, T., Bouger Gravity and Crustal Structure of the Dead Sea Transform Fault and Adjacent Mountain Belts in Lebanon, *Geology* 21, 739–742, 1993.
- [72] GARFUNKEL, Z., BEN-AVRAHAM, Z., The Structure of the Dead Sea Basin, *Tectonophysics* 255, 155–176, 1996.
- [73] HALL, J. K., Digital Topography and Bathymetry of the Area of the Dead Sea Depression, *Tectonophysics* 266, 177–185, 1996.
- [74] SNEH, A., The Dead Sea Rift: Lateral Displacement and Downfaulting Phases, *Tectonophysics* 263, 277–292, 1996.
- [75] WDOWWINSKI, S., ZILBERMAN, E., Kinematic Modelling of Large-Scale Structural Asymmetry Across The Dead Sea Rift, *Tectonophysics*, 266, 187–201, 1996.
- [76] ÇAPAN, U. Z., VIDAL, P., CANTAGREL, J. M., K–Ar, Nd, Sr and Pb Isotopic Study of The Quaternary Volcanism in Karasu Rift (Hatay), N-end of Dead Sea Rift Zone in SE Turkey, *Hacettepe Univ. Earth Sci.*, 14, 165–178, 1987.
- [77] PARLAK, O., KOP, A., ÜNLÜGENÇ, U., DEMİRKOL, C., Geochemistry and Geochronology of Basaltic Rocks in The Karasu Graben Near Kırıkhan (Hatay), Southern Turkey, *Turkish J. Earth Sci.*, 7, 53–61, 1998.
- [78] LE PICHON, X., ANGELIER, J., AUBOUIN, J., LYBÉRIS, N., MONTI, S., RENARD, V., GOT, H., HSU, K., MARTY, Y., MASCLE, J., MATHEWS, D., MITROPOULOS, D., TSOFLIES, P., CHRONIS, G., From Subduction to Transform Motion: A Seabeam Survey of The Aegean Trench System, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 44, 441–450, 1979.

- [79] MCKENZIE, D. P., Plate Tectonics of The Mediterranean Region, *Nature* 220, 239–343, 1970.
- [80] DEWEY, J. F., PITMAN, W. C., RYAN, W. B. F., BONNIN, J., Plate Tectonics and Evolution of the Alpine System, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84, 3137–3180, 1973.
- [81] SMITH, A.G., Alpine Deformation and The Oceanic Areas of The Tethys, Mediterranean and Atlantic, *Geol. Soc. Am. Bull.* 82, 2039–2070, 1971.
- [82] NUR, A., BEN-AVRAHAM, Z., The Eastern Mediterranean and the Levant: Tectonics of Continental Collision, *Tectonophysics* 46, 297–311, 1978.
- [83] VIDAL, N., ALVAREZ-MARRÓN, J., KLAESCHEN, D., The Structure of the Africa-Anatolia Plate Boundary in the Eastern Mediterranean, *Tectonics* 19, 723–739, 2000.
- [84] DEWEY, J. F., ŞENGÖR, A. M. C., Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiple and Continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 90, 84–92, 1979.
- [85] ORAL, M. B., REILINGER, R. E., TOKSÖZ, M. N., KONG, R. W., BARKA, A. A., KINIK, İ., LENK, O., Global Positioning System Offers Evidence of Plate Motions in Eastern Mediterranean, *EOS Transac.*, 76, 9, 1995.
- [86] WOODSIDE, J. M., Tectonic Elements and Crust of The Eastern Mediterranean Sea, *J. Geophys. Res.*, 99, 12071–12090, 1977.
- [87] ŞENGÖR, A. M. C., Mid-Mesozoic Closure of Permo-Triassic Tethys and its Implications, *Nature* 279, 590–593, 1979.
- [88] KEMPLER, D., BEN-AVRAHAM, Z., The Tectonic Evolution of The Cyprean Arc, *Annal. Tecton.* 1, 58–71, 1987.
- [89] BEN-AVRAHAM, Z., KEMPLER, D., GINZBURG, A., Plate Convergence in The Cyprean Arc, *Tectonophysics* 146, 231–240, 1988.
- [90] WOODSIDE, J. M., Regional Vertical Tectonics in the Eastern Mediterranean, *Geophys. J. Royal Astronom. Soc.* 47, 493–514, 1976.
- [91] AMBRASEYS, N. N., ADAMS, R. D., Seismicity of the Cyprus Region, *Terra Nova* 5, 88–94, 1993.
- [92] ROBERTSON, A. H. F., GRASSO, M., Overview of The Late Triassic-Recent Tectonic and Palaeo-Environmental Development of The Mediterranean Region, *Terra Nova* 7, 114–127, 1995.

- [93] ROBERTSON, A. H. F., et al., Evidence of Collisional Processes Associated With Ophiolite Obduction in The Eastern Mediterranean: Results From Ocean Drilling Program Leg 160, *GSA Today* 11, 213–221, 1995.
- [94] ROTSTEIN, Y., KAFKA, L. A., Seismotectonics of The Southern Boundary of Anatolia, Eastern Mediterranean Region: Subduction, Collision and Arc Jumping, *J. Geophys. Res.*, 87, 7694–7706, 1982.
- [95] ROBERTSON, A. H. F., KIDD, R. B., IVANOV, M. K., LIMONOV, A. F., WOODSIDE, J. M., GALINDO-ZALDIVAR, J., NIETO, L., The Scientific Party of The 1993 TTR-3 Cruise, Probing Continental Collision in The Mediterranean Sea, *EOS Transactions AGU* 75, 233, 1994.
- [96] GLOVER, C., ROBERTSON, A. H. F., Neotectonic Intersection of The Aegean and Cyprus Tectonic Arcs: Extensional and Strike-Slip Faulting in The Isparta Angle, SW Turkey, *Tectonophysics* 298, 103–132, 1998.
- [97] MCKENZIE, D. P., The East Anatolian Fault: a Major Structure in Eastern Turkey, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 29, 189–193, 1976.
- [98] MORELLI, C., Eastern Mediterranean: Geophysical Results and Implications, *Tectonophysics* 46, 333–346, 1978.
- [99] HARSCH, W., KUPFER, T., RAST, B., SAGESSE, R., Seismotectonic Considerations on The Nature of The Turkish–African Plate Boundary, *Geol. Rund.*, 70, 368–384, 1981.
- [100] KEMPLER, D., GARFUNKEL, Z., The Northeast Mediterranean Triple Junction From a Plate Kinematic Point of View, *Istanbul Technical University, Bull.*, 44, 425–454, 1991.
- [101] KEMPLER, D., GARFUNKEL, Z., Structure and Kinematics in The Northeastern Mediterranean: a Study of an Irregular Plate Boundary, *Tectonophysics* 234, 19–32, 1994.
- [102] SWARBRICK, R. E., Sinistral Strike-Slip and Transpressional Tectonics in an Ancient Oceanic Setting: the Mamonia Complex, southeast Cyprus, *J. Geol. Soc.*, 150, 381–392, London, 1993.
- [103] PAYNE, A. S., ROBERTSON, A. H. F., Neogene Supra-Subduction Zone Extension in The Polis Graben System, West Cyprus, *J. Geol. Soc.*, 152, 613–628, London, 1995.
- [104] REILINGER, R. E., MCCLUSKY, S. C., ORAL, M. B., KING, W., TOKSÖZ, M. N., Global Positioning, System Measurements of Present-Day Crustal Movements in the Arabian–Africa–Eurasia Plate Collision Zone, *J. Geophys. Res.* 102, 9983–9999, 1997.

- [105] AMBRASEYS, N. N., The Seismic History of Cyprus. *Rev. Union Int. Secours, Geneva* 3, 25–48, 1965.
- [106] AMBRASEYS, N. N., Reappraisal of The Seismicity in Cyprus (1894–1991). Imperial College, ESEE Research Report 92-9, 47–67, 1992.
- [107] PAPAACHOS, B. C., Distribution of Seismic Foci in The Mediterranean and Surrounding Area and its Tectonic Implications, *Geophys. J.R. Astron. Soc.* 33 (1973) 421–432.
- [108] PAPAACHOS, B. C., Large Seismic Faults in The Aegean Arc, *Annal. Geofisika* 39, 891–903, 1996.
- [109] PANTAZES, T. H., Archaeoseismicity of Cyprus, *Asfalistika Chronika* 21, 245–313, 1993.
- [110] SALAMON, A., HOFSTETTER, A., GARFUNKEL, Z., RON, H., Seismicity in The Eastern Mediterranean Region: Perspective From The Sinai Subplate, *Tectonophysics* 263, 293–305, 1996.
- [111] PAPAACHOS, B. C., PAPAIOANNOU, C. A., Lithospheric Boundaries and Plate Motions in The Cyprus Area, *Tectonophysics* 308, 193–204, 1999.
- [112] ŞENGÖR, A. M. C., YILMAZ, Y., Tethyan Evolution of Turkey: a Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics* 75, 181–241, 1981.
- [113] YILMAZ, Y., YİĞİTBAŞ, E., GENÇ, C. Ş., Ophiolitic and Metamorphic Assemblages of Southeast Anatolia and Their Significance in the Geological Evolution of the Orogenic Belt, *Tectonics* 12, 1280–1297, 1993.
- [114] ŞENGÖR, A. M. C., WHITE, G., DEWEY, J. F., Tectonic Evolution of the Bitlis Suture, Southeastern Turkey: Implications for the Tectonics of the Eastern Mediterranean, *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 25/26, 95–97, 1979.
- [115] ŞENGÖR, A. M. C., Mesozoic-Cenozoic Tectonic Evolution of Anatolia and Surrounding Regions, *Bull. Bur. Rech. Géol. Min.*, 115, 1–137, France, 1980.
- [116] AKTAŞ, G., ROBERTSON, A. H. F., The Maden Complex, SE Turkey: Evolution of a Neotethyan Active Margin, in: DIXON, J. H., ROBERTSON, A. H. F. (Eds.), *The Geological Evolution of The Eastern Mediterranean*, Geological Society Special Publication no. 17, Geological Society, pp. 375–402, London, 1985.
- [117] YİĞİTBAŞ, E., YILMAZ, Y., Post-Late Cretaceous Strike-Slip Tectonics and its Implications For The Southeast Anatolian Orogen (Turkey), *Inter.*

- Geol. Rev., 38, 818–831, 1996.
- [118] YİĞİTBAŞ, E., YILMAZ, Y., New Evidence and Solution to The Maden Complex Controversy of The Southeast Anatolian Orogenic Belt (Turkey), Geol. Rund., 85, 250–263, 1996.
- [119] PINAR, N., LAHN, E., Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, İmar Reisliği Yayınları, Seri 6, Sayı 36, 1952.
- [120] ERGİN K., GÜÇLÜ, U., UZ, Z., Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, İ.T.Ü., Maden Fakültesi Yayını, 1967.
- [121] ERGİN K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu, İ.T.Ü., Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayını, 1971.
- [122] SHEBALIN, N. V., KARNIK, V., HEDZIEVSKI, D., Catalogue of Earthquakes, UNDP/UNESCO, Survey of Seismicity of Balkan Region, Skopje, 1974.
- [123] ALSAN, E., TEZUÇAN, L., BATH, M., An Earthquake Catalogue for Turkey for Interval 1913-1970, Kandilli Observatory, Seismological Department, Report No 7-75, 1975.
- [124] ERDİK, M., ÖZSELÇUK, A., Türkiye Deprem Kataloglarının Bölgesel Düzenlenmesi, Rapor No ODTÜ/DMAE 78/6, Aralık, 1978.
- [125] SOYSAL, H., SİPAHİOĞLU, S., KOLÇAK, D., ALTINOK, Y., Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, TÜBİTAK, Proje No TBAG 341, 1981.
- [126] DEMİRTAŞ, R., YILMAZ, R., Türkiye'nin Sismotektoniği Sismisitedeki Uzun Süreli Değişim ve Güncel Sismisiteyi Esas Alarak Deprem Tahminine Bir Yaklaşım, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Temmuz, 1996.
- [127] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Bölgeleri Haritası, Ankara, 1996.
- [128] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ., Active Fault Map of Turkey. General Directorate of Mineral and Research Exploration of Turkey Publication, 1992.
- [129] KAYABALI, K., Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama, Jeoloji Mühendisliği, 46/J8-43, 1995.
- [130] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı internet sayfası, <http://sismo.deprem.gov.tr/Sarbis/Veritabani/ISC.aspx>, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2010.

- [131] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı internet sayfası, <http://sismo.deprem.gov.tr/Sarbis/Veritabani/DDA.aspx>, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2010.
- [132] GARDNER, J. K., KNOPOFF, L., Is the Sequence of Earthquakes in Southern California, with Aftershocks Removed, Poissonian?, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 64, 1363-1367, 1974.
- [133] KAGAN, Y. Y., Aftershock Zone Scaling, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 92, No. 2, 641-655, 2002.
- [134] PROZOROV, A. G., DZIEWONSKI, A. M., A Method of Studying Variations in the Clustering Property of Earthquakes: Application to the Analysis of Global Seismicity, Journal of Geophysical Research, Vol. 87, No. B4, 2829-2839, 1982.
- [135] SAVAGE, M. K., RUPP, S. H., Foreshock Probabilities in New Zealand, New Zealand Journal of Geology & Geophysics, Vol. 43, 461-469, 2000.
- [136] GUTENBERG, B., RICHTER, C. F., Seismicity of the Earth and Associated Phenomenon, Princeton University Press, Princeton, New York, 1949.
- [137] Prof. Dr. Reşat ULUSAY ile 22.01.2010 tarihinde yapılan sözlü görüşme.
- [138] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., BORAY, A., Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1992.
- [139] WELLS, D. L., COPPERSMITH, K. J., New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp.974-1002, August 1994.
- [140] KALKAN, E., AND GÜLKAN, P., Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey, Earthquake Spectra, Vol. 20, No. 4, pp. 1111-1138, Nov. 2004.
- [141] BOORE, D. M., JOYNER, W. B., FUMAL, T. E., Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work, Seismological Research Letters, Vol. 68(1), 128-153, 1997.
- [142] ORDAZ, M., AGUILAR, A., ARBOLEDA, J., CRISIS2003, Ver. 1.2.100, Program for Computing Seismic Hazard, Instituto de Ingeniería, UNAM, Mexico, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Recai Feyiz KARTAL, 05.05.1971'de Rize ili Fındıklı ilçesinde dünyaya geldi. İlkokul eğitimini ilçeye bağlı Aslandere Köyü İlkokulu'nda tamamladı. Orta ve lise eğitimini Fındıklı'da bitirdikten sonra 1988 yılında, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimi almaya hak kazandı. 1988 yılında başladığı lisans eğitimini 1992 yılında Jeofizik Mühendisi ünvanı olarak tamamladı. 1997-2001 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Rize ili Fındıklı ilçesi Arılı İlköğretim Okulu'nda Sınıf Öğretmeni olarak görev yaptı. 2001 yılı Haziran ayında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şubesi'nde Jeofizik Mühendisi olarak göreve başladı. 17 Aralık 2009 yılına kadar görev yaptığı Sismoloji Şubesi'nde Ulusal Sismik Ağın Geliştirilmesi (USAG) Projesi, Deprem Sonrası Acil Gözlem Araştırmaları (DEPAR) Projesi, Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek - ancak tektonik rejimleri farklı - Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yaklaşımlarla Araştırılması (TURDEP) Projesi, Yerel Yönetimlerle İşbirliği (Antalya Yerel Ağı) Projesi, Barajların Depremelliğinin İncelenmesi Projesi gibi projelerde aktif rol aldı. Halen Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü Bilişim ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı Projeler ve Uygulama Şubesinde Jeofizik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.